PROCEEDINGS

การประชุมวิชาการระดับชาติ

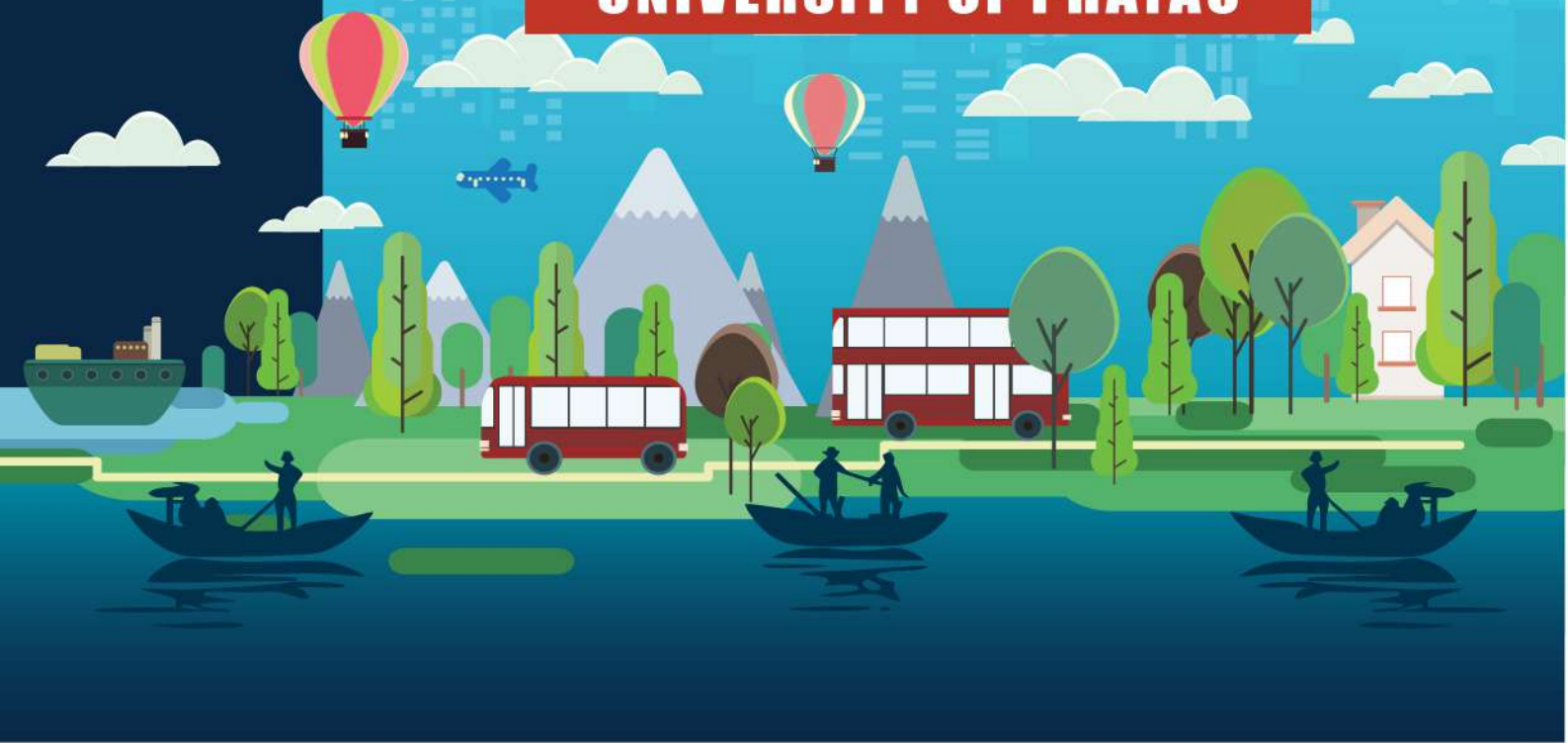
พะเยาวิจัย

PHAYAO RESEARCH CONFERENCE

4

22-24 JANUARY 2025

UNIVERSITY OF PHAYAO



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการโครงการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย ครั้งที่ 14

หัวข้อ "University role for Area Manager Development"

วันที่ 22–24 มกราคม 2568 ณ มหาวิทยาลัยพะเยา

พิมพ์ครั้งที่ 1 กุมภาพันธ์ 2568

สงวนลิขสิทธิ์

ข้อมูลทางบรรณานุกรม (Cataloging in Publication Data)

APA (American Psychological Association)

ชื่อผู้แต่ง. (2568). ชื่อบทความ. ใน เสมอ ถาน้อย (บ.ก.), **University role for Area Manager Development, รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการโครงการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย ครั้งที่ 14.** น.xx–xx. มหาวิทยาลัยพะเยา.

Vancouver Style

[1] ชื่อผู้แต่ง. (2568). ชื่อบทความ. ใน เสมอ ถาน้อย (บ.ก. University role for Area Manager Development, รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการโครงการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย ครั้งที่ 14. น.xx–xx. มหาวิทยาลัยพะเยา.

จัดทำโดย: กองบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยพะเยา 19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา 56000 โทร 054–466–666 ต่อ 1047–1048

E–mail: prconference@up.ac.th Website: www.prc.up.ac.th

ประสานงานและจัดรูปเล่ม: รัชฎาภรณ์ แก้วสืบ

พิสูจน์อักษรและจัดรูปแบบอักษร: มนีกานต์ วังแสง

ออกแบบและส่วนอื่น ๆ: อัญชลี เทียมคีรี, จักรพงศ์ มาลีพัตร, สิริทัชญา พามณี

ISBN (e–book): 978–616–8315–45–3

หมายเหตุ:

1. บทความในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการฉบับนี้เป็นของผู้เขียนแต่ละท่าน หากผู้เขียนได้ละเมิดลิขสิทธิ์ผลงานของผู้หนึ่งผู้ใด กองบรรณาธิการไม่รับผิดชอบต่อการละเมิดดังกล่าว
2. การจัดประชุมวิชาการระดับชาติเป็นไปตามมาตรฐานการจัดประชุมวิชาการ การจะนำผลงานตีพิมพ์หรือเผยแพร่จากการประชุมวิชาการไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบใด ๆ ให้เป็นไปตามประกาศ/ข้อกำหนดของแต่ละสถาบัน/สภาวิชาชีพ

สารจากนายกสภามหาวิทยาลัยพะเยา
ศาสตราจารย์พิเศษอรรถพล ใหญ่สว่าง



มหาวิทยาลัยพะเยา เป็นมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐในกลุ่ม 3 คือ มหาวิทยาลัยพัฒนาชุมชนท้องถิ่นหรือชุมชนอื่น (Area-based and Community engagement) เป็นมหาวิทยาลัยเชิงพื้นที่ที่มุ่งสู่การเป็นมหาวิทยาลัยที่มีชื่อเสียงในระดับชาติและนานาชาติ โดยเริ่มเข้ารับการจัดอันดับมหาวิทยาลัยระดับโลกเป็นครั้งแรก ตามเกณฑ์เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 และได้มีแนวโน้มการพัฒนาการดำเนินงานที่ดีมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ดังจะเห็นได้จากการจัดอันดับของ THE Impact Rankings 2024 มหาวิทยาลัยพะเยาอยู่ในอันดับที่ 11 ของประเทศไทย การจัดอันดับของ SCImago Institutions Rankings (SIR) 2023 มหาวิทยาลัยพะเยาอยู่ในอันดับที่ 10 ของประเทศไทย การจัดอันดับของ UI Green Metric World University Rankings 2023 มหาวิทยาลัยพะเยาอยู่ในอันดับที่ 10 ของประเทศไทย และการจัดอันดับของ QS World University Ranking : ด้านความยั่งยืน Sustainability 2025 มหาวิทยาลัยพะเยา ได้รับการจัดอันดับที่ 16 ของประเทศไทย

การเป็นมหาวิทยาลัยเชิงพื้นที่ที่จะได้รับการจัดอันดับในมหาวิทยาลัยระดับโลก จำเป็นต้องมีการพัฒนาการดำเนินงานทุกพันธกิจของมหาวิทยาลัย รวมถึงการพัฒนาคุณภาพผลงานวิจัย และสร้างนักวิจัยให้สามารถเป็นนักจัดการเชิงพื้นที่ที่มีทักษะและประสบการณ์ที่สามารถใช้องค์ความรู้ที่ตอบสนองต่อความต้องการและความท้าทายที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการประชุมวิชาการระดับชาติ “พะเยาวิจัย” ครั้งที่ 14 ภายใต้หัวข้อ “**University role for Area Manager Development**” ครั้งนี้จะเป็นอีกกลไกหนึ่งที่มีส่วนขับเคลื่อนการพัฒนาคุณภาพผลงานวิจัยและนวัตกรรมพร้อมใช้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาท้าทายของสังคม ตลอดจนปัญหาด้านทรัพยากรธรรมชาติและ

สิ่งแวดล้อม อีกทั้งเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันการพัฒนาเชิงพื้นที่และลดความเหลื่อมล้ำ รวมถึงการแก้ไขปัญหาวิกฤติเร่งด่วนของประเทศ ต่อไป

ขอขอบคุณคณะทำงานจัดการประชุมวิชาการ ขอบคุณท่านวิทยากร ผู้ทรงคุณวุฒิ และขอบคุณนักวิจัยทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการจัดการประชุมวิชาการ “พะเยาวิจัย” ในครั้งนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุมวิชาการครั้งนี้จะสัมฤทธิผลตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ทุกประการ



(ศาสตราจารย์พิเศษอรรถพล ใหญ่สว่าง)
นายกสภามหาวิทยาลัยพะเยา

สารจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยพะเยา

รองศาสตราจารย์ ดร.สุภกร พงศบางโพธิ์



มหาวิทยาลัยพะเยาเป็นมหาวิทยาลัยเชิงพื้นที่ มุ่งเน้นการสร้างความรู้ นวัตกรรม และการพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืน ทำวิจัยที่ตอบสนองต่อความต้องการของชุมชน สร้างนวัตกรรมเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม พัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน ส่งเสริมเศรษฐกิจสร้างสรรค์ (Creative Economy) พัฒนาทางเลือกใหม่ในการสร้างรายได้ รวมถึงการสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ตามตัวชี้วัดของ THE Impact Rankings ทั้งด้านการผลิตบัณฑิต การวิจัยและนวัตกรรม การบริการวิชาการ และการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม เพื่อขับเคลื่อนเป้าหมายการพัฒนาที่ยังยืน โดยในปี 2024 มหาวิทยาลัยพะเยาได้อันดับที่ 11 จาก 77 สถาบันในไทยที่เข้าร่วมการจัดอันดับจาก Times Higher Education (THE) จากผลงานเด่น 3 ด้าน ได้แก่ SDG4 : การศึกษาที่มีคุณภาพ SDG5 : ความเท่าเทียมทางเพศ และ SDG12 : การผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน และในปี 2025 การจัดอันดับของ QS World University Ranking : ด้านความยั่งยืน Sustainability 2025 มหาวิทยาลัยพะเยาได้รับการจัดอันดับที่ 16 ของประเทศ อีกทั้งมหาวิทยาลัยยังสนับสนุนส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพงานวิจัยและนักวิจัย ให้มีศักยภาพที่เข้มแข็งและสร้างกระบวนการพัฒนางานวิจัยที่สามารถตอบสนองต่อการพัฒนาชุมชนและสังคมให้ได้รับการตีพิมพ์ทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ อันจะส่งผลต่อการจัดอันดับมหาวิทยาลัย ซึ่งการจัดเวทีให้มีการเผยแพร่ผลงานวิจัยและให้นักวิจัยได้มีเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับนักวิจัยด้วยกันและกับผู้ทรงคุณวุฒิ จะเป็นอีกหนึ่งกลไกในการพัฒนาผลงานวิจัยให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยพะเยา จึงจัดให้มีการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัยอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี ซึ่งในปีนี้เป็นครั้งที่ 14 ภายใต้หัวข้อ **“University role for Area Manager Development”** ซึ่งแสดงถึงบทบาทของมหาวิทยาลัยเชิงพื้นที่ที่สามารถพัฒนานักวิจัยสู่การเป็นนักจัดการเชิงพื้นที่ในการพัฒนาพื้นที่ในบริบทของการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมในระดับท้องถิ่นและภูมิภาค โดยทำการวิจัยเพื่อพัฒนานวัตกรรมและองค์ความรู้ที่ตอบสนองต่อปัญหาและความต้องการของพื้นที่ สนับสนุนการทำงานที่เชื่อมโยงร่วมกับหน่วยงานท้องถิ่น สร้างเครือข่ายนักจัดการเชิงพื้นที่ สร้างบุคลากรที่มีความสามารถในการวางแผนและบริหารจัดการพื้นที่อันจะเป็นการสร้าง “คน” และ

“องค์ความรู้” นำไปสู่การยกระดับศักยภาพของพื้นที่ท้องถิ่นในทุกมิติ ส่งผลต่อความเจริญก้าวหน้าและความยั่งยืนของชุมชนและสังคมในระยะยาว ต่อไป

มหาวิทยาลัยพะเยา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุมวิชาการครั้งนี้ จะก่อให้เกิดการสร้างเครือข่ายเพื่อพัฒนานักวิจัย สร้างเครือข่ายนักจัดการเชิงพื้นที่ พัฒนาผลงานวิจัยและนวัตกรรม เป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยในการนำองค์ความรู้ที่เกิดขึ้นไปพัฒนาองค์กร พัฒนาชุมชน สังคม และประเทศชาติ ให้มีความเข้มแข็งและเกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนตลอดไป

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุภกร พงศบางโพธิ์)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยพะเยา

คำนำ

มหาวิทยาลัยพะเยา ได้จัดให้มีการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัยอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี โดยปีนี้ได้มีสมาคมวิชาชีพร่วมจัดการประชุมประกอบด้วย สภาคณบดีศิลปะและการออกแบบแห่งประเทศไทย สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์ สภาทนายความในพระบรมราชูปถัมภ์ ซึ่งในปีนี้เป็นครั้งที่ 14 ภายใต้หัวข้อ “University role for Area Manager Development” เพื่อเป็นเวทีให้กับคณาจารย์ นักวิจัย บุคลากร นิสิต นักศึกษาในระดับอุดมศึกษา รวมไปถึงหน่วยงานภาครัฐ เอกชน และภาคประชาสังคม ได้ร่วมแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดและประสบการณ์ที่ทันสมัย ตลอดจนเปิดโอกาสให้มีการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการสู่สาธารณะ และเป็นการกระตุ้นให้นักวิจัยผลิตผลงานวิจัยที่มีคุณภาพ เพื่อสร้างองค์ความรู้ นวัตกรรมใหม่ ๆ ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ชุมชนและสังคม โดยมีการนำเสนอในรูปแบบการบรรยาย (Oral Presentation) และรูปแบบโปสเตอร์ (Poster Presentation) ในรูปแบบ Hybrid ในระหว่างวันที่ 22 – 24 มกราคม 2568

ในเอกสารฉบับนี้ประกอบด้วย ผลงานวิจัยที่ได้มีการนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัยครั้งที่ 14 นี้ จำนวน ทั้งสิ้น 139 ผลงาน ซึ่งได้มีการนำเสนอออกเป็น 3 กลุ่มสาขา ประกอบด้วย กลุ่มการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ กลุ่มการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกลุ่มการวิจัยด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ดังนี้

ประเภท Oral Presentation	**จำนวน**	**97**	**ผลงาน**
– กลุ่มการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ	จำนวน	8	ผลงาน
– กลุ่มการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	จำนวน	47	ผลงาน
– กลุ่มการวิจัยด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	จำนวน	42	ผลงาน
ประเภท Poster Presentation	**จำนวน**	**42**	**ผลงาน**
– กลุ่มการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ	จำนวน	9	ผลงาน
– กลุ่มการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	จำนวน	22	ผลงาน
– กลุ่มการวิจัยด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	จำนวน	11	ผลงาน

คณะกรรมการดำเนินงานจัดการประชุมวิชาการฯ ขอขอบพระคุณ คณะที่ปรึกษา วิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิ หน่วยงานร่วมจัด คณะกรรมการฝ่ายต่างๆ รวมถึงนักวิจัยผู้นำเสนอผลงานทุกท่าน ที่ทำให้การจัดการประชุมวิชาการครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าองค์ความรู้จากการนำเสนอผลงานวิชาการในครั้งนี้จะประโยชน์ต่อนักวิจัยที่จะนำไปพัฒนาหรือแก้ปัญหาให้กับองค์กรชุมชนหรือสังคมให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

คณะกรรมการดำเนินงาน

กุมภาพันธ์ 2568

สารบัญ

กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ (Poster Presentation)

(HS–P01) ปัจจัยกำหนดสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพของสตรีมุสลิมในจังหวัดนนทบุรีและกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก
โดย ศุภามณ จันทร์ สกุล, บุญส่ง สุประดิษฐ์, ชนินทร์ จักรภพโยธิน และ คชารัตน์ ปรีชล 1

(HS–P02) มุมมองต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนในกรุงเทพมหานคร
โดย ภูรีรัตน์ โตสถาน, ประสงค์ กิติดำรงสุข, ชูเกียรติ วิวัฒน์วงศ์เกษม และ จิระพรรณ จิตติคุณ 16

(HS–P06) ความสัมพันธ์ของการสัมผัสเสียงดังกับการสื่อสารขณะทำงานและสุขภาพ ของผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสาร จังหวัดพะเยา **โดย** ศิริชัย สุทนะ, กนิษฐา โกมิตร, ภาณุวิชญ์ จันตะมะ, วชิรญาณ์ คนโต, วราภรณ์ โปธิบ้อ และ ณัฐพงศ์ ม้าเทศ 30

(HS–P07) ความชุกและปัจจัยเสี่ยงของอุบัติเหตุรถจักรยานยนต์: กรณีศึกษานิสิตสาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในภาคเหนือของประเทศไทย **โดย** เกวลิน สีแก้ว, กัญญารัตน์ เมืองแก้ว, กัญจนพร ชูไว, ปิยธิดา สุทธวงค์, สุทธินันท์ จันธิมา และ ฤทธิ์ติกร สมปาน 48

(HS–P08) การศึกษาเปรียบเทียบการตอบสนองของเซลล์ต้นกำเนิดจากไขกระดูกของมนุษย์บนพื้นผิวแผ่นไทเทเนียมชนิดแอสบิสท์, พอลลิช, และแซนบลาส **โดย** โชษิตา ไชยวงค์, นพดล สะอาดเอี่ยม, มนัสมนต์ นาวินพิพัฒน์, พรรณี ประดิษฐ์สุขถาวร, บุญรัตน์ โล่ห์วงศ์วัฒน, เชษฐา พันธ์เครือบุตร, ธนวัฒน์ เพชรรัตนรังสี, พิมพ์ประภา ฤกษ์เย็น, รังสินี มหานนท์ และ วิชญา วิศิษฐ์รัศมีวงศ์ 61

(HS–P09) การศึกษาความคงตัวของน้ำกระสายยาของยาเตรียมเฉพาะคราวแบบพร้อมใช้โดยใช้อินโดเมทาซินเป็นยาต้นแบบ
โดย วิริยาพร ศิริกุล 75

(HS–P10) การพัฒนาตำรับและการศึกษาสมบัติของยาทาเล็บที่มีคีโตโคนาโซล **โดย** เพ็ญพักตร์ พรมปัญญา, คณิศร์ณิชา กุศล, ปิริญญาภัฏ ฟักทอง, รุ่งตะวัน จันทาพูน, อัจฉราภรณ์ ชุติมาตระกูล และ ศุภางค์ คนดี 87

(HS–P13) ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบจากใบกระท่อม
โดย จิดาพร อุตุภรณ์, อิสรีย์ สุขจรด้วงมัน และ เกษม สมทะนะ 99

(HS–P14) การแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากปลาส้มและการศึกษาคุณสมบัติการเป็นโปรไบโอติก
โดย ธิดา ไชยวังศรี และ กฤตพร แจ่มมณี 106

สารบัญ

กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Poster Presentation)

(SCI-P02) การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากต้นอ่อนผัก
โดย ปานฤทัย พุทธทองศรี, ชัยพฤกษ์ หงษ์ลัดดาพร, สุภาวดี สำราญ, กานต์ จันทระ, ยุทธศิลป์ ชัยสิทธิ์, สรินทร คุ้มเขต และ ชมภูนาฏ ชมภูพันธ์ 118

(SCI-P03) ปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบและรากอากาศของต้นไทร
โดย สิรินภา จิระกิตติเจริญ, ปฐม จูจันทร์ และ ธัมมะธิดา พัฒนพงศา 125

(SCI-P04) การคัดแยกและจำแนกชนิดของจุลินทรีย์ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพกาแฟ ที่แปรรูปด้วยกระบวนการแบบเปียก
โดย อนุวัฒน์ เตชะฤทธิ์, จิราภรณ์ จิรัคคกุล, แสงชัย เอกประทุมชัย, อิสรีย์ พันธ์จันทร์ และ เลขา ไสลเพชร 133

(SCI-P05) วิธีโฟลอินเจคชั่นสเปคโทรโฟโทรเมตริกสำหรับการวิเคราะห์ยาเตตร้าไซคลินโดยใช้น้ำแร่เป็นกรีนรีเอเจนต์
โดย วิรัช เรืองศรีตระกูล และ ประณัฐพงศ์ กับกระโทก 148

(SCI-P06) การเจริญของเชื้อแบคทีเรียบางชนิดบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากวัตถุดิบในท้องถิ่น
โดย ณัฐธิดา ชัยก๋ำ, ณัฐวดี จักรเขียว, ชมพู่ ดวงใจ และ ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์ 158

(SCI-P07) การปลูกพืชกัญชาทางการแพทย์ในระบบเกษตรอัจฉริยะ: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
โดย ปิยพร ศรีสม, ณัฏฐพล สันธิ, กิตติศักดิ์ นิวรัตน์, จำรัส กลิ่นหนู, ณรงค์ศักดิ์ ศรีสม, รันฎา เผ่ากันทะ และ กรนิกา เขื่อนแก้ว 166

(SCI-P08) ผลของสูตรอาหารต่อการงอกของเมล็ดและการพัฒนาของโปรโตคอร์มกล้วยไม้เอื้องสายหลวง
โดย กนกอร ศรีม่วง และ เอกรัฐ คำพิโล 175

(SCI-P09) การออกแบบและพัฒนาเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ **โดย** กานต์ จันทระ, ยุทธศิลป์ ชัยสิทธิ์, ปานฤทัย พุทธทองศรี, สุภาวดี สำราญ, ธนาคม พูนศรีวิวัฒน์, กฤษฎา เต้จั้น และ นพรุจ มูณละศรี 182

(SCI-P10) ผลของความเร็วรอบชุดใบหีบแยกเมล็ดและชุดใบตีฟูต่อปริมาณและความฟูของปุยฝ้ายจากเครื่องเตรียมเส้นใยฝ้าย
โดย ยุทธศิลป์ ชัยสิทธิ์, กานต์ จันทระ, ชัยพฤกษ์ หงษ์ลัดดาพร, สุภาวดี สำราญ, สรินทร คุ้มเขต และ ชมภูนาฏ ชมภูพันธ์ 191

(SCI-P11) การเตรียมไมโครแคปซูลพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์บรรจุสารซ่อมแซมตนเองจากน้ำมันพืชที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
โดย นงคราญ ไชยวงค์, จิราพร สุดสว่าง และ ศันศนีย์ คำบุญชู 199

(SCI-P12) การพยากรณ์ปริมาณการส่งออกทุเรียนแช่แข็งโดยใช้ตัวแบบการเรียนรู้ของเครื่อง
โดย ณัชยภรณ์ คันธรส, สิทธิศักดิ์ สีหมื่น, ชุติปภา ภัทรประสงค์ และ เฉลิมรัช นนทะภา 209

(SCI-P13) โปรแกรมเชื่อมต่ออุปกรณ์ทางการแพทย์ด้วย Health Informatics Standard
โดย ธนากร พงษ์ปลื้ม 221

(SCI–P14) การศึกษาผลของความหนืดของของเหลวต่อการตกของวัสดุเม็ดในของเหลว
โดย กฤษสมิชฌน์ ศรีปัญญา, ชินภัทธ์ เดชผล และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร.....235

(SCI–P15) การศึกษาฟิสิกส์ของไข่ตกด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง
โดย ธีรสิทธิ์ ตาลป่า, จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล และจิตรกร กรพรม.....252

(SCI–P16) การศึกษาและวิเคราะห์สมบัติของแสงผ่านโปรแกรมแทรกเกอร์ในการทดลองเชิงฟิสิกส์
โดย อฐิติญา วงษ์เรียน, จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล และ ดวงเดือน เทพนวล.....262

(SCI–P17) การศึกษารูปแบบการผลิต และความเป็นไปได้ในการใช้สารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด และสับปะรดตกเกรด (PWDCE)
ในการเป็นสารต้านจุลินทรีย์ที่พบในกุ้งขาว **โดย** รุ่งกานต์ กล้าหาญ, บัณฑิต ยวงสร้อย, ปิ่นสุรางค์ ดีวงษ์,
ทรงทรัพย์ อรุณกมล และ กฤษณะ กระจับทอง.....277

(SCI–P18) ความหลากหลายของชนิดหอยกาบน้ำจืดในแม่น้ำอิงและการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในแหล่งอาศัย
โดย กิตติชัย จันธิมา, กฤตวิชญ์ สุขอึ้ง, กันจ์ญารัตน์ ปันใจ และ ศศิธร เวยยือ.....288

(SCI–P19) การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลเลมอนภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์ **โดย** สุภาวดี สำราญ, ปานฤทัย พุทธทองศรี,
ชัยพฤกษ์ หงษ์ลัดดาพร, ยุทธศิลป์ ชัยสิทธ์, กานต์ จันทระ, ชมภูนาฏ ชมภูพันธ์ และ สรินทร คุ้มเขต.....299

(SCI–P20) การเตรียมผ้าฝ้ายไม่ชอบน้ำโดยการดัดแปรพื้นผิวด้วยเถ้าลอยและไตรเอทอกซีไวนิลไซเลน **โดย** วราพร ชื่นสุวรรณ์,
ปณิฐตรา ปฏิญญาบัณฑิต, กนกอร สายบรรดิษ, กัลยา จำปาทอง, พัทธมน จันทิวาสน์ และ ศันศนีย์ คำบุญชู.....307

(SCI–P21) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมผงจิ้งหรีด **โดย** นพเก้า พันธ์แดง, สุวลี ฟองอินทร์ และ ไผ่แดง ขวัญใจ.....319

(SCI–P22) ผลของการใช้เจลบุกทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ไก่ยอ
โดย กฤตนน โชติพรม, ญารินดา หวัง, นฤมล ศรีกุฎ, จารุวรรณ สีเล และ ธนาพร บุญมี.....331

(SCI–P23) แนวทางการยกระดับผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นตามกรอบมาตรฐานคุณภาพสำหรับวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนแห่งหนึ่ง
อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา **โดย** ธนาธิป สัตย์มาก, ภัทรลดา ทองสอาด, มนต์ชัย อินสองใจ และ เอราวิล ถาวร.....341

สารบัญ

กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (Poster Presentation)

(HU-P01) การจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย พรรษา นันตาเวียง, เพ็ญศรี ประมุขกุล และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร 353

(HU-P02) การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะสี่เหลี่ยม เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
โดย นิศาชม กันทะรัญ, เพ็ญศรี ประมุขกุล และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร 362

(HU-P03) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดในการเรียนออนไลน์ ของนักศึกษาคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ในช่วงที่มีการระบาดของโรคโควิด-19 **โดย** ผการัตน์ ตั้งเชื่อนขันธ์, รักษ์จินดา วัฒนาลัย, ชินวัจน์ แสงอังศุมาลี, กมลวรรณ นติพิวัฒนสกุล, ศิรัญญา วิเศษดี, ชลีฉัตร จันทราสา และ ธิดารัตน์ พัฒนประสิทธิ์ชัย 371

(HU-P04) การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิชาเคมีของยา 1 คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
โดย เพ็ญนภา เจริญวิวัฒนกิจ และ นฤมล โพธิ์ศรีทอง 385

(HU-P05) การวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพในสถาบันอุดมศึกษาบนฐานการบริหารงานภาครัฐดิจิทัล กรณีศึกษา : มหาวิทยาลัยพะเยา **โดย** กฤษณะ จันนาค 391

(HU-P06) การศึกษาความพึงพอใจการใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
โดย ดลทิชา เชี่ยวสุวรรณ 401

(HU-P08) กระบวนการความร่วมมือในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่
โดย นัฐวุฒิ ยาวิชัย และ ปฐมาวดี จงรักษ์ 412

(HU-P09) ระบำพวงเต่ารั้ง **โดย** สรินทร คุ้มเขต, ชมภูนาฏ ชมภูพันธ์, ผุสดี โกมาสถิตย์, สังคม พรหมศิริ, จุฑาภรณ์ วิลัยแก้ว, วชิรวิทย์ เจริญรื่น และ น้ำค้าง จันทร์เขียว 427

(HU-P10) การจัดการปัญหาบุหรี่สู่การเป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่ **โดย** นฤมล โพธิ์ศรีทอง, วรรณวิสา บุญบุตร, สุวภาพ เดชะมหามณีรัตน์ และ ใจนุช กาญจนภู 436

(HU-P11) ความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครอง ส่วนท้องถิ่นในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา
โดย ธานินทร์ สักลอ และปฐมาวดี จงรักษ์ 449

(HU-P12) กลไกการตรวจสอบถ่วงดุลการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาของหน่วยงานที่มีอำนาจดำเนินคดีทุจริตและประพฤติมิชอบ
โดย วุฒิรณพัสย์ ภูลา 460

สารบัญ

กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ (Oral Presentation)

(HS-001) ประสิทธิภาพของแปรงสีฟันที่มีด้ามจับเฉพาะสำหรับผู้มีความต้องการพิเศษ: การทดลองทางคลินิก
โดย สันต์ อนันต์ชนะชัย, อัญชลี วัชรักษะ และ สรนันทร์ จันทรางศุ 474

(HS-002) การพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานและประเมินผลลัพธ์การบริบาลทางเภสัชกรรมผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้อง เพื่อส่งเสริมการใช้ยาจากสมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน ทดแทนยาแผนปัจจุบัน โรงพยาบาลอุตรดิตถ์
โดย จิตตะวัน จิตระกูล.....485

(HS-003) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและผลของสารสกัดเมล็ดเสาวรสและสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการปกป้องความเป็นพิษของกรดโอเลอิกต่อเซลล์เฮพจีทู **โดย** กชกร ยิ้นเสน, วรรณวิภา วุ่นน้อย, วิวิศน์ สุทธิธรรมสถิต, ศุภิตา ธนะเศวตร และ วนิดา สุขเกษศิริ..... 501

(HS-004) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัดของผู้สำเร็จการศึกษา 2562 – 2564 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร: กรณีศึกษา **โดย** ฐิติกัญญารัตน์ บุตรจันทร์จรัส..... 512

(HS-005) การวิ่งเพื่อสุขภาพเพิ่มสมรรถภาพความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจในนักวิ่งเพื่อสุขภาพ
โดย พจน์ พงศ์เผ่าพัฒนกุล, สุดารัตน์ มาโต และ วริศรา ศรีสอาด.....529

(HS-006) การประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในระดับหลอดทดลองของไมโครแคปซูลที่มีสารสกัดมาตรฐานขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) เป็นสารแกนกลาง **โดย** นูรูลฮูสนา อาแวเล๊าะ, ธรรมรัตน์ แก้วมณี และ ศศิธร ชูศรี 540

(HS-007) การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการป่วยจากการติดเชื้อไวรัสเดนกีโดยใช้ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
โดย ชานนท์ นัยจิตร.....552

(HS-008) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี ในตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย **โดย** ธนวรรณ โลมสนธิ์, รุ่ง วงศ์วัฒน์, ธนัญพร โพธิ์มะนัด, นรีรัตน์ บุระดา, รุ่งทิวา น้อยกง, วันวิสา เกิดทวี และ อภิญญา อินจันทร์ 566

สารบัญ

กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Oral Presentation)

(SCI-001) การคัดกรองและการตรวจจับจำเพาะไพรเมอร์ด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่ในวิถีการสังเคราะห์ สารบาโคไซด์บนพรมมิ Bacopa monnieri (L.) Wettst. เพื่อสนับสนุนการวิจัยด้านชีวโมเลกุล
โดย พัทธนันท์ เขียวเขิน, กวี สุจิปุลิ, และ เนริสา คุณประทุม.....578

(SCI-002) การใช้ดีเอ็นเอจากสิ่งแวดล้อมเพื่อเปรียบเทียบปริมาณและความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอจากใยแมงมุมท้องปล้องสกุล *Liphistius* Schødte, 1849 (Mesothelae, Liphistiidae)
โดย อุทุมพร ปฐมสุริยะพร, ชวธัช ธนูสิงห์, ณัฐพจน์ วาฤทธิ์, พิมพ์ลภัส ธานีวรรณ และ วรัตถ์ ศิวายพราหมณ์.....588

(SCI-003) การวิเคราะห์แคริโอไทป์และการระบุแผนที่โครโมโซมด้วยโพรบไมโครแซทเทลไลท์ของเขียดหลังปุ่ม (Occidozyga martensii)
โดย อินทิรา คำพันธ์.....600

(SCI-004) แบบจำลองการกระจายของกบภูเขา *Limnonectes blythii* (Bouleger, 1920) บริเวณพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย
โดย วัชรพงษ์ รังสิวรารักษ์, นพดล กิตนะ, วิเชฏฐ์ คนซื่อ, สุรศักดิ์ ยิ้มประเสริฐ และ ภาณุพงศ์ ธรรมโชติ จรูญโรจน์.....611

(SCI-005) เซลล์พันธุศาสตร์ระดับโมเลกุลของกบนา (*Hoplobatrachus rugulosus*) และกบหนอง (*Fejervaya limnocharis*)
โดย นัฐนภา บุกิ่ง, อินทิรา คำพันธ์, สุรเชษฐ เอี่ยมสำอาง และ สุมาลี พิมพันธุ์.....628

(SCI-006) **ก**ารศึกษาแนวความคิดผู้บริโภคในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม
โดย โสภิต พุดแจงงาม, อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, โสภิดา วิศาลศักดิ์กุล และ สุนัน ปานสาคร 640

(SCI-007) การวิเคราะห์เปรียบเทียบวิธีการสร้างคุณลักษณะในการทำนายภาวะความดันโลหิตสูงในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 โดยใช้เทคนิคป่าสุ่ม
โดย ก้องชัย รัตนพันธ์, นุชจรินทร์ อินต๊ะหล้า, ฐาปนา บุญชู และ วสันต์ อัครธนวัฒน์.....654

(SCI-008) การจำแนกความรู้สึกของนักศึกษาด้วยเทคนิคเหมืองข้อความ
โดย วรรณชล พิณพรม, ณภพ พลเสน, สุธิดา ชัยชมชื่น และ อุกฤษ์ฐิวัฒน์ พิมพ์พา 668

(SCI-009) การพัฒนาตัวประมาณแบบอัตราส่วน สำหรับค่าเฉลี่ยประชากร โดยใช้ข้อมูลที่ทราบค่าจากตัวแปรช่วยจำนวนสองตัว ภายใต้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย
โดย ณภัทณ์จันทร์ ด่านสวัสดิ์ และ เอกภพ เกตุสมบูรณ์ 681

(SCI-010) การประเมินการมีส่วนร่วมของนักเรียนในห้องเรียนออนไลน์ผ่านการวิเคราะห์สัญญาณสมองด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง
โดย กิตติธัชพล ปิมปา และ กุลจิรา กิ่งไพร 689

(SCI-011) การออกแบบและสร้างชุดแม่พิมพ์แบบต่อเนื่องเพื่อขึ้นรูปลวดลายบนแผ่นพลาสติก
โดย เชษฐ อุทธิยัง, วัชรินทร์ สิทธิเจริญ, นที ชัย ผัสดี และ ธีรวัฒน์ แสงกาศ 698

(SCI-013) ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคระบบทางเดินอาหารด้วยอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพของน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp.
โดย วริศรา วิฉายา, กันณพัทธ ภูแข่งหมอก, อัจฉรียา ชมเชย และ วรางคณา เขาดี 706

(SCI-014) การพัฒนาผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมคุณค่าจากกล้วยดิบ : กรณีศึกษา วิสาหกิจชุมชนนามว้า
โดย หฤทัยรัตน์ จันต๊ะคาด, พชิรา พงค์ตาลูน, ธนพล หล่าสกุล, ชมพูนุท พ่วงทรัพย์สิน และ ภูวิชญ์ สุวรรณ์รุ่งโรจน์ 717

(SCI-015) การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์ ด้วยกระบวนการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
โดย จินตนา อุทังไข, อักษรา ลักษณะ, ภานุพัฒน์ ชัยวร และ ประพิณ ขอดแก้ว 732

(SCI-016) การพัฒนาข้าวเกรียบเสริมโปรตีนจากแหล่งโปรตีนทางเลือกและโปรตีนจากถั่วลันเตา
โดย กฤติยา เขื่อนเพชร, สุธีรา วัฒนกุล, ชริดา ภาคาทรัพย์, รวิพร พลพืช และ ภมรเดช โตวรวิรัตน์ 744

(SCI-017) การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของกาแฟโรบัสต้า: กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟนครเทิง จังหวัดเชียงราย
โดย ทักษ์ดนัย กาวินจ๊ะ ขนิษฐา โถยะโล, ศศิธร เวยยือ และ กฤตวิชญ์ สุขอึ้ง 758

(SCI-018) การศึกษาพีไอดีแบบยืดหยุ่นสำหรับควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์เพื่อลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริดภายใต้การโจมตีแบบปฏิเสธการให้บริการ
โดย จงลักษณ์ พาหะซา, วรัญชิต เนื้ออุ่น, วรพล วารีพิทักษ์, วีรชน วิเศษสุทธิศิล และ รัชชานนท์ คุณารูป 765

(SCI-019) การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ
โดย ภัทรพันธ์ จันทร์สูง และ สันติ หุตะมาน 779

(SCI-020) การใช้ชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำด้วยตัวควบคุมพีไอดีแบบแอนาล็อกร่วมกับความจริงเสริม
โดย วรเมธ ชัยทวีพรสุข, สันติ หุตะมาน, ปรัชญา เยาวลักษณ์ และ อาทิตย์ แก้วแดง 790

(SCI-021) การศึกษาอัลกอริทึมหิ่งห้อยสำหรับหาค่าเหมาะที่สุดของตัวควบคุมพีไอดีของอิเล็กโทรไลเซอร์เพื่อลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริด **โดย** จงลักษณ์ พาหะซา, ชนินทร์ คงเมือง, ศศิกานต์ ไพบูลย์ภัทรพงศ์ และ ศุภฤกษ์ พิรา 802

(SCI-022) ระบบควบคุมปรับอัตราการขยายพีไออัตโนมัติ ด้วยตัวควบคุมฟักซีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับโหลดเปลี่ยนแปลง **โดย** อภิวัฒน์ ศรีเกตุ และ สรรพงศ์ ทานอก 817

(SCI-023) การตรวจสอบไข่ไก่มีเชื้อแบบไม่ทำลายโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก
โดย สาธิต มังคลาจารย์, ทักษิณ แสงสุวรรณ และ วิทยา กุดแถลง 829

(SCI-025) การพัฒนาระบบควบคุมกระบวนการตรวจสอบน้ำหนักเชิงสถิติแบบอัตโนมัติ กรณีศึกษาโรงงานน้ำพริกในจังหวัดพะเยา
โดย สิรินทรา สุวรรณประภา, อุษณา บรรโรจน์, ธนภัทร เสียงเย็น, วสุพล ฟั่นพรม และ เอราวิล ถาวร 836

(SCI-026) การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษาด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป
โดย อรุณ มีวันดี, ศศิธร ชูแก้ว และ สันติ หุตะมาน 846

(SCI-027) การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์พร้อมระบบควบคุมแบบไร้สาย: กรณีศึกษาความเป็นไปได้ของการออกแบบเชิงแนวคิด **โดย** ชริน อินทรพานิช, กันญารัตน์ มาโน, ชนาภา อ้นมี, ธารทอง ทองประไพ, สิทธินันท์ ท่อแก้ว, ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง และ นิตต์อลิน พันธุ์อภัย 857

(SCI-028) เครื่องสแกนลายนิ้วมือบันทึกเวลาออนไลน์แบบพกพาโดยใช้เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง
โดย ธนกฤต ธวัฒน์ธนเดช, สุทธิสาร ไชยสังกา และ ธนา อุดมศรีไพบูลย์ 874

(SCI-029) การรักษาความเป็นส่วนตัวโดยการใช้การวางนัยทั่วไปเต็มโดเมนและคำสั่งเอสคิวแอล
โดย ต่อศักดิ์ สุนทรพันธุ์ 888

(SCI-030) การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในโรงงานเป็นฐานสำหรับนักศึกษาอาชีวศึกษา
โดย กษิดิศ วุ่นบุญชู, ศศิธร ชูแก้ว และ สันติ หุตะมาน 899

(SCI-031) การส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมผ่านเกมของผู้เรียนในการสร้างสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชันจากไมโครคอนโทรลเลอร์
โดย อนนท์ ทาเทียว และ ศุภชัย หอวิมานพร 910

(SCI-032) การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียเพื่อใช้ในการเรียนการสอนรายวิชาจุลชีววิทยาสำหรับความปลอดภัยทางอาหาร
โดย จันทนา จันโจมศึก 923

(SCI-033) การศึกษาการควบคุมประสานกันของ HVDC และอิเล็กโทรไลเซอร์ ด้วยตัวควบคุมพีไอดีแบบยืดหยุ่น เพื่อลดการแกว่งของความถี่ภายใต้การโจมตีไซเบอร์ **โดย** จงลักษณ์ พาหะซา, สุริยา ตาดำนิล, ภูริณัฐ โกมาศ, รัชชานนท์ วงษ์กัณหา และ ธนวัฒน์ ทองออน 934

(SCI-034) การศึกษาการควบคุมประสานกันของ HVDC และอิเล็กโทรไลเซอร์ด้วยตัวควบคุมพีไอดีเหมาะที่สุด เพื่อทำเสถียรภาพความถี่ระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงหลายพื้นที่ **โดย** จงลักษณ์ พาหะซา, ธนากร หนองผือ, ธเนศวร เต็งสุวรรณ์ และ บูรพา ใจศรีธิ 948

(SCI-035) ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยในหลอดทดลองของไข่น้ำด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารของปลากินพืช 10 ชนิด
โดย วันอาสาฬ์ นนกระโทก และ สุดาพร ตงศิริ 959

(SCI-036) การวิเคราะห์บทบาทของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำและแนวโน้มของสถานการณ์ยูโทรฟิเคชันในพื้นที่แม่น้ำเพชรบุรี
โดย ภาณุวัฒน์ สีบุญ และ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ 967

(SCI-037) บทบาทของปัจจัยทางนิเวศอุทกวิทยาและการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ต่อการเปลี่ยนแปลงประชาคมแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำเจ้าพระยา **โดย** ศุภวิชญ์ บุญครอง และ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ 979

(SCI-038) บทบาทของแพลงก์ตอนพืชและสารอินทรีย์แขวนลอยต่อความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์ในระบบนิเวศอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์
โดย จีรยา ม่วงสีงาม, จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, ไพลิน จิตรชุ่ม, สันติ พ่วงเจริญ และ พิชาศิษฐ์ แสงเมฆ 990

(SCI-039) การศึกษาพิษเฉียบพลัน และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของปลาไหลนา (*Monopterus albus*) เมื่อสัมผัสกับสารอะทราซีน **โดย** ปรัชญา ดีรักษา, จงกล พรมยะ, ชนกันต์ จิตมนัส และ ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม 1003

(SCI-040) แพลงก์ตอนพืชและการประยุกต์ใช้เพื่อเป็นดัชนีชี้วัดสถานการณ์สิ่งแวดล้อมทางน้ำ: กรณีศึกษาในพื้นที่คลองสุครีบ จังหวัดชลบุรี **โดย** สยมภู ชาตะนัย และ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ 1013

(SCI-041) สถานการณ์และการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของแพลงก์ตอนสัตว์ในพื้นที่คลองสุครีบ จังหวัดชลบุรี
โดย ณัฏฐ์ เลิศศรีเทียนทอง และ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ 1027

(SCI-042) ปัจจัยทางอุทกวิทยาต่อการแพร่กระจายของเมตาเซอร์คาเรียในปลาไส้ตันตาแดง (*Cyclocheilichthys apogon*) ในพื้นที่หนองหาร จังหวัดสกลนคร
โดย กษิมา พรหมเกิด, พัชรี ครูขยัน, ปาริชาติ บัวโรย และ พิชาศิษฐ์ แสงเมฆ 1039

(SCI-043) การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นแสมทะเลในป่าชายเลนจังหวัดชลบุรี โดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ
โดย ธีรนัย แจ้งกระจ่าง, ณัฐนนท์ เบญจธนรัตน์, สิทธิชัย พรมพูนพะเนา และ ณรงค์ พลีรักษ์ 1049

(SCI-044) ประเมินศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของสวนยางพาราเพื่อการวางแผนส่งเสริมคาร์บอนเครดิตจังหวัดเชียงราย
โดย ณัฐวุฒิ ผลกุศล และ สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ 1060

(SCI-045) การศึกษาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์เอนโซที่มีต่อค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดในจังหวัดอุตรดิตถ์ ประเทศไทย
โดย ชัยณรงค์ รักธรรม, ธนารัตน์ ปัญญา และ พรรพษา เนตรประดิษฐ์ 1069

(SCI-046) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของคุกกี้คีโตเจนิคในระหว่างการเก็บรักษา
โดย ณัฐพงษ์ มุงเมือง, จุฬาลักษณ์ จันทร์หอม, ภาณุพงศ์ น้อยผล, จุฑาวุฒิ อุชุปัจ, กิตติมา ลีละพงศ์วัฒนา และ ธีระพล เสนพันธุ์ 1080

(SCI-047) การใช้เทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูงศึกษาคลื่นนิ่งในเส้นเชือก
โดย ชลพิชา ชัยชะนะ, จิราภรณ์ ปุณนวัจน์พรกุล และ จิตรกร กรพรม 1093

(SCI-048) ผลของการเสริมเกสรข้าวโพดด้วยโปรตีนไฮโดรไลเซทจากพืชและสัตว์ต่อสุขภาพและอายุขัยของผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera*)
โดย พรสวรรค์ หวั่นก๊ัวะ, รัชชานนท์ จูงาม, ศุภคม คล้ายโตนด, บาจรีย์ ฉัตรทอง, โชค โสรัจกุล และ ขรรค์ชัย ดั้นเมฆ..... 1101

(SCI-049) พัฒนาสูตรอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อเพิ่มปริมาณและเหนี่ยวนำการเกิดเหง้าหัวของขมิ้นอ้อย
โดย ชลธิชา หอมหวล, ศศิธร ศรีพิมาย และ สุกัลยา ภู่ทอง 1113

สารบัญ

กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (Oral Presentation)

(HU-001) การพัฒนาความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
โดย จิณห์วรา พิมพ์แสง และ สิทธิพล อาจอินทร์ 1126

(HU-002) การศึกษาความต้องการพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษและทักษะจำเป็นในศตวรรษที่ 21 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
โดย นภอร อารีย์ 1143

(HU-003) การประยุกต์ใช้ช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์เพื่อส่งเสริมทักษะการอ่านออกเสียงภาษาเวียดนามของผู้เรียนไทย
โดย เหงวียน ธู ฮว่าย และ วรวุฒิ จำลองนาค 1156

(HU-005) การจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเทคนิคช่วยจำเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
โดย วริษฐา บุญธรรมมา และ สิทธิพล อาจอินทร์ 1168

(HU-006) การพัฒนาความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน
โดย บุณยนุช ธำรงทรัพย์ และ สิทธิพล อาจอินทร์ 1182

(HU-007) การพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์
โดย วิสสุตา นาโสก และ สิทธิพล อาจอินทร์ 1195

(HU-008) การพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3
โดย ปติณญา ภูผาศรี และ สิทธิพล อาจอินทร์ 1208

(HU-009) การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites
โดย เมธาพร ม่วงจันทึก, วิภา เก่งกาจ, ธนกร ยิมิสุโท, วิระภรณ์ ไหมทอง และ ประพิณ ขอดแก้ว 1222

(HU-010) การพัฒนามโนมติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ปีที่ 4 โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model based learning) เรื่องข้างขึ้น – ข้างแรม
โดย พณัชยา อาจศรี, ศิริลักษณ์ อัครกุลเดช และ อโนดาษ์ รัชเวทย์ 1233

(HU-011) Reformist buddhist thoughts as represented in Wimon Sainimnuan's *The Poor* and win Lyovarin's *Democracy*
โดย Isaraporn Pissa – Ard 1242

(HU-012) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี: กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
โดย หฤทัยรัตน์ จันต๊ะคาด, สิทธินนท์ มาใจ และ คงฤทธิ์ ศรีจันทร์ 1250

(HU-013) การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ร่วมกับ การเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI
โดย พรทิภา สีกวนชา และ สิทธิพล อาจอินทร์ 1263

(HU-014) การพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT
โดย ธีรธร รังสีปัญญา และ สิทธิพล อาจอินทร์ 1278

(HU-015) การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ แบบเน้นภาระงานร่วมกับ Toulmin Model
โดย ปนัสยา มิ่งชัย และ สิทธิพล อาจอินทร์ 1297

(HU-016) การพัฒนานวัตกรรมแบบวัดความตั้งใจ สำหรับชั้นเรียนที่มีความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาสูง
โดย นันท์นภัส วินิจสิริ และ ศานิตย์ ศรีคุณ 1309

(HU-017) การส่งเสริมนโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม
โดย ศักดิ์สกล สกุกมหิทธิมลาวิโก (ผลสนอง) 1320

(HU-018) การหาความตรงเชิงดุลยพินิจของแบบบันทึกการสนทนากลุ่ม เรื่อง การสำรวจมุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ในการพัฒนาโมเดลนวัตกรรมการเรียนรู้บนดิจิทัลแพลตฟอร์มตามแนวปัญญาประดิษฐ์ทางประสาทวิทยาเชิงสังคม เพื่อยกระดับการรู้ปัญญาประดิษฐ์
โดย กวิน เธียรวรรณ และ ศานิตย์ ศรีคุณ 1333

(HU-019) แหล่งรายได้และการถือครองทรัพย์สินของครัวเรือนเกษตรกร : ความแตกต่างระหว่างภูมิภาค
โดย ดิเรก ปัทมสิริวัฒน์, ภาวิณี สตาร์เจล และ สุวิมล เฮงพัฒนา 1351

(HU-020) การศึกษาเพื่อประเมินความพร้อมของเกษตรกรสำหรับการนำเทคโนโลยีการเกษตรมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ประเทศไทย
โดย มนตรี สิงหะวาระ, อารีย์ เชื้อเมืองพาน, กมลทิพย์ ปัญญาสิทธิ์ และ พันชิด ปิณฑะดิษ 1366

(HU-021) การพัฒนาระบบเงินยืมทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์
โดย นภารัตน์ นาอ่อน 1385

(HU-022) ความสุขในการทำงานของบุคลากร องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา
โดย เขมิสรา สุกแก้วณรงค์, วริศรา สุขสุวรรณ์, ศกัญญา บุตรชำนิ, ศศิตา หมันบุตร และ ปาริฉัตร ตู้ดำ 1399

(HU-023) อิทธิพลของความสุขในการทำงานและแรงจูงใจในการทำงานที่ส่งผลต่อความผูกพันขององค์กร กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา
โดย อิสระ คงทิพย์ปัญญา, กมลพรรณ มณีรัตน์, สุภาวดี ทองเที่ยง, รัชชานนท์ ดิสสระ และ ปาริฉัตร ตู้ดำ 1413

(HU-024) ความสำเร็จของการนำแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570) ไปปฏิบัติ กรณีศึกษาปีงบประมาณ พ.ศ. 2566-2567
โดย ณัฐวุฒิ บุญณัฐชา และ อุทัยวรรณ เพ็งศรี 1425

(HU-025) การพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสริม (Augmented reality) แนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณ สวนหุ่นจำลองเปรต วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา
โดย วิสูตร แก่นเมือง 1441

(HU-028) กระบวนการมีส่วนร่วมในการสร้างสรรค์การแสดง “ชัยยะเภรี ศรีภูกามยาว” จังหวัดพะเยา
โดย รัตนะ ตาแปง, นุชนาฎ ดีเจริญ, นคร คำร้อง และ ปรียาชนก เกษสุวรรณ 1455

(HU-029) ฟ้อนเชิง กรณีศึกษาการนำการแสดงพื้นบ้านสู่กระบวนการสอบรำเดี่ยวมาตรฐาน
โดย คเณศิลป์ ศรีจันทร์, รัตนะ ตาแปง, นุชนาฎ ดีเจริญ และ ธนันยวรรณ ศรีทรัพโยทัย 1470

(HU-030) การยกระดับเศรษฐกิจชุมชนผ่านการจัดการทรัพยากรท้องถิ่น: กรณีศึกษาชุมชนทองผาภูมิ ตำบลทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี
โดย นพรัตน์ ไชยชนะ, วีระวัฒน์ อุดมทรัพย์, สุภพงษ์ สุขชาวนา, พจนีย์ สุขชาวนา, วิยะดา พลชัย และ เศกสิทธิ์ ปักษี 1486

(HU-031) การพัฒนาวิสาหกิจเพื่อสังคม ด้านสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง กรณีศึกษาวัดร้องหลอด อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย
โดย ณิชพัณณ์ ปิตินิยมโรจน์, ชไมพร รัตนเจริญชัย และ ศิรินาฎ จันทนะเปลิน 1501

(HU-032) การจัดการค่าตอบแทนที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงาน กรณีศึกษา: องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา
โดย สวรรยา โซะติก, วริศรา แซ่ลี้, ศศิธร คีรีรักษ์, ฐานิตา อินทรแป้น, อนุตตรีย์ คงคำขวัญ และ ชีวนันท์ คุณพิทักษ์ 1518

(HU-033) ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวต่อศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี
โดย มณฑล นวลใย, เบญจวรรณ แสงอรุณ, พรณิชา ตั่งแก้วไพฑูรย์ และ ณรงค์ พลีรักษ์ 1528

(HU-034) พฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาของนักท่องเที่ยวชาวไทย กรณีศึกษาวัดเจดีย์ (ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราช
โดย กิติญา ยอดมณี, ขวัญฤทัย ทีปะปาล, พัทธมน สุวรรณรัศมี, รุ่งนภา แก้วมณี, เสฏฐวุฒิ สุภาไชยกิจ และ ธีรพร ทองขะโชค 1537

(HU-035) พฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ของนักท่องเที่ยวชาวไทยในจังหวัดเชียงใหม่
โดย ศุภฤกษ์ ไชยลังกา และนิรมล พรมนิล 1553

(HU-036) การเปรียบเทียบภาวะการมีงานทำของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2561 – 2565
โดย วราภรณ์ พยัตตพงษ์ และ เกตุจันทร์ จำปาไชยศรี 1570

(HU-037) A case study of EFL Naresuan University undergraduate students
โดย Apichai Rungruang, Yanhong Mu, Bo Yang, Amornrat Netthanyakonwong, Kanyakron Punyangam, Jakkapan Jantan and Sapjalern Nonphakdee 1584

(HU-038) เพศภาวะกับการดัดแปลงนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” เป็นซีรีส์
โดย ธงชัย แซ่เจี่ย 1597

(HU-039) องค์ประกอบของเครือข่ายความร่วมมือสำหรับโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่: สภาพปัจจุบันและสภาพพึงประสงค์
โดย ชาญวิทย์ คำเจริญ และ ปฐมาวดี จงรักษ์ 1612

(HU-040) การพัฒนาความสามารถการแก้ไขปัญหาโดยใช้การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ให้กับแกนนำศูนย์เรียนรู้ด้านการเกษตร อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี
โดย ปณัตดา ยอดแสง, ภฤศดี สุขพ่วง และ สมพงษ์ เผือกเอี่ยม 1625

(HU-041) การศึกษาปัจจัยจูงใจและปัจจัยค้ำจุนในการขอรับทุนและผลิตผลงานทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการ กรณีศึกษา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
โดย พรพิมล สุภาวรรณ์, ศศิธร ชูศรี และ เฉลิมพันธ์ แก้วกันทะ 1640

(HU-042) กลไกทางกฎหมายการตั้งกองทุนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ : กรณีศึกษาการเยียวยาและฟื้นฟูเหยื่อที่ได้ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศ
โดย ชุติกาญจน์ คัชมาต และ ธิติ ไวกวี 1652

(HU-043) การศึกษาเปรียบเทียบกฎหมายเรื่องสิทธิสัตว์ในธุรกิจการท่องเที่ยวเกี่ยวกับช้างไทย
โดย ชณัฐดา มะโนชัย และ ธิติ ไวกวี 1652

(HU-044) หลักธรรมาภิบาล บนฐานวิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง จังหวัดตาก
โดย ศาสตร์ศิลป์ ละม้ายศรี 1667

(HU-045) “ระบบสังคม” และหน้าที่พื้นฐานบนฐานประวัติศาสตร์และวิถีวัฒนธรรมกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ที่นับถือลัทธิฤาษี นิกายตะละกู่ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก
โดย ศาสตร์ศิลป์ ละม้ายศรี 1683

(HU-046) ข้อเสนอทางกฎหมายในการเลี้ยงแมลงออร์แกนิคเพื่อบริโภคเชิงพาณิชย์
โดย ธนกร สุกิน และ ธิติ ไวกวี 1699

วิทยาศาสตร์สุขภาพ

(Poster Presentation)

ปัจจัยกำหนดสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพของสตรีมุสลิมในจังหวัดนนทบุรีและกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก

Determinants of health and health behaviors of muslim women in Nonthaburi Province and Eastern Bangkok

ศุภามณ จันทร์สกุล[1*], บุญส่ง สุประดิษฐ์[1], ชนินทร์ จักรภพโยธิน[1] และ คชารัตน์ ปรีชล[1]

Suphamon Chansakul[1*], Boonsong Supradith[1], Chanin Chakkrapopyodhin[1] and Kacharat Prechon[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เพื่อศึกษาปัจจัยกำหนดสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพของสตรีมุสลิมใน จ.นนทบุรี และกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก กลุ่มตัวอย่างเป็นสตรีมุสลิมจำนวน 400 คน อายุ 15 – 49 ปี มีภูมิลำเนาในจังหวัดนนทบุรีและกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก ผู้วิจัยเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือวิจัยเป็นแบบสอบถามมีความตรงเชิงเนื้อหาและมีค่าความเที่ยงผ่านเกณฑ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนาและทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติอ้างอิง Independent t-test และ One way ANOVA ผลการวิจัยพบว่า

1. สตรีมุสลิมมีพฤติกรรมสุขภาพโดยรวมในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.74, SD. = 0.41) โดยปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพเนื่องจากอิทธิพลของสถานการณ์มากที่สุด รองลงมาคือ การรับรู้ประโยชน์ ความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่องจากกิจกรรม การสนับสนุนจากบุคคลรอบข้าง การรับรู้ความสามารถของตน และการรับรู้อุปสรรค
2. สตรีมุสลิมที่มีการศึกษาสูงกว่าระดับมัธยมศึกษาตอนต้นปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มากกว่าสตรีมุสลิมที่มีการศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=4.811, Sig.=.000)
3. สตรีมุสลิมที่ได้รับการสนับสนุนจากคู่สมรสปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มากกว่าสตรีมุสลิมที่ไม่ได้รับการสนับสนุนจากคู่สมรส (มีสถานภาพ หย่า ม่าย แยกทางกัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=2.108, Sig.=.036)
4. สตรีมุสลิมที่ประกอบอาชีพปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มากกว่าสตรีมุสลิมที่ไม่ได้ประกอบอาชีพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=4.321, Sig.=.000)
5. สตรีมุสลิมที่มีเศรษฐานะ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีรายได้มากกว่ารายจ่าย กลุ่มที่มีรายได้พอกับรายจ่าย และกลุ่มที่มีรายได้น้อยกว่ารายจ่ายมีพฤติกรรมสุขภาพแตกต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-test=14.527, Sig.=.000) เมื่อเปรียบเทียบรายคู่พบว่า ทุกกลุ่มเศรษฐานะมีพฤติกรรมสุขภาพโดยรวม พฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้ประโยชน์ การรับรู้อุปสรรค แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
6. สตรีมุสลิมที่มีภาวะสุขภาพในปัจจุบันแข็งแรงดีและสตรีมุสลิมที่ปัจจุบันมีโรคประจำตัว ปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพไม่แตกต่างกัน
7. สตรีมุสลิมที่มีสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (ภูมิลำเนา) ต่างกันมีพฤติกรรมสุขภาพไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: ปัจจัยกำหนดสุขภาพ, พฤติกรรมสุขภาพ, สตรีมุสลิม

---

[1] คณะพยาบาลศาสตร์อัครราชกุมารี ราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพมหานคร 10210

[1] Faculty of nursing, Chulabhorn Royal Academy, Bangkok, 10210

* Corresponding author: Suphamon.cha@cra.ac.th

Abstract

This research aims to study the determinants of health and health behaviors among Muslim women in Nonthaburi Province and Eastern Bangkok. The sample comprised 400 Muslim women aged 15 to 49 years, residing in Nonthaburi Province and Eastern Bangkok. A purposive sampling method was employed, utilizing a questionnaire as the research instrument, which demonstrated content validity and reliability. Data analysis was conducted using descriptive statistics and hypothesis testing through independent t-tests and One-way ANOVA. The findings revealed that:

1. Muslim women exhibited overall health behaviors at a high level ($\overline{x}$ = 3.74, SD = 0.41), primarily influenced by situational influences, followed by perceived benefits of action, activity-related affect, interpersonal influences, perceived self-efficacy, and perceived barriers to action.

2. Muslim women with education levels Higher than secondary high school significantly demonstrated health behaviors than those with Primary and secondary high school (t = 4.811, Sig. = .000).

3. Muslim women receiving spousal support significantly demonstrated health behaviors than those without spousal support (including divorced, widowed, or separated) (t = 2.108, Sig. = .036).

4. Employed Muslim women also significantly exhibited health behaviors than their unemployed counterparts (t = 4.321, Sig. = .000).

5. There were significant differences in health behaviors among Muslim women across three socioeconomic groups: those with income more than expenses, those with income equal to expenses, and those with Expenses more than income (F-test = 14.527, Sig. = .000). Pairwise comparisons indicated significant differences in overall health behaviors, perceived benefits of action and perceived barriers to action among all socioeconomic groups.

6. there was no significant difference in health behaviors between Muslim women currently healthy and those with chronic illnesses.

7. Likewise, variations in physical environments (residential locations) did not significantly impact health behaviors.

These findings highlight the importance of educational level, spousal support, employment status, and socioeconomic factors in influencing health behaviors among Muslim women in the studied regions.

Keywords: Determinants of Health, Health behaviors of Muslim women, Muslim women

บทนำ

สถานการณ์พฤติกรรมเสี่ยงของประชาชนไทยอายุ 15 ปีขึ้นไปพบว่าพฤติกรรมเสี่ยงที่มีแนวโน้มไม่ดีขึ้น ได้แก่ ภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน (BMI≥25 Kg./m^2) ภาวะอ้วนลงพุง ภาวะไขมันคอเลสเตอรอลในเลือดสูง และการมีกิจกรรมทางกายไม่เพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับความชุกของโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น [1] ส่วนปัญหาสุขภาพของสตรีมุสลิมสอดคล้องกับสถานการณ์พฤติกรรมเสี่ยงของประชาชนไทย โดยพบโรคเรื้อรังสูง ได้แก่ ภาวะอ้วน ภาวะไขมันในเลือดสูง เบาหวาน และ ความดันโลหิตสูง สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากพฤติกรรมบริโภคอาหารในชีวิตประจำวันและงานเทศกาลต่าง ๆ โดยอาหารส่วนมากเป็นอาหารไขมันสูง แป้ง น้ำตาล อาหารที่มีรสเค็ม และมีกะทิเป็นส่วนประกอบ [2] [3] [4] ปัจจัยกำหนดสุขภาพเป็นตัวกำหนดสถานะทางสุขภาพของบุคคลและส่งผลต่อ

พฤติกรรมสุขภาพที่แตกต่างกันของบุคคล ปัจจัยกำหนดสุขภาพประกอบด้วย ปัจจัยด้านบุคคล ปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพ สังคมเศรษฐกิจ วัฒนธรรม ประชากรและสิ่งแวดล้อม [5] [6] ในการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยยอร์ก เมืองโตรอนโต ปี ค.ศ. 2010 ได้กล่าวถึงปัจจัยกำหนดสุขภาพของประเทศแคนาดา ซึ่งระบุปัจจัยกำหนดสุขภาพที่เป็นผลต่อการส่งเสริมสุขภาพของบุคคลไว้ ได้แก่ รายได้และสถานะทางสังคม การมีงานทำและสภาพการทำงาน การศึกษา ความปลอดภัยด้านอาหาร สภาพแวดล้อมทางสังคม ระบบบริการสุขภาพ สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ความเท่าเทียมทางเพศ วัฒนธรรม การสนับสนุนทางสังคม การปฏิบัติตนเพื่อดูแลสุขภาพส่วนบุคคล พัฒนาการในวัยเด็ก ปัจจัยทางชีวภาพและพันธุกรรม [7] ซึ่งสอดคล้องกับกรอบการดำเนินงานเพื่อติดตามความเท่าเทียมกันทางปัจจัยสังคมกำหนดสุขภาพขององค์การอนามัยโลก (WHO) ปี ค.ศ. 2024 ที่กล่าวถึงปัจจัยสังคมกำหนดสุขภาพประกอบด้วย ความมั่นคงทางเศรษฐกิจและความเท่าเทียมกัน การศึกษา สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ บริบททางสังคมและชุมชน การปฏิบัติเพื่อดูแลสุขภาพ ระบบบริการสุขภาพและการเข้าถึงบริการสุขภาพ [8] ปัจจัยกำหนดสุขภาพเป็นต้นเหตุของปัญหาพฤติกรรมสุขภาพ โดยปัจจัยกำหนดสุขภาพที่ไม่เท่าเทียมกันส่งผลให้เกิดความไม่เป็นธรรมทางสุขภาพและมีผลต่อพฤติกรรมการสร้างเสริมสุขภาพที่แตกต่างกันของบุคคล ดังนั้นการสร้างเสริมสุขภาพควรคำนึงถึงปัจจัยกำหนดสุขภาพ การลดช่องว่างความไม่เป็นธรรมทางสุขภาพ เพื่อหาแนวทางสร้างสุขภาวะที่ดีของประชาชน [9]

พฤติกรรมสุขภาพตามแนวคิดแบบจำลองการส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์ (Pender's Health– Promotion Model) ประกอบด้วย 6 ปัจจัย ได้แก่ 1) การรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติพฤติกรรม โดยเมื่อบุคคลรับรู้ประโยชน์ทำให้เกิดแรงจูงใจปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพ 2) การรับรู้อุปสรรคของการปฏิบัติพฤติกรรม หากบุคคลรับรู้อุปสรรคมากจะลดความตั้งใจในการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพ แต่หากมีความพร้อมสูงและรับรู้อุปสรรคน้อยจะมีโอกาสปฏิบัติพฤติกรรมนั้นมากขึ้น 3) การรับรู้ความสามารถของตนเอง เมื่อรับรู้ความสามารถของตนเองสูงเท่าใดจะรับรู้อุปสรรคน้อยลง และมีเจตจำนงที่จะปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพ 4) อารมณ์ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติพฤติกรรม เมื่อบุคคลเกิดความรู้สึกจะมีการตอบสนองด้านอารมณ์และมีผลต่อความรู้สึกนึกคิดที่จะปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพ อารมณ์ความรู้สึกทั้งด้านบวกและด้านลบมีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพของบุคคล 5) อิทธิพลระหว่างบุคคล เป็นปัจจัยระหว่างบุคคลที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ แรงสนับสนุนทางสังคมกระตุ้นเจตจำนงในการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพ และ 6) อิทธิพลจากสถานการณ์ทำให้เกิดพฤติกรรมหรือเป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติพฤติกรรมของบุคคล [10] [11] จากปัญหาสุขภาพของสตรีมุสลิม ความสำคัญของปัจจัยกำหนดสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพดังกล่าวข้างต้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาพฤติกรรมสุขภาพในสตรีมุสลิมที่มีปัจจัยกำหนดสุขภาพแตกต่างกัน ได้แก่ ระดับการศึกษา การสนับสนุนจากคู่สมรส การประกอบอาชีพ เศรษฐานะ สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ และภาวะสุขภาพในปัจจุบัน โดยศึกษาสตรีมุสลิมจากชุมชนมุสลิมท่าอิฐและเกาะเกร็ดในจังหวัดนนทบุรี และชุมชนมุสลิมเขตหนองจอก มีนบุรี คลองสามวา และประเวศในกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก เนื่องจากเป็นชุมชนที่มีประชากรมุสลิมหนาแน่นและเป็นมุสลิมสายชวา–มลายูเช่นเดียวกับมุสลิมทางภาคใต้ซึ่งเป็นมุสลิมกลุ่มที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย [12] [13] ผลการศึกษาจะทำให้ทราบว่าสตรีมุสลิมที่มีปัจจัยกำหนดสุขภาพแตกต่างกันมีพฤติกรรมสุขภาพแตกต่างกันหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อนำไปสู่แนวทางในการพัฒนาการสร้างเสริมสุขภาพของสตรีมุสลิมที่สอดคล้องกับปัจจัยกำหนดสุขภาพของบุคคลต่อไป

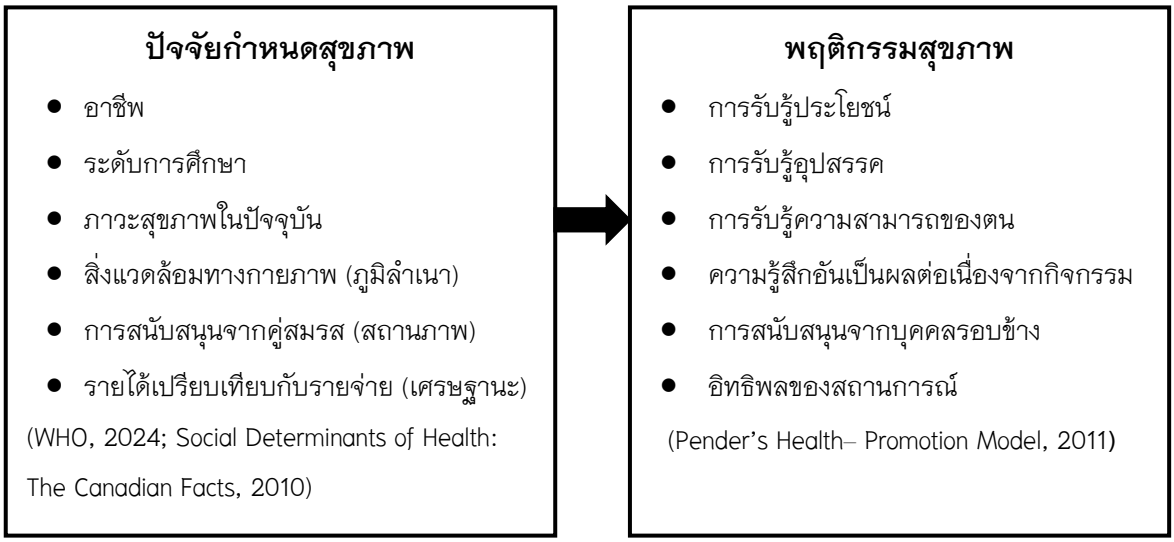
วัตถุประสงค์การศึกษา

เพื่อศึกษาปัจจัยกำหนดสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพของสตรีมุสลิมในจังหวัดนนทบุรี และกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก

สมมติฐานการวิจัย

1. สตรีมุสลิมที่มีการศึกษาสูงกว่าระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มากกว่าสตรีมุสลิมที่มีการศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น
2. สตรีมุสลิมที่ได้รับการสนับสนุนจากคู่สมรส (มีสถานภาพคู่ ทั้งจดทะเบียนและไม่จดทะเบียนสมรส) มีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มากกว่าสตรีมุสลิมที่ไม่ได้รับการสนับสนุนจากคู่สมรส (มีสถานภาพ หย่า ม่าย แยกทางกัน)
3. สตรีมุสลิมที่ประกอบอาชีพมีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มากกว่าสตรีมุสลิมที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ
4. สตรีมุสลิมที่มีเศรษฐานะต่างกัน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีรายได้มากกว่ารายจ่าย กลุ่มที่มีรายได้พอกับรายจ่าย และกลุ่มที่มีรายได้น้อยกว่ารายจ่าย มีพฤติกรรมสุขภาพแตกต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่ม
5. สตรีมุสลิมที่มีภาวะสุขภาพในปัจจุบันแข็งแรงดีมีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มากกว่าสตรีมุสลิมที่ภาวะสุขภาพในปัจจุบันมีโรคประจำตัว
6. สตรีมุสลิมที่มีสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (ภูมิลำเนา) ต่างกันมีพฤติกรรมสุขภาพแตกต่างกัน

กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งในโครงการวิจัยเรื่อง นิเวศวิทยาทางสังคม ปัจจัยทางจิตวิทยา และพฤติกรรมสุขภาพที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเจริญพันธุ์ของสตรีมุสลิมในกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก : การวิจัยผสมวิธี ซึ่งผ่านการพิจารณาการทำวิจัยในมนุษย์ราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์ (EC 005/2566) และคณะกรรมการจริยธรรมในคนกรุงเทพมหานคร (E016qs/66) และได้รับหนังสืออนุญาตเก็บข้อมูลจากคณะกรรมการอิสลามประจำกรุงเทพมหานคร ประชากรเป็นสตรีมุสลิมวัยเจริญพันธุ์ที่มีช่วงอายุ 15 – 49 ปี มีภูมิลำเนาในจังหวัดนนทบุรี ได้แก่ ชุมชนท่าอิฐ ชุมชนเกาะเกร็ด และมีภูมิลำเนาในกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก ได้แก่ เขตหนองจอก เขตมีนบุรี เขตคลองสามวา และเขตประเวศ ซึ่งเป็นประชากรที่นับจำนวนได้ไม่แน่นอน (Infinite population) ผู้วิจัยเลือกตัวอย่างแบบเจาะจงโดยประสานงานกับผู้ประสานงานชุมชนมุสลิม ได้กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นอาสาสมัคร สตรีมุสลิม

จำนวน 400 คน ในการเก็บข้อมูลผู้วิจัยชี้แจงโครงการวิจัย มีการขออนุญาตอาสาสมัครในเข้าร่วมการวิจัยด้วยความความสมัครใจ และลงนามในการยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามสตรีมุสลิมเกี่ยวกับข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยกำหนดสุขภาพ ได้แก่ การสนับสนุนจากคู่สมรส (สถานภาพ) อาชีพ ระดับการศึกษา รายได้เทียบกับรายจ่าย (เศรษฐานะ) สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (ภูมิลำเนา) ภาวะสุขภาพในปัจจุบัน และพฤติกรรมสุขภาพของสตรีมุสลิม แบบสอบถามผ่านการพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน มีค่า IOC > 0.67 ทุกข้อผ่านเกณฑ์ โดยค่าความตรงเชิงเนื้อหาที่ผ่านเกณฑ์ควรมี IOC ≥ 0.50 [14] และมีค่าความเที่ยง (Reliability) เท่ากับ 0.908 ผ่านเกณฑ์ โดยค่าความเที่ยงที่ผ่านเกณฑ์ควรมี Cronbach's Alpha ≥ 0.70 [15] การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัยด้วยสถิติพรรณนา โดยข้อมูลที่มีมาตรวัดตัวแปรระดับ Nominal และ Ordinal วิเคราะห์ด้วยความถี่และร้อยละ ข้อมูลที่มีมาตรวัดตัวแปรระดับ Interval และ Ratio วิเคราะห์ด้วยค่า Min., Max., $\bar{x}$, Median, SD. ส่วนสถิติอ้างอิงวิเคราะห์ด้วย Independent t-test และ One way ANOVA ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นพบข้อมูลมีการแจกแจงปกติ Kolmogorov-Smirnov มีค่า Sig = .200 ทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนโดยพิจารณาค่านัยสำคัญของ Levene's Test ถ้า Sig. > .05 อ่านค่า t-test ที่ Equal variances assumed ถ้า Sig. < .05 อ่านค่า t-test ที่ Equal variances not assumed ส่วนการวิเคราะห์ One way ANOVA ทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน (Homogeneity of variance test) ด้วยสถิติ Levene ถ้า Sig. > .05 แสดงว่า Equal variances assumed ทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ F-test และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วย LSD ถ้า Sig. < .05 แสดงว่า Equal variances not assumed ทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ Welch-test และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วย Games-Howell [16] [17]

ผลการศึกษา

สตรีมุสลิมที่ตอบแบบสอบถามจำนวน 400 คน ผลวิจัยข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลพบว่า สตรีมุสลิมมีอายุเฉลี่ย 35 ปี มีอายุน้อยที่สุด 16 ปี มีอายุมากที่สุด 49 ปี สตรีมุสลิมมีน้ำหนักเฉลี่ยในปัจจุบัน 67.90 kg. มีน้ำหนักมากที่สุด 140 kg. น้ำหนักน้อยที่สุด 35 kg. ส่วนสูงโดยเฉลี่ยของสตรีมุสลิม 158.45 cm. ส่วนสูงมากที่สุด 182 cm. ส่วนสูงน้อยที่สุด 140 cm. ปัจจัยกำหนดสุขภาพของสตรีมุสลิม ได้แก่ การได้รับการสนับสนุนจากคู่สมรสพบว่า สตรีมุสลิมส่วนใหญ่มีสถานภาพคู่จำนวน 356 คน (ร้อยละ 89.00) มีระดับการศึกษาสูงกว่าระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 232 คน (ร้อยละ 58.00) ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพจำนวน 314 คน (ร้อยละ 78.50) เศรษฐานะส่วนใหญ่สตรีมุสลิมมีรายจ่ายมากกว่ารายได้จำนวน 188 คน (ร้อยละ 47.00) อาสาสมัครส่วนใหญ่มีภูมิลำเนาในกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก เขตหนองจอก จำนวน 186 คน (ร้อยละ 46.50) ดัชนีมวลกายโดยเฉลี่ยของสตรีมุสลิม 27.02 Kg/m^2 ดัชนีมวลกายมากที่สุด 56.08 Kg/m^2 ดัชนีมวลกายน้อยที่สุด 14.57 Kg/m^2 นำเสนอข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยกำหนดสุขภาพของสตรีมุสลิม (n=400)

ปัจจัยส่วนบุคคลและ ปัจจัยกำหนดสุขภาพ	f	%	Min.	Max.	$\bar{x}$	Median	SD.
อายุ (ปี)			16.00	49.00	35.87	36.00	8.23
การสนับสนุนจากคู่สมรส (สถานภาพ)							
คู่ (ทั้งจดทะเบียนและไม่จดทะเบียนสมรส)	356	89.00					
แยกทางกัน หย่า ม่าย	44	11.00					
ระดับการศึกษา							
ประถมศึกษา และมัธยมศึกษาตอนต้น	168	42.00					
การศึกษาสูงกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น	232	58.00					
อาชีพ							
ไม่ได้ประกอบอาชีพ	86	21.50					
ประกอบอาชีพ	314	78.50					
รายได้เทียบกับรายจ่าย (เศรษฐานะ)							
รายจ่ายมากกว่ารายได้	188	47.00					
รายได้พอกับรายจ่าย	187	46.80					
รายได้มากกว่ารายจ่าย	25	6.30					
สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (ภูมิลำเนา)							
เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร	186	46.50					
เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร	64	16.00					
เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร	52	13.00					
เขตคลองสามวา กรุงเทพมหานคร	48	12.00					
ชุมชมท่าอิฐ-เกาะเกร็ด จ.นนทบุรี	50	12.50					
ภาวะสุขภาพในปัจจุบัน							
แข็งแรงดี ไม่มีโรคประจำตัว	262	65.50					
มีโรคประจำตัว	138	34.50					
น้ำหนักในปัจจุบัน (Kg.)			35.00	140.00	67.90	65.50	17.07
ส่วนสูง (Cm.)			140.00	182.00	158.45	158.00	6.24
ดัชนีมวลกาย (BMI) (Kg/m^2)			14.57	56.08	27.02	26.26	6.58

เมื่อพิจารณาการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพพบว่า สตรีมุสลิมส่วนใหญ่มีคะแนนพฤติกรรมสุขภาพโดยรวมเฉลี่ยในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.74, SD. = 0.41) พิจารณารายด้านพบว่า สตรีมุสลิมปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพเนื่องจากอิทธิพลของสถานการณ์มากที่สุด รองลงมาคือ การรับรู้ประโยชน์ ความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่องจากกิจกรรม การสนับสนุนจากบุคคลรอบข้าง การรับรู้ความสามารถของตน และการรับรู้อุปสรรค โดยคะแนนเฉลี่ยรายด้านอันดับ 1 ถึง 4 อยู่ในระดับมาก ส่วนการรับรู้ความสามารถของตน และการรับรู้อุปสรรค มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง นำเสนอข้อมูลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พฤติกรรมสุขภาพของสตรีมุสลิมในจังหวัดนนทบุรีและกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก (n=400)

พฤติกรรมสุขภาพ	$\bar{x}$	SD.	ระดับ	อันดับ
พฤติกรรมสุขภาพ	3.74	0.41	มาก	
การรับรู้ประโยชน์	4.15	0.59	มาก	2
การรับรู้อุปสรรค	3.24	0.73	ปานกลาง	6
การรับรู้ความสามารถของตน	3.48	0.59	ปานกลาง	5
ความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่องจากกิจกรรม	3.94	0.61	มาก	3
การสนับสนุนจากบุคคลรอบข้าง	3.61	0.51	มาก	4
อิทธิพลของสถานการณ์	4.21	0.61	มาก	1

ทดสอบสมมติฐานที่ 1 สตรีมุสลิมที่มีการศึกษาสูงกว่าระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มากกว่าสตรีมุสลิมที่มีการศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น ทดสอบด้วยสถิติ Independent t-test ผลการวิจัยพบว่า สตรีมุสลิมที่มีการศึกษาสูงกว่าระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มากกว่าสตรีมุสลิมที่มีการศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=4.811, Sig.=.000) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า สตรีมุสลิมที่มีการศึกษาสูงกว่าระดับมัธยมศึกษาตอนต้นปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้ประโยชน์ การรับรู้ความสามารถของตน ความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่องจากกิจกรรม การสนับสนุนจากบุคคลรอบข้าง และอิทธิพลของสถานการณ์ มากกว่าสตรีมุสลิมที่มีการศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนพฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้อุปสรรคของสตรีมุสลิมทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบพฤติกรรมสุขภาพของสตรีมุสลิมที่มีระดับการศึกษาสูงกว่ามัธยมศึกษาตอนต้นและสตรีมุสลิมที่มีระดับการศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น (n=400)

	สูงกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น (n=232)			ประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น (n=168)			Levene's Test (Sig.)	t	Sig.
	$\bar{x}$	SD.	ระดับ	$\bar{x}$	SD.	ระดับ			
พฤติกรรมสุขภาพ	3.82	0.39	มาก	3.62	0.41	มาก	.382	4.811	.000**
การรับรู้ประโยชน์	4.23	0.56	มาก	4.03	0.60	มาก	.214	3.506	.001**
การรับรู้อุปสรรค	3.25	0.71	ปานกลาง	3.22	0.75	ปานกลาง	.771	0.412	.681
การรับรู้ความสามารถของตน	3.59	0.57	มาก	3.33	0.57	ปานกลาง	.794	4.585	.000**
ความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่อง ฯ	4.09	0.56	มาก	3.72	0.62	มาก	.139	6.246	.000**
การสนับสนุนจากบุคคลรอบข้าง	3.67	0.50	มาก	3.52	0.53	มาก	.144	3.055	.002**
อิทธิพลของสถานการณ์	4.29	0.55	มาก	4.10	0.68	มาก	.000	2.934	.004**

* Sig. < .05 ** Sig. < .01

ทดสอบสมมติฐานที่ 2 สตรีมุสลิมที่ได้รับการสนับสนุนจากคู่สมรส (มีสถานภาพคู่ ทั้งจดทะเบียนและไม่จดทะเบียนสมรส) มีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มากกว่าสตรีมุสลิมที่ไม่ได้รับการสนับสนุนจากคู่สมรส (มีสถานภาพ หย่า ม่าย แยกทางกัน) ทดสอบด้วยสถิติ Independent t-test ผลการวิจัยพบว่า สตรีมุสลิมที่มีสถานภาพคู่มีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มากกว่าสตรีมุสลิมที่มีสถานภาพ หย่า ม่าย แยกทางกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ (t=2.108, Sig.=.036) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า สตรีมุสลิมที่มีสถานภาพคู่ปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้ประโยชน์มากกว่าสตรีมุสลิมที่มีสถานภาพ หย่า ม่าย แยกทางกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=3.104, Sig.=.002) ส่วนพฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้อุปสรรค การรับรู้ความสามารถของตน ความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่องจากกิจกรรม การได้รับการสนับสนุนจากบุคคลรอบข้าง และอิทธิพลของสถานการณ์ ของสตรีมุสลิมทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบพฤติกรรมสุขภาพของสตรีมุสลิมที่ได้รับการสนับสนุนจากคู่สมรส (สถานภาพคู่) และสตรีมุสลิมที่ไม่ได้รับการสนับสนุนจากคู่สมรส (แยกทางกัน หย่า ม่าย) (n=400)

	สถานภาพคู่ (n=356)			แยกทางกัน หย่า ม่าย (n=44)			Levene's Test (Sig.)	t	Sig.
	$\bar{x}$	SD.	ระดับ	$\bar{x}$	SD.	ระดับ			
พฤติกรรมสุขภาพ	3.76	0.41	มาก	3.61	0.41	มาก	.824	2.108	.036*
การรับรู้ประโยชน์	4.18	0.57	มาก	3.90	0.67	มาก	.309	3.104	.002**
การรับรู้อุปสรรค	3.26	0.72	ปานกลาง	3.05	0.75	ปานกลาง	.826	1.853	.065
การรับรู้ความสามารถของตน	3.49	0.58	ปานกลาง	3.43	0.67	ปานกลาง	.096	0.543	.587
ความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่อง ฯ	3.94	0.61	มาก	3.87	0.59	มาก	.845	0.782	.434
การสนับสนุนจากบุคคลรอบข้าง	3.61	0.52	มาก	3.62	0.44	มาก	.153	-.0.193	.847
อิทธิพลของสถานการณ์	4.22	0.60	มาก	4.10	0.69	มาก	.198	1.253	.211

* Sig. < .05 ** Sig. < .01

ทดสอบสมมติฐานที่ 3 สตรีมุสลิมที่ประกอบอาชีพมีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มากกว่าสตรีมุสลิมที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ ทดสอบด้วยสถิติ Independent t-test ผลการวิจัยพบว่า สตรีมุสลิมที่ประกอบอาชีพมีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มากกว่าสตรีมุสลิมที่ไม่ได้ประกอบอาชีพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=4.321, Sig.=.000) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า สตรีมุสลิมที่ประกอบอาชีพปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้ประโยชน์ การรับรู้อุปสรรค การรับรู้ความสามารถของตน ความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่องจากกิจกรรม และอิทธิพลของสถานการณ์ มากกว่าสตรีมุสลิมที่ไม่ได้ประกอบอาชีพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนพฤติกรรมสุขภาพจากการได้รับการสนับสนุนจากบุคคลรอบข้างของสตรีมุสลิมทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบพฤติกรรมสุขภาพของสตรีมุสลิมที่ประกอบอาชีพและสตรีมุสลิมที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ (n=400)

	ประกอบอาชีพ (n=314)			ไม่ได้ประกอบอาชีพ (n=86)			Levene's Test (Sig.)	t	Sig.
	$\bar{x}$	SD.	ระดับ	$\bar{x}$	SD.	ระดับ			
พฤติกรรมสุขภาพ	3.78	0.39	มาก	3.57	0.42	มาก	.543	4.321	.000**
การรับรู้ประโยชน์	4.19	0.55	มาก	3.99	0.67	มาก	.019	2.599	.011*
การรับรู้อุปสรรค	3.31	0.72	ปานกลาง	3.00	0.71	ปานกลาง	.846	3.470	.001**
การรับรู้ความสามารถของตน	3.51	0.58	มาก	3.36	0.61	ปานกลาง	.209	2.197	.029*
ความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่อง ฯ	3.98	0.61	มาก	3.76	0.60	มาก	.822	3.042	.003**
การสนับสนุนจากบุคคลรอบข้าง	3.63	0.51	มาก	3.53	0.53	มาก	.446	1.554	.121
อิทธิพลของสถานการณ์	4.27	0.58	มาก	4.00	0.69	มาก	.092	3.537	.000**

* Sig. < .05 ** Sig. < .01

ทดสอบสมมติฐานที่ 4 สตรีมุสลิมที่มีเศรษฐานะต่างกัน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีรายได้มากกว่ารายจ่าย กลุ่มที่มีรายได้พอกับรายจ่าย และกลุ่มที่มีรายได้น้อยกว่ารายจ่าย มีพฤติกรรมสุขภาพแตกต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่ม ทดสอบด้วย One way ANOVA ผลการวิจัยพบว่า สตรีมุสลิมที่มีเศรษฐานะต่างกัน 3 กลุ่มมีพฤติกรรมสุขภาพแตกต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-test=14.527, Sig.=.000) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า สตรีมุสลิมที่มีเศรษฐานะต่างกัน 3 กลุ่มมีพฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้ประโยชน์ การรับรู้อุปสรรค การรับรู้ความสามารถของตน ความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่องจากกิจกรรม และอิทธิพลของสถานการณ์ แตกต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนพฤติกรรมสุขภาพจากการได้รับการสนับสนุนจากบุคคลรอบข้างของสตรีมุสลิมทั้งสามกลุ่มไม่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบพฤติกรรมสุขภาพของสตรีมุสลิมที่มีเศรษฐานะต่างกัน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีรายได้มากกว่ารายจ่าย กลุ่มที่มีรายได้พอกับรายจ่าย และกลุ่มที่มีรายได้น้อยกว่ารายจ่าย (n=400)

	รายจ่ายมากกว่ารายได้ (n=188)			รายได้พอกับรายจ่าย (n=187)			รายได้มากกว่ารายจ่าย (n=25)			F	Welch	Sig.
	$\bar{x}$	SD.	ระดับ	$\bar{x}$	SD.	ระดับ	$\bar{x}$	SD.	ระดับ			
พฤติกรรมสุขภาพ	3.64	0.40	มาก	3.79	0.38	มาก	4.05	0.46	มาก	14.527		.000**
การรับรู้ประโยชน์	4.03	0.63	มาก	4.21	0.50	มาก	4.52	0.56	มาก		10.171	.000**
การรับรู้อุปสรรค	3.11	0.69	ปานกลาง	3.30	0.72	ปานกลาง	3.85	0.67	มาก	13.310		.000**
การรับรู้ความสามารถของตน	3.42	0.59	ปานกลาง	3.51	0.55	มาก	3.71	0.73	มาก	3.416		.034*
ความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่อง ฯ	3.88	0.59	มาก	3.96	0.60	มาก	4.19	0.80	มาก	3.172		.043*
การสนับสนุนจากบุคคลรอบข้าง	3.55	0.50	มาก	3.65	0.49	มาก	3.72	0.73	มาก	2.509		.083
อิทธิพลของสถานการณ์	4.11	0.63	มาก	4.29	0.56	มาก	4.33	0.75	มาก		4.484	.015*

* Sig. < .05 ** Sig. < .01

เมื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมสุขภาพโดยรวม และพฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้ประโยชน์ การรับรู้อุปสรรค การรับรู้ความสามารถของตน ความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่องจากกิจกรรม และอิทธิพลของสถานการณ์ ผลการเปรียบเทียบทั้งสามกลุ่มเศรษฐานะเป็นรายคู่พบว่า ทุกกลุ่มเศรษฐานะมีพฤติกรรมสุขภาพโดยรวม พฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้ประโยชน์ การรับรู้อุปสรรค แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่ากลุ่มที่มีรายได้มากกว่ารายจ่ายมีพฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้ความสามารถของตนและความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่องจากกิจกรรม แตกต่างจากกลุ่มที่มีรายจ่ายมากกว่ารายได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังพบว่ากลุ่มที่มีรายได้พอกับรายจ่ายมีพฤติกรรมสุขภาพด้านอิทธิพลของสถานการณ์แตกต่างจากกลุ่มที่มีรายจ่ายมากกว่ารายได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบพฤติกรรมสุขภาพโดยรวม พฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้ประโยชน์ การรับรู้อุปสรรค การรับรู้ความสามารถของตน ความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่องจากกิจกรรม และอิทธิพลของสถานการณ์ โดยเปรียบเทียบทั้งสามกลุ่มเศรษฐานะเป็นรายคู่ (n=400)

	Levene's Test (Sig.)	การเปรียบเทียบรายคู่	ระดับนัยสำคัญ (Sig.)		
			รายจ่ายมากกว่ารายได้	รายได้พอกับรายจ่าย	รายได้มากกว่ารายจ่าย
พฤติกรรมสุขภาพ	.407	รายจ่ายมากกว่ารายได้			
		รายได้พอกับรายจ่าย	.001**		
		รายได้มากกว่ารายจ่าย	.000**	.002**	
การรับรู้ประโยชน์	.023	รายจ่ายมากกว่ารายได้			
		รายได้พอกับรายจ่าย	.006**		
		รายได้มากกว่ารายจ่าย	.001**	.036*	
การรับรู้อุปสรรค	.689	รายจ่ายมากกว่ารายได้			
		รายได้พอกับรายจ่าย	.010*		
		รายได้มากกว่ารายจ่าย	.000**	.000**	
การรับรู้ความสามารถของตน	.102	รายจ่ายมากกว่ารายได้			
		รายได้พอกับรายจ่าย	.103		
		รายได้มากกว่ารายจ่าย	.018*	.115	
ความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่อง ฯ	.054	รายจ่ายมากกว่ารายได้			
		รายได้พอกับรายจ่าย	.216		
		รายได้มากกว่ารายจ่าย	.016*	.069	
อิทธิพลของสถานการณ์	.026	รายจ่ายมากกว่ารายได้			
		รายได้พอกับรายจ่าย	.011*		
		รายได้มากกว่ารายจ่าย	.368	.971	

* Sig. < .05 ** Sig. < .01

ทดสอบสมมติฐานที่ 5 สตรีมุสลิมที่มีภาวะสุขภาพในปัจจุบันแข็งแรงดีมีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดีมากกว่าสตรีมุสลิมที่ภาวะสุขภาพในปัจจุบันมีโรคประจำตัว ทดสอบด้วยสถิติ Independent t-test ผลการวิจัยพบว่า สตรีมุสลิมที่มีภาวะสุขภาพในปัจจุบันแข็งแรงดีและสตรีมุสลิมที่ภาวะสุขภาพในปัจจุบันมีโรคประจำตัวมีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบพฤติกรรมสุขภาพของสตรีมุสลิมที่มีภาวะสุขภาพในปัจจุบันแข็งแรงดีและสตรีมุสลิมที่ภาวะสุขภาพในปัจจุบันมีโรคประจำตัว (n=400)

	Levene's Test (Sig.)	$\bar{x}$	SD.	แปลผล	t	Sig.
พฤติกรรมสุขภาพ	.986				0.826	.409
แข็งแรงดี (n=262)		3.75	0.41	มาก		
มีโรคประจำตัว (n=134)		3.71	0.40	มาก		

ทดสอบสมมติฐานที่ 6 สตรีมุสลิมที่มีสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (ภูมิลำเนา) ต่างกันมีพฤติกรรมสุขภาพแตกต่างกัน ทดสอบด้วย One way ANOVA ผลการวิจัยพบว่า สตรีมุสลิมแต่ละภูมิลำเนามีพฤติกรรมสุขภาพไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบพฤติกรรมสุขภาพของสตรีมุสลิมจำแนกตามสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (ภูมิลำเนา) (n=400)

	n	Levene's Test (Sig.)	$\bar{x}$	SD.	แปลผล	F	Sig.
พฤติกรรมสุขภาพ		.079				1.123	.345
หนองจอก กรุงเทพมหานคร	186		3.75	0.42	มาก		
มีนบุรี กรุงเทพมหานคร	64		3.64	0.46	มาก		
ประเวศ กรุงเทพมหานคร	52		3.73	0.37	มาก		
คลองสามวา กรุงเทพมหานคร	48		3.76	0.40	มาก		
ท่าอิฐ-เกาะเกร็ด จ.นนทบุรี	50		3.79	0.35	มาก		

อภิปรายและสรุปผล

ผลการวิจัยตามสมมติฐานที่ 1 พบว่าสตรีมุสลิมที่มีการศึกษาสูงกว่าระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มากกว่าสตรีมุสลิมที่มีการศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พิจารณารายด้านพบการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้ประโยชน์ การรับรู้ความสามารถของตน ความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่องจากกิจกรรม การสนับสนุนจากบุคคลรอบข้าง และอิทธิพลของสถานการณ์ มากกว่าสตรีมุสลิมที่มีการศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสตรีมุสลิมที่มีการศึกษาสูงกว่าระดับมัธยมศึกษาตอนต้นปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้ความสามารถของตนในระดับมาก ส่วนสตรีมุสลิมที่มีการศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้ความสามารถของตนในระดับปานกลาง อภิปรายผลการวิจัยได้ว่าระดับการศึกษาทำให้บุคคลมีความคิดเชิงเหตุผล จึงเห็นความสำคัญของการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพและรับรู้ได้ว่าตนเองมีความสามารถในการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพ ดังนั้นระดับการศึกษาจึงเป็นปัจจัยกำหนดสุขภาพที่มีผลต่อพฤติกรรมสุขภาพของบุคคล สอดคล้องกับผลการวิจัยของ นันทนาถ ช่วยสกุล และ ภากร ช่วยสกุล (2562) ที่พบว่าระดับการศึกษาและระดับความรู้เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมสุขภาพที่พึงประสงค์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [18] ส่วนพฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้อุปสรรคของสตรีมุสลิมทั้งสองกลุ่มระดับการศึกษาอยู่ในระดับปานกลางและไม่แตกต่างกัน อภิปรายผลการวิจัยได้ว่าอุปสรรคไม่มีผลต่อการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพของสตรีมุสลิมที่มีระดับการศึกษาต่างกันอาจเป็นเพราะการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพในบางเรื่องเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องทำแม้จะมีอุปสรรคบ้างในการปฏิบัติ หรืออาจเป็นเพราะยังไม่ได้ปฏิบัติจึงไม่พบอุปสรรคในการปฏิบัติซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อัญชนา สุวรรณชาติ, อำภาพร นามวงศ์พรหม และน้ำอ้อย ภักดีวงศ์ (2567) ที่พบว่าเมื่อบุคคลยังไม่ได้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพของตนเองจึงทำให้ยังไม่เกิดการรับรู้อุปสรรคในการปฏิบัติ [19] ผลการวิจัยตามสมมติฐานที่ 2 พบว่าสตรีมุสลิมที่มีสถานภาพคู่มีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มากกว่าสตรีมุสลิมที่มีสถานภาพ หย่า ม่าย แยกทางกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า สตรีมุสลิมที่มีสถานภาพคู่ปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้ประโยชน์มากกว่าสตรีมุสลิมที่มีสถานภาพ หย่า ม่าย แยกทางกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีพฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้อุปสรรค

การรับรู้ความสามารถของตน ความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่องจากกิจกรรม การได้รับการสนับสนุนจากบุคคลรอบข้าง และอิทธิพลของสถานการณ์ไม่แตกต่างกัน โดยพฤติกรรมสุขภาพด้านความรู้สึกอันเป็นผลต่อเนื่องจากกิจกรรม การได้รับการสนับสนุนจากบุคคลรอบข้าง และอิทธิพลของสถานการณ์ มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ส่วนการรับรู้ความสามารถของตนและการรับรู้อุปสรรคมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง อภิปรายผลการวิจัยได้ว่า การมีสถานภาพคู่ทำให้สตรีมุสลิมได้รับการสนับสนุนการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพจากสามีและสมาชิกในครอบครัว แต่ที่ทั้งสองกลุ่มมีพฤติกรรมสุขภาพด้านการสนับสนุนจากบุคคลรอบข้างไม่แตกต่างกัน เนื่องจากบุคคลรอบข้างเป็นบุคคลที่ไม่ใช่สมาชิกในครอบครัวของสตรีมุสลิมได้แก่ ญาติ เพื่อน เพื่อนบ้าน บุคคลในชุมชน เป็นต้น ตามคำสอนในศาสนาอิสลามมีหลักศาสนบัญญัติที่เกี่ยวกับครอบครัวดังนี้ *“ครอบครัวประกอบด้วยสามี ภรรยาและลูก คำสั่งของอิสลามเกี่ยวกับครอบครัวนั้นชัดเจน กล่าวคือ อิสลามกำหนดให้ผู้ชายเป็นผู้รับผิดชอบในการทำงานและจัดหาสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตให้แก่ภรรยาและลูก”* [20] การสนับสนุนจากสามีจึงเป็นปัจจัยกำหนดสุขภาพที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการส่งเสริมสุขภาพของสตรีมุสลิม [21] ผลการวิจัยตามสมมติฐานที่ 3 พบว่าสตรีมุสลิมที่ประกอบอาชีพมีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มากกว่าสตรีมุสลิมที่ไม่ได้ประกอบอาชีพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลการวิจัยตามสมมติฐานที่ 4 พบว่าสตรีมุสลิมที่มีเศรษฐานะต่างกัน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีรายได้มากกว่ารายจ่าย กลุ่มที่มีรายได้พอกับรายจ่าย และกลุ่มที่มีรายได้น้อยกว่ารายจ่าย มีพฤติกรรมสุขภาพแตกต่างกันโดยเมื่อเปรียบเทียบรายคู่พบว่า ทุกกลุ่มเศรษฐานะมีพฤติกรรมสุขภาพโดยรวม พฤติกรรมสุขภาพด้านการรับรู้ประโยชน์ การรับรู้อุปสรรค แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังพบว่าสตรีมุสลิมที่ประกอบอาชีพ และสตรีมุสลิมที่มีเศรษฐานะรายได้มากกว่ารายจ่ายและรายได้พอกับรายจ่าย มีการรับรู้ความสามารถของตนในการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพอยู่ในระดับมาก ในขณะที่สตรีมุสลิมที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ และสตรีมุสลิมที่มีเศรษฐานะรายจ่ายมากกว่ารายได้มีการรับรู้ความสามารถของตนในการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง อภิปรายผลการวิจัยได้ว่า การประกอบอาชีพและระดับเศรษฐานะที่เพียงพอต่อการดำรงชีพทำให้สตรีมุสลิมรับรู้ตนเองว่ามีความสามารถในการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพ สอดคล้องกับผลการศึกษาของวริยา บุญทอง และพัชรา พลเยี่ยม (2564) ที่พบว่าอาชีพมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพที่พึงประสงค์ของวัยทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [22] ดังนั้นการมีงานทำและระดับเศรษฐานะจึงเป็นปัจจัยกำหนดสุขภาพที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพของบุคคล ผลการวิจัยตามสมมติฐานที่ 5 พบว่าสตรีมุสลิมที่มีภาวะสุขภาพในปัจจุบันแข็งแรงดีและสตรีมุสลิมที่ภาวะสุขภาพในปัจจุบันมีโรคประจำตัวมีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพไม่แตกต่างกัน โดยมีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพอยู่ในระดับมาก อภิปรายผลการวิจัยได้ว่า การปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพมีความสำคัญต่อภาวะสุขภาพจึงทำให้สตรีมุสลิมทั้งที่แข็งแรงดีและมีโรคประจำตัวมีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพอยู่ในระดับมาก หรืออาจเป็นเพราะเมื่อสตรีรับรู้ว่าตนเองมีโรคประจำตัวจึงปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพที่พึงประสงค์เพื่อไม่ให้โรคประจำตัวแย่ลงกว่าเดิม ดังนั้นภาวะสุขภาพในปัจจุบันจึงเป็นปัจจัยกำหนดสุขภาพที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพของบุคคล สอดคล้องกับผลการศึกษาของวริยา บุญทอง และพัชรา พลเยี่ยม (2564) ที่พบว่าการมี/ไม่มีโรคประจำตัว มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพที่พึงประสงค์ของวัยทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [22] ผลการวิจัยตามสมมติฐานที่ 6 พบว่าสตรีมุสลิมที่มีสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (ภูมิลำเนา) ต่างกันมีพฤติกรรมสุขภาพไม่แตกต่างกัน โดยมีการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพอยู่ในระดับมาก อภิปรายผลการวิจัยได้ว่า ถึงแม้สตรีมุสลิมจะมีสิ่งแวดล้อมทางกายภาพจากภูมิลำเนาที่ต่างกันแต่ชุมชนมุสลิมในการศึกษาเป็นมุสลิมที่มีรากเหง้าเดียวกับมุสลิมทางภาคใต้ซึ่งเป็นมุสลิมกลุ่มที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย [12] [13] และชุมชนมุสลิมในการศึกษายังมีการติดต่อกับครอบครัวทางภาคใต้อย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งมุสลิมไม่ว่าจะอยู่ที่ใดย่อมต้องมีการปฏิบัติตนตามหลักคำสอนของศาสนาอิสลาม [23] และคำสอนตามหลักศาสนาอิสลามเกี่ยวกับการรับผิดชอบต่อสุขภาพโดยการรักษาสุขภาพเป็นหน้าที่ (วาญิบ) ที่ชาวมุสลิมต้องปฏิบัติ [24] ดังนั้นการปฏิบัติตามหลักศาสนาจึงเป็นปัจจัยกำหนดสุขภาพโดยมีความสัมพันธ์การปฏิบัติ

พฤติกรรมสุขภาพของสตรีมุสลิม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของคณิตา ขันธชัย และสุรสิทธิ์ วชิรขจร (2557) ที่พบว่าปัจจัยด้านหลักปฏิบัติของศาสนาอิสลามและปัจจัยด้านพฤติกรรมการปฏิบัติตามวัฒนธรรมอิสลามสามารถทำนายคุณภาพชีวิตของสตรีมุสลิมได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [25] ผลการวิจัยที่ได้ในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักวิชาการที่สนใจศึกษาปัจจัยกำหนดสุขภาพ การสร้างเสริมพฤติกรรมสุขภาพสตรีมุสลิม ประโยชน์ต่อเจ้าหน้าที่สาธารณสุขในงานสร้างเสริมสุขภาพ การป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพให้เป็นพฤติกรรมสุขภาพที่พึงประสงค์ในกลุ่มสตรีมุสลิม ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยครั้งนี้ต่อยอดสำหรับการวิจัยครั้งต่อไปควรพัฒนาโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมสุขภาพ โปรแกรมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพให้เป็นพฤติกรรมสุขภาพที่พึงประสงค์ โดยนำปัจจัยกำหนดสุขภาพของบุคคลมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการสร้างเสริมพฤติกรรมสุขภาพและแนวทางการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสมกับวัฒนธรรมและวิถีชีวิตของสตรีมุสลิม โดยเฉพาะควรเน้นบทบาทให้ชุมชนมุสลิมและครอบครัวได้มีส่วนร่วม มีการประสานงานกับผู้นำศาสนาอิสลามในพื้นที่ โดยนำคำสอนตามหลักศาสนาอิสลามเกี่ยวกับการรับผิดชอบต่อสุขภาพมาเป็นหลักในการพัฒนาแนวทางการสร้างเสริมพฤติกรรมสุขภาพและแนวทางการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพให้เป็นพฤติกรรมสุขภาพที่พึงประสงค์ในกลุ่มสตรีมุสลิมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์ และกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2568 ตลอดจนอาสาสมัครผู้ให้ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. กองโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. รายงานประจำปี 2566. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์; 2566.
2. รุสมีนา นิมะ. ประสบการณ์การจัดการภาวะอ้วนของหญิงมุสลิม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการระบบสุขภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2557.
3. พวงผกา คงวัฒนานนท์ และ ประนอม โอทะกานนท์. การรับรู้ภาวะสุขภาพ วิถีชีวิต และการเป็นแกนนำสร้างเสริมสุขภาพ ของสตรีมุสลิมในบริบทไทยภาคกลาง. วารสารคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 2562; 27(4): 89–98.
4. พัชรี รัศมีแจ่ม, ปริศนา อัครธนพล, พรทิพย์ ลิ้มธีระยศ และ กมลทิพย์ ขลังธรรมเนียม. ปัจจัยทำนายพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพของ ชาวไทยมุสลิมที่มีภาวะความดันโลหิตสูง. วารสารพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม. 2561; 19(37): 56–68.
5. เพ็ญ สุขมาก. [อินเตอร์เน็ต]. สุขภาพ ปัจจัยกำหนดสุขภาพ และระบบประเมินผลกระทบ; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2567. ได้จาก: https://ppi.psu.ac.th/food/upload/forum/paper_1923_62d4ce5ecda5e62d4ce.pdf
6. สำนักส่งเสริมสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. รายงานการศึกษาสถานการณ์ ปัจจัยกำหนดสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพที่ส่งผลกระทบต่อครอบครัว ชุมชน. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักส่งเสริมสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข; 2566.
7. Mikkonen, J., & Raphael, D. Social Determinants of Health: The Canadian Facts. Toronto: York University School of Health Policy and Management. 2010.

8. World Health Organization (WHO) [Internet]. Operational framework for monitoring social determinants of health equity. Accessed 2024 October 11. Available from: https://www.who.int/teams/social-determinants-of-health/equity-and-health
9. นิภาพร เอื้อวัณณะโชติมา. ปัจจัยสังคมกำหนดสุขภาพและการสร้างเสริมสุขภาพของประชากร. วารสารวิชาการสาธารณสุข. 2559; 25(1): 147-156.
10. สุรินธร กลัมพากร. การสร้างเสริมสุขภาพและป้องกันโรคในชุมชน : การประยุกต์แนวคิดและทฤษฎีสู่การปฏิบัติ. กรุงเทพมหานคร : เอ็มเอ็น คอมพิวออฟเซท; 2561.
11. Pender, N.J., Murdaugh, C.L., Parsons, M.A. Health promotion in nursing practice. 6th ed. Boston: Pearson; 2011.
12. กองนโยบายและแผนงาน สำนักการวางผังและพัฒนาเมือง กรุงเทพมหานคร. [อินเตอร์เน็ต]. รายงานการศึกษาการกระจายตัวของมัสยิดในเขตกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2563. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2567. ได้จาก :https://webportal.bangkok.go.th/public/user_files_editor/354/aboutcpud/study%20report/2564/ปี%2064/1.การกระจายตัวของมัสยิดในเขตกรุงเทพมหานคร%20พ.ศ.%202563.pdf
13. ไชยแสง กิระชัยวนิช. [อินเตอร์เน็ต]. ตำนานแผ่นดิน-มัสยิดท่าอิฐ จ.นนทบุรี. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2567. ได้จาก: https://www.sanook.com/news/315141/.
14. Turner, R. C., & Carlson, L. Index of item-objective congruence for multidimensional items. International Journal of Testing. 2003; 3(2): 163-171.
15. Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. Psychometric theory. 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 1994.
16. Delacre, M., Lakens, D., & Leys, C. Why psychologists should by default use Welch's t-test instead of Student's t-test. International Review of Social Psychology. 2017; 30(1): 92-101.
17. Moore, D. S., McCabe, G. P., & Craig, B. A. Introduction to the Practice of Statistics. 10th ed. W.H. Freeman; 2021.
18. นันทนาถ ช่วยสกุล และ ภากร ช่วยสกุล. [อินเตอร์เน็ต]. ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมสุขภาพที่พึงประสงค์ ในกลุ่มวัยทำงาน เขตสุขภาพที่ 11. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2567. ได้จาก: https://hpc11.anamai.moph.go.th/th/owc-64/download/?did=215407&id=95631&reload=
19. อัญชนา สุวรรณชาติ, อำภาพร นามวงศ์พรหม และน้ำอ้อย ภักดีวงศ์. ปัจจัยทำนายพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพของนักศึกษามหาวิทยาลัยที่มีภาวะอ้วน. วารสารการพยาบาลและสุขภาพ สสอท. 2567; 6(1): 1-16.
20. มัสลัน มาหะมะ. [อินเตอร์เน็ต]. อิสลามกับสถาบันครอบครัว. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2567. ได้จาก: https://www.islammore.com/view/960
21. สินี กะราลัย และ จารุรัตน์ ศรีรัตนประภาส. ความสัมพันธ์ระหว่างการสนับสนุนทางสังคมและพฤติกรรมการส่งเสริมสุขภาพของหญิงตั้งครรภ์วัยรุ่น. วารสารคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 2561; 26(1): 1-10.
22. วริยา บุญทอง และพัชรา พลเยี่ยม. [อินเตอร์เน็ต]. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมสุขภาพที่พึงประสงค์ของวัยทำงานอายุ 15-59 ปี ปี2564 เขตสุขภาพที่ 6. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 13 ตุลาคม 2567. ได้จาก: https://hpc6.anamai.moph.go.th/th/general-of-3/download/?did=207681&id=80295&reload=
23. ซูไวบะห์ โต๊ะตาหยง. อัตลักษณ์ และการรักษาอัตลักษณ์ของคนไทยเชื้อสายมลายูที่ย้ายถิ่นมาตั้งถิ่นฐานในกรุงเทพมหานคร : กรณีศึกษา ชุมชนมุสลิม เสรีไทยซอย 4. [วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหารการพัฒนาสังคม) คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม]. กรุงเทพมหานคร; สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์; 2561.

24. ศรีสุดา วนาลีสิน และ ไผโรส มามะ. [อินเตอร์เน็ต]. การดูแลตนเองของพยาบาลตามหลักศาสนาอิสลาม. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 13 ตุลาคม 2567. ได้จาก: https://www.nur.psu.ac.th/researchdb/file_warasarn/15515journal2.pdf
25. คณิตา ขันธชัย และ สุรสิทธิ์ วชิรขจร. คุณภาพชีวิตสตรีมุสลิมในชุมชนตำบลคลองตะเคียน อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์. 2557; 40(2): 81-91.

มุมมองต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนในกรุงเทพมหานคร

View on generic drug among community Pharmcist in Bangkok

ภูรีรัตน์ โตสถาน[1*], ประสงค์ กิติดำรงสุข[1], ชูเกียรติ วิวัฒน์วงศ์เกษม[1] และ จิระพรรณ จิตติคุณ[1]

Pureerat Thostan[1*], Prasong Kitidamrongsuk[1], Chukiat Viwatwongkasem[1] and Jiraphun Jittikoon[1]

บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีค่าใช้จ่ายด้านยาสูงขึ้นทุกปี การใช้ยาสามัญเป็นวิธีการหนึ่งที่ลดค่าใช้จ่ายด้านยาได้ บุคลากรทางการแพทย์ที่มีส่วนสำคัญในการสนับสนุนการใช้ยาสามัญ ได้แก่ เภสัชกรชุมชนซึ่งมีหน้าที่คัดเลือกและจ่ายยาให้กับผู้ป่วย การศึกษามุมมองและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับมุมมองต่อยาสามัญ เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปกำหนดนโยบายที่เกี่ยวข้องได้ วัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ 1) ประเมินมุมมองต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชน 2) ค้นหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับมุมมองยาสามัญ 3) ค้นหาข้อกังวลของเภสัชกรชุมชนต่อการใช้ยาสามัญ การศึกษาเป็นแบบภาคตัดขวาง ใช้แบบสอบถามที่ตอบด้วยตนเอง ซึ่งเก็บข้อมูลระหว่างเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2563 ในร้านขายยาแผนปัจจุบันจำนวน 225 แห่ง ในกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า เภสัชกรชุมชนจำนวน 225 คน มีมุมมองต่อยาสามัญในระดับกลาง จำนวน 179 คน ผลวิเคราะห์ความถดถอยลอจิสติกเชิงอันดับ พบว่า อายุและเพศหญิง มีความสัมพันธ์กับมุมมองเชิงบวกต่อยาสามัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value =0.034) มีค่า adjusted odds ratio = 1.14 (95% CI: 1.010- 1.300) นอกจากนี้พบว่า ความรู้เกี่ยวกับยาสามัญและจำนวนปีที่ทำงานในร้านขายยา มีความสัมพันธ์กับมุมมองเชิงบวกต่อยาสามัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value =0.003) มีค่า adjusted odds ratio = 1.049 (95% CI: 1.017- 1.082) ด้านข้อกังวลของเภสัชกรชุมชนต่อการใช้ยาสามัญ พบว่า เภสัชกรชุมชนจำนวน 119 คน ไม่พบปัญหาจากการใช้ยาสามัญ

คำสำคัญ: ยาสามัญ, เภสัชกรชุมชน,ปัจจัยที่มีผลต่อมุมมองต่อยาสามัญ

[1] สาขาวิชาชีวสถิติ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม 73170

[1] Biostatistics, Faculty of Public Health, Mahidol University, Nakhon Pathom, 73170

* Corresponding author: pureerat118@gmail.com

Abstract

Background: The increasing of healthcare expenditure is the burden in Thailand. The use of generic drugs can reduce drug expenses. Healthcare professional's acceptance of generic drug is one of recommendation for supporting generic drug utilization especially community pharmacists. Community pharmacists are responsible to select and dispense medicine. Therefore, view on generic drug and factors related to generic drugs is important in order to use this information to determine relevant policies. This research study about: 1) how to assess view on generic drugs 2) to investigate factors associated with community pharmacist' s view on generic drug 3) to explore concern about generic drug among community pharmacists. The study design is cross-sectional study using self- administered questionnaire survey. Data collection conduct between June to August 2020 at pharmacies in Bangkok. The survey questionnaires answered by 225 community pharmacists. The result found that 179 pharmacists had neutral view of generics. From ordinal logistic regression analysis results showed that community pharmacists with older age and female was related to the increased odds of positive view compare to neutral or negative view (adjusted odds ratio 1.140 times, 95% CI: 1.010–1.300). For community pharmacists who had higher knowledge and year of experience was related to the increased odds of positive view compare to neutral or negative view (adjusted odds ratio 1.049 times 95% CI: 1.017–1.082). 119 community pharmacists have never identified any quality, efficacy, or safety issues.

Keywords: generic drugs, community pharmacists, factor associated with view on generic drug

บทนำ

สถานการณ์ปัจจุบันที่ค่าใช้จ่ายด้านการรักษาพยาบาลสูงขึ้นเป็นปัญหาระดับโลก จากข้อมูลค่าใช้จ่ายด้านการใช้ยาทั้งหมดจากรายงานขององค์การอนามัยโลก (WHO) ประจำปีค.ศ. 2001 ระบุว่าค่าใช้จ่ายด้านการใช้ยาเป็นสัดส่วนที่สำคัญของค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพทั้งหมด โดยค่าใช้จ่ายประมาณหนึ่งในสี่ของค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพทั้งหมดเป็นค่าใช้จ่ายทางด้านยา ค่าใช้จ่ายทางด้านยาต่อหัวในรายงานบัญชีสุขภาพแห่งชาติ (NHA) ขององค์การอนามัยโลกเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 50 ระหว่างปีค.ศ. 1995–2006 มีข้อมูลว่าค่าใช้จ่ายด้านยาทั่วโลกในปีค.ศ. 1995 เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1.2 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) เป็นร้อยละ 1.5 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) ในปี ค.ศ. 2006 [1]

การดำเนินนโยบายส่งเสริมการใช้ยาสามัญ (generic drug) เป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์การลดค่าใช้จ่ายด้านการใช้ยาในภาพรวม [2] ในปีค.ศ 2016 การใช้ยาสามัญสามารถลดค่าใช้จ่าย 253 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ [3] จากการศึกษาขององค์การอนามัยโลกในกลุ่มประเทศที่มีรายได้น้อยและปานกลาง รวมถึงประเทศไทย พบว่าการเปลี่ยนจากการใช้ยาต้นแบบเป็นยาสามัญที่มีราคาถูกกว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายเฉลี่ยได้ร้อยละ 9 จนถึงร้อยละ 89 ดังนั้น องค์การอนามัยโลกและการศึกษาวิจัยได้เสนอข้อแนะนำเกี่ยวกับนโยบายเพื่อส่งเสริมการใช้ยาสามัญ ได้แก่ 1) การสร้างความเชื่อมั่นในประสิทธิภาพ คุณภาพของยาสามัญ 2) การส่งเสริมการยอมรับยาสามัญและการสื่อสารเกี่ยวกับกระบวนการอนุมัติยาสามัญในกลุ่มบุคคลการทางด้านสาธารณสุข ผู้ป่วยและสังคมทั่วไป 3) การกำหนดคุณสมบัติล่วงหน้าของผู้ผลิตยาสามัญ 4) การเร่งรัดการอนุมัติยาสามัญจากหน่วยงานกำกับดูแลด้านยา 5) การดำเนินการตามโครงการส่งเสริมยาสามัญในทุกด้าน 6) การกำหนดแนวทางในการเลือกยาสามัญทดแทน 7)การ

ติดตามราคายาและระบบกำหนดราคา 8)การนำระบบการคืนเงินและแรงจูงใจทางการเงินไปปฏิบัติสำหรับแพทย์และเภสัชกร [4,5]

ในประเทศไทยค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพที่เพิ่มขึ้นถือเป็นภาระของประเทศไทย โดยข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ยืนยันว่าประเทศไทยมีสัดส่วนค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพต่อค่าใช้จ่ายครัวเรือนทั้งหมด (GDP) ในปีพ.ศ 2552 เท่ากับ 227,681 ล้านบาท เพิ่มขึ้นเป็น 388,976 ล้านบาทในปีพ.ศ 2561 โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายด้านยา ประเทศไทยมีค่าใช้จ่ายด้านยาสูงขึ้นในทุกๆปี ตั้งแต่ปีพ.ศ 2552–2561 โดยเพิ่มขึ้นจาก 85,723 ล้านบาทเป็น 180,585 ล้านบาท [6] ทั้งนี้ ประเทศไทยได้ดำเนินการตามนโยบายที่เกี่ยวข้องกับยาสามัญ เช่น การส่งเสริมการใช้ยาสามัญทดแทน นโยบายดังกล่าวทำให้ประหยัดงบประมาณด้านสาธารณสุขได้ 2,400 ล้านบาท [7] ในส่วนนโยบายยาแห่งชาติและยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบยาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2564 ได้กำหนดมาตรการสำคัญเพื่อควบคุมรายจ่ายด้านยาให้มีประสิทธิภาพ เช่น การจัดซื้อยาแบบเหมารวม(pool procurement) การประกันคุณภาพยา(prequalified list) การผลิต/นำเข้ายาสามัญเพื่อทดแทนยาต้นแบบ การกำหนดราคาอ้างอิงสำหรับการผูกขาด การสนับสนุนการจัดซื้อยาจากผู้ผลิตในประเทศเพื่อทดแทนยาต้นแบบที่มีมูลค่าสูง รวมถึงการลดจำนวนรายการยาที่ไม่มีประสิทธิภาพและเป็นอันตรายจากโรงพยาบาล [8]

จากการศึกษาขององค์การอนามัยโลกและการศึกษาอื่น ระบุว่าการดำเนินนโยบายของรัฐเพื่อส่งเสริมการใช้ยาสามัญทดแทนยาต้นแบบ สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพโดยรวมได้ [2,4,9] หนึ่งในนั้น คือ การส่งเสริมการยอมรับยาสามัญในกลุ่มบุคคลการทางด้านสาธารณสุข เป็นส่วนสนับสนุนการใช้ยาสามัญ [5,9] เภสัชกรเป็นหนึ่งในบุคคลการทางด้านสาธารณสุขซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านยา โดยเฉพาะเภสัชกรชุมชนซึ่งมีหน้าที่จ่ายยาและสื่อสารทำความเข้าใจและให้ความรู้ด้านยากับผู้ป่วย ดังนั้น ทัศนคติเชิงบวกของเภสัชกรที่มีต่อยาสามัญสามารถส่งเสริมการใช้ยาสามัญได้ [10–14]

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่า เภสัชกรชุมชนมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการใช้ยาสามัญ เนื่องจากมีหน้าที่คัดเลือกและจ่ายยาที่เหมาะสมให้กับผู้ป่วย แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการจ่ายยาสามัญในร้านขายยาเอกชนในประเทศไทยคิดเป็นร้อยละ 8 ซึ่งต่ำที่สุดในสถานพยาบาลทั้งหมด [22] ซึ่งปริมาณการจ่ายยาสามัญที่ต่ำอาจมีความเกี่ยวข้องกับมุมมองต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชน ซึ่งที่ผ่านมาในประเทศไทยยังไม่เคยมีการสำรวจทางด้านมุมมองของเภสัชกรชุมชนที่มีต่อยาสามัญ ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ในหลายประเทศ แต่บริบททางด้านสังคม กฎหมาย และนโยบายเกี่ยวกับยาสามัญและร้านขายยามีความแตกต่างกันในแต่ละประเทศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษามุมมองและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับยาสามัญของเภสัชกรชุมชนในกรุงเทพมหานคร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินนโยบายส่งเสริมการใช้ยาสามัญเพื่อทดแทนยาต้นแบบ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษามุมมองที่มีต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนในเขตกรุงเทพมหานคร
2. เพื่อทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เพศ อายุ จำนวนปีที่ทำงานในร้านขายยา ตำแหน่งหน้าที่ในร้านขายยา ความรู้เกี่ยวกับยาสามัญ และความถี่ในการร้องเรียนของผู้ป่วยเกี่ยวกับปัญหายาสามัญที่มีความสัมพันธ์กับมุมมองที่มีต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนในเขตกรุงเทพมหานคร
3. เพื่อหาข้อกังวลของเภสัชกรชุมชนที่มีต่อการใช้ยาสามัญ ที่จะนำไปสู่การส่งเสริมการใช้ยาสามัญ

นิยามคำศัพท์ในงานวิจัย

ยาสามัญ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับอนุมัติการขึ้นทะเบียนตำรับยาจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ซึ่งมีตัวยาสำคัญ รูปแบบยาและความแรงที่เหมือนกับยาต้นแบบที่ได้รับการขึ้นทะเบียนในไทย

มุมมองที่มีต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชน หมายถึง มุมมองที่มีต่อยาสามัญในด้านประสิทธิภาพ คุณภาพและความปลอดภัยของยาสามัญ

วิธีวิทยาการวิจัย

รูปแบบการศึกษา งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง โดยดำเนินการศึกษาระหว่างเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ 2563 โดยเน้นการสำรวจในกลุ่มเภสัชกรชุมชนที่ปฏิบัติหน้าที่ในร้านขายยาแผนปัจจุบัน (ขย.1) ในกรุงเทพมหานคร โดยให้เภสัชกรชุมชนตอบแบบสอบถามด้วยตนเอง(self-administrative questionnaire)

ประชากรและขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิจัย ประชากรของการศึกษานี้ คือ เภสัชกรชุมชนที่ปฏิบัติหน้าที่ในร้านขายยาแผนปัจจุบัน (ขย.1) ในกรุงเทพมหานคร และเนื่องจากงานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับมุมมองต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชน มีผลลัพธ์เป็นสัดส่วน (proportion outcome) และมีประชากรแบบ infinite population ดังนั้นสูตรการคำนวณขนาดตัวอย่าง ได้แก่

$$n = \frac{z_{\frac{\alpha}{2}}^2 P_o(1-P_o)}{\varepsilon^2} = \frac{1.96^2 \cdot 0.9(1-0.9)}{0.04^2} = 216.09 \sim 217$$

ผู้วิจัยกำหนดค่า P_o เท่ากับ 0.9 เนื่องจากการศึกษาที่เกี่ยวข้องพบว่าร้อยละ 90 ของเภสัชมีมุมมองต่อยาสามัญในภาพรวมในระดับที่สูง และค่า ε (error of estimation)เท่ากับ 0.04 ดังนั้น ขนาดตัวอย่างของการศึกษานี้จะเท่ากับ 217 คน

เครื่องมือที่ใช้และการตรวจสอบคุณภาพ แบบสอบถามประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของเภสัชกรชุมชนและข้อมูลร้านขายยา ส่วนนี้มีคำถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา จำนวนปีที่ทำงานในร้านขายยา จำนวนเภสัชกรในร้านขายยา ตำแหน่งงานในร้านขายยา ประเภทของร้านขายยา ร้อยละของยาสามัญที่มีอยู่ในสต๊อก จำนวนยาสามัญต่อยาต้นแบบหนึ่งรายการ และประเภทของลูกค้าที่เข้ามารับบริการ

ส่วนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับยาสามัญ ส่วนนี้มีคำถามเกี่ยวกับคำจำกัดความและการกำกับดูแลยาสามัญของประเทศไทย โดยแต่ละคำถามจะมีคำตอบให้เลือกถูก ผิด และไม่แน่ใจ

ส่วนที่ 3 มุมมองต่อยาสามัญ ส่วนนี้มีคำถามเกี่ยวกับ มุมมองของเภสัชกรเกี่ยวกับประสิทธิภาพ คุณภาพและความปลอดภัย ของยาสามัญ โดยแต่ละคำถามจะใช้มาตราส่วนลิเคิร์ต 5 ระดับ เพื่อถามความคิดเห็นของแต่ละข้อความ โดยระบุว่า ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ให้คะแนนเป็น “1”, ไม่เห็นด้วยให้คะแนนเป็น “2”, ไม่แน่ใจให้คะแนนเป็น “3”, เห็นด้วยให้คะแนนเป็น “4”, เห็นด้วยอย่างยิ่งให้คะแนนเป็น “5” โดยมีเกณฑ์ในการจัดกลุ่มคะแนนรวมระดับมุมมองของเภสัชกร แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับมุมมองเชิงบวกเท่ากับ 3.67-5.00 ระดับมุมมองเป็นกลางเท่ากับ 2.34-3.66 ระดับมุมมองเชิงลบเท่ากับ 1.00-2.33 [23]

ส่วนที่ 4 แนวทางการปฏิบัติเกี่ยวกับการจ่ายยาสามัญ ส่วนนี้มีคำถาม ได้แก่ ปริมาณการจ่ายยาสามัญโดยคิดเป็นร้อยละของการจ่ายยาทั้งหมด ความถี่และการจัดลำดับของปัญหาการร้องเรียนของผู้ป่วยเกี่ยวกับประสิทธิผล คุณภาพ และความปลอดภัยของยาสามัญ

การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบถามได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านมาตรฐานยา 1 ท่านและเภสัชกรที่ปฏิบัติหน้าที่เกี่ยวกับการขึ้นทะเบียนตำรับยาและเป็นเภสัชกรชุมชน 2 ท่าน เพื่อทดสอบความตรงของเนื้อหา (content validity) ได้ค่า content validity index เท่ากับ 0.9 ซึ่งได้มีการปรับและแก้ไขคำถามในแบบสอบถามบางข้อของแบบสอบถามและได้นำแบบสอบถามไปทดสอบกับเภสัชกรชุมชนจำนวน 12 คน เพื่อทดสอบความเที่ยงของแบบสอบถาม (reliability) ได้ค่า Cronbach's Alpha Coefficient เท่ากับร้อยละ 70 ซึ่งค่าดังกล่าวสามารถยอมรับได้จึงไม่ได้มีการปรับแก้ไขแบบสอบถาม

วิธีการเก็บข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล หลังจากนั้นจึงการดำเนินการเก็บข้อมูลโดยการส่งแบบสอบถามทางไปรษณีย์ไปยังร้านขายยาแผนปัจจุบันประเภท ขย.1 จำนวน 700 แห่ง ซึ่งถูกสุ่มจากรายชื่อร้านขายยาแผนปัจจุบันประเภท ขย.1 ที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครทั้งหมด โดยให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามผ่านการสแกนคิวอาร์โค๊ด (google form) จากการส่งไปรษณีย์พบว่ามีผู้ตอบแบบสอบถามกลับมาจำนวน 29 ชุด จากทั้งหมด 700 ชุด (คิดเป็นร้อยละ 4.14) ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนการเก็บข้อมูลเป็นใช้ผู้ช่วยวิจัยจำนวน 4 คน เดินแจกแบบสอบถามในร้านขายยา โดยเป็นการสุ่มแบบโดยบังเอิญ (accidental Sampling) ในร้านขายยาที่มีเภสัชกรปฏิบัติงานอยู่ในขณะที่ผู้ช่วยนักวิจัยเข้าไปสำรวจและเภสัชกรให้ความยินยอมในการตอบแบบสอบถาม โดยในหนึ่งร้านขายยาจะให้เภสัชกรตอบแบบสอบถามหนึ่งท่านเท่านั้น จากการแจกแบบสอบถามได้รับการตอบแบบสอบถามจำนวน 260 ชุดจากทั้งหมด 350 ชุด (คิดเป็นร้อยละ 74.29) คิดเป็นอัตราตอบกลับแบบสอบถามโดยรวมเท่ากับร้อยละ 41.29 ซึ่งถือว่าต่ำในการวิจัยเชิงสำรวจ เนื่องจากผู้วิจัยมีข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่ายในการจ้างผู้ช่วยนักวิจัยในการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยจึงไม่ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลต่อ เพื่อเพิ่มอัตราตอบกลับ โดยแบบสอบถามที่มีข้อมูลครบถ้วนสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์เท่ากับ 225 ชุด ซึ่งมากกว่าขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้จากสูตรข้างต้นจึงไม่ได้มีการปรับการคำนวณขนาดตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

แบบสอบถามที่มีข้อมูลครบถ้วนทุกข้อคำถามจะถูกจัดเก็บและบันทึกโดยใช้รหัสเป็นตัวเลข (variable coding) ตามที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS 18และ STATA 17 เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปด้วยสถิติเชิงพรรณนา การวิเคราะห์หามุมมองที่มีต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนโดยใช้ค่าร้อยละ และการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับมุมมองที่มีต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชน โดยใช้การวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยลอจีสติกเชิงอันดับ (ordinal logistic regression) โดยมีตัวแปรต้นจำนวน 6 ตัวแปร ได้แก่ เพศ อายุ จำนวนปีที่ทำงานในร้านขายยา ตำแหน่งหน้าที่ในร้านขายยา ความรู้เกี่ยวกับยาสามัญ และความถี่ในการร้องเรียนของผู้ป่วยเกี่ยวกับปัญหายาสามัญ ส่วนตัวแปรตาม คือ มุมมองต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนซึ่งแบ่งเป็น 3 ระดับได้แก่ มุมมองเชิงบวก มุมมองเป็นกลางและมุมมองเชิงลบ โดยวิธีการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับมุมมองที่มีต่อยาสามัญแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวแปรเดี่ยว (Univariate analysis) เป็นการวิเคราะห์เพื่อกรองตัวแปรต้นแต่ละตัวกับตัวแปรตามแยกกันก่อน โดยใช้ค่านัยสำคัญทางสถิติ (P-value) ที่ระดับ 0.10 หรือ 0.20 ขั้นตอนถัดไปคือการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate analysis) เป็นการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกเอาตัวแปรต้น

ที่มีนัยสำคัญทางสถิติในขั้นตอนแรกมาวิเคราะห์ร่วมกันทั้งหมดโดยใช้ค่านัยสำคัญทางสถิติ (P-value) ที่ระดับ 0.05 และมีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ด้วยค่า Odds ratio และช่วงความเชื่อมั่น 95% ของค่า Odds ratio โดยค่า Odds ratio ที่ได้ เป็นค่าขนาดของความสัมพันธ์ที่ได้คำนึงอิทธิพลของตัวแปรอื่นๆแล้ว (Adjusted Odds ratio; OR_{adj})

ผลการศึกษา

ข้อมูลโดยทั่วไปของเภสัชกรชุมชนและร้านขายยา

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเภสัชกรชุมชนทั้งหมด 225 คน แบ่งเป็นเพศหญิงร้อยละ 66.70 และเพศชายร้อยละ 33.30 มีช่วงอายุระหว่าง 24 ถึง 73 ปี (อายุเฉลี่ย 36 ปี, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 10.57) ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 30 ถึง 50 ปี (ร้อยละ 52.89) มีจำนวนปีที่ทำงานในร้านขายยาตั้งแต่ 5 ปีหรือน้อยกว่า 20 ปีขึ้นไป (จำนวนปีเฉลี่ย 9 ปี,ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 8.89) โดยแบ่งตำแหน่งหน้าที่ในร้านขายยาออกเป็น 3 ประเภท คือ เจ้าของร้านขายยาร้อยละ 28.9 เภสัชกรปฏิบัติงานแบบเต็มเวลาร้อยละ 60.9 เภสัชกรปฏิบัติงานแบบล่วงเวลาร้อยละ 10.20 กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนความรู้เกี่ยวกับยาสามัญมีตั้งแต่ 1 ถึง 7 คะแนน (คะแนนเฉลี่ย 4, SD = 1.22) ความถี่ในการร้องเรียนของผู้ป่วยเกี่ยวกับปัญหายาสามัญมี 3 กลุ่ม คือ พบบ่อยร้อยละ 0.40 พบได้บ้างร้อยละ 47.1 และไม่เคยพบร้อยละ 52.50 ประเภทของร้านขายยาออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ร้อยละ60 เป็นร้านขายยาแบบมีสาขาและร้อยละ 40 เป็นร้านขายยาแบบเดี่ยว

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ย(ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เพศ				
- ชาย	75	33.30		
- หญิง	150	66.70		
อายุ (ปี)			36 (24-73)	10.57
- < 30	76	33.78		
- 30-50	119	52.89		
- > 50	30	13.33		
จำนวนปีที่ทำงานในร้านขายยา			9 (0.2-45)	8.89
- < 5	98	43.55		
- 5-10	61	27.11		
- 11-20	42	18.67		
- > 20	24	10.67		
ตำแหน่งหน้าที่ในร้านขายยา				
- เจ้าของร้านขายยา	65	28.90		
- เภสัชกรปฏิบัติงานแบบเต็มเวลา	137	60.90		
- เภสัชกรปฏิบัติงานแบบพาร์ไทม์	23	10.20		
ความรู้เกี่ยวกับยาสามัญ (คะแนน)			4 (1-7)	1.22
- < 5	154	68.44		

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ย(ค่าต่ำสุด–ค่าสูงสุด)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
– 5 –8	71	31.56		
ความถี่ในการร้องเรียนของผู้ป่วยเกี่ยวกับปัญหายาสามัญ				
– พบได้บ่อย	1	0.40		
– พบได้บ้าง	106	47.10		
– ไม่เคยพบ	118	52.50		
ประเภทของร้านขายยา				
– แบบมีสาขา	135	60		
– แบบเดี่ยว	90	40		

มุมมองที่มีต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนในเขตกรุงเทพมหานคร

จากตารางที่ 2 การศึกษานี้ประเมินมุมมองที่มีต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชน โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ มุมมองเชิงบวก มุมมองเป็นกลางและมุมมองเชิงลบ จากกลุ่มตัวอย่างเภสัชกรชุมชนจำนวน 225 คน พบว่าเภสัชกรส่วนใหญ่ร้อยละ79.6 มีมุมมองเป็นกลางต่อยาสามัญ รองลงมามีมุมมองเชิงบวกต่อยาสามัญร้อยละ 17.3 และมีมุมมองเชิงลบต่อยาสามัญร้อยละ 3.1

ตารางที่ 2 มุมมองต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชน

มุมมองต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชน	จำนวนคน (ร้อยละ)
มุมมองเชิงบวก	39 (17.3)
มุมมองเป็นกลาง	179 (79.6)
มุมมองเชิงลบ	7 (3.1)

ข้อกังวลของเภสัชกรชุมชนที่มีต่อการใช้ยาสามัญ

จากตารางที่ 3 คำถามด้านข้อกังวลของเภสัชกรชุมชนที่มีต่อการใช้ยาสามัญ พบว่าเภสัชกรชุมชนจำนวน 119 คน (ร้อยละ 52.89) ไม่เคยพบปัญหาด้านคุณภาพ ประสิทธิภาพและความปลอดภัยของยาสามัญ ในทางตรงกันข้ามเภสัชกรชุมชนจำนวน 106 คน (ร้อยละ 47.11) เคยพบปัญหาเกี่ยวกับยาสามัญ เฉพาะในกลุ่มเภสัชกรที่เคยพบปัญหาจำนวน 36 คน (ร้อยละ33.96) ระบุว่ายาสามัญมีปัญหาด้านประสิทธิภาพ เภสัชกรชุมชนจำนวน 29 คน (ร้อยละ 27.36) ระบุว่ายาสามัญมีปัญหาทั้งด้านคุณภาพและประสิทธิภาพ และเภสัชกรจำนวน 23 คน(ร้อยละ 21.36) ระบุว่ายาสามัญมีปัญหาด้านคุณภาพ มีเภสัชกรชุมชนจำนวน 7 คน (ร้อยละ 6.60) ที่ระบุว่ายาสามัญพบทั้งปัญหาด้านคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความปลอดภัย มีเภสัชกรชุมชนจำนวน 4 คน (ร้อยละ 3.78)ที่ระบุว่ายาสามัญพบทั้งปัญหาด้านคุณภาพและความปลอดภัย เภสัชกรชุมชนจำนวน 3 คน (ร้อยละ 2.84) ที่ระบุว่ายาสามัญพบทั้งปัญหาด้านประสิทธิภาพและความปลอดภัย เภสัชกรชุมชนจำนวน 2 คน (ร้อยละ 1.88) ที่ระบุว่ายาสามัญพบทั้งปัญหาด้านความปลอดภัยและไม่ระบุจำนวน 2 คน(ร้อยละ 1.88)

ในกลุ่มเภสัชกรที่เคยพบปัญหาเกี่ยวกับยาสามัญร้อยละ 60.38 มีความคิดเห็นว่าปัญหาที่สำคัญที่สุดของยาสามัญคือปัญหาด้านประสิทธิภาพ รองลงมาร้อยละ 22.64 เป็นปัญหาด้านคุณภาพ และร้อยละ 16.98 เป็นปัญหาด้านความปลอดภัย และหากพิจารณาเฉพาะปัญหาด้านคุณภาพของยาสามัญที่พบบ่อยที่สุด คือ ด้านกายภาพของยาสามัญ(ร้อยละ 61.32) รองลงมาคือด้านภาชนะบรรจุ(ร้อยละ 16.04) ด้านฉลากยา (ร้อยละ 9.43) และอื่น ๆ (ร้อยละ 13.23)

ตารางที่ 3 คำถามด้านข้อกังวลของเภสัชกรชุมชนที่มีต่อการใช้ยาสามัญ

คำถาม “ในมุมมองของท่าน ท่านเคยพบปัญหาด้านคุณภาพ ประสิทธิภาพและความปลอดภัยของยาสามัญหรือไม่	จำนวน (ร้อยละ)
คำตอบ “ไม่เคยพบปัญหา”	119 (52.89)
คำตอบ “เคยพบปัญหา” ได้แก่	106 (47.11)
– ด้านประสิทธิภาพ	36 (33.96)
– ด้านคุณภาพและประสิทธิภาพ	29 (27.36)
– ด้านคุณภาพ	23 (21.70)
– ด้านคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความปลอดภัย	7 (6.60)
– ด้านคุณภาพและความปลอดภัย	4 (3.78)
– ด้านประสิทธิภาพและความปลอดภัย	3 (2.84)
– ด้านความปลอดภัย	2 (1.88)
– ไม่ระบุ	2 (1.88)

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับมุมมองต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชน

เมื่อนำตัวแปรต้นจำนวน 6 ตัวแปร ได้แก่ เพศ อายุ จำนวนปีที่ทำงานในร้านขายยา ตำแหน่งหน้าที่ในร้านขายยา ความรู้เกี่ยวกับยาสามัญ และความถี่ในการร้องเรียนของผู้ป่วยเกี่ยวกับปัญหายาสามัญ ส่วนตัวแปรตาม คือ มุมมองต่อยาสามัญของเภสัชกรซึ่งแบ่งเป็น 3 ระดับได้แก่ มุมมองเชิงบวก มุมมองเป็นกลางและมุมมองเชิงลบ มาทำการวิเคราะห์โดยตัวแบบการถดถอยลอจีสติกเชิงอันดับ (ordinal logistic regression) พบว่า อายุและเพศหญิงมีความสัมพันธ์กับมุมมองเชิงบวกที่มีต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.034) โดยมีค่า adjusted odds ratio = 1.14 (95% CI: 1.010– 1.300) ดังนั้น เภสัชกรเพศหญิงที่มีอายุมากขึ้นจะมีมุมมองเชิงบวกต่อยาสามัญในทิศทางที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ คะแนนความรู้เกี่ยวกับยาสามัญและจำนวนปีในการทำงานในร้านขายยามีความสัมพันธ์กับมุมมองเชิงบวกที่มีต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value =0.003) โดยมีค่า adjusted odds ratio = 1.049 (95% CI: 1.017– 1.082) ดังนั้น เภสัชกรที่คะแนนความรู้และจำนวนปีที่ทำงานในร้านขายยาที่เพิ่มขึ้นจะมีมุมมองเชิงบวกต่อยาสามัญในทิศทางที่เพิ่มขึ้น ผลการวิเคราะห์ทางสถิติสามารถแสดงได้ตามตารางที่ 4 และตารางที่ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกเชิงอันดับ (ordinal logistic regression)

ตัวแปร	$\hat{\beta}$	S.E $(\hat{\beta})$	Wald test (Z)	P-value (Wald test)	Adjusted $\widehat{OR}$	S.E $(\widehat{OR})$	95% Confidence interval for Odds ratio	
							Lower	Upper
Intercept $\hat{\alpha}_1$	-3.185	1.593	-	-	-	-	-	-
Intercept $\hat{\alpha}_2$	2.642	1.631	-	-	-	-	-	-
อายุ	-0.024	0.040	-0.60	0.549	0.976	0.039	0.902	1.056
เพศ								
- ชาย	-3.375	1.818	-1.86	0.063	1.154	0.034	0.001	1.206
- หญิง #	-	-	-	-	-		-	-
จำนวนปีในการทำงานในร้านขายยา	-0.255	0.142	-1.79	0.073	0.775	0.110	0.587	1.024
ความรู้เกี่ยวกับยาสามัญ	- 0.295	0.194	-1.52	0.128	0.744	0.144	0.509	1.088
อายุ | จำนวนปีในการทำงานในร้านขายยา	0.003	0.002	1.41	0.160	1.003	0.002	0.999	1.006
อายุ | เพศ*	0.137	0.064	2.12	0.034	1.140	0.074	1.010	1.300
จำนวนปีในการทำงานในร้านขายยา | เพศ	- 0.133	0.080	-1.66	0.098	0.875	0.070	0.748	1.025
ความรู้เกี่ยวกับยาสามัญ | จำนวนปีในการทำงานในร้านขายยา*	0.048	0.015	3.00	0.003	1.049	0.017	1.017	1.082

reference group, *Significant at p-value < 0.05, | interaction term

ตารางที่ 5 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับมุมมองที่มีต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนแบบการถดถอยลอจีสติกเชิงอันดับ (ordinal logistic regression)

ปัจจัย	Adjusted odds ratio	P-value
อายุ	0.976	0.549
เพศชาย	1.154	0.063
จำนวนปีในการทำงานในร้านขายยา	0.775	0.073
ความรู้เกี่ยวกับยาสามัญ	0.744	0.128
อายุและจำนวนปีในการทำงานในร้านขายยา	1.003	0.160
อายุและเพศ*	1.140	0.034
จำนวนปีในการทำงานในร้านขายยาและเพศ	0.875	0.098
ความรู้เกี่ยวกับยาสามัญและจำนวนปีในการทำงานในร้านขายยา*	1.049	0.003

*Significant at p-value < 0.05,

สรุปผลและอธิปรายผล

สรุปผล

การศึกษานี้ประเมินมุมมองที่มีต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนจำนวน 225 คน พบว่าเภสัชกรส่วนใหญ่ร้อยละ 79.6 มีมุมมองเป็นกลางต่อยาสามัญ รองลงมามีมุมมองเชิงบวกต่อยาสามัญร้อยละ 17.3 และมีมุมมองเชิงลบต่อยาสามัญร้อยละ 3.1 ด้านข้อกังวลของเภสัชกรชุมชนที่มีต่อการใช้ยาสามัญ พบว่าเภสัชกรชุมชนจำนวน 119 คน (ร้อยละ 52.89) ไม่เคยพบปัญหาด้านคุณภาพ ประสิทธิผลและความปลอดภัยของยาสามัญ ในทางตรงกันข้ามเภสัชกรชุมชนจำนวน 106 คน (ร้อยละ 47.11) เคยพบปัญหาเกี่ยวกับยาสามัญ เฉพาะในกลุ่มเภสัชกรที่เคยพบปัญหาจำนวน 36 คนระบุว่ายาสามัญมีปัญหาด้านประสิทธิภาพ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับมุมมองต่อยาสามัญ ได้แก่ เภสัชกรชุมชนที่มีอายุมากขึ้นและเป็นเพศหญิง และเภสัชกรชุมชนที่มีคะแนนความรู้เกี่ยวกับยาสามัญและจำนวนปีในการทำงานในร้านขายยาที่เพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับมุมมองเชิงบวกต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษานี้พบว่า เภสัชกรชุมชนในกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่ยังมีมุมมองต่อยาสามัญระดับปานกลางและเกือบครึ่งหนึ่งที่พบปัญหาเกี่ยวกับยาสามัญซึ่งปัญหาที่พบมากที่สุดคือ ด้านประสิทธิภาพ และได้ทราบปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับมุมมองเชิงบวก ดังนั้น การดำเนินในกลุ่มเภสัชชุมชนที่มีปัจจัยดังกล่าว ย่อมส่งผลให้เพิ่มระดับมุมมองต่อยาสามัญให้สูงขึ้นได้

อภิปรายผล

การศึกษานี้พบว่ามุมมองที่มีต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนในเขตกรุงเทพมหานครโดยส่วนใหญ่มีมุมมองที่เป็นกลางเกี่ยวกับยาสามัญ รองลงมาคือมีมุมมองในเชิงบวกและมีมุมมองในเชิงลบน้อยที่สุด ในหลายๆประเทศได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการรับรู้ ทัศนคติ และมุมมองของเภสัชกรชุมชนที่เกี่ยวกับยาสามัญ เช่น การศึกษาเพื่อประเมินความรู้และการรับรู้ของเภสัชกรชุมชนเกี่ยวกับเกณฑ์การอนุมัติยาสามัญขององค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (FDA) ผลการศึกษาระบุว่าเภสัชกรร้อยละ 74.9 มีการรับรู้ในเชิงบวกต่อมาตรฐานการอนุมัติยาสามัญของ FDA [15] มีการศึกษาทัศนคติของเภสัชกรชุมชนต่อยาสามัญในประเทศญี่ปุ่นพบว่า 72.1 เปอร์เซ็นต์ของเภสัชกรมีทัศนคติเชิง

บวกต่อยาสามัญและมีการจ่ายยาสามัญมากกว่ายาต้นแบบ [11] ในประเทศไทยมีการสำรวจทัศนคติของเภสัชกรโรงพยาบาลทั่วประเทศต่อยาสามัญ พบว่าเภสัชกรมากกว่าร้อยละ 90 มีความเชื่อมั่นในคุณภาพของยาสามัญในระดับสูง แต่ยังพบปัญหาด้านคุณภาพของยาสามัญ ได้แก่ ปัญหาทางกายภาพ บรรจุภัณฑ์และฉลากของยาสามัญ [20] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่สำรวจความคิดเห็นของเภสัชกรโรงพยาบาลต่อยาสามัญ พบว่าเภสัชกรส่วนใหญ่เห็นด้วยกับนโยบายที่ส่งเสริมการใช้ยาสามัญ เนื่องจากนโยบายดังกล่าวสามารถลดต้นทุนด้านยาสำหรับโรงพยาบาลและระดับประเทศได้ ผลการศึกษาพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามร้อยละ 57 ระบุว่าสามารถใช้ยาสามัญที่ได้รับการขึ้นทะเบียนตำรับยาสามารถใช้ทดแทนยาต้นแบบได้ [21] ซึ่งผลการศึกษาที่แตกต่างหรือไม่สอดคล้องกัน เนื่องจากรายละเอียดของแบบสอบถามในแต่ละการศึกษา การแบ่งกลุ่มความคิดเห็นในแบบสอบถามมีความแตกต่างกับการศึกษาครั้งก่อนๆ

ผลการศึกษาด้านข้อกังวลต่อปัญหาของยาสามัญ พบว่าเภสัชกรชุมชนประมาณครึ่งหนึ่งหรือร้อยละ 52.83 ไม่เคยพบปัญหาด้านคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความปลอดภัยของยาสามัญ อย่างไรก็ตามอีกกลุ่มหนึ่ง ระบุว่าปัญหาด้านประสิทธิภาพเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของประเทศมาเลเซียในปีค.ศ 2011 [19] พบว่า ความล้มเหลวในการรักษาด้วยยาสามัญบางชนิดเป็นปัญหาร้ายแรง นอกจากนี้ การศึกษาในประเทศนิวซีแลนด์พบว่าเภสัชกรร้อยละ 50 ระบุว่ายาต้นแบบและยาสามัญที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยเท่ากัน ในขณะที่ร้อยละ 63 เชื่อว่ายาต้นแบบมีคุณภาพสูงกว่ายาสามัญ [16] การศึกษาในประเทศไอร์แลนด์ พบว่าการรับรู้ของเภสัชกรชุมชนส่วนใหญ่ระบุว่ายาต้นแบบมีคุณภาพและปลอดภัยเท่ากับยาสามัญ แต่มีร้อยละ 9 ระบุว่ายาสามัญไม่มีคุณภาพเท่ากับยาต้นแบบ [17] การศึกษาที่สำรวจความคิดเห็นของเภสัชกรในประเทศอินเดีย พบว่าผู้ตอบแบบสอบถาม 63.6 เปอร์เซ็นต์เชื่อว่ายาสามัญมีประสิทธิภาพในการรักษาเทียบเท่ากับยาต้นแบบ [18] การสำรวจระดับประเทศในประเทศมาเลเซียพบว่าเภสัชกรชุมชน 50.2 เปอร์เซ็นต์เชื่อว่ายาสามัญที่ได้รับการอนุมัติมีประสิทธิภาพในการรักษาเทียบเท่ากับยาต้นแบบ [19]

จากการวิเคราะห์หาปัจจัยพบว่า เภสัชกรชุมชนที่มีอายุมากขึ้นและเป็นเพศหญิงจะมีความสัมพันธ์กับมุมมองต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้เภสัชกรชุมชนที่มีคะแนนความรู้เกี่ยวกับยาสามัญและจำนวนปีในการทำงานในร้านขายยาที่เพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับมุมมองเชิงบวกต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการสืบค้นงานวิจัย พบว่า ไม่เคยมีการศึกษาที่วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับมุมมองต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนนั้นมาก่อน อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจอธิบายได้ว่า อายุที่มากขึ้นและเป็นเพศหญิง มีระยะเวลาที่ได้ปฏิบัติหน้าที่ในการดูแลผู้ป่วยในชุมชนรวมทั้งได้รับข้อมูลการใช้ยาสามัญและปัญหาที่เกี่ยวข้องได้มากกว่าเลยส่งผลต่อมุมมองเชิงบวก เภสัชกรชุมชนที่มีประสบการณ์ยาวนานกว่ามีโอกาสในการได้รับประสบการณ์การทำงานหรือความรู้เกี่ยวกับยาสามัญที่มากขึ้นเลยส่งผลต่อมุมมองเชิงบวกต่อยาสามัญของเภสัชกรชุมชนที่มากขึ้น

งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดด้านการสุ่มตัวอย่างเพื่อให้ตอบแบบสอบถามที่เป็นแบบ non-probability sampling ส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างที่ได้ในงานวิจัยนี้ทำให้เกิดอคติจาการเลือก (selection bias) ทำให้เกิดผลของการศึกษานี้ที่มีความคลาดเคลื่อนได้ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการนำผลวิจัยไปอ้างอิงถึงประชากร

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษานี้สำรวจเฉพาะกรุงเทพมหานครจังหวัดเดียว จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่อื่น ซึ่งในแต่ละจังหวัดในประเทศมีความแตกต่างกันในข้อมูลปัจจัยที่จะนำมาวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินนโยบายส่งเสริมการใช้ยาสามัญ เช่น การให้ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการกำกับดูแลและมาตรฐานการขึ้นทะเบียนตำรับยาสามัญกับเภสัชกรชุมชนเพื่อลดข้อกังวลโดยเฉพาะด้านประสิทธิภาพและส่งเสริมความเชื่อมั่นในการเลือกใช้ยาสามัญ การให้ความรู้เกี่ยวกับยาสามัญให้กับผู้ใช้ยา ซึ่งสามารถนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายด้านยาในระดับประเทศได้ และยังเป็นการส่งเสริมบทบาทของเภสัชกรชุมชนและร้านขายยาซึ่งเป็นส่วนสำคัญของระบบสาธารณสุขในการดูแลสุขภาพของประชาชน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. ประสงค์ กิติดำรงสุข ศาสตราจารย์ ดร.ชูเกียรติ วิวัฒน์วงศ์เกษม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระพรรณ จิตติคุณ ที่ให้แนวคิด คำแนะนำและข้อเสนอแนะการทำวิจัย ส่งผลให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. The world medicines situation 2011 [Internet]. Accessed 2019 August 10. Available from: https://www.who.int/healthaccounts/documentation/ world_medicine_situation.pdf.
2. Cameron A, Mantel-Teeuwisse AK, Leufkens HG, Laing RO. Switching from originator brand medicines to generic equivalents in selected developing countries: how much could be saved?. Value Health 2012;15(5):664-73.
3. Generic Drugs Access and Savings in the united states. Association for Accessible Medicines 2017 [Internet]. Accessed 2019 October 28. Available from: https://accessiblemeds.org/sites/default/files/2017-06/2017-AAM-Access-Savings-Report-2017-web2.pdf.
4. World health report. Cost savings of switching private sector consumption from originator brand medicines to generic equivalents 2010 [Internet]. Accessed 2019 August 10. Available from: https://www.who.int/healthsystems/topics/financing/ healthreport/35MedicineCostSavings.pdf
5. Hassali MA, Alrasheedy AA, McLachlan A, Nguyen TA, Al-Tamimi SK, Ibrahim MIM, et al. The experiences of implementing generic medicine policy in eight countries: a review and recommendations for a successful promotion of generic medicine use. Saudi pharmaceutical journal 2014;22(6):491-503.
6. Social and Quality of Life Database System. Proportion of Health expenditure and Gross Domestic Product [Internet]. Accessed 2019 August 31. Available from: http://social.nesdb.go.th/SocialStat/StatReport_Final.aspx?reportid=1260&template=1R1C&yeartype=M&subcatid=18.
7. Government agency News. National Drug System Development Commitee 2018 [Internet]. Accessed 2019 August 12. Available from: https://www.egov.go.th/th/content/ 10301/5943/.

8. Food and Drug Administration.The National Drug Policy and National Drug System Development Strategy 2016 [Internet]. Accessed 2019 August 24. Available from: http://www.fda.moph.go.th/sites/drug/Shared%20Documents/National-Drug-Policy/01/edited20June59.pdf.
9. Howard JN, Harris I, Frank G, Kiptanui Z, Qian J, Hansen R. Influencers of generic drug utilization: A systematic review. Res Social Adm Pharm 2018;14(7):619-27.
10. Colgan S, Faasse K, Martin LR, Stephens MH, Grey A, Petrie KJ. Perceptions of generic medication in the general population, doctors and pharmacists: a systematic review. BMJ Open 2015;5(12):e008915.
11. Kobayashi E, Satoh N, Ueda S. Community pharmacists' perspectives on generic substitution in Japan. Journal of Public Health 2011;19(3):249-56.
12. Drozdowska A, Hermanowski T. Exploring factors underlying the attitude of community pharmacists to generic substitution: a nationwide study from Poland. Int J Clin Pharm 2016;38(1):162-70.
13. Babar Z-U-D, Awaisu A. Evaluating community pharmacists' perceptions and practices on generic medicines: A pilot study from Peninsular Malaysia. Journal of Generic Medicines 2008;5(4):315-30.
14. Hassali MA, Thambyappa J, Saleem F, Haq N, Aljadhey V. Generic substitution in Malaysia: recommendations from a systematic review. Journal of Applied Pharmaceutical Science 2012;2(8):159-64.
15. Euen BJ, Fadda HM. Community pharmacists' understanding and perceptions of FDA therapeutic equivalence standards. Res Social Adm Pharm 2019;15(1):77-83.
16. Grover P, Stewart J, Hogg M, Short L, Seo HG, Rew A. Evaluating pharmacists' views, knowledge, and perception regarding generic medicines in New Zealand. Research in social and administrative pharmacy 2011;7(3):294-305.
17. Dunne SS, Shannon B, Cullen W, Dunne CP. Perceptions and attitudes of community pharmacists towards generic medicines. Journal of Managed Care Pharmacy.2014;20(11):1138-46.
18. Basak S, Sathyanarayana D. Exploring knowledge and perceptions of generic medicines among drug retailers and community pharmacists. Indian journal of pharmaceutical sciences 2012;74(6):571.
19. Chong CP, Hassali MA, Bahari MB, Shafie AA. Exploring community pharmacists' views on generic medicines: a nationwide study from Malaysia. International journal of clinical pharmacy 2011;33(1):124-31.
20. Sukanya J SL, Rapipan C, Natthiya K,. Public Hospital Pharmacists' Attitude towards the Quality of Generic Drug in Thailand. FDA Journal 2012;19(3):58-70.
21. Sukontharat B UP, Kulchandee S, Topark-Ngam A. Evaluating Pharmacists' Perception on Generic Substitution. The 4th Annual Northeast Pharmacy Research Conference of 2012 Pharmacy Profession in Harmony; 11-12 Febuary2012; Faculty of Pharmaceutical Sciences, Khon Kaen University,Thailand. 2012. p 269.

22. Holloway KA. Thailand situation analysis.MEDICINES IN HEALTH CARE DELIVERY report 2016 [Internet]. Accessed 2019 Aug 17. Available from: http://www.searo.who.int/entity/medicines/thailand_situational_assessment.pdf?ua=1.
23. Sukhvibul T. Considerations in creating rating scale2009 [Internet]. Accessed 2019 Oct 11. Available from: ms.src.ku.ac.th/schedule/ Files/2553/Oct/ 1217086.doc.
24. Catic T, Avdagic L, Martinovic I. Knowledge and attitudes of physicians and pharmacists towards the use of generic medicines in Bosnia and Herzegovina. Med Glas (Zenica) 2017;14(1):25–32.

ความสัมพันธ์ของการสัมผัสเสียงดังกับการสื่อสารขณะทำงานและสุขภาพของผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา

The relationship between exposure to loud noise and communication during work and health of workers at the passenger terminal in Phayao Province

ศิริชัย สุทนะ[1], กนิษฐา โกมิตร[1], ภาณุวิชญ์ จันตะมะ[1], วชิรญาณ์ คนโต[1], วราภรณ์ โปธิป้อ[1] และ ณัฐพงศ์ ม้าเทศ[1*]

Sirichai Suthana[1], Kanittha Komit[1], Phanuwit Jantama[1], Wachiraya Khonto[1], Warapohn Potipor[1] and Nutthaphong Mated[1*]

บทคัดย่อ

ความสัมพันธ์ของการสัมผัสเสียงดังกับการสื่อสารขณะทำงานและสุขภาพของผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา เป็นการศึกษาเชิงภาคตัดขวาง (Cross-Sectional Study) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับเสียงเฉลี่ย ประเมินระดับเสียงการรบกวน เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์จากการสัมผัสเสียงดังต่อการสื่อสารในขณะการทำงานและสุขภาพ เพื่อจัดทำแผนผังแสดงระดับเสียงบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ตรวจวัดระดับเสียงดังและระดับเสียงรบกวน โดยใช้เครื่องตรวจวัดระดับเสียง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive study) และสถิติไคสแควร์ (Chi-square test) โดยศึกษาในกลุ่มผู้ที่ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา จำนวน 49 คน ผลการวิจัย พบว่า ระดับเสียงเฉลี่ยในการทำงานตลอดระยะเวลา 8 ชั่วโมง ที่ดำเนินการตรวจวัดได้ มีค่าระดับเสียงอยู่ในช่วง 68.74 – 77.47 dBA โดยค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 85 dBA และพบว่ามีค่าระดับการรบกวนเท่ากับ 12.3 dBA มีค่าเกินมาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ พ.ศ 2565 ทั้งนี้ ผลการหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงดังในด้านการสื่อสารในขณะทำงาน และทางด้านสุขภาพ โดยใช้สถิติไค-สแควร์ (Chi-square test) พบว่า ระดับเสียงไม่มีความสัมพันธ์ต่อการสื่อสารขณะทำงาน และทางด้านสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา ทั้งนี้ ผลการวิจัยสอดคล้องไปกับมาตรฐานในประเทศไทย โดยมีระดับความดังเสียงมีค่าไม่เกิน 85 dBA จึงไม่ส่งผลต่อสุขภาพของผู้ประกอบอาชีพ และยังสอดคล้องตามข้อกำหนดของ NIOSH ที่ระบุว่าผู้ทำงานสัมผัสเสียงเฉลี่ยใน 8 ชั่วโมงการทำงานต่อวันไม่เกิน 85 dBA ในการศึกษาต่อยอดควรศึกษาความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการสัมผัสเสียงดังของผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยจังหวัดพะเยา และเฝ้าระวังระดับเสียงประจำปี เพื่อพิจารณาเป็นแนวทางในการป้องกันผลกระทบจากการทำงานในบริเวณที่มีเสียงดังต่อไป

คำสำคัญ: เสียงดัง, การสัมผัสเสียงดัง, ผู้ประกอบอาชีพ

[1] สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Occupational Health and Safety Department, School of Public Health, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author: nutnutnut19667@gmail.com

Abstract

Relationship of exposure to loud noise with communication while working and health of professionals in the Phayao Province passenger terminal. This is a cross-sectional study. The objective is to assess the average sound level, assess the noise level to study the relationship from exposure to loud noise to communication during work and health, to prepare a noise contour map the noise level around the Phayao Provincial Bus Terminal. Using a sound level measuring device data were analyzed using descriptive statistics and Chi-square test. The study was conducted among 49 people working in the Phayao Bus Terminal area. The results of the research found that the average noise level during the 8-hour period of work was measured. The sound level value is in the range of 68.74 – 77.47 dBA, with the value not exceeding the standard value of 85 dBA and found to have a noise level value of 12.3 dBA, exceeding the standard according to the Pollution Control Board announcement 2022. In this regard, the results of finding the relationship between the noise level in communication while working and health Using the Chi-square test, it was found that noise level had no relationship to communication while working and health of the study sample. The research results are consistent with standards in Thailand. The noise level is not more than 85 dBA, so it does not affect the health of professionals. It also complies with NIOSH requirements which state that the average worker's exposure to noise in 8 working hours per day does not exceed 85 dBA. In further studies, the knowledge, attitude, and behavior of protecting oneself from exposure to loud noise should be studied among professionals in the Phayao Province bus station area and monitor annual noise levels to consider as a guideline for preventing the effects of working in noisy areas in the future.

Keywords: Assessment of noise levels, Effects of exposure to loud noise, Occupations at the bus terminal

บทนำ

มลพิษทางเสียงหรือเรียกอีกอย่างว่า เสียงรบกวน (Noise) เป็นหนึ่งในปัญหาที่พบได้ทั่วไปตามเมืองใหญ่ทั่วโลก [1] นอกจากนี้ยัง พบว่าระดับเสียงดังตามท้องถนนในกรุงเทพมหานคร และตามต่างจังหวัดใหญ่ เช่น ในจังหวัดอุบลราชธานี มีระดับเสียงดังหน้ามหาวิทยาลัยบางช่วงที่เกินระดับมาตรฐานที่กำหนด [2,3] แหล่งกำเนิดเสียงรบกวนที่สำคัญ ได้แก่ ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่เกิดจากเครื่องจักร และกระบวนการผลิตในโรงงาน การคมนาคมขนส่ง เช่น รถไฟฟ้า รถบรรทุก รถโดยสาร เป็นต้น [4,5] ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติและองค์การอนามัยโลก ทั้งนี้ ได้กำหนดมาตรฐานระดับเสียงดังในชุมชนให้มีระดับเสียงดังเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 70 dBA ในขณะที่ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน และ U.S. Department of Health and Human Services ได้กำหนดมาตรฐานระดับเสียงเฉลี่ย 8 ชั่วโมงการทำงาน ไม่เกิน 85 dBA [6,7]

ผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดัง ส่งผลต่อการทำงานและสุขภาพของผู้ที่สัมผัส เช่น รบกวนการติดต่อสื่อสาร ต้องใช้เสียงดังในการพูดคุยมากกว่าปกติจึงจะทำให้สื่อสารรู้เรื่อง และอาจทำให้รับข้อมูลข่าวสารผิดพลาด และทำให้เกิดการเสื่อมสมรรถภาพของการได้ยินได้ เมื่อได้รับการสัมผัสเสียงดังเกินมาตรฐานที่กำหนด (WHO, 1999) อย่างไรก็ตาม การสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินอาจเกิดขึ้นได้ เมื่อมีอายุมากขึ้น [6,8]

เสียงรบกวนที่เกิดจากการจราจรตามเมืองใหญ่มักมีเสียงดังในระดับเกินมาตรฐาน ทั้งในประเทศและต่างประเทศ การศึกษา พบว่า ระดับเสียงที่สถานีขนส่งโดยสารทางรถบัส [9] มีผลก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ขับขี่รถโดยสาร เช่น ก่อให้เกิดความรำคาญ เครียด เสี่ยงต่อการรบกวน และการสื่อสารที่ไม่ดี เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่มีเสียงดัง [10] อำเภอเมืองพะเยาเป็นจุดศูนย์กลางของเศรษฐกิจและสังคมของจังหวัดพะเยา ทั้งนี้ จังหวัดพะเยา ยังเป็นจังหวัดด้านการคมนาคมที่สำคัญ และเป็นทางผ่านในการเดินทางไปจังหวัดข้างเคียง และจังหวัดพะเยา ยังพบว่า มีสถานีขนส่งผู้โดยสารที่เป็นพื้นที่เศรษฐกิจ และยังพบว่า เป็นแหล่งของมลพิษ ทางเสียงที่มีขนาดใหญ่โดยมลพิษทางเสียงเกิดจากเครื่องยนต์ ท่อไอเสีย และการเบรกของรถโดยสารสาธารณะ และรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล

คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการประเมินระดับเสียง และความสัมพันธ์ของการสัมผัสเสียงดังกับการสื่อสารขณะทำงานและสุขภาพของผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา เนื่องจากเป็นสถานีขนส่งผู้โดยสารที่ใหญ่ที่สุดในพะเยาผลของการศึกษา จะเป็นข้อมูลพื้นฐานนำไปสู่การวางแผนเฝ้าระวัง และจัดระบบการดูแลสุขภาพเกี่ยวกับการสัมผัสเสียงดังของประชาชน เพื่อลดโอกาสเสี่ยงต่อผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินระดับความดังของเสียงเฉลี่ยบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา
2. เพื่อประเมินระดับเสียงรบกวนบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา
3. เพื่อศึกษาผลกระทบจากเสียงดังในด้านการติดต่อสื่อสารในขณะทำงานและสุขภาพในกลุ่มผู้ที่ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา
4. เพื่อจัดทำแผนผังแสดงระดับเสียง (Noise Contour Map) บริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา
5. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงดังในพื้นที่ทำงานกับด้านสุขภาพจากการสัมผัสเสียงดังในกลุ่มผู้ที่ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) เพื่อศึกษาระดับความดังของเสียงเฉลี่ยบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา และศึกษาความสัมพันธ์ของการสัมผัสเสียงดังกับการสื่อสารขณะทำงานและสุขภาพของผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา ในระหว่างเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2567 และประชากรในการวิจัย คือ กลุ่มประชนที่ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยาที่ประกอบอาชีพมาไม่ต่ำกว่า 1 ปี โดยไม่เป็นโรคหูตึงตั้งแต่กำเนิด ทั้งนี้ ได้ดำเนินการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 49 คน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา จำนวนทั้งหมด 50 คน

1.1 การเลือกตัวอย่าง

1.1.1 เกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion criteria) ของประชากรเป้าหมาย

1.1.2 ประชาชนที่ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา

ได้แก่ บริเวณชานชาลาทิศตะวันออก บริเวณชานชาลาทิศตะวันตก บริเวณวินมอเตอร์ไซค์ และบริเวณช่องจำหน่ายตั๋ว

1.1.3 อายุ 18 ปี ขึ้นไป

1.1.4 สมัครใจเข้าร่วมวิจัย

1.1.5 ประกอบอาชีพมาไม่ต่ำกว่า 1 ปี

1.2 เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria) ของประชากรเป้าหมาย

1.2.1 เป็นโรคหูตึงตั้งแต่กำเนิด

1.2.2 ไม่สามารถตอบแบบสอบถามได้ครบสมบูรณ์

2. กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ พนักงานขายตั๋วรถ วินมอเตอร์ไซค์ พนักงานขายของฝาก แม่บ้าน พนักงานโบกรถ เจ้าหน้าที่ประจำสถานี แม่ค้าขายหวย ร้านค้าบริเวณสถานีขนส่ง จำนวน 50 คน ในการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สูตรคำนวณของของเครซี่และมอร์แกน (Krejcie & Morgan) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และความคลาดเคลื่อน 0.05 เพื่อหาขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยคำนวณจากสูตรดังต่อไปนี้

การคำนวณโดยใช้สูตรของเครซี่และมอร์แกน

$$n = \frac{X^2NP(1-P)}{d^2P(1-P)}$$

เมื่อ n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N คือ จำนวนประชากร

X คือ ค่าไคสแควร์ที่ Degree of freedom (df) เท่ากับ 1 ระดับความเชื่อมั่น 95% (เท่ากับ 3.841)

P คือ สัดสวนของประชากรที่ผู้วิจัยตองการสุม

D คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (0.05)

จากการคำนวณโดยใช้สูตรของเครซี่และมอร์แกน มีค่าเท่ากับ 44.34 และบวกค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่ม 10 เปอร์เซ็น จะมีค่าเท่ากับ 48.77 หรือประมาณ 49 คน โดยทั้งนี้ผู้วิจัย จึงได้ทำการศึกษาจากประชากรทั้งหมด 50 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากเป็นผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือวัดเสียง ประกอบด้วย เครื่องวัดเสียง (Sound Level Meter) ยี่ห้อ SVANTEK รุ่น SV 973 ขาตั้ง (Tripod) ฟองน้ำกันแรงลม (Windscreen) โดยเครื่องมือได้ผ่านการเปรียบความถูกต้องด้วยอุปกรณ์ตรวจสอบความถูกต้อง (Noise Calibrator)

2. แบบสอบถามการประเมินระดับความดังเสียงและผลกระทบจากการสัมผัสเสียงของผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา จัดแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดังที่มีผลต่อการสื่อสารในขณะทำงาน และข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดังที่มีผลต่อสุขภาพ โดยแบบสอบถามพัฒนาจากงานวิจัยของ จักรกฤษ เสลา (2564) [18]



ภาพที่ 1 เครื่องวัดเสียง (Sound Level Meter) ยี่ห้อ SVANTEK รุ่น SV 973



ภาพที่ 2 อุปกรณ์ตรวจสอบความถูกต้อง (Noise Calibrator)



ภาพที่ 3 ขาตั้ง (Tripod)

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้ศึกษาวิจัยได้ทำหนังสือขออนุมัติในการเก็บข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างเพื่อทำการเข้าเก็บข้อมูลบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา โดยได้ชี้แจงเอกสารให้กับผู้เข้าร่วมวิจัยเพื่อตอบแบบสอบถาม พร้อมทั้ง วางแผนการตรวจวัดระดับเสียงดังบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา โดยเริ่มต้นจากการสำรวจพื้นที่บริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยาทั้งหมด และกำหนดจุดตรวจวัด จำนวน 32 จุด โดยการตีกริดในพื้นที่จริงโดยใช้ตลับเมตร (Tape measure) ซึ่งกำหนดระยะการตรวจวัด โดยทำการแบ่งพื้นที่ทุกระยะเท่าๆกัน มีระยะห่างช่องละ 10*10 เมตร [11] ซึ่งก่อนการตรวจวัดทำการสอบเทียบ และตรวจสอบความถูกต้องด้วยเครื่อง Noise Calibrator บันทึกข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดลงในโปรแกรม Golden Software Surfer 23.4 เพื่อเป็นแผนที่แสดงระดับเสียง ส่วนในขั้นตอนการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ย ได้มีการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ให้พร้อม ทำการตั้งเครื่องตรวจวัดเสียงในระดับการได้ยิน (Hearing zone) โดยให้ระดับไมโครโฟนสูงจากพื้น 1.2–1.5 เมตร และตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จำนวน 4 จุด และบันทึกปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ที่อุดหู การกระทำที่ก่อให้เกิดเสียงดัง และนำค่า TWA ที่ตรวจวัดได้นำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงาน ทั้งนี้ ได้ดำเนินการตรวจวัดระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวน เป็นเวลา 5 นาที จำนวน 1 จุด บริเวณจุดกึ่งกลางระหว่างชานชาลาทิศตะวันออก และชานชาลาทิศตะวันตก อีกทั้ง ได้ตรวจวัดระดับเสียงขณะที่มีการรบกวน เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จำนวน 1 จุด บริเวณจุดกึ่งกลางระหว่างชานชาลาทิศตะวันออก และชานชาลาทิศตะวันตก

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1. ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่มีการปรับปรุงและดัดแปลงแบบสอบถามให้เหมาะสมกับการศึกษางานวิจัย นำเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินอย่างน้อย 3 ท่าน เพื่อทำการตรวจสอบแก้ไขและแนะนำแบบสอบถามของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามที่ปรับปรุงและดัดแปลงโดยกำหนดแบบคำตอบ ดังนี้

ให้คะแนนเป็น	1	แทนข้อความที่แน่ใจว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์
ให้คะแนนเป็น	0	แทนข้อความที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์
ให้คะแนนเป็น	–1	แทนข้อความที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

จากนั้นผู้วิจัยทำการหาค่าอัตราส่วนความเที่ยงตรงของเนื้อหาโดยอาศัยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาทำการวิเคราะห์หาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะของคำถาม (Index of Objective Congruence) โดยใช้สูตรดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ	IOC	แทน	ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ
	R	แทน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

เมื่อได้ค่าดัชนีความสอดคล้องในแต่ละข้อคำถามแล้ว ค่า IOC ต้องไม่ต่ำกว่า 0.50 จึงถือว่ามีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ดังนั้นข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 จึงต้องถูกตัดทิ้ง

2. เครื่องมือตรวจวัดเสียง ทำการปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration) ของเครื่องมือ ทุกครั้งในแต่ละวัน โดยปรับเทียบตามคู่มือการใช้งานของเครื่องมือ รวมทั้งตรวจสอบเครื่องมือ และตรวจเช็คแบตเตอรี่ของเครื่องมือด้วย

การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบแล้วจึงนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปและการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติดังต่อไปนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. สถิติวิเคราะห์ (Analytical statistics) ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดังที่มีต่อการสื่อสารในขณะทำงานและผลกระทบต่อสุขภาพ ใช้ Chi-square test เพื่อหาความสัมพันธ์ของการสัมผัสเสียงดังกับการสื่อสารขณะทำงานและสุขภาพของผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา พบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 47.59 ปี สถานภาพสมรส ส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. ปริญญาตรี ประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไป ไม่มีโรคประจำตัว และข้อมูลอื่น ๆ ดังรายละเอียดตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา (n=49)

รายการ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	19	38.78
หญิง	30	61.22
2. อายุ		
≤ 40 ปี	18	36.73
> 40 ปี	31	63.27
อายุเฉลี่ย 47.59 ± 14.12 ปี		
3. สถานภาพ		
โสด	23	46.94
สมรส	25	51.02
หม้าย/หย่าร้าง	1	2.04
4. ระดับการศึกษา		
ไม่ได้รับการศึกษา	1	2.04
ประถมศึกษา	12	24.49
มัธยมศึกษาตอนต้น	4	8.16
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	12	24.49
อนุปริญญา/ปวส.	8	16.33
ปริญญาตรี	12	24.49
5. อาชีพ		
ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	13	26.53
พนักงานบริษัท	11	22.45
รับจ้างทั่วไป	19	38.78
รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ	4	8.16
นักเรียน/นักศึกษา	1	2.04
อื่นๆ	1	2.04
6. โรคประจำตัว		
ไม่มี	38	77.55
มี	11	22.45
7. ชั่วโมงการทำงานต่อวัน		
น้อยกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน	8	16.33
8 ชั่วโมงต่อวัน	24	48.98
มากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน	17	34.69
8. ประสบการณ์ในการทำงาน		
< 3 ปี	8	16.33

รายการ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
3-6 ปี	3	6.12
7-9 ปี	4	8.16
> 9 ปี	34	69.39

ผลการประเมินค่าระดับเสียงเฉลี่ยภายในบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยาในระยะเวลา 8 ชั่วโมง พบว่า อยู่ในช่วง 68.74–77.47 dBA ซึ่งระดับเสียงตลอดระยะเวลา การทำงาน 8 ชั่วโมงไม่เกินเกณฑ์ ตามกฎหมายกำหนด โดยบริเวณพื้นที่มีระดับเสียงเฉลี่ยสูงสุดคือ บริเวณชานชาลาทิศตะวันออก ในขณะที่บริเวณช่องจำหน่ายตั๋วมีความดังเสียงเฉลี่ยน้อยที่สุด ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงระดับความดังเสียงเฉลี่ยภายในบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยาระยะเวลา 8 ชั่วโมง

บริเวณพื้นที่ตรวจวัด	ระดับเสียงต่ำสุด (dB)	ระดับเสียงสูงสุด (dB)	ระดับเสียงเฉลี่ย (dBA)
บริเวณชานชาลาทิศตะวันออก	53.8	88.2	77.47
บริเวณชานชาลาทิศตะวันตก	53.6	83.4	70.60
บริเวณวินมอเตอร์ไซค์	52.0	86.6	68.74
บริเวณช่องจำหน่ายตั๋ว	54.9	86.2	68.74
ค่ามาตรฐานกฎหมายไทย		115	85.0

ผลการประเมินค่าระดับเสียงรบกวนระดับเสียงรบกวนบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยาในระยะเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า ระดับเสียงขณะเกิดเสียงของแหล่งกำเนิดอยู่ที่ 68.7 dBA ระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวนอยู่ที่ 59.6 dBA และระดับเสียงพื้นฐานอยู่ที่ 55.8 dBA ดังรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าระดับเสียงรบกวนภายในบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา ในระยะเวลา 1 ชั่วโมง

ผลการตรวจวัดระดับเสียง	ระดับเสียง (dBA)
ระดับเสียงขณะเกิดเสียงของแหล่งกำเนิด	68.7
ระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวน	59.6
ระดับเสียงพื้นฐาน	55.8

ผลการตรวจวัดระดับเสียงรบกวนภายในบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา พบว่า ผลที่แสดงการคำนวณค่าระดับการรบกวนได้ 12.3 dBA สรุปผลว่า เป็นเสียงรบกวน เนื่องจากมีระดับเสียงรบกวนมากกว่า 10 dBA [12] ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการคำนวณระดับเสียงรบกวนภายในบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา

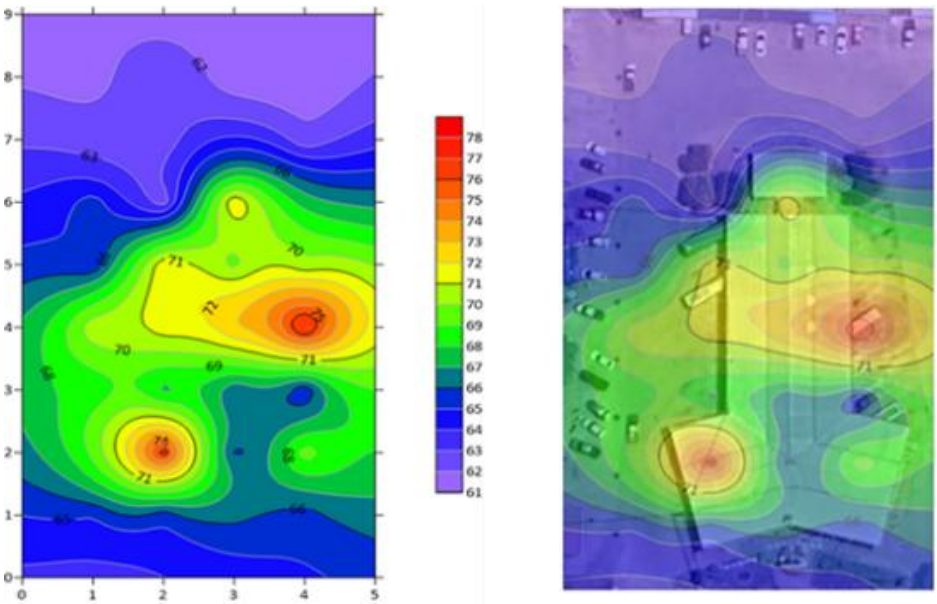
ผลการคำนวณระดับเสียง	ระดับเสียง (dBA)
ระดับเสียงขณะมีการรบกวน	68.13
ค่าระดับการรบกวน	12.3
ค่ามาตรฐานระดับการรบกวนตามกฎหมายไทย	10

ผลการจัดทำแผนผังแสดงระดับเสียง (Noise Contour Map) จากการประเมินระดับเสียงในสภาพแวดล้อมการทำงานบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา พบว่า การตรวจวัดระดับเสียงทั้งหมด 32 จุด มีค่าเฉลี่ยระดับเสียงรวมในพื้นที่อยู่ที่ 67.45 dBA ระดับเสียงต่ำสุดมีค่าอยู่ที่ 61.73 dBA ระดับเสียงสูงสุดมีค่าอยู่ที่ 77.47 dBA โดยผลการตรวจวัดมีจำนวนจุดที่ผ่านมาตรฐาน จำนวน 32 จุด คิดเป็นร้อยละ 100 และไม่มีจำนวนจุดที่ไม่ผ่านมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการตรวจวัดระดับเสียงภายในบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยาสำหรับจัดทำแผนผังแสดงระดับเสียง

พื้นที่	จำนวนจุดตรวจวัด	ค่าเฉลี่ยรวมในพื้นที่ (dBA)	ค่าต่ำสุด–สูงสุด (dBA)	ผลการตรวจวัด	
				จำนวนจุดที่ผ่านมาตรฐาน (ร้อยละ)	จำนวนจุดที่ไม่ผ่านมาตรฐาน (ร้อยละ)
สถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา	32	67.45	61.73–77.47	32 (100.00)	0 (0.00)

จากผลการตรวจวัดเสียงบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยาแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แผนผังแสดงระดับเสียง (Noise Contour Map) บริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา

ผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดังที่มีผลต่อการสื่อสารในขณะทำงานและผลกระทบต่อสุขภาพ พบว่า ส่วนใหญ่มีผลกระทบต่อสมาธิในการทำงาน การฟังกับคู่สนทนา และการเขียนเอกสาร ในระดับปานกลาง มีจำนวน 30 คน 24 คน และ23 คน คิดเป็นร้อยละ 61.23 48.98 และ46.94 ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดังที่มีต่อการสื่อสารในขณะทำงาน (n=49)

ผลกระทบที่เกิดขึ้น	ผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดัง			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มี
	จำนวน (ร้อยละ)			
1. ระดับเสียงดังในการทำงานทำให้มีสมาธิน้อยลง	9 (18.37)	30 (61.23)	5 (10.20)	5 (10.20)
2. ระดับเสียงดังในการทำงานส่งผลกระทบต่อการฟังกับคู่สนทนา	10 (20.41)	24 (48.98)	5 (10.20)	10 (20.41)
3. ระดับเสียงดังในการทำงานส่งผลกระทบต่อการพูดกับคู่สนทนา	10 (10.41)	21 (42.86)	5 (10.20)	13 (26.53)
4. ระดับเสียงดังในการทำให้ทำงานผิดพลาด	8 (16.33)	19 (18.37)	10 (20.41)	12 (24.49)
5.ระดับเสียงดังในที่ทำงานรบกวนการติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์	11 (22.44)	20 (40.82)	10 (20.41)	8 (16.33)
6. ระดับเสียงดังในการทำงานส่งผลกระทบต่อการเขียนเอกสาร	7 (14.29)	23 (46.94)	6 (12.24)	13 (26.53)
7. ระดับเสียงดังในการทำงานส่งผลกระทบต่อการอ่านเอกสาร	8 (16.33)	20 (40.82)	10 (20.41)	11 (22.44)

ผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดังที่มีต่อสุขภาพ พบว่า ส่วนใหญ่ไม่มีผลกระทบต่ออาการปวดท้องจากโรค รู้สึกอ่อนเพลีย และอาการหูอื้อ มีจำนวน 31 คน 24 คน และ 24 คน คิดเป็นร้อยละ 63.28 48.98 และ 48.98 ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตาราง 7

ตารางที่ 7 แสดงผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดังที่มีต่อสุขภาพ (n=49)

ผลกระทบที่เกิดขึ้น	ผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดัง			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มี
	จำนวน (ร้อยละ)			
1. มีอาการเครียดจากการสัมผัสเสียงดัง	5 (16.33)	19 (38.76)	11 (22.44)	14 (28.57)
2. มีอาการปวดศีรษะหรือเวียนศีรษะจากการสัมผัสเสียงดัง	4 (8.16)	12 (24.49)	11 (22.44)	22 (44.90)
3. มีอาการนอนไม่หลับ	7 (14.29)	13 (26.52)	7 (14.29)	22 (44.90)
4. รู้สึกอ่อนเพลียจากการสัมผัสเสียงดัง	3 (6.12)	10 (20.41)	12 (24.49)	24 (48.98)
5. มีอาการปวดท้องจากโรคกระเพาะอาหารหรือกรดไหลย้อน	2 (4.08)	11 (22.44)	5 (10.20)	31 (63.28)
6. มีอาการหูอื้อจากการสัมผัสเสียงดัง	6 (12.25)	11 (22.44)	8 (16.33)	24 (48.98)

ความสัมพันธ์ของการสัมผัสเสียงดังกับการสื่อสารขณะทำงานและสุขภาพของผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา พบว่า ระดับเสียงดังในพื้นที่ไม่มีความสัมพันธ์กับการสื่อสารในขณะทำงาน ดังรายละเอียดในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงดังในพื้นที่กับผลกระทบการสื่อสารในขณะทำงาน (n=49)

รายการ	ผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดัง จำนวน (ร้อยละ)		*p*–value
	< 70 dBA	> 70 dBA	
1. ระดับเสียงดังในการทำงานส่งผลกระทบต่อการพูดกับคู่สนทนา			
ไม่มี	3 (6.12)	10 (20.42)	0.606
น้อย	2 (4.08)	3 (6.12)	
ปานกลาง	8 (16.33)	13 (26.53)	
มาก	5 (10.20)	5 (10.20)	
2. ระดับเสียงดังในการทำงานส่งผลกระทบต่อการฟังกับคู่สนทนา			
ไม่มี	2 (4.08)	8 (16.33)	0.087
น้อย	2 (4.08)	3 (6.12)	
ปานกลาง	7 (14.29)	17 (34.69)	
มาก	7 (14.29)	3 (6.12)	
3. ระดับเสียงดังในการทำงานส่งผลกระทบต่อการอ่านเอกสาร			
ไม่มี	4 (8.16)	7 (14.29)	0.962
น้อย	3 (6.12)	7 (14.29)	
ปานกลาง	8 (16.33)	12 (24.49)	
มาก	3 (6.12)	5 (10.20)	

รายการ	ผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดัง จำนวน (ร้อยละ)		*p*–value
	< 70 dBA	> 70 dBA	
4. ระดับเสียงดังในการทำงานส่งผลกระทบต่อการเขียนเอกสาร			
ไม่มี	6 (12.24)	7 (14.29)	0.616
น้อย	1 (2.04)	5 (16.33)	
ปานกลาง	9 (18.36)	14 (28.55)	
มาก	2 (4.08)	5 (10.20)	
5. ระดับเสียงดังในการทำงานทำให้ทำงานผิดพลาด			
ไม่มี	4 (8.16)	8 (16.33)	0.920
น้อย	3 (6.12)	7 (14.29)	
ปานกลาง	8 (16.33)	11 (22.45)	
มาก	3 (6.12)	5 (10.20)	
6. ระดับเสียงดังในการทำงานทำให้มีสมาธิน้อยลง			
ไม่มี	1 (2.04)	4 (8.16)	0.836
น้อย	2 (4.08)	3 (6.12)	
ปานกลาง	11 (22.45)	19 (38.79)	
มาก	4 (8.16)	5 (10.20)	
7. ระดับเสียงดังในที่ทำงานรบกวนการติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์			
ไม่มี	2 (4.08)	6 (12.25)	0.533
น้อย	3 (6.12)	7 (14.29)	
ปานกลาง	7 (14.29)	13 (26.52)	
มาก	6 (12.25)	5 (10.20)	

หมายเหตุ: Chi–square test, *p<0.05

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงดังในพื้นที่กับผลกระทบต่อสุขภาพในกลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบอาชีพภายในบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา พบว่า ระดับเสียงดังในพื้นที่ไม่มีความสัมพันธ์กับผลกระทบต่อสุขภาพ ดังรายละเอียดในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ของการสัมผัสเสียงดังกับสุขภาพของผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา (n=49)

รายการ	ผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดังจำนวน (ร้อยละ)		*p*-value
	< 70 dBA	> 70 dBA	
1. ท่านมีอาการปวดศีรษะหรือเวียนศีรษะจากการสัมผัสเสียงดัง			
ไม่มี	9 (18.38)	13 (26.52)	0.689
น้อย	5 (10.20)	6 (12.25)	
ปานกลาง	3 (6.12)	9 (18.37)	
มาก	1 (2.04)	3 (6.12)	
2. ท่านรู้สึกอ่อนเพลียจากการสัมผัสเสียงดัง			
ไม่มี	8 (16.33)	16 (32.65)	0.290
น้อย	7 (14.29)	5 (10.20)	
ปานกลาง	2 (4.08)	8 (16.33)	
มาก	1 (2.04)	2 (4.08)	
3. ท่านมีอาการปวดท้องจากโรคกระเพาะอาหารหรือกรดไหลย้อน			
ไม่มี	13 (26.52)	18 (36.73)	0.579
น้อย	2 (4.08)	3 (6.12)	
ปานกลาง	3 (6.12)	8 (16.33)	
มาก	0 (0.00)	2 (4.08)	
4. ท่านมีอาการหูอื้อจากการสัมผัสเสียงดัง			
ไม่มี	10 (20.41)	14 (28.58)	0.872
น้อย	3 (6.12)	5 (10.20)	
ปานกลาง	3 (6.12)	8 (16.33)	
มาก	2 (4.08)	4 (8.16)	
5. ท่านมักมีอาการนอนไม่หลับ			
ไม่มี	10 (20.41)	12 (24.49)	0.483
น้อย	1 (2.04)	6 (12.24)	
ปานกลาง	5 (10.20)	8 (16.33)	
มาก	2 (4.08)	5 (10.20)	
6. ท่านมีอาการเครียดจากการสัมผัสเสียงดัง			
ไม่มี	5 (10.20)	9 (18.37)	0.999
น้อย	4 (8.16)	7 (14.29)	
ปานกลาง	7 (14.29)	12 (24.49)	
มาก	2 (4.08)	3 (6.12)	

หมายเหตุ: Chi-square test, *p<0.05



ภาพที่ 5 การลงพื้นที่ตรวจวัดระดับเสียงบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษากลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ที่ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา มีอายุเฉลี่ย 47.59 ปี ผู้ที่ประกอบอาชีพส่วนใหญ่ มีการศึกษาในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย และปริญญาตรี ผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่ง ประกอบไปด้วย พนักงานขายตั๋ว พนักงานทำความสะอาด พนักงานรักษาความปลอดภัย วินมอเตอร์ไซค์ และแม่ค้า

จากการประเมินระดับความดังเสียงเฉลี่ยภายในบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสาร พบว่า ระดับเสียงดัง อยู่ในช่วง 68.74–77.47 dBA ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ว่า ระดับเสียงเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 8 ชั่วโมงการทำงาน ไม่เกิน 85 dBA [13] ซึ่งระดับเสียงดังกล่าวต่ำกว่างานวิจัยที่มีการตรวจวัดระดับเสียงบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารกรุงเทพ ซึ่งอยู่ในช่วง 67.8–80.2 dBA และระดับเสียงบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพิษณุโลกอยู่ในช่วง 71.6–76.5 dBA [9] จากการตรวจวัดระดับเสียงดังในพื้นที่ พบว่า บริเวณพื้นที่มีระดับเสียงบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยาเฉลี่ยสูงสุด คือ บริเวณชานชาลาทิศตะวันออก บริเวณพื้นที่มีประเภทของรถที่แตกต่างกัน ทำให้มีระดับเสียงในพื้นที่ต่างกัน เนื่องจากรถโดยสารขนาดใหญ่จะมีเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ เมื่อเดินเครื่องยนต์จะทำให้มีระดับเสียงดังมากกว่ารถยนต์ขนาดเล็ก พบว่า รถบัสจะมีความดังเสียงมากกว่ารถยนต์ที่ใช้บรรทุกรถผู้โดยสาร และในงานวิจัยของ Borén, 2020 [14] นอกจากนี้ปริมาณความหนาแน่นของรถในพื้นที่ ยังส่งผลให้เกิดระดับเสียงดังที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Keerthanaet al., 2013 ที่พบว่า บริเวณเขตที่มีการจราจรหนาแน่นและมีรถบนถนนจำนวนมากจะส่งผลให้มีระดับเสียงดังกว่าบริเวณที่มีการจราจรเบาบาง และมีปริมาณรถจำนวนน้อย [1]

ผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดังในด้านการสื่อสารในขณะทำงานของผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยจังหวัดพะเยา พบว่า ส่วนใหญ่ระดับเสียงดังในการทำงาน อยู่ในระดับปานกลาง อธิบายได้ว่าบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยาจะมีระดับเสียงที่สูงกว่าระดับเสียงสนทนาทั่วไปที่ใช้การสื่อสาร ซึ่งอยู่ในช่วง 35–55 dBA [6] ดังนั้นระดับเสียงบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยาจึงส่งผลรบกวนต่อการสื่อสารและสมาธิในการทำงาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Venkatappa, Shankar & Annamalai, 2012 [15] พบว่าการจราจรบนถนนมีระดับเสียง 80.86 ± 6.33 dBA ทำให้เกิดผลกระทบต่อการสนทนาทางโทรศัพท์และส่งผลกระทบต่อการพูดคุยของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตำรวจจราจร การศึกษานี้ ยังพบว่าระดับเสียงดังบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา ไม่มีความสัมพันธ์กันกับผลกระทบต่อการสื่อสารในขณะทำงาน ซึ่งแตกต่างไปจากงานวิจัยของ Sela, C., Ratcha, M., &

Surach, A. (2021). พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ทำงานในพื้นที่มีเสียงดังเกิน 70 dBA มีโอกาสได้รับผลกระทบต่อการฟังกับคู่สนทนา รบกวนการติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์ ทำให้มีสมาธิน้อยลง

ผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดังต่อสุขภาพของประชาชนที่ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา พบว่า มีอาการเครียดจากการสัมผัสเสียงดังมากที่สุด อธิบายได้ว่า เมื่อระดับเสียงดังรบกวนการติดต่อสื่อสารในการทำงาน ของผู้ประกอบอาชีพทำให้ต้องอยู่ในสภาพที่ต้องใช้สมาธิมากขึ้น เพื่อไม่ให้งานผิดพลาด จึงเกิดความเครียดที่เป็นผลมาจากการทำงานและสัมผัสเสียงดัง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Caleb, 2023 ที่พบอาการเหล่านี้จากกลุ่มตัวอย่างที่อยู่บริเวณสถานีรถบัสในเมืองไนโรบี ประเทศเคนยา [17] การศึกษานี้ยัง พบว่า ระดับเสียงดังบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา ไม่มีความสัมพันธ์กับผลกระทบต่อสุขภาพ ทั้งนี้ อาจเป็นไปได้ว่าระดับความดังเสียงมีค่าไม่เกิน 85 dBA ของกฎหมายกำหนด ดังนั้น ระดับเสียงที่พบจึงไม่ส่งผลต่อสุขภาพ และไม่เกิดการรบกวนการพูดสื่อสาร หรือความหมายต่างๆ ขณะทำงาน สอดคล้องตามข้อกำหนดของ NIOSH, 1998 [16] ที่ระบุว่าผู้ทำงานสัมผัสเสียงเฉลี่ยใน 8 ชั่วโมงการทำงานต่อวันไม่เกิน 85 dBA ดังนั้น ระดับเสียงจึงไม่ก่อให้เกิดความรำคาญและไม่ทำให้เกิดการสูญเสียการได้ยินที่จัดเป็นปัญหาด้านสุขภาพของผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งในแห่งนี้

ข้อจำกัดในงานวิจัย

1. การตรวจวัดระดับเสียงในครั้งนี้ เป็นเพียงการสุ่มตรวจในช่วงระยะเวลาหนึ่งของเที่ยวการเดินรถในสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยาเท่านั้น ผลการวิจัยที่พบจึงเป็นระดับเสียงที่เป็น ณ ช่วงเวลาหนึ่ง
2. กลุ่มตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูล มีจำนวนตัวอย่างที่มีขนาดน้อยเกินไป จึงไม่พบความสัมพันธ์ของการสัมผัสเสียงดังกับการสื่อสารขณะทำงานและสุขภาพของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรมีการเฝ้าระวังระดับเสียงบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยจังหวัดพะเยา และมีการตรวจวัดระดับเสียงประจำปี บริเวณสถานีขนส่งรถโดยสารจังหวัดพะเยาไม่น้อยกว่า 1 ครั้งต่อปี
2. จัดทำคู่มือเป็นแนวทางในการตรวจระดับการรับสัมผัสเสียงดัง บริเวณสถานีขนส่งรถโดยสารจังหวัดพะเยา
3. เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการศึกษาการรับสัมผัสเสียงดัง บริเวณสถานีขนส่งรถโดยสารจังหวัดพะเยา

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการสัมผัสเสียงดังของผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยจังหวัดพะเยา เพื่อพิจารณาเป็นแนวทางในการป้องกันผลกระทบจากการทำงานในบริเวณที่มีเสียงดัง
2. ควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงและการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินของผู้ประกอบอาชีพบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยจังหวัดพะเยา เพื่อพิจารณาผลกระทบทางด้านสุขภาพในส่วนของสมรรถภาพการได้ยิน
3. ควรศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวนที่มากขึ้น และจัดเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ เพื่อเป็นตัวแทนในการวิจัยในการประเมินผลกระทบด้านเสียงในครั้งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีขอขอบพระคุณ อาจารย์ณัฐพงศ์ ม้าเทศ ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน และผู้อาสาสมัครเข้าร่วมวิจัยทุกท่านบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพะเยา ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการวิจัยฉบับนี้จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ ในด้านการจัดการความปลอดภัยและอาชีวอนามัยเพื่อเป็นแนวทางในการปรับสภาพแวดล้อมในการทำงานต่อไป โดยทั้งนี้งานวิจัยนี้ใช้ทุนส่วนตัว

เอกสารอ้างอิง

1. Keerthana, B., and Akshay Khandelwal. "Assessment of knowledge, attitude and practice towards dental environment noise among dental students." *NVEO-NATURAL VOLATILES & ESSENTIAL OILS Journall NVEO* (2021): 6321-6336.
2. น้ำฝน ยอดดี, เกียรติไกร อายุวัฒน์ และธงไชย โรหิตะดิษฐศรีนพคุณ. "การจำลองรูปแบบการกระจายมลพิษทางเสียงจากการจราจรบริเวณรอบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บางเขน." *Kasetsart Engineering Journal* 28.93 (2015): 53-60.
3. ลักษณีย์ บุญขาว และดุษฎี ถาวรพงษ์. "การศึกษาระดับเสียงและแผนที่แสดงระดับเสียงเทียบเท่าบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยอุบลราชธานี." *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี* 21.1 (2019): 60-67.
4. พิมพ์ชนก หนูนวล และทองฟู ศิริวงศ์. "รูปแบบการสื่อสารภายในองค์กรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของพนักงานบริษัทผลิตสื่อเอกชนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร." *Journal of Management Science Nakhonratchasima University* 3.1 (2024): 15-28.
5. Swain, Bijay, and Shreerup Goswami. "Soundscapes of urban parks in and around bhubaneswar and puri, odisha, india: a comparative study." *Pollution* 4.1 (2018): 93-101.
6. Berglund, Birgitta. "Guidelines for community noise." *World Health Organization* (1999).
7. กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. "กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและ สภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559. " ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 17 ตุลาคม 2559, เล่ม 133 ตอนที่ 91 ก.
8. โอภาส วัฒนา และคณะ. "ประสาทหูเสื่อมตามอายุ." *Chulalongkorn Medical Journal* 62.2 (2018): 175-185.
9. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. "Research to Serve Society: Proeedings of the 7th National and International Conference" Research to Serve Society", 12 July 2019 at Huachiew Chalermprakiet University, Bangphli District, Samutprakarn, Thailand." (2019).
10. Pierson, Austin Isamu. "Noise exposure for bus drivers in an Iowa City transit system." *University of Iowa, Iowa* (2018).
11. ณัฐพงศ์ ม้าเทศ และคณะ. "การตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับเสียงและการจัดทำแผนผังแสดงระดับเสียงในโรงงานผลิตแผ่นป้ายแท็กและทรานส์พอนเดอร์จังหวัดลำพูน." *Journal of Energy and Environment Technology of Graduate School Siam Technology College* 11.1 (2024): 68-77.

12. กรมควบคุมมลพิษ "ประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ เรื่อง วิธีการตรวจวัดระดับเสียงพื้นฐาน ระดับเสียงขณะไม่มีการรบกวน การตรวจวัดและคำนวณระดับเสียงขณะมีการรบกวน การคำนวณค่าระดับการรบกวน และแบบบันทึกการตรวจวัดเสียงรบกวน พ.ศ. 2565. "ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2565, เล่ม 139 ตอนพิเศษที่ 266 ง.
13. กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, "ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการตรวจวัดและการวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง รวมทั้งระยะเวลาและประเภทกิจการที่ต้อง ดำเนินการ." ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 12 มีนาคม 2561, เล่ม 135 ตอนพิเศษ 57 ง.
14. Borén, Sven. "Electric buses' sustainability effects, noise, energy use, and costs." International Journal of Sustainable Transportation 14.12 (2020): 956–971.
15. Venkatappa, Kavana G., Vinutha Shankar, and Nachal Annamalai. "Assessment of knowledge, attitude and practices of traffic policemen regarding the auditory effects of noise." *Indian J Physiol Pharmacol* 56.1 (2012): 69–73.
16. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Criteria for a recommended standard: Occupational noise exposure – Revised criteria 1998 (NIOSH Publication No.98–126). Cincinnati: NIOSH; 1998.
17. Short, Caleb A. *An investigation of avian sound propagation in three northern Michigan forest types*. Bowling Green State University, 2023.
18. Sela, C., Ratcha, M., & Surach, A. (2021). Noise level assessment and impacts of noise exposure among workers working in Bangkok bus terminal. *Journal of Nursing and Health Research*, *22*(2), 41–52.

ความชุกและปัจจัยเสี่ยงของอุบัติเหตุรถจักรยานยนต์: กรณีศึกษานิสิตสาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในภาคเหนือของประเทศไทย

Prevalence and risk factors of motorcycle accidents: A case study of occupational health and safety students at a University in Northern Thailand

เกวลิน สีแก้ว[1], กัญญารัตน์ เมืองแก้ว[1], กัญจนพร ชูไว[1], ปิยธิดา สุทธวงศ์[1], สุทธินันท์ จันธิมา[1] และ ฤทธิ์ติกร สมปาน[1*]

Kewalin Srikaew[1], Kunyarut Muengkaew[1], Kanjanaporn Choowai[1], Piyathida Sutthawong[1], Sutthinan Janthima[1] and Rittikorn Sompan[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ในกลุ่มนิสิตสาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในภาคเหนือของประเทศไทย จำนวน 203 คน เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไป ข้อมูลเกี่ยวกับรถจักรยานยนต์ที่ใช้ สภาพแวดล้อมในการขับขี่ ข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุ พฤติกรรมการขับขี่และความรู้ด้านการจราจร การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ จำนวน เพื่อสรุปข้อมูล และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ สถิติไคสแควร์ เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

จากผลการศึกษาพบว่า ความชุกของอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ในช่วง 3 เดือนและ 1 ปีที่ผ่านมา มีนิสิตที่ประสบอุบัติเหตุในช่วง 3 เดือน ร้อยละ 11.33 และในช่วง 1 ปี ร้อยละ 22.66 นอกจากนี้พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดอุบัติเหตุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในช่วง 3 เดือน ได้แก่ เพศ (p=0.008) ส่วนในช่วง 1 ปี พบว่า เส้นทางที่ใช้เป็นประจำ (p = 0.036) มีความสัมพันธ์กับการเกิดอุบัติเหตุเช่นกัน

งานวิจัยนี้พบว่าเพศหญิงมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุจักรยานยนต์สูงกว่าเพศชาย โดยเส้นทางที่ใช้ประจำเป็นปัจจัยสำคัญที่เพิ่มความเสี่ยง แนวทางการจัดการที่เสนอประกอบด้วยการปรับปรุงความปลอดภัยบนเส้นทาง การส่งเสริมการขับขี่ปลอดภัย การบังคับใช้กฎหมายอย่างเข้มงวด การปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน และการมีส่วนร่วมของชุมชน เพื่อลดความเสี่ยงและเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ใช้จักรยานยนต์ในพื้นที่เสี่ยง

คำสำคัญ: ความชุกในการเกิดอุบัติเหตุ, จักรยานยนต์, นิสิต, พฤติกรรมการขับขี่, อุบัติเหตุทางถนน

[1] สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Department of Occupational Health and Safety, School of Public Health, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author: rittikorn.so@up.ac.th

Abstract

This study was a cross-sectional descriptive research project aimed at analyzing the prevalence and factors associated with motorcycle accidents among 203 Occupational Health and Safety students at a university in Northern Thailand. Data were collected using a questionnaire comprising sections on demographic characteristics, motorcycle usage, riding environment, accident history, riding behavior, and traffic knowledge. Descriptive statistical analyses, including percentages and frequencies, were used to summarize the data. Inferential statistics, specifically the chi-square test, were applied to examine relationships between variables.

The results revealed that the prevalence of motorcycle accidents was 11.33% within the past three months and 22.66% within the past year. Significant factors associated with accidents over the past three months included gender ($p = 0.008$). Over the past year, commonly used riding routes ($p = 0.036$) were significantly associated with accidents at the 0.05 level.

This study highlights that females have a higher rate of motorcycle accidents compared to males, with regular travel routes identified as a significant risk factor. Proposed management strategies include enhancing road safety measures, promoting safe driving practices, enforcing stricter traffic regulations, improving infrastructure, and fostering community involvement. These measures aim to mitigate risks and improve safety for motorcyclists in high-risk areas.

Keywords: Riding behavior, Motorcycle, Prevalence of accidents, Road accident, University student

บทนำ

อุบัติเหตุทางถนนเป็นปัญหาสำคัญที่ทุกประเทศทั่วโลกกำลังเผชิญ โดยแนวโน้มอัตราการบาดเจ็บและเสียชีวิตมีการเพิ่มสูงขึ้น ข้อมูลจากองค์การอนามัยโลก (WHO) ในปี 2565 ระบุว่ามีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บจากอุบัติเหตุทางถนนรวม 1.19 ล้านราย หรือคิดเป็น 15 ต่อแสนประชากร โดยร้อยละ 92 ของผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตอยู่ในประเทศรายได้ต่ำและปานกลาง และพบว่าอุบัติเหตุเกิดมากที่สุดในภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะในกลุ่มเด็กและเยาวชนอายุ 5-29 ปี สำหรับประเทศไทยมีผู้เสียชีวิต 18,218 ราย หรือคิดเป็น 25 ต่อแสนประชากร ซึ่งยังคงสูงเมื่อเทียบกับจำนวนประชากรในประเทศ [1]

ด้านพฤติกรรมการสวมหมวกกันน็อกพบว่าค่าเฉลี่ยในประเทศไทยของผู้ขับขี่อยู่ที่ร้อยละ 52 และผู้ซ้อนร้อยละ 21 ขณะที่ทั่วโลกอยู่ที่ร้อยละ 80 และ 70 ตามลำดับ [1] นอกจากนี้ ข้อมูลจากกระทรวงสาธารณสุขพบว่ารถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะที่เกิดการบาดเจ็บและเสียชีวิตสูงสุด ร้อยละ 85.34 [2] และในกลุ่มเด็กและเยาวชนเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนเฉลี่ยปีละ 2,510 ราย โดยเยาวชนอายุ 15-25 ปี เป็นกลุ่มที่เสียชีวิตมากที่สุด [3] ซึ่งสอดคล้องกับสถิติในปี 2567 ที่แสดงให้เห็นว่ามีผู้เสียชีวิตจากรถจักรยานยนต์สะสมร้อยละ 81 และผู้บาดเจ็บจากรถจักรยานยนต์สะสมร้อยละ 78 โดยช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุสูงสุดคือช่วงกลางคืน และในกลุ่มนักศึกษาพบว่ามีอัตราการเสียชีวิตร้อยละ 10.63 ในช่วงอายุ 19-24 ปี ซึ่งเกิดจากความศึกคะนอง การขับขี่ด้วยความเร็วสูง การขาดจิตสำนึกด้านความปลอดภัย และทักษะการขับขี่ที่ไม่เพียงพอ [4]

จากสถิติการเฝ้าระวังของกรมควบคุมโรคพบว่าในจังหวัดพะเยา ระหว่างปี พ.ศ. 2564 – 2566 มีอุบัติเหตุทางถนนเกิดขึ้น 141 ราย โดยผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตส่วนใหญ่เป็นนักเรียนและนักศึกษา ร้อยละ 44.71 [5] และในปี

พ.ศ. 2566–2567 พบอุบัติการณ์การเกิดอุบัติเหตุในนิสิตสาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย จำนวน 16 ราย ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์เกิดขึ้นบ่อยในกลุ่มนิสิต แม้ว่ามหาวิทยาลัยจะมีนโยบายรณรงค์ลดอุบัติเหตุ แต่ยังคงมีนิสิตประสบอุบัติเหตุอยู่เป็นจำนวนมาก

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนิสิตสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในภาคเหนือของประเทศไทย โดยมุ่งวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการขับขี่และปัจจัยส่วนบุคคลในช่วงระยะเวลา 3 เดือน และ 1 ปีที่ผ่านมา ภายหลังได้รับการฝึกอบรมในโครงการมาตรการองค์กรเพื่อความปลอดภัยทางถนนในสถาบันอุดมศึกษา เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการจัดทำข้อเสนอแนะและมาตรการป้องกัน รวมถึงการพัฒนากิจกรรมเพื่อส่งเสริมความปลอดภัยทางถนนในกลุ่มนิสิต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาความชุกและปัจจัยเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุทางถนนจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนิสิตสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในภาคเหนือของประเทศไทย
2. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความชุกและปัจจัยเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุทางถนนจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ในนิสิตสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในภาคเหนือของประเทศไทย

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (cross-sectional study) ดำเนินการระหว่างเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม พ.ศ. 2567 โดยใช้แบบสอบถามแบบตอบด้วยตนเองเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษานี้ คือ นิสิตสาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในภาคเหนือของประเทศไทยในปีการศึกษา 2567 จำนวน 371 คน ที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาที่ทำการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง กำหนดขนาดตามสูตรของทาโร ยามาเน่ (Taro Yamane) โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ 5% และระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ซึ่งให้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 193 คน เพื่อให้การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์เป็นไปอย่างราบรื่นและรองรับการถอนตัวของผู้เข้าร่วม ผู้วิจัยได้ขยายขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็น 203 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยนำหมายเลขประจำตัวของนิสิตมาจับฉลากขึ้นมาทีละหมายเลขจนครบจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

เกณฑ์การคัดเข้าและคัดออก

กลุ่มตัวอย่างต้องเป็นนิสิตสาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ปีการศึกษา 2567 ที่ยินดีเข้าร่วมการวิจัยและเป็นผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่มีรถจักรยานยนต์ส่วนตัว เกณฑ์การคัดออก ได้แก่ นิสิตที่ลาป่วยหรือไม่อยู่ในวันที่เก็บข้อมูล รวมถึงผู้ที่ไม่ยินยอมเข้าร่วม

เครื่องมือวิจัย

แบบสอบถามนี้พัฒนาโดยผู้วิจัย ผ่านการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยเสี่ยงอุบัติเหตุการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนิสิตอาชีวอนามัยและความปลอดภัย โดยแบบสอบถามแบ่งเป็น 6 ส่วน ประกอบด้วย 1) ข้อมูลทั่วไป 2) ข้อมูลรถจักรยานยนต์ที่ใช้ในการขับขี่ 3) ข้อมูลสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการขับขี่ 4) ข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุ 5) พฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ 6) ความรู้เกี่ยวกับการจราจร

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถาม โดยพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหาทฤษฎี (Index of Item Objective Congruence: IOC) ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยคณาจารย์และผู้เชี่ยวชาญจากสาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ผลการประเมินได้ค่า IOC ระหว่าง 0.67–1.00 ในทุกข้อ หลังจากนั้น ได้นำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับนิสิตสาขาอนามัยชุมชน จำนวน 30 คน เพื่อตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha) และได้ค่าเท่ากับ 0.76 จากนั้นจึงนำแบบสอบถามไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามชนิดตอบด้วยตนเอง (Self-Administer Questionnaire) จำนวนทั้งหมด 203 คน ระยะเวลาเก็บข้อมูล 1 เดือน ตั้งแต่วันที่ 6 กันยายน 2567 ถึง 6 ตุลาคม 2567

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้สถิติทดสอบไคสแควร์

การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

โครงการวิจัยนี้ได้รับการรับรองทางจริยธรรมจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยา หมายเลขรับรอง HREC-UP-HSST 1.2/129/67 เมื่อวันที่ 7 สิงหาคม 2567 ผู้วิจัยได้ดำเนินการขอความยินยอมจากกลุ่มตัวอย่างอย่างเป็นลายลักษณ์อักษร โดยให้ลงนามหรือประทับลายนิ้วมือในหนังสือแสดงความยินยอมก่อนเริ่มเก็บข้อมูล ทั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างสามารถถอนตัวออกจากโครงการได้ตลอดเวลา โดยจะไม่ได้รับผลกระทบใดๆ

ผลการศึกษา

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 203 คน พบว่าเป็นเพศหญิงร้อยละ 84.20 และเพศชายร้อยละ 15.80 ในด้านอายุ นิสิตส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 18–20 ปี ร้อยละ 62.10 รองลงมาคืออายุ 21–23 ปี ร้อยละ 37.90 ระดับชั้นปีการศึกษาส่วนใหญ่คือนิสิตชั้นปีที่ 1 ร้อยละ 39.90 และชั้นปีที่ 4 ร้อยละ 32.50 ในด้านประสบการณ์การขับขี่ นิสิตส่วนใหญ่มีประสบการณ์ขับขี่มากกว่า 5 ปี ร้อยละ 73.40 รองลงมาคือ 3–4 ปี ร้อยละ 17.70 โดยร้อยละ 67.50 มีใบอนุญาตขับขี่ ร้อยละ 29.10 ไม่มีใบอนุญาต และร้อยละ 3.40 มีใบอนุญาตหมดอายุ สำหรับการมี พ.ร.บ. รถจักรยานยนต์ ร้อยละ 93.10 ของนิสิตมี พ.ร.บ. และร้อยละ 6.90 ไม่มี พฤติกรรมการสวมหมวกกันน็อกพบว่า ร้อยละ 84.20 สวมบางครั้ง ร้อยละ 9.40 สวมทุกครั้ง และร้อยละ 6.40 ไม่สวมเลย ในด้านความถี่การใช้รถจักรยานยนต์ในหนึ่งสัปดาห์ ร้อยละ 60.10 ใช้ทุกวัน รองลงมาคือ 4–6 วันต่อสัปดาห์ ร้อยละ 21.20 และน้อยกว่า 3 วันต่อสัปดาห์ ร้อยละ 18.70

รถจักรยานยนต์ที่นิสิตใช้งานส่วนใหญ่เป็นรถจักรยานยนต์ระบบอัตโนมัติ ร้อยละ 53.70 ขณะที่รถจักรยานยนต์ระบบเกียร์ ร้อยละ 46.30 นอกจากนี้ รถจักรยานยนต์ส่วนใหญ่มีอายุการใช้งานเกิน 5 ปี ร้อยละ 59.10 ส่วนที่มีอายุการใช้งานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 ปี ร้อยละ 41.90 นิสิตส่วนใหญ่ไม่ได้ดัดแปลงหรือปรับแต่งรถจักรยานยนต์ ร้อยละ 95.60 ขณะที่มีการดัดแปลงหรือปรับแต่งเพียงร้อยละ 4.40 โดยรถจักรยานยนต์มีสภาพพร้อมใช้งานร้อยละ 94.10 และไม่พร้อมใช้งานร้อยละ 5.90 เส้นทางที่นิสิตใช้ประจำส่วนใหญ่เป็นถนนสายหลัก ร้อยละ 92.12 และถนนสายรอง ร้อยละ 7.88 โดยพื้นผิวถนนที่ใช้ขับขี่ส่วนใหญ่เป็นแบบลาดยาง ร้อยละ 96.55 รองลงมาเป็นถนนคอนกรีต ร้อยละ 2.96

ประวัติการเกิดอุบัติเหตุในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา พบว่านิสิตส่วนใหญ่ไม่เคยเกิดอุบัติเหตุ คิดเป็นร้อยละ 88.67 ขณะที่ร้อยละ 11.33 เคยเกิดอุบัติเหตุ ในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา นิสิตส่วนใหญ่ไม่เคยเกิดอุบัติเหตุ คิดเป็นร้อยละ 77.34 ขณะที่ร้อยละ 22.66 เคยเกิดอุบัติเหตุ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนและร้อยละข้อมูลทั่วไป และปัจจัยเสี่ยงอุบัติเหตุการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนิสิตอาชีวอนามัยและความปลอดภัย (n = 203)

รายการ	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	32	15.80
หญิง	171	84.20
อายุ (ปี)		
ต่ำกว่า 18 ปี	0	0.00
18 – 20 ปี	126	62.10
21 – 23 ปี	77	37.90
ชั้นปีการศึกษา		
ชั้นปีที่ 1	81	39.90
ชั้นปีที่ 2	21	10.30
ชั้นปีที่ 3	35	17.20
ชั้นปีที่ 4	66	32.50
ประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์ (ปี)		
< 1	5	2.50
1 – 2	13	6.40
3 – 4	36	17.70
≥ 5	149	73.40
ใบอนุญาตในการขับขี่รถจักรยานยนต์		
มี	137	67.50
ไม่มี	59	29.10
ไม่ได้ต่อ/ หมดอายุ	7	3.40
พ.ร.บ ของรถจักรยานยนต์		

รายการ	จำนวน	ร้อยละ
มี	189	93.10
ไม่มี	14	6.90
การสวมหมวกกันน็อก		
สวมใส่ทุกครั้ง	19	9.40
สวมใส่เป็นบางครั้ง	171	84.20
ไม่สวมใส่เลย	13	6.40
ความถี่ในการใช้รถจักรยานยนต์ (วัน/สัปดาห์)		
≤ 3 วัน/สัปดาห์	38	18.70
4 – 6 วัน/สัปดาห์	43	21.20
ใช้รถเป็นประจำทุกวัน	122	60.10
ประเภทรถจักรยานยนต์		
แบบเกียร์ธรรมดา	94	46.30
แบบเกียร์อัตโนมัติ	109	53.70
อายุการใช้งานของรถจักรยานยนต์ (ปี)		
≤ 5	83	40.90
> 5	120	59.10
มีการดัดแปลงหรือปรับแต่งรถจักรยานยนต์		
มี	9	4.40
ไม่มี	194	95.60
สภาพการใช้งาน		
ใช้งานได้ดี	191	94.10
ไม่พร้อมใช้งาน	12	5.90
เส้นทางที่ใช้เป็นประจำ		
ถนนสายหลัก	187	92.12
ถนนสายรอง	16	7.88
พื้นผิวถนนที่ใช้ในการเดินทางเป็นประจำ		
ลาดยาง	196	96.55
คอนกรีต	6	2.96
ลูกรัง	1	0.49
ประวิติการเกิดอุบัติเหตุ ในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา		
เคย	23	11.33
ไม่เคย	180	88.67
ประวิติการได้รับอุบัติเหตุ ในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา		
เคย	46	22.66
ไม่เคย	157	77.34

จากการศึกษาพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนิสิตสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย จำนวน 203 คน พบว่านิสิตส่วนใหญ่มีพฤติกรรมความปลอดภัยในการขับขี่อยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 29.60 รองลงมามีพฤติกรรมความปลอดภัยในระดับปานกลาง ร้อยละ 70.40 และไม่มีนิสิตที่มีพฤติกรรมความปลอดภัยในระดับต่ำ

สำหรับความรู้เกี่ยวกับกฎจราจร พบว่า นิสิตส่วนใหญ่มีความรู้ในระดับสูง ร้อยละ 58.10 รองลงมา คือ มีความรู้ในระดับปานกลาง ร้อยละ 38.90 และมีเพียงร้อยละ 3.00 ที่มีความรู้เกี่ยวกับกฎจราจรในระดับต่ำ รายละเอียดตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงร้อยละและจำนวนของระดับพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์และความรู้เกี่ยวกับกฎจราจรของนิสิตสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย (n = 203)

ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
ระดับพฤติกรรมการขับขี่ที่ปลอดภัย (คะแนน)		
ระดับสูง (42.00 – 54.00)	60	29.60
ระดับปานกลาง (30.00–42.00)	143	70.40
ระดับต่ำ (18.00–30.00)	0	0.00
ระดับความรู้เกี่ยวกับกฎจราจร (คะแนน)		
ระดับสูง (9–10)	188	58.10
ระดับปานกลาง (6–8)	79	38.90
ระดับต่ำ (0–5)	6	3.00

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงและความชุกการเกิดอุบัติเหตุรถจักรยานยนต์ของนิสิตสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย พบว่า เพศ (p = 0.008) มีความสัมพันธ์กับการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนิสิตในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา และเส้นทางที่ใช้สัญจรเป็นประจำ (p = 0.036) ความสัมพันธ์กับการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนิสิตในช่วง 1 ปี ที่ผ่านมา รายละเอียดตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงและความชุกการเกิดอุบัติเหตุรถจักรยานยนต์ของนิสิตสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา และช่วง 1 ปี ที่ผ่านมา (n =203)

ตัวแปร	อุบัติเหตุรถจักรยานยนต์ ในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา และช่วง 1 ปี ที่ผ่านมา				p-value
	เคย		ไม่เคย		
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
อุบัติเหตุรถจักรยานยนต์ในช่วง 3 ที่ผ่านมา					
เพศ					
ชาย	8	3.94	24	11.82	0.008*
หญิง	15	7.39	156	76.85	
อายุ (ปี)					
18 – 20	14	6.90	112	55.17	0.900
21 – 23	9	4.43	68	33.50	
ชั้นปีการศึกษา					
ชั้นปีที่ 1	12	5.91	69	33.99	0.530
ชั้นปีที่ 2	1	0.49	20	9.85	
ชั้นปีที่ 3	4	1.97	31	15.27	
ชั้นปีที่ 4	6	2.96	60	29.56	
ประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์ (ปี)					
< 1	1	0.49	4	1.97	0.564
1 – 2	1	0.49	12	5.91	
3 – 4	2	0.99	34	16.75	
≥ 5	19	9.36	130	64.04	
ใบอนุญาตในการขับขี่รถจักรยานยนต์					
มีใบอนุญาตขับขี่	12	5.91	125	61.58	1.440
ไม่มีใบอนุญาตขับขี่	9	4.43	50	24.63	
ใบอนุญาตขับขี่หมดอายุ	2	0.99	5	2.46	
พ.ร.บ ของรถจักรยานยนต์					
มี พ.ร.บ	22	10.84	167	82.27	0.608
ไม่มี พ.ร.บ	1	0.49	13	6.40	
การสวมหมวกกันน็อก					
สวมใส่ทุกครั้ง	2	0.99	17	8.37	0.890
สวมใส่เป็นบางครั้ง	19	9.36	152	74.88	
ไม่สวมใส่เลย	2	0.99	11	5.42	
ความถี่ในการใช้รถจักรยานยนต์ (วัน/สัปดาห์)					
< 3	7	3.45	31	15.27	0.309

ตัวแปร	อุบัติเหตุรถจักรยานยนต์ ในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา และช่วง 1 ปี ที่ผ่านมา				p-value
	เคย		ไม่เคย		
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
4 – 6	4	1.97	39	19.21	
ใช้เป็นประจำทุกวัน	12	5.91	110	54.19	
ประเภทรถจักรยานยนต์					
แบบเกียร์ธรรมดา	11	5.42	83	40.89	0.877
แบบเกียร์อัตโนมัติ	12	5.91	97	47.78	
อายุการใช้งานของรถจักรยานยนต์ (ปี)					
≤ 5	7	3.45	76	37.44	0.279
> 5	16	7.88	104	51.23	
มีการดัดแปลงหรือปรับแต่งรถจักรยานยนต์					
มี	0	0.00	9	4.43	0.273
ไม่มี	23	11.33	171	84.24	
สภาพการใช้งาน					
ใช้งานได้ดี	21	10.34	170	83.74	0.548
ไม่พร้อมใช้งาน	2	0.99	10	4.93	
เส้นทางที่ใช้เป็นประจำ					
ถนนสายหลัก	19	9.36	168	82.76	0.072
ถนนสายรอง	4	1.97	12	5.91	
พื้นผิวถนนที่ใช้ในการเดินทางเป็นประจำ					
ลาดยาง	22	10.84	174	85.71	0.861
คอนกรีต	1	0.49	5	2.46	
ลูกรัง	0	0.00	1	0.49	
อุบัติเหตุรถจักรยานยนต์ในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา					
เพศ					
ชาย	10	4.93	22	10.84	0.206
หญิง	36	17.73	135	66.50	
อายุ (ปี)					
18 – 20	29	14.29	97	47.78	0.877
21 – 23	17	8.37	60	29.56	
ชั้นปีการศึกษา					
ชั้นปีที่ 1	22	10.84	59	29.06	0.143
ชั้นปีที่ 2	3	1.48	18	8.87	
ชั้นปีที่ 3	11	5.42	24	11.82	

ตัวแปร	อุบัติเหตุรถจักรยานยนต์ ในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา และช่วง 1 ปี ที่ผ่านมา				p-value
	เคย		ไม่เคย		
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
ชั้นปีที่ 4	10	4.93	56	27.59	
ประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์ (ปี)					
< 1	2	0.99	3	1.97	0.247
1 – 2	2	0.99	11	5.43	
3 – 4	12	5.91	24	11.82	
≥ 5	30	14.78	119	58.62	
ใบอนุญาตในการขับขี่รถจักรยานยนต์					
มีใบอนุญาตขับขี่	29	14.29	108	53.20	0.752
ไม่มีใบอนุญาตขับขี่	15	7.39	44	21.67	
ใบอนุญาตขับขี่หมดอายุ	2	0.99	5	2.46	
พ.ร.บ ของรถจักรยานยนต์					
มี พ.ร.บ	44	21.67	145	71.43	0.438
ไม่มี พ.ร.บ	2	0.49	12	5.91	
การสวมหมวกกันน็อก					
สวมใส่ทุกครั้ง	3	1.48	16	7.88	0.606
สวมใส่เป็นบางครั้ง	39	19.21	132	65.02	
ไม่สวมใส่เลย	4	1.97	9	4.43	
ความถี่ในการใช้รถจักรยานยนต์ (วัน/สัปดาห์)					
<3	13	6.40	25	12.32	0.163
4 – 6	8	3.94	35	17.24	
ใช้เป็นประจำทุกวัน	25	12.32	97	47.78	
ประเภทรถจักรยานยนต์					
แบบเกียร์ธรรมดา	18	8.87	76	37.44	0.267
แบบเกียร์อัตโนมัติ	28	13.79	81	39.90	
อายุการใช้งานของรถจักรยานยนต์ (ปี)					
≤ 5	18	8.87	65	32.02	0.783
> 5	28	13.79	92	45.32	
มีการดัดแปลงหรือปรับแต่งรถจักรยานยนต์					
มี	0	0.00	9	4.43	0.097
ไม่มี	46	22.66	148	72.91	
สภาพการใช้งาน					
ใช้งานได้ดี	42	20.69	149	73.40	0.363

ตัวแปร	อุบัติเหตุรถจักรยานยนต์ ในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา และช่วง 1 ปี ที่ผ่านมา				p-value
	เคย		ไม่เคย		
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
ไม่พร้อมใช้งาน	4	1.97	8	3.94	
เส้นทางที่ใช้สัญจรเป็นประจำ					
ถนนสายหลัก	39	19.21	148	72.91	0.036*
ถนนสายรอง	7	3.45	9	4.43	
พื้นผิวถนนที่ใช้ในการเดินทางเป็นประจำ					
ลาดยาง	43	21.18	153	75.37	0.233
คอนกรีต	3	1.48	3	1.48	
ลูกรัง	0	0.00	1	0.49	

*P-value <0.05

สรุปผลและอธิปรายผล

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่านิสิตที่เคยประสบอุบัติเหตุส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 18-20 ปี โดยมีสัดส่วนเพศหญิงสูงกว่าเพศชาย สอดคล้องกับการศึกษาของพวงน้อย แสงแก้ว [6] ที่พบว่า เพศ อายุ และรายได้ ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่จักรยานยนต์ของพนักงานในนิคมอุตสาหกรรมเวลโกล นอกจากนี้ ทัศนคติ พฤติกรรม และสภาพรถยังมีความสัมพันธ์กับการเกิดอุบัติเหตุในระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 การขับขี่รถจักรยานยนต์โดยไม่มีใบอนุญาตขับขี่ ร้อยละ 29.10 และไม่มี พ.ร.บ. รถจักรยานยนต์ ร้อยละ 6.90 สะท้อนถึงการขาดความรู้ด้านการขับขี่ที่ปลอดภัย ซึ่งแตกต่างจากญี่ปุ่นที่บังคับให้ผู้ขอใบอนุญาตต้องผ่านการฝึกหัดทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ Katherine Perez, et al [7] นอกจากนี้ นิสิตยังพบว่าส่วนใหญ่ใช้รถจักรยานยนต์เป็นประจำ ร้อยละ 60.10 สอดคล้องกับ Li, et al. [8] ที่พบว่าผู้ที่ใช้รถบ่อยมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุสูงขึ้นเนื่องจากความเมื่อยล้าในการขับขี่

ด้านพฤติกรรมการสวมหมวกกันน็อกมีการสวมทุกครั้งเพียงร้อยละ 9.40 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่น้อย หากเกิดอุบัติเหตุสามารถป้องกันได้ด้วยการสวมหมวกกันน็อก Fitzharris, et al [9] ส่วนการใช้รถจักรยานยนต์เก่ามากกว่า 5 ปี มีมากกว่าร้อยละ 59.10 ตามการศึกษา จัตตุรงค์ เพลินหัด [10] ที่ระบุว่ารถเก่ามีแนวโน้มชำรุดเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกัน นิสิตที่มีการดัดแปลงรถร้อยละ 4.40 ทำให้เกิดเสี่ยงที่สูงขึ้น โดยเฉพาะเมื่อถอดกระจกมองข้างหรือดัดแปลงท่อไอเสีย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของเกรียงศักดิ์ หลิวจันทร์พัฒนา และคณะ [11]

ผลการศึกษาด้านความรู้เกี่ยวกับกฎจราจรพบว่า นิสิตร้อยละ 58.10 มีความรู้ในระดับสูง ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของพัชร์สิริ ศรีเวียง และกษมา ภูสีสด [12] ที่พบว่านักศึกษาส่วนใหญ่มีความรู้ด้านนี้ต่ำ ส่วนพฤติกรรมขับขี่ปลอดภัยอยู่ในระดับสูงเพียงร้อยละ 29.60 สอดคล้องกับการศึกษาของกาญจน์กรอง สุอังคะ [13] ที่ระบุว่าทัศนคติส่งผลโดยตรงต่อพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ

ปัจจัยเสี่ยงการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่พบว่า ถนนลื่นจากฝนตก/น้ำท่วมขังเป็นสาเหตุสำคัญ และการปรับปรุงสภาพถนนเป็นแนวทางลดอุบัติเหตุ สภาพแวดล้อมบนท้องถนน เช่น การขาดป้ายจราจรและแสงสว่างไม่เพียงพอ การละเลยกับการใช้เส้นทางที่ใช้สัญจรเป็นประจำยังเป็นปัจจัยเสี่ยงตามการศึกษาของพนมศักดิ์ รุ่งรัตน์และชลัท ทิพากรเกียรติ [14]

จากผลการศึกษาพบว่าเพศหญิงมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุจักรยานยนต์สูงกว่าเพศชาย โดยเส้นทางที่ใช้ประจำเป็นปัจจัยสำคัญที่เพิ่มความเสี่ยง การจัดการเพื่อลดอุบัติเหตุจักรยานยนต์สามารถดำเนินการได้ในหลายมิติ โดยเริ่มจากการปรับปรุงเส้นทางที่ใช้ประจำให้ปลอดภัยยิ่งขึ้น เช่น การติดตั้งป้ายเตือน การปรับพื้นผิวถนน ลดหลุมบ่อ และเพิ่มแสงสว่างในพื้นที่เสี่ยง นอกจากนี้ ควรจัดทำข้อมูลเกี่ยวกับจุดเสี่ยงของอุบัติเหตุเพื่อให้ผู้ใช้งานระมัดระวัง การส่งเสริมการขับขี่อย่างปลอดภัยเป็นอีกแนวทางที่สำคัญโดยสามารถจัดอบรมขับขี่ปลอดภัยที่เน้นกลุ่มเป้าหมาย เช่น ผู้หญิงที่ใช้จักรยานยนต์ รวมถึงการรณรงค์สวมใส่หมวกกันน็อค และการตรวจสภาพรถจักรยานยนต์เป็นประจำ ในส่วนของการบังคับใช้กฎหมายควรเพิ่มการบังคับใช้กฎหมายอย่างจริงจัง และการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน เช่น การแยกเลนจักรยานยนต์ออกจากเลนรถใหญ่ในพื้นที่โดยรอบมหาวิทยาลัยจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยได้อย่างมาก นอกจากนี้ ควรดำเนินการศึกษาและวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับพฤติกรรมการขับขี่ของผู้หญิงและเส้นทางที่มีความเสี่ยงสูง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาแนวทางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การดำเนินการทั้งหมดนี้ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมการเดินทางที่ปลอดภัยและลดอุบัติเหตุได้อย่างยั่งยืน

ข้อจำกัดของการศึกษาครั้งนี้คือการใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กและมีสัดส่วนของเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความลำเอียงในผลการศึกษาและไม่สามารถครอบคลุมลักษณะของประชากรทั้งหมดได้อย่างสมบูรณ์ สำหรับการศึกษาครั้งต่อไป ควรพิจารณาเพิ่มขนาดและความหลากหลายของกลุ่มตัวอย่าง รวมถึงการปรับสมดุลระหว่างเพศ นอกจากนี้ ควรเน้นศึกษาปัจจัยเสี่ยงในกลุ่มเฉพาะ เช่น กลุ่มเพศชาย ตลอดจนวิเคราะห์พฤติกรรมในเชิงลึก พร้อมทั้งขยายพื้นที่การวิจัยเพื่อเปรียบเทียบปัจจัยด้านภูมิศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ใช้เงินทุนส่วนตัว ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาสาสมัครผู้เข้าร่วมโครงการทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. Global status report on road safety 2023 [Internet]. World Health Organization; 2023 [cited 2024 Sep 3]. Available from: https://iris.who.int/handle/10665/375016
2. สำนักระบาดวิทยา. สรุปรายงานการเฝ้าระวังประจำปี 2559. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2560.
3. สำนักระบาดวิทยา. สรุปรายงานการเฝ้าระวังประจำปี 2561. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2562.
4. กองป้องกันการบาดเจ็บ กรมควบคุมโรค. สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนนของประเทศไทย [Internet]. 2567 [cited 2567 Jun 14]. Available from: https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1359020221215035948.pdf
5. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. ผลประเมินตัวชี้วัดเป้าหมายการลดอุบัติเหตุทางถนน ปี 2564-2566 [Internet]. 2567 [cited 2567 Jun 14]. Available from: https://tdri.or.th/road-safety/

6. พวงน้อย แสงแก้ว. ปัจจัยที่เกี่ยวกับพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์อย่างปลอดภัยของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา [thesis]. ลำปาง: คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, สถาบันราชภัฏลำปาง; 2546.
7. Pérez K, Marí-Dell'Olmo M, Tobias A, Borrell C. Road injuries and relaxed licensing requirements for driving light motorcycles in Spain: a time series analysis. Bull World Health Organ. 2009;87(8):536-541. doi:10.2471/BLT.08.051847
8. Li DH, Liu Q, Yuan W, Liu HX. Relationship between fatigue driving and traffic accident. J Traffic Transp Eng. 2010;10:104-119.
9. Fitzharris M, Dandona R, Kumar GA, Dandona L. Crash characteristics and pattern of injury among hospitalized motorised two-wheeled vehicle users in urban India. BMC Public Health. 2009;9(1):11. Available from: http://www.biomedcenter.com/1471-2458/9/11
10. จัตตุรงค์ เพลินหัด. แนวทางการลดอุบัติเหตุรถบรรทุกขนส่งยุค 4.0 กรณีศึกษาเส้นทางการขนส่งอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์. 2562;9(1):179-192.
11. เกรียงศักดิ์ หลิวจันทร์พัฒนา, คณะ. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดอุบัติเหตุรถจักรยานยนต์ในนักศึกษาวิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. สงขลานครินทร์เวชสาร. 2542;17(2):125-131.
12. พัชร์สิริ ศรีเวียง, กษมา ภูสีสด. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุทางรถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในจังหวัดลำปาง. วารสารวิจัยการพยาบาลและวิทยาศาสตร์สุขภาพ. 2565;14(2):20-38.
13. กาญจน์กรอง สุอังคะ. การศึกษาพฤติกรรมการขับขี่ของวัยรุ่นที่มีผลต่อความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้รถจักรยานยนต์ [อินเทอร์เน็ต]. 2558 [เข้าถึงเมื่อ 29 ต.ค. 2567]. เข้าถึงได้จาก: http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/5898/2/Fulltext
14. พนมศักดิ์ รุ่งรัตน์, ชลัท ทิพากรเกียรติ. การสืบสวนอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับอันตรายข้างทาง: กรณีศึกษาทางหลวงหมายเลข 414 (ถนนลพบุรีราเมศวร์). ใน: การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 20; 8-10 ก.ค. 2558; ขอนแก่น, ประเทศไทย.

การศึกษาเปรียบเทียบการตอบสนองของเซลล์ต้นกำเนิดจากไขกระดูกของมนุษย์บนพื้นผิวแผ่นไทเทเนียมชนิดแอสบิลท์, พอลลิช, และแซนบลาส

Comparative study of human bone marrow stem cell response to As-Built, polished, and sandblasted titanium surfaces

โชษิตา ไชยวงค์[1], นพดล สะอาดเอี่ยม[2,3], มนัสมนต์ นาวินพิพัฒน์[4], พรรณี ประดิษฐ์สุขถาวร[4], บุญรัตน์ โล่ห์วงศ์วัฒน[5,6], เชษฐา พันธ์เครือบุตร[5,6], ธนวัฒน์ เพชรรัตนรังสี[6], พิมพ์ประภา ฤกษ์เย็น[2,3], รังสินี มหานนท์[1,2,3] และ วิชญา วิศิษฐ์รัศมีวงศ์[1,2,3*]

Chosita Chaiwong[1], Noppadol Sa-Ard-Iam[2,3], Manassamon Navinpipat[4], Pannee Praditsuktavorn[4], Boonrat Lohwongwatana[5,6], Chedtha Puncreobutr[5,6], Thanawat Phetrattanarangsi[6], Pimprapa Rerkyen[2,3], Rangsini Mahanonda[1,2,3] and Wichaya Wisitrasameewong[1,2,3*]

บทคัดย่อ

คุณสมบัติของพื้นผิวของรากฟันเทียมไทเทเนียมเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการยึดเกาะกับกระดูกโดยรอบและส่งผลต่อความสำเร็จของรากฟันเทียม เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติโดยกระบวนการหลอมด้วยเลเซอร์เฉพาะจุด เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถผลิตรากฟันเทียมที่มีรูปทรงและพื้นผิวที่ซับซ้อนที่อาจส่งเสริมการยึดเกาะกับกระดูกได้ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณลักษณะพื้นผิวและการตอบสนองของเซลล์ต้นกำเนิดจากไขกระดูกมนุษย์บนแผ่นไทเทเนียมที่ผลิตขึ้นด้วยเทคนิคดังกล่าวจากโลหะผสม Ti-6Al-4V ซึ่งมีพื้นผิวต่างกัน ได้แก่ แอสบิลท์ พอลลิช และ แซนบลาส แผ่นไทเทเนียมทั้งหมด (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร, n = 3 ต่อกลุ่ม) ถูกวัดความหยาบและวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดความหยาบและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด การยึดเกาะของเซลล์ ถูกประเมินที่เวลา 4 ชั่วโมง ส่วนการเพิ่มจำนวนของเซลล์ถูกประเมินในวันที่

[1] ภาควิชาปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

[2] ศูนย์วิจัยอิมมูโนวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

[3] ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางโรคปริทันต์และรากฟันเทียม คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

[4] อายุรศาตร์โลหิตวิทยา คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลจุฬาภรณ์ กรุงเทพมหานคร 10210

[5] ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

[6] บริษัท เมติคูลี่ จำกัด กรุงเทพมหานคร 10330

[1] Department of Periodontology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

[2] Immunology Research Center, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

[3] Center of Excellence in Periodontal Disease and Dental Implant, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

[4] Division of Hematology, Department of Medicine, Chulabhorn Hospital, Bangkok, 10210

[5] Department of Metallurgical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

[6] Meticuly Co., Ltd, Bangkok, 10330

*Corresponding author : Wichaya.W@chula.ac.th

1, 3 และ 7 ด้วยวิธีอะลามาร์บลู (n = 6 ต่อกลุ่ม) ผลการวิจัยพบว่า พื้นผิวแอสบิลท์มีความหยาบ (Sa = 11.414 ± 0.475 µm) มากกว่าค่าความหยาบของผิวพอลลิช (Sa = 0.817 ± 0.219 µm) และผิวแซน บลาส (Sa = 1.834 ± 0.168 µm) แม้จะมีความแตกต่างกันในเรื่องความหยาบพื้นผิว แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการยึดเกาะและการเพิ่มจำนวนของเซลล์ระหว่างพื้นผิวแต่ละประเภท ($p > 0.05$) ร้อยละการยึดเกาะของเซลล์สำหรับพื้นผิวทั้งสามประเภทมีความใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วง 79.5 ถึง 84.7% การเพิ่มขึ้นของการเพิ่มจำนวนเซลล์ในแต่ละกลุ่มอยู่ที่ประมาณ 200 เท่าในวันแรก และเพิ่มขึ้นเป็น 500–700 เท่าในวันที่ 7 สรุปได้ว่า แม้ว่าพื้นผิวพอลลิชและแซนบลาสจะเปลี่ยนแปลงลักษณะของพื้นผิวแอสบิลท์ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในปฏิกิริยาตอบสนองของเซลล์ต้นกำเนิดจากไขกระดูกมนุษย์ในหลอดทดลอง

คำสำคัญ: รากฟันเทียมไทเทเนียม, การพิมพ์สามมิติ, พื้นผิวแอสบิลท์, เซลล์ต้นกำเนิดจากไขกระดูกของมนุษย์

Abstract

The use of dental titanium implants has become increasingly popular for replacing lost teeth. The success of these implants is influenced by several factors, particularly the surfaces properties that impact the osseointegration between the implant and the surrounding bone. To improve the osseointegration, new surface modifications have been continuously developed. Three–dimensional printing technology, specifically Selective Laser Melting (SLM), has emerged as a valuable method for fabricating dental implants with complex shapes and unique surface characteristics that may promote osseointegration. This study aims to evaluate the surface characteristics and cellular response of human bone marrow stem cells on titanium disks with different surface finishes; including as–built, polished, and sandblasted. Titanium disks (6 mm diameter) were fabricated using the SLM technique from Ti–6Al–4V alloy (n = 3/group). Their surface roughness and morphology were analyzed using surface roughness tester and scanning electron microscope. Cell attachment was evaluated at 4 hours, while cell proliferation was assessed on days 1, 3, and 7 (n = 6/group). The results showed that the as–built surface (Sa = 11.414 ± 0.475 µm) had higher roughness than polished (Sa = 0.817 ± 0.219 µm) and sandblasted (Sa = 1.834 ± 0.168 µm) surface. Despite these differences in surface roughness, there were no statistically significant differences in cell attachment and proliferation across the different surface types ($p > 0.05$). The attachment percentages for all three surface types were similar, ranging from 79.5 to 84.7%. The increased in cell proliferation across the groups ranged from approximately 200–fold at day 1 to 500–700–fold by day 7. In conclusion, while the polished and sandblasted surfaces altered the topography of the as–built surface, no significant differences were found in the *in vitro* responses of human bone marrow stem cells.

Keywords: Titanium implant, Selective Laser Melting, As–built surface, human bone marrow stem cells

Introduction

Titanium dental implants have become the preferred option for treating and rehabilitating patients who are partially or completely edentulous. Continuous advancements in implantology aim to optimize the process of osseointegration, the direct structural and functional connection between bone and the surface of dental implants, and ensure the long-term stability and success of these implants. Osseointegration is influenced by various factors, including the properties of the implant, such as its material and surface, as well as patient-related factors such as bone quality, systemic health, and anatomical considerations (1, 2).

Among these factors, implant surface topography plays a pivotal role in promoting osseointegration. Surface modification techniques such as sandblasting and acid-etching are widely used to enhance implant performance by increasing surface roughness and surface area. Compared to smooth surfaces, the sandblasted, large grit, acid-etched (SLA) surface has been shown to significantly improve osteoblast activity and better implant-bone contact (1-4). Despite these advancements, achieving predictable outcomes in patients with systemic conditions, anatomical limitations, or compromised bone quality remains a challenge. In such cases, biologically modified surfaces or customized implants to individual needs may offer promising solutions and expanding treatment possibilities (2, 5).

Three-dimensional (3D) printing technology, particularly Selective Laser Melting (SLM), has recently gained attention in both medical and dental applications, for its ability to fabricate custom titanium implants with precise control over complex topography and surface characteristics. SLM is an additive manufacturing process that uses lasers to fuse metallic powder layer by layer, allowing for highly customizable and cost-effective implant production. In medicine, it is used for complex tissue reconstruction after injuries or tumor removal. Ti-6Al-4V alloy with selective laser melting (SLM) technology has been utilized by METICULY company to fabricate custom implants for bone reconstruction. These 3D-printed titanium implants have demonstrated excellent biocompatibility and mechanical properties and are well-established in plastic, maxillofacial, and orthopedic surgeries, supported by numerous peer-reviewed studies. Despite its success in medical fields, the potential of SLM-fabricated implants in dental applications remains unexplored (6-8).

The additive nature of SLM results in a unique surface texture known as the "As-Built" surface, characterized by a high degree of roughness. This surface can be further modified to create varying surface topographies and roughness, which may significantly influence cell attachment, proliferation, and subsequent osseointegration. Thus, understanding the impact of different surfaces on cellular response is essential for optimizing implant design (7, 9-11). To explore this, we propose a study aim to compare the surface characteristics and *in vitro* cellular response of human bone marrow stem cells to two types of SLM-fabricated titanium surfaces: the As-Built surface, Polished surface, and the Sandblasted surface.

The results from this study will contribute to the development of dental implants and to improve patient outcomes. Furthermore, the findings will guide our future research, particularly our aim at biologically modifying titanium surfaces, such as using mRNA-based technologies. This research has the potential to significantly improve

the biocompatibility and functionality of dental implants, which will eventually benefit patients in need of complex dental rehabilitation solutions.

Objective

To evaluate and compare the surface roughness and *in vitro* human Bone Marrow Mesenchymal Stem Cells (hBMSCs) attachment and proliferation on Selective Laser Melting (SLM)–fabricated titanium disks with different surface treatments: As–built, Polished, and Sandblasted titanium disks.

Materials and Methods

Titanium disk preparation

In this study, three types of titanium disks, generously provided by Assoc. Prof. Dr. Boonrat Lohwongwatana from Meticuly Co., Ltd., were utilized to investigate the effects of different surface treatments on cellular response. Each disk, fabricated from Ti–6Al–4V alloy using the Selective Laser Melting (SLM) technique, had a diameter of 6 mm and a thickness of 0.3 mm. The disks were categorized into three distinct surface treatment groups: (1) as–built, (2) polished, and (3) sandblasted. Sample size was determined using the G*Power software (version 3.1), based on surface roughness data from a previous study (12). With a significance level of 0.05 and a test power of 0.8, the required sample size was 3 per surface.

All disks were initially fabricated using the SLM process, resulting in the 'as–built' surface, which preserved the roughness characteristic of additive manufacturing process. For 'polished' surface, the as–built disks underwent mechanical polishing to smooth out the surface. For 'sandblasted' surface, these polished disks were further treated by sandblasting with silica particles, which exhibited a roughened texture. These surface types represented varying degrees of surface modification, enabling a comparative analysis of their surface properties and subsequent cellular responses.

Surface characterization

Surface morphology of the three titanium disks—As–built, Polished, and Sandblasted—was examined using scanning electron microscopy (Quanta250, FEI, United States). Additionally, surface roughness was measured using a Surface Roughness Tester – Non contact (Alicona InfiniteFocus SL, Austria) at 50x magnification, covering a 2x2 mm area per scan. Each sample were scanned, and three–dimensional surface profile images were captured. The data were presented as Arithmetic Mean Roughness (Ra) and Arithmetical Mean Height (Sa), two key surface roughness parameters.

The Ra values, which represents the average roughness along a single linear profile, was measured over a 4 mm length at three distinct locations on each disk. Mean Ra values and standard deviation were then calculated for each surface type across three different experimental groups.

While Ra provides a 2D, line-based measure, Sa offers a 3D, area-based measure of roughness. For each disk, Sa value was automatically calculated over the selected 2x2 mm area, The mean and standard deviation for Sa were also calculated for each of the three different experimental groups.

Human bone marrow stem cell isolation

Human bone marrow stem cells (hBMSCs) were obtained from the iliac crest of two volunteers through needle puncture aspiration at the Division of Hematology, Department of Medicine, Chulabhorn Hospital. The study was approved by The Human Research Ethics Committee of Princess Srisavangavadhana College of Medicine, Chulabhorn Royal Academy (EC052/2565), with informed consent obtained from all participants. hBMSCs were isolated from bone marrow samples using density gradient centrifugation and cultured in alpha-MEM medium at 37 °C in a humidified environment with 95% air and 5% CO2. After 48 hours, non-adherent cells were removed, and fresh medium was added. The medium was replaced twice weekly until the cells reached 80–90% confluence, then they were harvested. More than 95% of the cells were positive for CD44, CD73, CD90, and CD105 (markers of bone marrow mesenchymal stem cells) and negative for CD45 (a common hematopoietic marker). Cells from the 3rd to 8th passages were used in this study. The sample size was 6 samples per surface type based on cell response data from previous study (12).

Cell attachment and proliferation

hBMSCs were seeded in a 96-well plate at a density of 5,000 cells/disk onto 4 different groups: As-built, Polished, Sandblasted, and a plastic culture well used as a control (n = 6 disks per group, n = 3 per donor). Cell attachment was evaluated at 4 hours after seeding (13). Samples were then incubated for 2 hours in 150 µl of alamarBlue solution (AlamarBlue®, BIO-RAD, UK), and measured at 570 nm and 600 nm using a microplate reader (Epoch™, Biotek™, Vermont, USA). Cell proliferation was assessed 1, 3, and 7 days after seeding using alamarBlue proliferation assay at each time point (14). The cell culture plates were incubated for 2 hours at 37°C in a humidified 5% CO2 incubator. After incubation, the culture supernatants were collected and measured using a microplate reader at 570 nm and 600 nm (Epoch™, Biotek™, Vermont, USA). Data on cell attachment and cell proliferation were presented as mean and standard deviation, calculated from six samples per experimental group.

Statistical analysis

The statistical software SPSS version 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) was used for data analysis. The Kruskal–Wallis test with Dunn's correction (followed by pairwise comparisons) was performed for multiple group comparisons. p–value less than 0.05 was considered statistically significant.

Results

Surface characterization of the as–built, polished, and sandblast titanium disks

The surface morphology of the titanium disks was examined using a scanning electron microscope (SEM) at 500X, 1000X, 2000X, and 5000X magnification. As shown in Figure 1, the SEM images revealed distinct surface characteristics for each surface treatment. The as–built surface exhibited a rough texture with some unmelted particles. In contrast, the polished surface appeared smooth with visible streak lines resulting from the polishing process. The sandblasted surface exhibited an irregular texture, characterized by valleys and uneven topography.

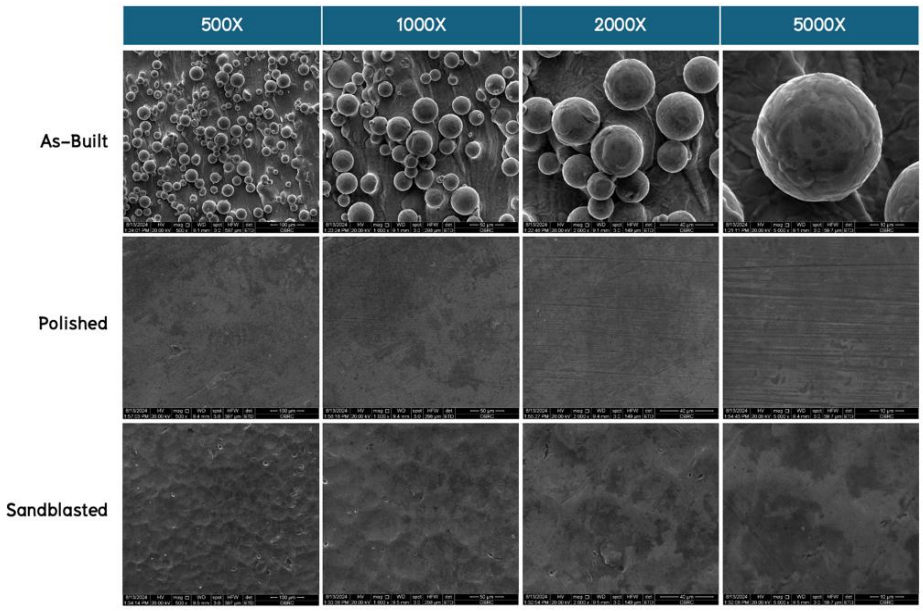


Figure 1. Representative scanning electron microscope (SEM) images of surface morphology from each experimental group (As–built, Polished, and Sandblasted) at 500X, 1000X, 2000X and 5000X magnification.

The surface roughness and topography of as–built, polished, and sandblasted titanium disks were analyzed using a Surface Roughness Tester – Non contact. Measurements were taken over a 2x2 mm area at 10x magnification **(Fig. 2, 3 and Table 1)**. Polishing step resulted in a smooth surface, however with visible streak lines and some incomplete fusion on its surface. In contrast, the as–built titanium surface exhibits a rough, irregular surface topology with peaks, while the sandblast titanium surface displayed an inconsistent topography with valley

formations. Surface analysis showed that the polished surface had the lowest Arithmetic Mean Roughness (Ra) and Arithmetic Mean Height (Sa) values, followed by the sandblasted and as-built surfaces. The Ra values of the as-built surface were significantly higher than those of the other two surfaces, while no statistically significant difference was found between the polished and sandblasted surfaces ($p<0.05$) (Fig. 3A). Additionally, the Sa values were significantly higher in the as-built surface compared to the polished group ($p<0.05$). However, there was no statistically significant difference between the sandblasted surface and the other groups (Fig. 3B).

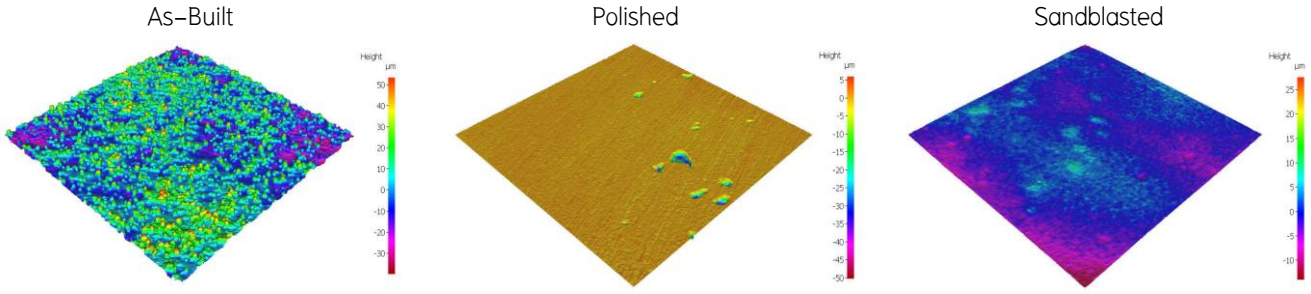


Figure 2. Representative surface topoghaphic images from a surface roughness tester from each experimental group (As-built, Polished, and Sandblasted) at 10X magnification (2x2 mm area)

Table 1. Average roughness profile measurement in Arithmetic Mean Roughness (Ra) and Arithmetic Mean Height (Sa) values.

Type of surface	Ra (μm) (mean ± SD)	Sa (μm) (mean ± SD)
As-Built	8.804 ± 0.257	11.414 ± 0.475
Polished	0.546 ± 0.040	0.817 ± 0.219
Sandblasted	0.775 ± 0.033	1.834 ± 0.168

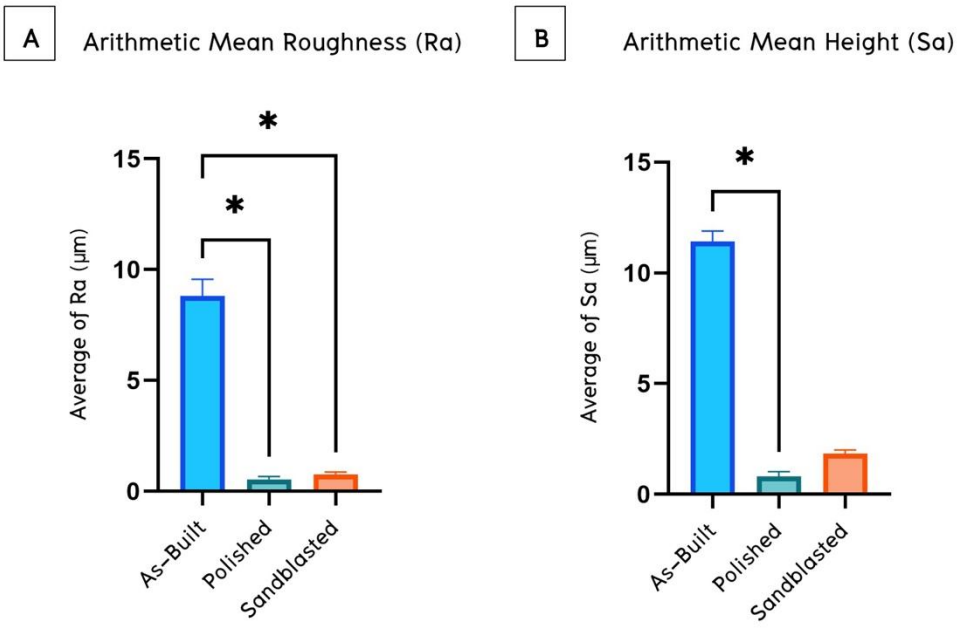


Figure 3. Surface analysis on the titanium surface of each group **(A)** Average Arithmetic Mean Roughness (Ra) and **(B)** Arithmetic Mean Height (Sa); Data were presented as means ± standard deviations (n = 3 per group, * indicated significant difference, $p<0.05$).

Cell attachment

After seeding hBMSCs on as-built, polished, and sandblasted titanium disks for 4 hours, cell attachment was assessed using the alamarBlue assay. A plastic culture well was used as the control. As shown in Figure 4A, the results showed that cell attachment on all titanium surfaces was lower than that observed on the plastic culture well; however, the difference was not statistically significant ($p > 0.05$). Corresponding to the percentage of cell attachment (Figure 4B), the as-built surface had the lowest percentage of cell attachment, followed by the polished and sandblasted surfaces. However, the difference was not statistically significant ($p>0.05$).

Cell proliferation

As presented in Figure 4C, hBMSCs on all titanium disks exhibited gradual proliferation over the 7-day period. On day 1, all groups showed similar levels of cell proliferation, with no significant differences between them. By day 3 and day 7, the polished group showed the highest level of hBMSCs proliferation, followed by the sandblasted group. However, no statistically significant differences were observed between the different surface groups at any of the time points.

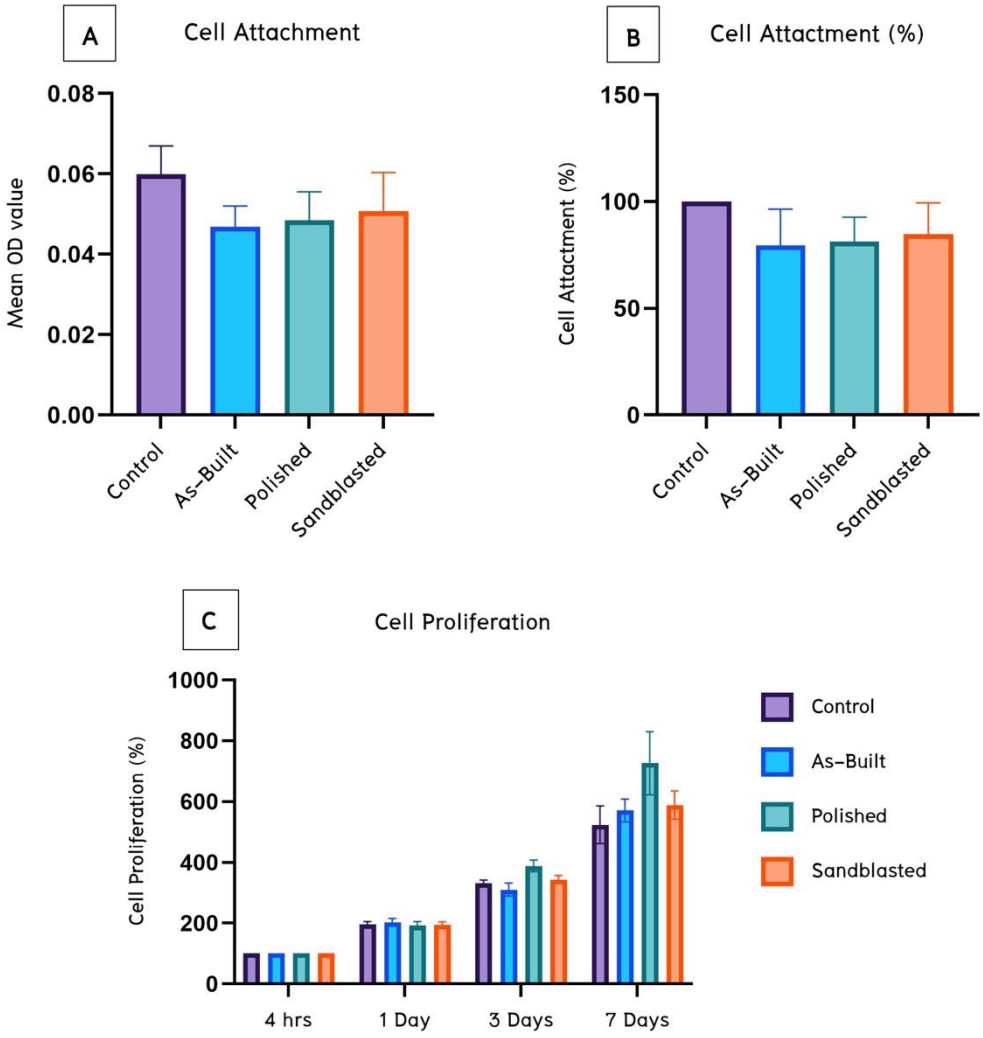


Figure 4. The cell attachment and cell proliferation of hBMSCs on the titanium surface of each group. **(A)** Mean optical density (OD) values on each surface after 4 hours **(B)** Percentage of cell attachment compared to a plastic well plate (control) after 4 hours on each titanium surface. **(C)** Percentage of hBMSC proliferation on the titanium surfaces of each group was assessed at 1, 3, and 7 days, using the 4-hour mark as the baseline. Data were presented as means ± standard deviations (n = 6 per group). No statistically significant differences were observed between the group ($p>0.05$).

Discussion and Conclusion

Surface morphology evaluated by SEM revealed that the as-built surface created by Selective Laser Melting (SLM) exhibited a significantly rougher and granulated pattern compared to the other surfaces. Unmelted or partially melted particles were observed adhering to the rough surface, this is observation consistent with previous studies (15, 16). These surface irregularities are typical for additive manufacturing processes due to rapid cooling rates and sharp thermal gradients often leading to defects such as porosity and lack-pf-fusion areas. These defects can negatively impact the mechanical properties, such as fatigue crack initiation in components, necessitating additional post-processing to improve surface integrity (15, 17). The surface modifications in this study, including polishing and sandblasting, effectively removed residual particles, resulting in a smoother and more homogeneous surface. However, some polished surfaces in this study showed incomplete fusion areas on the smooth surface, which may have affected the roughness values and potentially influenced cellular response. Therefore, the results should be interpreted with caution. Moreover, several studies by Wennerberg et al. demonstrate that the roughness produced by blasting is influenced by various factors, including the type of blasting media, particle size and shape, blasting pressure, and the distance between the blasting equipment and the implant surface (18-21).

Surface modification plays a pivotal role not only in improving surface morphology but also in enhancing osseointegration by promoting cell adhesion. Studies have shown that a moderately roughened implant surface with a roughness average (Sa) of approximately 1.5 µm provides the best bone-to-implant contact and significantly improves osseointegration (1, 3, 21). In this study, the as-built surface was significantly rougher compared to the polished and sandblasted surfaces, as observed in the SEM and measured by Surface Roughness Tester. The roughness of the as-built surface was approximately 10 times higher than the optimal value suggested by Wennerberg et al. and was higher than that of commercially available implants. However, research on SLM surfaces shows a varied range of Sa values, which can be attributed to differences in the fabrication process (14, 22). The key SLM parameters, including scanning speed, laser type, power, and rate, impact the microstructure of components by influencing material interactions and phase changes. Understanding their relationship with the resulting thermo-physical and mechanical properties is crucial (11). On the other hand, the Sa value of the polished surface was close to that of the Brånemark implant, which has a surface roughness (Sa) of about 0.7-0.9 µm, represents a minimally rough surface. The polished surfaces in this study were obtained through a polishing process applied to the as-built surfaces, whereas Brånemark implants, which feature turned surfaces, are manufactured using a machine-based turning process (21, 23, 24). The sandblasted surface in this study achieved a moderately rough surface with a Sa value of 1.834 ± 0.168 µm, comparable to most commercial implants (25). This range is considered ideal for promoting osseointegration (26).

Surface properties such as topography and roughness are known to influence cellular responses, including attachment, proliferation, and orientation (4, 27–29). In this study, hBMSCs attached and proliferated on all titanium surfaces tested. While the percentage of cell attachment on titanium disks was lower than that of the control group (plastic culture plate), the difference was not statistically significant. Among three titanium surfaces, cell attachment on the sandblasted surface tended to be higher than on the polished and as–built surfaces, though this difference was not statistically significant. This trend suggested that surface roughness may play a role in modulating cellular behavior, but the degree of roughness should be within a specific range to achieve optimal results. In this study, the as–built surface, with a Sa value of 11.414 ± 0.475 µm, was significantly rougher than moderately rough surfaces (Sa between 1.0 and 2.0 µm), known to induce stronger bone responses than either smoother or rougher surfaces.

In terms of cell proliferation, both the polished and sandblasted surfaces promoted higher cell proliferation rates compared to the as–built surface. This finding aligns with previous studies indicating that excessive roughness can hinder cell proliferation on Ti6Al4V, while smoother surfaces tend to be associated with increased proliferation rates (30, 31). Studies on SLM surfaces have reported similar outcomes, where post–treated SLM surfaces supported better cell behavior than untreated As–Built surfaces due to the presence of residual metal powder affecting cell responses (14, 29). The polished surface in our study showed the highest tendency for cell proliferation, although the standard deviation (SD) was quite variable, and no statistically significant difference was observed ($p<0.05$). Increasing the sample size in future studies could provide more reliable data. Importantly, while *in vitro* studies provide valuable insights and are essential for initial testing, it could not fully replicate the complexity oral conditions. Simulating the dynamic environments and immunological responses *in vitro* remain challenging. Patient–specific factors, such as smoking or systemic condition, can also significantly influence outcomes in the clinical setting.

Overall, while the polished and sandblasted surfaces improved the rough characteristics of the as–built surface, no significant differences were observed in the responses of human bone marrow stem cells across the three surface types in this *in vitro* study.

Acknowledgements

This study is supported by Thailand Science research and Innovation Fund Chulalongkorn University (HEA663200069) and Asia Research Center at Chulalongkorn University (012/2566).

References

1. Bosshardt DD, Chappuis V, Buser D. Osseointegration of titanium, titanium alloy and zirconia dental implants: current knowledge and open questions. Periodontol 2000. 2017;73(1):22–40.
2. Accioni F, Vázquez J, Merinero M, Begines B, Alcudia A. Latest Trends in Surface Modification for Dental Implantology: Innovative Developments and Analytical Applications. Pharmaceutics. 2022;14(2):455

3. Albrektsson T, Wennerberg A. On osseointegration in relation to implant surfaces. Clinical Implant Dentistry and Related Research. 2019;21 Suppl 1:4–7.
4. Shirazi S, Ravindran S, Cooper LF. Topography–mediated immunomodulation in osseointegration; Ally or Enemy. Biomaterials. 2022;291:121903.
5. Wennerberg A, Albrektsson T, Jimbo R, editors. Implant Surfaces and their Biological and Clinical Impact. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2015.
6. Kittichokechai P, Sirichatchai K, Puncreobutr C, Lohwongwatana B, Saonanon P. A Novel Patient–specific Titanium Mesh Implant Design for Reconstruction of Complex Orbital Fracture. Plastic and Reconstructive Surgery – Global Open. 2022;10(1):e4081.
7. Pradíes G, Morón–Conejo B, Martínez–Rus F, Salido MP, Berrendero S. Current applications of 3D printing in dental implantology: A scoping review mapping the evidence. Clinical Oral Implants Research. 2024;35(8):1011–32.
8. Pruksapong C, Lohwongwatana B. Orbitocranial Fibrous Dysplasia: Immediate Reconstruction with Titanium 3–dimensional Printing. Plastic and Reconstructive Surgery Global Open. 2020;8(9):e3114.
9. Gorsse S, Hutchinson C, Gouné M, Banerjee R. Additive manufacturing of metals: a brief review of the characteristic microstructures and properties of steels, Ti–6Al–4V and high–entropy alloys. Science and Technology of Advanced Materials. 2017;18(1):584–610.
10. Cabanettes F, Joubert A, Chardon G, Dumas V, Rech J, Grosjean C, et al. Topography of as built surfaces generated in metal additive manufacturing: A multi scale analysis from form to roughness. Precision Engineering. 2018;52:249–65.
11. Munir KS, Li Y, Wen C. 1 – Metallic scaffolds manufactured by selective laser melting for biomedical applications. In: Wen C, editor. Metallic Foam Bone: Woodhead Publishing; 2017. p. 1–23.
12. Moungthong K, Chengprapakorn W. Characteristics and osteoblast cell responses of the anodized titanium and sandblasted and acid–etched titanium surfaces. Mahidol Dental Journal 2023;43(suppl):S19–S26.
13. Labbaf S, Baharlou Houreh A, Rahimi M, Ting H–K, Jones JR, Nasr–Esfahani MH. Bioactive glass–polycaprolactone fiber membrane and response of dental pulp stem cells in vitro. Biomedical Glasses. 2018;4(1):123–30.
14. Zhang Z, Xu R, Yang Y, Liang C, Yu X, Liu Y, et al. Micro/nano–textured hierarchical titanium topography promotes exosome biogenesis and secretion to improve osseointegration. Journal of Nanobiotechnology. 2021;19(1):1–16.
15. Boban J, Ahmed A, Jithinraj EK, Rahman MA, Rahman M. Polishing of additive manufactured metallic components: retrospect on existing methods and future prospects. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2022;121(1):83–125.

16. Liu Q, Elambasseril J, Sun S, Leary M, Brandt M, Sharp P. The Effect of Manufacturing Defects on The Fatigue Behaviour of Ti-6Al-4V Specimens Fabricated Using Selective Laser Melting. Advanced Materials Research. 2014;891-892:1519-24.
17. Calazans Neto JV, Reis ACD, Valente M. Osseointegration in additive-manufactured titanium implants: A systematic review of animal studies on the need for surface treatment. Heliyon. 2023;9(6):e17105.
18. Wennerberg A, Albrektsson T, Johansson C, Andersson B. Experimental study of turned and grit-blasted screw-shaped implants with special emphasis on effects of blasting material and surface topography. Biomaterials. 1996;17(1):15-22.
19. Wennerberg A, Albrektsson T, Lausmaa J. Torque and histomorphometric evaluation of c.p. titanium screws blasted with 25- and 75-microns-sized particles of Al203. Journal of Biomedical Materials Research. 1996;30(2):251-60.
20. Wennerberg A, Albrektsson T, Andersson B. Bone tissue response to commercially pure titanium implants blasted with fine and coarse particles of aluminum oxide. International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 1996;11(1):38-45.
21. Jimbo R, Wennerberg A, Albrektsson T. Experimental and Clinical Knowledge of Surface Micro-topography. In: Wennerberg A, Albrektsson T, Jimbo R, editors. Implant Surfaces and their Biological and Clinical Impact. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2015. p. 13-20.
22. da Costa Valente ML, de Oliveira TT, Kreve S, Batalha RL, de Oliveira DP, Pauly S, et al. Analysis of the mechanical and physicochemical properties of Ti-6Al-4 V discs obtained by selective laser melting and subtractive manufacturing method. Journal of Biomedical Materials Research Part B-Applied Biomaterials. 2021;109(3):420-7.
23. Göransson A, Wennerberg A. Bone formation at titanium implants prepared with iso- and anisotropic surfaces of similar roughness: an in vivo study. Clinical Implant Dentistry and Related Research. 2005;7(1):17-23.
24. Wennerberg A, Albrektsson T. On implant surfaces: a review of current knowledge and opinions. International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 2010;25(1):63-74.
25. Aneksomboonpol P, Mahardawi B, Nan PN, Laoharungpisit P, Kumchai T, Wongsirichat N, et al. Surface structure characteristics of dental implants and their potential changes following installation: a literature review. Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons. 2023;49(3):114-24.
26. Lang NP, Jepsen S. Implant surfaces and design (Working Group 4). Clinical Oral Implants Research. 2009;20 Suppl 4:228-31.
27. Hotchkiss KM, Sowers KT, Olivares-Navarrete R. Novel in vitro comparative model of osteogenic and inflammatory cell response to dental implants. Dental Materials. 2019;35(1):176-84.

28. Hempel U, Hefti T, Dieter P, Schlottig F. Response of human bone marrow stromal cells, MG-63, and SaOS-2 to titanium-based dental implant surfaces with different topography and surface energy. Clinical Oral Implants Research. 2013;24(2):174-82.
29. Wang B, Guo Y, Xu J, Zeng F, Ren T, Guo W. Efficacy of bone defect therapy involving various surface treatments of titanium alloy implants: an in vivo and in vitro study. Scientific Reports. 2023;13(1):20116.
30. Anselme K, Bigerelle M, Noel B, Dufresne E, Judas D, Iost A, et al. Qualitative and quantitative study of human osteoblast adhesion on materials with various surface roughnesses. Journal of Biomedical Materials Research. 2000;49(2):155-66.
31. Deligianni DD, Katsala N, Ladas S, Sotiropoulou D, Amedee J, Missirlis YF. Effect of surface roughness of the titanium alloy Ti-6Al-4V on human bone marrow cell response and on protein adsorption. Biomaterials. 2001;22(11):1241-51.

การศึกษาความคงตัวของน้ำกระสายยาของยาเตรียมเฉพาะคราวแบบพร้อมใช้โดยใช้อินโดเมทาซินเป็นยาต้นแบบ

The stability study of ready-to-use extemporaneous vehicle using indomethacin as a Model Drug

วิริยาพร ศิริกุล[1*]

Wiriyaporn Sirikun[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคงตัวของน้ำกระสายยาสำเร็จรูปโดยใช้อินโดเมทาซินเป็นยาต้นแบบ โดยสูตรที่ 1 ชนิดมีน้ำตาล (โซเดียม คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส, น้ำเชื่อม, โซเดียม แซคคาริน, โซเดียม เบนโซเอท, กรดซิตริก/โซเดียม ซิเตรท) และสูตรที่ 2 ชนิดปราศจากน้ำตาล (โซเดียม คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส, ซอร์บิทอล, โซเดียม แซคคาริน, โซเดียม เบนโซเอท, กรดซิตริก/โซเดียม ซิเตรท) การศึกษาความคงตัวของทั้ง 2 สูตรแบ่งเป็น 1) แบบพร้อมใช้ 2) แบบผสมแห้ง โดยศึกษาความคงตัวภายใต้ 1) สภาวะตู้เย็น (2-8 องศาเซลเซียส) 2) สภาวะระยะยาว (30 ± 2 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 ± 5) และ 3) สภาวะเร่ง (40 ± 2 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 ± 5) เป็นเวลา 9 สัปดาห์ พบว่าสูตรที่ 1 ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี แต่สูตรที่ 2 เกิดการเปลี่ยนสีในสภาวะเร่งและระยะยาวในสัปดาห์ที่ 4 และไม่มีการเปลี่ยนแปลงของกลิ่น รส และความเป็นกรด-ด่าง (4.0-5.0) ของทั้ง 2 สูตร ค่าความหนืดมีเพียงสูตรที่ 1 ภายใต้สภาวะตู้เย็นที่อยู่ในเกณฑ์ (ไม่น้อยกว่า 2,000 cP) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสามารถในการแขวนตะกอนและพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณตัวยาระบุในฉลากอยู่ในเกณฑ์ (ร้อยละ 90-110) ในทุกสภาวะตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

คำสำคัญ: การเตรียมยาเฉพาะคราว, ตัวยาอินโดเมทาซิน, น้ำกระสายยาสำเร็จรูปแบบพร้อมใช้

Abstract

This research was aimed to study stability of ready-to-use extemporaneous vehicle using indomethacin as a model drug. The formula Rx1 contained sugar (carboxymethylcellulose sodium, syrup USP, saccharin sodium, sodium benzoate, citric acid/sodium citrate). The formula Rx2 was sugar-free (carboxymethylcellulose sodium, 70% sorbitol solution, saccharin sodium, sodium benzoate, citric acid/sodium citrate). The stability studies of both formulas were divided two types which were ready-to-use and prior to use. All formulas were studied under three different conditions which are refrigerator (2-8°C), long term (30°C ± 2°C, 75 ± 5%RH; relative humidity) and accelerated condition (40°C ± 2°C, 75 ± 5%RH) for nine weeks. The physical stability results showed that the color of Rx1 under three conditions was no change throughout the experiment. However, the color of Rx2 under

[1] คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร 10160

[1] Faculty of Pharmacy, Siam University, Bangkok, 10160

*Corresponding author: wiriyaporn.sir@siam.edu

long term and accelerated conditions was changed in week 4. There were no changes in odor and taste of both formulas under all conditions. In addition, pH values of both formulas were in the ranges of specification (4.0–5.0) throughout the experiment. The viscosity of only Rx1 under refrigerator condition was in the ranges (not less than 2,000 cP) that correlated well with sedimentation volume of Rx1 was closed to 1. The chemical stability showed the percentages of labeled amount of indomethacin were in the ranges of specification (90–110%) throughout the study.

Keywords: Extemporaneous preparation, Indomethacin, Ready-to-use vehicle

บทนำ

ยาเตรียมเฉพาะคราว (extemporaneous preparation) หมายถึง ยาเตรียมปริมาณน้อยที่ถูกเตรียมขึ้นเนื่องจากรูปแบบยาหรือขนาดยาที่ต้องการไม่มีวางขายในท้องตลาด หรือไม่มีในบัญชียาของโรงพยาบาล เพื่อเตรียมให้กับผู้ป่วยเฉพาะราย เช่น ผู้ป่วยเด็ก หรือผู้ป่วยสูงอายุ เป็นต้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นสำคัญของการเตรียมยาเฉพาะคราว คือ ความคงตัวของยาเตรียม ประสิทธิภาพ และความปลอดภัยในการรักษา สำหรับกรณีที่เป็นยารับประทานควรมีสี กลิ่น และรสที่ดีเพื่อให้ผู้ป่วยยอมรับการรักษา (1) ยาเตรียมเฉพาะคราวรูปแบบยาน้ำรับประทานมักถูกเตรียมโดยรูปแบบยาน้ำแขวนตะกอน ซึ่งตำรับของยาน้ำแขวนตะกอนจะประกอบด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วนที่สำคัญ คือ ตัวยาสำคัญ และน้ำกระสายยา (2–4) ซึ่งน้ำกระสายยานั้นสามารถเตรียมได้ 2 แบบ คือ 1) การเตรียมน้ำกระสายยาแบบเฉพาะคราว และ 2) การเตรียมน้ำกระสายแบบสำเร็จรูป (ready-to-use vehicle) ในปัจจุบันมีการผลิตน้ำกระสายสำเร็จรูป (ready-to-use vehicle) ที่สามารถนำไปใช้ผสมกับตัวยาสำคัญในการเตรียมยาเฉพาะคราวทางเภสัชกรรมได้ทันที ทำให้เกิดความสะดวกในการเตรียมยาเตรียมเฉพาะคราวและลดขั้นตอนของการเตรียมน้ำกระสายยาลง โดยน้ำกระสายยาสำเร็จรูปที่มีขายในปัจจุบัน เช่น Ora-Plus®, Ora-Sweet®, Ora-Sweet® SF เป็นต้น ซึ่งมีราคาสูง ดังนั้นการใช้น้ำกระสายยาสำเร็จรูปเช่นนี้อาจเป็นการเพิ่มต้นทุนทางการรักษาของผู้ป่วยให้มากขึ้นโดยไม่จำเป็นจึงทำให้มีการคิดพัฒนาตำรับน้ำกระสายยาขึ้นมาเพื่อลดต้นทุนในการผลิตจากการใช้น้ำกระสายยาสำเร็จรูปที่มีขายในท้องตลาด (2–3)

คณะผู้วิจัยเล็งเห็นถึงประโยชน์และความสำคัญของน้ำกระสายยาแบบพร้อมใช้จึงนำสูตรน้ำกระสายยาจากการศึกษาก่อนหน้านี้ (5) มาพัฒนาต่อด้วยการเลือกสูตรน้ำกระสายยาที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีและมีความคงตัว 2 สูตรคือ Rx1 (สูตรมีน้ำตาล) และ Rx2 (สูตรปราศจากน้ำตาล) และใช้เลือกตัวยาอินโดเมทาซินเป็นยาต้นแบบในการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาความคงตัวทางเคมี โดยทำการเก็บตำรับเป็น 2 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบพร้อมใช้ (ready-to-use) และ 2) รูปแบบเก็บผสมแห้ง (prior-to-use) แล้วนำมาศึกษาความคงตัว 3 สภาวะคือ 1) สภาวะตู้เย็น (2–8°C) 2) สภาวะระยะยาว (30°C ± 2°C, 75 ± 5%RH; relative humidity) และ 3) สภาวะเร่ง (40°C ± 2°C, 75 ± 5%RH) (7, 12) เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ โดยประเมินคุณสมบัติ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านกายภาพ พิจารณาจากลักษณะภายนอก (สี กลิ่น และรส) ค่าความหนืด ค่า sedimentation volume (F) และ degree of flocculation (β) ของตำรับ 2) ด้านเคมีกายภาพ พิจารณาจากความเป็นกรด-ด่างของตำรับ 3) ด้านเคมี โดยพิจารณาจากปริมาณตัวยาสำคัญในตำรับเพื่อนำผลการจากงานวิจัยนี้ไปเป็นแนวทางในการพัฒนาตำรับน้ำกระสายยาสำเร็จรูปแบบพร้อมใช้ต้นทุนต่ำ ลดภาระค่าใช้จ่ายของผู้ป่วยในการรักษา และลดความแปรปรวนในการเตรียมน้ำกระสายยาสำหรับยาเตรียมเฉพาะคราวในแต่ละครั้ง

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาความคงตัวทางกายภาพ เคมีกายภาพ และเคมีของน้ำกระสายยาโดยใช้ตัวยาอินโดเมทาซินเป็นยาต้นแบบ

สมมุติฐาน

น้ำกระสายยามีความเข้ากันได้กับตัวยาต้นแบบ และตำรับยาน้ำแขวนตะกอนมีความคงตัวที่ดีตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

วิธีวิทยาการวิจัย

1. การเตรียมตำรับน้ำกระสายยาสำเร็จรูป

ทำการศึกษาข้อมูลจากงานวิจัยก่อนหน้านี้เรื่อง “การคัดกรองสารช่วยสำหรับเตรียมน้ำกระสายยาแบบพร้อมใช้” ของอรรถวิทย์ และคณะ (5) โดยเลือกสูตรที่ดีที่สุดจากงานวิจัย รวมถึงการสืบค้นข้อมูลพื้นฐานเพิ่มเติมเกี่ยวกับสารช่วยที่ใช้ในการเตรียมตำรับยาน้ำกระสายยาสำเร็จรูปแบบพร้อมใช้ และ พิจารณาข้อมูลความเข้ากันได้ระหว่างสารช่วยในตำรับ กับตัวยาต้นแบบที่ใช้ในการศึกษา โดยสารช่วยแขวนตะกอนที่เลือกใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ carboxymethylcellulose sodium (CMC sodium) และยาต้นแบบที่นำมาทำการศึกษาคือตัวยาอินโดเมทาซิน

ตำรับน้ำกระสายยาสำเร็จรูปเลือกใช้ CMC sodium (Dow Chemical, USA) เป็นสารช่วยแขวนตะกอน (suspending agents) ซึ่งแบ่งเป็น 2 สูตร คือ ตำรับน้ำกระสายยาสำเร็จรูปแบบที่มีน้ำตาล (Rx1) และ แบบที่ปราศจากน้ำตาล (Rx2) ได้ดังตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาความเข้ากันได้ตัวยาสำคัญและสารช่วยในตำรับพบว่าสามารถเข้ากันได้ จากนั้นนำมาพัฒนาเป็นน้ำกระสายยาสำเร็จรูป (13)

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของตำรับน้ำกระสายยาสูตร Rx1 และRx2

ส่วนประกอบ	Rx1	Rx2	หน้าที่
CMC sodium	1.00%w/v	1.00%w/v	สารแขวนตะกอน
70% sorbitol solution	–	30.00%v/v	สารให้ความหวาน (ไม่ให้พลังงาน)
Syrup USP	40.00%v/v	–	สารให้ความหวาน (ให้พลังงาน)
Saccharin sodium	0.10%w/v	0.20%w/v	สารให้ความหวาน (ไม่ให้พลังงาน)
Sodium benzoate	0.50%w/v	0.50%w/v	สารกันเสีย
Citric acid	1.90%w/v	1.90%w/v	สารปรับความเป็นกรด-ด่าง
Sodium citrate	1.37%w/v	1.37%w/v	สารปรับความเป็นกรด-ด่าง
Purified water qs. to	100.00%		ตัวทำละลาย

ขั้นตอนการเตรียมน้ำกระสายยา 1) นำ CMC sodium มา disperse ในน้ำข้ามคืน, 2.) Rx1 เติม syrup USP ลงและผสมให้เข้ากันกับข้อ 1 และ Rx2 เติม 70% sorbitol solution ลงและผสมให้เข้ากันกับข้อ 1, 3.) ละลาย saccharine sodium, citric acid, sodium citrate และ sodium benzoate ด้วยน้ำ เล็กน้อย และเติมผสมลงในสารละลายข้อ 2 ตามลำดับ, 4.) นำสารละลายที่ได้มาผสมให้เข้ากันแล้วนำวัด pH ให้อยู่ในช่วง 4.0-5.0 และ 5.) ปรับปริมาตรด้วยน้ำให้ครบตามปริมาตรที่กำหนด (11)

ขั้นตอนการเตรียมตำรับ นำน้ำกระสายยาแต่ละตำรับมาผสมกับยาตัวยาอินโดเมทาซิน (Lot: 57365, H.K. Pharmaceutical, Thailand) โดยกำหนดให้ยาน้ำแขวนตะกอนมีขนาดของตัวยาสำคัญ 1 mg/mL นำน้ำกระสายยาสำเร็จรูปแยกศึกษาความคงตัว แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบพร้อมใช้ (ready-to-use) และ 2) รูปแบบผสมแห้ง (prior-to-use) โดยทุกตำรับทำการศึกษาความคงตัวภายใต้สภาวะตู้เย็น (อุณหภูมิ 2-8°C), สภาวะระยะยาว (30°C±2°C, 75±5%RH) และสภาวะเร่ง (40°C±2°C, 75±5%RH) เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์

2. การประเมินคุณสมบัติของยาน้ำแขวนตะกอน

นำตำรับยาน้ำแขวนตะกอนที่ทำการเก็บในแต่ละรูปแบบ จากการศึกษาความคงตัวที่สภาวะต่างๆ ทำการประเมินคุณสมบัติแต่ละด้าน แบ่งออกเป็น 3 คุณสมบัติ ดังนี้

2.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

2.1.1 ประเมินลักษณะภายนอกของตำรับยาน้ำแขวนตะกอนอินโดเมทาซิน (สี กลิ่น และรส)

- การประเมิน: พิจารณาสี กลิ่น และรสของตำรับน้ำกระสายยาสำเร็จรูป ทำการประเมินในทุกสัปดาห์
- ข้อกำหนด: ไม่เกิดการเปลี่ยนสี กลิ่นและรส ตลอดระยะเวลาทำการศึกษา

2.1.2 ประเมินค่าความหนืดของตำรับยาน้ำแขวนตะกอนอินโดเมทาซิน

- การประเมิน: ใช้เครื่องมือวัดความหนืด คือ Brookfield viscometer (RVDVE, USA) โดยกำหนดความเร็วรอบของการวัดความหนืด คือ 4 รอบต่อนาที (4 rpm) ทำการประเมินในสัปดาห์ที่ 0, 5 และ 9
- ข้อกำหนด: ความหนืดที่วัดได้ต้องไม่ต่ำกว่า 2,000 cP ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

2.1.3 ประเมินค่า sedimentation volume (F) และ degree of flocculation (β) ของตำรับยาน้ำแขวนตะกอนอินโดเมทาซิน

การประเมิน: ประเมินโดยนำยาน้ำแขวนตะกอนที่มี suspending agents เป็นตัวแทนของระบบ flocculation และไม่มีsuspending agents ตัวแทนของระบบ deflocculation ใส่กระบอกตวงแล้วตั้งทิ้งไว้เพื่อดูความสามารถของการแขวนตะกอนในตำรับ ทำการประเมินในสัปดาห์ที่ 0, 5 และ 9 โดยจะคิดค่า F และ ค่า β ได้จากสูตรดังนี้

sedimentation volume (F) = Hu/ Ho สมการที่ 1

Hu = ความสูงของยาที่วัด

Ho = ความสูงของยาน้ำแขวนตะกอน

ข้อกำหนด: ค่า sedimentation volume ต้องมีค่าใกล้เคียงกับ 1

$$\text{degree of flocculation } (\beta) = \frac{F_{\text{flocculation}}}{F_{\text{deflocculation}}}$$ สมการที่ 2

ข้อกำหนด: ค่า degree of flocculation ต้องมีค่าใกล้เคียงกับ 1

2.2 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

2.2.1 ประเมินความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของตำรับยาน้ำแขวนตะกอนอินโดเมทาซิน

- การประเมิน: ประเมินความเป็นกรด-ด่างของตำรับโดยใช้เครื่อง pH meter (pH501, Malaysia) ทำการประเมินในสัปดาห์ที่ 0, 1, 3, 5, 7 และ 9
- ข้อกำหนด: pH ของตำรับอยู่ในช่วง 4.0-5.0 ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

2.3 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี

2.3.1 ศึกษาหาปริมาณของตัวยาอินโดเมทาซินในตำรับยาน้ำแขวนตะกอนอินโดเมทาซิน

- การประเมิน: ใช้เครื่อง UV-VIS spectrophotometer (Evolution 600, USA) วิเคราะห์ปริมาณตัวยา ที่ความยาวคลื่น 320 nm โดยใช้ 95% ethanol เป็น medium ในการ dilute จนได้ความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 25 μg/mL (9) ทำการประเมินในสัปดาห์ที่ 0, 1, 3, 5, 7 และ 9
- ข้อกำหนด: ต้องมีปริมาณของตัวยาอยู่ในช่วงร้อยละ 90-110 ของปริมาณยาที่ระบุในฉลาก ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

การใช้วิธีวิเคราะห์ข้างต้นนั้นต้องทำ method validation ตามที่ USP 43 กำหนดเพื่อให้เกิดความถูกต้องและแม่นยำในการวิเคราะห์ โดยมีการทำ method validation ประกอบด้วยหัวข้อดังนี้ (7-8)

1.) accuracy ความสามารถของวิธีการวิเคราะห์ที่วัดค่าในสารตัวอย่างได้ออกมาตรงกับหรือ ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงมากที่สุด โดยเติมสารละลายมาตรฐานของ อินโดเมทาซิน ที่ทราบปริมาณแน่นอน จำนวน 3 ความเข้มข้น 50%, 100% และ 150% ตำรับยาน้ำแขวนตะกอนสูตร Rx1 และ Rx2 โดยแต่ละความเข้มข้นทำ 3 ซ้ำ และนำสารละลายที่ได้แต่ละ flasks ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer แล้วคำนวณหาความเข้มข้นที่ได้ โดยเกณฑ์การยอมรับทั่วไปของ %recovery อยู่ระหว่าง 90-110%recovery

2.) precision โดยการวัดตัวอย่างเดียวกันหลายครั้ง ความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการวิเคราะห์ซ้ำๆ โดยมีวิธีการทดสอบ คือ เตรียมสารละลายอินโดเมทาซินให้มีความเข้มข้น ความเข้มข้น 15, 30 และ 45 μg/mL โดยแต่ละความเข้มข้นทำ 6 ซ้ำและนำสารละลายที่ได้แต่ละ flasks ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer แล้วนำไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%R.S.D.) โดยเกณฑ์การยอมรับของ %R.S.D. ต้องไม่เกิน 2%

3.) linearity ความสามารถของวิธีวิเคราะห์ที่ให้ผลการวิเคราะห์เป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารที่วิเคราะห์ในช่วงความเข้มข้นที่กำหนด ทดสอบหา standard curve โดยใช้สารละลายอินโดเมทาซิน ให้มีความเข้มข้นที่ 15, 20, 30, 40 และ 45 μg/mL โดยแต่ละความเข้มข้นทำ 3 ซ้ำ และนำสารละลายที่ได้แต่ละ flasks ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer แล้วคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าดูดกลืนแสง ออกมาเป็นสมการเส้นตรง โดยกำหนดค่า correlation coefficient (r^2) เข้าใกล้ 1

4.) range เป็นช่วงความเข้มข้นที่วัดตั้งแต่ความเข้มข้นต่ำสุดถึงความเข้มข้นที่สูงสุดที่วัดแล้วมี accuracy, precision และ linearity อยู่ในระดับที่มีความถูกต้องยอมรับได้

5.) specific ความสามารถของวิธีวิเคราะห์จำเพาะต่อสารที่ต้องการจะวิเคราะห์ โดยทำการทดสอบโดยน้ำกระสายยาทั้ง 2 สูตรโดยไม่ผสมตัวยา มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 320 nm เพื่อประเมินการรบกวนหรือผลกระทบต่อการวิเคราะห์

3. สถิติที่ใช้

สถิติเชิงพรรณนาโดยรายงานผลแสดงด้วย means ± standard deviation และกำหนดเกณฑ์ผ่านในแต่ละหัวข้อทดสอบ

ผลการศึกษา

ทำการประเมินตำรับน้ำกระสายยาสำเร็จรูปทั้งตำรับ Rx1 และRx2 รูปแบบพร้อมใช้ (ready-to-use) และรูปแบบเก็บผสมแห้ง (prior-to-use) โดยศึกษาความคงตัว 3 สภาวะ คือ สภาวะตู้เย็น (2-8°C), สภาวะระยะยาว (30°C±2°C, 75±5%RH) และสภาวะเร่ง (40°C±2°C, 75±5%RH) เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ และทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีกายภาพ และทางเคมีของตำรับยาน้ำแขวนตะกอนอินโดเมทาซิน ดังนี้

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

ประเมินลักษณะภายนอกของตำรับยาน้ำแขวนตะกอนอินโดเมทาซิน (สี กลิ่น และรส)

ทำการประเมินลักษณะภายนอกของตำรับยาน้ำแขวนตะกอนอินโดเมทาซิน พบการเปลี่ยนแปลงของตำรับยาน้ำแขวนตะกอนอินโดเมทาซิน ดังนี้

Rx1 ready-to-use

- **สี** : สีของตำรับที่เตรียมได้มีลักษณะขาวขุ่น เมื่อเก็บภายใต้ 3 สภาวะ พบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา
- **กลิ่น** : การประเมินกลิ่นของตำรับ พบว่าเริ่มต้นนั้นไม่มีกลิ่นหืน ภายใต้ทุกสภาวะ แต่เมื่อประเมินผลที่สัปดาห์ที่ 9 พบว่า ภายใต้ทุกสภาวะเกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นเพียงเล็กน้อย ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ภายใต้สภาวะเร่ง สภาวะระยะยาว และสภาวะตู้เย็น ตามลำดับ
- **รส** : รสของตำรับไม่เปลี่ยนแปลงไปตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

Rx2 ready-to-use

- **สี** :

สภาวะตู้เย็น : สีของตำรับที่เตรียมได้มีลักษณะขาวขุ่น เมื่อเก็บภายใต้สภาวะตู้เย็น พบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

สภาวะระยะยาว : สีของตำรับที่มีลักษณะขาวขุ่น เมื่อเก็บภายใต้สภาวะระยะยาว ในสัปดาห์ที่ 0-3 แต่เมื่อเวลาผ่านไปพบว่ามีลักษณะขาวขุ่นอมเหลือง และมีสีเหลืองเข้มขึ้นเรื่อย ๆ

สภาวะเร่ง : สีของตำรับที่มีลักษณะขาวขุ่น เมื่อเก็บภายใต้สภาวะเร่ง ในสัปดาห์ที่ 0-3 แต่เมื่อเวลาผ่านไปพบว่ามีลักษณะขาวขุ่นอมเหลือง และมีสีเข้มขึ้นเรื่อย ๆ

- **กลิ่น** : การประเมินกลิ่นของตำรับ พบว่าเริ่มต้นนั้นไม่มีกลิ่นหืน ภายใต้ทุกสภาวะ แต่เมื่อประเมินผลที่สัปดาห์ที่ 9 พบว่า ภายใต้ทุกสภาวะเกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นเพียงเล็กน้อย ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ภายใต้สภาวะเร่ง สภาวะระยะยาว และสภาวะตู้เย็น ตามลำดับ
- **รส** : รสของตำรับไม่เปลี่ยนแปลงไปตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

Rx1 prior-to-use

- **สี** : สีของตำรับที่เตรียมได้มีลักษณะขาวขุ่น เมื่อเก็บภายใต้ 3 สภาวะ พบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา
- **กลิ่น** : การประเมินกลิ่นของตำรับ พบว่าเริ่มต้นนั้นไม่มีกลิ่นหืน ภายใต้ทุกสภาวะ แต่เมื่อประเมินผลที่สัปดาห์ที่ 9 พบว่า ภายใต้ทุกสภาวะเกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นเพียงเล็กน้อย ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ภายใต้สภาวะเร่ง สภาวะระยะยาว และสภาวะตู้เย็น ตามลำดับ
- **รส** : รสของตำรับไม่เปลี่ยนแปลงไปตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

Rx2 prior-to-use

- **สี** :

สภาวะตู้เย็น : สีของตำรับที่เตรียมได้มีลักษณะขาวขุ่น เมื่อเก็บภายใต้สภาวะตู้เย็น พบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

สภาวะระยะยาว : สีของตำรับที่มีลักษณะขาวขุ่น เมื่อเก็บภายใต้สภาวะระยะยาว ในสัปดาห์ที่ 0-3 แต่เมื่อเวลาผ่านไปพบว่ามีลักษณะขาวขุ่นอมเหลือง และมีสีเหลืองเข้มขึ้นเรื่อย ๆ

สภาวะเร่ง : สีของตำรับที่มีลักษณะขาวขุ่น เมื่อเก็บภายใต้สภาวะเร่ง ในสัปดาห์ที่ 0-3 แต่เมื่อเวลาผ่านไปพบว่ามีลักษณะขาวขุ่นอมเหลืองและมีสีเข้มขึ้นเรื่อย ๆ

- **กลิ่น** : การประเมินกลิ่นของตำรับ พบว่าเริ่มต้นนั้นไม่มีกลิ่นหืน ภายใต้ทุกสภาวะ แต่เมื่อประเมินผลที่สัปดาห์ที่ 9 พบว่า ภายใต้ทุกสภาวะเกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นเพียงเล็กน้อย ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ภายใต้สภาวะเร่ง สภาวะระยะยาว และสภาวะตู้เย็น ตามลำดับ

- **รส** : รสของตำรับไม่เปลี่ยนแปลงไปตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ประเมินค่าความหนืดของตำรับยาน้ำแขวนตะกอนอินโดเมทาซิน

ผลการศึกษา พบว่ามีเพียงตำรับ Rx1 ที่ค่าความหนืดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือ ไม่ต่ำกว่า 2,000 cP ที่สภาวะตู้เย็น และระยะยาว (รูปแบบ ready-to-use) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ ซึ่งเมื่อเก็บในสภาวะเร่ง พบว่าค่าความหนืดไม่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ส่วนตำรับ Rx2 ที่เก็บภายใต้ 3 สภาวะเป็นระยะเวลา 5, 9 สัปดาห์ พบว่าค่าความหนืดไม่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ทั้ง 2 รูปแบบ ดังนั้นจากผลการศึกษาตำรับน้ำกระสายยา Rx1 ที่ใช้สารช่วยแขวนตะกอน คือ CMC sodium ซึ่งน้ำกระสายยาสำเร็จรูปที่เตรียมขึ้น ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบ ready-to-use และ prior-to-use ควรเก็บไว้ในตู้เย็น เป็นระยะเวลาไม่เกิน 5 สัปดาห์ (30 วัน)

ตารางที่ 2 ค่าความหนืดของตำรับยาน้ำแขวนตะกอนอินโดเมทาซิน รูปแบบ ready-to-use และ prior-to-use ที่ศึกษาความคงตัวภายใต้ 3 สภาวะ ในสัปดาห์ที่ 0, 5 และ 9

Formula	Condition	Viscosity (Cp.)		
		Week 0	Week 5	Week 9
Rx1 ready-to-use	Refrigerator	2,365	2,265	2,243
	Long term		1,450	615
	Accelerated		650	300
Rx2 ready-to-use	Refrigerator	2,184	1,850	1,370
	Long term		1,065	543
	Accelerated		563	245
Rx1 prior-to-use	Refrigerator	2,413	2,219	2,145
	Long term		1,500	660
	Accelerated		715	280
Rx2 prior-to-use	Refrigerator	2,210	1,975	1,420
	Long term		985	408
	Accelerated		488	208

ประเมินค่า sedimentation volume (F) และ degree of flocculation (β)

ประเมินค่า sedimentation volume (F) และ degree of flocculation (β) ของตำรับ Rx1 และRx2 ภายใต้สภาวะระยะยาว โดยทำการประเมินคือ สัปดาห์ที่ 0, 5 และ 9 ได้ผลของทั้งสองตำรับดังนี้

Rx1

ทำการประเมินค่า F และค่า β ตลอดระยะเวลา 9 สัปดาห์ พบว่าค่า F และ ค่า β ในสัปดาห์ที่ 5และ 9 มีการเปลี่ยนแปลงดังตารางที่ 3 โดยค่าที่ได้นั้นอยู่ในช่วงที่ยอมรับ และใกล้เคียงกับ 1 คือ 0.94 และ 0.86 ตามลำดับ

Rx2

ทำการประเมินค่า F และ ค่า β ตลอดระยะเวลา 9 สัปดาห์ พบว่า ค่า F และ ค่า β ในสัปดาห์ที่ 5 และ 9 มีการเปลี่ยนแปลงดังตารางที่ 3 โดยค่าที่ได้ที่ในช่วงที่ยอมรับได้คือสัปดาห์ที่ 4 โดยแม้มีค่า F ที่ไม่ได้ใกล้เคียงกับ 1 แต่มีค่า F มากกว่า 0.5 คือ 0.66 ส่วนในสัปดาห์ที่ 9 มีค่า F ไม่ได้ใกล้เคียงกับ 1 และมีค่า F น้อยกว่า 0.5 คือ 0.46 ซึ่งการที่ค่า F น้อยกว่า 0.5 ซึ่งถือว่า 50% ของปริมาณทั้งหมดนั้นได้ตกตะกอน

ตารางที่ 3 ผลของการประเมิน sedimentation volume (F) และ degree of flocculation (β) ของตำรับ Rx1 และ Rx2

สูตรตำรับ	Week 0		Week 5		Week 9	
	F	β	F	β	F	β
Rx1 flocculation	1.00	1.00	0.94	0.94	0.86	0.86
Rx1 deflocculation	1.00		1.00		1.00	
Rx2 flocculation	1.00	1.00	0.66	0.66	0.46	0.46
Rx2 deflocculation	1.00		1.00		1.00	

จากผลการศึกษาพบว่า ตำรับ Rx1 มีค่า F เท่ากับ 0.86 และค่า β เท่ากับ 0.86 ในขณะที่ตำรับ Rx2 มีค่า F เท่ากับ 0.46 และค่า β เท้ากับ 0.46 ในสัปดาห์ที่ 9 แสดงให้เห็นว่า ตารับ Rx1 มีความสามารถในการแขวนตะกอนดีกว่า Rx2 เนื่องจากค่าที่ประเมินได้เข้าใกล้ 1

การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

จากผลการศึกษาความคงตัวทั้งตำรับ Rx1 และ Rx2 ที่ทำการเตรียมแบบ ready-to-use และ prior-to-use พบว่าทุกตำรับมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือ 4.0-5.0 ในทุกสภาวะที่ทำการศึกษาตลอดระยะเวลา 9 สัปดาห์

การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี

การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์

การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์ในแต่ละหัวข้อให้ผลดังนี้

- accuracy การเติมสารละลายมาตรฐานของตัวยาอินโดเมทาซินที่ความเข้มข้นร้อยละ 50.00, 100.00 และ 150.00 พบว่าร้อยละการคืนกลับ (%recovery) เท่ากับ 107.81±1.59, 102.51±1.83 และ 107.47±0.75 ตามลำดับและมีร้อยละค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพันธ์น้อยกว่า 2 ในทุกความเข้มข้น

- precision ผลวิเคราะห์ที่ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอินโดเมทาซินที่ความเข้มข้น คือ 15 µg/mL, 30 µg/mL และ 45 µg/mL ให้ผลเท่ากับ 0.2753±0.0008, 0.5216±0.0005 และ 0.7748±0.0004 ตามลำดับ

- มีร้อยละค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพันธ์น้อยกว่า 2 ในทุกความเข้มข้น

- linearity นำสารละลายอินโดเมทาซินมาวิเคราะห์ แล้วนำผลมาคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าความดูดกลืนแสง สมการที่ได้คือ $y = 17.52x - 0.005$ และค่า $R^2 = 0.9999$

- range เป็นช่วงความเข้มข้นที่วัดได้และมี accuracy, precision และ linearity อยู่ในระดับที่มีความถูกต้องยอมรับได้ โดยช่วงความเข้มข้นของสารที่จะวัดคือ 15–45 µg/mL

- specificity ความสามารถของวิธีวิเคราะห์ที่จำเพาะต่อตัวยาอินโดเมทาซินพบว่าที่ความยาวคลื่น 320 nm ไม่มีการรบกวนหรือผลกระทบของสารอื่นในตำรับต่อการวิเคราะห์

จากผลข้างต้นจึงทำให้สามารถเชื่อถือผลการวิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้ได้ เนื่องจากผ่านข้อกำหนดในทุกหัวข้อของการตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์

ปริมาณตัวยาสำคัญที่ระบุในฉลาก (%LA)

Prior-to-use

ค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณยาอินโดเมทาซินที่ระบุในฉลาก มีการเปลี่ยนแปลงโดยลดลง โดยสัปดาห์ที่ 9 ในสภาวะตู้เย็น, ระยะยาวและเร่ง มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 92.08±0.52, 91.28±0.73 และ 90.18±0.42 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ซึ่งค่าที่ได้ก็ยังอยู่ในช่วงที่กำหนด คือ ร้อยละ 90–110 ของปริมาณยาที่ระบุในฉลาก

Rx1 ready-to-use

ค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณยาอินโดเมทาซินที่ระบุในฉลาก มีการเปลี่ยนแปลงโดยลดลง โดยสัปดาห์ที่ 9 ในสภาวะในสภาวะตู้เย็น, ระยะยาวและเร่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 93.13±0.36, 91.98±0.44 และ 91.74±0.65 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ซึ่งค่าที่ได้ก็ยังอยู่ในช่วงที่กำหนด คือ ร้อยละ 90–110 ของปริมาณยาที่ระบุในฉลาก

Rx2 ready-to-use

ค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณยาอินโดเมทาซินที่ระบุในฉลาก มีการเปลี่ยนแปลงโดยลดลง โดยสัปดาห์ที่ 9 ในสภาวะในสภาวะตู้เย็น, ระยะยาวและเร่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 93.09±0.57, 93.08±0.68 และ 93.70±0.46 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ซึ่งเกิดการ error ระหว่างการทดลองในสัปดาห์ที่ 1 แต่ค่าที่ได้ก็ยังอยู่ในช่วงที่กำหนด คือ ร้อยละ 90–110 ของปริมาณยาที่ระบุในฉลาก

จากผลการวิเคราะห์พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณยาอินโดเมทาซินที่ระบุในฉลากตลอดระยะเวลา 9 สัปดาห์ ทั้ง 2 รูปแบบ พบว่าอยู่ในช่วงร้อยละ 90–110 ของปริมาณยาที่ระบุในฉลาก ถือว่าผ่านเกณฑ์ที่ USP กำหนด

ตารางที่ 4 ผลการทดลองของการหาร้อยละปริมาณของตัวยาอินโดเมทาซินในตำรับยาน้ำแขวนตะกอนอินโดเมทาซินที่ระบุในฉลาก

สภาวะที่ศึกษา	รูปแบบ	ค่าเฉลี่ยของ %LA					
		Week 0	Week 1	Week 3	Week 5	Week 7	Week 9
ตู้เย็น	**Prior-to-use**						
	indomethacin	95.60 (0.22)	94.95 (0.28)	93.05 (0.70)	92.93 (0.62)	92.61 (1.20)	92.08 (0.52)
	Ready-to-use						
	Rx1	99.74 (0.51)	95.79 (0.73)	97.19 (0.64)	95.70 (0.66)	94.15 (0.46)	93.13 (0.36)
	Rx2	97.30 (0.23)	110.00* (0.30)	96.41 (0.75)	96.00 (0.51)	93.39 (0.49)	93.09 (0.57)
ระยะยาว	**Prior-to-use**						
	indomethacin	95.60 (0.22)	94.11 (0.62)	92.96 (0.29)	92.26 (0.33)	92.02 (0.30)	91.28 (0.73)
	Ready-to-use						
	Rx1	99.74 (0.51)	97.87 (0.46)	95.86 (0.51)	93.25 (0.43)	92.29 (0.80)	91.98 (0.44)
	Rx2	97.30 (0.23)	108.41* (0.66)	93.28 (0.32)	94.86 (0.34)	95.01 (0.32)	93.08 (0.68)
เร่ง	**Prior-to-use**						
	indomethacin	95.60 (0.22)	92.04 (0.93)	91.51 (0.70)	91.39 (0.43)	90.31 (0.67)	90.18 (0.42)
	Ready-to-use						
	Rx1	99.74 (0.51)	98.40 (0.55)	95.70 (0.53)	94.12 (0.71)	92.30 (0.38)	91.74 (0.65)
	Rx2	97.30 (0.23)	109.72* (0.74)	93.60 (0.76)	92.16 (0.59)	93.88 (0.74)	93.70 (0.46)

สรุปผลและอธิปรายผล

จากการศึกษาการศึกษาความคงตัวของน้ำกระสายยาของยาเตรียมเฉพาะคราวแบบพร้อมใช้ โดยใช้ตัวยาอินโดเมทาซินเป็นยาต้นแบบ เป็นตัวแทนของยากลุ่มที่ไม่มีประจุ (6) ได้ผลการศึกษาในแต่ละด้านดังนี้

การประเมินความคงตัวทางกายภาพ ซึ่งลักษณะภายนอก (สี, กลิ่น และรส) พบว่าทั้งสองตำรับไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีและกลิ่น แต่มีการเปลี่ยนแปลงของสีในตำรับ Rx2 ที่สภาวะระยะยาว และสภาวะเร่ง ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 เนื่องจากตัวยาอินโดเมทาซินสามารถเสื่อมได้โดยปฏิกิริยา oxidation ซึ่งถูกเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงและความ

ร้อนจากสภาวะการเก็บ (10) สำหรับการประเมินค่าความหนืดพบว่ามีเพียงตำรับ Rx1 ที่สภาวะตู้เย็นที่มีความหนืดอยู่ในช่วงที่กำหนดตลอดระยะเวลา 9 สัปดาห์ (ไม่น้อยกว่า 2,000 cP) สภาวะระยะยาวมีความหนืดอยู่ในช่วงที่กำหนดเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ ส่วนตำรับ Rx2 ไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดทั้ง 3 สภาวะ ส่วนความสามารถในการแขวนตะกอนของตำรับโดยประเมินได้จากค่า sedimentation volume (F) และค่า degree of flocculation (β) พบว่าตำรับ Rx1 มีค่า F = 0.86 และ ค่า β = 0.86 ส่วนตำรับ Rx2 มีค่า F = 0.46 และค่า β = 0.46 ดังนั้นค่าที่ได้จากตำรับ Rx1 นั้นมีค่าเข้าใกล้ 1 มากกว่า จึงมีความสามารถในการแขวนตะกอนที่ดีกว่าตำรับ Rx2

การประเมินความคงตัวทางเคมีกายภาพจะดูจากค่าความเป็นกรด-ด่างของตำรับโดยกำหนดให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วงที่กำหนด คือ 4.0-5.0 จากผลการศึกษาพบว่าในทุกสภาวะของทั้ง 2 ตำรับนั้นมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วงที่กำหนดตลอดระยะ 9 สัปดาห์

การประเมินความคงตัวทางเคมี โดยศึกษาจากร้อยละปริมาณของตัวยาอินโดเมทาซินที่ระบุในฉลาก พบว่าภายใต้ทุกสภาวะ ทั้งรูปแบบพร้อมใช้ (ready-to-use) และรูปแบบเก็บผสมแห้ง (prior-to-use) นั้นปริมาณตัวยาอินโดเมทาซินแนวโน้มลดลง แต่ยังอยู่ในช่วงร้อยละ 90-110 ของปริมาณยาที่ระบุในฉลาก ถือว่าผ่านเกณฑ์ที่ USP กำหนด โดยการเก็บในรูปแบบเก็บผสมแห้งมีอัตราการสลายตัวของตัวยาที่น้อยกว่ารูปแบบพร้อมใช้ เนื่องจากไม่มีความชื้นเป็นตัวเร่งการเสื่อมสลายของตัวยาสำคัญ

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าตำรับ Rx1 มีความคงตัวทางกายภาพที่ดีกว่าตำรับ Rx2 จึงเหมาะแก่การนำไปศึกษาในงานวิจัยต่อไป โดยทำการศึกษาความเข้ากันได้ (compatibility) และความคงตัว (stability) ของน้ำกระสายแบบพร้อมใช้กับตัวยาสำคัญที่มีประจุลบต่อไปในอนาคต เพื่อให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้จริง และลดปัญหาต้นทุนการผลิตจากการใช้น้ำกระสายยาสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด และควรปรับปรุงสูตรตำรับ Rx2 ให้มีคุณสมบัติทางกายภาพ คือ ด้านลักษณะภายนอก (สี) และ ด้านความหนืดให้มีความคงตัวที่ดีขึ้น เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้ป่วยเบาหวาน เนื่องจากตำรับ Rx2 เป็นตำรับปราศจากน้ำตาล

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสยาม สำหรับเงินอุดหนุน อุปกรณ์ เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณ ภก.เพิ่มโชค ต้นไพโรจน์และภญ.ณิชกมล อ้อมทอง ในการร่วมทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. อมรรัตน์ วิริยะโรจน์. ยาเตรียมเฉพาะคราวรูปแบบยาน้ำรับประทาน Extemporaneous oral liquid preparations. Thai Pharm Health Sci J. 2007;2(3):320-6.
2. วนิดา เดชาวาศน์, นวภรณ์ วิมลสาระวงศ์ และพรศรี อิงเจริญสุนทร. Pediatric extemporaneous compounding ยาเตรียมพิเศษเฉพาะรายสำหรับเด็ก. กลุ่มงานเภสัชกรรมสถาบันสุขภาพเด็กแห่งชาติ มหาราชินี ชัยเจริญ. 2552.
3. นวภรณ์ วิมลสาระวงศ์. ยาเตรียมพิเศษเฉพาะรายรูปแบบยาน้ำสำหรับเด็ก Extemporaneous compounding of oral liquids for pediatrics. Thai Pediatric J. 2012; 19: 193-9.
4. Jew RK, Mullen RJ, and Soo-Hoo W. Children hospital of Philadelphia extemporaneous formulations. ASHP; 2003:10-1.

5. อรรถวิทย์ พูพิมาย, กาญจนา ย่องลั่น และ ภูมิสริ วุฒิวงศ์. การคัดกรองสารช่วยสำหรับเตรียมน้ำกระสายยาแบบพร้อมใช้. สารนิพนธ์เภสัชศาสตรบัณฑิต สาขาการบริบาลทางเภสัชกรรม มหาวิทยาลัยสยาม; 2013: 1-60.
6. AL-Ayed AS, Ali MS, AL-Sulaim AM and Issa ZA. Effect of reactive and non-reactive counterion micelles upon the alkaline degration of indomethacin. J Chem Soc. 2014; 18:77-83.
7. ICH Expert Working Group. Validation of Analytical Procedures: Text and Methodology. ICH Harmonised Tripartite Guideline; 2005; 1-13.
8. The United States Pharmacopeial Convention. The United States Pharmacopeia and the National Formulary (USP 43-NF 38). Bethesda, MD: The United States Pharmacopoeial Convention Inc; 2020
9. Jain S, Maheshwari RK, Nema RK and Singhvi I. Development and validation of simple UV-Spectrophotometric method of quantization of indomethacin in solid dosage formulation using mixed solvency concept. J Pharm Inno. 2017; 6(12): 453-456
10. Dilla AR and Supriyadi. Evaluation of Indomethacin Stability. EAJMR. 2024; 3(9): 4309-4322
11. Allen LV, Popovich NG, Ansel HC. Drug dosage form and drug delivery system design. Ansel's pharmaceutical dosage forms and drug delivery systems. 9th ed. Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business; 2011.
12. ASEAN guideline on stability study of drug product. [Internet]. Accessed 2024 August 20. Available from: https://asean.org/wp-content/uploads/2018/01/25PPWG-ANNEX-7-iv-Final-ASEAN-Guideline-on-Stability-Study-Drug-Product-R2.pdf
13. Handbook Of Pharmaceutical Excipients 6th Edition [Internet]. Accessed 2022 February 4. Available from: https://archive.org/details/HandbookOfPharmaceuticalExcipients6thEdition

การพัฒนาตำรับและการศึกษาสมบัติของยาทาเล็บที่มีคีโตโคนาโซล

Development and characterization of ketoconazole nail polish

เพ็ญพักตร์ พรมปัญญา[1], คณิศร์ณิชา กุศล[2], ปิริญญาภัฏ ฟักทอง[2], รุ่งตะวัน จันทาพูน[2], อัจฉราภรณ์ ชุติมาตระกูล[2] และ ศุภางค์ คนดี[1*]

Phenphak Prompanya[1], Kanitnicha Kuson[2], Pirinyapat Fakthong[2], Rungtawan Jantapoon[2], Acharaporn Chutimatrakun[2] and Supang Khondee[1*]

บทคัดย่อ

โรคเชื้อราที่เล็บ เป็นโรคที่เกิดจากการติดเชื้อราเรื้อรังที่เล็บ ซึ่งการรักษาในปัจจุบันมีทั้งยาชนิดรับประทานและยาทาภายนอก มีต้นทุนการรักษาสูงและอาจเกิดผลข้างเคียงได้ในผู้ป่วยที่แพ้ยา ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาตำรับยาทาเล็บที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้ ศึกษาเปรียบเทียบกับตำรับที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่ละลายในได้สารละลายอินทรีย์ เพื่อศึกษาหาคุณสมบัติคุณสมบัติที่เหมาะสมของตำรับยาทาเล็บ ทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมี โดยเฉพาะคุณสมบัติในการปลดปล่อยตัวยาสำคัญที่มีในตำรับ คือ คีโตโคนาโซล ซึ่งเป็นยาที่ใช้รักษาอาการติดเชื้อราในร่างกายและที่ผิวหนัง ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า ร้อยละปริมาณตัวยาสำคัญในตำรับยาทาเล็บที่มีไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส เมทิลเซลลูโลสและยูดรากิต แอล 100–55 เป็นส่วนประกอบ คือ 78.3±1.7 94.2±10.8 และ 83.3±8.3 ตามลำดับ โดยตำรับยาทาเล็บที่มีไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบ สามารถปลดปล่อยตัวยาสำคัญได้มากที่สุดใน 15 นาทีแรก ทางผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตำรับยาทาเล็บเพื่อรักษาโรคเชื้อราที่เล็บในครั้งนี้จะสามารถนำไปพัฒนาต่อและประยุกต์ใช้กับสารสกัดจากพืชสมุนไพรเพื่อลดค่าใช้จ่ายได้ในอนาคต

คำสำคัญ: โรคเชื้อราที่เล็บ, ยาทาเล็บ, การปลดปล่อยตัวยาสำคัญ, คีโตโคนาโซล

[1] สาขาวิชานวัตกรรมทางเภสัชศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[2] สาขาวิชาการบริบาลทางเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Pharmaceutical Innovation, School of Pharmaceutical Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

[2] Pharmaceutical Care, School of Pharmaceutical Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author: supang.kh@up.ac.th

Abstract

Onychomycosis is a chronic fungal infection of the nails. The current treatment for onychomycosis includes both oral and topical medications, the treatment cost is relatively high and may cause side effects in patients who are allergic to the drug. Therefore, we have developed a nail polish formula consisting of water–soluble polymers such as methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose compared with a formula consisting of Eudragit L–100–55, an organic solvent–soluble polymer. Physical properties and chemical properties, especially the release profiles of ketoconazole, a model drug used to treat fungal infections in the body and skin, were examined. The results of the study showed that percentage of ketoconazole found in nail polish containing hydroxypropyl methylcellulose, methylcellulose, and Eudragit L–100–55 were 78.3±1.7, 94.2±10.8, and 83.3±8.3, respectively. The nail polish containing hydroxypropyl methylcellulose was able to release the most active drug in the first 15 minutes when compared to the other two nail polish formula, methylcellulose and Eudragit L–100–55. We hope that these nail polish formula for nail fungus treatment could be further developed and some bioactive herbal extracts could be incorporated in the formula to reduce costs in the future.

Keywords: Onychomycosis, Nail polish, Drug release, Ketoconazole

บทนำ

โรคเชื้อราที่เล็บ (onychomycosis) เป็นโรคที่เกิดกับเล็บชนิดที่พบได้มากที่สุด เป็นการติดเชื้อราแบบเรื้อรังที่ค่อยๆ ลุกลาม โดยมักจะเกิดขึ้นได้ทั้งเล็บมือและเล็บเท้า (1) เชื้อราหลักที่ทำให้เกิดการติดเชื้อคือ *Epidermophyton floccosum*, *Trichophyton mentagrophytes* และ *Trichophyton rubrum* (2) ส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยทุกวัยโดยเฉพาะผู้ใหญ่และผู้สูงวัย ซึ่งการรักษาโรคเชื้อราที่เล็บในปัจจุบันมีทั้งยาชนิดรับประทานและยาทาภายนอก โดยการติดเชื้อราบริเวณเล็บเป็นโรคที่ใช้ระยะเวลาการรักษายาวนานและมีการกลับมาเป็นซ้ำสูง เนื่องจากการใช้ยาแบบทาภายนอกนั้นตัวยาซึมผ่านเข้าสู่บริเวณที่ติดเชื้อได้ยาก ทำให้ผู้ป่วยส่วนใหญ่ต้องใช้ยารูปแบบรับประทาน ได้แก่ ไอตราโคนาโซล (Itraconazole), เทอร์บินาฟีน (Terbinafine), ฟลูโคนาโซล (Fluconazole) และ กริซีโอฟุลวิน (Griseofulvin) (3)

ยาที่ใช้รักษาเชื้อราที่เล็บมีทั้งในรูปแบบยาเม็ดสำหรับรับประทานและยาทาเฉพาะที่ โดยยารูปแบบรับประทานจัดเป็นการรักษามาตรฐาน (gold standard) ซึ่งยาชนิดรับประทานหรือยาทาเฉพาะที่มักต้องใช้เป็นเวลาต่อเนื่องหลายเดือนหรืออาจนานเป็นปี จึงอาจเกิดผลค้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ของยาได้ ตัวอย่างการใช้ยาทาเล็บ เช่น Terbinafine ทาวันละครั้งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากนั้นทาสัปดาห์ละครั้งจนกว่าจะหาย และ Ciclopirox ทาวันละครั้งจนกว่าจะหาย แต่ใช้ไม่เกิน 48 สัปดาห์ (1, 4)

ตำรับยาทาเล็บสำหรับโรคติดเชื้อราที่เล็บในปัจจุบัน มีทั้งตำรับที่ใช้ตัวทำละลายที่เป็นน้ำ (aqueous base) และตำรับที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent base) ซึ่งตัวทำละลายทั้งสอง ชนิดมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน สำหรับตำรับยาทาเล็บที่ใช้ตัวทำละลายที่เป็นน้ำ ตัวยาจะถูกดูดซึมเข้าเล็บได้ดี เนื่องจากธรรมชาติของเล็บมีความชอบน้ำสูง (3) ทำให้ยาสามารถซึมผ่านเล็บได้ดีโดยเฉพาะยาที่ชอบน้ำ ในขณะที่ตำรับที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์นั้นตัวยาจะดูดซึมเข้าเล็บได้น้อยกว่า อย่างไรก็ตามตำรับยาทาเล็บที่ใช้ตัวทำละลายที่เป็นน้ำยังพบข้อจำกัด กล่าวคือ เมื่อทายาที่เล็บแล้ว สามารถล้างน้ำออกได้ง่าย ทำให้ต้องบริหารยาบ่อย ในขณะที่ตำรับที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ตัวยาจะสามารถเกาะบนผิวเล็บได้ดีกว่าและแห้งเร็ว ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ตั้งตำรับยาทาเล็บที่เป็นตำรับที่

ใช้ตัวทำละลายที่เป็นน้ำและตำรับที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ใน รูปแบบ lacquer เพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพและทดสอบคุณสมบัติเชิงกลและเชิงเคมี รวมถึงความสามารถในการปล่อยปลดตัวยา เพื่อหาตำรับยาทาเล็บที่มีลักษณะที่ดีในการนำไปใช้รักษาโรคเชื้อราที่เล็บ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อพัฒนาตำรับยาทาเล็บที่มียาคีโตโคนาโซลและศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตำรับยาทาเล็บสำหรับการนำส่งยาคีโตโคนาโซลเพื่อการรักษาเชื้อราที่เล็บ

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

โรคเชื้อราที่เล็บ Onychomycosis

โรคเชื้อราที่เล็บคือการติดเชื้อราเรื้อรังที่เล็บ ซึ่งส่งผลให้เล็บเกิดการเปลี่ยนสี ผิวหนังบริเวณเล็บและแผ่นเล็บหนาขึ้น การติดเชื้อสามารถพบได้ทั้งในเล็บมือและเล็บเท้าซึ่งจะส่งผลไปยังส่วนประกอบต่าง ๆ ของเล็บ โรคเชื้อราที่เล็บส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยทุกวัย เป็นโรคที่พบได้บ่อยในผู้ใหญ่มากกว่าเด็ก โดยเฉพาะพบในผู้สูงอายุที่อาจมีโรคร่วมอื่น ๆ เกิดอยู่ด้วยกันได้ ปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ ได้แก่ โรคเบาหวาน เกลื้อนเท้า ระบบไหลเวียนเลือดผิดปกติ ภูมิคุ้มกันบกพร่อง โรคสะเก็ดเงิน ดาวน์ซินโดรม การสวมรองเท้าที่คับและอับชื้น และโรคอ้วน (5)

โดยในประเทศไทยชนิดของเชื้อราที่พบบ่อย คือ เชื้อกลากแท้ (Dermatophytes) เชื้อกลากเทียม (Non-dermatophytes) ยีสต์ (yeasts) เชื้อแคนดิดา (Candida) เชื้อก่อโรคส่วนใหญ่ที่พบเป็นเชื้อราในกลุ่มเดอร์มาโตไฟต์ (dermatophytes) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อราในสกุล *Trichophyton (T. rubrum* และ *T. mentagrophytes)* โดยมักพบที่เล็บเท้ามากกว่าเล็บมือ เนื่องจากเล็บเท้าเกิดความอับชื้นง่ายกว่า (2) โดยลักษณะทางคลินิกของโรคเชื้อราที่เล็บคือแผ่นเล็บมีรอยด่างสีขาว สีเหลือง หรือสีน้ำตาล ผิวหนังใต้เล็บหนาตัวเป็นขุย แผ่นเล็บแยก เล็บเจริญหนาผิดปกติ ดันให้แผ่นเล็บแยกหลุดออกจาก nail bed เกิดเล็บผิดรูป ซึ่งอาจมีอาการเจ็บที่เล็บเมื่อกดลงไป และคันผิวหนังบริเวณรอบเล็บ

การรักษาเชื้อราที่เล็บ

การรักษาเชื้อราที่เล็บมีทั้งยาในรูปแบบรับประทานและยาทาเฉพาะที่ โดยยารูปแบบรับประทานที่แนะนำ เช่น Terbinafine, Itraconazole และ Fluconazole ส่วนยารูปแบบทาเฉพาะที่ เช่น 10% เอฟินาโคนาโซล (Efinaconazole), 10% เทอร์บินาฟีน (Terbinafine), 5% ทาบาโบโรล (Tavaborole), 8% ไซโคลพิรอกซ์ (Ciclopirox) และ 5% อะมอร์โรลฟีน เอชซีแอล (Amorolfine HCl) เป็นต้น (1)

ยารูปแบบรับประทานจัดเป็นการรักษามาตรฐาน (gold standard) คือ terbinafine, itraconazole และ fluconazole ส่วนยารูปแบบทาเฉพาะที่ เช่น efinaconazole 10% nail solution, tavaborole 5% nail solution, ciclopirox 8% nail lacquer, ciclopirox 8% nail hydrolacquer, amorolfine 5% nail lacquer และ terbinafine 10% nail solution (4).

ยารับประทานจะได้ผลดีกับโรคโดยเฉพาะที่เกิดจากเชื้อกลากแท้หรือเชื้อยีสต์บางชนิด ซึ่งยารับประทานบางชนิดนั้นอาจมีผลข้างเคียงของยา เช่น การแพ้ยา ผลต่อตับและไต ผลของยาอื่นที่อาจกระทบกับการรักษา เช่น การรับประทานยาลดไขมันบางชนิดควบคู่ด้วย หรือการรับประทานยาลดกรด ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการดูดซึมของยาเป็นต้น ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นด้วย (6)

ยาชนิดใช้ภายนอก เป็นการรักษาที่มีความปลอดภัย ยาทามีหลายรูปแบบ เช่น ชนิดที่เป็นสารละลาย หรือชนิดที่เป็นยาทาเคลือบเล็บ หรือแบบเป็นเนื้อครีม การเลือกรักษาด้วยยาทาเฉพาะที่นั้นจะใช้ได้ดีโดยเฉพาะโรคเชื้อรา

ที่เล็บที่มีจำนวนเล็บไม่มาก ผู้ป่วยต้องไม่มีรอยโรคเชื้อราที่ลามไปถึงโคนเล็บ ไม่เช่นนั้นอาจต้องใช้ยาทาอื่น ๆ ร่วมด้วย เพราะการรักษาโดยการใช้ยาทาเฉพาะที่ที่เล็บนั้น ยาจะออกฤทธิ์ได้เฉพาะที่เล็บที่ทายาเท่านั้น

การศึกษานี้เพื่อพัฒนาตำรับยาทาเล็บที่มียาคีโตโคนาโซลและศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตำรับยาทาเล็บสำหรับการนำส่งยาคีโตโคนาโซลเพื่อการรักษาเชื้อราที่เล็บ

วิธีวิทยาการวิจัย

1. การตั้งตำรับยาทาเล็บจากพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำ

1.1. การตั้งตำรับยาทาเล็บจาก Hydroxypropyl Methyl Cellulose (HPMC) ร่วมกับ Polyvinylpyrrolidone K30 (PVP K30) และ Polyvinylpyrrolidone K90 (PVP K90)

นำ HPMC ปริมาณ 0.15 g มากระจายตัวในน้ำ ปริมาตร 4 มิลลิตร จากนั้นเติม ethanol และ propylene glycol (PG) ปริมาตรตามแต่ละสูตรตำรับ เติม PVP K30, PVP K90 ปริมาณตามแต่ละสูตรตำรับ ดังตารางที่ 1 และ 2 คนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำตำรับที่ได้ไปทดสอบทางกายภาพ

ตารางที่ 1 สูตรตำรับยาทาเล็บจาก 0.75% HPMC และ PVP K30

สูตรตำรับ	HPMC0.75-K301	HPMC0.75-K302	HPMC0.75-K303	HPMC0.75-K304	HPMC0.75-K305	HPMC0.75-K306
HPMC (0.75%w/w)	0.15 g	0.15 g	0.15 g	0.15 g	0.15 g	0.15 g
PG (10%w/w)	2.08 g	2.08 g	2.08 g	2.08 g	2.08 g	2.08 g
Ethanol (50%w/w)	8 g	8 g	8 g	8 g	8 g	8 g
PVP K30	0.1 g	0.2 g	0.5 g	1 g	2 g	4 g
Water q.s. to	20 g	20 g	20 g	20 g	20 g	20 g

ตารางที่ 2 สูตรตำรับยาทาเล็บจาก 0.75% HPMC และ PVP K90

สูตรตำรับ	HPMC0.75-K901	HPMC0.75-K902	HPMC0.75-K903	HPMC0.75-K904	HPMC0.75-K905	HPMC0.75-K906
HPMC (0.75%w/w)	0.15 g	0.15 g	0.15 g	0.15 g	0.15 g	0.15 g
PG (10%w/w)	2.08 g	2.08 g	2.08 g	2.08 g	2.08 g	2.08 g
Ethanol (50%w/w)	8 g	8 g	8 g	8 g	8 g	8 g
PVP K90	0.1 g	0.2 g	0.5 g	1 g	2 g	4 g
Water q.s. to	20 g	20 g	20 g	20 g	20 g	20 g

1.2. การตั้งตำรับยาทาเล็บจาก Methyl Cellulose (MC) ร่วมกับ PVP K30 และ PVP K90

นำ MC ปริมาณ 0.4 g มากระจายในน้ำร้อนปริมาตร 4 มิลลิตร เพื่อให้ MC พองตัว เติม ethanol และ propylene glycol ปริมาตรตามแต่ละสูตรตำรับ เติม PVP K30, PVP K90 ปริมาณตามแต่ละสูตรตำรับ ดังตารางที่ 3 และ 4 คนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำตำรับที่ได้ไปทดสอบทางกายภาพ

ตารางที่ 3 สูตรตำรับยาทาเล็บจาก 2% MC และ PVP K30

สูตรตำรับ	MC2- K301	MC2- K302	MC2- K303	MC2- K304	MC2- K305	MC2- K306
MC (2%w/w)	0.4 g	0.4 g	0.4 g	0.4 g	0.4 g	0.4 g
PG (10%w/w)	2.08 g	2.08 g	2.08 g	2.08 g	2.08 g	2.08 g
Ethanol (50%w/w)	8 g	8 g	8 g	8 g	8 g	8 g
PVP K30	0.1 g	0.2 g	0.5 g	1 g	2 g	4 g
Water qs to	20 g	20 g	20 g	20 g	20 g	20 g

ตารางที่ 4 สูตรตำรับยาทาเล็บจาก 2% MC และ PVP K90

สูตรตำรับ	MC2- K901	MC2- K902	MC2- K903	MC2- K904	MC2- K905	MC2- K906
MC (2%w/w)	0.4 g	0.4 g	0.4 g	0.4 g	0.4 g	0.4 g
PG (10%w/w)	2.08 g	2.08 g	2.08 g	2.08 g	2.08 g	2.08 g
Ethanol (50%w/w)	8 g	8 g	8 g	8 g	8 g	8 g
PVP K90	0.1 g	0.2 g	0.5 g	1 g	2 g	4 g
Water qs to	20 g	20 g	20 g	20 g	20 g	20

2. การตั้งตำรับยาทาเล็บจากพอลิเมอร์ที่ไม่ละลายน้ำ (nail lacquer)

2.1. การตั้งตำรับ nail lacquer จาก Eudragit L100-55

ชั่ง Eudragit L100-55 ปริมาณ 3, 4 และ 5 g ตามแต่ละสูตรตำรับ ดังตาราง 5 ละลายด้วยสารผสมของ ethanol และ ethyl acetate คนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เติม glycerine คนให้เข้ากัน จากนั้นนำตำรับไปทดสอบทางกายภาพ

ตารางที่ 5 สูตรตำรับยาทาเล็บจาก Eudragit L100-55 ที่ความเข้มข้น 15, 20 และ 25%

สูตรตำรับ	EUD15	EUD20	EUD25
Eudragit L100-55	3 g	4 g	5 g
Glycerin (5%w/w)	1.04 g	1.04 g	1.04 g
Ethanol (40%w/w)	6.528 g	6.528 g	6.528 g
Ethyl acetate 40%w/w)	7.216 g	7.216 g	7.216 g

3. ทดสอบลักษณะทางกายภาพของตำรับยาพื้นและตำรับที่มียาคีโตโคนาโซลโดยดูจากลักษณะดังต่อไปนี้ (7, 8)

3.1. ความใส (Transparent)

วัดความใสของตำรับด้วยตาเปล่า ด้วยวิธีการที่ดัดแปลงมาจาก United States Pharmacopeia-790 และให้คะแนนความใสเป็นผลบวกตั้งแต่ 1+ ถึง 4+ โดยกำหนดให้ 1+ คือตำรับมีความขุ่นมากที่สุด 2+ คือตำรับมีความขุ่นปานกลาง 3+ คือตำรับมีความขุ่นเล็กน้อย และ 4+ คือตำรับไม่มีความขุ่นและมีความใสมากที่สุด

3.2. ความสามารถในการกระจายตัว (Spreadability)

วัดโดยการแพร่กระจายของตำรับ โดยนำตัวอย่าง 0.1 g วางในวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 cm โดยใช้จานเพาะเชื้อสองอันวางประกบกันเป็นเวลา 5 นาที วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลมหลังจากการแพร่กระจายของตำรับ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ (n=2)

3.3. ความเรียบเนียน (Smooth)

ปาดตำรับบนแผ่นสไลด์ จากนั้นสังเกตความเรียบเนียนของฟิล์ม

3.4. ระยะเวลาในการแห้ง (Drying time)

ทาตำรับบนแผ่นสไลด์โดยใช้แปรง จากนั้นจับระยะเวลาที่ตำรับแห้ง (dry-to-touch) บันทึกผล ทำการทดลอง 2 ซ้ำ (n=2)

3.5. ความหนืด (Viscosity)

นำตัวอย่างมาวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer ที่อุณหภูมิห้องโดยใช้ spindle หมายเลข 41 และ 52 ทำทดสอบที่ความเร็ว 5, 10, 20, 30, 50, 60 และ 100 รอบต่อนาที โดยบันทึกค่าที่วัดได้เป็นหน่วย Centipoise (cP) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ (n=2)

4. ทดสอบลักษณะเชิงกลและเชิงเคมีของตำรับ

4.1. การทดสอบลักษณะเชิงกล

4.1.1. ทดสอบ film thickness

วัดหนาของแผ่นฟิล์มด้วย digital micrometer โดยสุ่มวัดจำนวน 3 ตำแหน่งรอบๆ แผ่นฟิล์ม ทำการทดลอง 2 ซ้ำ (n=2)

4.1.2. ทดสอบความต้านทานของฟิล์มด้วย Tensile strength

การประเมินความต้านทานแรงดึงสูงสุดของฟิล์ม ทดสอบโดยตัดฟิล์มเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ยึดฟิล์มโดยจับยึดด้วยอุปกรณ์รับแรงดึงสองตัวสำหรับการทดสอบฟิล์ม และตั้งความยาวและความเร็ว โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ (n=2) แล้วบันทึกแรงและการยืดเมื่อฟิล์มขาด หาค่าความต้านทานแรงดึงเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด และคำนวณค่า Young's modulus (E) จากสูตร ดังนี้

$$E = (FL_0)/A(L_n - L_0)$$

เมื่อ F คือ Force แรงที่กระทำตั้งฉากกับหน้าตัด (นิวตัน/ตารางเมตร, N/m^2)

A คือ Cross-sectional area พื้นที่หน้าตัด (เมตร)

L_n คือ New length ความยาวที่เปลี่ยนไปจากความยาวเดิม (เมตร)

L_0 คือ Original length ความยาวเดิม (เมตร)

4.2. การหาปริมาณยาในตำรับและการทดสอบการละลายของยาออกจากฟิล์ม ด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometry

4.2.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน

เตรียมสารละลายยา ketoconazole ความเข้มข้น 0.005, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 และ 0.05 mg/ml นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 244 nm นำไปสร้างเป็นกราฟมาตรฐาน และหาค่าสมการเส้นตรง

4.2.2 การทดสอบปริมาณตัวยาสำคัญในแผ่นฟิล์ม (assay)

นำยาทาเล็บที่มีตัวยา ketoconazole น้ำหนัก 1 g มาเตรียมแผ่นฟิล์มขนาด 2cm × 8 cm รอจนแห้งแล้วชั่งน้ำหนักแห้งของแผ่นฟิล์ม นำแผ่นฟิล์มละลายใน 60% ethanol ปริมาตร 50 มิลลิลิตร คนจนแผ่นฟิล์มละลายหมด นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ (n=2) คำนวณหาปริมาณยาที่มีอยู่ในฟิล์มเทียบกับกราฟมาตรฐาน โดย

$$\text{ร้อยละปริมาณยาที่ตรวจพบ (\%assay)} = \frac{\text{ปริมาณตัวยาที่ตรวจวิเคราะห์พบ } (mg)}{\text{ปริมาณตัวยาที่ใส่ในตำรับ } (mg)} \times 100$$

4.2.3 การทดสอบการละลาย (dissolution test) ของตัวยาออกมาจากฟิล์ม

นำยาทาเล็บที่มีตัวยา ketoconazole น้ำหนัก 1 g มาเตรียมแผ่นฟิล์มขนาด 2cm × 8 cm รอจนแห้งแล้วชั่งน้ำหนักแห้งของแผ่นฟิล์ม นำฟิล์มแต่ละแผ่นใส่ในสารละลาย Phosphate buffered saline (PBS) pH 7.4 ปริมาตร 50 ml คนด้วยเครื่องกวนสาร ดูดสารละลายตัวกลางขึ้นมาปริมาตร 10 ml ที่เวลา 0 นาที, 15 นาที, 30 นาที จนครบ 1 ชั่วโมง นำสารละลายที่ดูดมา ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometry โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ (n=2) คำนวณหาปริมาณยาที่ละลายออกมาเทียบกับกราฟมาตรฐาน โดย

$$\text{ร้อยละปริมาณยาที่ละลายสะสม (\%cumulative dissolved)} = \frac{\text{ปริมาณตัวยาที่ละลายออกมา } (mg)}{\text{ปริมาณตัวยาที่ตรวจพบ } (mg) \text{จาก } assay} \times 100$$

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์และรายงานผลโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error of Mean, SE)

ผลการศึกษา

จากการทดสอบทางกายภาพพบว่า ตำรับที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้ คือ 0.75%HPMC+PVPK30 มีความใส และมีการกระจายตัวอยู่ในช่วง 5.0-7.0 เซนติเมตร และเนื้อตำรับมีความเรียบเนียนเป็นฟิล์มบาง ระยะเวลาในการแห้งอยู่ในช่วง 5.4-8.2 นาที มีความหนืดอยู่ที่ 34.9-148.1 cP สำหรับตำรับที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์ 0.75%HPMC+PVPK90 มีความใส และมีการกระจายตัวอยู่ในช่วง 5.8-6.5 เซนติเมตร ลักษณะเนื้อตำรับมีความเรียบเนียนและเป็นฟิล์มเคลือบ ระยะเวลาในการแห้งอยู่ในช่วง 4.5-9.0 นาที และมีความหนืดอยู่ที่ 87.3-273.0 cP

ผลของตำรับที่ประกอบด้วย 2%MC+PVPK30 นั้น ตำรับมีความใส แต่บางตำรับกลับมีความใสลดลง โดยเจลมีลักษณะขุ่นเล็กน้อย เนื้อตำรับมีความเรียบเนียนเป็นฟิล์มเคลือบ และมีการกระจายตัวอยู่ในช่วง 3.5–4.5 เซนติเมตร ระยะเวลาในการแห้งอยู่ในช่วง 4.6–7.5 นาที ผลของความหนืดอยู่ที่ 68.4–1893.0 cP และตำรับที่ประกอบด้วย 2%MC+PVPK90 หลายตำรับเริ่มมีความใสลดลง มีการกระจายตัวอยู่ในช่วง 2.0–5.0 เซนติเมตร เนื้อตำรับมีความเรียบเนียนเป็นฟิล์มบางและมีฟองอากาศ ระยะเวลาในการแห้งอยู่ในช่วง 4.6–6.4 นาที มีความหนืดอยู่ที่ 339.6–2042.0 cP

ในส่วนของตำรับ lacquer พบว่าตำรับมีลักษณะใสเหมือนกันทุกตำรับ เนื้อตำรับมีความเรียบเนียนเป็นฟิล์มเคลือบ การกระจายตัวอยู่ในช่วง 4.5–5.7 เซนติเมตร ระยะเวลาในการแห้งอยู่ในช่วง 1.1–1.2 นาที มีความหนืดอยู่ที่ 539.5–2057.3 cP

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบทางกายภาพของตำรับยาทาเล็บ

ตำรับ		ความใส	การกระจายตัว (ซม.)	ความเรียบเนียน	ระยะเวลาในการแห้ง (นาที)	ความหนืด (cP)
0.75%HPMC+PVPK30	HPMC-K30-1	4+	5.0±0.7	เนื้อเรียบเนียนเป็นฟิล์มบาง	5.5±0.0	148.1±0.2
	HPMC-K30-2	4+	6.0±0.2		6.1±0.1	130.7±0.2
	HPMC-K30-3	4+	6.4±0.1		5.4±0.8	142.3±0.2
	HPMC-K30-4	4+	5.8±0.3		5.5±0.1	156.7±0.4
	HPMC-K30-5	3+	7.0±0.0		5.5±1.0	34.9±0.2
	HPMC-K30-6	3+	5.8±0.5		8.2±0.0	114.2±0.0
0.75%HPMC+PVPK90	HPMC-K90-1	4+	6.5±0.0	เนื้อเรียบเนียนเป็นฟิล์มเคลือบ	5.5±0.1	167.3±0.2
	HPMC-K90-2	4+	6.0±0.5		4.5±0.8	156.3±0.2
	HPMC-K90-3	4+	6.5±0.2		5.4±0.1	87.3±0.6
	HPMC-K90-4	3+	6.0±0.8		6.2±0.0	129.5±2.1
	HPMC-K90-5	3+	5.8±0.3		5.6±0.8	273.0±1.7
	HPMC-K90-6	3+	6.0±0.0		9.0±0.0	91.8±0.2
2%MC+PVPK30	MC-K30-1	4+	4.5±0.0	เนื้อเรียบเนียนเป็นฟิล์มเคลือบ	5.0±0.0	1760.0±0.0
	MC-K30-2	3+	4.2±0.1		6.5±0.0	1893.0±1.7
	MC-K30-3	3+	3.5±0.2		6.2±0.5	1808.0±1.7
	MC-K30-4	2+	4.5±0.0		7.4±0.2	554.5±5.0
	MC-K30-5	2+	4.3±0.1		7.5±0.1	68.4±2.0
	MC-K30-6	2+	4.0±0.1		4.6±1.2	93.7±1.9
2%MC+PVPK90	MC-K90-1	3+	2.6±0.8		6.3±0.0	1462.0±0.0
	MC-K90-2	3+	4.1±0.1		6.1±0.3	818.0±7.6

ตำรับ		ความใส	การกระจายตัว (ซม.)	ความเรียบเนียน	ระยะเวลาในการแห้ง (นาที)	ความหนืด (cP)
	MC-K90-3	2+	4.5±0.0	เนื้อเรียบเนียน เป็นฟิล์มบาง มีฟองอากาศ	6.4±0.2	605.2±3.3
	MC-K90-4	2+	5.0±0.1		6.2±0.4	339.6± 2.0
	MC-K90-5	2+	2.0±0.8		6.3±0.1	632.8±7.6
	MC-K90-6	2+	4.0±0.0		6.4±0.8	2042.0±1.7
Eudragit L100-55	15% Eudragit	4+	5.7±0.1	เนื้อเรียบเนียน เป็นฟิล์มเคลือบ	1.1±0.1	539.5±1.4
	20% Eudragit	4+	4.5±0.1		1.1±0.1	2057.3±4.0
	25% Eudragit	4+	5.0±0.1		1.2±0.0	ไม่มีข้อมูล*

*ไม่สามารถวัดค่าได้เนื่องจากตำรับหนืดมาก

จากผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของตำรับ 0.75%HPMC+PVPK90, 2%MC+PVPK30-2 และ 15%Eudragit L100-55 นั้น พบว่า แต่ละตำรับมีความหนาของแผ่นฟิล์ม คือ 0.9±0.1, 0.2±0.0 และ 1.5±0.4 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีค่าความต้านทานของฟิล์มอยู่ที่ 4.1±4.9, 8.6±2.2 และ 77.1±2.5 N/mm^2 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของตำรับ 0.75%HPMC+PVPK90, 2%MC+PVPK30-2 และ 15%Eudragit L100-55

ตำรับ	การทดสอบเชิงกล	
	ความหนาของแผ่นฟิล์ม (มม.)	ความต้านทานของฟิล์ม (N/mm^2)
0.75%HPMC+PVPK90-2	0.9 ± 0.1	4.1 ± 4.9
2%MC+PVPK30-2	0.2 ± 0.0	8.6 ± 2.2
15% Eudragit L100-55	1.5 ± 0.4	77.1 ± 2.5

การหาปริมาณยาในตำรับและการทดสอบการละลายของยาออกจากฟิล์ม

จากการศึกษาพบว่า ตำรับ 0.75%HPMC+PVPK90 พบปริมาณตัวยาสำคัญในแผ่นฟิล์ม ร้อยละ 78.3±1.7 ตำรับ 2%MC+PVPK30-2 พบปริมาณตัวยาสำคัญในแผ่นฟิล์ม ร้อยละ 94.2±10.8 และตำรับ 15% Eudragit L100-55 พบปริมาณตัวยาสำคัญในแผ่นฟิล์ม ร้อยละ 83.3±8.3 ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ปริมาณตัวยาสำคัญในแผ่นฟิล์มของตำรับ 0.75%HPMC+PVPK90, 2%MC+PVPK30-2 และ 15%Eudragit L100-55

ตำรับ	ปริมาณตัวยาสำคัญในแผ่นฟิล์ม (%w/w)
0.75%HPMC+PVPK90-2	78.3 ± 1.7
2%MC+PVPK30-2	94.2 ± 10.8
15% Eudragit L100-55	83.3 ± 8.3

การทดสอบการละลายของยาคีโตโคนาโซลจากฟิล์มยาทาเล็บ โดยทำการทดลองในสารละลายบัฟเฟอร์ pH7.4 ที่เวลา 0, 15, 30 และ 60 นาทีนั้นพบว่าในตำรับ 0.75% HPMC+PVP K90 นั้น มีการละลายของยาเริ่มต้นที่ 15 นาทีสูงที่สุด (burst release) เมื่อเทียบกับตำรับอื่น คือ 63.3±15.2% สำหรับปริมาณยาที่ละลายสะสมของยา ที่ลดลงเรื่อย ๆ หลังจาก 15 นาที เกิดจากปริมาณยาที่สูญเสียไปจากการสุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์ครั้งละ 10 มิลลิลิตร และการแทนที่ด้วยบัฟเฟอร์ใหม่ (fresh medium) 10 มิลลิลิตร ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนที่มากเมื่อเทียบกับปริมาณบัฟเฟอร์ที่ใช้ในการทดสอบการละลายทั้งหมด (50 มิลลิลิตร) ส่วนตำรับ 2%MC+PVPK30-2 พบว่า ที่เวลา 15 นาทีแรกนั้นมีการละลายของตัวยาอยู่ที่ 7.3±2.0% และค่อยๆ มีปริมาณการละลายเพิ่มขึ้นจนถึง 60 นาที ซึ่งพบปริมาณยาที่ละลายออกมาจากฟิล์มอยู่ที่ 32.3±11.4% สำหรับตำรับ 15% Eudragit ก็พบว่าตัวยาค่อยๆ ละลายออกจากแผ่นฟิล์มแต่ละลายได้เร็วกว่าตำรับ 2%MC+PVPK30-2 โดยพบว่าที่ 60 นาที ตำรับ 15%Eudragit มีการละลายของตัวยามากถึง 60.3±0.3% ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณตัวยาที่ละลายออกมาจากแผ่นฟิล์มของตำรับ 0.75%HPMC+PVPK90, 2%MC+PVPK30-2 และ 15%Eudragit L100-55

เวลา (นาที)	ร้อยละตัวยาที่ละลายสะสม (Mean ± SE)		
	0.75% HPMC+PVP K90	2%MC+PVPK30-2	15% Eudragit L100-55
0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
15	63.3±15.2	7.3±2.0	8.4±9.1
30	61.9±9.3	17.9±4.3	29.8±6.9
60	46.4±2.7	32.3±11.4	60.3±0.3

สรุปผลและอธิปรายผล

จากการตั้งตำรับยาทาเล็บโดยใช้พอลิเมอร์ ได้แก่ hydroxypropyl methyl cellulose (HPMC) และ methyl cellulose (MC) และตำรับ lacquer คือ Eudragit L100-55 เมื่อนำมาทดสอบเชิงกายภาพทั้ง 5 ด้าน ประกอบด้วย ความใส, ความสามารถในการกระจายตัว, ความเรียบเนียน, ระยะเวลาในการแห้ง และความหนืด พบว่าตำรับ Eudragit เนื้อตำรับมีความใสไม่เปลี่ยนแปลงถึงแม้จะเพิ่มปริมาณพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น ความสามารถในการกระจายตัวและระยะเวลาที่ใช้ในการแห้งอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ในขณะที่ตำรับ HPMC และ MC ที่ผสมด้วย PVPK30 และ PVPK90 นั้น จะเห็นได้ชัดว่าตำรับมีความข่นมากขึ้นตามความเข้มข้นของ PVP แม้ PVP จะละลายได้ดีในน้ำ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นจะทำให้น้ำหนักโมเลกุลของ PVP เพิ่มขึ้นซึ่งนำไปสู่ความทึบแสงในตำรับจึงทำให้ตำรับมีความข่น (9) ในส่วนของการกระจายตัวของแต่ละตำรับนั้น พอลิเมอร์แต่ละชนิดก็มีความสามารถในการกระจายตัวที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่

กับความหนืดด้วย และตำรับยาทาเล็บควรมีเนื้อที่เรียบเนียนสม่ำเสมอ และควรมีระยะเวลาในการแห้งของฟิล์มที่เหมาะสม ไม่ควรใช้เวลาในการแห้งที่นานเกินไป ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้อาจยังไม่มีความแน่นอนเนื่องจากปริมาณของเนื้อตำรับที่ทาลงไปบนแผ่นสไลด์อาจมีปริมาณไม่เท่ากัน ทั้งความหนาหลังจากเกลี่ยก็ส่งผลต่อระยะเวลาในการแห้งของตำรับ ความหนืดของน้ำยาเคลือบเล็บป้องกันเชื้อราก็เป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อการยึดเกาะ และประสิทธิภาพในการรักษาโรคเชื้อราที่เล็บ เพราะความหนืดที่เหมาะสมจะช่วยให้ทาน้ำยาเคลือบเล็บได้สม่ำเสมอ ยึดเกาะกับแผ่นเล็บได้ดี และช่วยให้ยาฆ่าเชื้อราซึมผ่านได้ง่าย ซึ่งมีงานวิจัยระบุว่าความหนืดของน้ำยาเคลือบเล็บไม่ควรเกิน 75 cP โดยควรอยู่ในช่วง 15 ถึง 40 cP ซึ่งช่วงความหนืดนี้ทำให้ทายาทาเล็บได้ง่ายและตัวตำรับยังส่งยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (10) ความหนาของฟิล์มของน้ำยาทาเล็บเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการยึดเกาะ ความทนทาน และประสิทธิภาพโดยรวมในการรักษา โดยเฉพาะน้ำยาทาเล็บที่มีส่วนผสมของยาและยาต้านเชื้อรา ความหนาของฟิล์มโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 5 ถึง 50 ไมโครเมตร สำหรับยาทาเล็บเพื่อความงาม ในขณะที่ยาทาเล็บสูตรป้องกันเชื้อราอาจต้องใช้ชั้นที่หนากว่าเล็กน้อยเพื่อให้ยาซึมผ่านได้ดีขึ้นและออกฤทธิ์ได้ยาวนานขึ้น และจากผลการทดสอบทางกายภาพนี้ ทางผู้วิจัยได้ทำการเลือกตำรับที่มีสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสม มา 3 ตำรับเพื่อทำการทดสอบทางเคมีของตำรับ โดยทำเกณฑ์ที่ใช้ประกอบการตัดสินใจคือ ระดับความใสของตำรับที่อยู่ในระดับ 3+ ขึ้นไป ลักษณะความเรียบเนียนของตำรับที่มีความเรียบเนียนและเป็นฟิล์มเคลือบ ความสารมารถในการกระจายตัวที่อยู่ในช่วง 4–6 ซม. และตำรับที่มีความต้านทานของฟิล์มสูงที่สุด (Young's Modulus)

จากการวิเคราะห์ผลการละลายของยา Eudragit L 100–55 เป็นพอลิเมอร์ที่การละลายขึ้นกับค่า pH ซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีที่ค่า pH ของตัวกลางสูงกว่า 5.5 ดังนั้น Eudragit L 100–55 เมื่อเวลาผ่านไปจึงสามารถปลดปล่อยตัวยาออกมาได้มากขึ้น (11) MC ก็เช่นกันถึงแม้จะละลายในน้ำได้แต่ก็ต้องใช้อุณหภูมิในการช่วยละลาย (12) MC จึงค่อยๆ ปลดปล่อยตัวยาออกมา และปลดปล่อยได้ในปริมาณที่น้อยกว่า Eudragit L 100–55 ในขณะที่ HPMC สามารถละลายตัวยาออกมาได้มากที่สุดใน 15 นาทีแรก เนื่องจาก HPMC สามารถละลายน้ำได้ดี แต่ปริมาณของตัวยาที่วิเคราะห์ได้ลดลงก็มีความเป็นไปได้เนื่องจากการดูดตัวอย่างสารละลายบัฟเฟอร์ออกไปวิเคราะห์ในอัตราส่วน 1:4 ส่วน จึงอาจมีการเจือจางได้เมื่อทำการเติมสารละลายบัฟเฟอร์ใหม่เข้าไปทดแทนเพื่อรักษาปริมาตรให้คงที่ตลอดการทดสอบ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยาสำหรับการสนับสนุนสารเคมีบางส่วนที่ใช้ในการทดลอง ห้องปฏิบัติการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

1. Nenoff P, Reinel D, Mayser P, Abeck D, Bezold G, Bosshard PP, et al. S1 Guideline onychomycosis. J Dtsch Dermatol Ges. 2023;21(6):678–92.
2. Leung AKC, Lam JM, Leong KF, Hon KL, Barankin B, Leung AAM, et al. Onychomycosis: An Updated Review. Recent Patents on Inflammation and Allergy Drug Discovery. 2020;14(1):32–45.

3. Dave Cook, Edwards D. Improvements in skin and nail drug delivery using nano formulations using nano formulations 2021 [cited 2024. Available from: https://www.europeanpharmaceuticalreview.com/article/161067/improvements-in-skin-and-nail-drug-delivery-using-nano-formulations/.
4. สุขวาณิชย์ศิลป์ น. ยารักษาโรคเชื้อราที่เล็บ: หน่วยคลังข้อมูลยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล; 2021 [cited 2024. Available from: https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/service-knowledge-article-info-old.php?id=582.
5. Maskan Bermudez N, Rodríguez-Tamez G, Perez S, Tosti A. Onychomycosis: Old and New. J Fungi (Basel). 2023;9(5):559.
6. ฟียาพรรณ จ, บุณยะรัตเวช ส. โรคเชื้อราที่เล็บ: คลินิกโรคเชื้อราที่เล็บ สาขาวิชาโรคเชื้อราผิวหนัง ภาควิชาจิตวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล; 2017 [cited 2024. Available from: https://www.si.mahidol.ac.th/th/healthdetail.asp?aid=1302.
7. Fatima M, Monawwar S, Mohapatra S, Alex TS, Ahmed A, Taleuzzaman M, et al. In Silico Drug Screening Based Development of Novel Formulations for Onychomycosis Management. Gels. 2021;7(4).
8. Gregori Valdes BS, Serro AP, Gordo PM, Silva A, Goncalves L, Salgado A, et al. New Polyurethane Nail Lacquers for the Delivery of Terbinafine: Formulation and Antifungal Activity Evaluation. J Pharm Sci. 2017;106(6):1570-7.
9. Franco P, De Marco I. The Use of Poly(N-vinyl pyrrolidone) in the Delivery of Drugs: A Review. Polymers (Basel). 2020;12(5).
10. Dehari D, Mehata AK, Priya V, Parbat D, Kumar D, Srivastava AK, et al. Luliconazole Nail Lacquer for the Treatment of Onychomycosis: Formulation, Characterization and In Vitro and Ex Vivo Evaluation. AAPS PharmSciTech. 2022;23(6):175.
11. Rezazadeh M, Safaran R, Minaiyan M, Mostafavi A. Preparation and characterization of Eudragit L 100-55/chitosan enteric nanoparticles containing omeprazole using general factorial design: in vitro/in vivo study. Research in pharmaceutical sciences. 2021;16(4):358-69.
12. PubChem Compound Summary for CID 51063134, Methyl cellulose: National Center for Biotechnology Information; 2004 [cited 2024. Available from: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/51063134.

ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบจากใบกระท่อม

Antibacterial activity of crude extracts from Kratom Leaves

จิดาพร อุตุภรณ์[1], อิสรีย์ สุขจรด้วงมัน[1] และ เกษม สมทะนะ[1*]

Jidaporn Autuporn[1], Isaree Suajorndoungmun[1] and Kasem Somtana[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบจากใบกระท่อมที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 70 โดยทดสอบกับเชื้อ *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Escherichia coli* (ATCC 25922) และ *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) ด้วยวิธี Disk diffusion พบว่าสารสกัดหยาบจากใบกระท่อมที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 70 สามารถยับยั้งเชื้อ *E. faecalis* (ATCC 29212) ได้ที่ความเข้มข้น 500–1,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยมีขนาดโซนยับยั้งเท่ากับ 7.7–9.7 มิลลิเมตร และสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* (ATCC 25923) ได้ที่ความเข้มข้น 800–1,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยมีขนาดโซนยับยั้งเท่ากับ 8.0–8.7 มิลลิเมตร แต่ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ATCC (25922) และ *P. aeruginosa* (ATCC 27853) ได้ สรุปได้ว่าสารสกัดหยาบจากใบกระท่อมมีฤทธิ์ต้านการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก แต่ไม่สามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบ

คำสำคัญ: ใบกระท่อม, สารสกัดหยาบ, ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย, จุลชีพ

Abstract

This study was to investigate the antibacterial activity of 70% ethanol crude extracts from Kratom leaves. The antibacterial effects were tested against *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Escherichia coli* (ATCC 25922), and *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) by Disk diffusion method. The results showed that 70% ethanol crude extracts from Kratom leaves could inhibit *E. faecalis* (ATCC 29212) at concentrations of 500–1,000 mg/mL, with an inhibition zone of 7.7–9.7 mm, and inhibit *S. aureus* (ATCC 25923) at concentrations of 800–1,000 mg/mL, with an inhibition zone of 8.0–8.7 mm. However, the extract could not inhibit the growth of *E. coli* (ATCC 25922) and *P. aeruginosa* (ATCC 27853). In conclusion, ethanolic crude extracts from Kratom leaves showed antibacterial activity against gram-positive tested bacteria but could not inhibit gram-negative tested bacteria.

Keywords: Kratom leaves, Crude extract, Antibacterial activity, Microbial

[1] สาขาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Department of medical technology, Allied health science, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author: kasem.so@up.ac.th

บทนำ

จุลินทรีย์ก่อโรคที่สำคัญที่พบเป็นปัญหาทางสุขภาพของมนุษย์ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส และปรสิต และจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุสำคัญในการก่อโรค คือ แบคทีเรีย[1–2] ซึ่งการรักษาโดยทั่วไปจะใช้ยาปฏิชีวนะ แต่เมื่อใช้เป็นเวลานานอาจจะทำให้เชื้อเกิดการดื้อยาได้ เช่น เชื้อ *S. aureus*, *E. faecalis*, *E. coli* และ *P. aeruginosa* เป็นต้น มีรายงานว่าเชื้อมีการดื้อยาและมีแนวโน้มที่จะดื้อยาเพิ่มขึ้นทุกปี[3–6] หากจำนวนของเชื้อที่ดื้อต่อยาปฏิชีวนะยังคงมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นก็ยิ่งทำให้โอกาสที่จะรักษาโรคติดเชื้อเหล่านี้เป็นไปได้ยากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การใช้ยาปฏิชีวนะที่ได้จากการสังเคราะห์จากสารเคมีอาจส่งผลข้างเคียง (side effect) ต่อผู้ป่วยได้[7] ในปัจจุบันได้มีการค้นหาผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติกลุ่มสมุนไพรมาใช้ในการบำบัดโรคเนื่องจากมีฤทธิ์ในทางชีวภาพ (biological activity) ช่วยลดอุบัติการการดื้อยาของเชื้อจุลชีพ และมีผลข้างเคียงต่อผู้ป่วยน้อยกว่าการใช้ยาเคมีสังเคราะห์ การนำสมุนไพรมาใช้เป็นยารักษาโรคยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อยาสำเร็จรูปจากต่างประเทศได้[8,9] พืชสมุนไพรจึงเป็นส่วนหนึ่งในทางเลือกในการรักษาโรคติดเชื้อจุลชีพ เช่น ฟ้าทะลายโจรช่วยรักษาอาการไข้หวัด[10] กระเทียมมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียแบบกว้างหรือเสริมฤทธิ์ยาปฏิชีวนะที่ใช้ในการรักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรีย[11] เป็นต้น

กระท่อม (Kratom) มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า Mitragyna speciosa Korth (Rubiaceae). มีสารสำคัญหลักอยู่ในกลุ่มแอลคะลอยด์[12,13] ทั้งหมดประมาณร้อยละ 0.5 ในจำนวนนี้เป็นไมทราไจนีน (Mitragynine) ร้อยละ 0.25 ที่เหลือเป็นสเปโอไจนีน (Speciogynine) ไพแนนทีน (Paynanthine) สเปซิโอซีเลียทีน (Speciociliatine) ตามลำดับ[14] ในใบกระท่อมมีไมทราไจนีน (Mitragynine) สูงถึงร้อยละ 66.2[13] มีฤทธิ์แก้ปวดคล้ายกับมอร์ฟีนแต่มีกลไกการออกฤทธิ์ที่แตกต่างกัน ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลางทำให้เกิดอาการกระตุ้นและกดประสาท ฤทธิ์ต่อระบบทางเดินอาหาร เช่น ลดการหลั่งกรดในกระเพาะอาหาร[15] ช่วยยับยั้งการหดตัวของลำไส้เล็กทำให้ท้องผูกซึ่งสอดคล้องกับการใช้ใบกระท่อมยับยั้งอาการท้องเสียอีกด้วย[16] กระท่อมเป็นสมุนไพรทางเลือกในการรักษาอาการปวดท้อง แก้บิด แก้ท้องเสีย ระงับอาการปวดเมื่อยตามร่างกาย เป็นต้น ปัจจุบันพืชกระท่อมยังมีการใช้แบบดั้งเดิมในชุมชนภาคใต้ของประเทศไทย โดยการเคี้ยวใบกระท่อมสดหรือนำไปแปรรูป เช่น ต้มน้ำดื่ม ตากแห้งหรือบดเป็นผงเพื่อชงดื่ม เพื่อให้สามารถทำงานกลางแจ้งได้นานขึ้น[17,18] นอกจากนี้สารสกัดจากใบกระท่อมยังมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย *Streptococcus pneumoniae* และ *Escherichia coli*[19] และน้ำใบกระท่อมที่ผ่านการหมักร่วมกับ *Lactobacillus rhamnosus* สามารถยับยั้งการเจริญและการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ methicillin–resistant *S. aureus* (MRSA) ได้ [20]

จากข้อมูลเบื้องต้นผู้ศึกษาจึงมีแนวคิดในการนำใบกระท่อมมาทำเป็นสารต้านจุลชีพ โดยเตรียมสารสกัดหยาบจากใบกระท่อมและนำไปทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* (ATCC 25923), *E. faecalis* (ATCC 29212), *E. coli* (ATCC 25922) และ *P. aeruginosa* (ATCC 27853) ซึ่งเป็นแบคทีเรียก่อโรคในผู้ป่วยที่พบได้บ่อยในห้องปฏิบัติการ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบจากใบกระท่อม

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน(ถ้ามี)

สารสกัดหยาบจากใบกระท่อม สามารถต้านการเจริญของ *S. aureus* (ATCC 25923), *E. faecalis* (ATCC 29212), *E. coli* (ATCC 25922) และ *P. aeruginosa* (ATCC 27853) ได้

วิธีวิทยาการวิจัย

การเตรียมใบกระท่อม

เก็บใบกระท่อมแบบคละใบจากตำบลท่าเรือ อำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนม นำไปทำความสะอาดและนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปบดละเอียด เก็บใส่ถุงซิปล็อก ปิดให้มิดชิดเพื่อป้องกันความชื้น นำไปชั่งน้ำหนัก และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกว่าจะนำไปใช้งาน

การเตรียมสารสกัดหยาบจากใบกระท่อม

นำใบกระท่อมที่บดแล้ว 300 กรัม ใส่ในขวดสีชา เติมเอทานอลร้อยละ 70 ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ผสมให้ละลายเข้ากันดี บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน (เขย่าทุก 12 ชั่วโมง) นำสารสกัดที่ได้มากรองเอาส่วนน้ำกรองออกจากกากด้วยผ้าขาวบาง และกรองซ้ำอีกด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นนำไประเหยตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่อง Rotary Evaporator และนำไประเหิดน้ำออกโดยใช้เครื่อง Lyophilizer จะได้สารสกัดหยาบจากใบกระท่อม เก็บสารสกัดหยาบจากใบกระท่อมที่ได้ไว้ในขวดสีชา ที่ 4–8 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปทำการทดสอบในขั้นตอนต่าง ๆ ต่อไป

เชื้อจุลชีพที่ใช้ในการทดสอบ

เตรียมเชื้อสำหรับใช้ในการทดสอบได้แก่ *S. aureus* (ATCC 25923), *E. faecalis* (ATCC 29212) *E. coli* (ATCC25922) และ *P. aeruginosa* (ATCC 27853) จากห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาคลินิกและปรสิตทางการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยนำเชื้อไป subculture ลงบน BA และ MAC จากนั้นนำไปบ่มที่ 35–37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18–24 ชั่วโมง และเก็บเชื้อเพื่อทำ Stock สำหรับใช้ในการทดสอบต่อไป

การทดสอบฤทธิ์การต้านจุลชีพด้วยวิธี Disk diffusion

นำแบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงไว้แล้วมาปรับให้มีความขุ่นเท่ากับ 0.5 McFarland standard ใช้สำลีปราศจากเชื้อจุ่มและบิดให้หมาด จากนั้นป้ายเชื้อลงบน Mueller–Hinton Agar ให้ทั่ว เตรียมสารสกัดใบกระท่อมความเข้มข้นตั้งแต่ 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 และ 1,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยใช้ DMSO ร้อยละ 8 เป็นตัวทำละลาย จากนั้นวางแผ่น disk เปล่าลงบน Mueller–Hinton Agar แล้วหยดสารสกัดหยาบจากใบกระท่อมแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงบนแผ่น disk เปล่า ใช้ DMSO ร้อยละ 8 เป็น negative control ใช้ disk ยา Gentamicin (CN) 10 ไมโครกรัม เป็น Positive control (แบคทีเรียแกรมลบ) และใช้ disk ยา Vancomycin (VA) 30 ไมโครกรัม เป็น Positive control (แบคทีเรียแกรมบวก) นำไปบ่มที่ 35–37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18–24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาทำการอ่านผลโดยวัดขนาดของโซนยับยั้ง (ทดสอบ 3 ซ้ำ) และบันทึกผล [21]

ผลการศึกษา

ปริมาณสารสกัดที่ได้จากพืช

การสกัดสารสกัดหยาบจากใบกระท่อมด้วยเอทานอลร้อยละ 70 ได้สารสกัดที่มีลักษณะเหนียวข้น และหนืด สีเขียวเข้ม น้ำหนัก 14.77 กรัม คิดเป็นร้อยละของผลิตภัณฑ์ (%yield) เท่ากับ 4.92

การทดสอบฤทธิ์การต้านจุลชีพด้วยวิธี Disk diffusion

การทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อ *S. aureus* (ATCC 25923), *E. faecalis* (ATCC 29212), *E. coli* (ATCC25922) และ *P. aeruginosa* (ATCC 27853) ของสารสกัดหยาบจากใบกระท่อมที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 70 พบว่าสารสกัดหยาบจากใบกระท่อมที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 70 สามารถยับยั้งเชื้อ *E. faecalis* (ATCC 29212) ได้ ที่ความเข้มข้น 500–1,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยมีโซนยับยั้งเท่ากับ 7.7–9.7 มิลลิเมตร และยับยั้งเชื้อ *S. aureus* (ATCC 25923)

ได้ ที่ความเข้มข้น 800–1,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยมีโซนยับยั้งเท่ากับ 8.0–8.7 มิลลิเมตร แต่ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* (ATCC25922) และ *P. aeruginosa* (ATCC 27853) ได้ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อจุลชีพของสารสกัดหยาบจากใบกระท่อมที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 70

เชื้อ	สารสกัดหยาบจากใบกระท่อมที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 70 (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)											
ทดสอบ	1000	900	800	700	600	500	400	300	200	100	PC	NC
S. aureus (ATCC 25923) (มิลลิเมตร)	8.7±0.6	8.3±0.6	8.0±1.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	19.0±0.0*	6.0±0.0
E. faecalis (ATCC 29212) (มิลลิเมตร)	8.7±0.6	8.3±0.6	8.0±1.0	7.7±0.6	8.3±0.6	9.7±0.6	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	17.7.0±0.6*	6.0±0.0
E.coli (ATCC25922) (มิลลิเมตร)	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	21.0±1.0**	6.0±0.0
P. aeruginosa (ATCC 27853) (มิลลิเมตร)	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	24.0±0.0**	6.0±0.0

หมายเหตุ รายงานด้วยค่าเฉลี่ย (Mean)±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD), PC = Positive control (*Vancomycin สำหรับแบคทีเรียแกรมบวก **Gentamicin สำหรับแบคทีเรียแกรมลบ) และ NC = Negative control (DMSO ร้อยละ 8)

สรุปผลและอภิปรายผล

การสกัดสารสกัดหยาบจากใบกระท่อมน้ำหนักแห้ง 300 กรัม ด้วยเอทานอลร้อยละ 70 ได้สารสกัดที่มีลักษณะเหนียวข้น สีเขียวเข้ม น้ำหนัก 14.77 กรัม คิดเป็นผลผลิตร้อยละ 4.92 และใช้ DMSO ร้อยละ 8 เป็นตัวทำละลายในการทดสอบ ซึ่งไม่มีความเป็นพิษต่อเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อพบว่าสารสกัดหยาบจากใบกระท่อมสามารถยับยั้งเชื้อ *E. faecalis* (ATCC 29212) ได้ที่ความเข้มข้น 500–1,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร (โซนยับยั้งเท่ากับ 7.7–9.7 มิลลิเมตร) และยับยั้ง *S. aureus* (ATCC 25923) ได้ที่ความเข้มข้น 800–1,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร (โซนยับยั้งเท่ากับ 8.0–8.7 มิลลิเมตร) สอดคล้องกับรายงานของคุณ Munawwarah และคณะที่แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากใบกระท่อมที่สกัดด้วยเมทานอลสามารถยับยั้ง *S. aureus* ได้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 9 ขึ้นไป และที่ความเข้มข้นร้อยละ 24 พบโซนยับยั้งต่อเชื้อมากที่สุดเท่ากับ 9.98 มิลลิเมตร [22] แต่การศึกษาครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยบางฉบับ เช่น งานวิจัยของคุณกิตติศักดิ์ เหมือนดาว ที่พบว่าสารสกัดจากกระท่อมที่สกัดด้วยสารละลายหลายชนิด เช่น เอทานอล เอทิลอะซีเตท เฮกเซน และไดคลอโรมีเทน ไม่สามารถยับยั้ง *S. aureus* ได้ [23]

ผลการศึกษานี้พบว่าสารสกัดหยาบจากใบกระท่อมไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *E. coli* (ATCC25922) และ *P. aeruginosa* (ATCC 27853) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของคุณ Parthasarathy และคณะ ที่ได้ทำการทดสอบสารสกัดจากใบกระท่อมที่สกัดด้วยเมทานอล และน้ำกับเชื้อ *E. coli* และ *P. aeruginosa* จากผลการทดสอบพบว่าสารสกัดจากใบกระท่อมที่สกัดด้วยเมทานอลและน้ำไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* และ *P. aeruginosa* ได้ [24]

การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดใบกระท่อมยังคงมีความน่าสนใจและมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทางยาหรือผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร โดยการศึกษาครั้งนี้เป็นการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดใบกระท่อมแบบคัดกรองเท่านั้น ไม่สามารถบอกได้อย่างแน่ชัดว่าสารสกัดสามารถยับยั้งเชื้อได้อย่างแน่นอน ผู้วิจัย

แนะนำให้มีการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ (Minimum inhibitory concentration; MIC) และหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถฆ่าเชื้อได้ (Minimum bactericidal concentration; MBC) เพิ่มเติม ควรศึกษาฤทธิ์ของสารพฤกษเคมีแต่ละชนิดเพื่อระบุสารที่เป็นองค์ประกอบหลักที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย การทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียในสภาวะที่หลากหลาย เช่น ที่อุณหภูมิ และค่า pH ที่แตกต่างกันว่าจะมีผลอย่างไรกับเชื้อแบคทีเรีย การศึกษากลไกการออกฤทธิ์เพื่อทำความเข้าใจถึงกระบวนการที่สารพฤกษเคมีที่มีอยู่ในสารสกัดใบกระท่อมยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียและนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสารสกัดใบกระท่อมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกพืชกระท่อม ตำบลท่าเรือ อำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนม คณะสหเวชศาสตร์ และห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาคลินิกและปรสิตทางการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

เอกสารอ้างอิง

1. Lamy B, Sundqvist M, Idelevich EA; ESCMID Study Group for Bloodstream Infections, Endocarditis and Sepsis (ESGBIES). Bloodstream infections–standard and progress in pathogen diagnostics. Clin Microbiol Infect. 2020; 26(2):142–50.
2. Amanati A, Sajedianfard S, Khajeh S, Ghasempour S, Mehrangiz S, Nematolahi S, Shahhosein Z. Bloodstream infections in adult patients with malignancy, epidemiology, microbiology, and risk factors associated with mortality and multi-drug resistance. BMC Infect Dis. 2021; 21(1):636.
3. Darnell RL, Paxie O, Rose FOT, Morris S, Krause AL, Monk IR, et al. Antimicrobial tolerance and its role in the development of resistance: Lessons from enterococci. Adv Microb Physiol. 2022; 81: 25–65.
4. Hasanpour AH, Sepidarkish M, Mollalo A, Ardekani A, Almukhtar M, Mechaal A, et al. The global prevalence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* colonization in residents of elderly care centers: a systematic review and meta-analysis. Antimicrob Resist Infect Control. 2023; 29;12(1):4.
5. Gambushe SM, Zishiri OT, Zowalaty MEE. Review of *Escherichia coli* O157:H7 prevalence, pathogenicity, heavy metal and antimicrobial resistance, African perspective. Infect Drug Resist. 2022; 23(15):4645–73.
6. Giovagnorio F, Vito AD, Madeddu G, Parisi SG, Geremia N. Resistance in *Pseudomonas aeruginosa*: A narrative review of antibiogram interpretation and emerging treatments. Antibiotics (Basel). 2023; 12(11):1621.
7. Huemer M, Shambat SM, Brugger SD, Zinkernagel AS. Antibiotic resistance and persistence-Implications for human health and treatment perspectives. EMBO Rep. 2020; 21(12):e51034.
8. Dechayont B, Phuaklee P, Chunthorng-Orn J, Juckmeta T, Prajuabjinda O, Jiraratsatit K. Antibacterial, anti-inflammatory and antioxidant activities of Mahanintangtong and its constituent herbs, a formula used in Thai traditional medicine for treating pharyngitis. BMC Complement Med Ther. 2021; 21(1):105.

9. Kaewkod T, Tobe R, Tragoolpua Y, Mihara H. Medicinal plant extracts protect epithelial cells from infection and DNA damage caused by colibactin-producing *Escherichia coli*, and inhibit the growth of bacteria. J Appl Microbiol. 2021; 130(3):769-85.
10. Kumar S, Singh B, Bajpai V. Andrographis paniculata (Burm.f.) Nees: Traditional uses, phytochemistry, pharmacological properties and quality control/quality assurance. J Ethnopharmacol. 2021; 15:275: 114054.
11. MagryŚ A, Olender A, Tchórzewska D. Antibacterial properties of Allium sativum L. against the most emerging multidrug-resistant bacteria and its synergy with antibiotics. Arch Microbiol. 2021; 203(5):2257-68.
12. Jessica, E.; Adkins, E.W. Mitragyna speciosa, A psychoactive tree from Southeast asia with opioid activity. Curr Top Med Chem. 2011; 11(9):1165-75.
13. Firmansyah A, Sundalian M, Taufiq M. Kratom (Mitragyna speciosa korth) for a new medicinal: A review of pharmacological and compound analysis. Biointerface Res. Appl. Chem. 2021; 11(2):9704-18.
14. นิวัติ แก้วประดับ. ใบกระท่อม สรรพคุณทางยา ประโยชน์และโทษ [อินเตอร์เน็ท]. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2567. ได้จาก https://www.oncb.go.th/ncsmi/cottage8/ใบกระท่อม สรรพคุณทางยา ประโยชน์และโทษ.pdf
15. Khamooshi F, Akinnawo AS, Doraji-Bonjar S, Modarresi-Alam AR. Mitragynine Chemistry: Extraction, Synthesis, and Clinical Effects. Chemistry Africa. 2024; 7:2907–20.
16. Chittrakarn S, Sawangjaroen K, Prasettho S, Janchawee B, Keawpradub N. Inhibitory effects of kratom leaf extract (Mitragyna speciosa Korth.) on the rat gastrointestinal tract. J Ethnopharmacol. 2008; 116(1):173–8.
17. Tanguay P. Kratom in Thailand: decriminalisation and community control? Ser Legis Reform Drug Polic. 2011; 13:1–16.
18. วัลยา พุมตนวงศ์ ธัญญาภัทร โทจำปา. พิษวิทยาของพืชกระท่อม. วารสารเภสัชกรรมโรงพยาบาล. 2563; 30(2):118-124.
19. Salim HM, Puspitarini MD, Setiwati Y, *Shimabukuro* M. Antibacterial mechanism of Kratom (Mitragyna speciosa) methanol extract on *Streptococcus pneumoniae* and *Eschericia coli* bacteria. BHSJ. 2021; 4(2):99-103.
20. Sornsenee P, Chimplee S, Romyasamit C Evaluation of antibacterial, antibiofilm, antioxidant, and anti-inflammatory activities of Kratom leaves (Mitragyna speciosa) fermentation supernatant containing *Lactobacillus rhamnosus* GG. Probiotics Antimicrob Proteins. 2023 Sep 15.
21. Anunkaorn J, Nipaporn K, Jarinya K, et al. The effects of Cissampelos pareira L. extract for common pathogenic bacteria in hospital. Udonthani Hospital Medical Journal. 2022;30(1): 121-30.
22. Munawwarah L, Ramadhan AM, Ardana M. Antibacterial activity test of Sapat Leaf extract (Mitragyna speciosa Korth.) against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* bacteria. In : Proceedings of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences 4. Indonesia. 2016.
23. กิตติศักดิ์ เหมือนดาว. การเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารไมทราไจนีนเพื่องานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์และฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียจากกระท่อม. วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร [อินเตอร์เน็ท]. (2561);

สืบค้นเมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม 2567. ได้จาก http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/1957/1/60312315.pdf

24. Parthasarathy S, Azizi J Bin, Ramanathan S, Ismail S, Sasidharan S, Mohd MI, et al. Evaluation of antioxidant and antibacterial activities of aqueous, methanolic and alkaloid extracts from Mitragyna speciosa (rubiaceae family) leaves. Molecules. 2009; 14(10):3964–74.

การแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากปลาส้มและการศึกษาคุณสมบัติการเป็นโปรไบโอติก

Isolation of lactic acid bacteria from fermented fish and studying of its probiotic properties

ธิดา ไชยวังศรี[1*] และ กฤตพร แจ่มมณี[1]

Thida Chaiwangsri[1*] and Krittaporn Jammanee[1]

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์อาหารหมักหลายชนิดมีรายงานว่ามีแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีคุณสมบัติเป็นโปรไบโอติก ปลาส้มเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้กระบวนการหมักของแบคทีเรียกรดแลคติก การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกและทดสอบศักยภาพการเป็นโปรไบโอติกของแบคทีเรียกรดแลคติกจากปลาส้มของ 5 แหล่งผลิตในจังหวัดพะเยา พบเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกจำนวน 17 ไอโซเลต การตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์ พบว่าทุกไอโซเลตติดสีแกรมบวก รูปร่างเซลล์เป็นท่อนสั้นและกลม พบเชื้อจำนวน 16 ไอโซเลต ไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลสและเอนไซม์ออกซิเดส การทดสอบการเจริญของเชื้อในอาหารที่มีความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 4, 10 และ 18 พบว่าทุกไอโซเลตสามารถเจริญได้ในอาหารที่มีเกลือทุกความเข้มข้น จากการจัดจำแนกบนพื้นฐานของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์และลักษณะทางชีวเคมีเบื้องต้น เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก 7 ไอโซเลต (PYOA1, PYOB2, PYOE5, PYOF6, PYOJ10, PYON14 และ PYOP16) ถูกคัดเลือกเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติความเป็นโปรไบโอติก ได้แก่ การย่อยเม็ดเลือดแดง ความไวต่อยาปฏิชีวนะ ความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคทางเดินอาหาร ความสามารถการอยู่รอดในสภาวะที่มีเกลือน้ำดี และความสามารถในการยึดเกาะพื้นผิว พบว่า เชื้อไอโซเลต PYOA1 แสดงคุณสมบัติโปรไบโอติกที่ดีที่สุด คือ ไม่ย่อยเม็ดเลือดแดง มีความไวต่อยา Penicillin G, Tetracycline และ Chloramphenicol สามารถอยู่รอดที่เวลา 6 และ 12 ชั่วโมงได้ ร้อยละ 8.40 และ 4.60 ตามลำดับ และสามารถยึดเกาะพื้นผิวได้ร้อยละ 100 ผลที่ได้จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าไอโซเลต PYOA1 น่าจะเป็นประโยชน์สำหรับการประยุกต์ใช้ต่อไปได้ เนื่องจากมีข้อบ่งชี้ที่แสดงถึงคุณสมบัติของโปรไบโอติกที่ประกอบด้วยการไม่ย่อยเม็ดเลือดแดง การทนต่อสภาวะในทางเดินอาหาร และความสามารถในการยึดเกาะพื้นผิวได้ดี

คำสำคัญ: ปลาส้ม, ปลาหมัก, แบคทีเรียกรดแลคติก, โปรไบโอติก

[1] สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] School of Microbiology Faculty of Medical Science University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author: thida.ch@up.ac.th

Abstract

There are various fermented food products have been reported to contain lactic acid bacteria (LAB) with probiotic properties. Pla-Som is a fermented food product using lactic acid bacteria fermentation. This study aimed to isolate and evaluate the probiotic potential of lactic acid bacteria from Pla-Som from five producers in Phayao Province. A total of 17 lactic acid bacteria isolates were obtained, all of which were Gram-positive, short rod and coccoid cell shapes. Sixteen isolates were not produce catalase or oxidase enzymes. Determination of growth in media containing sodium chloride concentrations of 4%, 10%, and 18% found that all isolates were able to grow in the media containing all salt concentrations. Based on morphological and preliminary biochemical characteristics, 7 isolates (PYOA1, PYOB2, PYOE5, PYOF6, PYOJ10, PYON14, and PYOP16) were selected for further evaluate the probiotic properties, including red blood cell hemolysis, antibiotic susceptibility, ability to inhibit gastrointestinal pathogenic bacteria, survival under bile salt conditions, and surface adhesion ability. It was found that the isolate PYOA1 exhibited the best probiotic properties, as it did not cause hemolysis, showed sensitivity to Penicillin G, Tetracycline, and Chloramphenicol, survived under bile salt conditions at 6 and 12 hours with survival rates of 8.40% and 4.60%, respectively, and shoewed 100% surface adhesion ability. The results suggest that isolate PYOA1 may be particularly beneficial for future applications due to its probiotic characteristics, including non-hemolytic properties, tolerance to gastrointestinal conditions, and high adhesion capabilities.

Keywords: Pla-Som, Fermented fish, Lactic acid bacteria, Probiotics

บทนำ

อาหารหมักดองเป็นอาหารที่เกิดจากวิธีการถนอมอาหารเพื่อให้สามารถเก็บรักษาอาหารไว้ได้นานขึ้น ในกระบวนการหมักอาหารจะมีจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก ได้แก่แบคทีเรีย ยีสต์ และรา กลุ่มแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมักอาหารคือแบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria หรือ LAB) ที่อยู่ในสกุล *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างแท่งหรือกลม เจริญได้ดีในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน [1]-[2] แบคทีเรียกรดแลคติกหลายสายพันธุ์ที่แยกได้จากอาหารหมักดองถูกนำมาศึกษาและถูกนำมาใช้ในรูปแบบของโปรไบโอติกซึ่งเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีผลดีต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ แบคทีเรียกรดแลคติกจึงถูกจัดเป็นจุลินทรีย์ที่ปลอดภัยต่อมนุษย์และมีสถานะได้รับการยอมรับว่าปลอดภัย (Generally Recognized as Safe ; GRAS) [3]-[5] ปลาส้มเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากเนื้อปลาที่มีชื่อเสียงของจังหวัดพะเยา เป็นอาหารหมักจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนที่อาศัยอยู่ริมกว๊านพะเยาที่ต้องการถนอมอาหารเพื่อให้เก็บไว้รับประทานได้นาน ซึ่งมีกระบวนการหมักที่ใช้สูตรการหมักที่มีความเฉพาะของท้องถิ่น ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ปลาส้มที่น่าจะเป็นแหล่งของเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีศักยภาพโปรไบโอติกที่ดี

จุลินทรีย์โปรไบโอติกถูกให้คำนิยามว่าเป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตซึ่งเมื่อได้รับในปริมาณที่เพียงพอ จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพ ไม่เป็นจุลินทรีย์ก่อโรคและก่อให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกายของมนุษย์ ซึ่งจะต้องได้รับในปริมาณที่เหมาะสม (FAO/WHO, 2002) [6] จุลินทรีย์โปรไบโอติกช่วยในการส่งเสริมสุขภาพของโฮสต์โดยมีความสามารถในการปรับสมดุลจุลินทรีย์ในลำไส้ให้ดีขึ้น ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นอันตราย ส่งเสริมการย่อยอาหารที่ดี ใช้บรรเทาอาการโรคลำไส้อักเสบ บรรเทาอาการท้องผูก [7] เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน และเพิ่มความต้านทานต่อการ

ติดเชื้อ [8] แบคทีเรียบางสายพันธุ์ยังมีฤทธิ์ต้านมะเร็งหรือต้านโรคเบาหวาน [9]–[10] เพื่อให้จุลินทรีย์โปรไบโอติกแสดงผลลัพธ์ที่เป็นประโยชน์ได้จึงควรได้รับการประเมินและตรวจสอบศักยภาพ และต้องผ่านเกณฑ์การคัดเลือกที่จำเป็นสำหรับการคัดเลือกโปรไบโอติก [11] ได้แก่ การไม่ย่อยสลายเม็ดเลือดแดงและความไวต่อยาปฏิชีวนะ ไม่มีความรุนแรงหรือกิจกรรมสร้างสารพิษ [12] สามารถรอดชีวิตในทางเดินอาหาร (GI tract) ของโฮสต์ ทนต่อสภาวะที่มีค่า pH ต่ำและความเป็นพิษของน้ำดีซึ่งพบในทางเดินอาหารส่วนต้น และมีความสามารถในการยึดเกาะกับเซลล์เยื่อบุผิวลำไส้ได้ดี [13] เป็นต้น

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อคัดแยกแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากปลาส้มที่ผลิตในจังหวัดพะเยา และศึกษาคุณสมบัติโปรไบโอติกของแบคทีเรียกรดแลคติกที่แยกได้ เพื่อประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรไบโอติกเพื่อสุขภาพต่อไป

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

ผลิตภัณฑ์ปลาส้มที่แยกได้มีแบคทีเรียกรดแลคติกที่ทำให้เกิดกระบวนการหมัก ปลาส้มที่มาจากแหล่งผลิต 5 แหล่งที่ใช้วัตถุดิบและส่วนผสมที่แตกต่างกันจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ปลาส้มที่มีคุณภาพทางจุลชีววิทยาของเชื้อที่ต่างกัน มีความเป็นไปได้ที่จะแยกได้เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกหลากหลายชนิด และแบคทีเรียกรดแลคติกที่แยกได้จากปลาส้มมีคุณสมบัติเป็นโปรไบโอติกที่แตกต่างกัน เพื่อคัดเลือกเชื้อที่มีคุณสมบัติโปรไบโอติกที่ดีในการประยุกต์ต่อไป

วิธีวิทยาการวิจัย

การเตรียมตัวอย่าง การแยกเชื้อและการคัดเลือกแบคทีเรียกรดแลคติกจากปลาส้ม

เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลาส้มจากแหล่งผลิตในจังหวัดพะเยา จำนวน 5 ตัวอย่าง เตรียมตัวอย่างดวยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างปลาส้ม 25 กรัม เจือจางดวยสารละลาย 0.1% Peptone water ปริมาตร 225 มิลลิลิตรที่ปราศจากเชื้อในถุงพลาสติกปราศจากเชื้อ (stomacher bag) ผสมให้เปนเนื้อเดียวกันดวยเครื่องตีบดผสมตัวอยาง (stomacher) ไดตัวอยางความเจือจางที่ 10^{-1} จากนั้นเจือจางเปนลำดับขั้นจนไดระดับความเจือจางที่ 10^{-2} และ 10^{-3} นำมาเกลี่ย (spread plate) บนอาหารเลี้ยงเชื้อ de Man, Rogosa and Sharpe (MRS) agar ที่เติม Bromocresol green รอยละ 0.02 นำไปบมในในตู้บ่มคาร์บอนไดออกไซด์ (5% CO_2 incubator) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48–72 ชั่วโมง คัดเลือกโคโลนีในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่รอบโคโลนีมีการเปลี่ยนสีของอาหารจากสีเขียวเป็นสีเหลือง นำมาเพาะเลี้ยงบนอาหาร MRS agar จนได้โคโลนีเดี่ยวของเชื้อบริสุทธิ์ ตรวจสอบการติดสีแกรม ลักษณะรูปรางและการจัดเรียงตัว คัดเลือกแบคทีเรียที่ยอมติดสีแกรมบวก รูปกลม รูปทอน และรูปไข่ มาทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี การสรางเอนไซมคะตะเลส (catalase test) และการสรางเอนไซมออกซิเดส (oxidase test) การทดสอบการสร้างกรดและก๊าซจากการหมักน้ำตาลกลูโคส และการเจริญในอาหารที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4, 10 และ 18 ตามลำดับแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดเลือกไดจะเก็บรักษาในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS broth ที่เติมสารละลายกลีเซอรอล ความเขมขนร้อยละ 40 เก็บที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียสเพื่อใชในการทดสอบคุณสมบัติในการเปนโปรไบโอติก ต่อไป

การศึกษาคุณสมบัติการเป็นโปรไบโอติกของแบคทีเรียแลคติก

แบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดเลือกได้จากขอ 1. นำมาทดสอบความสามารถในการเปนโปรไบโอติก ได้แก ทดสอบความสามารถในการย่อยเม็ดเลือดแดง ความสามารถในการทนสภาวะที่มีเกลือน้ำดี ทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะ ทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียกอโรค และทดสอบความสามารถในการยึดเกาะกับพื้นผิว โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

การทดสอบการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง

นำเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดเลือกได้เพาะเลี้ยงลงบนจานอาหาร Blood agar บ่มในตู้บ่มคาร์บอนไดออกไซด์ (5%CO_2 incubator) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง สังเกตการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงบนอาหาร Blood agar แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้ Beta haemolysis มีการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงแบบสมบูรณ์ เกิดวงใสสีเหลืองรอบโคโลนีของเชื้อ Alpha haemolysis เกิดวงใสสีเขียวรอบโคโลนีของเชื้อ และ Gamma haemolysis หรือ Non haemolysis ไม่เกิดวงใสรอบโคโลนีของเชื้อ

การทดสอบความสามารถในการทนต่อเกลือน้ำดี (bile salt)

นำแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดเลือกได้เลี้ยงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ในตู้บ่มคาร์บอนไดออกไซด์ เปนเวลา 48–72 ชั่วโมง จากนั้นปรับความขุนเริ่มตนของเชื้อให้เท่ากับสารมาตรฐาน McFarland No. 0.5 (10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร) แล้วถ่ายเชื้อลงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ที่มีการปรับคา pH ให้เทากับ 8 และผสมดวยเกลือน้ำดี (bile salt) ให้มีความเขมขนรอยละ 0.3 ดวยเทคนิคปลอดเชื้อ โดยมีอาหารที่ไมเติมเกลือน้ำดีและคา pH เทากับ 6.5 เปนชุดควบคุม นำไปบมที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 72 ชั่วโมง ในตู้บ่มคาร์บอนไดออกไซด์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นนับจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตแล้วคำนวณร้อยละการอยู่รอดของเชื้อ โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละ (\%) การอยู่รอด} = \frac{\text{ปริมาณเชื้อหลังทดสอบ (CFU/ml)}}{\text{ปริมาณเชื้อเริ่มต้น (CFU/ml)}} \times 100$$

การทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะโดยวิธี disk diffusion

นำแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดเลือกได้มาทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะด้วยวิธี disk diffusion เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีปริมาณเชื้อ 1.5×10^8 CFU/ml ลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar โดยใชไมพันสำลีปราศจากเชื้อจุมเชื้อทดสอบแลวนำมาปาย (swab) ให้ทั่วผิวหน้าอาหาร รอให้ผิวหน้าอาหารแห้ง จากนั้นวางแผ่นยาปฏิชีวนะ ได้แก่ Tetracycline (30 µg/disc), Chloramphenicol (30 µg/disc) และ Penicillin (10 µg/disc) ลงบนผิวหน้าอาหารที่ป้ายเชื้อไว้ นำบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในตู้บ่มคาร์บอนไดออกไซด์ บันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง (Inhibition zone) รอบแผ่นยา การแปลผลของยาปฏิชีวนะแต่ละชนิดแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ไว(susceptible – S) ปานกลาง(intermediate – I) และต้านทาน(resistant – R) อิงแผนผังมาตรฐาน ซึ่งยาปฏิชีวนะแต่ละชนิดมีแผนผังมาตรฐานแตกต่างกัน [14]

การทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียกอโรค

ทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียกอโรคดวยวิธี agar well diffusion assay โดยทำการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแลคติกในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS broth ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บมที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เปนเวลา 72 ชั่วโมง ในตู้บ่มคาร์บอนไดออกไซด์ และเตรียมเชื้อทดสอบโดย เพาะเลี้ยงแบคทีเรียกอโรค ได้แก

Escherichia coli DMST 4212 และ *Staphylococcus aureus* DMST 8840 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว BHI broth ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บมที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการปรับความขุ่นของแบคทีเรียกอโรค ให้มีค่าเท่ากับสารละลายมาตรฐาน MacFarland No. 0.5 เพื่อให้ปริมาณเชื้อตั้งต้นมีค่าเท่ากับ 1.5×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร จากนั้นใช้ไมพันสำลีปราศจากเชื้อ จุ่มเชื้อทดสอบแลวนำมาปาย (swab) ให้ทั่วผิวหนาอาหาร MHA agar ให้ทั่ว แล้วใช้ cork borer ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรเจาะลงบนผิวหนาอาหาร MHA agar นำแบคทีเรียกรดแลคติกไปปนเหวี่ยง ที่ 6,000 รอบตอนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำสวนใส (supernatant) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมลงในหลุมที่เจาะ บมที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ บันทึกผลโดยวัดขนาดเสนผานศูนยกลางของบริเวณยับยั้ง (zone of inhibition) ในหนวยมิลลิเมตรการทดสอบนี้ใช้อาหาร MRS broth ที่ปลอดเชื้อเป็น negative control และใช้กรดแลคติก (pH 2.0) เป็น positive control

การทดสอบความสามารถในการยึดเกาะกับพื้นผิว

ถ่ายเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่เตรียมไว้ลงในหลุม 96 well plate หลุมละ 100 ไมโครลิตร บ่มที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในตู้บ่มคาร์บอนไดออกไซด์ ล้างเซลล์ที่ไม่ได้ยึดเกาะกับพื้นผิว Phosphate buffer saline (PBS) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร จำนวน 12 ครั้ง จากนั้นเติมสารละลาย tween 80 ร้อยละ 0.05 (v/v) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ลงในแต่ละหลุมเพื่อชะเซลล์ออกจากพื้นผิว เขย่าบนเครื่องเขย่า (Shaker incubator) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นับจำนวนเซลล์ที่ยึดเกาะกับพื้นผิวโดยนำเซลล์แต่ละหลุมมาเพาะเลี้ยงบนอาหาร MRS agar ด้วยวิธี spread plate นำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ในตู้บ่มคาร์บอนไดออกไซด์ นับจำนวนเชื้อที่เจริญบนผิวหน้าอาหารคำนวณให้อยู่ในหน่วย CFU/ml แล้วคำนวณหาคำนวณ ร้อยละ(%) ของการยึดเกาะ

$$\text{ร้อยละ (\%) การยึดเกาะ} = \frac{\text{ปริมาณเซลล์หลังทดสอบ (CFU/ml)}}{\text{ปริมาณเซลล์เริ่มต้น (CFU/ml)}} \times 100$$

การวิเคราะห์ผล

ทุกการทดลองทำสามซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษา

การคัดแยกตัวอย่างแบคทีเรียกรดแลคติกจากปลาส้มจาก 5 แหล่งผลิต โดยใช้อาหาร MRS agar ที่มี 0.02% Bromocresol green เป็นอินดิเคเตอร์ พบเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด 17 ไอโซเลต การตรวจสอบลักษณะโคโลนีที่เจริญบนอาหาร การย้อมสีแกรม การตรวจสอบรูปร่างเซลล์ และการจัดเรียงตัวของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 17 ไอโซเลต เป็นแบคทีเรียแกรมบวก เมื่อตรวจสอบดูลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่ามีรูปร่างท่อน จำนวน 13 ไอโซเลต ได้แก่ PYOB2, PYOC3, PYOD4, PYOE5, PYOG7, PYOI9, PYOJ10, PYOL12, PYOM13, PYON14, PYOO15, PYOP16 และ PYOQ17 และมีรูปร่างกลม จำนวน 4 ไอโซเลต ได้แก่ PYOA1, PYOF6, PYOH8 และ PYOK11 เชื้อที่ไม่มีการสร้างเอนไซม์คะตะเลสและเอนไซม์ออกซิเดส จำนวน 16 ไอโซเลต ได้แก่ PYOA1, PYOB2, PYOC3, PYOD4, PYOE5, PYOF6, PYOG7, PYOH8, PYOJ10, PYOK11, PYOL12, PYOM13, PYON14, PYOO15, PYOP16 และ PYOQ17 เชื้อที่มีการสร้างกรดโดยเปลี่ยนสีของอาหารจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ได้แก่ ไอโซเลต PYOB2, PYOG7, PYOI9, PYOK11, PYOM13, PYOQ17 และ PYOJ10 ไอโซเลตที่มีการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในหลอดดักก๊าซ ได้แก่ PYOO15 และ PYOP16 และพบว่าทุกไอโซเลตสามารถเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 4, 10 และ 18 ได้ (ตารางที่ 1)

การตรวจสอบคุณสมบัติโปรไบโอติกของแบคทีเรียกรดแลคติก

คัดเลือกเชื้อเพื่อเป็นตัวแทนของแบคทีเรียกรดแลคติกที่แยกได้ปลาส้มจาก 5 แหล่งผลิต โดยใช้เกณฑ์คัดเลือกเชื้อที่มีรูปร่างเซลล์ต่างกัน (รูปร่างกลมและหรือรูปร่างแท่ง) เชื้อไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลสและไม่สร้างเอนไซม์ออกซิเดส เชื้อมีการสร้างกรดและสามารถเจริญได้ในอาหารที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 4, 10, และ 18 ได้เชื้อที่จะนำไปตรวจสอบคุณสมบัติโปรไบโอติกจำนวน 7 ไอโซเลต ได้แก่ PYOA1, PYOB2, PYOE5, PYOF6, PYOJ10, PYON14 และ PYOP16

ผลการทดสอบความสามารถในการย่อยเม็ดเลือดแดง

การทดสอบการย่อยเม็ดเลือดแดง พบว่ามีเชื้อที่ไม่ย่อยเม็ดเลือดแดง (Gamma haemolysis) ไม่พบโซนสีเหลืองรอบโคโลนีของเชื้อจำนวน 1 ไอโซเลต คือ ไอโซเลต PYOA1 ส่วนไอโซเลต PYOB2, PYOE5, PYOF6, PYOJ10, PYON14 และ PYOP16 พบการย่อยเม็ดเลือดแดงแบบสมบูรณ์ (Beta haemolysis) รอบ ๆ โคโลนีของเชื้อจะเกิดโซนสีเหลือง (ตารางที่ 2)

ผลทดสอบความสามารถในการทนต่อเกลือน้ำดี (bile salt)

การทดสอบความสามารถการอยู่รอดในสภาวะทางอาหารเกลือน้ำดีของแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดเลือกจำนวน 7 ไอโซเลต พบว่าจำนวนเชื้อหลังการบ่ม 6 ชั่วโมง มีไอโซเลต PYOA1, PYOB2 และ PYOF6 สามารถอยู่รอดในสภาวะที่มีเกลือน้ำดี 0.3% ได้ร้อยละ 8.4, 8.8 และ 43.06 หลังจากการบ่ม 12 ชั่วโมง พบเชื้อที่สามารถอยู่รอดได้ คือ ไอโซเลต PYOA1 มีค่าการอยู่รอดร้อยละ 4.6 (ตารางที่ 2) แบคทีเรียกรดแลคติกไอโซเลต PYOA1, PYOB2 และ PYOF6 สามารถรอดชีวิตได้ในสภาวะเกลือน้ำดีที่ทดสอบจึงมีแนวโน้มที่จะเจริญและรอดชีวิตในระบบทางเดินอาหารได้

ผลการทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค

การทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค โดยใช้เชื้อทดสอบแบคทีเรีย *E. coli* DMST4212 และ *S. aureus* DMST8840 พบว่าสารละลายเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 7 ไอโซเลต ไม่สามารถยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคที่ใช้ทดสอบได้ เนื่องจากไม่เกิดโซนใสของการยับยั้งรอบหลุมที่หยดสารละลายเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 แสดงผลการตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาและคุณสมบัติทางชีวเคมีเบื้องต้นของแบคทีเรีย กรดแลคติกที่แยกได้จากปลาส้ม

รหัสไอโซเลต	รูปร่างเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (1000 เท่า)	Catalase test	Oxidase test	การใช้น้ำตาลกลูโคส		การเจริญในอาหารที่เกลือโซเดียมคลอไรด์ (ร้อยละ)		
				สร้างกรด	สร้างก๊าซ	4	10	18
PYOA1	กลม	–	–	+	–	++	++	++
PYOB2	ท่อนสั้น	–	–	+	–	+	++	++
PYOC3	ท่อนสั้น	–	–	–	–	+	+	+
PYOD4	ท่อนสั้น	–	–	–	–	+	+	+
PYOE5	ท่อนสั้น	–	–	–	–	+	++	++
PYOF6	กลม	–	–	–	–	+	+	+
PYOG7	กลม	–	–	+	–	+	+	+
PYOH8	กลม	–	–	–	–	++	+	+

รหัสไอโซเลต	รูปร่างเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (1000 เท่า)	Catalase test	Oxidase test	การใช้น้ำตาลกลูโคส		การเจริญในอาหารที่เกลือโซเดียมคลอไรด์ (ร้อยละ)		
				สร้างกรด	สร้างก๊าซ	4	10	18
PYOI9	ท่อนสั้น	+	+	+	–	+	+	++
PYOJ10	ท่อนสั้น	–	–	++	–	++	++	++
PYOK11	กลม	–	–	+	–	++	+	++
PYOL12	กลม	–	–	–	–	+	+	+
PYOM13	ท่อนสั้น	–	–	–	–	++	++	++
PYON14	ท่อนสั้น	–	–	–	–	+	++	++
PYOO15	ท่อนสั้น	–	–	–	+++	+	+	+
PYOP16	ท่อนสั้น	–	–	–	++	+	+	+
PYOQ17	ท่อนสั้น	–	–	–	–	++	++	++

หมายเหตุ : catalase test (–) คือ ไม่เกิดฟองแก๊ส, (+) มีการเกิดฟองแก๊ส, Oxidase test (–) คือ ไม่มีการเปลี่ยนสีสารทดสอบ, (+) มีการเปลี่ยนสีสารทดสอบเป็นสีน้ำเงิน การทดสอบการสร้างกรดและก๊าซจากการหมักกลูโคส ; การดูเปลี่ยนสีน้ำเงินของอาหารเป็นสีเหลือง, (+) คือ สีของอาหารเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน, (++) คือ สีของอาหารเปลี่ยนเป็นเขียวอมเหลือง, (–) ไม่มีการเปลี่ยนสีน้ำเงินของอาหารเป็นสีเหลือง, การสร้างก๊าซ ; (–) คือสร้างก๊าซน้อยกว่า 1 เซนติเมตร, (++) คือสร้างก๊าซ 1 เซนติเมตร, (+++) คือ สร้างก๊าซมากกว่า 1 เซนติเมตร, (–) ไม่มีการสร้างก๊าซ, การทดสอบการเจริญในอาหารที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 4, 10 และ 18; การเปลี่ยนสีน้ำเงินของอาหารเป็นสีเหลือง (+) คือ สีของอาหารเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน, (++) คือ สีของอาหารเปลี่ยนเป็นสีเหลือง, (–) คือ ไม่มีการเปลี่ยนสีการเจริญ, (+) คือ มีปริมาณการเจริญน้อย, (++) คือ มีปริมาณการเจริญมาก

ผลการทดสอบความสามารถการยึดเกาะพื้นผิว

การทดสอบความสามารถการยึดเกาะพื้นผิวพบว่า ไอโซเลต PYOA1 และ PYOF6 มีความสามารถในการยึดเกาะพื้นผิวได้ร้อยละ 100 ส่วนเชื้อไอโซเลต PYOB2, PYOE5, PYOJ10, PYON14 และ PYOP16 มีค่าการยึดเกาะพื้นผิวอยู่ในช่วงร้อยละ 1.3–12.5 (ตารางที่ 2) เชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกที่สามารถยึดเกาะกับพื้นผิวได้ดีมีแนวโน้มที่จะใช้เป็นโปรไบโอติกที่ดีได้ เนื่องจากความสามารถในการยึดเกาะผนังลำไส้ของโปรไบโอติกเป็นกลไกที่ช่วยกำจัดเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร โดยการแย่งพื้นที่ยึดเกาะจุลินทรีย์ก่อโรคบริเวณผนังลำไส้

ผลการทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะโดยวิธี disk diffusion

การทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะ พบว่าทั้ง 7 ไอโซเลต มีความไว (Susceptible) ต่อยา Penicillin G, Tetracycline และ Chloramphenicol ขนาดโซนใสของยา Penicillin G ที่วัดได้มากกว่าเท่ากับ 29 มิลลิเมตร Tetracycline มีขนาดโซนใสที่วัดได้มากกว่าเท่ากับ 19 มิลลิเมตร และ Chloramphenicol มีขนาดโซนใสที่วัดได้มากกว่าเท่ากับ 18 มิลลิเมตร เมื่อแปรผลเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน CLSI เปรียบเทียบความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณที่เกิดการยับยั้งการเจริญเพื่อดูปฏิกิริยาของเชื้อต่อยาปฏิชีวนะ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 แสดงผลการตรวจสอบคุณสมบัติโปรไบโอติกของแบคทีเรียกรดแลคติกที่แยกได้จากปลาส้ม

รหัสไอโซเลต	คุณสมบัติโปรไบโอติก					
	การย่อยเม็ดเลือดแดง	การทนต่อเกลือน้ำดี (ร้อยละ)		ความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค		ความสามารถการยึดเกาะพื้นผิว (ร้อยละ)
		6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	*E. coli*	*S. aureus*	
PYOA1	Non-haemolysis	8.40	4.60	ไม่ยับยั้ง	ไม่ยับยั้ง	100.00
PYOB2	Beta haemolysis	8.80	0	ไม่ยับยั้ง	ไม่ยับยั้ง	10.60
PYOE5	Beta haemolysis	0	0	ไม่ยับยั้ง	ไม่ยับยั้ง	1.30
PYOF6	Beta haemolysis	43.06	0	ไม่ยับยั้ง	ไม่ยับยั้ง	100.00
PYOJ10	Beta haemolysis	0	0	ไม่ยับยั้ง	ไม่ยับยั้ง	7.80
PYON14	Beta haemolysis	0	0	ไม่ยับยั้ง	ไม่ยับยั้ง	0
PYOP16	Beta haemolysis	0	0	ไม่ยับยั้ง	ไม่ยับยั้ง	12.5

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบการต้านทานต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่แยกได้จาก ปลาส้ม

รหัสไอโซเลต	ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)			การต้านทานต่อยาปฏิชีวนะ		
	P	TE	C	P	TE	C
PYOA1	30.00±0.50	21.00±0.50	31.00±0.50	S	S	S
PYOB2	36.00±1.00	30.00±0.50	42.00±1.00	S	S	S
PYOE5	35.00±1.00	23.00±0.50	39.00±1.00	S	S	S
PYOF6	26.00±060	20.00±0.50	30.00±0.50	S	S	S
PYOJ10	43.00±1.20	29.00±0.50	42.00±1.00	S	S	S
PYON14	34.00±1.00	25.00±0.50	40.00±1.00	S	S	S
PYOP16	40.00±1.00	30.00±1.00	40.00±1.00	S	S	S

หมายเหตุ : การทดสอบการต้านทานต่อยาปฏิชีวนะ; Antibiotic disks ได้แก่ P = Penicillin G (10 µg/disk), T = Tetracycline (30 µg/disk), C = Chloramphenicol (30 µg/disk) การแปรผล R = Resistant, I = Intermediate, S = Susceptible

สรุปผลและอธิปรายผล

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้แยกเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกจากปลาส้มที่มีการผลิตในจังหวัดพะเยา และพบว่าแบคทีเรียกรดแลคติกไอโซเลต PYOA1 ที่คัดแยกจากปลาส้ม มีคุณลักษณะที่มีแนวโน้มว่าเป็นโปรไบโอติกที่ดีและมีความปลอดภัย เนื่องจากไม่ย่อยสลายเม็ดเลือดแดงและไม่ดื้อต่อยาปฏิชีวนะ รวมทั้งยังมีความสามารถในการทนต่อสภาวะเกลือน้ำดีในระบบทางเดินอาหาร และความสามารถในการติดกับพื้นผิวซึ่งบ่งชี้ว่าสามารถเกาะในเยื่อบุผนังลำไส้ได้

อย่างไรก็ตามในการศึกษาขั้นต่อไปควรมีการระบุชนิดและศึกษาคุณสมบัติของการเป็นโปรไบโอติกให้ครบถ้วนทั้งในด้านประสิทธิภาพและความปลอดภัยเพื่อประยุกต์ใช้ในการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

อธิปรายผลการทดลอง

การศึกษาการแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากปลาส้มที่ผลิตในจังหวัดพะเยา พบว่าทุกตัวอย่างที่นำมาแยกเชื้อมีแบคทีเรียกรดแลคติก ซึ่งเป็นแบคทีเรียกลุ่มหลักที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์อาหารหมัก และมักจะเป็นเชื้อแบคทีเรียในสกุล Lactobacillus ซึ่งความหลากหลายของและชนิดของแบคทีเรียกรดแลคติกที่พบในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเนื้อหมักขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในและภายนอกที่ควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อ ซึ่งจะเป็นปัจจัยที่กำหนดประเภทและจำนวนของแบคทีเรียที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ ในบรรดาปัจจัยเหล่านี้ ปัจจัยทางฟิสิกส์เคมี (ความเข้มข้นและความพร้อมของสารอาหาร ค่า pH ค่า redox potential ค่า water activity และโครงสร้างเนื้อสัตว์) รวมถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาวะการเก็บรักษาและการแปรรูป (อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจน) [15] เชื้อไอโซเลต PYOA1 ที่แยกได้จากงานวิจัยนี้จะนำไปจัดจำแนกบนพื้นฐานของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์และลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rDNA เพื่อระบุชนิด (species) ต่อไป

ปัจจุบันแบคทีเรียโปรไบโอติกถูกนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงส่งเสริมสุขภาพอย่างกว้างขวาง แบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) โดยเฉพาะแบคทีเรียในกลุ่ม *Lactobacillus* spp. และ *Bifidobacterium* spp. จัดว่าเป็นแบคทีเรียในกลุ่มที่ได้รับความสนใจในการนำมาศึกษาถึงคุณสมบัติในการเป็นโปรไบโอติกเพื่อใช้ในอาหารเพื่อสุขภาพ การพัฒนาแบคทีเรียโปรไบโอติกเพื่อนำมาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องมีการคัดเลือกเชื้อที่มีศักยภาพและคุณสมบัติที่ดีในการส่งเสริมสุขภาพ รวมทั้งปลอดภัยต่อร่างกายของโฮสต์ [8] – [11] งานวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณสมบัติการเป็นโปรไบโอติกของแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดแยกได้จากปลาส้มและพบว่าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์เพื่อเป็นโปรไบโอติก คือ เชื้อไอโซเลต PYOA1 ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญต่างจากเชื้อไอโซเลตอื่นๆ ที่แยกได้ คือ การไม่ย่อยเม็ดเลือดแดงและไม่ดื้อต่อยาปฏิชีวนะ รวมทั้งยังมีความสามารถในการทนต่อสภาวะเกลือน้ำดีในระบบทางเดินอาหาร และความสามารถในการติดกับพื้นผิว ซึ่งคุณสมบัติการไม่ย่อยเม็ดเลือดแดงของเชื้อเป็นเกณฑ์สำคัญข้อหนึ่งที่บ่งบอกว่าเชื้อนั้นมีความปลอดภัย โดยมีรายงานการวิจัยการศึกษาคุณสมบัติการย่อยเม็ดเลือดแดงของแบคทีเรียโปรไบโอติกหลายสายพันธุ์ที่พบว่าไม่มีการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง เช่น *Lactobacillus gassei*, *Lactobacillus* spp., *Enterococcus* spp., *Lactococcus* spp. และ *Bacillus* spp. [16] – [18] คุณสมบัติที่สำคัญในด้านความปลอดภัยที่จะทำให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพอีกด้านหนึ่งคือความไวต่อยาปฏิชีวนะของแบคทีเรียโปรไบโอติก ซึ่งเชื้อไอโซเลต PYOA1 มีความไวต่อยาปฏิชีวนะที่ใช้ทดสอบ คือ Penicillin G, Tetracycline และ Chloramphenicol โดยแบคทีเรียที่มีความต้านทานต่อยาปฏิชีวนะจะมียีนที่เกี่ยวข้องกับการดื้อยาซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะถ่ายทอดลักษณะการต้านทานต่อยาปฏิชีวนะไปยังจุลินทรีย์ชนิดอื่นได้โดยเฉพาะจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร [19] คุณสมบัติการมีชีวิตรอดในระบบทางเดินอาหารและการยึดเกาะพื้นผิวได้ดีเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกด้านหนึ่งที่จะทำให้แบคทีเรียโปรไบโอติกสามารถส่งเสริมสุขภาพของโฮสต์ได้ จากงานวิจัยนี้พบว่าเชื้อไอโซเลต PYOA1 มีอัตราการอยู่รอดร้อยละ 8.4 ในสภาวะที่มีเกลือน้ำดีความเข้มข้นร้อยละ 0.3 สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Meidong and Tongpim (2019) ซึ่งพบว่า *Lactobacillus plantarum* BL60a ที่แยกจากแหนมหมูมีคุณสมบัติของโปรไบโอติกที่ดีสามารถอยู่รอดในสภาวะจำลองทางเดินอาหารหลังจาก 6 ชั่วโมงได้ร้อยละ 91.20 [20] Erkkila และ Petaja (2000) พบว่า *Lactobacillus sake* และ *Pediococcus acidilactici* สามารถทนต่อเกลือน้ำดีที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.30 พีเอช 6 ได้ [21] ซึ่งมีรายงานการรอดชีวิตของเชื้อผ่านลำไส้เล็กตอนต้นไม่เกินร้อยละ 10–30 เนื่องจากในระบบทางเดินอาหารมีเกลือน้ำดีและน้ำย่อยรวมทั้งเอนไซม์และความเป็นกรด [22] เนื่องจากเชื้อมีการสร้างเอนไซม์ไบล์ซอลท์ไฮโดรเลสเพื่อย่อยสลายเกลือน้ำดี ทำให้เชื้อรอดชีวิตอยู่ได้ ความทนต่อเกลือน้ำดีถือเป็นคุณสมบัติสำคัญของสายพันธุ์โปรไบโอติก

ช่วยให้เชื้อสามารถอยู่รอด เติบโต และออกฤทธิ์ในลำไส้เล็กได้ โดยแบคทีเรียโปรไบโอติก เช่น *Lactobacillus acidophilus* M92 ช่วยทำให้เกิดการสร้างสมดุลที่ดีระหว่างจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายในลำไส้ ซึ่งช่วยป้องกันการติดเชื้อในลำไส้ได้ [23] นอกจากความทนทานเกลือน้ำดีแล้ว การยึดเกาะกับทางเดินอาหารยังเป็นพื้นฐานสำคัญของการทำงานของโปรไบโอติก ซึ่งช่วยส่งเสริมเกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกัน เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก ไอโซเลต PYOA1 ที่แยกได้จากปลาส้มมีความสามารถในการยึดเกาะพื้นผิวได้ร้อยละ 100 อย่างไรก็ตามแบคทีเรียสายพันธุ์ต่าง ๆ มีความสามารถในการยึดเกาะที่แตกต่างกัน ซึ่งจากผลการศึกษาของ Lahteinen และคณะ (2010) พบว่าความสามารถในการยึดเกาะของแบคทีเรียที่แยกได้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ และมีความแปรปรวนสูง [24] อย่างไรก็ตามการยึดเกาะของเซลล์เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์แบคทีเรียและพื้นผิวที่มีปฏิสัมพันธ์กัน และมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการจับตัวเป็นกลุ่มของเซลล์แบคทีเรีย นอกจากนี้แบคทีเรียยังสามารถสร้างโปรตีนบนผนังเซลล์ เช่น คอลลาเจน ไฟโบรเนกติน และวิทโรเนกติน ซึ่งโปรตีนเหล่านี้สามารถยึดเกาะกับเยื่อเมือกบนผนังลำไส้ได้ [25] การยึดเกาะของแบคทีเรียโปรไบโอติกในทางเดินอาหารอาจส่งผลในการป้องกันการยึดเกาะของเชื้อก่อโรคกับเซลล์เยื่อบุลำไส้ได้ ดังนั้น ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาสำหรับการประยุกต์แบคทีเรีย กรดแลคติกไอโซเลต PYOA1 เพื่อเป็นโปรไบโอติกในเชิงของการพัฒนาไปเป็นอาหารเสริมเพื่อสุขภาพต่อไป คือการตรวจสอบความสามารถในการยับยั้งการยึดเกาะของเชื้อก่อโรค และการตรวจสอบรูปแบบความไวต่อยาปฏิชีวนะอื่นๆ เพิ่มเติม รวมทั้งการตรวจแยกเชื้อตัวอย่างปลาส้มจากแหล่งผลิตอื่นเพิ่มเติม เพื่อให้ได้เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีคุณสมบัติเป็นโปรไบโอติกที่ดีและมีศักยภาพที่ดีหลากหลายมากขึ้นเพื่อจะใช้ในการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา

เอกสารอ้างอิง

1. Soemarie YB, Milanda T, Barliana MI. Fermented Foods as Probiotics: A Review. Journal of Advanced Pharmaceutical Technology and Research 2021;12(4):335–339.
2. Wedajo B. Lactic Acid Bacteria: Benefits, Selection Criteria and Probiotic Potential in Fermented Food. Journal of Probiotics and Health 2015;3:1–9. (doi: 10.4172/2329 8901.1000129).
3. Quinto EJ, Jiménez P, Caro I, Tejero J, Mateo J, Girbés T. Probiotic Lactic Acid Bacteria: A Review. Food and Nutrition Sciences 2014;5:1765–1775.
4. Fuller, R. Probiotics 2: Applications and practical aspects. London: Chapman & Hall; 1997.
5. ZieliNska D, Kolohyn-Krajewska D. Food-Origin Lactic Acid Bacteria May Exhibit Probiotic Properties: Review. Biomed Research International 2018:5063185. (doi: 10.1155/2018/5063185).
6. FAO/WHO. Guidelines for the evaluation of probiotics in food report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. London Ontario, Canada: FAO/WHO; 2002.
7. Tawab FI, Elkadr MH, Sultan AM, Hamed EO, El-Zayat AS, Ahmed MN. Probiotic potentials of lactic acid bacteria isolated from Egyptian fermented food. Scientific Reports 2023;13:16601. (doi: 10.1038/s41598-023-43752-0).

8. Helland MH, Wicklund T, Narvhus JA. Growth and metabolism of selected strains of probiotic bacteria in maize porridge with added malted barley. International Journal of Food Microbiology 2004;91: 305–313.
9. Lakritz JR, Poutahidis T, Levkovich T. Beneficial bacteria stimulate host immune cells to counteract dietary and genetic predisposition to mammary cancer in mice. International Journal of Cancer 2014;135(3):529–540. (doi: 10.1002/ijc.28702).
10. Niibo M, Shirouchi B, Umegatani M, et al. Probiotic *Lactobacillus gasseri* SBT2055 improves insulin secretion in a diabetic rat model. Journal of Dairy Science 2019;102(2):997–1006. (doi: 10.3168/jds.2018–15203).
11. Kumar A, Kumar D. Characterization of *Lactobacillus* isolated from dairy samples for probiotic properties. Anaerobe 2015;33:117–123.
12. Isa JK, Razavi SH. Characterization of *Lactobacillus plantarum* as a Potential Probiotic In vitro and Use of a Dairy Product (Yogurt) as Food Carrier. Applied Food Biotechnology 2017;4:11–18.
13. de Vries MC, Vaughan EE, Kleerebezem M, de Vos WM. *Lactobacillus plantarum* –survival, functional and potential probiotic properties in the human intestinal tract. Int Dairy Journal 2006; 16(9):1018–1028.(doi:10.1016/j.idairyj.2005.09.003).
14. Hudzicki J. Kirby– Bauer. Disk diffusion susceptibility test protocol. American Society for Microbiology; 2009.
15. Hammes WP, Bantleon A, Min S. Lactic acid bacteria in meat fermentation. FEMS Microbiology Reviews 2004;7(1–2):165–73.
16. Gunyakti A, Asan–ozusaglam M. *Lactobacillus gasseri* from human milk with probiotic potential and some technological properties. LWT – Food Science and Technology, 2019;109:261–269.
17. Ding W, Shi C, Chen M, Zhou J, Long R, Guo X. Screening for lactic acid bacteria in traditional fermented Tibetan yak milk and evaluating their probiotic and cholesterol–lowering potentials in rats fed a high–cholesterol diet. Journal of Functional Foods 2017; 32:324–332.
18. Lee S, Lee J, Jin YI, Jeong JC, Chang YH, Lee Y, Jeong Y, Kim M. Probiotic characteristics of *Bacillus* strains isolated from Korean traditional soy sauce. LWT – Food Science and Technology 2017;79:518–524.
19. Sharma P, Tomar SK, Goswami P, Sangwan V, Singh R. Antibiotic resistance among commercially available probiotics. Food Research International 2014;57:176–195.
20. Meidong R and Tongpim S. Evaluation of probiotic properties of *Lactobacillus plantarum* BL60a isolated from fermented food for functional food applications. Veridian E–Journal, Science and Technology Silpakorn University 2019;6:81–96.
21. Erkkila S, Petaja E. Screening of commercial meat starter culture at low pH in the presence of bile salt for potential probiotic use. Journal of Meat Science 2000;55:297–300.
22. Kos B, Suskovic J, Goreta J, Matosic S. Effect of protexters on the viability of *Lactobacillus acidophilus* M92 in simulated gastrointestinal condition. Food Biotechnology 2000;38(2):121–127.

23. SĬusĬkovicÂ J, Kos B, MatosĬicÂ S, Besendorfer V. The effect of bile salts on survival and morphology of a potential probiotic strain *Lactobacillus acidophilus* M92. World Journal of Microbiology and Biotechnology 2000;16:673–678.

23. Sangprapai W, Prasitpuriprecha C, Jantama K, Jantama, SS. Probiotics isolated from Thai fermented foods for potential uses against foodborne pathogens. Asia–Pacific Journal of Science and Technology 2021; 271(1): 1–11. (ID.: APST–27–01–13).

24. Lorca G, Torino MI, Valdez FG, Ljungh Å. Lactobacilli express cell surface proteins which mediate binding of immobilized collagen and fibronectin. FEMS Microbiol Letters 2002;206(1):31–37.

การประชุมวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย 14
PHAYAO RESEARCH CONFERENCE

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(Poster Presentation)

การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากต้นอ่อนผัก

Determination of total phenolic content and antioxidant activity of vegetable seedling extracts

ปานฤทัย พุทธทองศรี[1*], ชัยพฤกษ์ หงษ์ลัดดาพร[1], สุภาวดี สำราญ[1], กานต์ จันทระ[2], ยุทธศิลป์ ชัยสิทธิ์[2] สรินทร คุ้มเขต[3] และชมภูนาฏ ชมภูพันธ์[3]

Panruethai Putthongsri[1*], Chaiyapruek Hongladdaporn[1], Suphawadee Sumran[1], Kan Jantara[2], Yutthasin Chaisit[2], Sarinthorn Khumkhat[3] and Chomphunat Chomphuphan[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนผักโตวเมียว ข้าวสาลี ทานตะวัน ผักบุ้ง และไควาเระ การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ใช้วิธี Folin Ciocalten reagent และ หาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ใช้วิธี DPPH assay ผลการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลลิก พบว่าสารสกัดจากผงผักต้นอ่อนผักบุ้งที่เตรียมด้วยการอบแห้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกพบสูงสุด เท่ากับ 7.1990 (mg Gallic/100 g) ส่วนสารสกัดจากผงผักต้นอ่อนโตวเมียวมีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 2.0746 (mg Gallic/100 g) ผลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ใช้วิธี DPPH พบว่า สารสกัดจากผงผักต้นอ่อนผักบุ้งที่เตรียมด้วยการอบแห้งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระดีที่สุดโดยมีความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้ร้อยละ 50 (IC50, 50 % Inhibition Concentration) เท่ากับ 1054 ppm

คำสำคัญ: ต้นอ่อนผัก, สารประกอบฟีนอลิก, ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย 42000

[2] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย 42000

[3] คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย 42000

[1] Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University , Loei Province, 42000

[2] Faculty of Industrial Technology, Loei Rajabhat University, Loei Province, 42000

[3] Faculty of Education, Loei Rajabhat University, Loei Province, 42000

*Corresponding author : Panruethai.put@lru.ac.th

Abstract

The objective of this research was to determined total phenolic content and antioxidant activity of Toumyo, wheat, sunflower,water spinach, and kaiware seedling extracts. The analysis of the amount of phenolic compounds used the Folin Ciocalten reagent method and antioxidant activity using the DPPH assay. The results of the phenolic content showed water spinach extract prepared by drying had the highest content to 7.1990 (mg Gallic/100 g). The lowest value found was extracted from powdered Towmyo sprouts, which was to 2.0746 (mg Gallic/100 g). The results of antioxidant activity using the DPPH assay found that the water spinach powder extract prepared by drying had the best efficiency in inhibiting free radicals, able to 50 % inhibition concentration (IC_{50}) equals 1,054 ppm

Keywords: Vegetable seedlings, phenolic compound, antioxidant activity

บทนำ

“ต้นอ่อน” เป็นระยะที่พืชอัดแน่นด้วยสารอาหารและพลังงานเพื่อพร้อมเจริญเติบโต ดังนั้นเมื่อนำมารับประทาน ก็จะส่งผลดีต่อสุขภาพ เนื่องจากประโยชน์ของต้นอ่อนเป็นแหล่งของโปรตีนดี มีกรดอะมิโนที่ร่างกายพร้อมดูดซึมนำไปใช้ โปรตีนจากพืชช่วยในการคุมน้ำหนัก และมีเส้นใยอาหารสูง คาร์โบไฮเดรตต่ำ เป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับคนอยากลดน้ำหนัก ลดความเสี่ยงจากโรคหลอดเลือดหัวใจได้ดีกว่าโปรตีนจากสัตว์ ที่สำคัญยังประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ โดยมีสารต้านอนุมูลอิสระและต้านมะเร็งในกลุ่ม Glucosinolates และฟีนอลิก (Phenolics) สูง ซึ่งปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในอาหารและเครื่องดื่มที่มาจากพืชผักและผลไม้จะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืช โดยสารกลุ่มฟีนอลิกเป็นสารกลุ่มหนึ่งที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ พบในธรรมชาติมีหลายชนิด และมีสูตรโครงสร้างแตกต่างกัน

“ต้นอ่อนผัก” เป็นผักที่สามารถปลูกรับประทานเองได้ง่าย โดยการปลูกต้นอ่อนของเมล็ดผักใช้เวลาเพียง 7–11 วัน ในช่วงระหว่างที่เป็นต้นอ่อนจะอุดมไปด้วยสารอาหารมากมาย อีกทั้งยังอุดมไปด้วยไขมันที่ดีต่อร่างกาย โดยมีรายงานถึงประโยชน์ต้นอ่อนทานตะวันที่นับว่าเป็นผักเพื่อสุขภาพ อุดมไปด้วยโปรตีนสูง ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ช่วยให้เอนไซม์ที่มีหน้าที่ผลิตเซลล์ในร่างกายทำหน้าที่ซ่อมแซมเนื้อเยื่อได้ดี ประกอบด้วยสารอาหารกว่า 100 เท่า จึงมีสารอาหารสูงกว่าผักที่โตเต็มที่แล้ว โดยร่างกายจะสามารถดูดซึมไฟโตนิวเทรียนท์ วิตามิน และแร่ธาตุเหล่านี้ไปใช้ได้อย่างรวดเร็ว ระดับสารต้านอนุมูลอิสระในต้นอ่อนทานตะวันมีสูงมาก ซึ่งจะช่วยในการฟื้นฟูของเซลล์ในร่างกาย บำรุงหัวใจ และชะลอความชรา อีกทั้งยังอุดมไปด้วยวิตามินซี วิตามินอี และซีลีเนียม ซึ่งจะช่วยบำรุงหลอดเลือดและลดความดันโลหิตสูงได้ ประกอบด้วยแมกนีเซียมที่ช่วยบำรุงหัวใจและหลอดเลือด ระบบประสาท และเสริมสร้างภูมิคุ้มกันในร่างกายให้แข็งแรง อีกทั้งยังมีแมกนีเซียมที่ช่วยให้อารมณ์ดีและช่วยลดอารมณ์แปรปรวนได้ ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงสนใจที่จะสกัดสารสำคัญจากต้นอ่อนที่นิยมปลูก ได้แก่ โตวเมียว ต้นอ่อนข้าวสาลี ทานตะวัน ผักบุ้ง ไควาเระ โดยใช้ 95% เอทานอล นำสารสกัดมาทำแห้งด้วยวิธีแบบแช่เยือกแข็ง ทำให้แห้งแบบอบแห้ง และในรูปต้นอ่อนสด มาศึกษาหาปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปผสมในอาหารเสริมและเครื่องสำอางต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนผักโตเมียว ข้าวสาลี ทานตะวัน ผักบุ้ง และไควาเระ

วิธีวิทยาการวิจัย

วิธีดำเนินงานและขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์

มีแผนการดำเนินงานตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องอัลตราไวโอเลต – วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV–visible Spectrophotometer) (รุ่น UV–1800, ยี่ห้อ SHIMADZU, ประเทศญี่ปุ่น) เครื่อง Rotary Evaporator (รุ่น RC600 ยี่ห้อ KNF ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) เครื่อง Freeze Dryer (รุ่น alpha 1–4 LSC basic ยี่ห้อ DKSH, ประเทศจีน) Folin Ciocalteu reagent กรดแกลลิก (Gallic acid) โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) 1,1–Diphenyl–2–picrylhydrazyl radical (DPPH)

2. การเตรียมสารสกัดจากต้นผักอ่อน

ต้นอ่อนผักที่ปลูกเป็นเวลา 14 วัน ทำให้แห้งด้วยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และการทำให้แห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง (Freeze Dry) ผงผักที่ได้นำมาสกัดโดยใช้ 95% เอทานอล สำหรับศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

3. การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (total phenolic content)

ดัดแปลงจากวิธีของ Slinkard และ Singleton (1997) ใช้กรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน โดยผสมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกหรือสารสกัดที่ต้องการทดสอบปริมาตร 2 มิลลิลิตร กับ Folin–Ciocalteu reagent ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (2% Na_2CO_3) 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำมาปั่นเหวี่ยง 3000 รอบ/นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายใสที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม จากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัม (mg GAE/ g crude extract)

4. การทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH assay (2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl)

ดัดแปลงมาจากวิธีของ Tan et al. (2009) ผสมสารสกัดหยาบเอนไซม์ 100 ไมโครลิตร ลงในสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณร้อยละฤทธิ์ต้านอนุมูล DPPH (% DPPH radical scavenging activity) จากสมการแล้วคำนวณหาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (%inhibitiom) จากสูตร

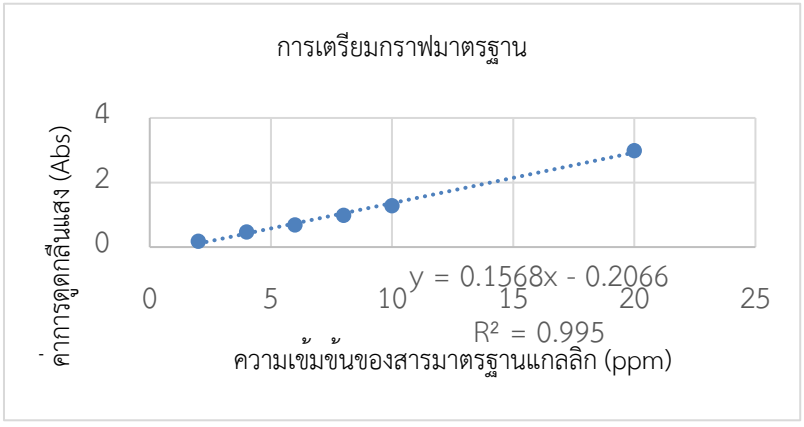
$$\% \text{ Inhibition} = [(A_{control} - A_{test\ sample})/ A_{control})] \times 100$$

โดยกำหนดให้ $A_{control}$ หมายถึง ค่า Abs ของสารอ้างอิง $A_{test\ sample}$ หมายถึง Abs ของสารตัวอย่าง สร้างกราฟของความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (%) ของสารสกัดเข้มข้นต่างๆ หาค่า R^2 และสมการเส้นตรงเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งได้ครึ่งหนึ่ง (IC_{50},50% Inhibition Concentration)

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content)

เมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างแต่ละสภาวะคำนวณมาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดจากผงผักทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ โตวเมียว ข้าวสาลี ทานตะวัน ผักบุ้ง ไควาเระ ที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งอบแห้ง และต้นอ่อนสด โดยใช้กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (**ภาพที่ 1**) ได้ผลการวิเคราะห์ดัง**ตารางที่ 1** พบว่าต้นอ่อนแต่ละชนิดมีปริมาณฟีนอลลิกรวมต่างกัน แสดงว่าต้นอ่อนผักแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกระบวนการทำให้แห้ง พบว่าเมื่อทำให้ตัวอย่างแห้งโดยการอบลมร้อนในทุกตัวอย่างมีปริมาณฟีนอลลิกรวมสูงกว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและแบบสด ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของวันชนก ไกรงาม (2564) ได้ศึกษาผลของการแช่เยือกแข็งต่อจลนพลศาสตร์การทำแห้ง และคุณภาพของแตงโมที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศ พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกรวมในแตงโมที่ทำแห้งโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าแตงโมที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศ สอดคล้องกับชมพูนุช อุทัยรัตน์ และคณะ (2560) ได้ศึกษาผลของสภาวะต่างๆ ของการอบแห้งและการสกัดต่อปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผลปอกะบิด พบว่าสารสกัดจากปอกะบิดที่ได้จากการตากแล้วอบที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าอบแห้งที่ 150 องศาเซลเซียส และมากกว่าอบแห้งที่ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สอดคล้องกับการทดลองของ Jeong *et al.* (2004) พบว่าในสารสกัดที่ใช้เอทานอลและน้ำเป็นตัวทำละลายเมื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้นจาก 50 องศาเซลเซียส เป็น 150 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเพิ่มขึ้น โดยจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และพบว่าสารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังจากให้ความร้อน เนื่องจากความร้อนไปทำลายผนังเซลล์ของพืช (Lou *et al.*, 2014)



ภาพที่ 1 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

ตารางที่ 1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic) ในสารสกัดจากผงผักทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ โตวเมียว ข้าวสาลี ทานตะวัน ผักบุ้ง ไควาเระ ที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง อบแห้ง และต้นอ่อนสด รายงานในค่าของ GAE/100 g (Gallic acid equivalence/100 g ของตัวอย่าง)

สถานะ	ตัวอย่าง	ปริมาณฟีนอลลิกรวม(mg Gallic /100 g)
การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	โตวเมียว	2.0746
	ข้าวสาลี	3.2704
	ทานตะวัน	3.6849
	ผักบุ้ง	4.4120
	ไควาเระ	4.5906
อบแห้ง	โตวเมียว	2.7857
	ข้าวสาลี	4.2685
	ทานตะวัน	3.7997
	ผักบุ้ง	7.1990
	ไควาเระ	5.5057
ต้นอ่อนสด	โตวเมียว	2.3712
	ข้าวสาลี	2.5816
	ทานตะวัน	2.2532
	ผักบุ้ง	4.0931
	ไควาเระ	1.9885

2. ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH assay (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

จากผลการศึกษาในข้อ (1)ผู้วิจัยเลือกสารสกัดจากผงผักที่ผ่านการอบแห้งเนื่องจากมีปริมาณฟีนอลลิกรวมสูงแล้วทำการสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย 95% เอทานอล นำมาศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH assay (**ตารางที่ 2**) พบว่า สารสกัดจากผักบุ้งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่า สารสกัดจากไควาเระ ข้าวสาลี และทานตะวัน โดยมีค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งได้ครึ่งหนึ่ง (IC_{50}, 50% Inhibition Concentration) เท่ากับ 1054 1092 1468 และ 1873 ppm ตามลำดับ ซึ่งพบว่าแปรผันโดยตรงกับปริมาณฟีนอลลิกรวมที่พบ สารสกัดจากผงผักโดยวิธีการอบแห้งจากผักบุ้งมีปริมาณสารฟีนอลิกรวมสูงกว่าสารสกัดจากไควาเระ ข้าวสาลี และทานตะวัน ตามลำดับ แต่ประสิทธิภาพการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดผักทั้งหมดยังน้อยกว่าสารมาตรฐานแกลลิกซึ่งมีความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งได้ครึ่งหนึ่ง (IC_{50}, 50% Inhibition Concentration) เท่ากับ 1.3443 ppm ผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับ ณชกนก เมธาอัครเดชา และอนงค์ ศรีโสภา (2563) ที่พบว่าถ้ามีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงจะมีประสิทธิภาพการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สูง โดยพบว่าชาใบหม่อนผงที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็งและแบบพ่นฝอยให้ปริมาณฟีนอลิกรวม 4.19 และ 4.44 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 75.95 และ 77.91 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับระวิวรรณ แกวอมตวงศ และทรงพร จึงมั่นคง (2549) ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารฟนอลิกรวมของสารสกัดพืชสมุนไพรไทยบางชนิด พบว่าเมื่อวิเคราะหความสัมพันธระหวางสารฟนอลิกรวมกับการมีฤทธิ์ตานอนุมูลอิสระพบวามีความสัมพันธกันอยางมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 2 ผลศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารมาตรฐานกรดแกลลิกและสารสกัดผงผักทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ โตวเมียว ข้าวสาลี ทานตะวัน ผักบุ้ง ไควาเระ ที่ได้จากการอบแห้งโดยวิธี DPPH assay ((2,2–Diphenyl–1–picrylhydrazyl radical scavenging capacity assay)

ชนิดพืช	ความเข้มข้น (ppm)	ร้อยละการยับยั้ง	IC_{50} (ppm)
สารมาตรฐาน แกลลิก	–	–	1.3443
โตวเมียว	969	31.96	–
	1938	39.78	
	2907	46.30	
	3876	44.08	
	4846	12.49	
ข้าวสาลี	457	36.35	1468
	914	46.25	
	1371	49.63	
	1828	52.72	
ทานตะวัน	536	30.02	1873
	1072	33.21	
	1609	43.29	
	2145	52.17	
	2681	68.09	
ผักบุ้ง	381	27.61	1054
	763	46.07	
	1145	56.06	
	1527	59.48	
	1909	72.99	
ไควาเระ	781	41.95	1092
	1172	51.57	
	1563	62.95	
	1954	71.60	

สรุปผล

การปลูกต้นอ่อนผักเป็นเวลา 14 วัน ทำให้แห้งด้วยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และการทำให้แห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง (Freeze Dry) มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน ซึ่งต้นอ่อนผักบุ้งมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด ผลการศึกษาที่ได้สามารถใช้เป็นข้อมูลในการนำสารสกัดจากต้นอ่อนผักไปผสมในอาหารเสริมและเครื่องสำอางเพื่อกำจัดอนุมูลอิสระและมีคุณสมบัติในการลดเลือนริ้วรอย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่ให้ความช่วยเหลือในสถานที่ และอุปกรณ์เครื่องมือ ในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ซึ่งให้ทุนสนับสนุนการนำเสนอการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ชมพูนุช อุทัยรัตน์ เอกรัฐ ศรีสุข และ กล่าวขวัญ ศรีสุข (2560). ผลของสภาวะต่างๆ ของการอบแห้งและการสกัดต่อปริมาณของสารประกอบฟี นอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผลปอกะบิด. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 22 (ฉบับที่ 1).151-165.

ณชกนก เมธาอัครเดชา และอนงค์ ศรีโสภา (2563).ปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ในชาใบหม่อนและชาผงใบหม่อนชนิดละลายน้ำ. Thai Journal of Science and Technology. ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 หน้า 230-242.

ระวิวรรณ แกวอมตวงศและทรงพร จึงมั่นคง (2549). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารฟ น อ ลิ ก ร ว ม ของสารสกัดพืชสมุนไพรไทยบางชนิด.วารสารวิชาการ ม.อบ. ปที่ 8 ฉบับที่ 2 หน้า 76-88.

วันชนก ไกรงาม (2564). ผลของการแช่เยือกแข็งต่อจลนพลศาสตร์การทำแห้ง และคุณภาพของแตงโมที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศ.รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Jeong, S. M., Kim, S. Y., Kim, D. R., Jo, S. C., Nam, K. C., Ahn, D. U., & Lee, S. C. (2004). Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52, 3389-3393.

Lou, S. N., Lin, Y. S., Hsu, Y. S., Chiu, E. M., & Ho, C. T. (2014). Soluble and insoluble phenolic compounds and antioxidant activity of immature calamondin affected by solvents and heat treatment. Food Chemistry, 161, 246-253

Slinkard, K., & Singleton, V.L. (1997). Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. American Journal of Enology and Viticulture. 28(1), 49-55.

Tan, S.K., Osman H., Wong, K.C., Boey, P.L. and Ibrahim, P. (2009). Antimicrobial and antioxidant activities of Swietenia macrophylla leaf extractsAs. J. Food Ag-Ind. , 2(02), 181-188.

ปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบและรากอากาศของต้นไทร

The phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of extracts from the leaves and aerial roots of *Ficus benjamina*

สิรินภา จิระกิตติเจริญ[1*], ปฐม จูจันทร์[1] และ ธัมมะธิดา พัฒนพงศา[1]

Sirinapha Jirakitticharoen[1*], Pathom Jujun[1] and Tummatida Pattanapongsa[1]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบและรากอากาศของต้นไทร (*Ficus benjamina*) โดยนำมาสกัดด้วยวิธี Maceration กับเอทานอล 95% เป็นเวลา 3 วัน และทำการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกโดยใช้วิธี Folin–Ciocalteu เทียบกับสารมาตรฐาน Gallic acid (GAE) และปริมาณฟลาโวนอยด์โดยใช้วิธี Aluminium Chloride เทียบกับสารมาตรฐาน Quercetin (QE) ส่วนความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทดสอบด้วยวิธี DPPH radical scavenging โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox (Trol) ผลการวิจัยพบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในใบไทรสูงกว่ารากอย่างมีนัยสำคัญ โดยใบไทรมีปริมาณสารฟีนอลิก 5.33 $\pm$ 0.19 µg GAE/g DW และฟลาโวนอยด์ 38.15 $\pm$ 0.83 µg QE/g DW ขณะที่รากอากาศมีปริมาณ 1.78 $\pm$ 0.37 µg GAE/g DW และ 17.08 $\pm$ 0.30 µg QE/g DW ตามลำดับ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของใบไทรสูงกว่ารากอากาศของต้นไทร โดยมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 1197.42 $\pm$ 71.92 µg Trol/g DW เมื่อเทียบกับรากที่มีค่า 432.04 $\pm$ 26.56 µg Trol/g DW ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน จากผลการทดลองสามารถบ่งชี้ได้ว่าสารสกัดจากใบไทรมีศักยภาพในการใช้พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ยา หรือเครื่องสำอางที่มุ่งเน้นการป้องกันอนุมูลอิสระ

คำสำคัญ: ฟีนอลิก, ฟลาโวนอยด์, สารต้านอนุมูลอิสระ, ต้นไทร

[1] วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดพิษณุโลก คณะสาธารณสุขศาสตร์และสหเวชศาสตร์ สถาบันพระบรมราชชนก กระทรวงสาธารณสุข จังหวัดนนทบุรี 11000

[1] Sirindhorn College of Public Health, Phitsanulok, Faculty of Public Health and Allied Health Sciences, Praboromarajchanok Institute, Ministry of Public Health, Nakhon Pathom, 11000

*Corresponding author: pha_jira@hotmail.com

Abstract

This study aimed to analyze the phenolic and flavonoid contents as well as the antioxidant activity of extracts from the leaves and aerial roots of *Ficus benjamina*, a medicinal plant with high therapeutic value. The extraction was carried out using the maceration method with 95% ethanol for three days. The total phenolic content was determined using the Folin–Ciocalteu method and compared to a Gallic acid (GAE) standard, while the total flavonoid content was measured using the Aluminium Chloride method and compared to a Quercetin (QE) standard. Antioxidant activity was tested using the DPPH radical scavenging method, with Trolox (Trol) as the reference standard. The results showed that the phenolic and flavonoid contents in the leaves were significantly higher than in the aerial roots, with the leaves containing 5.33 ± 0.19 µg GAE/g DW of phenolics and 38.15 ± 0.83 µg QE/g DW of flavonoids, compared to 1.78 ± 0.37 µg GAE/g DW and 17.08 ± 0.30 µg QE/g DW in the aerial roots, respectively. The antioxidant activity of the leaf extract was also significantly higher, with a value of 1197.42 ± 71.92 µg Trol/g DW, compared to 432.04 ± 26.56 µg Trol/g DW in the aerial roots. These findings indicate that *Ficus benjamina* leaf extracts have potential for development into dietary supplements, pharmaceuticals, or cosmetic products focused on antioxidant protection.

Keywords: Phenolic, Flavonoid, Antioxidant, *Ficus benjamina*

บทนำ

พืชสมุนไพรมีบทบาทสำคัญในการรักษาโรคมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศกำลังพัฒนาที่การแพทย์แผนโบราณยังคงมีความสำคัญควบคู่ไปกับการแพทย์แผนปัจจุบัน (Yuan et al., 2016) ต้นไทร (*Ficus benjamina*) เป็นหนึ่งในพืชสมุนไพรที่มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในหลายวัฒนธรรม โดยมีการใช้ส่วนต่างๆ ของต้นไทรในการรักษาโรคหลากหลายชนิด เช่น โรคผิวหนัง การติดเชื้อ ยาต้านจุลชีพ โรคลำไส้ ใช้เป็นยาลดไข้และยาแก้ปวด (Mahomoodally et al., 2019)

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา การวิจัยทางวิทยาศาสตร์ได้ให้ความสนใจกับการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชสมุนไพรมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) ที่พบได้ในพืชหลายชนิด (Mutha et al., 2021) สารเหล่านี้มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และต้านจุลชีพ ซึ่งสอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ตามภูมิปัญญาท้องถิ่น (Lobo et al., 2010)

อนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและมีความไวในการทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นๆ ในร่างกาย ซึ่งอาจนำไปสู่ความเสียหายของเซลล์และเนื้อเยื่อ กระบวนการนี้เรียกว่า ภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) และเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดโรคเรื้อรังหลายชนิด เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน และโรคทางระบบประสาท (Dangarembizi et al., 2013) สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติจึงได้รับความสนใจอย่างมากในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง เพื่อป้องกันและชะลอการเกิดโรคเหล่านี้ (Pisoschi & Pop, 2015)

ต้นไทร (*Ficus benjamina*) เป็นพืชในวงศ์ Moraceae ที่รู้จักกันทั่วไปว่า "ไทรย้อยใบแหลม" ซึ่งมีถิ่นกำเนิดในภูมิภาคแอฟริกาใต้ ออสเตรเลีย แอฟริกากลางเขตร้อน และแอฟริกาตะวันตก ต้นไม้ชนิดนี้มีคุณค่าทางยาสูง และได้รับการนำมาใช้ในการแพทย์แผนโบราณโดยชาวพื้นเมืองในการรักษาโรคผิวหนัง การติดเชื้อ โรคลำไส้ และอาการคลื่นไส้ นอกจากนี้ *Ficus benjamina* ยังมีคุณสมบัติในการต้านจุลชีพ ลดไข้ และบรรเทาอาการปวด ซึ่งเป็นที่รู้จักกัน

อย่างแพร่หลาย (Kaur et al., 2023) การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าพืชในสกุล Ficus มีสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์หลายชนิด เช่น กรดฟีนอลิก (phenolic acids) ฟลาโวนอล (flavonols) และแอนโทไซยานิน (anthocyanins) ซึ่งแสดงฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย (Badgujar et al., 2014) อย่างไรก็ตาม การศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นไทรโดยเฉพาะยังมีจำกัด



รูปที่ 1 แสดง ต้น และ ลำต้น ของต้นไทรที่ใช้ในการทดลอง

(ที่มา : สิรินภา จิระกิตติเจริญ (ผู้นิพนธ์))



รูปที่ 2 แสดง ใบ และ รากอากาศ ของต้นไทรที่ใช้ในการทดลอง

(ที่มา : สิรินภา จิระกิตติเจริญ (ผู้นิพนธ์))

การกระจายตัวของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในส่วนต่าง ๆ ของพืชมักมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับหน้าที่ทางสรีรวิทยาและการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมของพืช (Bartwal et al., 2013) ในกรณีของต้นไทร ใบและรากอากาศเป็นส่วนที่มีการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์พื้นบ้าน แต่ยังขาดข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับปริมาณสารสำคัญและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ (Sirisha, 2010)

การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และประเมินความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบและรากอากาศของต้นไทร ผลการศึกษานี้จะช่วยเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับศักยภาพของส่วนต่างๆ ของต้นไทรในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ นอกจากนี้ ยังเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับกลไกการออกฤทธิ์ ประสิทธิภาพ และความปลอดภัยของสารสกัดจากต้นไทรในอนาคต การศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชสมุนไพรเช่นนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนายา

ใหม่และผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมสุขภาพและป้องกันโรคในระยะยาว (Sahoo et al., 2010)

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบและรากอากาศของต้นไทร (*Ficus benjamina*)

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

ตัวแปรต้น คือ ส่วนของพืช (ใบและรากอากาศ)

ตัวแปรตาม คือ ปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

สมมติฐานงานวิจัย คือ หากส่วนประกอบของพืชแตกต่างกัน ย่อมส่งผลต่อปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโว-นอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน

วิธีวิทยาการวิจัย

อุปกรณ์และสารเคมี

เครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศ (V-855, Buchi ประเทศสวิตเซอร์แลนด์), อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (WTB15, Memmert ประเทศเยอรมนี), เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Mettler Toledo), เครื่องปั่นผลไม้ (BL3091, Tefal ประเทศไทย), เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Evolution 201, Thermo Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา), Folin Ciolcalteu reagent, aluminum chloride hexahydrate และ sodium carbonate (LOBA ประเทศอินเดีย), 2,2-diphenyl-2-picrylhydrazl (DPPH), Trolox, Quercetin, Gallic acid (Sigma-Aldrich ประเทศอเมริกา), Sodium hydroxide, Aluminum chloride (Merck ประเทศเยอรมนี)

การเตรียมตัวอย่าง

เก็บตัวอย่าง ใบและรากอากาศของต้นไทร นำมาตากแห้งในที่ร่ม เป็นเวลา 8-10 วัน เพื่อให้ตัวอย่างมีความชื้นที่ 13-14% จากนั้นนำตัวอย่างพืชแห้งมาปั่นบดด้วยเครื่องปั่นละเอียด แล้วแช่ด้วยเอทานอล 95% เป็นเวลา 3 วัน ในอัตราส่วน 1:10 g/mL หลังจากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วทำการระเหยแห้งด้วยเครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศ (Rotary Evaporators) จนได้สารสกัดหยาบ (crude extract) นำตัวอย่างสารสกัดหยาบมา 10 mg ละลายในเอทานอล 95% ปริมาตร 1 mL เพื่อใช้เป็นสารละลายตัวอย่าง ในการทำการทดลองหาปริมาณฟีนอลิก ปริมาณฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin Ciocalteu colorimetry

ดัดแปลงจากวิธีการวิเคราะห์ของ Pérez et al. (2023) นำสารละลายตัวอย่าง 10 µl เติมสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 10 % 1995 µl เติมสารละลาย Folin Ciocalteu reagent เจือจาง 10 เท่ากับน้ำกลั่น 1995 µl ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm ปริมาณฟีนอลิกหาได้จากการนำค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลาย Gallic acid ที่ความเข้มข้น 31.25 – 2,000.00 µg/mL จากสมการ $y = 0.0002x + 0.0022$; $R^2 = 0.9982$ ปริมาณที่ได้แสดงในหน่วย µg GAE/g DW

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดด้วยวิธี Aluminium chloride colorimetric

ดัดแปลงจากวิธีการวิเคราะห์ของ Aparna and Hema (2022) ใช้สารละลายตัวอย่าง 5 µL เติม 5% $NaNO_2$ จำนวน 0.2 mL ทิ้งไว้ 5 นาที หลังจากนั้น เติม 10% $AlCl_3$ จำนวน 0.2 mL เป็นเวลา 6 นาที และเติม NaOH ที่มีความเข้มข้น 1 M จำนวน 1 mL นำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 510 nm ปริมาณฟลาโวนอยด์หาได้จากการนำค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลาย Quercetin ที่ความเข้มข้น 0 – 4,000.00 µg/mL จากสมการ y = 0.0001x + 0.0384; R^2 = 0.9992 ปริมาณที่ได้แสดงในหน่วย µg QE/g DW

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging

ดัดแปลงจากวิธีการวิเคราะห์ของ Hwang and Lee (2023) โดยการเตรียมสารละลาย DPPH reagent โดยชั่ง DPPH 2.4 mg ละลายในเอทานอล 95% ปริมาตร 100 mL ทำการทดสอบสารตัวอย่างปริมาตร 10 µl กับสารละลาย DPPH 1,990 µl ในหลอดทดลองตั้งทิ้งไว้ที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 517 nm โดยเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระกับสารมาตรฐาน Trolox ที่ความเข้มข้น 31.25 – 1,000.00 µg/mL จากสมการ y = 0.0004x + 0.0224; R^2 = 0.9990 ปริมาณที่ได้แสดงในหน่วย µg Trolox/g DW

การวิเคราะห์ทางสถิติ

แสดงผลการทดลองในรูปของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$)

ผลการศึกษา

จากการศึกษาได้ผลการทดลองดังนี้ คือ ร้อยละ (%Yield), ปริมาณสารฟีนอลิก, ฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ดังแสดงใน ตารางที่ 1 – 4

ตารางที่ 1 ร้อยละ (% Yield) ของใบและรากของต้นไทร

ส่วนประกอบของต้นไทร	ร้อยละ (%Yield)
ใบไทร	$7.42^a \pm 0.42$
รากไทร	$2.94^b \pm 0.09$
F-test	**
C.V. (%)	47.70

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3) ค่าที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05 (95%) ตามการทดสอบของ Duncan's multiple range test; ** = ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ P<0.01

ตารางที่ 2 ปริมาณสารฟีนอลิก (Phenolics ในหน่วย µg GAE/g DW) ของใบและรากอากาศของต้นไทร

ส่วนประกอบของต้นไทร	Phenolics (µg GAE/g DW)
ใบไทร	$5.33^a \pm 0.19$
รากไทร	$1.78^b \pm 0.37$
F-test	**
C.V. (%)	55.31

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3) ค่าที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05 (95%) ตามการทดสอบของ Duncan's multiple range test; ** = ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ P<0.01

ตารางที่ 3 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (Flavonoids ในหน่วย µg QE/g DW) ของใบและรากอากาศของต้นไทร

ส่วนประกอบของต้นไทร	Flavonoids (µg QE/g DW)
ใบไทร	$38.15^{a} \pm 0.83$
รากไทร	$17.08^{b} \pm 0.30$
F-test	**
C.V. (%)	42.40

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3) ค่าที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05 (95%) ตามการทดสอบของ Duncan's multiple range test; ** = ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ P<0.01

ตารางที่ 4 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการวิเคราะห์ DPPH radical scavenging ของใบและรากอากาศของต้นไทร

ส่วนประกอบของต้นไทร	DPPH (µg Trol/g DW)
ใบไทร	$1197.42^{a} \pm 71.92$
รากไทร	$432.04^{b} \pm 26.56$
F-test	**
C.V. (%)	51.80

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3) ค่าที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05 (95%) ตามการทดสอบของ Duncan's multiple range test; ** = ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ P<0.01

จากการศึกษานี้ พบว่าสารสกัดจากใบและรากอากาศของต้นไทร (*Ficus benjamina*) มีร้อยละ (% Yield) ปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าใบไทรมีร้อยละ (%Yield) 7.42 ± 0.42 ซึ่งมากกว่ารากอากาศที่มีร้อยละ 2.94 ± 0.09 (ตารางที่ 1) ส่วนปริมาณสารฟีนอลิกสูงถึง 5.33 ± 0.19 µg GAE/g DW ซึ่งมากกว่ารากอากาศที่มีปริมาณ 1.78 ± 0.37 µg GAE/g DW (ตารางที่ 2) เช่นเดียวกับปริมาณฟลาโวนอยด์ที่พบในใบไทร (38.15 ± 0.83) µg QE/g DW) มากกว่ารากอากาศ (17.08 ± 0.30 µg QE/g DW) (ตารางที่ 3) ผลการทดลองยังชี้ให้เห็นว่าใบไทรมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ารากอากาศอย่างมีนัยสำคัญ โดยใบไทรมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 1197.42 ± 71.92 µg Trol/g DW ในขณะที่รากอากาศมีค่า 432.04 ± 26.56 µg Trol/g DW (ตารางที่ 4)

สรุปผลและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ใบและรากอากาศของต้นไทรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยใบไทรมีค่าร้อยละ (%Yield) ปริมาณสารฟีนอลิก และปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงกว่ารากอากาศของต้นไทร นอกจากนี้ ใบไทรยังมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่ารากไทร

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า ที่ระบุว่าสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่พบในพืชสมุนไพรมีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสามารถช่วยป้องกันการเกิดภาวะเครียดออกซิเดชันที่นำไปสู่โรคเรื้อรังหลายชนิด เช่น โรคมะเร็งและโรคหัวใจ (Dangarembizi et al., 2012; Pisoshi & Pop, 2015; Jomova et at., 2013) สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระซึ่งมีความไม่เสถียรสูงและมีผลกระทบต่อเซลล์และเนื้อเยื่อของร่างกาย (Lobo et al., 2010) นอกจากนี้ Ezealisiji & Tamuno-Eli (2017) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบ ใบ

ราก เปลือกลำต้น และเปลือกราก ในพืช *Annona muricata* (Annonaceae) พบว่า ปริมาณฟีนอลิกในใบมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ ราก เปลือกราก และเปลือกลำต้นตามลำดับ ส่วนปริมาณฟลาโวนอลพบมากที่สุดในใบ รองลงมาคือ เปลือกลำต้น เปลือกราก และราก ตามลำดับ แต่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบมากที่สุดในราก รองลงมา คือ เปลือกราก เปลือกลำต้น และใบ ตามลำดับ ถึงแม้ว่าจะพบปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอลมากที่สุดในใบ แต่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในราก มากกว่าซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันของพืชแต่ละชนิด ในแต่ละส่วนของพืช จะมีคุณสมบัติทางชีวภาพแตกต่างกัน เนื่องจากสารประกอบที่มีอยู่ในพืช มีสารที่มีโมเลกุลโครงสร้างของสารหลายกลุ่มซึ่งแต่ละกลุ่มหรือแต่ละโมเลกุลมีศักยภาพทางชีวภาพแตกต่างกัน (Kabera et al., 2014)

ความแตกต่างระหว่างปริมาณสารสำคัญในใบและรากอากาศของต้นไทรอาจเนื่องมาจากการทำงานทางสรีรวิทยาของพืชที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในส่วนของใบที่ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงและผลิตสารประกอบทุติยภูมิ เช่น ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ เพื่อตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม (Bartwal et al., 2013)

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยนี้ จะเห็นได้ว่าสารสกัดจากใบไทรมีศักยภาพสูง เหมาะสมในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ยา หรือเครื่องสำอางที่เน้นคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ที่เน้นประโยชน์จากสารออกฤทธิ์เพื่อการป้องกันโรคและการบำรุงสุขภาพต่อไป

ควรทำการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับกลไกการออกฤทธิ์ที่มุ่งเน้นคุณสมบัติในการป้องกันภาวะเครียดออกซิเดชัน ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเรื้อรังหลายชนิด เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน และศึกษาด้านความปลอดภัยของการใช้สารสกัดจากใบไทร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย จนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

Aparna, B., & Hema, B. P. (2022). Preliminary screening and quantification of flavonoids in selected seeds of Apiaceae by UV–Visible spectrophotometry with evaluation study on different aluminium chloride complexation reaction. *Indian Journal of Science and Technology, 15*(18), 857–868. https://doi.org/10.17485/IJST/v15i18.131

Badgujar, S. B., Patel, V. V., Bandivdekar, A. H., & Mahajan, R. T. (2014). Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Ficus carica*: A review. *Pharmaceutical Biology, 52*(11), 1487–1503. https://doi.org/10.3109/13880209.2014.892515

Bartwal, A., Mall, R., Lohani, P., Guru, S. K., & Arora, S. (2013). Role of secondary metabolites and brassinosteroids in plant defense against environmental stresses. *Journal of Plant Growth Regulation, 32*(1), 216–232. https://doi.org/10.1007/s00344-012-9272-x

Dangarembizi, R., Erlwanger, K. H., Moyo, D., & Chivandi, E. (2013). Phytochemistry, pharmacology and ethnomedicinal uses of *Ficus thonningii* (Blume Moraceae): A review. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines, 10*(2), 203–212. https://doi.org/10.4314/ajtcam.v10i2.4

Ezealisiji, K. M., & Tamuno-Eli, B. (2017). Comparative evaluation of the phenolic and antioxidant properties of the leaves, root, stem bark, and root bark of *Annona muricata* (Annonaceae). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 6*(2), 274-278. https://www.phytojournal.com/archives/2017/vol6issue2/PartD/6-1-85-997.pdf

Hwang, S. J., & Lee, J. H. (2023). Comparison of antioxidant activities expressed as equivalent of standard antioxidant. *Food Science and Technology, 43*. https://doi.org/10.1590/fst.121522

Jomova, K., Raptova, R., Alomar, S. Y., Alwasel, S. H., Nepovimova, E., Kuca, K., & Valko, M. (2023). Reactive oxygen species, toxicity, oxidative stress, and antioxidants: Chronic diseases and aging. *Archives of Toxicology, 97*, 2499–2574. https://doi.org/10.1007/s00204-023-03562-9

Kabera, J. N., Semana, E., Mussa, A. R., & He, X. (2014). Plant secondary metabolites: Biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology, 2*, 377-392. https://www.davidpublisher.com/Public/uploads/Contribute/550924ffb662e.pdf

Kaur, P., Sharma, R., & Agnihotri, S. (2023). *Ficus benjamina*: Phytochemical and pharmacognostic perspective. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 14*(1), 71-79. https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.14(1).71-79

Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews, 4*(8), 118-126. https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902

Mahomoodally, M. F., Asif, F., Rahman, R., & Nisar, A. I. S. (2019). A review of the pharmacological potential and phytochemical profile of Weeping Fig-*Ficus benjamina* L. *International Journal of Chemistry and Biochemistry Sciences, 16*, 70-75. https://www.iscientific.org/wp-content/uploads/2019/10/11-IJCBS-19-16-11.pdf

Mutha, R. E., Tatiya, A. U., & Surana, S. J. (2021). Flavonoids as natural phenolic compounds and their role in therapeutics: An overview. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences, 7*, 25. https://doi.org/10.1186/s43094-020-00161-8

Pérez, M., Dominguez-López, I., & Lamuela-Raventós, R. M. (2023). The chemistry behind the Folin-Ciocalteu method for the estimation of (poly)phenol content in food: Total phenolic intake in a Mediterranean dietary pattern. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 71*(46), 17543-17553. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c04022

Pisoschi, A. M., & Pop, A. (2015). The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. *European Journal of Medicinal Chemistry, 97*, 55-74. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.04.040

Sahoo, N., Manchikanti, P., & Dey, S. (2010). Herbal drugs: Standards and regulation. *Fitoterapia, 81*(6), 462-471. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2010.02.001

Sirisha, N., Sreenivasulu, M., Sangeeta, K., & Chetty, C. M. (2010). Antioxidant properties of *Ficus* species-A review. *International Journal of PharmTech Research, 2*(4), 2174-2182. https://www.sphinxsai.com/Oct_dec_2010_vol2_no.4/PharmTech_vol2_no.4_1_pdf/PT=08%20(2174-2182).pdf

Yuan, H., Ma, Q., Ye, L., & Piao, G. (2016). Traditional medicine and modern medicine from natural products. *Molecules, 21*(559), 1-18. https://doi.org/10.3390/molecules21050559

การคัดแยกและจำแนกชนิดของจุลินทรีย์ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพกาแฟที่แปรรูปด้วยกระบวนการแบบเปียก

Isolation and characterization of Microorganisms involved in the Wet-Process coffee production: Impact on coffee qualities

อนุวัฒน์ เตชะฤทธิ์[1*], จิราภรณ์ จิรัคคกุล[1], แสงชัย เอกประทุมชัย[2], อิสรีย์ พันธ์จันทร์[3] และ เลขา ไสลเพชร[2]
Anuwat Tachaleat[1*], Jirapon Jirakkakul[1], Saengchai Akeprathumchai[2], Isaree Panchan[3] and Lakha Salaipeth[2]

บทคัดย่อ

เกษตรกรและผู้ผลิตกาแฟของไทยนิยมใช้กระบวนการผลิตกาแฟแบบเปียก ซึ่งอาศัยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติที่อยู่บนเมล็ดกาแฟในการหมัก อย่างไรก็ตามกระบวนการนี้มักจะได้กาแฟที่มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากหลายปัจจัย เช่นสภาพภูมิอากาศ วิธีปฏิบัติของเกษตรกรและความหลากหลายของจุลินทรีย์ตามธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงไปและไม่สามารถควบคุมได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกและระบุสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อคุณภาพของกาแฟที่ถูกแปรรูปแบบเปียก โดยเก็บตัวอย่างจากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตีนตก และไร่กาแฟนริศภายใต้สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ ซึ่งเป็นพื้นที่สำคัญในการปลูกและแปรรูปกาแฟอาราบิก้า แบคทีเรียแลคติกถูกแยกใน MRS agar ผสมกับ bromocresol purple ที่ 0.12 กรัม/ลิตร และ sodium azide ที่ 0.2 กรัม/ลิตร บ่มที่ 25°C ขณะที่ใช้ PDA agar ผสมกับ ampicillin ที่ 100 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับเพาะเลี้ยงยีสต์ จุลินทรีย์ที่ถูกแยกได้ทั้งหมดได้รับการระบุชนิดด้วยเทคนิค Next Generation Sequencing และวิเคราะห์กรดอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ผลิตได้ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography โดยจุลินทรีย์ที่แยกได้ประกอบด้วยแบคทีเรีย 6 ชนิด เช่น *Weissella cibaria* และยีสต์ 2 ชนิด เช่น *Pichia fermentans* เมล็ดกาแฟที่ผ่านการหมักด้วย *Lactobacillus plantarum* และ *W. cibaria* ซึ่งมีความสามารถในการผลิตกรดแลคติกที่ช่วยเพิ่มความเปรี้ยวฉ่ำและความรู้สึกสดใหม่ของกาแฟ ในปริมาณ 18.11 และ 8.67 กรัม/ลิตร ตามลำดับ แต่ได้คะแนนการชิมที่ 80.81 และ 83.13 ตามลำดับ ขณะที่เมล็ดกาแฟที่หมักด้วย *P. fermentans* ซึ่งมีความสามารถในการผลิต ester ทำให้ได้คะแนนการชิมที่ 83.58 ส่วนเมล็ดกาแฟที่หมักตามธรรมชาติ (ตัวควบคุม) ได้คะแนนการชิมที่ 81.96 ดังนั้นจุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อคุณภาพของกาแฟที่แปรรูปด้วย

[1] มูลนิธิโครงการหลวงและโครงการตาพระราชดำริ สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150
[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150
[3] มูลนิธิโครงการหลวง ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรโครงการหลวง ชนกาธิเบศรดำริ จังหวัดเชียงใหม่ 50200
[1] Royal Project Foundation and King's Recommended Supporting Center, Pilot Plan Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, 10150
[2] Faculty of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, 10150
[3] Royal Project Foundation, Royal Project Agricultural Research and Development Center, Chankathibet Damri, Chiang Mai, 50200
*Corresponding author: anuwat.tac@kmutt.ac.th

กระบวนการแบบเปียก การเพิ่มจุลินทรีย์บางชนิดที่ได้รับการคัดเลือกอย่างพิถีพิถัน อาจช่วยเพิ่มคุณภาพกาแฟ และยังสามารถนำไปสู่การพัฒนาเทคนิคใหม่ ๆ ในการผลิตกาแฟที่มีคุณภาพสูงขึ้น

คำสำคัญ: กาแฟอาราบิก้า, การแปรรูปกาแฟแบบเปียก, กาแฟหมัก, กรดอินทรีย์, คะแนนการชิม

Abstract

Thai coffee farmers/producers prefer wet-processed coffee production process relying on natural microorganisms present on coffee beans which often leads to inconsistent coffee qualities as several factors such as climate, farmers' practices, and natural microorganism diversity vary uncontrollably. This study aimed at isolating and characterizing the microorganisms significantly influencing coffee quality in the wet-processed coffee production. Samples were collected from the Royal Project Development Center at Tien Tok and Narit Coffee Farm at the Inthanon Royal Agricultural Station, significant area for growing and Arabica coffee processing. Lactic Acid Bacteria was isolated using MRS agar supplemented with 0.12 g/L bromocresol purple and 0.2 g/L sodium azide under 25°C incubation while PDA agar containing 100 mg/L ampicillin was employed for yeasts. All isolated microorganisms were identified via Next Generation Sequencing techniques and organic acids were analyzed via High Performance Liquid chromatography. Isolated microorganisms included 6 bacteria (i.e., *Weissella cibaria*,) and 2 yeasts (e.g., *Pichia fermentans*). Coffee beans fermented with *L. plantarum* and *W. cibaria* produced lactic acid, acidity and freshness enhancer of coffee, at 18.11 and 8.67 g/L, respectively, leading to, respectively, 80.81 and 83.13 cupping scores while those fermented with *P. fermentans* known for esters producing capability led to 83.58 cupping score given that naturally fermented coffee bean (control) was of 81.96 cupping scores. It appeared that microorganisms played a significant role on coffee quality during wet-processed fermentation. Therefore, inoculation of few carefully selected microorganisms may enhance the quality of wet-processed coffee and leads to developing new techniques for producing higher-quality coffee.

Keywords: Arabica, Washed-process, Fermented coffee, Organic acid, Cupping score

บทนำ

ในการแปรรูปกาแฟแบบเปียก (wet process) เกษตรกรนำเมล็ดกาแฟที่กะเทาะเปือกแล้ว แช่น้ำไว้นาน 24 – 72 ชั่วโมง [2] ซึ่งเป็นการคัดกรองเมล็ดกาแฟที่ไม่มีคุณภาพในเบื้องต้นและช่วยกำจัดเมือกออกจากเมล็ดในขณะเดียวกัน อย่างไรก็ตามในการแปรรูปกาแฟแบบเปียกนี้อาศัยจุลินทรีย์ที่อยู่ในธรรมชาติซึ่งอาจมะความแตกต่างกันตามพื้นที่ จึงทำให้ไม่สามารถควบคุมคุณภาพของกาแฟได้ Tatsaporn Todhanakasem และคณะ [3] ศึกษา microbiota ระหว่างการหมักกาแฟแบบเปียก และพบว่ามีแบคทีเรียและยีสต์มากถึง 64 และ 59 ชนิด ตามลำดับ โดยมี Lactic Acid Bacteria (LAB) เป็นกลุ่มหลัก ซึ่งจุลินทรีย์หลายชนิดมีรายงานว่ามีผลกระทบต่อกลิ่น/รสชาติกาแฟ จากรายงานวิจัยของ Xiaojing Shen และคณะ [4] ที่ศึกษาความสัมพันธ์ของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นได้เอง (spontaneous microbe) ในการหมักกาแฟแบบเปียกต่อสารเมตาบอไลท์ที่เกิดขึ้น พบว่าในระหว่างการหมักกาแฟแบบเปียก มีแบคทีเรียกลุ่ม *Achromobacter* sp., *Tatumella* sp., *Weissella* sp., *Streptococcus* sp., *Trichocoleus* sp. ซึ่งมักจะเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์กรดอินทรีย์และ

มีผลทำให้กาแฟมีความเปรี้ยวเพิ่มขึ้น และยีสต์ *Cystofilobasidium* sp., *Hanseniaspora* sp., *Lachance sp.*, *Wickerhamomyces* sp. ที่อาจเกี่ยวข้องกับการผลิตเอธานอลและช่วยเพิ่มความหวานให้กับกาแฟ ซึ่งพบในสัดส่วนที่สูงมากระหว่างการหมัก และเมื่อวิเคราะห์สารเมตาบอไลท์ในเมล็ดกาแฟ พบว่ามี Differentially Changed Metabolites (DCMs) มากถึง 115 ชนิด ที่เกิดขึ้นได้ภายใน 36 ชั่วโมงหลังการหมัก และพบว่ามี DCMs ถึง 17 ชนิด ที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจุลินทรีย์ต่างๆ เหล่านั้น ดังนั้นการควบคุมสภาวะรวมทั้งกลุ่มจุลินทรีย์ระหว่างการหมักกาแฟแบบเปียกจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการช่วยควบคุมคุณภาพและกลิ่นรสของกาแฟได้ อย่างไรก็ตามด้วยวิกฤต climate change ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ในท้องถิ่นมีการเปลี่ยนแปลงไป หากเกษตรกรที่แปรรูปกาแฟยังอาศัยจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (spontaneous microbe) จะทำให้ไม่สามารถควบคุมคุณภาพของกาแฟให้คงที่ได้

ประเทศบลาซิล ถือได้ว่าเป็นผู้ผลิตและส่งออกกาแฟคุณภาพสูงรายใหญ่ของโลก และได้รับผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างสูง Alexander da Silva Vale และคณะ [5] ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ (Biodiversity) ระหว่างการแปรรูปกาแฟในพื้นที่ที่มีสภาพอากาศชื้นแบบกึ่งร้อนของประเทศบลาซิล พบว่าในระหว่างการหมัก มีแบคทีเรียก่อโรค *Enterobacter* sp. และ *Kluyvera* sp. มากกว่าจุลินทรีย์อื่น ๆ อย่างมีนัยยะสำคัญ ซึ่งมีผลทำให้สมดุลรสชาติของกาแฟเกิดการเปลี่ยนแปลงไป โดยมีกลิ่นหรือรสชาติที่ไม่พึงประสงค์มากขึ้น เมื่อนำกาแฟไปทดสอบการชิม (cup test) มีคะแนน cup score เพียง 80.83 ± 0.39 ถือว่าเป็นกาแฟคุณภาพปานกลาง ทำให้ราคาจำหน่ายลดลง

อย่างไรก็ตามได้มีคณะนักวิจัยหลายกลุ่มพยายามคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพสูง จากกระบวนการแปรรูปกาแฟโดยจุลินทรีย์จากธรรมชาติในหลายพื้นที่ โดยจุลินทรีย์ที่คัดแยกนี้จะช่วยเพิ่มคุณภาพกาแฟมีรสชาติที่ดีและอาจมีผลทำให้กาแฟมีอัตลักษณ์เฉพาะที่แตกต่างกัน และสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตกาแฟกะลาได้ เช่น Dusit Athinuwat และคณะ [6] ศึกษาเปรียบเทียบสารเมตาบอไลท์ในกาแฟ 3 ชนิดคือ *Coffea arabica* cv. Caltimor, *C. arabica* cv Bourbon และ *C. canephora* cv. Robusta ที่หมักด้วยยีสต์ *Sacchoromyces cerevisiae* SafAle s-33 ที่คัดแยกได้จากธรรมชาติและมีความปลอดภัย กับกาแฟที่ไม่ได้หมักด้วยยีสต์ดังกล่าว และพบว่าสารเมตาบอไลท์ในกาแฟทั้ง 3 ชนิดที่ผ่านการหมักด้วย *S. cerevisiae* SafAle s-33 มี สาร 1-(4-Methoxyphenyl)octan-1-one, 8-Oxabicyclo[3.2.1]oct-6-en-3-one, 5,6-Dimethoxy-2-(2-hydroxyethyl-1-thio)-3 trimethylsilyl methyl-1,4-benzoquinone, furfuryl ethyl ether, 5-methyl furfural สูงกว่ากาแฟที่ไม่ได้หมัก และยังพบว่าในกาแฟคั่ว มีปริมาณกรดมาลิคสูงขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญ ส่งผลทำให้กาแฟมีรสชาติที่โดดเด่นขึ้น มีความเปรี้ยวที่สมดุล มีรสชาติหวานคาราเมลหรือผลไม้แห้ง มีกลิ่นหอมวานิลา และมีรสสัมผัสคล้ายเฮเซลนัท งานวิจัยแสดงให้เห็นว่า การใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* SafAle s-33 สามารถช่วยเพิ่มอัตลักษณ์ของกาแฟทั้ง 3 สายพันธุ์ ให้มีความแตกต่างไปจากกว่าเดิมได้

วัตถุประสงค์ของบทความวิจัยนี้ คือคัดแยกและระบุสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่ถูกแปรรูปแบบเปียก ตลอดจนนำเสนอเทคโนโลยีสำหรับนำจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพ ไปช่วยเพิ่มคุณภาพกาแฟที่ผ่านการหมักแบบ facultative wet process fermentation เพื่อสร้างกาแฟที่มีอัตลักษณ์เฉพาะ มีกลิ่นและรสชาติที่ดี มี cupping score ที่เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับ Specialty coffee ตามมาตรฐาน Specialty Coffee Association of Thailand (SCATH) [1] ได้เพื่อช่วยเพิ่มราคาจำหน่ายและพัฒนาคุณภาพชีวิตของกลุ่มเกษตรกรได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อคัดแยกและระบุสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของกาแฟที่ถูกแปรรูปแบบเปียก

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

งานวิจัยนี้ เป็นการค้นหา คัดแยกและระบุชนิดของจุลินทรีย์จากธรรมชาติ ที่มีศักยภาพในการเพิ่มคุณภาพกลิ่นและรสชาติ ของกาแฟที่แปรรูปแบบเปียก โดยเน้นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์หรือกรดอินทรีย์ที่ทำให้กาแฟมีคุณภาพสูงขึ้น เช่นยีสต์ *Saccharomyces* sp. ซึ่งมีความสามารถในการผลิต pectinase [7] [8] ซึ่งจะช่วยเปลี่ยนเพกติน ที่อยู่รอบ ๆ เมล็ดกาแฟ ให้เป็นน้ำตาล ทำให้กาแฟมีรสชาติหวาน เมื่อคั่วแล้วจะเกิดกระบวนการ caramelization ที่มีกลิ่นหอมมากขึ้น หรือ *Bacillus* sp. ซึ่งมีคุณสมบัติในการผลิตเอนไซม์ protease ที่จะช่วยเป็นโมเลกุลของโปรตีนในเมล็ดกาแฟให้เป็นกรดอะมิโน [9] เมื่อรวมตัวกับน้ำตาลและถูกความร้อนและเกิดปฏิกิริยา maillard จะทำให้กาแฟกลิ่นและรสสัมผัสที่ดี หรือจุลินทรีย์กลุ่ม Lactic acid bacteria ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการช่วยเพิ่มปริมาณกรดอินทรีย์ให้กับกาแฟหมัก ทำให้กาแฟมีรสเปรี้ยวฉ่ำเหมือนผลเบอรี่ และรู้สึกสดชื่นหลังดื่มกาแฟ ([10] [11] จังหวัดเชียงใหม่ ถือว่าเป็นแหล่งที่มีการปลูกและแปรรูปกาแฟที่สำคัญของประเทศไทย แต่กลับพบว่าคุณภาพหรือรสชาติของกาแฟที่ผลิตได้ยังไม่สามารถแข่งขันกับตลาดโลก เนื่องจากหลายปัจจัย เช่นสายพันธุ์ การบำรุงรักษา ระดับความสูงของแหล่งปลูก การเกี่ยวเก็บ การแปรรูป การตากแห้งและการเก็บรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนการแปรรูปแบบเปียก จากกาแฟเชอรี่เป็นสารกาแฟ มีขั้นตอนที่สำคัญคือการแช่กาแฟไว้ในน้ำนาน 24 – 72 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาพอากาศ เพื่อทำให้เมือกกาแฟหลุดออกจากตัวเมล็ด โดยกระบวนการนี้จะก่อให้เกิดจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ตามธรรมชาติที่ไม่อาจจะควบคุมทั้งชนิดและปริมาณ เจริญเติบโตขึ้นได้อย่างรวดเร็วในระหว่างการแช่น้ำ ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพกาแฟที่ได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงได้ทำการคัดแยกจุลินทรีย์จากแหล่งผลิตและแปรรูปกาแฟที่มีคุณภาพที่ดี จากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงดีนตก และสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ เพื่อค้นหาจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพสูงที่จะช่วยทำให้ควบคุมการผลิตและแปรรูปกาแฟแบบเปียก จนได้กาแฟมีคุณภาพ หรือกลิ่นและรสชาติที่สม่ำเสมอ โดยเน้นไปที่แบคทีเรียกลุ่ม Lactic Acid Bacteria ที่มีความสามารถผลิตกรดอินทรีย์สำคัญที่มีผลกระทบต่อการเพิ่มรสชาติเปรี้ยวฉ่ำ โทนผลไม้สุกให้กับกาแฟ และกลุ่ม Yeast ที่มีความสามารถในการเปลี่ยนสารเพกติน ไปเป็นสารที่ช่วยให้กาแฟมีความหอม หวานเพิ่มขึ้น โดยใช้อาหารจำเพาะในการคัดแยก ตลอดจนอาศัยเทคนิค Next Generation Sequencing (NGS) ในการระบุสายพันธุ์จุลินทรีย์ และใช้เทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ในการตรวจติดตามความสามารถของจุลินทรีย์ต่อการผลิตกรดอินทรีย์ต่าง ๆ ที่อาจจะมีผลกระทบต่อคุณภาพของกาแฟ และคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีความโดดเด่นบางสายพันธุ์ ไปทดลองใช้เป็นหัวเชื้อเริ่มต้น (starter) สำหรับหมักกับกาแฟที่ได้จากเชียงใหม่ โดยติดตามผลกระทบที่มีต่อคุณภาพและรสชาติของกาแฟ ตลอดจนเปรียบเทียบ cup score ของกาแฟที่ผ่านกระบวนการแปรรูปในระดับห้องปฏิบัติการ กับกาแฟที่แปรรูปโดยเกษตรกรจากพื้นที่ต่าง ๆ ได้

วิธีวิทยาการวิจัย

1. พื้นที่เก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างจากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงดีนตก ต.ห้วยแก้ว อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ (พิกัด 18.867553, 99.322312 ระดับความสูง 929 เมตร) เมื่อ 27 พฤศจิกายน 2566 และไร่กาแฟนริศ ต.บ้านหลวง อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ (พิกัด 18.530336, 98.521194 ระดับความสูง 1,400 เมตร) เมื่อ 10 มกราคม 2567 โดยเก็บน้ำพร้อมเมล็ดกาแฟจากถังแปรรูปกาแฟแบบเปียก จำนวน 50 มิลลิลิตร ที่เวลา 0, 12 และ 24 ชั่วโมง หลังแช่กาแฟ ตัวอย่างทั้งหมดถูกเก็บในถังน้ำแข็งและแช่เย็นที่ 4°C ก่อนนำไป spread plate ในอาหารจำเพาะสำหรับคัดแยกแบคทีเรียและยีสต์

2. อาหาร สภาวะเพาะเลี้ยงเชื้อและการคัดแยก

2.1 Half-Nutrient agar; 2.5 กรัม Peptone, 1.5 กรัม Beef extract, 15 กรัม Agar ละลายในน้ำ 1,000 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้ได้ที่ 6.5 ใช้สำหรับคัดแยกจุลินทรีย์ทั่ว ๆ ไป

2.2 Potato Dextrose Agar, Granulated (Himedia, GM096-500G); ชั่งผงอาหารสำเร็จรูป PDA จำนวน 40 กรัม ละลายในน้ำ 1,000 มิลลิลิตร หลังนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) แล้วให้เติมยาปฏิชีวนะ Ampicillin และ Chloramphenicol เข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ลงไปจำนวน 1 มิลลิลิตร ใช้สำหรับคัดแยกยีสต์

2.3 Organic acid screening (MRS+Bp); ผงอาหารสำเร็จรูป MRS (Himedia, M641-500G) จำนวน 60 กรัม ผสมกับ 0.12 กรัม Bromocresol purple, 0.2 กรัม Sodium azide, 10 กรัม sucrose และ 15 กรัม Agar ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้ได้ที่ 6.5 ใช้สำหรับคัดแยกจุลินทรีย์กลุ่ม LAB และใช้ทดสอบความสามารถในการผลิตกรดอินทรีย์

2.4 Proteolytic screening (Skim milk agar, SMA); ผสม 1 กรัม dextrose, 5 กรัม tryptone, 2.5 กรัม yeast extract และ 15 กรัม agar ลงในผง skim milk จำนวน 28 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร ใช้สำหรับทดสอบความสามารถในการย่อยโปรตีน

3. การจำแนกและระบุชนิดของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่ผ่านการคัดแยกและทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ แล้ว ถูกนำมาจำแนกชนิดด้วยเทคนิค Next Generation Sequencing โดยทำการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ต่าง ๆ ในอาหารจำเพาะ ที่ 25°C นาน 3 วัน ทำการเก็บตะกอนเซลล์ด้วย refrigerate centrifuge ที่ 4°C, 6,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที ก่อนนำไปสกัด Genomics DNAs ด้วย QIAamp DNA Micro kit (Cat.56304) สำหรับแบคทีเรีย ถูกนำไป amplify 16s rRNA fragment (full-length) ที่มีขนาดชิ้นดีเอ็นเอประมาณ 1.5 kb ด้วย 8F primer (5'-TTGATCCTGCCGGAGGC-3') และ 1492R primer (5'-TACGGYTACCTTGTTACGACTT-3') [12] ส่วนยีสต์จะถูกนำไป amplify ITS gene ที่มีขนาดชิ้นดีเอ็นเอประมาณ 0.5 – 0.7 kb ด้วย universal ITS4 primer (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') และ ITS5 primer (5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3') โดยใช้ DreamTaq PCR Master Mix (2x) (ThermoFisher Scientific) ในการสังเคราะห์ชิ้นส่วนดีเอ็นเอ ด้วยเครื่อง PCR (ยี่ห้อ Thermal Cycler รุ่น SimpliAmp) ด้วยสภาวะ Denaturation: 95°C 5 min จำนวน 1 รอบก่อนเข้า Start Cycle 94°C 30 sec, Annealing: 55°C 30 sec, Extending: 72°C 1 min, ทำซ้ำ 35 รอบ

PCR product ถูก purify ด้วย QIAquick PCR Purification Kit (Cat.28104) ก่อนส่งไปหาลำดับกรดนิวคลีโอไทด์ที่บริษัท U2Bio (Thailand) จากนั้นทำการวิเคราะห์ Taxonomy ด้วยโปรแกรม BlastN (www.ncbi.nlm.nih.gov/BlastN/) และวิเคราะห์ Phylogenetic tree ด้วยโปรแกรม BioEdit

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกรดอินทรีย์ และย่อยสลายโปรตีน จะนำตะกอนเซลล์ไปเจือจางในน้ำกลั่นปลอดเชื้อ ให้ค่า cell density ที่ 600nm มีค่าเท่ากับ 1 ก่อนดูดสารละลายเซลล์จำนวน 5 ไมโครลิตร หยดลงบนอาหาร MRS+Bp agar และอาหาร SMA โดยนำอาหารวุ้นทั้งหมดไปบ่มใน incubator ที่ 25°C นาน 3 วัน ก่อนทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงใส (clear zone) และ colony size สำหรับนำไปคำนวณหาค่า Organic acid producing index (OI) และ Proteolytic activity index (PI) ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์เมตาบอไลท์

ทำการเลี้ยงจุลินทรีย์กลุ่ม LAB ในอาหารเหลว MRS และเลี้ยงยีสต์ในอาหารเหลว PDB ที่ 25°C นาน 3 วัน ทำการวัดค่า Cell Density ด้วยเครื่อง Microplate reader ที่ OD_{600nm} จากนั้นนำน้ำหมัก (culture broth) ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง refrigerate centrifuge ที่ 4°C ด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที เก็บส่วนใส (supernatant) ไปวัดค่า pH, %Brix และแบ่งส่วนใสจำนวน 2 มิลลิลิตร ไปกรองด้วย ChromPlus Syringe Filter Nylon (13 mm, 0.22 μm NY, Cat.20801192) เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC (Waters e2695 Separation Module)

สำหรับ Volatile Organic Acid profile (VOA) และ sugar-alcohol ทำการวิเคราะห์ผ่านคอลัม Aminex HPX-87H 7.8x300mm (Bio-Rad) โดยใช้ 5 mM Sulfuric Buffer เป็น mobile phase ที่อุณหภูมิ 65°C ด้วย flow rate ที่ 0.6 มิลลิลิตรต่อนาที และบันทึกผลด้วย Waters 2998 PDA Detector ที่ 210 nm และ Waters 2414 RI detector โดยใช้กรด Citric (RT7.78), Tartaric (RT8.83), Maric (RT9.74), Lactic (RT12.74), Quinin (RT13.40), Formic (RT13.64), Acetic (RT14.70), Propionic (RT17.34), Isobutyric (RT18.18), Butyric (RT20.33), Isovaleric (RT23.09) และ valeric (RT26.79) เป็นสารมาตรฐาน ทำการวิเคราะห์ผลด้วย HPLC จำนวน 5 ซ้ำ

สำหรับ Caffeine Metabolite (CM) ทำการวิเคราะห์ผ่านคอลัม Symmetry C18, 4.6x250mm, 5 μm (Vertical) ใช้สารละลาย Methyl:Water:Acetic ในสัดส่วน 20:75:5 เป็น mobile phase ทำการแยกตัวอย่างที่ 25°C ด้วย flow rate ที่ 0.7 มิลลิลิตร และบันทึกผลด้วย Waters 2998 PDA detector ที่ 273 nm โดยใช้ Theophylline (RT7.38), Theobromine (RT10.66) และ Caffeine (RT14.12) เป็นสารมาตรฐาน ทำการวิเคราะห์ผลด้วย HPLC จำนวน 5 ซ้ำ

5. การใช้จุลินทรีย์ที่คัดแยกได้เป็นหัวเชื้อสำหรับหมักกาแฟแบบ facultative wet process fermentation

นำจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้และมีประสิทธิภาพในการผลิตกรดอินทรีย์ ย่อยสลายโปรตีนและเพกติน ได้ดี มาใช้เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้น (starter) เพื่อทำการแปรรูปกาแฟแบบเปียก ภายใต้สภาวะ facultative fermentation ซึ่ง starter เตรียมโดยการย้าย single colony ลงไปเพาะเลี้ยงในอาหาร MRS สำหรับแบคทีเรีย และอาหาร PDB สำหรับยีสต์ ที่มีปริมาตร 50 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25°C นาน 3 วัน ก่อนทำการปั่นตะกอนเซลล์ด้วย centrifuge ที่ 10,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที ทำการล้างด้วย Normal Sarine (0.8 N NaCl) จำนวน 2 รอบ และปรับค่าความขุ่นของเซลล์ให้มีค่าเท่ากับ 1 OD_{600nm} มีปริมาตรสุทธิ 50 มิลลิลิตร ก่อนนำไปใช้งาน

การทดลองนี้ใช้กาแฟพันธ์อาราบิก้า จากไร่นริศ ที่เก็บผลกาแฟเชอรี่เมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2567 ทำการกะเทาะเปลือกกาแฟออกและล้างน้ำเปล่า 2 รอบ ให้สะอาด ก่อนบรรจุเมล็ดกาแฟ 1 กิโลกรัม ลงในภาชนะ เติมน้ำกลั่นและหัวเชื้อจุลินทรีย์ลงไป 500 มิลลิลิตร และ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปิดผลึกให้สนิท ตั้งทิ้งไว้ที่ 25°C หมักนาน 24 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำหมักที่ 0, 12 และ 24 ชั่วโมง นำไปวัดค่า pH, TDS, Absorbance (600 nm), %Brix, %Ethanol และ VOA ด้วยเทคนิค HPLC

ที่ 24 ชั่วโมงการหมัก ล้างเมล็ดกาแฟในน้ำสะอาด 2-3 รอบ ก่อนนำเมล็ดกาแฟไปตากให้แห้งในแดดจัด 7-10 วัน ทำการพลิกเมล็ดกาแฟและชั่งน้ำหนักแห้งทุกวัน ให้เหลือความชื้นประมาณ 10 – 15% (คำนวณจากน้ำหนักก่อนตาก) ก่อนนำเมล็ดกาแฟไปสีเปลือกเพื่อเอาสารกาแฟไปคั่วและชงในลำดับต่อไป

6. การประเมินคุณภาพกาแฟ

กาแฟกะลาที่แห้งสนิท ถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน คือสารกาแฟดิบ (Green bean) และกาแฟคั่ว (ส่งตัวอย่างไปคั่วตามกรรมวิธีของมูลนิธิโครงการหลวง) ซึ่งกาแฟทั้งสองส่วนจะถูกบดและชงแบบ Pour over หรือ Drip โดยใช้ผงกาแฟบดจำนวน 20 กรัม ต่อน้ำร้อน (95°C) ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ในการสกัดน้ำกาแฟเพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่า pH,

%Brix, Sugar content, Ethanol, VOA และ CM ด้วยเทคนิค HPLC สำหรับข้อมูลต่าง ๆ ถูกประมวลผลทางสถิติด้วยโปรแกรม Excel (t-test: Paired Two Sample for Mean)

การประเมินคุณภาพและรสชาติของกาแฟคั่ว ดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญด้วยกรรมวิธีภายใน (inhouse method) ของมูลนิธิโครงการหลวง ตามมาตรฐาน SCATH โดยให้คะแนนด้านต่าง ๆ ดังนี้ 1) Fragrance/Aroma 2) Flavor 3) Aftertaste 4) Acidity 5) Body 6) Balance 7) Uniformity 8) Clear cup 9) Sweetness 10) Over all ซึ่งมีคะแนนเต็มด้านละ 10 คะแนน ทำการชง/ชิมและให้คะแนน จำนวน 3 แก้วต่อตัวอย่าง (ในงานวิจัยนี้ ได้เพียงรายงานผลสรุปคะแนนเฉลี่ยของการ cup score ในรูปแบบของมูลนิธิโครงการหลวง)

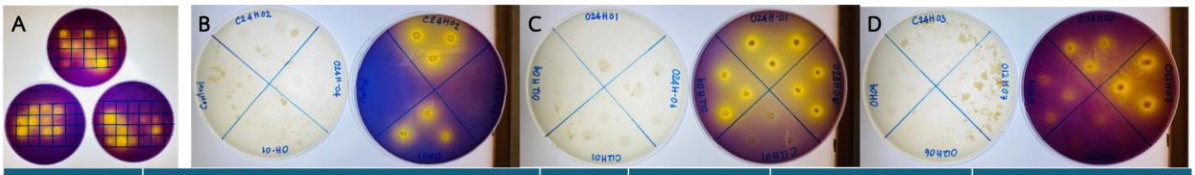
ผลการศึกษา

การแยกจุลินทรีย์จากกระบวนการแปรรูปกาแฟแบบเปียก (Isolation of microorganism from Coffee wet process)

นำตัวอย่างน้ำในถังหมักเมล็ดกาแฟแบบเปียก จากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตีนตก และไร่นริศ มาแยกจุลินทรีย์โดยทำการเจือจางตัวอย่างแบบ serial dilution ด้วย normal saline และ spread plate ในอาหาร Half-NA สำหรับคัดแยกแบคทีเรีย และ PDA ที่ผสมยาปฏิชีวนะ ampicillin สำหรับคัดแยกยีสต์ หลังการบ่มเชื้อที่ 25°C นาน 3 วัน พบว่ามีจุลินทรีย์จำนวนมากที่เจริญเติบโตได้บนอาหารแข็ง จึงได้ทำการสุ่มจุลินทรีย์เหล่านั้น ไปทำการทดสอบความสามารถในการผลิตกรดในอาหาร MRS+Bp agar หรือย่อยสลายโปรตีนในอาหาร SMA โดยจุลินทรีย์ที่สามารถปลดปล่อยกรดออกมานอกเซลล์ได้ พบว่ามีแบคทีเรียจำนวน 22 isolate ที่ทำให้ผิวอาหารรอบ ๆ โคโลนีเปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีส้มเหลือง และมียีสต์จำนวน 2 isolate ที่สามารถย่อยโปรตีนได้ ซึ่งจุลินทรีย์ทั้งหมดถูกนำไปเลี้ยงในอาหารเหลว เพื่อทำการทดสอบในขั้นถัดไป

Primary/Secondary screening and molecular identification of isolated microbes

แบคทีเรียและยีสต์ที่สามารถผลิตปลดปล่อยกรดได้จากการคัดแยกเบื้องต้น ถูกเพาะเลี้ยงต่อในอาหารเหลว MRS และ PDB ตามลำดับ โดยไม่มีการกวนที่อุณหภูมิ 25°C นาน 5 วัน พบว่า pH ของอาหารเพาะเลี้ยง DA22 มีค่าต่ำสุดที่ 3.89 สำหรับแบคทีเรียตัวอื่น ๆ มีค่า pH อยู่ในช่วง 3.89 – 5.28 และ 4.12 – 4.23 สำหรับยีสต์ เมื่อนำตัวอย่างน้ำหมักไปวิเคราะห์แอลกอฮอล์ พบว่ามีเพียงยีสต์ TT-Y1 เท่านั้นที่สามารถตรวจพบ ethanol ในปริมาณ 7.13 กรัมต่อลิตร สำหรับการทดสอบหาค่า Proteolytic producing index (PI) และ Organic acid producing index (OI) ของจุลินทรีย์ต่าง ๆ พบว่าสำหรับแบคทีเรียมีเพียงเชื้อ DA8 และ DA10 เท่านั้นที่ไม่พบ clear zone บนอาหาร SMA ในขณะที่ isolate อื่น ๆ พบว่ามีค่า PI อยู่ระหว่าง 1.60 – 3.50 แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียเหล่านี้มีความสามารถในการผลิต extracellular protease เพื่อย่อย skim milk ให้เป็นกรดอะมิโนได้อย่างดี ในขณะที่ยีสต์ TT-Y1 ให้ผล positive ในอาหาร SMA และอาหาร MRS+Bp แต่ยีสต์ TT-Y2 ที่ให้ผล negative ต่อการทดสอบ OI ขณะที่แบคทีเรียทุก isolate สามารถผลิตและปลดปล่อยกรดได้ ซึ่งมีค่า OI อยู่ระหว่าง 1.50 – 2.50



Bacterial code	16s rRNA similarities (highest match)	pH	Ethanol	Protiolytic Index	Organic acid Index
C24H04 (DA3)	*Leuconostoc pseudomesenteroides* (99%, AB854189.1)	4.57	ND	2.80	+
O24H06 (DA5)	*Leuconostoc mesenteroides* (99%, MT597703.1)	4.46	ND	2.80	2.00
C12H01 (DA6)	*Leuconostoc mesenteroides* (100%, MT597709.1)	4.60	ND	2.80	+
O12H09 (DA7)	*Leuconostoc mesenteroides* (99%, MT538679.1)	4.33	ND	2.40	1.50
O24H01 (DA8)	*Weissella confuse* (98%, LC269393.1)	4.41	ND	0.00	2.33
O12H06 (DA10)	*Leuconostoc mesenteroides* (99%, MT597702.1)	4.54	ND	0.00	+
OH09 (DA11)	*Leuconostoc pseudomeseteroides* (99%, MT544883.1)	4.52	ND	3.50	+
C24H05 (DA13)	*Weissella cibraria* (100%, MT463470.1)	4.54	ND	2.60	1.50
C12H02 (DA14)	*Leuconostoc mesenteroides* ((99%, MT597709.1)	5.28	ND	1.60	+
O24H05 (DA15)	*Lactobacillus plantarum* (99%, MG551152.1)	4.02	ND	2.80	1.75
C24H-01 (DA17)	*Leuconostoc pseudomesenteroides* (99%, AY929289.1)	4.53	ND	3.00	2.50
Inn19 (DA19)	*Weissella muntiaci* (99%, NR_170492.1)	4.60	ND	2.80	1.67
Inn22 (DA22)	*Lactobacillus plantarum* (99%, MT597684.1)	3.89	ND	2.50	1.50
Yeast code	**ITS similarities (highest match)**	**pH**	**Ethanol (HPLC)**	**Protiolytic Index**	**Organic acid Index**
TT-Y1	*Hanseniaspora uvarum* (91%, MW301565.1)	4.23	7.13	+	+
TT-Y2	*Pichia fermentans* (99%, KM402060.1)	4.12	0.00	+	-

รูปที่ 1 แสดงผลการจำแนกชนิดและระบุชนิดของจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค NGS และการทดสอบความสามารถของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่คัดแยกได้จากน้ำหมักกาแฟแบบเปียก : A) Primary screening plate, B – D) Secondary screening plate ที่ทดสอบหาค่า PI และ OI ของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่คัดแยกได้; ND = ไม่ได้ตรวจวัด

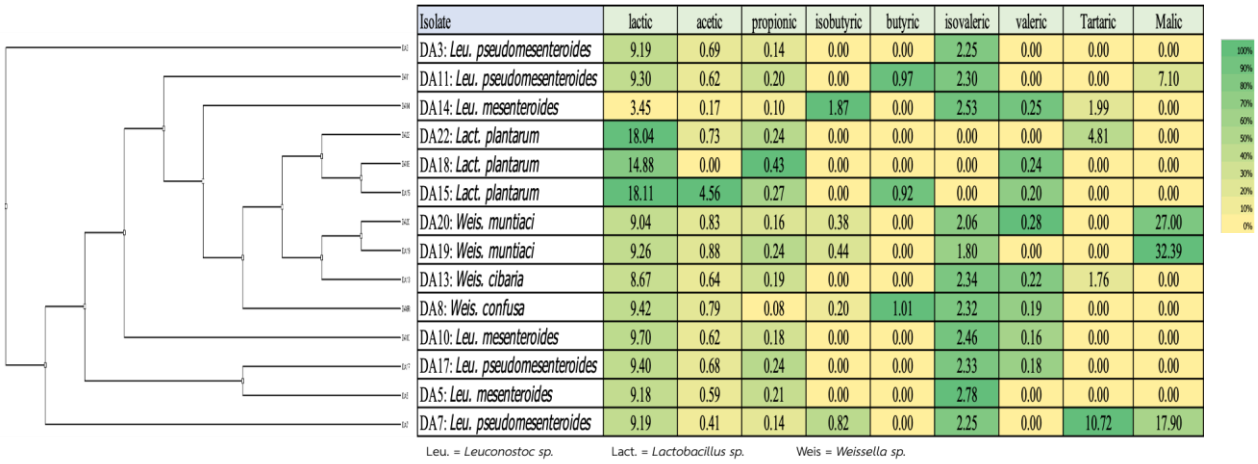
โดยจุลินทรีย์ทั้งหมดถูกนำไปสกัด Genomic DNA และทำ DNA Sequencing ด้วยเทคนิค NGS และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ลำดับกรดนิวคลีโอไทด์ 16s rRNA gene สำหรับแบคทีเรีย และ ITS gene สำหรับยีสต์กับฐานข้อมูล NCBI พบว่าแบคทีเรียที่คัดแยกได้มีความเหมือน (Similarities) กับจุลินทรีย์กลุ่ม Lactic Acid Bacteria จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ *Leuconostoc pseudomesenteroides, L. mesenteroides, Weissella confuse, W. cibraria, W. muntiaci* และ *Lactobacillus plantarum* และยีสต์ 2 ชนิด ที่มีความเหมือนกับ *Hanseniaspora uvarum* และ *Pichia fermentans* (รูปที่ 1) เป็นต้น

Effectiveness of microbes in metabolite production during cultivation

จุลินทรีย์ที่คัดแยกได้ ถูกนำไปเพาะเลี้ยงในอาหารจำเพาะ เพื่อทดสอบความสามารถในการผลิตกรดอินทรีย์และตรวจวัดปริมาณกรดอินทรีย์ ด้วยเทคนิค HPLC พบว่าจุลินทรีย์กลุ่ม *L. plantarum* (isolate DA15, DA22) มีความสามารถในการผลิตกรด lactic สูงกว่า isolates อื่น ๆ อย่างมีนัยยะสำคัญ (รูปที่ 2) แต่ไม่พบว่าสามารถผลิตกรด malic, isobutyric และ isovaleric ในขณะที่ *W. confusa* DA8, *W. cibraria* DA13 และ *W. mantiaci* DA19 ผลิตกรด lactic ได้ประมาณ 8.67 – 9.42 กรัมต่อลิตร ซึ่งกรดชนิดนี้มีผลทำให้กาแฟมีรสออกเปรี้ยวฉ่ำเหมือนผลไม้สุก หากมีค่าสูงหรือต่ำเกินไป อาจทำให้กาแฟมีรสชาติผิดปกติได้ และพบว่าสามารถผลิตกรด isobutyric และ isovaleric ได้เล็กน้อย โดยกรดทั้ง 2 ชนิดนี้มีผลต่อการสร้างกลิ่นหอมเฉพาะให้กับกาแฟ แต่หากมีมากหรือน้อยเกินไป จะทำให้กาแฟมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ได้ [13] และพบว่า *W. mantiaci* สามารถผลิตกรดมาลิก ได้สูงมาก (27.00 – 32.39 กรัมต่อลิตร) โดยมีรายงานว่ากรดชนิดนี้มีผลกระทบทำให้กาแฟมีรสเปรี้ยวคล้ายแอปเปิ้ลเขียว [14] สำหรับแบคทีเรียกลุ่ม *L. mesenteroides* และ *L. pseudomesenteroides* ไม่ได้มีความสามารถในการผลิตกรดอินทรีย์ชนิดใดที่โดดเด่นไปกว่าแบคทีเรียตัวอื่น ๆ ยกเว้น *L. pseudomesenteroides* DA7 ซึ่งมีความสามารถในการผลิตกรด Tartaric ได้สูงถึง 10.72 กรัมต่อลิตร โดยกรดชนิดนี้มีผลกระทบทำให้กาแฟมีรสเปรี้ยวที่ไม่พึงประสงค์ คล้ายมะขามเปียก ในขณะที่

W. cibraria DA13 ผลิตกรดได้หลายชนิด ซึ่งกรดแต่ละชนิดมีปริมาณไม่สูงหรือต่ำเกินไป และพบว่ากาแฟที่ผ่านการหมักด้วยแบคทีเรียชนิดนี้ ให้รสชาติออกอ่งุ่นเปรี้ยว หวานน้ำส้มและมีกลิ่นหอมวะนิลาหรือคาราเมล สำหรับยีสต์ *H. uvarum* และ *P. fermentans* พบว่าสามารถผลิตกรด lactic ได้เล็กน้อยแต่พบว่าสามารถผลิตกรด propionic ในปริมาณที่สูงกว่าแบคทีเรีย ซึ่งกรด propionic เมื่อจับตัวกับน้ำตาลบางชนิดจะทำให้กาแฟมีกลิ่นหอมหวานที่จำเพาะคล้ายดอกไม้ป่า (flora) แต่หากมีปริมาณมากเกินไปจะทำให้กาแฟมีกลิ่นบูด [15] เนื่องจาก *H. uvarum* TT–Y1 ยังสามารถเปลี่ยนน้ำตาลจากการย่อย pectin ในเมือกกาแฟไปเป็นเอทานอลและสารระเหยที่เกี่ยวข้องกับกลิ่นหอมผลไม้ และ *P. fermentans* TT–Y2 มีรายงานว่ามีความสามารถในการเปลี่ยน pectin ไปเป็นสารกลุ่ม ester เช่น ethyl acetate, Butyl acetate, Propyl acetate ซึ่งเอสเตอร์เหล่านี้น่าจะช่วยเพิ่มความหวานและความซับซ้อนของรสชาติ [16] อาจมีผลทำให้กาแฟมีความสดชื่นและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ที่แยกได้มีความสามารถในการผลิตกรดอินทรีย์ที่หลากหลาย ซึ่งกรดอินทรีย์เหล่านี้อาจมีผลกระทบเชิงบวกหรือเชิงลบต่อคุณภาพ กลิ่นและรสชาติของกาแฟ ทั้งนี้รสสัมผัสของกาแฟขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้บริโภค จากการทำ phylogenetic โดยใช้ข้อมูล 16s rRNA gene และ organic acid producing profile (รูปที่ 2) ในการจำแนก clade ได้ 6 กลุ่ม (ในกรณีที่ผลการจำแนกเป็นเชื้อชนิดเดียวกัน จะใช้ความสามารถในการผลิตกรด lactic, acetic, propionic และ malic เป็นตัวตัดสิน) คือ *L. pseudomesenteroides* (DA11) *L. mesenteroides* (DA5), *W. confusa* (DA8), *W. cibaria* (DA13), *W. muntiaci* (DA19), *L. plantarum* (DA15) โดยนำแบคทีเรียทั้ง 6 isolate และยีสต์ *H. uvarum* (TT–Y1) กับ *P. fermentans* (TT–Y2) ไปทดสอบหมักกับกาแฟ ด้วยกระบวนการหมักแบบ anaerobic coffee wet fermentation เพื่อดูผลกระทบของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ต่อคุณภาพ กลิ่นและรสชาติของกาแฟให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคได้



Isolate	lactic	acetic	propionic	isobutyric	butyric	isovaleric	valeric	Tartaric	Malic
DA3: *Leu. pseudomesenteroides*	9.19	0.69	0.14	0.00	0.00	2.25	0.00	0.00	0.00
DA11: *Leu. pseudomesenteroides*	9.30	0.62	0.20	0.00	0.97	2.30	0.00	0.00	7.10
DA14: *Leu. mesenteroides*	3.45	0.17	0.10	1.87	0.00	2.53	0.25	1.99	0.00
DA22: *Lact. plantarum*	18.04	0.73	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	4.81	0.00
DA18: *Lact. plantarum*	14.88	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00
DA15: *Lact. plantarum*	18.11	4.56	0.27	0.00	0.92	0.00	0.20	0.00	0.00
DA20: *Weis. muntiaci*	9.04	0.83	0.16	0.38	0.00	2.06	0.28	0.00	27.00
DA19: *Weis. muntiaci*	9.26	0.88	0.24	0.44	0.00	1.80	0.00	0.00	32.39
DA13: *Weis. cibaria*	8.67	0.64	0.19	0.00	0.00	2.34	0.22	1.76	0.00
DA8: *Weis. confusa*	9.42	0.79	0.08	0.20	1.01	2.32	0.19	0.00	0.00
DA10: *Leu. mesenteroides*	9.70	0.62	0.18	0.00	0.00	2.46	0.16	0.00	0.00
DA17: *Leu. pseudomesenteroides*	9.40	0.68	0.24	0.00	0.00	2.33	0.18	0.00	0.00
DA5: *Leu. mesenteroides*	9.18	0.59	0.21	0.00	0.00	2.78	0.00	0.00	0.00
DA7: *Leu. pseudomesenteroides*	9.19	0.41	0.14	0.82	0.00	2.25	0.00	10.72	17.90

Leu. = *Leuconostoc sp.* Lact. = *Lactobacillus sp.* Weis = *Weissella sp.*

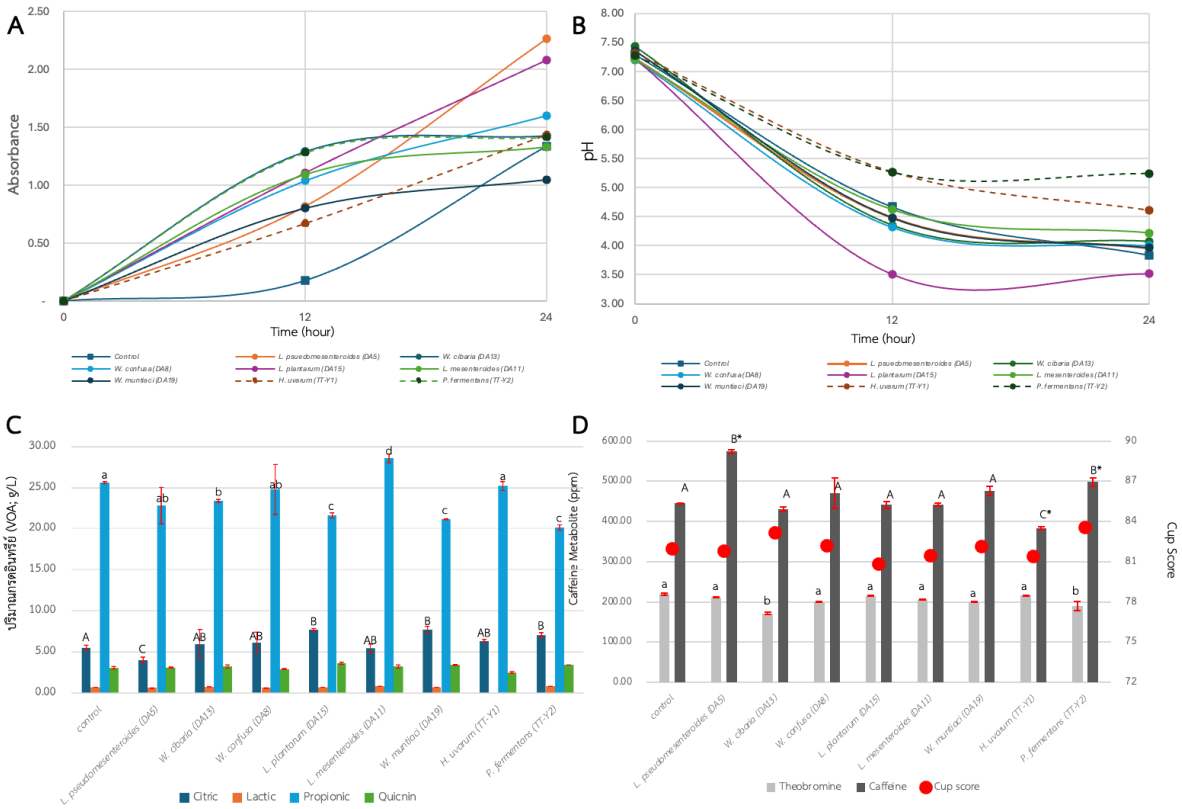
รูปที่ 2 แสดง phylogenetic tree และปริมาณของกรดอินทรีย์ในน้ำหมัก (culture medium) ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้ วิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC [หน่วย: กรัมต่อลิตร], แถบสี (heat map) = minimum (0%) – maximum (100%)

Effect of microbe on coffee quality and taste of anaerobic wet fermented coffee beans

จากการหมักกาแฟโดยอาศัยจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้เป็นหัวเชื้อเริ่มต้น พบว่าจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้โดยค่าความขุ่นของสารแขวนลอย (แสดงผลในรูป Absorbance และ Total dissolved solid (TDS)) ในน้ำหมักกาแฟทุกชุดทดลอง (treatment) มีค่าเพิ่มขึ้นและแตกต่างจากชุดควบคุม (control) อย่างมีนัยยะสำคัญ ($p < 0.05$) (รูปที่ 3A) ส่วนหนึ่งอาจเกิดจากเมือกกาแฟ ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็น pectin ที่ถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว

ให้กลายเป็น mono/polysaccharide, galacturonic acid หรือสารแขวนลอยกลุ่ม Protein–carbohydrate complex โดยน้ำตาลที่เกิดขึ้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรด หรือสาร ester และสารอินทรีย์แขวนลอยต่าง ๆ ได้ เช่น lactic, acetic, malic, isobutyric เป็นต้น [5] และมีบางส่วนอาจถูกจุลินทรีย์นำไปใช้เป็นสารอาหาร สำหรับใช้ในการเจริญและเพิ่มปริมาณขึ้นได้เร็วกว่า control โดยเฉพาะการหมักกาแฟด้วย *W. cibraria* DA13 และ *P. fermentans* TT–Y2 พบว่าในช่วง 12 ชั่วโมงแรกมีค่า Absorbance เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าชุดการทดลองอื่น อย่างมีนัยยะ ($p < 0.05$) หลังจากนั้นค่า Absorbance มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ขณะที่ค่า Absorbance ณ เวลา 24 ชั่วโมงในน้ำหมักของ *L. psuedomesenteroides* DA5, *W. confusa* DA8, *L. plantarum* DA15 และ *H. uvarum* TT–Y1 ยังคงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นไปได้อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้หากปล่อยให้กระบวนการหมักดำเนินต่อไป ความขุ่นที่เพิ่มสูงขึ้น ส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากจำนวนประชากรจุลินทรีย์ที่ขยายปริมาณเพิ่มขึ้น ทำให้มี metabolism สูง และอาจทำให้เกิดกรดและมีความร้อนเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการหมัก ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ อาจจะมีผลกระทบต่อคุณภาพและรสชาติของกาแฟได้ ดังนั้นควรมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงของอุณภูมิในถังหมักกาแฟ ซึ่งน่าจะสามารถใช้เป็นตัวชี้วัด เพื่อกำหนดจุดสิ้นสุดของกระบวนการหมักได้ (การทดลองนี้ ติดตามเฉพาะอุณภูมิภายนอกถังหมัก)

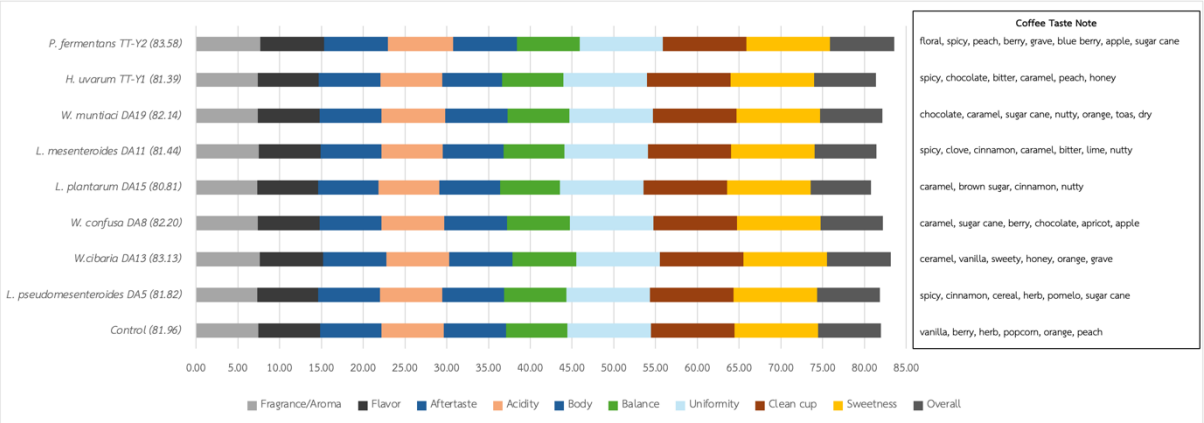
ในระหว่างการหมัก แบคทีเรียและยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลที่ได้จากเมือกกาแฟ ไปเป็นกรดอินทรีย์ได้หลากหลายชนิด ซึ่งส่งผลทำให้ค่า pH ที่พบในระหว่างการหมักมีค่าลดลง (รูปที่ 3B) โดยน้ำหมักจากถังหมักกาแฟด้วย *P. fermentans* TT–Y2 และ *L. plantarum* DA15 มี pH ลดลงจาก 7.40 เหลือที่ 5.30 และ 3.50 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างจากชุดควบคุม (control) อย่างมีนัยยะสำคัญ ($p < 0.05$) ในขณะที่ pH ของน้ำหมักในถังหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ตัวอื่น ๆ ไม่มีแตกต่างไปจากชุดควบคุม การลดลงของ pH ระหว่างการหมักนั้นอาจเป็นผลมาจากแบคทีเรียและยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลที่ได้จากการย่อยเมือกกาแฟไปเป็นกรดอินทรีย์ เช่นจากการหมักเมล็ดกาแฟด้วย *L. plantarum* DA15 พบกรด lactic และ acetic ที่ความเข้มข้น 18.11 และ 4.56 กรัมต่อลิตรซึ่งเป็นผลทำให้ค่า pH ลดลงต่ำกว่าชุดทดลองอื่นอย่างมีนัยยะ ($p < 0.05$) โดยค่า pH ที่เหมาะสมในการแปรรูปกาแฟแบบเปียกนี้ อาจส่งผลทำให้กาแฟเกิดรสชาติที่มีความเปรี้ยวและรสซิตรัสมากขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปถือว่าเป็นสิ่งที่พึงประสงค์ในกาแฟ อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระหว่างการแปรรูปจำเป็นต้องควบคุมอย่างระมัดระวังเป็นยิ่ง [17] เนื่องจากหาก pH ต่ำเกินไปอาจทำให้กาแฟมีรสชาติเปรี้ยวเกินไป หรือเกิดรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ได้ [18] มีผลให้ค่า pH เป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญในควบคุมการผลิตกาแฟพิเศษ



รูปที่ 3 แสดงค่าความขุ่น (A) pH (B) กรดอินทรีย์ (C) Theobromine/Caffeine และ cup score* (D) จากน้ำสกัดเมล็ดกาแฟอาราบิก้าที่ผ่านการหมัก ด้วยกระบวนการ anaerobic wet fermentation นาน 24 ชั่วโมง โดยใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ [—— แบคทีเรีย, --- ยีสต์] เป็น starter (●) เปรียบเทียบกับไม่เติม (control, □) หมายเหตุ * โดยใช้ profile การคั่ว ชง และชิมให้คะแนนด้วยวิธีภายใน (in house method) ของมูลนิธิโครงการหลวง

หลังการหมักกาแฟในถังแบบ anaerobic fermentation นาน 24 ชั่วโมง ตัวอย่างเมล็ดกาแฟทั้งหมด ถูกล้างทำความสะอาดและตากให้แห้ง จนกระทั่งมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 จึงได้ทำการส่งตัวอย่างกาแฟทั้งหมดไปสีเปลือก คั่ว (medium–light roast) ชง (drip) และชิมให้คะแนนเบื้องต้น (cup score) ด้วยกระบวนการของมูลนิธิโครงการหลวง (in house method) จากการวิเคราะห์หาสารเมตาบอไลด์น้ำสกัดกาแฟด้วยเทคนิค HPLC (รูปที่ 3C) พบว่ากรด citric ซึ่งจัดเป็นกรดดี ที่ทำให้กาแฟมีรสชาติเปรี้ยว หวาน คล้ายน้ำเลม่อน พบในตัวอย่างกาแฟหมักทุกชุดการทดลอง โดยน้ำสกัดกาแฟที่หมักด้วย *W. mantiaci* DA19, *L. plantarum* DA15 และ *P. fermentans* TT–Y2 มีปริมาณกรด citric สูงที่สุดและสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยยะ ($p < 0.05$) ในขณะที่น้ำสกัดกาแฟที่หมักด้วยจุลินทรีย์ *L. pseudomesenteroides* DA5 มีค่าต่ำที่สุด นอกจากนั้นยังพบว่ากรด propionic ในน้ำสกัดกาแฟที่หมักกับ *W. cibraria* DA13, *W. mantiaci* DA19, *L. plantarum* DA15 และ *P. fermentans* TT–Y2 มีค่าต่ำกว่า control อย่างมีนัยยะ ($p < 0.05$) ในขณะที่ *L. mesenteroides* DA11 มีค่าสูงกว่าชุดทดลองอื่น โดยกรด propionic นี้มีรายงานว่าหากมีมากเกินไปจะมีผลให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในกาแฟได้ [15] [19] แต่หากมีสัดส่วนของ propionic กับน้ำตาลในกาแฟที่เหมาะสม อาจจะทำให้กาแฟมีกลิ่นที่หอมหวาน ดังนั้นควรมีการวัดค่าความหวานในตัวอย่างกาแฟเพื่อประกอบการพิจารณาต่อไปได้

ค่า cup score ของกาแฟที่หมักกับยีสต์ *P. fermentans* TT-Y2 และแบคทีเรีย *W. cibraria* DA13 มีค่าสูงใกล้เคียงกันคือ 83.58 และ 83.13 ตามลำดับ (รูปที่ 3D) โดยน้ำสกัดกาแฟสองนี้ยังพบว่ามีกรด citric สูง และ propionic ต่ำกว่าชุดควบคุมซึ่งมีค่า cup score เพียง 81.96 และยังพบสาร Theobromine ในปริมาณที่ต่ำชุดควบคุมอย่างมีนัยยะสำคัญ ($p < 0.05$) โดย Theobromine เป็นสาร caffeine derivative ที่มีผลทำให้กาแฟมีรสชาตินุ่ม ละมุ่น ไม่ขมมาก และอาจจะช่วยลดความเปรี้ยวในกาแฟได้ [20][21][22] สำหรับปริมาณ Caffeine นั้นยังพบว่า ในน้ำสกัดกาแฟที่หมักด้วย *P. fermentans* TT-Y2 มีปริมาณที่สูงกว่าชุดควบคุม ($p < 0.05$) ในขณะที่น้ำสกัดกาแฟที่หมักด้วย *W. cibraria* DA13 มีค่าใกล้เคียงกับชุดควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าการหมักเมล็ดกาแฟด้วยแบคทีเรีย *L. plantarum* DA15 และยีสต์ *H. uvarum* ยังสามารถช่วยให้ cup score ของกาแฟเป็นตามเกณฑ์ขั้นต่ำของมาตรฐานกาแฟพิเศษ ซึ่งต้องมีค่าคะแนนรวมมากกว่า 80 คะแนนได้ อย่างไรก็ตาม รสชาติและความอร่อยของกาแฟขึ้นอยู่กับความพึงพอใจส่วนบุคคล แต่การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์อย่างจำเพาะเพื่อช่วยเพิ่ม/ปรับปรุงคุณภาพของกาแฟ ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการสร้างความหลากหลายในด้านรสชาติของกาแฟให้กับผู้บริโภค งานวิจัยนี้พบว่าการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการแปรรูปกาแฟแบบเปียกด้วยเทคโนโลยี anaerobic fermentation ทำให้ได้กาแฟที่มีคุณลักษณะที่หลากหลาย (coffee taste note) และมีรสสัมผัสที่หลากหลาย (รูปที่ 4) ดังนั้นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมระหว่างการหมักเมล็ดกาแฟ เช่น pH อุณหภูมิภายในถังหมัก ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์เริ่มต้น ตลอดจน microbiome ที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการแปรรูปกาแฟแบบเปียกอาจใช้เพิ่มคุณภาพของกาแฟให้สูงขึ้นได้



รูปที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพกาแฟโดยให้คะแนนตามมาตรฐาน SCA ของกาแฟที่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ กับไม่ใช้จุลินทรีย์ ในกระบวนการแปรรูปกาแฟแบบเปียก ในห้องปฏิบัติการ และรสสัมผัสของกาแฟ (taste note) ที่รู้สึกได้หลังการชิมโดยผู้เชี่ยวชาญ

สรุปผลและอธิปรายผล

จุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากการหมักเมล็ดกาแฟแบบเปียกประกอบด้วยแบคทีเรีย 22 isolates เช่น *Lactobacillus plantarum*, *Weissella cibraria*, *W. mantiaci* และ *Leuconostoc mesenteroides*, และยีสต์ 2 สายพันธุ์ คือ *Pichia fermentans*, *Hanseniaspora uvarum* แบคทีเรีย *L. plantarum* isolate DA15, DA18 และ DA22 สามารถผลิตกรดแลคติคระหว่างการหมักกาแฟได้ดี ในขณะที่แบคทีเรียชนิดอื่นสามารถผลิตกรดแลคติคได้ประมาณ 10 กรัมต่อลิตร ขณะที่ยีสต์ *H. uvarum* และ *P. fermentans* ไม่สามารถผลิตกรดแลคติคได้ นอกจากนี้การหมักเมล็ดกาแฟด้วยยีสต์ *P. fermentans* TT-Y2 ได้กาแฟที่มีรสชาติดีเยี่ยมและมี cup score สูงถึง 83.58 ซึ่งใกล้เคียงกับการหมัก

แบคทีเรีย *W. cibraria* DA13 มีค่า cup score 83.13 และมีค่าแตกต่างจาก control อย่างมีนัยยะสำคัญ ($p < 0.05$) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีบทบาทเฉพาะเจาะจงในกระบวนการหมักและส่งผลต่อคุณภาพของกาแฟ ดังนั้นการพัฒนากระบวนการหมักแบบควบคุม (controlled fermentation) โดยใช้จุลินทรีย์ที่มีศักยภาพสูงจึงมีความจำเป็นเพื่อปรับปรุงกลิ่นและรสชาติของกาแฟในระดับ specialty coffee และช่วยยกระดับอุตสาหกรรมกาแฟในพื้นที่ต่าง ๆ อย่างยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวงและโครงการตามพระราชดำริ (RSC) ภายใต้สังกัดสถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ (สรบ.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) และได้รับความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญของมูลนิธิโครงการหลวง สำหรับช่วยอำนวยความสะดวกในการสำรวจ เก็บข้อมูลและประเมินคุณภาพกาแฟ (cup test) ขอขอบคุณนายบวรศักดิ์ เพชรานนท์และ ดร.เอกณัฐฏ์ กระจ่างธิมาพร ที่ช่วยประสานงานให้ข้อมูลเชิงพื้นที่และนำทีมเข้าเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

1. สมาคมกาแฟพิเศษไทย. (2024). เข้าถึงได้จาก http://www.scath.org.
2. Paulo V. R. Pereira, Marcelo A. D. da Cruz, Gisele X. R. Costa , Renata A. R. Rocha, Pedro L. L. Bertarini, Laurence R. do Amaral, Matheus S. Gomes and Líbia D. Santos Lívia C. F. Silva. (2024). Enhancing Sensory Quality of Coffee: The Impact of Fermentation Techniques on *Coffea arabica* cv. *Catiguá* MG2. *Foods*, *13*(5), 653. https://doi.org/10.3390/foods13050653
3. Ngo Van Tai, Soisuda Pornpukdeewattana, Theppanya Charoenrat, Briana M. Young and Songsak Wattanachaisaereekul Tatsaporn Todhanakasem. (2024). The Relationship between Microbial Communities in Coffee Fermentation and Aroma with Metabolite Attributes of Finished Products. *Foods*, *13*, 2332. https://doi.org/10.3390/foods13152332
4. Baijuan Wang, Chengting Zi, Lulu Huang, Qi Wang, Chenchen Zhou, Wu Wen, Kunyi Liu, Wenjuan Yuan and Xingyu Li Xiaojing Shen. (2023). Interaction and Metabolic Function of Microbiota during the Washed Processing of Coffea arabica. *Molecules*, *28*(16), 6092. https://doi.org/10.3390/molecules28166092
5. Cecília Marques Tenório Pereira, Juliano De Dea Lindner, Luiz Roberto Saldanha Rodrigues, Nájua Kêmil El Kadri, Maria Giovana Binder Pagnoncelli, Satinder Kaur Brar, Carlos Ricardo Soccol and Gilberto Vinícius de Melo Pereira Alexander da Silva Vale. (2024). Exploring Microbial Influence on Flavor Development during Coffee Processing in Humid Subtropical Climate through Metagenetic–Metabolomics Analysis. *Foods*, *13*, 1–15. https://doi.org/10.3390/foods13121871
6. Anthikan Klomchit, Kritsadaphon Phonwong, Poramet Nachalaem, Rarinthorn Thammakulkrajang and Siraprapa Brooks Dusit Athinuwat. (2024). Assessing the Impact of Yeast Fermentation in Dry Processing on Coffee Quality from *Coffea arabica* cv. *Caltimor*, *C. arabica* cv. *Bourbon* and *C. canephora* cv. *Robusta*. *Trends in Science*, *12*(10), DOI: https://doi.org/10.48048/tis.2024.8132.

7. Sudheer Kumar Yannam, Sathyanarayana Naidu Gummadi, Rajagopal Subramanyam and Vijaya Sarathi Reddy Obulam Vijayakumar Poondla. (2016). Enhanced production of pectinase by *Saccharomyces cerevisiae* isolate using fruit and agro-industrial wastes: Its application in fruit and fiber processing. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *6*, 40-50. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.02.007
8. Tran Thi Tham Ha, Nguyen Thi Thoa, Pham Van Thao, Vo Thi Thuy Dung, Truong Minh Hang, Nguyen Thi Kim Oanh and Kim Loan Do Thi Phan Thanh Binh. (30 May 2021). Improvement of Coffee Bean Quality by Using *Saccharomyces cerevisiae* and Pectinase During the Drying Process. *Journal of Microbiology and Microbial Infections*, *30*(1), 90-94.
9. Lipke U., Ulrike Raczek and Anne Jäger E. Ludwig. (2000). Investigations of peptides and proteases in green coffee beans. *European Food Research and Technology*, *211*(2), 111-116.
10. *Lactic fermentation: What roasters need to know*. (31 October 2023). (PERFECT DAILY GRIND Ltd.,) (November 2024) perfectdailygrind.com: https://perfectdailygrind.com/2023/10/lactic-fermentation-coffee-roasters/
11. Nanetti Tanya. (25 November 2022). *Understanding the Process: Lactic-Processed Coffee*. (November 2024) Brarista Magazine Online: https://www.baristamagazine.com/understanding-the-process-lactic-processed-coffee/
12. Caio Suzart Argolo, Ronaldo Costa Argôlo-Filho and Leandro Lopes Loguercio Hellen Ribeiro Martins dos Santos. (2019). A 16S rDNA PCR-based theoretical to actual delta approach on culturable mock communities revealed severe losses of diversity information. *BMC Microbiology*, *19*(72).
13. Ana Paula Pereira Bressani, Disney Riberio Dias, Joao Batista Pavesi Simao and Rosane Freitas Schwan Silvia Juliana Martinez. (Jane 2019). Effect of Bacterial and Yeast Starters on the Formation of Volatile and Organic Acid Compounds in Coffee Beans and Selection of Flavors Markers Precursors During Wet Fermentation. *Frontiers in Microbiology*, *10*(1287), 1 – 13. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01287
14. Julie. (24 May 2022). *UNDERSTANDING COFFEE ACIDITY*. Coffee Spirit by MaxiCoffee: https://www.coffee-spirit.maxicoffee.uk/article/understanding-coffee-acidity/
15. Supriyadi, Sri Anggrahini and Yudi Rahmadian Kresna Mulya Santosa. (2020). Sensory Analysis, Caffeine, Chlorogenic Acid and Non-Volatile Taste Compounds of Arabica Coffee (*Coffea arabica*) Fermented with Sugar Addition for Brew Taste. *Indonesian Food and Nutrition Progress*, *17*(2), 37-44. https://doi.org/10.22146/ifnp.52241
16. Páez-Lerma J.B., J.A. Rojas-Contreras, J. López-Miranda, M.A. Martell-Nevárez and N.O. Soto-Cruz O. Rentería-Martínez. (2021). Enhancing isoamyl acetate biosynthesis by *Pichia fermentans*. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, *20*(2), 621-633. DOI:10.24275/rmiq/Bio2125
17. Rosmery Cruz-O'Byrne, Nelson Piraneque-Gambasica and Sonia Aguirre-Forero. (2020). Physicochemical, microbiological, and sensory analysis of fermented coffee from Sierra Nevada of Santa Marta, Colombia. *Coffee Science*, *15*, 1-6. https://doi.org/10.25186/.v15i.1797

18. Atsushi Hashimoto, Yoshiko Sugimoto, Ken-ichiro Suehara and Takaharu Kameoka. (2011). Influences of pH and temperature on infrared spectroscopic features of brewed coffee. *Procedia Food Science*. *1*. 1132-1138. https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.169
19. Xiaojing Zhang, Zhiqing Zhang, Qixing Jiang , Fang Yang, Peipei Yu, Wenshui Xia and Shaoquan Liu Pei Gao. (3 January 2024). Application of *Wickerhamomyces anomalus* and *Pichia fermentans* to improve the aroma of fermented sour fish. *Food Science and Technology*, *192*, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.11572
20. Cecília Marques Tenório Pereira, Juliano De Dea Lindner, Luiz Roberto Saldanha Rodrigues, Nájua Kêmil El Kadri, Maria Giovana Binder Pagnoncelli, Satinder Kaur Brar, Carlos Ricardo Soccol and Gilberto Vinícius de Melo Pereira Alexander da Silva Vale. (2024). Exploring Microbial Influence on Flavor Development during Coffee Processing in Humid Subtropical Climate through Metagenetic-Metabolomics Analysis. *Foods*, *13*(12), 1-15. https://doi.org/10.3390/foods13121871
21. Dominika Wójcik, Agata Zarzeczna, Julia Kanatek and Hubert Jędrocha Marcin Domaciuk. (2022). Effects of coffee alkaloids – caffeine, theobromine and theophylline on the human organism. *European Journal of Medical Technologies*, *1*(31), 1-8.
22. DMCoffee. (29 May 2022). *https://dmcoffee.blog/*. (January 2024) Theobromine in Coffee: Effects, Benefits, and Considerations: https://dmcoffee.blog/theobromine-in-coffee/#goog_rewarded

วิธีโฟลอินเจคชั่นสเปคโทรโฟโทรเมตริกสำหรับการวิเคราะห์ยาเตตร้าไซคลินโดยใช้น้ำแร่เป็นกรีนรีเอเจนต์

Flow injection spectrophotometric method for determination of tetracyclines using mineral water as green reagent

วิรัช เรืองศรีตระกูล[1*] และ ประณัฐพงศ์ กับกระโทก[1]

Wirat Ruengsitagoon[1*] and Pranattapong Kabkrathok[1]

บทคัดย่อ

มีการนำเสนอวิธีโฟลอินเจคชั่นสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณเตเตร้าไซคลิน โดยมีปฏิกิริยาพื้นฐานระหว่างยาเตตร้าไซคลินกับน้ำแร่ที่ใช้เป็นกรีนรีเอเจนต์ พบว่าจะให้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีเหลืองเข้มและสามารถวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 375 นาโนเมตร ปริมาณเตตร้าไซคลิน 200 ไมโครลิตรจะถูกฉีดนำเข้าสู่ระบบโฟลอินเจคชั่นที่มีน้ำแร่และกรดไนตริกเข้มข้น 0.001 โมล ใช้เป็นกรีนรีเอเจนต์ ภายใต้สภาวะการทดลองที่เหมาะสมกราฟมาตราฐานของเตตร้าไซคลิน แสดงความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 0–100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ซ้ำ 12 ครั้งของเตตร้าไซคลินเข้มข้ม 5.0 และ 15.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าไม่มากกว่า 1.84 เปอร์เซ็นต์ ค่าเปอร์เซ็นต์การวิเคราะห์แบบย้อนกลับของเตตร้าไซคลินเข้มข้น 5.0, 15.0 และ 35.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (n=7) พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 99.14–101.62 เปอร์เซ็นต์ ค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดมีค่า 0.14, 0.36 และ 0.52 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สำหรับเตตร้าไซคลิน คลอเตตร้าไซคลิน และด็อกซีไซคลิน วิธีที่นำเสนอนี้ให้ผลที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ เตตร้าไซคลิน คลอเตตร้าไซคลิน และด็อกซีไซคลิน ในตัวอย่างทางเภสัชภัณฑ์

คำสำคัญ: การวิเคราะห์การฉีดไหล, เตตร้าไซคลิน, คลอเตตร้าไซคลิน, ด็อกซีไซคลิน, สารเคมีสีเขียว

[1] ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[1] Pharmaceutical Chemistry Department, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

*Corresponding author: wirat_ru@kku.ac.th

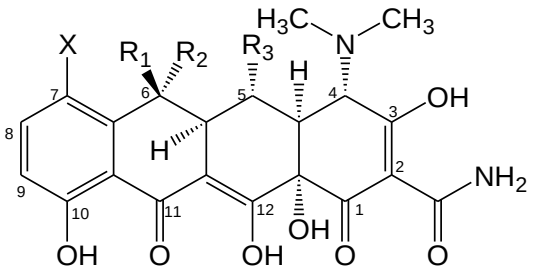
Abstract

A simple flow injection analysis procedure for determining tetracyclines was proposed. It is based on the reaction between tetracyclines with mineral water as green reagent, resulting in an intense light–yellow complex with a suitable absorption wavelength at 375 nm. A 200 µL tetracyclines were injected into the flow injection system of mineral water which was mixed with 0.001 M HNO_3 which used as green reagent. Under the optimized conditions, the calibration curve of tetracycline was linear over the range of 0 – 100 µg mL^{-1}. The relative standard deviation of proposed method calculated from 12 replicate injections of 5.0 and 15.0 µg mL^{-1} tetracyclines were not greater than 1.84% The percentage recoveries of 5.0, 15.0 and 35.0 µg mL^{-1} (n=7) were found to be range of 99.14 – 101.62%. The detection limit of 0.14, 0.36 and 0.52 µg mL^{-1} were obtained for tetracycline, chlortetracycline and doxycycline, respectively. The proposed method has been satisfactorily applied to the determination of tetracycline, chlortetracycline and doxycycline in pharmaceutical products.

Keywords: Flow injection analysis; Tetracycline; Chlortetracycline; Doxycycline; Green reagent

1. Introduction

The tetracyclines (TCs), which were discovered in the 1940s, are a family of antibiotics that inhibit protein synthesis by preventing the attachment of aminoacyl–tRNA to the ribosomal acceptor(A) site. Tetracyclines are broad–spectrum agents, exhibiting activity against a wide range of gram–positive and gram–negative bacteria, atypical organisms such as chlamydiae, mycoplasmas, and rickettsiae, and protozoan parasites [1]. The favorable antimicrobial properties of these agents and the absence of major adverse side effects have led to their extensive use in the therapy of human and animal infections [2]. Among the TCs, tetracycline (TC), chlortetracycline (CTC) and doxycycline (DXC) are commercially available and permitted for human administration [3] (Figure 1).



Compound	X	R_1	R_2	R_3
Tetracycline (TC)	H	OH	CH_3	H
Chlortetracycline (CTC)	Cl	OH	CH_3	H
Doxycycline (DXC)	H	H	CH_3	OH

Figure 1. The chemical structure of tetracycline and its derivatives

Several methods for determination of tetracycline (TC) and its derivatives such as chlortetracycline (CTC) and doxycycline (DXC) including spectrophotometric [4,5], liquid chromatography [6,7], voltammetry [8], smartphone green method [9], optic sensing [10] and flow injection analysis [11,12]. However, a report of flow injection method using mineral water as green reagent for the determination of tetracycline and derivatives has not been yet available in the literature.

Thus, due to the fact that chemical reagent solvents are currently used in most methods, creating a significant residue disposal problem, the development of flow injection (FI) spectrophotometric methods for the determination of tetracycline employing the mineral water reagent instead of the chemical reagent solvent is very interesting. Flow Injection Analysis(FIA) is involves with injection a small volume of standard or sample into a stream of reagent flowing through the FIA system and this method present some interesting qualities as, for instance, high analytical frequency and use of small aliquots [13].

The aim of this study was to develop a rapid, sensitive, cost–effective and accurate flow injection analysis method for determination of tetracyclines based on the spectrophotometric detection for the determination of tetracycline, chlortetracycline and doxycycline in pharmaceutical products using mineral water as green reagent, therefore developing a green chemistry reagent procedure.

2. Experimental

2.1 Chemical and reagents

All chemicals were of analytical reagent grade and were used without further purifications. All solutions were prepared with distilled deionized water.

Standard of tetracyclines were supplied from tetracycline (Sigma–Aldrich®, USA), chlortetracycline (Sigma–Aldrich®, Italy) and doxycycline (Sigma–Aldrich®, Switzerland). Mineral water reagent from a local convenient store was supplied and filtered through Whatman No42 filter paper and kept at room temperature for further use. Water was purified in a Milli–Q system (Ultra Pure Water, France).

2.2 Apparatus

The flow injection analysis manifold (Figure 2) consisted of a peristaltic pump (Eyela® MP3A, Tokyo Rikakikai Co. Ltd., Japan), with the mineral water as green reagent solution injected via a four way PTFE rotary valve with a 200 µL sample loop (Rheodyne® model 5020, USA). PVC tubing (Elkay®, Galway, Ireland) with 0.8 mm i.d. was used as a flow line for tetracyclines standard or sample solution. A mixing coil used was made from PTFE tubing, 0.8 mm i.d. and 50 cm in length for the recommended configuration. The FI peaks were acquired by using a UV–vis detector (Thermo Separation Products®, TSP UV–200, USA), coupled with a chart recorder (Kipp & Zonen® BD50, The Netherlands).

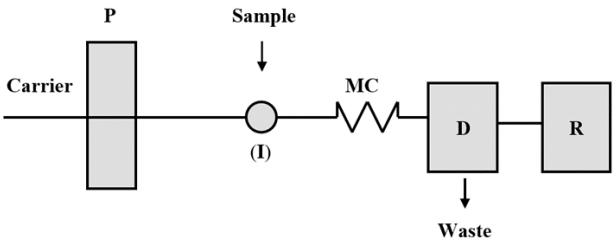


Figure 2. Proposed FIA manifold: P, pump; MC, mixing coil; D, detector; R, recorder; W, waste.

2.3 Recommended Procedure

Using the experimental setup as shown in Figure 2, a 200 µL standard tetracycline or derivatives was injected in to stream of mineral water which was mixed with 0.001 M HNO_3 at ratio 10 : 4 at the optimum flow rate of 4.0 mL min^{-1}. Subsequently, the sample zone flowed through the 50.0 cm in length of reaction coil, where the complexation occurred. The absorption was monitored at 375 nm and the FI signal was recorded using a chart recorder.

2.4 Sample preparation

For the quantification of drugs from the commercial products in local drug store, twenty capsules of seven trade names of tetracycline 250 mg, chlortetracycline 250 mg and doxycycline 100 mg were weighed, powdered and mixed. The sample was prepared from the amount of powdered sample corresponding to one capsule. The sample was dissolved in distillated deionized water and sonicated for 5 minutes. After that the sample was filtered through Whatman No42 filter paper and diluted with distillated deionized water to volume in order to obtain the appropriate concentration for analysis. This aliquot was analyzed by the proposed FI method and comparative with the reference method (HPLC).

3. Results and discussion

3.1 Optimization of the flow injection system

The proposed flow injection system was investigated for tetracyclines determination based on the complexation between tetracyclines and mineral water resulting in light yellow soluble complex having an absorption maximum at 375 nm. The univariate method was applied to select the optimum conditions for the flow injection spectrophotometric determination of tetracyclines.

3.1.1 Effect of absorption spectra

The absorption spectrum of the coloured complex obtained by complexation reaction between tetracyclines and mineral water and the reagent blank were measured over the range of 200– 800 nm using a spectrophotometer. The absorption maximum of the complex compound between tetracycline and mineral water was found to be 375 nm (Figure 3). In order to achieve the greatest sensitivity, measurements were made at 375 nm in further studies.

3.1.2 Effect of mineral acids

The effect of 5.0×10^{-3} mol L^{-1} HNO_3, $HClO_4$, H_2SO_4, HCl (40 mL) and None added acid in mineral water (100 mL) was studied. The peak height of 25 μg mL^{-1} tetracycline standard solution was 397.0, 278.0, 364.0, 294.0 and 350.0 mV for HNO_3, $HClO_4$, H_2SO_4, HCl and None added acid, respectively. The present of HNO_3 gave the highest peak height, so was chosen for subsequent studies.

3.1.3 Effect of nitric acid concentration

The effect of varying concentrations of nitric acid between 1.25×10^{-1} and 8.0×10^{-6} mol L^{-1} was examined. The highest peak height was obtained when the concentration of nitric acid was 1.0×10^{-3} mol L^{-1} which mixed with mineral water regent, so this concentration was chosen for subsequent studies.

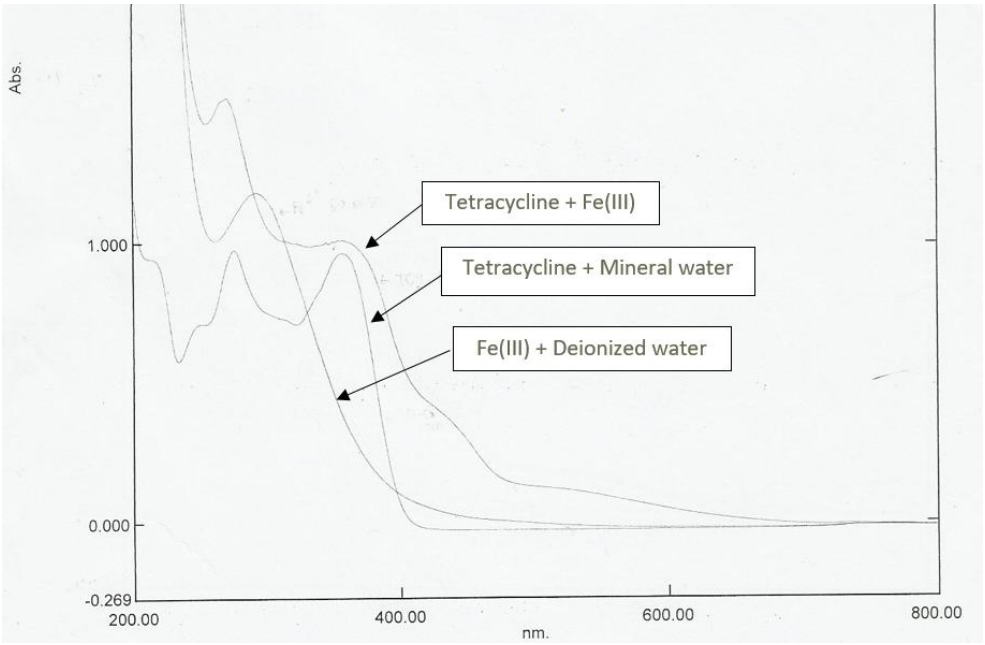


Figure 3. The UV–Visible spectrum of complexation between tetracycline and studied reagent including; Fe(III), mineral water and deionized water.

3.1.4 Effect of volume ratio for nitric acid addition

The effect of varying volume ratio of 1.0×10^{-3} mol L^{-1} nitric acid was adjusted from 0.25 to 10.0 mL while as the volume of mineral water reagent was fixed at 10.0 mL. The peak height of complex was increasing up to the volume of 1.0×10^{-3} mol L^{-1} nitric acid from 0.25 to 4.0 mL. Afterward, the peak height was decrease. Then, the volume ratio between nitric acid and mineral water was 4:10 which was appropriate for this proposed method.

3.1.5 Effect of mixing coil length

This study was carried out at various mixing coil lengths between 25 and 100 cm on the complexation produced was investigated. It was found that the peak height increased when the mixing coil length decreased. However, the mixing coil have to appropriate length for completely reaction of complexation, and the mixing coil length of 25, 50, 75 and 100 cm provide the peak height of 560.0, 622.0, 593.0 and 580.0 mV, respectively. It was found that the most suitable of mixing coil value for further use was 50 cm.

3.1.6 Effect of injection loop volume

The influence of the reagent volume on the absorbance was investigated by injecting volume in the range 50– 250 µL of 25 µg mL^{-1} tetracycline standard solution. It was seen that peak height increased from 509.0 to 708.0 mV on increasing the injection volume from 50 to 250 µL. It was found that the peak height increased with the injection volume up to 200 µL, and the appropriate peak height was reached at 200 µL. Thus, the most suitable of injection loop volume for further study was 200 µL.

3.1.7 Effect of reagent flow rate

The effect of flow rate of mineral water which was mixed with 0.001 M HNO_3 at ratio 10 : 4 was investigated over the range 1.0– 6.0 mL min^{-1} for stream. It was found the peak height increased with the flow rate up to 4.0 mL min^{-1}. Afterward the peak height was decreased. Thus, 4.0 mL min^{-1} of mineral water was regarded as the optimum flow rate.

3.2 Analytical characteristics

Table 1 summarizes the optimum values of all the parameters studied in the proposed FI method for determination of tetracyclines.

Table 1. Variables rang studied and optimum conditions for determination of tetracyclines

Parameters studied	Range	Optimum
Wavelength (nm)	200 – 700	375
Type of mineral acid	None added acid, HNO_3, $HClO_4$, H_2SO_4, HCl	HNO_3
Concentration of nitric acid (mol L^{-1})	1.25×10^{-1} to 8.0×10^{-6}	1.0×10^{-3}
Volume ratio for nitric acid to mineral water	0.25 : 10 to 10.0 : 10.0	4.0 : 10.0
Mixing coil length (cm)	0 – 250	50
Sample injection volume (µL)	50 – 250	200
Flow rate of reagent (mL min^{-1})	1.0 – 6.0	4.0

3.2.1 Calibration curve

Using the proposed FI manifold for tetracycline and derivatives determination under the optimum condition, It were found that the linear calibration curve over the range of 0.0 – 100.0 µg mL^{-1} tetracycline and derivatives were established which can be expressed by the regression equation $y = 24.0619x - 19.4193$ (r^2 = 0.9997), $y = 17.9623x - 38.9222$ (r^2 = 0.9994) and $y = 15.4156x - 28.6231$ (r^2 = 0.9992) for tetracycline, chlortetracycline and doxycycline, respectively, where y represents the peak height in mV and x is concentration of tetracycline or derivatives. The limit of detection was defined as the concentration of analyte that gave the signal that was different from the blank by an amount equal to three times the standard deviation of the blank signal (3σ). It was found to be 0.14, 0.36 and 0.52 µg mL^{-1} for tetracycline, chlortetracycline and doxycycline, respectively. The quantification limit is defined as the analyte producing a signal that is at least 10 times the standard deviation of the blank signal (10σ), and was found to be 0.48, 1.18 and 1.75 µg mL^{-1} for tetracycline, chlortetracycline and doxycycline, respectively.

3.2.2 Reproducibility and accuracy

The relative standard deviation of the proposed method (peak height in mV) calculated from 12 replicate injections of 5.0 and 15.0 µg mL^{-1} of tetracyclines standard solution. A good repeatability, expressed as relative standard deviation (RSD, %), was obtained as equivalent as 1.84 and 0.08% for 5.0 and 15.0 µg mL^{-1} tetracycline standard solution, and was to be 3.29 and 1.02% for 5.0 and 15.0 µg mL^{-1} chlortetracycline standard solution and was shown to be 2.48 and 1.74% for 5.0 and 15.0 µg mL^{-1} doxycycline standard solution, respectively.

The accuracy expressed in term of percentage recovery was studied by preparing various amounts of tetracyclines standard solution at three different concentrations (5.0, 15.0 and 35.0 µg mL^{-1}). The percentage recoveries of 5.0, 15.0 and 35.0 µg mL^{-1} (n=7) of tetracycline were found to be 100.00, 100.28 and 100.26%, respectively. The percentage recoveries of 5.0, 15.0 and 35.0 µg mL^{-1} (n=7) of chlortracycline were found to be 99.60, 99.63 and 99.77%, respectively. The percentage recoveries of 5.0, 15.0 and 35.0 µg mL^{-1} (n=7) of doxycycline were found to be 100.32, 100.39 and 101.28%, respectively. It can be proved that the proposed method provides accurate results.

3.2.3 Interferences

Effects of some possible interfering both excipients and ions on the determination of tetracyclines were investigated with a maximum volume ratio of interfering both excipients; glucose, lactose, Mg– stearate, sorbitol, starch, sucrose, titanium dioxide and ions; Ba^{2+}, Ca^{2+}, Cu^{2+}, Fe^{2+}, Mg^{2+}, Pb^{2+} and Zn^{2+} to tetracyclines up to 100 : 1. Synthetic sample solutions containing 10 µg ml^{-1} of tetracyclines and different concentrations of excipients and ions at 500 and 1000 µg mL^{-1} were tested, and peak height was measured. All ions have effect for determination of tetracyclines except for $Cu^{2+}$and Ba^{2+} be ineffective for tetracycline and chlortetracycline determination, respectively. In addition, some excipients are sorbitol, Mg– stearate, starch and titanium dioxide have effect for determination of tetracyclines.

3.2.4 Analysis of tetracyclines in pharmaceutical product samples

The method developed above was applied to the determination of tetracyclines in pharmaceutical products. Seven commercials samples of tetracycline, chlortetracycline and doxycycline were determined by proposed method. The results obtained were compared favorably with those obtained by High Performance Liquid Chromatography [14]. The accuracy was verified by the Student's *t*–test with calculated Student's *t*–test value equal to 1.51 for tetracycline, –0.12 for chlortetracycline and –0.37 for doxycycline were less than the theoretical value (2.447, df = 6) at a confidence level of 95% (*P* value of 0.05). Reasonable agreement between FIA and HPLC methods was found (Table 2).

Table 2. Accuracy of propose FIA method compared with HPLC method for determination of tetracyclines.

Samples[a]	Tetracycline found (μg mL^{-1})		Chlortetracycline found (μg mL^{-1})		Doxycycline found (μg mL^{-1})	
	FIA[b]	HPLC.[c]	FIA[b]	HPLC.[c]	FIA[b]	HPLC.[c]
1	254.53	245.22	247.77	247.90	97.93	98.10
2	260.73	260.07	245.80	246.44	96.80	96.58
3	255.41	255.67	245.15	245.45	95.67	96.06
4	257.69	256.71	246.46	246.19	94.54	94.67
5	251.23	251.07	247.12	247.95	93.69	93.27
6	261.87	260.60	248.43	248.00	97.65	97.89
7	255.79	256.67	249.90	248.03	96.52	96.53
***t*–test**						
D =	1.61		–0.02		–0.04	
S.D. =	3.4779		0.6565		0.2787	
t =	1.51		–0.12		–0.37	
t–Distribution (95%) =	2.447		2.447		2.447	

[a] Average from five determinations.

[b] Proposed method.

[c] USP : The United State Pharmacopeia, USP 26

4. Conclusion

The proposed FIA spectrophotometric method has proved to be simple, rapid and cost–effective for determination of tetracyclines in pharmaceutical products. This FIA method was based on complexation between tetracyclines and mineral water reagent which has been developed for green reagent and monitored absorption with UV–Visible detection on wavelength at 375 nm. The proposed method has been satisfactorily applied to the determination of tetracycline and derivatives in pharmaceutical products. The results obtained by the proposed FIA method are in good agreement with these obtained by HPLC method. This proposed method is fast, reasonably economic and environmental friendly from reducing of the use of hazard chemical reagent.

Acknowledgements

The authors are grateful to the Development and Promotion of Science and Technology talents project (DPST) for financial support and Department of Pharmaceutical Chemistry, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Khon Kaen University for partial support of the research.

References

1. Oka H, Nakazawa H, Harada KI, and Macneil JD, Chemical analysis for antibiotics used in agriculture, Arlington, AOAC International, 1995.
2. Khardori N, Stevaux C and Ripley K, Antibiotics: From the Beginning to the Future: Part 2, The Indian Journal of Pediatrics, 2020, 87(1):43–47.
3. Ramachanderan R and Schaefer B. Tetracycline antibiotics, ChemTexts (2021) 7:18 https://doi.org/10.1007/s40828-021-00138-x.
4. Vargas-Mu˜noz MA, Boudenne JL, Coulomb B, Robert-Peillard F and Palacio E, Automated method for the solid phase extraction of tetracyclines in wastewater followed by fluorimetric determination, Talanta, 2024, 270, 125544.
5. Cui ML, Lin ZX, Xie QF, Zhang XY, Wang BQ, Miao-Ling Huang ML and Yang DP, Recent advances in luminescence and aptamer sensors based analytical determination, adsorptive removal, degradation of the tetracycline antibiotics, an overview and outlook, Food Chemistry 412 (2023) 135554.
6. Khatami A, Moghaddam AD, Talatappeh HD and Mohammadimehr M, Simultaneous extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons and tetracycline antibiotics from honey samples using dispersive solid phase extraction combined with dispersive liquid-liquid microextraction beforetheir determination with HPLC-DAD, Journal of Food Composition and Analysis, 2024, 131, 106179.
7. Varenina I, Biland˘zi´c N, Luburi´c DB, Kolanovi´c BS, Varga I, Marija Sedak M and Maja Đoki´c M, Determination of quinolones, macrolides, sulfonamides and tetracyclines in honey using QuEChERS sample preparation and UHPLC-MS/MS analysis, Food Control 2023, 148, 109676.
8. Turbale M, Moges A, Dawit M and Amare M, Adsorptive stripping voltammetric determination of Tetracycline in pharmaceutical capsule formulation using Poly(Malachite green) modified glassy carbon electrode, Heliyon, 2020, 6, e05782.
9. Xu J, Guo S, Jia L, Zhu T, Chen X and Zhao T, A smartphone-integrated method for visual detection of tetracycline, Chemical Engineering Journal, 2021, 416, 127741.
10. Rong M, Huang Y, Lin C, Lai L, Wu Y and Niu L, Recent advances in optical sensing for tetracycline antibiotics, TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2024, 178, 117839.
11. Rodríguez MP, Pezza HR and Pezza L, Simple and clean determination of tetracyclines by flow injection analysis, Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc, 2016, 15:153:386-92. doi:10.1016/j.saa.2015.08.048.

12. Ruengsitagoon W, A Rapid Flow injection spectrophotometric analysis for tetracycline chlortetracycline or oxytetracycline, Journal of Food and Drug Analysis,2008,16(6);16–21.
13. Tzanavaras PD and Themelis DG, Review of recent applications of flow injection spectrophotometry to pharmaceutical analysis, Analytica Chimica Acta, 2007, 588(1);1–9.
14. The United State Pharmacopeia, USP 26. 2003. pp. 438, 1378, 1792.

การเจริญของเชื้อแบคทีเรียบางชนิดบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากวัตถุดิบในท้องถิ่น

Growth of some bacteria on culture media prepared from local raw materials

ณัฐธิดา ชัยก๋ำ[1], ณัฐวดี จักรเขียว[1], ชมพู่ ดวงใจ[1] และ ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์[1*]

Natthida Chaika[1], Natthawadee jakkhiao[1], Chomphu Duangjai[1] and Tippawan Prasertsin[1*]

บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยงแบคทีเรียในห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปที่มีส่วนประกอบของสารอาหารจำพวกโปรตีน คาร์โบไฮเดรต สารประกอบไนโตรเจน และวิตามิน ซึ่งอาหารสำเร็จรูปนี้มีราคาค่อนข้างแพงจึงทำให้สถานศึกษาบางแห่งไม่สามารถทำปฏิบัติการเกี่ยวกับการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียได้ เนื่องจากไม่มีงบประมาณเพียงพอที่จะจัดซื้อ ในการวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญของเชื้อแบคทีเรียบางชนิดบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากวัตถุดิบในท้องถิ่น จังหวัดเชียงราย ในการเพาะเลี้ยงเชื้อ *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* และ *Staphylococcus aureus* และศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนประกอบของอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงแบคทีเรียแต่ละชนิด ผลการศึกษาพบว่าแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดที่นำมาเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรต่าง ๆ สามารถเจริญได้ดีที่สุดในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากเนื้อวัว รองลงมา คือน้ำซาวข้าว และถั่วเหลือง ตามลำดับ โดยอัตราส่วนที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ดีที่สุด คือ 1:5 รองลงมา คือ 1:6 และ 1:7 v/v ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสำเร็จรูป Nutrient agar (NA) พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากเนื้อวัว น้ำซาวข้าว และถั่วเหลือง ที่อัตราส่วน 1:5 v/v มีการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สูงกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร NA สรุปได้ว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากเนื้อวัวในอัตราส่วน 1:5 v/v สามารถนำไปใช้ทดแทนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA ได้

คำสำคัญ: อาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย, น้ำซาวข้าว, ถั่วเหลือง, เนื้อวัว

[1] โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย57100

[1] Program of Biological Science, Faculty of Science and Technology, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai, 57100

*Corresponding author: prasertsintippawan@gmail.com

Abstract

Bacterial cultivation in the laboratory requires ready-made media containing nutrients such as protein, carbohydrates, nitrogen compounds, and vitamins. These ready-made media are quite expensive, so some educational institutions cannot conduct bacterial cultivation experiments because they do not have enough budget to purchase them. Therefore, this research aimed to study the growth of some bacteria on media prepared from local ingredients in Chiang Rai Province to cultivate *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, and *Staphylococcus aureus* and to study the appropriate ratio of media components used to cultivate each type of bacteria. The results of the study found that all three types of bacteria grown on different media formulas grew best on media prepared from beef, followed by washing rice water and soybean, respectively, with the ratio that best promoted bacterial growth being 1:5, followed by 1:6 and 1:7 v/v, respectively. When compared with the nutrient agar (NA) medium, it was found that the culture medium prepared from beef, washing rice water, and soybeans at a ratio of 1: 5v/v had higher bacterial growth than the NA formula medium. It can be concluded that the culture medium prepared from beef at a ratio of 1:5 v/v can be used to replace NA medium.

Keywords: bacterial culture medium, washing rice water, soybeans, beef

บทนำ

แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก มีโครงสร้างของเซลล์ไม่ซับซ้อน ถูกจัดจำแนกให้อยู่ในอาณาจักรมอเนอรา (Kingdom of Monera) มีลักษณะเซลล์เป็นแบบโพรแคริโอตคือไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส สารพันธุกรรมอยู่ในไซโทพลาสซึม เมื่อแบ่งแบคทีเรียตามลักษณะรูปร่างของเซลล์ แบ่งได้เป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ เซลล์รูปทรงกลม เซลล์รูปแท่ง เซลล์รูปเกลียว รูปร่างไม่แน่นอน และรูปร่างอื่น ๆ ซึ่งเซลล์อาจอยู่เดี่ยว ๆ หรืออยู่รวมกันเป็นกลุ่ม แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่มีความหลากหลายของชนิดสูง สามารถพบได้ทั้งในดิน น้ำ อากาศ มีทั้งกลุ่มที่มีประโยชน์สามารถนำมาใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ได้แก่ โยเกิร์ต นมเปรี้ยว เนย กิมจิ และน้ำปลา เป็นต้น และกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรคในพืช สัตว์ และมนุษย์ [1] การศึกษาเกี่ยวกับแบคทีเรียนั้นจำเป็นต้องนำแบคทีเรียจากธรรมชาติมาคัดแยกและเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ง่ายและสะดวกในการศึกษา โดยทำการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมขึ้นพร้อมทั้งควบคุมสภาวะของการเพาะเลี้ยงให้คล้ายกับสภาพตามธรรมชาติที่แบคทีเรียชนิดนั้น ๆ เจริญให้มากที่สุด ซึ่งแบคทีเรียต่างชนิดกันย่อมต้องการปัจจัยในการเจริญเติบโตแตกต่างกัน [2] การเพาะเลี้ยงแบคทีเรียจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงปัจจัยในการเจริญเติบโตต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดของอาหาร ความต้องการแหล่งพลังงาน ไนโตรเจน น้ำ เกลือแร่ และสารช่วยเร่งการเจริญเติบโต (Growth factor) ต่าง ๆ ต้องอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม [3] จึงทำให้มีการคิดค้นสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรียโดยทั่วไป เช่น อาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar (NA) หรือสูตรอาหารที่เฉพาะเจาะจงกับแบคทีเรียแต่ละชนิด เช่น Minimal medium เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อ *Bacillus megaterium* [3] ซึ่งอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้สำหรับเพาะเลี้ยงแบคทีเรียในห้องปฏิบัติการนั้นส่วนใหญ่มักใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปที่มักมีราคาแพง และต้องนำเข้าจากต่างประเทศทำให้ต้องสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศในแต่ละปีเป็นจำนวนมหาศาล อีกทั้งยังทำให้โรงเรียนขนาดเล็กขาดโอกาสที่จะศึกษาเกี่ยวกับจุลินทรีย์เนื่องจากมีงบประมาณไม่เพียงพอในการซื้ออาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียจากวัตถุดิบในท้องถิ่นเพื่อให้ได้สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีราคาถูก มีคุณภาพคงที่ และเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียอย่างกว้างขวาง โดยทั่วไปสูตรอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียมักมีวัตถุดิบหรือพืชผลทางการเกษตรเป็นส่วนประกอบ เชียงรายเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการทำการเกษตรเป็นส่วนใหญ่โดยเฉพาะการปลูกข้าวเป็นอาชีพหลัก และปลูกถั่วเหลืองเป็นอาชีพเสริม อีกทั้งยังมีการเลี้ยงวัวเพื่อจำหน่ายอีกด้วย ซึ่งจากการค้นคว้าข้อมูลพบว่า ข้าวเหนียว ถั่วเหลือง และเนื้อวัว มีคุณค่าทางอาหารสูง เช่น มีโปรตีนและกรดอะมิโนที่เป็นแหล่งไนโตรเจน คาร์โบไฮเดรตที่เป็นแหล่งคาร์บอน มีฟอสฟอรัส และวิตามินต่าง ๆ เช่น วิตามิน เอ บี1 และ บี2 เป็นต้น [4] อีกทั้งการศึกษาเกี่ยวกับการนำวัตถุดิบทางการเกษตรมาเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียยังมีการรายน้อยมาก โดย สุวิทย์ สิมะรักษ์อำไพ [5] ได้ศึกษาอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียที่เตรียมจากวัตถุดิบในท้องถิ่น 6 ชนิด ได้แก่ ยีสต์ น้ำมะพร้าว นมถั่วเหลือง เนื้อวัว หัวกะทิ และรำข้าว เพื่อใช้เพาะเลี้ยงแบคทีเรีย 7 ชนิด ได้แก่ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas fluorescens* และ *Aeromonas hydrophila* แทนอาหารสังเคราะห์ NA โดยใช้วิธีการขีดเชื้อลงบนจานเพาะเชื้อ (Streak plate) ซึ่งพบว่าแบคทีเรียทั้ง 7 ชนิด เจริญได้ดีที่สุดในอาหารที่เตรียมจากน้ำสกัดยีสต์ รองลงมา ได้แก่ น้ำสกัดเนื้อวัว ส่วนอาหารที่เตรียมจากกะทิ นมถั่วเหลือง น้ำสกัดรำข้าว และน้ำมะพร้าวมีการเจริญของแบคทีเรียน้อย นอกจากนี้การศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงแบคทีเรียเฉพาะชนิดในเชิงลึก เช่น ศึกษาการพัฒนาอาหารสำหรับเพาะเลี้ยง *E. coli* DH5α ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพให้ได้เซลล์ที่มีความหนาแน่นสูง [6] และการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อราคาถูกจาก Yeast Autolysate เพื่อการผลิต Bacteriocin โดย *B. subtilis* ด้วยการออกแบบการทดลองทางสถิติแสงชัย [7] อย่างไรก็ตามที่ผ่านมายังไม่พบรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการนำน้ำซาวข้าวมาใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งน้ำซาวข้าวถูกจัดว่าเป็นของเหลือทิ้งจากครัวเรือนที่ยังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างชัดเจน โดยน้ำซาวข้าวมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินบี 1 น้ำตาล แร่ธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม ธาตุทองแดง และธาตุเหล็กที่เกิดจากการย่อยของเมล็ดข้าวในน้ำ [8][9] ดังนั้นทีมวิจัยจึงสนใจในการนำน้ำซาวข้าว ถั่วเหลือง และเนื้อวัว มาเป็นวัตถุดิบในการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด ได้แก่ *E. coli*, *B. subtilis* และ *S. aureus* เปรียบเทียบกับสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียสำเร็จรูป NA เพื่อเป็นแนวทางในพัฒนาสูตรอาหารและนำสูตรอาหารที่เตรียมขึ้นเองจากวัตถุดิบในท้องถิ่นไปใช้ในสถานศึกษาที่งบประมาณไม่เพียงพอในการซื้ออาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการเจริญของแบคทีเรีย *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* และ *Staphylococcus aureus* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากวัตถุดิบในท้องถิ่น

2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบในท้องถิ่นที่ใช้ในการเตรียมอาหารสำหรับเลี้ยงแบคทีเรียแต่ละชนิด

วิธีวิทยาการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ น้ำซาวข้าว ถั่วเหลือง และเนื้อวัว ซึ่งมีวิธีการเตรียม ดังนี้

1.1 ข้าวสารสำหรับเตรียมน้ำซาวข้าว ใช้สัดส่วนของข้าวเหนียว 1 กรัมต่อน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร โดยนำข้าวเหนียวไปแช่ไว้เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นกรองเอาเฉพาะน้ำ

1.2 ถั่วเหลือง ใช้สัดส่วนถั่วเหลือง 1 กรัมต่อน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร โดยนำถั่วเหลืองไปแช่ไว้เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำน้ำที่ได้จากการแช่พร้อมเมล็ดถั่วเหลืองไปต้มจนเดือด จากนั้นกรองเอาเฉพาะน้ำ

1.3 เนื้อวัว ใช้สัดส่วนเนื้อ 1 กรัมต่อน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร โดยนำเนื้อวัวมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปต้มจนเดือด จากนั้นกรองเอาเฉพาะน้ำ

1.4 นำน้ำที่ได้จากวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด มาทำให้ได้อัตราส่วนน้ำที่สกัดจากวัตถุดิบต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 1: 6 v/v ตามวิธีของจิราพร อุตแก้ว [10] ปริมาตร 200 มิลลิลิตร จากนั้นเติมผงวุ้น (Agar) 3 กรัม คนให้วุ้นละลาย แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่หม้อนึ่งความดันไอแบบอัตโนมัติ (Autoclave, HIRAYAMA: HVE-50) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

1.5 เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อชุดควบคุมหรือชุดที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลการทดลอง โดยใช้ Nutrient agar (NA) โดยชั่ง Beef extract 0.6 กรัม Peptone 1 กรัม และผงวุ้น 3 กรัม จากนั้นเติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร คนให้วุ้นละลายแล้วนำไปฆ่าเชื้อที่หม้อนึ่งความดันไอแบบอัตโนมัติ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

1.6 นำอาหารที่ฆ่าเชื้อแล้วออกจากหม้อนึ่งความดันไอแบบอัตโนมัติ ปล่อยอาหารเลี้ยงเชื้อให้เย็นที่อุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิได้ประมาณ 45 – 50 องศาเซลเซียส จากนั้นสามารถนำไปเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียได้

2. การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบ

2.1 นำเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด ได้แก่ *E. coli*, *B. subtilis* และ *S. aureus* มาทำให้บริสุทธิ์ และพร้อมใช้งาน โดยขีดเชื้อบนอาหารแข็ง NA แล้วบ่มไว้ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิ (Incubator, INCUELL: MM) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเลือกโคโลนีเดี่ยวของแต่ละเชื้อมาย้อมสีแกรมเพื่อดูขนาดขนาด รูปร่างของเซลล์ และความบริสุทธิ์เพื่อไม่ให้มีจุลินทรีย์ชนิดอื่นปนเปื้อน

2.2 ทำการเขี่ยเชื้อจากโคโลนีเดี่ยวลงในอาหารชนิดเหลว Nutrient broth (NB) 3 ขวด 1 ขวดต่อ 1 เชื้อ จากนั้นนำไปบ่มในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า (Shaking Incubator, SHEL LAB: SSI 3-2) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซียลเซียส เป็นเวลา 18 – 24 ชั่วโมง และเมื่อครบกำหนดปรับความเข้มข้นของเชื้อ *E. coli*, *B. subtilis* และ *S. aureus* ให้มีปริมาณ 10^8 CFU โดยเจือจางเชื้อด้วย 0.85% NaCl ให้มีความขุ่นใกล้เคียงกับ McFarland. 0.5 จากนั้นเจือจางเชื้อแบบลำดับส่วน 10 เท่า (Ten four dilution) 4 ระดับ คือ 10^{-1}–10^{-4}

3. ศึกษาการเจริญของแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรต่าง ๆ

นำเชื้อที่ทำการเจือจางลำดับส่วนในอาหาร NB มาทำการเพาะเลี้ยงด้วยเทคนิคการเทเพลท (Pour plate technique) มีวิธีการ ดังนี้

3.1 ปิเปตสารละลายแบคทีเรีย (Bacteria suspension) ของเชื้อแต่ละชนิดที่ความเจือจาง 10^{-2} ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ปล่อยลงในจานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ความเจือจางละ 2 จาน ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อตามวิธีของวันชัย สนธิชัย [11]

3.2 เทอาหาร NA และอาหารที่เตรียมจากน้ำซาวข้าว ถั่วเหลือง และเนื้อวัว (อุณหภูมิของอาหารอยู่ระหว่าง 45 – 50 องศาเซลเซียส) ลงในจานเพาะเชื้อที่มีเชื้ออยู่แล้ว

3.3 ทำการผสมเชื้อและอาหารให้เข้ากันโดยการหมุนจานเพาะเชื้อเป็นวงกลมช้า ๆ จากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที รอจนอาหารแข็งจึงทำการคว่ำจานเพาะเชื้อแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมง จากนั้นทำวิธีเดียวกันแต่เปลี่ยนเป็นสารละลายแบคทีเรียที่ความเจือจางระดับ 10^{-3} และ 10^{-4}

3.4 ทำการนับโคโลนีของเชื้อที่เจริญบนจานอาหารที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ในช่วง 30 – 300 โคโลนี ด้วยเครื่องนับโคโลนี (Colony counter, SUNTEX: IUL)

3.5 นำจำนวนโคโลนีที่นับได้มาคำนวณหาปริมาณของแบคทีเรียทั้งหมด โดยค่าที่คำนวณได้มีหน่วยเป็น CFU/ml ตามวิธีของวันชัย สนธิชัย [11]

3.6 นำค่าที่ได้จากการคำนวณหาปริมาณของแบคทีเรียที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรดัดแปลงแต่ละชนิด มาทำการเปรียบเทียบกับปริมาณของแบคทีเรียที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA

4. ศึกษาอัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

4.1 นำน้ำที่ได้จากวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด มาศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยใช้น้ำซาวข้าว น้ำต้มถั่วเหลือง และน้ำต้มเนื้อวัวต่อน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:5, 1:6 และ 1:7 v/v ปริมาตร 200 มิลลิลิตร โดยแต่ละอัตราส่วนเติมผงวุ้น 3 กรัม คนให้วุ้นละลายแล้วนำไปฆ่าเชื้อที่หม้อนึ่งความดันไอแบบอัตโนมัติที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

4.2 เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อชุดควบคุมหรือชุดที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลการทดลอง โดยใช้ NA ทำเช่นเดียวกับข้อ 1.5

4.3 การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบเช่นเดียวกับข้อ 2 โดยใช้ระดับความเจือจางที่ 10^{-1}–10^{-4}

4.4 ศึกษาการเจริญของแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงที่เตรียมจากน้ำซาวข้าว น้ำต้มถั่วเหลือง และน้ำต้มเนื้อวัวอัตราส่วน 1:5, 1:6 และ 1:7 v/v ด้วยวิธีเดียวกันกับ ข้อ 3 ศึกษาการเจริญของแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรต่าง ๆ

ผลการศึกษา

1. ผลของปริมาณจุลินทรีย์ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากวัตถุดิบในท้องถิ่น

เมื่อนำแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *E. coli*, *B. subtilis* และ *S. aureus* มาเพาะเลี้ยงบนอาหารที่เตรียมจากวัตถุดิบในท้องถิ่น 3 ชนิด คือ น้ำซาวข้าว ถั่วเหลือง และเนื้อวัว โดยใช้อัตราส่วนน้ำสกัดของวัตถุดิบต่อน้ำกลั่นที่อัตรา 1:6 v/v เปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป NA พบว่าแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดสามารถเจริญได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากเนื้อวัว น้ำซาวข้าว และถั่วเหลือง ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยพบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดได้ดีกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป NA นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการเจริญของแบคทีเรียแต่ละชนิดบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากวัตถุดิบต่างกันให้ผลการทดลองที่แตกต่างกันดังนี้

อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำซาวข้าวที่อัตราส่วนน้ำสกัดของวัตถุดิบต่อน้ำกลั่น 1:6 ส่งเสริมให้แบคทีเรีย *S. aureus* เจริญดีที่สุดโดยให้ค่าเท่ากับ 3.8×10^5 CFU/ml รองลงมาคือ *B. subtilis* (9.7×10^4 CFU/ml) และ *E. coli* (8.3×10^4 CFU/ml) ตามลำดับ

อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากถั่วเหลืองที่อัตราส่วนน้ำสกัดของวัตถุดิบต่อน้ำกลั่น 1:6 ส่งเสริมให้เชื้อ *B. subtilis* เจริญได้ดีที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 3.3×10^4 (CFU/ml) รองลงมาคือ *S. aureus* (1.9×10^4 CFU/ml) และ *E. coli* (9.3×10^3 CFU/ml) ตามลำดับ

อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากเนื้อที่อัตราส่วนน้ำสกัดของวัตถุดิบต่อน้ำกลั่น 1:6 ส่งเสริมให้แบคทีเรีย *S. aureus* เจริญดีที่สุดโดยให้ค่าเท่ากับ 1.0×10^7 CFU/ml รองลงมาคือ *B. subtilis* (8.3×10^5 CFU/ml) และ *E. coli* (1.6×10^4 CFU/ml) ตามลำดับ

2. ผลของอัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมอาหารต่อการเจริญของแบคทีเรีย

จากการศึกษาชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมอาหารสำหรับเลี้ยงแบคทีเรีย พบว่า แบคทีเรียสามารถเจริญได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากวัตถุดิบในท้องถิ่น จึงได้ทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบในการเตรียมอาหารสำหรับเลี้ยงแบคทีเรีย ได้แก่ 1:5 v/v, 1:6 v/v และ 1:7 v/v ซึ่งพบว่าอัตราส่วน 1:5 v/v ส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด เจริญได้ดีที่สุด โดยอาหารที่เตรียมจากเนื้อวัวส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดได้ดีที่สุด (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณแบคทีเรียที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป NA และอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำซาวข้าว ถั่วเหลือง และเนื้อวัวที่อัตราส่วนต่าง ๆ

อาหารเลี้ยงเชื้อในแต่ละอัตราส่วน	เชื้อแบคทีเรีย		
	Escherichia coli (CFU/ml)	*Bacillus subtilis* (CFU/ml)	*Staphylococcus aureus* (CFU/ml)
NA	5.0×10^3	3.7×10^4	1.6×10^4
น้ำซาวข้าว 1:5	2.7×10^4	7.7×10^4	3.0×10^7
น้ำซาวข้าว 1:6	8.3×10^3	9.7×10^4	3.8×10^5
น้ำซาวข้าว 1:7	5.2×10^3	2.4×10^5	7.2×10^4
ถั่วเหลือง 1:5	2.7×10^4	7.9×10^4	3.0×10^7
ถั่วเหลือง 1:6	9.3×10^3	3.3×10^4	1.9×10^4
ถั่วเหลือง 1: 7	8.4×10^3	1.1×10^4	9.0×10^3
เนื้อ 1:5	5.7×10^5	1.0×10^7	1.1×10^7
เนื้อ 1:6	1.6×10^4	8.3×10^5	1.0×10^7
เนื้อ 1:7	6.0×10^4	1.9×10^5	2.2×10^5

สรุปผลและอภิปรายผล

จากการศึกษาการเจริญของเชื้อแบคทีเรียบางชนิดบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากวัตถุดิบในท้องถิ่น ได้แก่ น้ำซาวข้าว ถั่วเหลือง และเนื้อวัว พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากเนื้อวัวสามารถส่งเสริมให้ *E. coli*, *B. subtilis* และ *S. aureus* เจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความต้องการแหล่งพลังงาน แหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจน วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ ในการดำรงชีวิต เช่น การเจริญ กระบวนการเมแทบอลิซึม และการเพิ่มจำนวน ซึ่งอาหารชนิดหนึ่งอาจจะเหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์เพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิด [3] เนื้อวัวเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญ ได้แก่ แหล่งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส วิตามิน และธาตุอาหารอีกหลายชนิดที่แบคทีเรียต้องการ [12] โดยแหล่งของไนโตรเจนมีทั้งแหล่งที่เป็นสารอินทรีย์ เช่น กรดอะมิโน โปรตีน และแหล่งที่เป็นอนินทรีย์ เช่น เกลือไนไตรท์ ไนเตรท หรือแอมโมเนีย โดยในเนื้อวัวประกอบไปด้วยโปรตีนถึง 17.2 – 29.9 กรัม/100 กรัม ซึ่งโปรตีนคือสารประกอบอินทรีย์ซึ่งเป็นพอลิเมอร์สายยาวของกรดอะมิโน (amino acid) และเป็นแหล่งไนโตรเจนที่สำคัญต่อการเจริญของแบคทีเรีย [13] โดยในอาหารเลี้ยงเชื้อ NA ก็มีส่วนประกอบ Beef extract ที่สกัดมาจากเนื้อเช่นกันจึงมีผลทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากเนื้อวัวส่งเสริมให้แบคทีเรียเจริญได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของสุวิทย์ สิมะรักษ์

อำไพ [5] ที่ได้ศึกษาอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียที่เตรียมจากวัตถุดิบในท้องถิ่น 6 ชนิด ได้แก่ ยีสต์ น้ำมะพร้าว นมถั่วเหลือง เนื้อวัว หัวกะทิ และรำข้าว เพื่อใช้เพาะเลี้ยงแบคทีเรีย 7 ชนิด ได้แก่ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas fluorescens* และ *Aeromonas hydrophila* แทนอาหารสังเคราะห์ NA โดยใช้วิธีการขีดเชื้อลงบนจานเพาะเชื้อพบว่าแบคทีเรียทั้ง 7 ชนิด เจริญได้ดีที่สุดในอาหารที่เตรียมจากน้ำสกัดยีสต์ รองลงมา ได้แก่ น้ำสกัดเนื้อวัว ส่วนอาหารที่เตรียมจากกะทิ นมถั่วเหลือง น้ำสกัดรำข้าว และน้ำมะพร้าวมีการเจริญของแบคทีเรียน้อย และในส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำซาวข้าว และถั่วเหลืองทำให้แบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดเจริญได้น้อยกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากเนื้อ อาจเนื่องจากว่าในน้ำซาวข้าว และถั่วเหลืองนั้นมีวิตามินที่แบคทีเรียต้องการในปริมาณที่น้อยกว่าในเนื้อวัวโดยในน้ำซาวข้าวมีวิตามิน เอ เท่ากับ 0.5 I.U และถั่วเหลือง มีวิตามิน เอ 1 I.U ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเนื้อ ซึ่งในเนื้อวัวมีวิตามินเอ 58 I.U และเช่นเดียวกันกับวิตามิน บี2 ในเนื้อวัวมี 0.34 มิลลิกรัม แต่ในน้ำซาวข้าวมีเพียง 0.01 มิลลิกรัม และในถั่วเหลืองไม่มีวิตามิน B2 [4] ซึ่งวิตามินมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญของแบคทีเรียมาก โดยทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ช่วยในการทำงานของเอนไซม์ ทำให้เอนไซม์สามารถเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมีได้มีประสิทธิภาพดีขึ้น [1]

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบที่ใช้เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อพบว่า อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำซาวข้าว ถั่วเหลือง และเนื้อวัว อัตราส่วน 1:5 v/v ส่งเสริมให้แบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด เจริญดีที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วน 1:6 และ 1:7 ตามลำดับ โดยอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ส่งเสริมให้แบคทีเรีย *S. aureus* ได้ดีที่สุด รองลงมาเป็น *B. subtilis* และ *E. coli* ตามลำดับ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากเนื้อวัวในอัตราส่วน 1:5 v/v สามารถนำไปใช้แทนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป NA ในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาได้ แต่อย่างไรก็ตามอัตราส่วนที่ทำให้แบคทีเรียเจริญได้ดีที่สุดในครั้งนี้ คือความเข้มข้นที่สูงที่สุด ซึ่งยังไม่สามารถบอกได้ว่าที่ความเข้มข้นสูงกว่านี้จะทำให้แบคทีเรียเจริญได้ดีกว่านี้หรือไม่ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป จึงควรศึกษาความเข้มข้นที่สูงขึ้นเพื่อทำให้ทราบความเข้มข้นที่ส่งเสริมให้แบคทีเรียเจริญได้ดีชัดเจนยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. (2560). จุลชีววิทยาทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กมลนันท์ ทวีธรรยงกุล. (2560). จุลชีววิทยาทั่วไป. สระบุรี : พิมพ์ลักษณ์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนานาชาติเอเชีย – แปซิฟิก.

วสุ ปฐมอารีย์. (2561). จุลชีววิทยาและการประยุกต์. เชียงใหม่ : ศูนย์บริหารการวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กองโภชนาการ. [อินเทอรเน็ต]. (2544). คุณค่าทางอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม. สืบค้นเมื่อ 28 ตุลาคม 2567 . ได้จาก https://www.scribd.com/doc/84401221/.

สุวิทย์ สิมะรักษ์อำไพ. (2531). ศึกษาอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียที่เตรียมจากวัตถุดิบในท้องถิ่น 6 ชนิด. (รายงานการวิจัยวิทยาศาสตรบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.

อติกานต์ สติปัฏฐาน, ชนิตโชต ปิยพิทยานันต์ และเทพปัญญา เจริญรัตน์. (2563). ศึกษาการพัฒนาอาหารสำหรับเพาะเลี้ยง *Escherichia coli* DH5α ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพให้ได้เซลล์ที่มีความหนาแน่นสูง. Thai Journal of Science and Technology. ปีที่ 9 ฉบับที่ 6, หนา 864–875.

วันทนีย์ ทมมีด. (2554). การพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อราคาถูกจาก Yeast Autolysate เพื่อการผลิต Bacteriocin โดย *Bacillus subtilis* ด้วยการออกแบบการทดลองทางสถิติ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Himayana ATS, Aini N. (2018). The Effect of Rice Washing Wastewater on Pakcoy Growth. Department of Agronomy Faculty of Agriculture Brawijaya.

ธนาภรณ์ ชาญเชี่ยว และ ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์. (2567). ผลของน้ำซาวข้าวต่อการงอกและการเจริญเติบโตระยะต้นกล้าของข้าวเหนียวอุบล 2. บทความวิจัยสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย ครั้งที่ 13, 24 – 26 มกราคม 2567. มหาวิทยาลัยพะเยา. หน้า 191 – 201.

จิราพร อุตแก้ว. (2558). การศึกษาอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียที่เตรียมจากวัตถุดิบในท้องถิ่น. (รายงานการวิจัยวิทยาศาสตรบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. เชียงราย.

วันชัย สนธิชัย. (2552). คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยา. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Beef Cattle Research Council (BCRC). [Internet]. (2021). Nutritional Qualities of Beef. Accessed 2024 October 28. Available from: https://www.beefresearch.ca/topics/nutritional-qualities-of-beef/

Food Data Central Search Results. [Internet]. (2019). Beef. Accessed 2024 October 28. Available from: https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/174036/nutrients

การปลูกพืชกัญชาทางการแพทย์ในระบบเกษตรอัจฉริยะ: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Medical Cannabis Cultivation in Smart Farming: A Case Study of Chiang Rai Rajabhat University (CRRU), Thailand

ปิยพร ศรีสม[1*], ณัฏฐพล สันธิ[2], กิตติศักดิ์ นิวรัตน์[3], จำรัส กลิ่นหนู[4], ณรงค์ศักดิ์ ศรีสม[4], รันฎา เผ่ากันทะ[5] และ กรนิกา เขื่อนแก้ว[5]

Piyaporn Srisom[1*], Natthaphon Santhi[2], Kittisak Newrat[3], Jumrus Klinhnu[4], Narongsak Srisom[4], Randa, Phaokantha[5] and Kornika Kuankaew[6]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการปลูก การเก็บเกี่ยวกัญชาแต่ละสายพันธุ์ในระบบปิด Smart Farm โดยมีสายพันธุ์พืชกัญชาที่ใช้ในการศึกษาวิจัยจำนวน 12 สายพันธุ์ วิธีการปลูกที่ทำการศึกษา คือ การเพาะเมล็ด และการปักชำ ร่วมกับการวิเคราะห์น้ำและดินที่ใช้ในการปลูกพืชกัญชา ส่วนการเก็บเกี่ยวใช้วิธีการทำให้แห้งโดยวิธีการแขวนตาก และวิธีการใช้เครื่องอบแห้งเยือกแข็งโดยใช้สุญญากาศ ผลการศึกษาวิจัยพบว่า (1) วิธีการปลูกแบบการเพาะเมล็ดพืชกัญชาทุกสายพันธุ์มีการปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดี การขยายพันธุ์โดยการปักชำสามารถเพิ่มปริมาณต้นกัญชาได้อย่างรวดเร็ว ลักษณะของต้นกัญชาที่ได้มีลักษณะเหมือนต้นแม่พันธุ์ ยกเว้นสายพันธุ์ B004 ที่พืชกัญชาหยุดการเจริญเติบโตและตายทั้งหมด ทั้งนี้ อัตราการรอดของพืชกัญชาในระยะต้นอ่อนและระยะออกดอก โดยวิธีการเพาะเมล็ด การปักชำรอบที่ 1 และการปักชำรอบที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันมีแนวโน้มที่จะมีผลต่อการอยู่รอดของต้นกัญชาแตกต่างกัน (2) ที่ผลผลิตต่อต้นที่ความหนาแน่น 9 ต้น/ตรม. การศึกษาการเก็บเกี่ยวโดยวิธีการแขวนตาก ได้น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นไม่แตกต่างจากวิธีการใช้เครื่องอบแห้งเยือกแข็งโดยใช้สุญญากาศ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 โดยวิธีการแขวนตากและวิธีการใช้เครื่องอบแห้งเยือกแข็งโดยใช้สุญญากาศมีน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นอยู่ในช่วง 26.47 – 182.64 และ 38.40 – 174.72 กรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ: กัญชา, การเก็บเกี่ยว, ระบบปิด, เกษตรอัจฉริยะ

---

[1] โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

[2] โปรแกรมวิชาภาษาตะวันตก คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

[3] คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

[4] โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

[5] บริษัทโกลเด้นไทรแองเกิ้ลกรุ๊ป จำกัด จังหวัดเชียงราย 57100

[1] Program of Chemistry Technology, Faculty of Science and Technology, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai, 57100

[2] Program of Western Languages, Faculty of Humanity od Social Science, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai, 57100

[3] Faculty of Education, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai, 57100

[4] Program of Information Technology, Faculty of Digital Technology, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai, 57100

[5] Golden Triangle Group Co., Ltd., Chiang Rai, 57100

[*]Corresponding author: sc_piyaporn@crru.ac.th

Abstract

The aim of this research was to study the cultivation and harvest processes of 12 cannabis strains in the indoor smart farm. The selected cultivation processes were seed germination and cloning, while hang – dry and vacuum – freeze – dry were used for the harvest. The study also focused on examining water and soil properties for use in cannabis cultivation. The results showed that: (1) The cannabis cultivation was successfully grown and propagated for all 12 strains. The cloning method was able to quickly increase the number of cannabis plants and maintain identical characteristics to the mother plant, while only the B004 strain stopped growing and died. Notably, the survival rate of cannabis in the seedling and flowering by seed germination during cloning cycle 1 and cloning cycle 2 showed statistically significant difference at .01. Different growing periods tended to differently affect the survival of cannabis plants. (2) At a density of 9 plants/m^2, the average weight per plant was no statistically significant difference at .01 between hang – dry and vacuum – freeze – dry method. The weight per plant obtained from hang – dry and vacuum – freeze – dry method were average in the range of 26.47 – 182.64 and 38.40 – 174.72 g, respectively.

Keywords: Cannabis, Harvest, Indoor Smart Farm, Smart Farming

Introduction

Cannabis is a type of weed commonly known as *Cannabis Sativa* or scientifically recognized as *Cannabis Sativa Sativa* or *Cannabis Sativa Indica*. Their leaves are deeply lobed into the petiole and the flowers are green but the male inflorescences and the female inflorescences appear in different plants. Cannabis is native plant in climate areas such as Asia, South America and the Middle East. Medical cannabis is now clearly defined as cannabis products and cannabinoid molecules that are prescribed by physicians for their patients. This plant is widely acknowledged as the main source of cannabinoids, which have shown considerable therapeutic potential for conditions including inflammation, depression, nausea, epilepsy, and other clinically significant effects [1]. It is widely recognized that Δ9–tetrahydrocannabinol (THC) and cannabidiol (CBD) are the predominant phytocannabinoids found in cannabis. The main difference between medical and regular cannabis is the amount of THC, the main psychoactive component. Regular cannabis contains THC 5 – 35%, in medical ca – up to 1% [2].

Information technology nowadays especially during this digital era plays a vital role in human's working life and daily living routines which involves various types of modern technology choices. Agriculture is one of the manufacturing sectors and the backbones of the country's economic system. Smart farming is a farming system that uses information technology as a tool in driving farming processes for convenience and ease of management and operation within the farm. This system offers speedy process and accurate use of resources within the farm which means cost–effective farming for high productivity and quality which allows farmers to maintain their competitive advantages against other manufacturers in the market. The use of smart farming by deploying various options of information technology can uplift the productivity and promote upskilling, reskilling and new

skilling of the human workforce in modern farming which would lead to high quality and quantity agricultural produce that sufficiently meets the market demand. Importantly, technological–driven farming also promotes the digital economy mobilization of the country for a sustainable and environmentally friendly farming approach for the future of Thailand agriculture.

For this reason, Chiang Rai Rajabhat University (CRRU), which is a public university and Golden Triangle Group Company Limited (GTG), have foreseen the potential and benefits from the use of cannabinoid compounds and cannabis plants for medical purposes and many other ways. The interest focuses on the cannabis production process in order to obtain quality, standardized and safe cannabis products for consumers in the region. CRRU and GTG then worked collaboratively with an aim to study and develop state–of–the–art cultivation processes for cannabis production including development of cannabis strains suitable for the climate and environmental conditions in Thailand that may affect the production of cannabinoid compounds among different strains in an indoor farming system. The study also covers the complete post–harvest process of cannabis in order to offer quality produce for effective use in the medical practice of the country. And finally, the aim involves extending the results and knowledge for development in other areas including creating innovation and academic services for society for sustainable local development which underpins the university's ultimate mission.

Research Objectives

1. To examine efficiency of cannabis cultivation and harvest in smart farming under GAP (Good Agriculture Practice)

2. To compare the harvesting methods in regard to yield weight of each strains obtained from cannabis cultivation in smart farming

Scope of the Research

Scope of Settings

1. An indoor smart farm was built using metal structure and isolated panels and sectioned into rooms for cannabis cultivation research.

2. An indoor smart farm is a cannabis research center namely IA01 Building located within the area of Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai, Thailand with GPS No. 19.993844, 99.845182.

Scope of Population

12 cannabis strains were imported for use in this cultivation project i.e. B001, B002, B003, B004, C001, M001, R001, R002, R003, S001, S002 and S003.

Scope of Content

The study's cultivation processes focus on seedling and cloning for each cannabis strain in a smart farming system which is designed to fully control the environment.

Methodology

Cannabis Cultivation and Harvest

Seedling

1. Select cannabis strains in seed form for cultivation in this study put the selected seeds into a glass of water and place it with no direct light for 24 hr.

2. After 24 hr., place the seeds in tissue paper sprinkled with water. Cover the seeds with the tissue paper. Put the seeds into a small propagation container with the windows closed in the lid. Place it with no direct light.

3. After 24 – 48hr., seeds start germinating cracking the shield and start showing root. Transplant seedlings to a small cloning plot packed with peat–moss pre–watered at 0.6 EC and 5.5 pH. Dig a hole in the pot with chopstick and then plant the seed with the root facing downwards and leaving the shield on the surface of the soil.

4. Place the propagation container with the seed inside under fluorescent lights with blue spectrum at distance of about 30 centimeters, starting from the seeding period to the beginning of the flowering. Lights are necessarily on for 18 hours and off for 6 hours daily. Temperature control is between 24 – 26 °C with humidity range between 90 – 100%.

Cloning

1. Mix 40 liters of peat moss and 25 grams of Trichoderma, and break them into tiny pieces.
2. Take peat moss and put them into a cloning tray and level them evenly to fit with the cloning slot.
3. Dissolve B1 additive in 1 liter of water. Add Cal–Mag until getting EC (Electric Conductivity) at 0.3 plus AB 0.6 and pH at 6.0. Then, soak the prepared peat moss.
4. Spray plain water at the soil surface to add moisture to the soil and then let the soil rest for 5 minutes.
5. Cut the branches into 10–14 cm long with an angle of 45 degrees. Slightly scrape the base of the branches on both sides and trim their edge to reduce their water absorption ability.
6. Dip the cuttings in Clonex Gel. Plant the cuttings at a depth of 4 – 5 cm they need to be firm, cannot move from sides. Scan barcodes and place the barcodes in the planting pots.
7. Spray the tray cover and cover the cloning tray. Then completely seal all the cover holes, if any.
8. Observe the clonings during 7 – 12 days by opening the air holes and the cover to check the roots and unhealthy plants.
9. After 12 – 14 days, if the cloning plants show strong roots, transfer them to the nursery room. The appropriate temperature during the cloning period is 23.5 – 25˚C, relative humidity is 68 – 80% and lighting time is 18 – 24 hours.

Harvest

1. When cannabis plants reach the required age and are ready for harvest, cannabis plants are cut at the base and weighed before removing the leaves.

2. Use scissors to trim off any excessive fan leaves with sugar leaves in order to keep only the inflorescences and stems. Weigh them before drying the inflorescences and the stems. The hang – dry takes 10–14 days.

The drying process comprises 2 methods i.e. 1) hang – dry and 2) Vacuum Freeze Dryer.

The temperature for the hang – dry process is 18 – 20 ˚C, relative humidity is 50 – 55%, and the drying period is 14 days. The temperature for a vacuum – freeze – dry is –55˚C, relative humidity is 55%, and the drying period is 18 – 19 hours.

Storage

1. Separate inflorescences from stems. Weigh and install them in zipper bags.
2. Store the dried product in a safe room with A/C.

Results

The principal aim of this study was to investigate the cultivation and harvesting processes of cannabis strains in the indoor smart farm system. 120 seeds (12 cannabis strains and 10 seeds per strain) were imported for use in this research project at IA01 Building of Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai, Thailand following the license granted by Thai FDA for Narcotics Category 5 No. 5/2020 (Import). The results were shown in Table 1.

Table 1: Survival rates of cannabis plants across three cultivation methods: Seedling, Cloning Cycle 1 and Cloning Cycle 2, during the initial (I), nursery (N) and flowering (F) stage

Strains	Seedling			Cloning Cycle 1			Cloning Cycle 2		
	I	N	F	I	N	F	I	N	F
B001	10	9	8	111	108	104	192	162	118
B002	10	10	10	116	113	108	224	189	158
B003	10	10	10	118	113	98	117	82	53
B004	10	0	0	0	0	0	0	0	0
C001	10	10	10	30	27	23	392	167	133
M001	10	9	7	33	31	31	57	52	0
R001	10	10	10	33	33	33	53	51	0
R002	10	10	10	34	30	30	52	46	0
R003	10	10	9	38	32	32	74	66	0
S001	10	10	10	33	32	31	81	71	0
S002	10	9	7	45	39	37	85	74	0
S003	10	10	10	33	32	31	51	45	0
Total	120	107	101	624	590	558	1,378	1,005	462

$F_{Initial}$ = 7.660*, $F_{Nursery}$ = 10.425*, $F_{Flowering}$ = 2.871

From Table 1, it was found that the survival rate of cannabis plants from seedling and cloning cycle 1 to flowering stage was higher than cloning cycle 2. One-way ANOVA was used to statistically analyze and determine the significant difference in survival rates of cannabis plants among the three cultivation methods. It was found that different periods of cultivation methods affected the survival rate of cannabis plants at the significance level of .01. This meant that different growing periods tended to differently affect the survival of cannabis plants. This was further analyzed by Scheffe Test in order to determine the significant difference among each of the paired cultivation methods. The Scheffe results showed that:

(1) At the initial stage, the seedling, cloning cycle 1 and cloning cycle 2 showed no statistical difference at the confidence level of .05 ($p \geq .05$).

(2) At the nursery stage, there were two pairs showing statistical significant differences at the confidence level of .01 ($p \leq .01$). Those two pairs were seedling – cloning cycle 2 and cloning cycle 1 – cloning cycle 2.

(3) At the flowering stage, there were two pairs showing statistical significant differences at the confidence level of .01 ($p \leq .01$). Those two pairs were seedling – cloning cycle 2 and cloning cycle 1 – cloning cycle 2.

Table 2: Summary of Cannabis Harvest in Smart Farm System

Strains	Harvest (Plants)	Hang Dry	Freeze Dry
		Average Weight (g)/plant	Average Weight (g)/plant
B001	230	84.69	51.87
B002	276	94.80	56.69
B003	161	42.14	32.39
B004	0	-	-
C001	166	182.64	107.33
M001	38	40.72	41.29
R001	43	64.41	46.43
R002	40	56.70	54.32
R003	41	44.13	174.72
S001	41	52.13	61.76
S002	44	26.47	38.40
S003	41	53.57	55.50
Average	93.42	67.49	65.52
S.D.	90.31	42.95	41.18
CV (%)	96.67	63.63	62.86

t_{stat} = 0.109

Remarks** The license granted by Thai FDA for Narcotics Category 5 Production No. 10/2020 (Cultivation) allowed this research project to produce cannabis (cultivation) within the area of 324 square meters for 720 plants/cycle and 4 cycles/year.

From Table 2, it was found that 1,121 cannabis plants were harvested. 813 plants were dried by the hang – dry method and the yield accounted for 73,906.20 grams, while 308 plants were dried by vacuum – freeze – dryer and the yield accounted for 17,096.20 grams. It was found that the hang – dry method offered the cannabis average weight at 67.49 grams/plant (S.D. = 42.95) while the vacuum – freeze – dryer offered the cannabis average weight 65.52 grams/plant (S.D. = 41.18). The t–test analysis indicated that there was no significant difference between the hang–dry method and the vacuum–freeze–drying method at a confidence level of 0.01.

Conclusion and Discussion

1) The efficiency of cannabis cultivation in a smart farm system at Chiang Rai Rajabhat University in a smart farm system underpinning GAP (Good Agriculture Practice) was investigated within 2 cycles. Cycle 1 cultivated 5 cannabis strains from seedlings which comprised 4 high CBD strains and 1:1 (CBD:THC) 1 strain. Cycle 2 cultivated the rest of 7 strains. The cultivation controlled temperature, relative humidity, light and intensity, water, CO_2 and the overall ventilation system in the smart farm facility. The cultivation process started from seedling and growing cannabis plants until they were ready for cloning cycle 1. The cloning cycle 1 was designed for mother plant selection and nurtured them for use in the cloning process. The mother plant selection criteria relied mainly on fertility, strength, cannabinoids and yields of the prospective mother plants across each of the strains. Next, the cloning cycle 2 was cultivated by using cloning cuttings from the selected mother plants. The clonings were carefully nurtured from the initial stage to flowering stage. Under the controlled environment in the smart farm system, cannabis plants from all 12 strains cultivated by 3 cultivation methods i.e. seedling, cloning cycle 1 and cloning cycle 2 showed stable growth and well–adjusted to the environment from the initial to flowering stage. In addition, cloning cycle 1 and cloning cycle 2 could offer speedy propagation of all cannabis plants and maintain the characteristics identical to their mother plants except that of B004 strain which stopped growing and totally died. However, it was found that a significant difference of the cannabis plants survival rate was observed at the confidence level of .01 during nursery and flowering stages among 3 cultivation methods i.e. seedling, cloning cycle 1, and cloning cycle 2. This meant that different growing rates affected differently to the survival rate of cannabis plants. The Scheffe Test was deployed to determine the significant difference between the paired cultivation methods. It was found that two pairs showed a significant difference at the confidence level of .01 ($p \leq .01$) for the growing period during the nursery stage that affected the survival rate of the cannabis plants. Those two pairs of cultivation methods were seedling – cloning cycle 2 and cloning cycle 1 – coning cycle 2. Likewise, it was found that two pairs showed a significant difference at the confidence level of .01 ($p \leq .01$) for the growing period during the flowering stage that affected the survival rate of the cannabis plants. Those two pairs of cultivation methods were seedling – cloning cycle 2 and cloning cycle 1 – cloning cycle 2. Therefore, the cloning cycle 2 showed a different survival rate from seedling and cloning cycle 1 in the nursery and flowering stages. This suggested that, for productivity aim, cultivation by cloning was appropriate for cloning cycle 1 in order to attain high standardized survival rate and maintain consistent growth until harvesting

period. This finding concurred with the study by Vaddhanaphuti [3] who asserted that plant propagation by cloning is an economical, convenient, fast and straightforward reproduction method. But, the only drawback is the cloned plants do not have a taproot system, unable to emerge new plant species, and unable to add good properties into the clones such as resistance to deprived soil conditions, diseases and insects.

2) The comparison of cannabis harvest methods between hang – dry and vacuum – freeze – dryer revealed that the hang – dry method offered higher average cannabis weight per plant than that of the vacuum – freeze – dryer at the significance level of .01. However, the hang – dry consumed more drying time than that of the vacuum freeze dryer, but the freeze dryer is conducive to drying capacity per time due to equipment loading limitation. This finding supported the study by Khunphutthiraphi et al. who underscored that, at the significance level of .05, 20 hours were a perfect duration for using vacuum – freeze – dryer in order to maintain holistic physical and psychological properties of cannabis produce such as odor, taste, texture and preference when compared to 14, 16 and 18 hours [4]. In addition, Vanhove reported the analysis of the relationship between density factor and cannabis diversity affecting the yield of cannabis cultivated in an indoor smart farm system [5]. It was found that, at the confidence level of .05, the yields of cannabis grown in an indoor facility in Belgium were 48 grams for the density of 12 plants/square meters while only 36 grams for the density of 16 plants/square meters. Toonen et al. proposed that the appropriate number of cannabis density was 32 plants per square meter which offered 608 grams/square meter or 19 grams/plant [6]. Interestingly, the cannabis density in this research project was 9 plants/square meter and average weight for the cannabis flower dried by the hang – dry method was 90.91 grams while average weight for the cannabis flower dried by the vacuum – freeze – dryer method was 55.51 grams. This could be concluded that the cannabis yield produced in this project is considered high productivity. Furthermore, it was found that the cannabis C001 strain offered the highest average yield weight judging from the fact that this strain delivered the average yield weight per plant at 182.64 grams dried by the hang – dry method whilst reduced to 107.33 grams per plant by the vacuum – freeze – dryer method. This suggested that the C001 strain is considered a good strain for introducing to farmers who are interested in cannabis cultivation using indoor smart farm platforms.

Acknowledgements

This research was supported by Golden Triangle Group Co., Ltd. and Chiang Rai Rajabhat University.

References

1. Valizadehderakhshan, M., Shahbazi, A, Kazem–Rostami, M., Scott Todd, M., Bhowmik, A. and Wang, L. (2021). Extraction of Cannabinoids from *Cannabis sativa L. (Hemp)*. Agriculture, 11(5), 384 – 405.
2. Azizxonovna, N.M. (2024). Positive and Negative Aspects of Medical Cannabis. Web of Medicine: Journal of Medicine, Practice and Nursing, 2(3), 38 – 41.
3. Vaddhanaphuti, N. (2010). Plant Propagation. (4th Edition). Bangkok: Odeon Store.

4. Khunphutthiraphi, T., Kangkavisut, N., & Wasikadilok, N. (2020). Effects of Freeze Drying Time and Water Rehydration Temperature on Product Quality of Crystallized Salacca. Journal of Food Technology, Siam University, 15(2), 155–163.
5. Vanhove, W. (2014). The agronomy and economy of illicit indoor cannabis cultivation. Ph.D. thesis, Ghent University, Belgium.
6. Toonen, M., Ribot, S. & Thissen, J. (2006). Yield of Illicit Indoor Cannabis Cultivation in The Netherlands. Journal of Forensic Sciences, 51(5), 1050 – 1054.
7. Narcotic Act (No. 7). Government Gazette. Volume 136. Part 19 A. Dated 18 February 2019. pp. 1 – 16.
8. Hamilton. (2009). Breeding Better Crops. Scientific American, 19: 16 – 17.

ผลของสูตรอาหารต่อการงอกของเมล็ดและการพัฒนาของโปรโตคอร์มกล้วยไม้เอื้องสายหลวง

The effect of culture media on the seed germination and protocorm development of *Dendrobium anosmum* Lindl.

กนกอร ศรีม่วง[1*] และ เอกรัฐ คำพิโล[1]

Kanok-orn Srimuang[1*] and Aekkarat Kampilo[1]

บทคัดย่อ

จากการทดลองเพื่อหาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการงอกของเมล็ดกล้วยไม้เอื้องสายหลวงในสภาพปลอดเชื้อ ได้ทำการทดสอบสูตรอาหาร 6 ชนิด หลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 เดือน ผลการทดลองพบว่า สูตรอาหารทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสูตรอาหาร Murashige and Skoog (1962) (MS) แสดงให้เห็นว่าให้เปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุดที่ 91.9% ตามด้วยสูตร Phytamax, สูตร Vacin and Went (VW) ร่วมกับน้ำมะพร้าวที่ความเข้มข้น 15% และมันฝรั่ง 15%, Knudson C, VW และ ½ MS ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์การงอกอยู่ที่ 78.1%, 75.3%, 68.5%, 63.3% และ 61.1% ตามลำดับ ในขณะที่สูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการพัฒนาของโปรโตคอร์ม ในสูตรอาหารทั้งหมด 7 กรรมวิธี เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 8 เดือน พบว่า ความยาวใบ จำนวนใบต่อต้น ความยาวราก จำนวนรากต่อต้น และน้ำหนักสดต่อต้น ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: อื้องสายหลวง, อาหารเพาะเลี้ยง, การงอกของเมล็ด, โปรโตคอร์ม

Abstract

In an experiment to determine the optimal culture medium for the germination of *Dendrobium parishii* orchid seeds under aseptic conditions, six different nutrient formulas were tested. After 3 months of cultivation, the results revealed statistically significant differences among all treatments. The MS nutrient formula provided the highest germination rate at 91.9%, followed by Phytamax, VW with 15% coconut water and 15% potato extract, Knudson C, VW, and ½ MS, which resulted in germination rates of 78.1%, 75.3%, 68.5%, 63.3%, and 61.1%, respectively. The culture medium suitable for protocorm development was studied seven different methods. After 8 months of cultivation, it was found that the leaf length, number of leaves per plant, root length, number of roots per plant, and fresh weight per plant showed no statistically significant differences among the methods.

Keywords: *Dendrobium onosmum* Lindl. Culture medium, Seed germination, Protocorm

[1] ศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Sufficiency Economy Learning Center, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author: kanokorn.sr@up.ac.th

บทนำ

เอื้องสายหลวง (*Dendrobium anosmum* Lindl.) เป็นกล้วยไม้ป่าชนิดหนึ่งในสกุลหวาย ซึ่งสามารถพบได้ในป่าดิบของภาคใต้ของประเทศไทย โดยมีความงดงามและลักษณะที่โดดเด่นแตกต่างจากกล้วยไม้ชนิดอื่น ๆ อย่างชัดเจน หนึ่งในคุณสมบัติพิเศษของเอื้องสายหลวงคือ ขนาดของลำต้น เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ ลำลูกกล้วยของมันสามารถยาวได้มากกว่า 2 เมตร ในช่วงฤดูกาลออกดอก เอื้องสายหลวง จะผลัดใบทั้งหมด เหลือเพียงดอกสีม่วงสดใสเท่านั้น ดอกจะออกตามลำลูกกล้วยเต็มไปหมด โดยกลีบปากของดอกมีลักษณะเป็นหลอดยาว ซึ่งยาวกว่ากล้วยไม้เอื้องสายชนิดอื่น กลีบปากมีสีม่วงเข้มและมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ทำให้ดอกของเอื้องสายหลวงเป็นที่จดจำและประทับใจต่อผู้ที่พบเห็น (Ormedrod et al., 2021) ความหลากหลายของเอื้องสายหลวง เอื้องสายหลวงมีความหลากหลายทางลักษณะดอกเป็นอย่างมาก บางพื้นที่พบว่า กลีบปาก ของดอกเอื้องสายหลวงห่อเข้าหากัน ในขณะที่บางแห่งกลีบปากจะกางแผ่ออก โดยลักษณะที่แปลกที่สุดมักพบในเอื้องสายหลวงที่เติบโตทางภาคใต้ กลีบปากจะถูกปกคลุมด้วยขน ปากจะห่อตัวเป็นกรวยและไม่กางออก ลำลูกกล้วยของมันมีลักษณะเล็กเรียว ไม่อวบอ้วน และแตกตะเกียงง่าย

ปัญหาการลดลงของกล้วยไม้ในป่ามีหลายสาเหตุที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งปัจจัยหลัก ๆ ที่ส่งผลต่อการลดจำนวนของกล้วยไม้ในธรรมชาติได้แก่ การลักลอบเก็บกล้วยไม้เพื่อการค้า กล้วยไม้ป่าหลายชนิด โดยเฉพาะพันธุ์ที่มีความสวยงามและแปลกตา ถูกลักลอบนำออกจากป่าเพื่อจำหน่ายในตลาดกล้วยไม้ ซึ่งมีความต้องการสูง ทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับนานาชาติ การเก็บกล้วยไม้อย่างไม่ควบคุมส่งผลให้จำนวนของกล้วยไม้ในป่าลดลงอย่างรวดเร็ว (อาภรณ์, 2556) การบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อการเกษตรและการพัฒนา พื้นที่ป่าที่เป็นที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติของกล้วยไม้ถูกบุกรุกเพื่อทำการเกษตร ปศุสัตว์ หรือธุรกิจอื่น ๆ เช่น การสร้างบ้านเรือนหรือรีสอร์ท การตัดไม้ทำลายป่าและการแผ้วถางพื้นที่ทำให้ระบบนิเวศถูกทำลาย ส่งผลให้ถิ่นที่อยู่อาศัยของกล้วยไม้หายไป ปัจจัยต่อมาคือ การสูญเสียถิ่นที่อยู่อาศัย (Habitat Loss) กล้วยไม้เป็นพืชที่อาศัยเฉพาะในป่าดิบชื้นและในพื้นที่ที่มี สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เมื่อสภาพแวดล้อมธรรมชาติเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือการบุกรุกพื้นที่ป่า กล้วยไม้ไม่สามารถปรับตัวได้ทัน ทำให้จำนวนลดลง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เช่น ภาวะโลกร้อน ฝนที่ไม่เป็นไปตามฤดูกาล และความแห้งแล้ง ทำให้สภาพแวดล้อมที่เคยเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของกล้วยไม้เปลี่ยนไป การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้กล้วยไม้ในธรรมชาติไม่สามารถเจริญเติบโตหรือออกดอกได้ดีเท่าที่ควร (Prasertsongskun and Ma, 2009; Pradhan and Pant (2009) และที่สำคัญที่สุดคือ การขาดความตระหนักในเรื่องการอนุรักษ์ หลายพื้นที่ยังขาดการตระหนักถึงความสำคัญของกล้วยไม้ป่าและการอนุรักษ์ บางชุมชนยังคงลักลอบเก็บกล้วยไม้จากป่าโดยไม่คำนึงถึงผลกระทบ การขาดการควบคุมหรือมาตรการที่เข้มงวดในการอนุรักษ์พื้นที่ป่าก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กล้วยไม้ลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า กล้วยไม้ในธรรมชาติอาจเผชิญกับโรคและศัตรูพืชที่แพร่ระบาดในป่า ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของกล้วยไม้ในธรรมชาติ (Subthira et al., 2013; อรรถพร และคณะ 2564)

การลดลงของกล้วยไม้ในป่าจากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น เป็นปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไขผ่านการอนุรักษ์และการปกป้องพื้นที่ป่าธรรมชาติอย่างเป็นระบบ (Kumar et al. 2024) ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ เอื้องสายหลวง และการพัฒนาโปรโตคอร์มไปสู่ต้นอ่อน โดยใช้ เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ซึ่งเป็นวิธีที่มีศักยภาพในการขยายพันธุ์กล้วยไม้ชนิดนี้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิจัยและพัฒนาเทคนิคนี้จะไม่เพียงช่วยเพิ่มจำนวนกล้วยไม้ในธรรมชาติ แต่ยังเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการ วางแผนอนุรักษ์ ในอนาคต การศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นองค์ความรู้สำหรับนักวิจัยและผู้ที่ทำงานด้านการอนุรักษ์กล้วยไม้ เพื่อปกป้องกล้วยไม้ป่าที่มีค่าจากการสูญพันธุ์

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อหาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้เอื้องสายหลวง
2. เพื่อหาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการพัฒนาโปรโตคอร์มไปเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้เอื้องสายหลวง

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

การวิจัยเน้นไปที่การหา สูตรอาหาร และ สภาพแวดล้อม ที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดและการพัฒนาโปรโตคอร์มไปเป็นต้นอ่อน โดยใช้สูตรอาหารหลากหลาย เช่น MS (Murashige and Skoog, 1962) และการเสริมสารอินทรีย์ เช่น มันฝรั่งและน้ำมะพร้าว อีกทั้งยังใช้ ฮอร์โมนพืช อย่างไซโทไคนินและออกซินเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโต

สมมุติฐานของการวิจัย ได้แก่ การคาดว่าการใช้สูตรอาหารที่เหมาะสมจะให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดสูงสุด และการเสริมฮอร์โมนในระดับที่เหมาะสมจะช่วยพัฒนาต้นอ่อนได้ดียิ่งขึ้น การศึกษาเหล่านี้จะเป็นพื้นฐานในการวางแผนอนุรักษ์และเพิ่มจำนวนกล้วยไม้เอื้องสายหลวงในอนาคตอย่างยั่งยืน

วิธีวิทยาการวิจัย

การทดลองที่ 1 การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้เอื้องสายหลวง

นำฝักเอื้องสายหลวงที่มีอายุประมาณ 5 เดือนมาล้างทำความสะอาดโดยใช้น้ำยาล้างจาน จากนั้นล้างด้วยน้ำประปาแบบไหลผ่านประมาณ 5 นาทีเพื่อขจัดสิ่งสกปรกเบื้องต้น หลังจากนั้นจึงทำการฟอกฆ่าเชื้อฝักด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 10% โดยแช่ฝักในสารละลายนี้เป็นเวลา 20 นาที แล้วจึงล้างออกด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 5 นาทีเพื่อให้แน่ใจว่าฝักสะอาดปราศจากเชื้อ เมื่อฝักผ่านการฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้ว ให้นำไปวางบนจานเพาะเชื้อและผ่าเปิดฝักตามแนวยาว จากนั้นเคาะเมล็ดจากฝักลงบนอาหารสังเคราะห์ที่เตรียมไว้ทั้งหมด 6 ชุด ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 อาหารสูตร ½ Murashige and Skoog (½ MS) กรรมวิธีที่ 2 อาหารสูตร MS กรรมวิธีที่ 3 อาหารสูตร Vacin and Went (VW) (Vacin and Went, 1949) กรรมวิธีที่ 4 อาหารสูตร VW + น้ำมะพร้าว 15% + มันฝรั่ง 15% กรรมวิธีที่ 5 อาหารสูตร Phytamax กรรมวิธีที่ 6 อาหารสูตร Knudson C โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) โดยพยายามกระจายเมล็ดให้ทั่วผิวหน้าอาหารอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ได้พื้นที่สำหรับการเจริญเติบโตของเมล็ดอย่างทั่วถึง หลังจากนั้นนำขวดเพาะที่บรรจุเมล็ดแล้วไปเลี้ยงในห้องปลอดเชื้อที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 25 ± 2 องศาเซลเซียส และให้แสงที่ความเข้ม 3,000 ลักซ์ เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน

เมื่อครบกำหนด 3 เดือน ทำการวัดเปอร์เซ็นต์การงอกในอาหารแต่ละสูตร ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ หากพบความแตกต่าง ให้ใช้การทดสอบแบบพหุคูณ เช่น Tukey's HSD เพื่อระบุว่ากรรมวิธีใดให้ผลแตกต่างจากกรรมวิธีอื่น

การทดลองที่ 2 การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการพัฒนาโปรโตคอร์มไปเป็นต้นอ่อนของเอื้องสายหลวง

นำโปรโตคอร์มของกล้วยไม้เอื้องสายหลวงที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 มาเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ทั้งหมด 7 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 อาหารสูตร ½ MS + BA 0.5 ppm กรรมวิธีที่ 2 อาหารสูตร ½ MS + BA 1 ppm กรรมวิธีที่ 3 อาหารสูตร ½ MS + BA 1.5 ppm กรรมวิธีที่ 4 อาหารสูตร MS + BA 0.5 ppm กรรมวิธีที่ 5 อาหารสูตร MS + BA 1 ppm กรรมวิธีที่ 6 อาหารสูตร MS + BA 1.5 ppm กรรมวิธีที่ 7 อาหารสูตร VW จากนั้นนำขวดเพาะที่ใส่โปรโตคอร์มเรียบร้อยแล้วไปเลี้ยงในห้องปลอดเชื้อ โดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 25 ± 2 องศาเซลเซียส และให้แสงสว่างที่ความเข้ม 3,000 ลักซ์ เป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตอย่างเหมาะสม ครบกำหนดสามเดือน ทำการวัดค่าตัวแปรที่สนใจ เช่น การเจริญเติบโตของกล้วยไม้ ความยาวใบ ความยาวราก จำนวน

ราก น้ำหนักสดของต้น ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ หากพบความแตกต่าง ให้ใช้การทดสอบแบบพหุคูณ เช่น Tukey's HSD เพื่อระบุว่ากรรมวิธีใดให้ผลแตกต่างจากกรรมวิธีอื่น

สถานที่ทำการทดลอง

ศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา

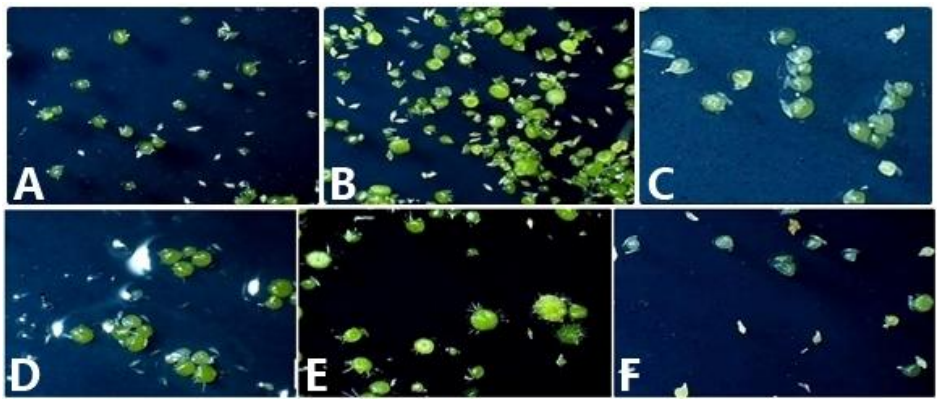
ผลการศึกษา

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการงอกของเมล็ดกล้วยไม้เอื้องสายหลวงในสภาพปลอดเชื้อ โดยได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบสูตรอาหารทั้งหมด 6 กรรมวิธีเป็นระยะเวลา 3 เดือน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ สูตรอาหารที่ให้ผลดีที่สุดคือสูตร MS ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงถึง 91.9% ตามมาด้วยสูตรอาหาร Phytamax (78.1%), สูตร VW ร่วมกับน้ำมะพร้าวและมันฝรั่งในความเข้มข้น 15% (75.3%), สูตร Knudson C (68.5%), สูตร VW (63.3%) และสูตร ½ MS (61.1%) โดยรายละเอียดนี้แสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 1

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดเอื้องสายหลวงบนอาหารสูตรต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

กรรมวิธี	การงอกของเมล็ด (%)
½ MS	61.1 ± 3.8d
MS	91.9 ± 1.8a
VW	63.3 ± 6.8cd
VW + น้ำมะพร้าว 15% + น้ำมันฝรั่ง 15%	75.3 ± 5.7bc
Phytamax	78.1 ± 4.9b
Knudson C	68.5 ± 10.3bcd
F-test	*
CV (%)	9.22

หมายเหตุ: * แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 1 การงอกของเมล็ดเอื้องสายหลวงบนอาหารสูตรต่างๆ: A) ½ MS; B)MS; C)VW; D) VW + น้ำมะพร้าว 15% + น้ำมันฝรั่ง 15%; E) Phytamax; F) Knudson C

การทดลองสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการพัฒนาโปรโตคอร์ม โดยทำการศึกษาในสูตรอาหารทั้งหมด 7 กรรมวิธี เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ความยาวใบ จำนวนใบต่อต้น ความยาวราก จำนวนรากต่อต้น และน้ำหนักสดต่อต้น พบว่าทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของโปรโตคอร์มไปเป็นต้นอ่อนของกล้วยไม้เอื้องสายหลวง

กรรมวิธี	ความยาวใบ (มิลลิเมตร)	จำนวนใบ (ต่อต้น)	ความยาวราก (มิลลิเมตร)	จำนวนราก (ต่อต้น)	น้ำหนักสด (กรัมต่อต้น)
½ MS + BA 0.5 mg/l	5.13 ± 0.92	3.50 ± 0.71	0.95 ± 0.30	1.38 ± 0.48	0.04 ± 0.01
½ MS + BA 1 mg/l	5.73 ± 1.34	3.75 ± 0.66	1.14 ± 0.23	1.63 ± 0.70	0.05 ± 0.01
½ MS + BA 1.5 mg/l	5.63 ± 1.28	3.50 ± 0.50	1.46 ± 0.71	1.75 ± 0.66	0.06 ± 0.02
MS + BA 0.5 mg/l	5.06 ± 0.84	3.25 ± 0.66	2.87 ± 1.40	2.13 ± 0.93	0.04 ± 0.01
MS + BA 1 mg/l	5.58 ± 0.94	3.25 ± 0.43	2.24 ± 0.59	2.13 ± 0.60	0.05 ± 0.01
MS + BA 1.5 mg/l	4.33 ± 1.13	3.29 ± 0.70	3.73 ± 1.59	3.00 ± 0.53	0.03 ± 0.01
VW (Control)	5.01 ± 0.76	3.25 ± 0.66	2.25 ± 0.58	2.13 ± 0.93	0.04 ± 0.01
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	21.88	20.00	43.54	35.15	27.27

หมายเหตุ: ns แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สรุปผลและอภิปรายผล

จากการทดลองหาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการงอกของเมล็ดกล้วยไม้เอื้องสายหลวงในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าสูตรอาหารทั้งหมด 6 กรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยสูตรอาหาร MS มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุดที่ 91.9% รองลงมาคือสูตรอาหาร Phytamax (78.1%), สูตร VW ร่วมกับน้ำมะพร้าวและมันฝรั่งความเข้มข้น 15% (75.3%), สูตร Knudson C (68.5%), สูตร VW (63.3%), และสูตร ½ MS (61.1%) เมล็ดที่งอกมีลักษณะเป็นเม็ดกลมสีเขียว ขณะที่เมล็ดที่ไม่งอกมีลักษณะสีซีดขาว ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าสูตรอาหารมีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดกล้วยไม้เอื้องสายหลวงอย่างมีนัยสำคัญ สูตรอาหาร MS อาจมีความเข้มข้นของสารอาหารที่เหมาะสมและการปรับสมดุลของฮอร์โมนที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเมล็ดได้ดีกว่าสูตรอื่น ๆ ซึ่งทำให้มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด เช่นเดียวกับการศึกษาในกล้วยไม้สกุลหวายชนิดอื่นๆ เช่น *Dendrobium heyneanum* Lindl. ในการศึกษาของ Kaladharan และคณะ (2024) ในขณะเดียวกัน สูตรอาหาร Phytamax และสูตร VW ร่วมกับน้ำมะพร้าวและมันฝรั่งก็แสดงให้เห็นอัตราการงอกที่น่าพอใจ อาจเกิดจากการมีสารอาหารที่จำเป็นต่อการพัฒนาของเมล็ดและการกระตุ้นการเติบโต ในขณะที่สูตร ½ MS ซึ่งมีสารอาหารน้อยที่สุดแสดงอัตราการงอกที่ต่ำสุด สอดคล้องกับแนวคิดที่ว่าสูตรอาหารที่มีความเข้มข้นสูงและสมดุลจะส่งผลดีต่อการงอกของเมล็ด (Santos and Garcia, 2013)

ลักษณะของเมล็ดที่งอกที่เป็นเม็ดกลมสีเขียวแสดงให้เห็นว่ามีการพัฒนาและการเจริญเติบโตอย่างมีสุขภาพดี ในขณะที่เมล็ดที่ไม่งอกมีสีซีดขาว ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงการขาดสารอาหารหรือสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมสำหรับการงอก

ผลการทดลองเพื่อหาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาโปรโตคอร์มกล้วยไม้เอื้องสายหลวง ทำการศึกษาในสูตรอาหารทั้งหมด 7 กรรมวิธี เป็นระยะเวลา 3 เดือน ผลการทดลองพบว่าตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ ความยาวใบ จำนวนใบต่อต้น ความยาวราก จำนวนรากต่อต้น และน้ำหนักสดต่อต้น ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดยสรุป การเลือกสูตรอาหารที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้เอื้องสายหลวง สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาเทคนิคการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าการเลือกสูตรอาหารที่แตกต่างกันทั้ง 7 กรรมวิธีไม่ได้ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของโปรโตคอร์มกล้วยไม้เอื้องสายหลวงในด้านต่าง ๆ อย่างชัดเจน ซึ่งอาจแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการปรับตัวของโปรโตคอร์มต่อสูตรอาหารที่หลากหลาย หรืออาจมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับสูตรอาหาร เช่น สภาพแวดล้อมการเพาะเลี้ยง อุณหภูมิ ความชื้น หรือแสงสว่าง นอกจากนี้ การที่สูตรอาหารไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติอาจบ่งชี้ว่าโปรโตคอร์มมีความต้องการสารอาหารที่ไม่แตกต่างกันมากนักในช่วงเวลาที่ศึกษา หรืออาจหมายถึงว่าสูตรอาหารที่ใช้ทั้งหมดมีสารอาเพียงพอในการสนับสนุนการเจริญเติบโต ทำให้ไม่เกิดผลกระทบที่ชัดเจนในด้านการเจริญเติบโตเมื่อเปรียบเทียบกัน

ในอนาคต การศึกษาเพิ่มเติมควรพิจารณาใช้การควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต เช่น ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยง หรือการทดลองในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของโปรโตคอร์มได้ดียิ่งขึ้น และอาจช่วยในการพัฒนาสูตรอาหารที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการพัฒนาโปรโตคอร์มต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ ที่ได้อำนวยความสะดวกตลอดการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

อรรถพร จันทร์ดี วีณัน บัณฑิตย์ และ ณัฐา โพธาภรณ์. (2564). **การเพาะเมล็ดกล้วยไม้เอื้องนางลมในสภาพปลอดเชื้อ.** วารสารเกษตร, 37(2), 149–157.

อาภรณ์ อุดมศิลป์. (2556). **พืชอนุรักษ์ในบัญชีไซเตส (CITES) กล้วยไม้ป่าในผืนป่าตะวันออกตอนที่ 1.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

Kaladharan, S., Rengasamy, A., Chinnaiyan, R., Mariappan, M. & Thiruppathi, S.K. (2024). ***In vitro* asymbiotic seed germination and micropropagation of *Dendrobium heyneanum* Lindl. – an endemic orchid of Western Ghats, India.** Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 157,31.

Kumar, J., Katoch, D., Thakur, A., Pathania, A., & Choudhary, K. (2024) **A comprehensive review on threats and conservation status of orchids.** Journal of Applied Biology and Biotechnology, 12(2),43–47.

Murashige, T. & Skoog, F. (1962). **A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures.** Physiology Plant, 15(3), 473–497.

Ormerod, P., Kurzweil, H. & Watthana, S. (2021). **Annotated List of Orchidaceae for Myanmar.** Phytotaxa, 481(1), 1–262.

Pradhan, S. & Pant, B. (2009). ***In vitro* seed germination in *Cymbidium elegans* Lindl. and *Dendrobium densiflorum* Lindl. ex Wall. (Orchidaceae).** Journal of Plant Science, 6, 100–102.

Prasertsongskun, S. & Ma, S. (2009). **Effect of plant growth regulator on plant tissue culture of *Dendrobium hercoglossum* Rchb.f.** Journal of Yala Rajabhat University, 4(2), 85–91.

Santos, J.A.S. Garcia, Q.S. (2023). **Ethylene in the regulation of seed dormancy and germination: Biodiversity matters.** In The Plant Hormone Ethylene, 61–71.

Subthira,T., Suntaranond, S. & Bunnag, S. (2013). **Effects of plant growth regulator on *in vitro* culture of *Dendrobium aphyllum* (Roxb.).** KKU Research Journal (Graduate Studies), 13(1), 1–13.

Vacin, E., & Went, F. W. (1949). **Some pH changes in nutrient solutions.** Botanical Gazette, 110, 605–613.

การออกแบบและพัฒนาเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์

The Designing and development of an alcohol distillation machine

กานต์ จันทระ[1*], ยุทธศิลป์ ชัยสิทธิ์[1], ปานฤทัย พุทธทองศรี[2], สุภาวดี สำราญ[2], ธนาคม พูนศรีวิวัฒน์[1], กฤษฎา เต้จั้น[1] และ นพรุจ มูณละศรี[1]

Kan Jantara[1*], Yutthasin Chaisit[1], Panruethai Putthongsri[2], Suphawadee Sumran[2], Tanakom Phunsriwiwat[1], Kritsada Techan[1] and Nopparuaj Moonlasri[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ 2) หาประสิทธิภาพเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ วิธีดำเนินการประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ 1) การออกแบบและสร้างเครื่อง และ 2) การทดลองหาประสิทธิภาพการทำงาน โดยใช้แอลกอฮอล์ 1,000 มิลลิลิตร มาทดลอง จากนั้นแบ่งการทดลองทั้งหมด 5 ครั้งครั้งละ 200 มิลลิลิตร ในการทดลองแต่ละครั้งจะทำการวัดอุณหภูมิน้ำเย็น ก่อนเริ่มสตาร์ทความร้อนจากเตาแม่เหล็กไฟฟ้า การทดลองจะทำการกำหนดเวลา 2 ชั่วโมง แล้ววัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้และปริมาณน้ำกลั่นที่ได้ เมื่อเครื่องทำงานครบตามเวลา ผลการวิจัยพบว่า 1) เครื่องกลั่นแอลกอฮอล์มีจุดเด่นคือ เครื่องใช้งานง่าย มีน้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายสะดวก ราคาถูก 2) ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ พบว่าค่าเฉลี่ยได้ปริมาณแอลกอฮอล์ 118 มิลลิลิตร และปริมาณน้ำกลั่น 858 มิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่าเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพเหมาะสำหรับสถานศึกษา สถานประกอบการขนาดเล็ก และชุมชนที่ต้องการประหยัดแอลกอฮอล์โดยการนำกลับมาใช้ และทำน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรต่างๆ

คำสำคัญ: การออกแบบ, การกลั่น, แอลกอฮอล์

[1] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย 42000

[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย 42000

[1] Faculty of Industrial Technology, Loei Rajabhat University 42000

[2] Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University 42000

*Corresponding author : kanjantara1972@gmail.com

Abstract

This research aims to: 1) design and develop an alcohol distillation machine; 2) determine the efficiency of the alcohol distillation machine. The methodology consists of two steps: 1) designing and constructing the machine; 2) conducting experiments to assess its performance. In the experiment, 1,000 milliliters of alcohol was used, divided into five trials of 200 milliliters each. Before starting the heating with an induction cooker, the temperature of the cooling water was measured. The experiments were conducted over a period of 2 hours, during which the amount of alcohol and distilled water produced was measured at the end of each trial.The results showed that: 1) the alcohol distillation machine is user-friendly, lightweight, portable, and cost-effective; 2) the efficiency of the alcohol distillation machine yielded an average of 118 milliliters of alcohol and 858 milliliters of distilled water. This indicates that the developed alcohol distillation machine is suitable for educational institutions, small enterprises, and communities looking to conserve alcohol by recycling it and producing essential oils from various herbs

Keywords: The Designing, Distillation, Alcohol

บทนำ

จากสภาวะในปัจจุบันที่มีการแข่งขันทางด้านธุรกิจกันอย่างรุนแรงทำให้องค์กรในอุตสาหกรรมการผลิตโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีผู้ผลิตมากรายต้องให้ความสำคัญต่อการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อให้ตรงกับความพึงพอใจของผู้บริโภคโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีผู้ผลิตเป็นจำนวนมากความพึงพอใจของผู้บริโภคจึงเป็นความสำคัญของการอยู่รอดขององค์กรการพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นจุดเริ่มต้นในการทำให้ผู้บริโภคหรือลูกค้าพอใจในผลิตภัณฑ์จึงเป็นสิ่งที่ควรกระทำเป็นอันดับแรกเพราะกระบวนการก่อการผลิต หากการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นไปด้วยความถูกต้องและตรงกับความต้องการของผู้บริโภคแล้วก็จะส่งผลให้กระบวนการหรือแนวทางการผลิตที่ถูกต้องนอกจากนั้นยังจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพช่วยปรับปรุงคุณภาพขอผลิตภัณฑ์ช่วยควบคุมต้นทุนการออกแบบและต้นทุนการผลิตช่วยการปรับปรุงความสามารถในการทำกำไรเพิ่มความเชื่อมั่นจากผู้บริโภคขององค์กรและผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งจะส่งผลในด้านการตลาดให้ดีขึ้นเกิดการบูรณาการในการทำงานแต่ละกระบวนการผลิตในองค์กรอย่างใกล้ชิดซึ่งช่วยส่งเสริมการทำงานร่วมกันอย่างเป็นทีมของบุคลากรในองค์กร ซึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องกลั่นน้ำมันที่ใช้ในอุตสาหกรรมเป็นเครื่องมือที่มีขนาดใหญ่ต้องใช้พื้นที่ภายในอาคารจึงจะติดตั้งเครื่องกลั่นได้อีกทั้งซื้อจากต่างประเทศจะมีราคาแพงเพื่อมาใช้ในการผลิตและต้องใช้ต้นทุนสูงในการประกอบกิจการ (ณัฐเศรษฐ์ น้ำคำ, 2561) เครื่องกลั่นแอลกอฮอล์เป็นเครื่องกลั่นที่ออกแบบขึ้นเพื่อใช้ในการทำวิจัยทางเคมีชีวภาพ และอุตสาหกรรมครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก เนื่องจากเครื่องกลั่นระเหยในระบบอุตสาหกรรมโดยทั่วไปในส่วนมากมักจะมีขนาดที่ใหญ่และยากต่อการติดตั้งหรือขนย้ายและมีราคาที่แพง ส่วนชุดเครื่องกลั่นที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมักจะมีส่วนประกอบที่เป็นแก้วที่ชำรุดเสียหายได้ง่ายไม่เหมาะต่อการใช้ในลักษณะของอุตสาหกรรมในครัวเรือนหรือกลุ่มเกษตรกร วัสดุสเตนเลส AISI 304 ใช้อย่างแพร่หลายในวงการผลิต Hard Drive การทำเซ็นเซอร์อุปกรณ์ทางการแพทย์สปริงขนาดเล็กที่มีความละเอียด และได้ถูกมาใช้ในอุตสาหกรรมสูง (สุกัญญา เตชะไตรภพ, 2558) เครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อใช้ในการกลั่นเอาสารที่ต้องการออกมาเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ออกแบบให้เป็นถังกลั่นชนิดเบ็ดเสร็จถังเดี่ยวโดยใช้ระบบการกลั่นด้วยน้ำสามารถประกอบหรือถอดชิ้นส่วนออกได้ง่าย และขนย้ายได้สะดวกทำจากสเตนเลส AISI 304 เครื่อง

กลั่นระเหยนี้ มีรูปร่างทรงกระบอก มีน้ำหนักเบา และภายส่วนที่บรรจุวัตถุดิบของถังมีตะแกรงสำหรับกั้นส่วนที่บรรจุวัตถุดิบที่อยู่ด้านบนให้แยกจากส่วนที่บรรจุน้ำตะแกรงสามารถยกเข้าออกได้ และเพื่อให้ได้อัตราการกลั่นเอทานอลที่สูงกว่าการกลั่นเอทานอลโดยใช้แสงอาทิตย์และได้ความเข้มข้นสุดท้ายของเอทานอลเทียบเคียงหรือสูงกว่า (สามารถ บุญอาจ, 2552) งานวิจัยเป็นงานที่ต้องค้นหาคำตอบโดยวิธีการที่น่าเชื่อถือและแม่นยำ สถิติที่นำมาวิเคราะห์เพื่อแปลผลจึงมีความจำเป็นต่อผลการวิจัยเพื่อสร้างความเชื่อถือได้ (เจษฎา วิเศษมณี และอภิรักษ์ ขัดวิลาศ, 2560) ดังนั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาและมีความสนใจที่จะออกแบบและพัฒนาเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ เพื่อใช้ในการเรียนรู้งานวิจัยด้านวิศวกรรม ด้านเคมีศาสตร์ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรือในห้องปฏิบัติการ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลบุโฮม อ.ปากชม จ.เลย
2. เพื่อหาประสิทธิภาพเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์

วิธีวิทยาการวิจัย

วิธีดำเนินงานและขั้นตอน การออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์

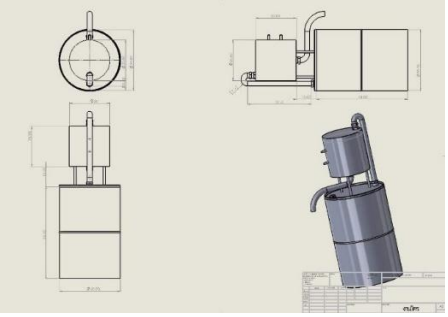
มีแผนการดำเนินงานตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

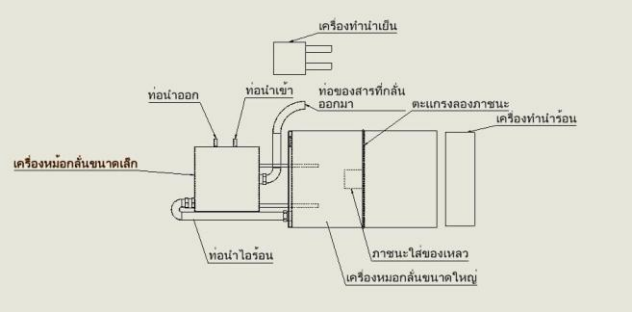
แนวคิดในการออกแบบเนื่องจากเครื่องเดิมทำการกลั่นโดยให้ความร้อนโดยตรงกับสารเหลว และเมื่อเดือดกลายเป็นไอก็จะผ่านกระบวนการควบแน่นจนออกมาเป็นของเหลว ส่วนเครื่องที่พัฒนาขึ้นจะทำการโดยต้มน้ำให้เดือดและใช้ความร้อนของน้ำทำให้สารเหลวเดือดและกลายเป็นไอ โดยจะแยกท่อตอนควบแน่น ของเหลวที่ออกมาแยกจากกันเป็นท่อน้ำกลั่น และท่อแอลกอฮอล์ ศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เช่น ทฤษฎีเกี่ยวกับการระเหยของของเหลว ทฤษฎีเกี่ยวกับ สแตนเลสสตรีล ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์ ทฤษฎีเกี่ยวกับความดัน สมการต่างๆ การออกแบบ การคำนวณในการประเมินผลหาความสามารถในการทำงาน ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวกับวัสดุ เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการสร้าง

2. ขั้นตอนการเขียนแบบและออกแบบ

ศึกษาข้อมูลส่วนประกอบของเครื่องเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบ ดำเนินการออกแบบ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Auto Computer Aided Design (Auto CAD) และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Solid work ให้มีขนาดของชุดโครงสร้างเครื่อง มีขนาดของเครื่องบริเวณฐานขนาดประมาณ 75 x 30 เซนติเมตร ความสูงประมาณ 30 เซนติเมตร สำหรับยึดชุดเครื่องหม้อกลั่นขนาดเล็ก และเครื่องหม้อกลั่นขนาดใหญ่ ชุดทำความร้อนเตาแม่เหล็กไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า 2,000 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต มีปุ่มควบคุมระดับความร้อน เครื่องหม้อกลั่นขนาดเล็กประกอบด้วยตัวถัง และฝาถัง ตัวถังสร้างจากสแตนเลสสตีล ความหนาประมาณ 0.3-0.5 เซนติเมตร ตัวถังความจุ 8 ลิตร ความสูง 20 เซนติเมตร หม้อกลั่นขนาดใหญ่ประกอบด้วยตัวถัง และฝาถัง ตัวถังสร้างจากสแตนเลสสตีล ความหนาประมาณ 0.3-0.5 เซนติเมตร ตัวถังจุ 30 ลิตร มีขนาดของเครื่องประมาณ 30x45 เซนติเมตร ความสูงประมาณ 30 เซนติเมตร ชุดโครงสร้างทำความเย็น ประกอบด้วยเครื่องทำความเย็นขนาดเล็กเพื่อทำให้น้ำมีอุณหภูมิลดลงเหลือต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ทำจากสแตนเลสสตีลขนาด 20x20 เซนติเมตรXเซนติเมตร ความสูงประมาณ 20 เซนติเมตร ถังควบแน่น ทำจากสแตนเลสสตีลขนาด 20x20 เซนติเมตรXเซนติเมตร ความสูงประมาณ 20 เซนติเมตร ดังแสดงใน **ภาพที่ 1-2**



ภาพที่ 1 แบบเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์

3. หลักการสร้างเครื่อง

ชุดหม้อกลั่นขนาดใหญ่ มีขนาดของเครื่องบริเวณฐานขนาดประมาณ 75 x 30 เซนติเมตร ความสูงประมาณ 30 เซนติเมตร ภายในมีชุดหม้อกลั่นขนาดเล็ก ชุดทำความร้อนเตาแม่เหล็กไฟฟ้า มีปุ่มควบคุมระดับความร้อนเครื่องหม้อกลั่นขนาดเล็กประกอบด้วยตัวถัง และฝาถัง มีขอบเป็นร่องตามขอบจากมุมมองข้างบน สำหรับล็อคกับตัวถัง มีช่องเจาะสำหรับใส่ท่อนำออก ท่อนำเข้า ท่อนำไอร้อน ท่อของสารที่กลั่นออกมา และตัวเชื่อมระหว่างเครื่องหม้อกลั่นขนาดใหญ่ หม้อกลั่นขนาดใหญ่ ประกอบด้วยตัวถัง และฝาถัง มีตะแกรงรองภาชนะ และภาชนะใส่ของเหลว มีช่องเจาะสำหรับเชื่อมระหว่างเครื่องหม้อกลั่นขนาดเล็ก ชุดโครงสร้างทำความเย็น ประกอบด้วยเครื่องทำความเย็นขนาดเล็กเพื่อทำให้น้ำมีอุณหภูมิลดลงเหลือต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส โดยทำให้น้ำในถังทำความเย็นมีอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส มีเครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก สูบน้ำไปยังถังควบแน่น ชุดถังควบแน่น ด้านในทำเป็นคอยน์ขนาดเล็กทำจากท่อสแตนเลสสตีล ขดเป็นวงกลมรอบตัวถังด้านในประมาณครึ่งถัง มีท่อขนาดเล็กที่เชื่อมต่อกับท่อไอความร้อนและท่อออกของแอลกอฮอล์ และท่อออกของน้ำกลั่น

4. ขั้นตอนการทดลองการหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง

สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลบุโฮม อ.ปากชม จ.เลย เป็นพื้นที่ปลูกพืชผลทางการเกษตรหลายชนิด เช่น กล้วย มะม่วง ทุเรียนเป็นต้น กล้วยถือเป็นเศษวัสดุในพื้นที่ที่มาจากการแปรรูปกล้วย เพื่อนำไปทำเป็นกล้วยตาก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเปลือกกล้วยมาหมักเป็นแอลกอฮอล์ (หมัก 28 วัน) นำแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักเปลือกกล้วย จำนวน 1,000 มิลลิลิตร นาฬิกาจับเวลา เทอโมมิเตอร์ และใบบันทึกผล แบ่งแอลกอฮอล์เพื่อทำการทดลองเป็น 5 ครั้งครั้งละ 200 มิลลิลิตร การทดลองแบ่งการทดลองเป็น 5 ครั้ง ในการทดลองแต่ละครั้งจะทำการวัดอุณหภูมิน้ำเย็น ก่อนเริ่มสตาร์ทความร้อนจากเตาแม่เหล็กไฟฟ้า การทดลองจะทำการกำหนดเวลา 2 ชั่วโมง แล้ววัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้และปริมาณน้ำกลั่นที่ได้ เมื่อเครื่องทำงานครบตามเวลา ทำการบันทึกปริมาณแอลกอฮอล์และน้ำกลั่น ในแต่ละครั้งที่ทำการทดลองและหาค่าเฉลี่ย

ผลการศึกษา

1. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์

จากการวิจัยได้ผลการออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์มีจุดเด่นคือ เครื่องใช้งานง่าย มีน้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายสะดวก ราคาถูก เหมาะสำหรับ สถานศึกษา สถานประกอบการขนาดเล็ก และชุมชนที่ต้องการประหยัดแอลกอฮอล์โดยการนำกลับมาใช้ และทำน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรต่างๆ โดยมีส่วนประกอบต่างๆ ที่สำคัญ ดังแสดงใน **ภาพที่ 3-16**

1) ชุดโครงสร้างเครื่อง มีขนาดของเครื่องบริเวณฐานขนาดประมาณ 75 x 30 เซนติเมตร ความสูงประมาณ 30 เซนติเมตร สำหรับยึดชุดเครื่องหม้อกลั่นขนาดเล็ก และเครื่องหม้อกลั่นขนาดใหญ่

2) ชุดทำความร้อนเตาแม่เหล็กไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า 2,000 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต มีปุ่มควบคุมระดับความร้อน

3) เครื่องหม้อกลั่นขนาดเล็ก ประกอบด้วยตัวถัง และฝาถัง ตัวถังสร้างจากสแตนเลสสตีล ความหนาประมาณ 0.3-0.5 เซนติเมตร ตัวถังความจุ 8 ลิตร ความสูง 20 เซนติเมตร ขอบรัศมีปากถังและก้นถัง 20 เซนติเมตร มีที่ล็อคฝาที่ปากถัง 2 ข้าง ฝาถังสร้างจากสแตนเลสสตีล มีขอบเป็นร่องตามขอบจากมุมมองข้างบน สำหรับล็อคกับตัวถัง มีช่องเจาะสำหรับใส่ท่อนำออก ท่อนำเข้า ท่อนำไอร้อน ท่อของสารที่กลั่นออกมา และตัวเชื่อมระหว่างเครื่องหม้อกลั่นขนาดใหญ่

4) เครื่องหม้อกลั่นขนาดใหญ่ ประกอบด้วยตัวถัง และฝาถัง ตัวถังสร้างจากสแตนเลสสตีล ความหนาประมาณ 0.3-0.5 เซนติเมตร ตัวถังจุ 30 ลิตร มีขนาดของเครื่องประมาณ 30x45 เซนติเมตร ความสูงประมาณ 30 เซนติเมตร มีตะแกรงรองภาชนะ และภาชนะใส่ของเหลว มีช่องเจาะสำหรับเชื่อมระหว่างเครื่องหม้อกลั่นขนาดเล็ก

5) ชุดโครงสร้างทำความเย็น ประกอบด้วยเครื่องทำความเย็นขนาดเล็กเพื่อทำให้น้ำมีอุณหภูมิลดลงเหลือต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส โดยทำให้น้ำในถังทำความเย็นมีอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ถังทำความเย็นทำจากสแตนเลสสตีลขนาด 20x20 เซนติเมตรXเซนติเมตร ความสูงประมาณ 20 เซนติเมตร มีเครื่องสูบน้ำขนาดเล็กสูบน้ำไปยังถังควบแน่น ทำจากสแตนเลสสตีลขนาด 20x20 เซนติเมตรXเซนติเมตร ความสูงประมาณ 20 เซนติเมตร

6) ชุดถังควบแน่น ทำจากสแตนเลสสตีลขนาด 20x20 เซนติเมตรXเซนติเมตร ความสูงประมาณ 20 เซนติเมตร ด้านในทำเป็นคอยน์ขนาดเล็ก ทำจากท่อสแตนเลสสตีล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ขดเป็นวงกลมรอบตัวถังด้านในประมาณครึ่งถัง มีท่อขนาดเล็กที่เชื่อมต่อกับท่อไอความร้อน และท่อออกของแอลกอฮอล์และท่อออกของน้ำกลั่น



ภาพที่ 3 โครงสร้างหลักเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์



ภาพที่ 4 หม้อกลั่นใหญ่



ภาพที่ 5 ภายในหม้อกลั่นใหญ่



ภาพที่ 6 ปิดหม้อกลั่นใหญ่



ภาพที่ 7 ภายในหม้อกลั่นเล็ก



ภาพที่ 8 ปิดหม้อกลั่นเล็ก



ภาพที่ 9 ถังควบแน่น



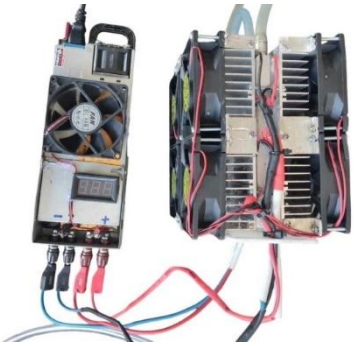
ภาพที่ 10 ท่อน้ำกลั่นออกจากถังควบแน่น



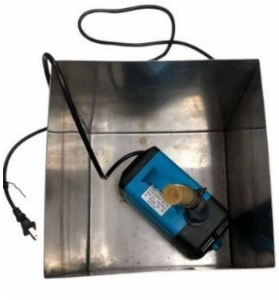
ภาพที่ 11 ท่อแอลกอฮอล์ออกจากถังควบแน่น



ภาพที่ 12 ถังน้ำเย็น



ภาพที่ 13 เครื่องทำความเย็น



ภาพที่ 14 เครื่องสูบน้ำขนาดเล็กภายในถังน้ำเย็น



ภาพที่ 15 เตาแม่เหล็กไฟฟ้า



ภาพที่ 16 ขวดเก็บของเหลวที่ได้จากการกลั่น

2. ผลการหาประสิทธิภาพเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์

จากผลการทดลองเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ เป็นการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะใช้แอลกอฮอล์ครั้งละ 200 มิลลิลิตร และน้ำเปล่าปริมาณ 3,000 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการกลั่น 2 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

ผลการทดลองครั้งที่ 1 เครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ 160 มิลลิลิตร ได้ปริมาณน้ำกลั่น 690 มิลลิลิตร

ผลการทดลองครั้งที่ 2 เครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ 80 มิลลิลิตร ได้ปริมาณน้ำกลั่น 700 มิลลิลิตร

ผลการทดลองครั้งที่ 3 เครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร ได้ปริมาณน้ำกลั่น 700 มิลลิลิตร

ผลการทดลองครั้งที่ 4 เครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ 150 มิลลิลิตร ได้ปริมาณน้ำกลั่น 1,100 มิลลิลิตร

ผลการทดลองครั้งที่ 5 เครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร ได้ปริมาณน้ำกลั่น 1,100 มิลลิลิตร

โดยจากผลการทดลองทั้ง 5 ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ 118 มิลลิลิตร ได้ปริมาณน้ำกลั่น 858 มิลลิลิตร **ดังแสดงในตารางที่ 1**

ตารางที่ 1 ผลการทดลองเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ ที่ความร้อน 2,000 วัตต์ เวลา 2 ชั่วโมง

ครั้งที่	ปริมาณสาร (มิลลิลิตร)	ปริมาณน้ำหม้อกลั่นใหญ่ (ลิตร)	ปริมาณน้ำหม้อควบแน่น (ลิตร)	ปริมาณน้ำหม้อทำความเย็น (ลิตร)	อุณหภูมิน้ำเย็น (c°)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (มิลลิลิตร)	ปริมาณน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)
1	200	3	3	3	2	160	690
2	200	3	3	3	6	80	700
3	200	3	3	3	5	100	700
4	200	3	3	3	2	150	1,100
5	200	3	3	3	2	100	1,100
เฉลี่ย						**118**	**858**
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน						**34.93**	**220.95**

สรุปผลและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ ผลการออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ พบว่า เครื่องที่สร้างขึ้นมีจุดเด่นคือ ใช้งานง่าย มีน้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายสะดวก ราคาถูก เหมาะสำหรับสถานศึกษา สถานประกอบการขนาดเล็ก และชุมชนที่ต้องการประหยัดแอลกอฮอล์โดยการนำกลับมาใช้ และทำน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรต่าง ๆ เครื่องกลั่นระเหยประดิษฐ์ขึ้นนี้ เพื่อใช้ในการกลั่นเอาสารที่ต้องการออกมา เครื่องกลั่นระเหยนี้ออกแบบให้เป็นถังกลั่นชนิดเบ็ดเสร็จถังเดี่ยวโดยใช้ระบบการกลั่นด้วยน้ำ สามารถประกอบหรือถอดชิ้นส่วนออกได้ง่าย และขนย้ายได้สะดวก (สุกัญญา เตชะไตรภพ, 2558)

สำหรับผลจากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์พบว่า จากแนวคิดในการออกแบบเนื่องจากเครื่องเดิมทำการกลั่นโดยให้ความร้อนโดยตรงกับสารเหลว และเมื่อเดือดกลายเป็นไอก็จะผ่านกระบวนการควบแน่นจนออกมาเป็นของเหลว ส่วนเครื่องที่พัฒนาขึ้นจะทำการโดยต้มน้ำให้เดือดและใช้ความร้อนของน้ำทำให้สารเหลวเดือดและกลายเป็นไอ โดยจะแยกท่อตอนควบแน่น ของเหลวที่ออกมาแยกจากกันเป็นท่อน้ำกลั่น และท่อแอลกอฮอล์ เครื่องกลั่นแอลกอฮอล์มีประสิทธิภาพกว่าเครื่องต้นแบบ เนื่องจากเครื่องที่พัฒนาขึ้นสามารถแยกน้ำและแอลกอฮอล์ออกจากกันลดความเสี่ยงจากการที่ความร้อนทำให้สารอาจไหม้ได้ และสามารถทำน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรได้ ในการแยกสารกับน้ำออกจากกันด้วยระบบแยกสารภายในเครื่อง ทั้งนี้การทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง โดยใช้สารปริมาณสาร 200 มิลลิลิตร ปริมาณน้ำ 3 ลิตร และใช้ความร้อน 2,000 วัตต์ เท่ากันทุกครั้ง พบว่าสารที่กลั่นออกมาได้มีปริมาณที่ไม่คงที่ จากการวิเคราะห์ปัญหานักวิจัยจึงพบว่า อุณหภูมิน้ำเย็นไม่คงที่ จึงทำให้การควบแน่นในหม้อควบแน่นไม่สม่ำเสมอ ทำให้สารกลั่นออกมาได้อย่างคงที่ ระบบควบแน่นเป็นการถ่ายเทความร้อนจากไอร้อนไหลไปตามผนังท่อของเครื่องควบแน่นและจะถ่ายเทความร้อนให้กับตัวกลางหล่อเย็นกลั่นตัวเป็นของเหลวตัวกลางหล่อเย็นที่นิยมใช้กันได้แก่ น้ำโดยไอน้ำที่ไหลผ่านระบบควบแน่นจะกลายเป็นสารปนกับน้ำ จากงานวิจัยการควบคุมอุณหภูมิของน้ำเย็นที่ใช้ในการควบแน่นสารเหลวควรเป็นระบบปิดหรือการสูญเสียความเย็นให้น้อยที่สุด (นิติพงษ์ สมไชยวงค์ และคณะ, 2565)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิสวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่ให้ความช่วยเหลือในสถานที่ และอุปกรณ์เครื่องมือ ในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ซึ่งให้ทุนสนับสนุนการนำเสนอการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เจษฎา วิเศษมณี และอภิรักษ์ ขัดวิลาศ. (2560). **การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำตะไคร้หอมจากเครื่องกลั่นด้วยการออกแบบการทดลอง**. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, ปีที่ 11 (1). 34–42.

ณัฐเศรษฐ์ น้ำคำ. (2561). **การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องกลั่นน้ำมันสมุนไพรขนาดเล็ก**. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เทพสตี I–TECH, ปีที่ 13 (2), 81–90.

นิติพงษ์ สมไชยวงค์, จิรพงศ์ พิบูลศิลป์, ธีรภัทร์ อินแจ้, และพงศิริ ไชยคำ. (2565). **การออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมแบบปิด**. วารสารวิชาการ การจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, ปีที่ 9 (1). 25–36.

สามารถ บุญอาจ, (2552). **การพัฒนาเครื่องกลั่นเอทานอลสำหับเครื่องยนต์ทางเกษตรแบบติดตั้งประจำที่**. วารสาร มทร. อีสาน, ปีที่ 2 (2). 36–43.

สุกัญญา เตชะไตรภพ. (2558). **การเชื่อมสเตนเลส AISI 304 กับวัสดุเงินโดยใช้นีโอดิเมียมแย็กเลเซอร์**. สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ผลของความเร็วรอบชุดใบหีบแยกเมล็ดและชุดใบตีฟูต่อปริมาณและความฟูของปุยฝ้ายจากเครื่องเตรียมเส้นใยฝ้าย

Effect of speed of seed separator blade and beater blade on cotton fluff volume and fluffiness of cotton fiber preparation machine

ยุทธศิลป์ ชัยสิทธิ์[1*], กานต์ จันทระ[1], ชัยพฤกษ์ หงษ์ลัดดาพร[2], สุภาวดี สำราญ[2], สรินทร คุ้มเขต[3] และ ชมภูนาฏ ชมภูพันธ์[3]

Yutthasin Chaisit[1*], Kan Jantara[2], Chaiyapruek Hongladdaporn[2], Suphawadee Sumran[2], Sarinthorn Khumkhat[3] and Chomphunat Chomphuphan[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของความเร็วรอบชุดใบหีบแยกเมล็ดและความเร็วรอบชุดใบตีฟูต่อปริมาณและความฟูของปุยฝ้ายเครื่องเตรียมเส้นใยฝ้าย การดำเนินการทดลอง ศึกษาหาความเร็วรอบชุดใบหีบแยกเมล็ดที่เหมาะสมใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 3 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบของชุดใบหีบแยกเมล็ด จำนวน 3 ระดับ (ความเร็วรอบ 520, 620 และ 720 รอบต่อนาที) ปัจจัยละ 3 ซ้ำ และศึกษาหาความเร็วรอบชุดใบตีฟูที่เหมาะสมในการตีฟูใยฝ้าย ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มีจำนวน 3 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบของชุดใบตีฟู จำนวน 3 ระดับ (ความเร็วรอบ 1,200, 1,250 และ 1,300 รอบต่อนาที) ปัจจัยละ 3 ซ้ำ ผลการศึกษาพบว่าความเร็วรอบชุดใบมีดแยกเมล็ดที่ 620 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมในการแยกเมล็ดฝ้าย (ได้ปริมาณฝ้ายสูงที่สุด) และสามารถสรุปได้ว่าความเร็วรอบชุดใบตีฟูที่ 1,250 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการตีฟู (ใยฝ้ายมีความหนาแน่นต่ำ) เหมาะสำหรับนำไปผลิตเป็นเส้นใยฝ้าย

คำสำคัญ: หีบแยกเมล็ด, ใบตีฟู, ฝ้าย

[1] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000

[2] คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000

[3] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000

[1] Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, Loei, 42000

[2] Faculty of Industrial Technology, Loei Rajabhat University, Loei, 42000

[3] Faculty of Education, Loei Rajabhat University, Loei, 42000

*Corresponding author: yutthasin.cha@lru.ac.th

Abstract

This research aimed to study the effect of seed separator speed and beater blade speed on the amount and fluffiness of cotton fiber in a cotton fiber preparation machine. The experimental procedure was to study the appropriate spindle speed by using a completely randomized design (CRD) with 3 factors: 3 levels of spindle speed (520, 620 and 720 rpm) with 3 replications for each factor; and to study the appropriate spindle speed for beating cotton fiber by using a completely randomized design (CRD) with 3 factors: 3 levels of spindle speed (1,200, 1,250 and 1,300 rpm) with 3 replications for each factor. The results of the study showed that the spindle speed of 620 rpm was the appropriate speed for separating cotton seeds (Obtains the highest amount of cotton). And it can be concluded that the speed of the beating blade set at 1,250 rpm was the appropriate speed for beating (cotton fibers have low density) suitable for producing cotton fibers.

Keywords: Seed separator blade, Beater blade, Cotton

บทนำ

เครื่องเตรียมเส้นใยฝ้าย สร้างขึ้นจากแนวความคิดที่ต้องการช่วยเหลือกลุ่มเกษตรกรผลิตเส้นใยฝ้ายอินทรีย์บ้านกกบก ตำบลหนองงิ้ว อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ที่ใช้วิธีการเตรียมฝ้ายที่ผ่านการสืบทอดมาจากรุ่นสู่รุ่น ได้แก่ เก็บเกี่ยวฝ้าย ตากฝ้าย หีบแยกเมล็ดออกโดยการอิ้ว การตีฟู การปั่นฝ้าย และการกรอเส้นใยฝ้าย ทั้งนี้ ขั้นตอนการหีบแยกเมล็ดโดยการใช้เครื่องอิ้ว และการตีฟูโดยใช้กงดีดฝ้ายทำให้เสียเวลา และใช้แรงค่อนข้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับสมาชิกที่ยังคงใช้งานอยู่ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุ ส่งผลให้ในปัจจุบันปรับเปลี่ยนเป็นรวบรวมฝ้ายที่ตากแห้งแล้วทั้งหมดส่งโรงหีบตีฟู จากนั้นสมาชิกจะนำมาม้วน ปั่นฝ้ายและกรอเส้นใยฝ้ายเพื่อใช้ต่อไป จากสภาพปัจจุบันในชุมชนพื้นที่ คณะผู้วิจัยจึงออกแบบเครื่องเตรียมเส้นฝ้าย เป็นเครื่องจักรกลกึ่งอัตโนมัติใช้สำหรับการหีบแยกเมล็ดออกและตีฟูปุยฝ้ายให้เป็นปุยฟูละเอียด ซึ่งในกระบวนการดังกล่าว ปัจจัยที่สำคัญที่จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการแยกเมล็ดและคุณภาพของปุยฝ้ายคือความเร็วรอบของชุดใบหีบและชุดใบตีฟู ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเรื่องผลของความเร็วรอบชุดใบมีดแยกเมล็ดและความเร็วรอบชุดใบตีฟูต่อปริมาณและความฟูของใยฝ้าย เพื่อลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานของกลุ่มต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาผลของความเร็วรอบชุดใบหีบแยกเมล็ดและความเร็วรอบชุดใบตีฟูต่อปริมาณและความฟูของใยฝ้าย

วิธีวิทยาการวิจัย

1. เครื่องเตรียมเส้นใยฝ้าย เครื่องเตรียมเส้นใยฝ้ายอินทรีย์ที่สร้างขึ้น เป็นเครื่องกึ่งอัตโนมัติที่สามารถแยกเมล็ดฝ้ายและตีฟูอยู่ในเครื่องเดียวกัน มีขนาดที่เหมาะสมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็ก ขั้นตอนการทำงานไม่ยุ่งยากซับซ้อน การหีบฝ้ายและตีฟูอยู่ในเครื่องเดียวกัน มีความปลอดภัย ใช้งานได้ง่าย การบำรุงรักษาสามารถทำได้โดยช่างท้องถิ่น สามารถใช้กับไฟฟ้าตามบ้านเรือนได้ (ไฟฟ้าเฟสเดียว) ใช้มอเตอร์ขนาด 5 แรงม้าเป็นต้นกำลังขับชุดใบหีบและชุดใบตีฟู และมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้าเป็นต้นกำลังขับพัดลมหอยโข่ง ประกอบไปด้วย ชุดใบหีบใช้หลักการหีบแบบใบฟันเลื่อย สำหรับแยกปุยฝ้ายออกจากเมล็ด ชุดใบตีฟูปุยฝ้าย ทำหน้าที่หมุนตีปุยฝ้ายที่ผ่านการแยกเมล็ด

เรียบร้อยแล้ว เพื่อส่งผ่านไปยังช่องทางออก ชุดพัดลมหอยโข่ง ทำหน้าที่ในการดูดปุยฝ้ายที่ผ่านออกจากชุดใบตี ให้เข้าชุดลูกกลิ้งลำเลียง เพื่อลำเลียงปุยฝ้ายที่ผ่านการตีจากชุดใบตีฟูส่งไปยังช่องทางออก โดยช่องทางออกจะมีถาดสำหรับรองรับปุยฝ้ายที่สมบูรณ์



ภาพที่ 1 ภาพด้านข้างแสดงส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่อง



ภาพที่ 2 ภาพด้านหลังแสดงส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่อง

2. การเตรียมฝ้ายเพื่อใช้ในการทดลอง ใช้ฝ้ายพันธุ์ขาวใหญ่ จากเกษตรกรผู้ปลูกฝ้ายอินทรีย์บ้านกกบก ตำบลหนองงิ้ว อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ฝ้ายมีความชื้นระหว่างร้อยละ 6.5 ถึง 8.0 ชั่งน้ำหนักฝ้ายใส่ถุง น้ำหนักถุงละ 5 กิโลกรัม จำนวน 18 ถุง สำหรับใช้การทดลอง

3. แผนการทดลอง

1) การทดลองที่ 1 ศึกษาหาความเร็วรอบชุดใบหีบแยกเมล็ดที่เหมาะสม แผนการทดลองใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 3 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบของชุดใบหีบแยกเมล็ด จำนวน 3 ระดับ ที่ระดับความเร็วรอบ 520, 620 และ 720 รอบต่อนาที ปัจจัยละ 3 ซ้ำ เนื่องจากเป็นช่วงระดับความเร็วรอบของเครื่องหีบแบบฟันเลื่อย ที่จะทำให้เกิดการฉีกแยกเมล็ดออกจากปุยฝ้ายได้ดีไม่ทำให้เกิดเมล็ดแตก (วุฒิพลและคณะ,2560)

การเก็บข้อมูล ในแต่ละครั้งของการทดลอง (จำนวน 9 ครั้ง) เทฝ้ายจำนวน 1 ถุง (น้ำหนัก 5 กิโลกรัม) ลงในถาดป้อน เดินเครื่องเพื่อทำการทดลอง บันทึกข้อมูลน้ำหนักเมล็ดฝ้ายรวมทั้งสิ่งสกปรกเจือปนที่ผ่านกระบวนการแยกเมล็ด

ลักษณะที่ต้องการศึกษา ได้แก่ น้ำหนักเมล็ดฝ้ายที่ผ่านกระบวนการแยกเมล็ด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ:ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 3 ปัจจัย (ความเร็วรอบ 520, 620 และ 720 รอบต่อนาที) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย The Duncan' s New Multiple Range Tests (Steel and Torrie, 1980) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1998)

2) การทดลองที่ 2 ศึกษาหาความเร็วรอบชุดใบตีฟูที่เหมาะสมในการตีฟูใยฝ้าย แผนการทดลอง ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 3 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบของชุดใบตีฟู จำนวน 3 ระดับ ความเร็วรอบ 1,200, 1,250 และ 1,300 รอบต่อนาที ปัจจัยละ 3 ซ้ำระดับเนื่องจากเป็นช่วงระดับความเร็วรอบที่จะทำให้เกิดการตีฟูปุยฝ้ายให้ได้ปุยฝ้ายที่มีความหนาแน่นต่ำ (สนองและคณะ,2560)

การเก็บข้อมูล ในแต่ละครั้งของการทดลอง (จำนวน 9 ครั้ง) เทฝ้ายจำนวน 1 ถุง (น้ำหนัก 5 กิโลกรัม) ลงในถาดป้อน เดินเครื่องเพื่อทำการทดลอง บันทึกข้อมูล ดังนี้

(1) บันทึกน้ำหนักใยฝ้ายที่ผ่านกระบวนการตีฟู

(2) เวลาที่ใช้ในการศึกษา เริ่มจับเวลาตั้งแต่เริ่มเดินเครื่องจากฝ้ายที่ผ่านกระบวนการแยกเมล็ด และกระบวนการตีฟูจนได้ปุยฝ้ายที่ไหลผ่านช่องทางออกจนหมด

ลักษณะที่ต้องการศึกษา ได้แก่

(1) ความหนาแน่นของใยฝ้ายที่ผ่านกระบวนการตีฟู

(2) เวลาที่ใช้ในกระบวนการแยกเมล็ดและตีฟู

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ: ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี จำนวน 3 ปัจจัย (ความเร็วรอบ 1,200, 1,250 และ 1,300 รอบต่อนาที) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย The Duncan' s New Multiple Range Tests (Steel and Torrie, 1980) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1998)

4. สถานที่ทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมการออกแบบและการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ผลการศึกษา

1. การศึกษาหาความเร็วรอบที่เหมาะสมของชุดใบหีบแยกเมล็ด

ปริมาณเมล็ดฝ้ายหลังผ่านการทดลอง พบว่าความเร็วรอบชุดใบหีบแยกเมล็ด มีผลกระทบต่อปริมาณเมล็ดฝ้ายและสิ่งสกปรกเจือปน โดยความเร็วรอบชุดใบหีบแยกเมล็ดที่ 520 รอบต่อนาที สามารถแยกเมล็ดออกจากใยฝ้ายได้น้ำหนักสูงที่สุด (ของเสีย) รองลงมาเป็นความเร็วรอบที่ 720 รอบต่อนาที ส่วนความเร็วรอบที่ 620 แยกเมล็ดฝ้ายได้ต่ำที่สุด มีค่าเป็น 3.96, 3.74 และ 3.52 กิโลกรัม ตามลำดับ และได้น้ำหนักปุยที่สมบูรณ์ (ของดี) มีค่าเป็น 1.02, 1.25 และ 1.47 กิโลกรัม ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิต (P<0.01) และยังพบว่าที่ระดับความเร็วรอบ 720 รอบต่อนาที มีเมล็ดฝ้ายที่แตกปนมากับปุยฝ้าย ดังแสดงใน**ตารางที่ 1**

ตารางที่ 1 ผลของความเร็วรอบชุดใบมีดแยกเมล็ดต่อปริมาณเมล็ดฝ้ายหลังผ่านการแยกเมล็ด

รายการ		ความเร็วรอบชุดใบมีดแยกเมล็ด[1]			P- Value
		520	620	720	
ปริมาณเมล็ดฝ้าย (กิโลกรัม)	ซ้ำที่ 1	3.98	3.52	3.80	-
ปริมาณเมล็ดฝ้าย (กิโลกรัม)	ซ้ำที่ 2	3.84	3.44	3.76	-
ปริมาณเมล็ดฝ้าย (กิโลกรัม)	ซ้ำที่ 3	4.06	3.60	3.66	-
ค่าเฉลี่ย (กิโลกรัม)		3.96[a]	3.52[b]	3.74[c]	0.0030

หมายเหตุ: [1] ความเร็วรอบใบมีดแยกเมล็ด (รอบต่อนาที); [ab] อักษรในแนวนอนที่ไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

2. การศึกษาหาความเร็วรอบที่เหมาะสมของชุดใบตีฟูปุยฝ้าย

ความหนาแน่นของปุยฝ้าย พบว่าความเร็วรอบของชุดใบตีฟู ส่งผลกระทบต่อความหนาแน่นของปุยฝ้าย โดยพบว่าความเร็วรอบ 1,250 และ 1,300 รอบต่อนาที ทำให้ปุยฝ้ายมีความหนาแน่นต่ำ (ปุยฝ้ายมีความฟูมาก) ใกล้เคียงกัน ส่วนความเร็วรอบ 1,200 รอบต่อนาที ทำให้ปุยฝ้ายมีความหนาแน่นสูง (ปุยฝ้ายมีความฟูน้อย) มีค่าเป็น 0.68, 0.67 และ 0.85 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิต (P<0.01) ดังแสดงใน**ตารางที่ 2**

ตารางที่ 2 ผลของความเร็วรอบชุดใบตีฟูต่อความหนาแน่นของใยฝ้าย

รายการ		ความเร็วรอบชุดใบมีดแยกเมล็ด[1]			P- Value
		620			
		ความเร็วรอบชุดใบตีฟู[1]			
		1,200	1,250	1,300	
ความหนาแน่นของใยฝ้าย[2]	ซ้ำที่ 1	0.86	0.73	0.66	-
ความหนาแน่นของใยฝ้าย[2]	ซ้ำที่ 2	0.84	0.64	0.63	-
ความหนาแน่นของใยฝ้าย[2]	ซ้ำที่ 3	0.85	0.67	0.72	-
ค่าเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)		0.85[a]	0.68[b]	0.67[b]	0.0001

หมายเหตุ: [1] รอบต่อนาที; [2] กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร; [ab] อักษรในแนวนอนที่ไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

การศึกษาเวลาที่ใช้ในขบวนการเตรียมเส้นใยฝ้าย ใช้ความเร็วรอบชุดใบมีดแยกเมล็ดที่ 620 รอบต่อนาที และใช้ความเร็วรอบชุดใบตีฟู 3 ความเร็วรอบ (1,200, 1,250 และ 1,300 รอบต่อนาที) พบว่าความเร็วรอบของชุดใบตีฟูที่ 1,200, 1,250 และ 1,300 รอบต่อนาที ส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการทดลอง โดยความเร็วรอบชุดใบตีฟูที่เพิ่มขึ้นทำให้เวลาที่ใช้ในการเตรียมเส้นใยฝ้ายลดลง มีค่าเป็น 6.01, 5.47 และ 5.28 นาที ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิต ($P<0.01$) ดังแสดงใน**ตารางที่ 3**

ตารางที่ 3 เวลาที่ใช้ในขบวนการเตรียมเส้นใยฝ้าย

รายการ		ความเร็วรอบชุดใบมีดแยกเมล็ด[1]			P– Value
		620			
		ความเร็วรอบชุดใบตีฟู[1]			
		1,200	1,250	1,300	
เวลาที่ใช้ในการทดลอง (นาที)	ซ้ำที่ 1	6.15	5.60	5.18	–
เวลาที่ใช้ในการทดลอง (นาที)	ซ้ำที่ 2	6.00	5.46	5.38	–
เวลาที่ใช้ในการทดลอง (นาที)	ซ้ำที่ 3	5.88	5.34	5.28	–
ค่าเฉลี่ย (นาที)		6.01[a]	5.47[b]	5.28[b]	0.0010

หมายเหตุ: [1] รอบต่อนาที; [ab] อักษรในแนวนอนที่ไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

สรุปผลและอภิปรายผล

ผลการศึกษา พบว่าความเร็วรอบของใบหีบแยกเมล็ดและความเร็วรอบของชุดตีฟูปุยฝ้าย ส่งผลกระทบต่อปริมาณ คุณภาพของปุยฝ้ายที่ได้ และระยะเวลาการผลิต โดยพบว่ามีความเร็วรอบของชุดใบหีบแยกเมล็ด 620 รอบต่อนาที และความเร็วรอบของชุดใบตีฟูปุยฝ้าย 1,250 รอบต่อนาที ได้น้ำหนักปุยฝ้ายหลังการหีบที่มีความสมบูรณ์มากที่สุดเมื่อเทียบกับผลการทดลองที่ระดับอื่น ๆ โดยเฉลี่ย 1.47 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 29.40 โดยน้ำหนัก และน้ำหนักเมล็ดฝ้ายรวมสิ่งสกปรกเจือปนเฉลี่ย 3.46 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 70.40 โดยน้ำหนัก ใช้เวลาโดยเฉลี่ย 5.47 นาที และพบว่าความเร็วรอบของชุดใบตีฟูที่ระดับ 1250 และ 1300 รอบต่อนาที ทำให้ปุยฝ้ายมีความหนาแน่นต่ำ (ปุยฝ้ายมีความฟูมาก) ใกล้เคียงกันมีค่าเป็น 0.68 และ 0.67 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จากผลการศึกษา สามารถสรุปได้ว่าความเร็วรอบชุดใบมีดแยกเมล็ดที่ 620 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมในการแยกเมล็ดฝ้าย (ได้ปริมาณฝ้ายสูงที่สุด) และสามารถสรุปได้ว่าความเร็วรอบชุดใบตีฟูที่ 1,250 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการตีฟู (ใยฝ้ายมีความหนาแน่นต่ำ)



ภาพที่ 3 แสดงกระบวนการทดลองหีบฝ้าย



ภาพที่ 4 แสดงฝ้ายก่อนการเข้าเครื่องหีบ



ภาพที่ 5 แสดงปุยฝ้ายที่ได้หลังการหีบ



ภาพที่ 6 แสดงเมล็ดฝ้ายและสิ่งสกปรกเจือปนหลังการหีบ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ประเภท Fundermental Fund ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 (รหัสข้อเสนอการวิจัย 66A152000002 รหัสโครงการ 181387) โดยสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ผู้เขียนขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมการออกแบบและผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย สำหรับอุปกรณ์ สถานที่ และงบประมาณในการนำเสนองานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2552). **ฝ้าย**. สืบค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2566, จาก http://it.doa.go.th/vichakan/news.php.

กรมวิชาการเกษตร. (2559). **การวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการผลิตเส้นใยฝ้ายระดับชุมชน**. สืบค้นเมื่อ 9 เมษายน 2567, จาก http://www.doa.go.th/research/showthread.php?tid=2423&pid=2441

วุฒิพล จันทรสระคู สนอง อมฤกษ เอกภาพ ปานภูมิ ประพัฒน ทองจันทร ปริญญา ศรีบุญเรือง และพิกุล ซุนพุม. (2560). **วิจัยและพัฒนาเครื่องหีบฝ้ายสำหรับการคัดแยกเมล็ด และทำความสะอาดปุยฝ้าย** (รายงานการวิจัย). กรุงเทพมหานคร : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ.

สนอง อมฤกษ ประพัฒน ทองจันทร วุฒิพล จันทรสระคู และสงกรานต กุลชนะพิไล. (2560). **วิจัยและพัฒนาเครื่องสางฝ้ายสำหรับการตีฟูปุยฝ้าย** (รายงานการวิจัย). กรุงเทพมหานคร : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ.

Steel, J.C., and J.H. Torrie. (1980) **Principles and Procedures of Statistics: A biometrical Approach.** 2nd ed. New York: McGraw-Hill Book Co.

การเตรียมไมโครแคปซูลพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์บรรจุสารซ่อมแซมตนเองจากน้ำมันพืชที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Preparation of Poly(urea–formaldehyde) microcapsules containing biofriendly vegetable oil self–healing agents

นงคราญ ไชยวงค์[1], จิราพร สุดสว่าง[1] และ ศันศนีย์ คำบุญชู[1*]

Nongkhran Chaiwong[1], Jiraporn Sudsawang[1] and Sunsanee Komboonchoo[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเตรียมพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ไมโครแคปซูลบรรจุสารซ่อมแซมตนเองจากน้ำมันพืชที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วยกระบวนการอินซิทูพอลิเมอไรเซชัน ได้ศึกษาชนิดของสารแกนที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำมันลินสีด น้ำมันทานตะวัน น้ำมันงา น้ำมันมะกอก และน้ำมันอะโวคาโด แล้วนำไมโครแคปซูลที่สังเคราะห์ได้ไปวิเคราะห์สัณฐานวิทยาและขนาดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และเครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยการเลี้ยวเบนเลเซอร์ ไมโครแคปซูลที่สังเคราะห์ได้เป็นรูปทรงกลม ผิวขรุขระ โดยไมโครแคปซูลที่บรรจุน้ำมันลินสีดมีขนาดใหญ่ที่สุด และมีค่าร้อยละการเอนแคปซูลเลชันมากที่สุด จากนั้นสารเคลือบที่มีสมบัติซ่อมแซมตนเองถูกเตรียมโดยการนำไมโครแคปซูล 10%v/v ผสมกับอีพอกซีเรซิน แล้วประเมินสมบัติการซ่อมแซมตนเองและการต้านทานการกัดกร่อนโดยการจุ่มแช่ในน้ำเกลือ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าสารเคลือบมีแนวโน้มแสดงสมบัติการซ่อมแซมตนเองและสามารถต้านทานการกัดกร่อนได้

คำสำคัญ: พอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์, ไมโครแคปซูล, น้ำมันพืช, สารซ่อมแซมตนเอง

Abstract

This research investigates the preparation of poly(urea–formaldehyde) microcapsules encapsulating biofriendly vegetable oil self–healing agents through an in situ polymerization method. The different types of core materials were studied, including linseed oil, sunflower oil, sesame oil, olive oil and avocado oil. The synthesized microcapsules were analyzed for morphology and size using scanning electron microscope (SEM) and particle size analyzer laser, diffraction, respectively. The resulting microcapsules were found spherical shape with rough surface, with linseed oil microcapsules being the largest and exhibiting the highest encapsulation yield. Subsequently, a self–healing coating was prepared by mixing 10 %v/v of oil–loaded microcapsules with epoxy resin. Self–healing and anti–corrosion properties were evaluated by salt–immersed corrosion. The test results indicated that the coating demonstrated promising self–healing and corrosion resistance performance.

Keywords: Poly(urea–formaldehyde), Microcapsules, Vegetable oil, Self–healing agents

[1] ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[1] Department of Industrial Chemistry, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

*Corresponding author : sunsanee.k@cmu.ac.th

บทนำ

รอยขูดขีดเป็นอีกหนึ่งปัญหาสำคัญสำหรับวัสดุกลุ่มโลหะ เพราะอาจเป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดการกัดกร่อนได้ ส่งผลให้วัสดุเกิดการเสียหาย ในชีวิตประจำวันมีอุปกรณ์เครื่องใช้ที่มีโลหะเป็นส่วนประกอบมากมาย เช่น ชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องใช้สำหรับที่อยู่อาศัย ยานพาหนะ รวมทั้งในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น เครื่องจักรซึ่งถือเป็นหนึ่งในอุปกรณ์สำคัญสำหรับกระบวนการผลิต หากวัสดุนั้นสามารถซ่อมแซมตัวเองได้ตั้งแต่รอยแตกเล็ก ๆ ในระยะเริ่มแรกที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ก็ส่งผลให้อายุการใช้งานของวัสดุนั้นยาวนานขึ้น

วิธีการแก้ปัญหาที่ง่ายที่สุดคือการใช้สารเคลือบ แต่ปัญหาที่เกิดตามมา คือเมื่อสารเคลือบเกิดการหลุดออก วัสดุนั้นก็จะเกิดรอยขูดขีดหรือถูกกัดกร่อนได้เช่นเดิม ในปัจจุบันจึงมีการนำระบบซ่อมแซมตนเองเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา ระบบซ่อมแซมตนเองนี้สามารถทำได้โดยนำเทคนิคเอนแคปซูเลชันมาใช้ในการกักเก็บสารที่มีสมบัติซ่อมแซมตนเอง แล้วนำสารที่สังเคราะห์ได้ผสมลงในสารเคลือบหรือสีประเภทต่าง ๆ เมื่อเกิดรอยขูดขีดบนผิวของสารเคลือบ สารซ่อมแซมตนเองในไมโครแคปซูลจะสามารถไหลออกมาบริเวณรอย เกิดการแข็งตัวเพื่อปกป้องรอยไม่ให้สัมผัสกับสิ่งแวดล้อมในทันทีเพื่อซ่อมแซมตัวเองอย่างรวดเร็ว ทำให้วัสดุที่ถูกเคลือบไม่เกิดการเสียหายจากการถูกกัดกร่อน [1–5]

ไมโครเอนแคปซูเลชัน เป็นกระบวนการการห่อหุ้มสารที่มีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือแก๊สด้วยพอลิเมอร์ให้อยู่ในรูปของไมโครแคปซูลขนาดตั้งแต่ 1 ถึง 1,000 ไมครอน ไมโครแคปซูลประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ สารที่ถูกห่อหุ้ม และสารที่ใช้ห่อหุ้ม สารห่อหุ้มที่ดีควรมีสมบัติที่สามารถแผ่เป็นฟิล์มบางๆ ได้ มีความยืดหยุ่นและมีความแข็งแรงเพียงพอ สามารถทำให้เกิดอิมัลชัน ยึดติดกับสารแกนกลางได้ดีโดยไม่ทำปฏิกิริยากับสารแกนกลาง รวมทั้งต้องมีความหนืดต่ำเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นของแข็ง และไม่ชื้นง่าย [6] พอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นหนึ่งในพอลิเมอร์ที่มักถูกนำมาใช้เป็นสารห่อหุ้ม จัดเป็นพอลิเมอร์ชนิดควบแน่นชนิดหนึ่งที่เกิดปฏิกิริยาควบแน่น เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างยูเรียและฟอร์มาลดิไฮด์ สำหรับสารแกนในงานวิจัยนี้สนใจศึกษาสารที่มีสมบัติซ่อมแซมตัวเองที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม การใช้ทรัพยากรที่สามารถทดแทนได้จึงเป็นที่สนใจมากขึ้น ดังนั้นน้ำมันธรรมชาติ เช่น น้ำมันทานตะวัน น้ำมันลินสีด น้ำมันตังอิ๊ว น้ำมันปาล์ม เป็นต้น จึงได้รับความสนใจเพื่อใช้เป็นสารแกนที่มีสมบัติซ่อมแซมตัวเองได้เมื่อบรรจุในไมโครแคปซูลและผสมลงในสารเคลือบ และยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย [1,5]

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการเตรียม สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ไมโครแคปซูลบรรจุสารซ่อมแซมตนเองจากน้ำมันพืชที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยวิธีอินซิทูพอลิเมอไรเซชัน

2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ไมโครแคปซูลบรรจุสารซ่อมแซมตนเองจากน้ำมันพืชในระบบซ่อมแซมตนเอง

วิธีวิทยาการวิจัย

1. วัสดุและอุปกรณ์

สารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์ไมโครแคปซูล ได้แก่ Urea, Ammonium chloride และ 36%wt Formaldehyde เกรดวิเคราะห์จาก VWR, Resorcinol เกรดวิเคราะห์จาก Sigma–Aldrich, Sodium dodecyl sulfate เกรดวิเคราะห์จาก Ajax Finechem Pty Ltd น้ำมันพืชที่บรรจุในไมโครแคปซูล ได้แก่ น้ำมันลินสีดเกรดวิเคราะห์จาก Sigma–Aldrich น้ำมัน

ดอกทานตะวัน เกรดการค้าจาก Thanakorn น้ำมันงา เกรดการค้าจาก Kerry and Spice น้ำมันมะกอกเกรดการค้าจาก Chalop S.P.A น้ำมันอะโวกาโดเกรดการค้าจาก Neotenic และใช้กรดไฮโดรคลอริก เอทานอล และอะซิโตน เกรดวิเคราะห์จาก RCI Labscan

การสังเคราะห์ไมโครแคปซูลใช้เครื่องกวนสาร รุ่น NO.50002-07 ของ Cole-Parmer เครื่องให้ความร้อน รุ่น MS-H280-Pro ของ DRAWELL และเตาอบ ของ BINDER จากนั้นวิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาค ลักษณะกายภาพ และสัณฐานวิทยา ด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยการเลี้ยวเบนเลเซอร์ (Particle size analyzer laser, diffraction) รุ่น Mastersizer S ของ Malvern Instruments Limited กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical microscope) รุ่น SZ40 ของ OLYMPUS และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) รุ่น JSM-5910LV ของ JEOL ตามลำดับ

2. การเตรียมพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ไมโครแคปซูลบรรจุน้ำมันพืช

การสังเคราะห์ไมโครแคปซูลในงานวิจัยนี้ ใช้วิธีอินซิทูพอลิเมอไรเซชัน โดยในการทดลองได้ศึกษาการใช้น้ำมันพืช 5 ชนิดได้แก่ น้ำมันลินสีด น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันงา น้ำมันมะกอก และน้ำมันอาโวคาโด มีวิธีการสังเคราะห์ดังนี้ ละลาย Urea 5 กรัม, Ammonium chloride 0.5 กรัม และ Resorcinol 0.5 กรัม ในน้ำปราศจากไอออน 260 มิลลิลิตร เติม Sodium dodecyl sulfate ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้เท่ากับ 2.5 โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 5 %v/v นำไปกวนผสมที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้ความเร็วรอบในการปั่นกวน 250 rpm แล้วเติมน้ำมันชนิดต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษาปริมาตร 5 มิลลิลิตร จากนั้นกวนด้วยความเร็วรอบในการปั่นกวน 500 rpm จนนาทีที่ 30 เติม 36 %wt Formaldehyde 12 มิลลิลิตร กวนต่อความเร็วรอบในการปั่นกวน 500 rpm จนครบ 4 ชั่วโมง กรองไมโครแคปซูลที่เตรียมได้โดยใช้เครื่องกรองสุญญากาศ ล้างไมโครแคปซูลด้วยน้ำปราศจากไอออน และเอทานอลตามลำดับ นำไมโครแคปซูลไปอบที่ 100 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเก็บไว้ในโถดูดความชื้น

3. การศึกษาลักษณะเฉพาะของไมโครแคปซูล

3.1 การศึกษาสัณฐานวิทยาของไมโครแคปซูล

นำไมโครแคปซูลไปศึกษาลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยพื้นผิวของไมโครแคปซูลต้องมีการฉาบทองด้วยเครื่องฉาบวัสดุ เพื่อให้ตัวอย่างเกิดการนำไฟฟ้าก่อนการวิเคราะห์

3.2 การวิเคราะห์ขนาดและการกระจายขนาดของไมโครแคปซูล

นำไมโครแคปซูลไปศึกษาการกระจายขนาดอนุภาคด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยการเลี้ยวเบนของเลเซอร์ โดยใช้เอทานอลเป็นตัวกลางที่ใช้กระจายอนุภาค

3.3 การคำนวณหาผลได้ของการเอนแคปซูเลชัน

การคำนวณหาผลได้ของการเอนแคปซูเลชันให้บันทึกน้ำหนักรวมของสารเคมีที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมไมโครแคปซูลและบันทึกน้ำหนักของไมโครแคปซูลที่วิเคราะห์ได้เพื่อนำไปคำนวณผลของการเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation yield) หรือร้อยละผลได้ตามสมการ 1

$$\text{Encapsulation yield} = \frac{M_{product}}{M_{reactants}} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ $M_{product}$ คือ น้ำหนักไมโครแคปซูลทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการ (g) และ $M_{reactants}$คือ น้ำหนักรวมของสารเคมีที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมไมโครแคปซูลทั้งหมด(g)

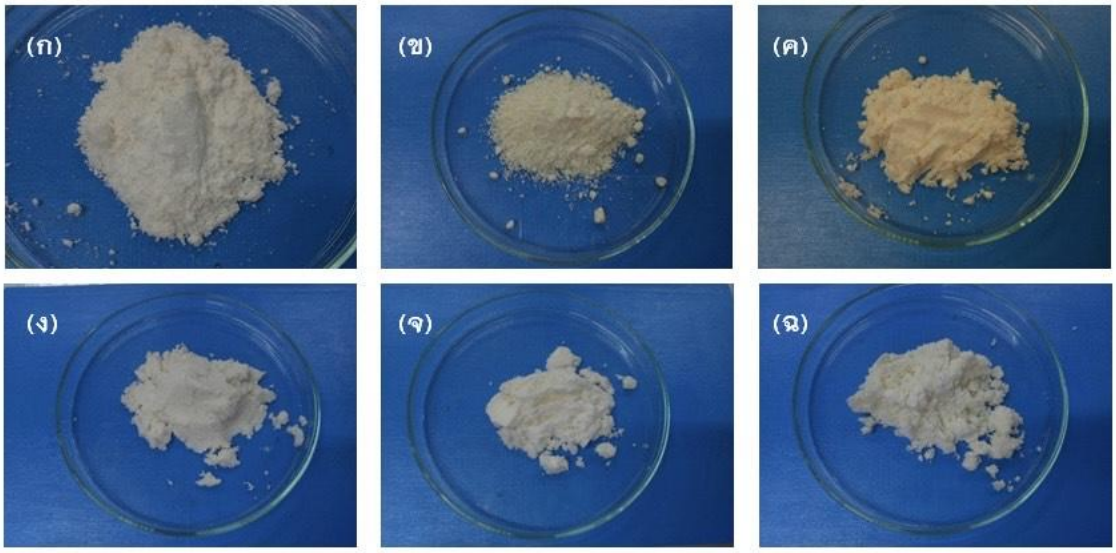
4. การศึกษาสมบัติการซ่อมแซมตนเองของไมโครแคปซูล

เตรียมตัวอย่าง Epoxy โดยใช้อัตราส่วนของ Epoxy ต่อ Hardener คือ 2:1 ผสมไมโครแคปซูลที่บรรจุน้ำมันชนิดต่าง ๆ ลงไปใน Epoxy โดยใช้ปริมาณ 10 %w/v รอให้ฟองอากาศหายไป แล้วจึงเติม Hardener กวนให้เข้ากัน แบ่งเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกนำไปเคลือบบนแผ่นเหล็กที่ทำการตัดให้มีขนาด 26 x 26 x 0.9 มิลลิเมตร ที่ขัดด้วยกระดาษทราย ที่ล้างด้วยน้ำและอะซิโตนเรียบร้อยแล้ว เมื่อสารเคลือบแข็งตัวแล้ว ทำการกรีดบนผิวหน้าให้มีความลึกถึงแผ่นเหล็ก แล้วนำไปแช่ในสารละลายเกลือแกง ความเข้มข้น 10 %w/v [3] ทำการบันทึกภาพความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแผ่นเหล็กเมื่อแช่ครบ 3, 4, และ 5 วัน ตามลำดับ ในส่วนที่สอง นำ Epoxy ที่ผสมกับ Hardener และไมโครแคปซูลเรียบร้อยแล้ว มาทำการขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์ซิลิโคน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนแข็งตัว ทำการกรีดบนผิวหน้าของตัวอย่างให้เป็นรอย แล้วศึกษาลักษณะพื้นผิวโดยการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อวิเคราะห์บริเวณผิวหน้าของตัวอย่าง

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. การเตรียมพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ไมโครแคปซูล

การทดลองนี้ ได้เตรียมพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ไมโครแคปซูลด้วยวิธีอินซิทูพอลิเมอไรเซชัน จากการทดลองพบว่าไมโครแคปซูลพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ไม่บรรจุสารแกน เมื่อนำมาสังเกตด้วยตาเปล่าจะมีลักษณะเป็นผงสีขาว และไมโครแคปซูลบรรจุสารแกนเป็นน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่สังเคราะห์ได้จะมีลักษณะเป็นผงที่มีสีต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมัน ดังแสดงในภาพที่ 1

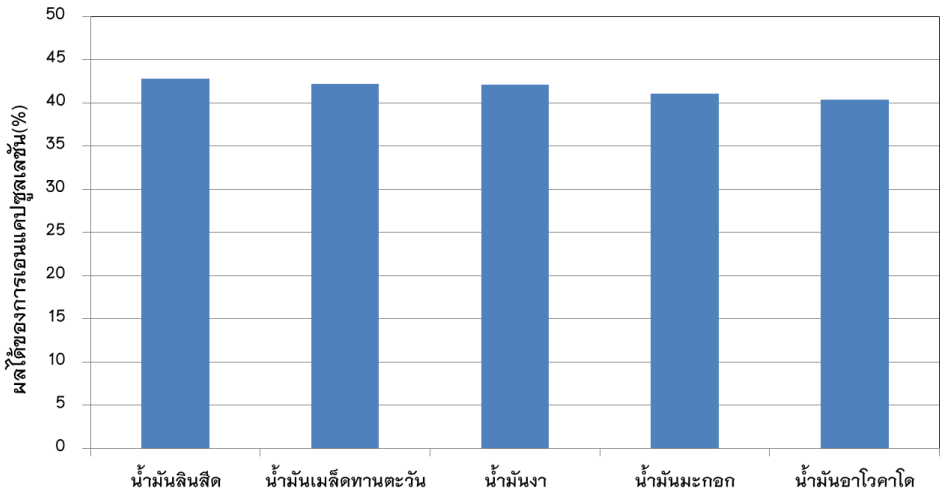


ภาพที่ 1 ภาพถ่ายของพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ไมโครแคปซูล
(ก) ไม่บรรจุน้ำมัน (ข) น้ำมันลินสีด (ค) น้ำมันทานตะวัน (ง) น้ำมันงา (จ) น้ำมันมะกอก (ฉ) น้ำมันอะโวคาโด

จากภาพถ่ายของพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ไมโครแคปซูล พบว่าไมโครแคปซูลพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ไม่บรรจุสารแกน เมื่อนำมาสังเกตด้วยตาเปล่าจะมีลักษณะเป็นผงสีขาว มีการกระจายตัวที่ดี และเนื้อละเอียด ไมโครแคปซูลพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่บรรจุน้ำมันลินสีดจะมีลักษณะเป็นผงเนื้อหนัก จับตัวกันเป็นก้อนเล็กน้อย มีสีขาวอมเหลือง ไมโครแคปซูลพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่บรรจุน้ำมันทานตะวัน จะมีลักษณะเป็นผงเนื้อเบาละเอียด กระจายตัวดี มีเหลืองอมส้ม ไมโครแคปซูลพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่บรรจุน้ำมันงา จะมีลักษณะเป็นผงเนื้อเบาละเอียด กระจายตัวดี มีสีครีม ไมโครแคปซูลพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่บรรจุน้ำมันมะกอก จะมีลักษณะเป็นผงเนื้อหนักละเอียด กระจายตัวดี มีสีขาว ไมโครแคปซูลพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่บรรจุน้ำมันอะโวคาโด จะมีลักษณะเป็นผงเนื้อเบาละเอียด จับกันเป็นก้อนเล็กน้อย มีสีขาวอมเหลือง

2. ผลได้ของการเอนแคปซูลเลชัน

นำไมโครแคปซูลที่บรรจุสารแกนเป็นน้ำมันชนิดต่าง ๆ ไปหาผลได้ของการเอนแคปซูลเลชัน ซึ่งในการทดลองนี้หมายถึงร้อยละของผลได้ของสารผลิตภัณฑ์นั่นเอง ซึ่งผลได้ของการเอนแคปซูลเลชันแสดงดังภาพที่ 2 จากผลการทดลองพบว่า ไมโครแคปซูลที่บรรจุสารแกนเป็นน้ำมันชนิดต่าง ๆ มีผลได้ของการเอนแคปซูลเลชัน(%) ไม่ต่างกันมาก โดยที่ไมโครแคปซูลที่บรรจุน้ำมันลินสีดมีผลได้ของการเอนแคปซูลเลชันมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 42.76% และไมโครแคปซูลที่บรรจุน้ำมันอาโวคาโดมีผลได้ของการเอนแคปซูลเลชันน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 40.34%

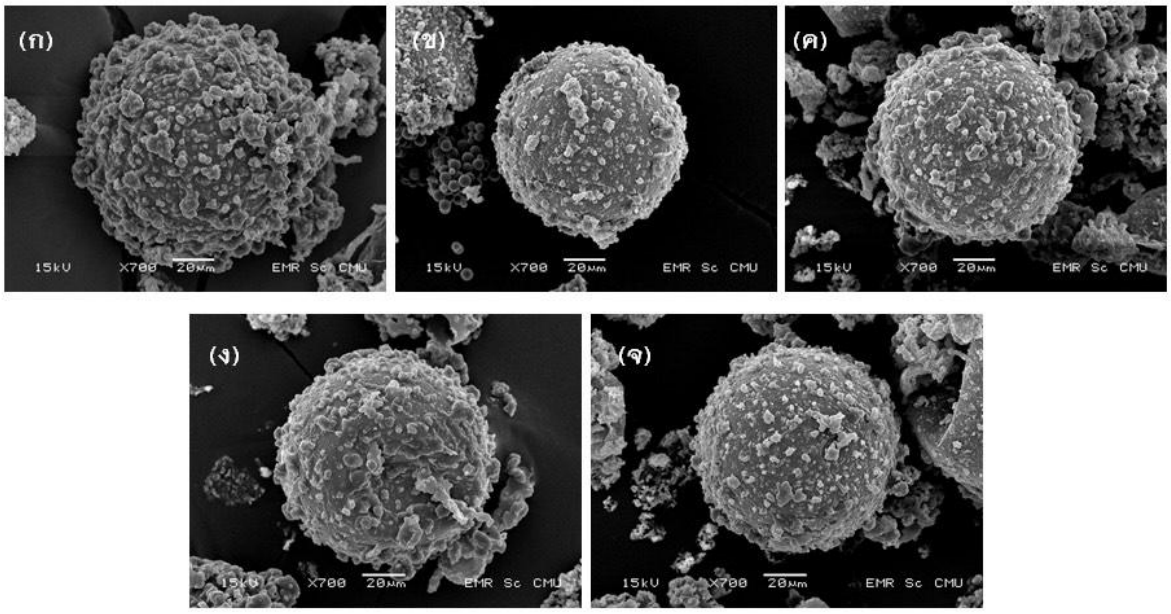


ภาพที่ 2 ผลได้ของการเอนแคปซูลเลชันบรรจุน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่เตรียมได้

อย่างไรก็ตามค่าผลได้ของการเอนแคปซูลเลชันที่ไม่สูงมากนัก เนื่องจากสภาวะในการทดลองที่ยังไม่เหมาะสม เพราะการเกิดเรซินยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ที่เป็นสารห่อหุ้มนั้น เกิดจากการทำปฏิกิริยาของยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ โดยจะเกิดขึ้นสองขั้นตอนคือ ปฏิกิริยาพอลิเมอไรซันแบบเติมและแบบควบแน่น ปฏิกิริยาแบบเติมและแบบควบแน่นนี้ จะถูกเร่งปฏิกิริยาได้ทั้งในสภาวะกรดและเบส อัตราการเกิดปฏิกิริยากริยาแบบเติมจะมีค่าสูงใกล้เคียงกันในสภาวะกรดและเบส แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยาแบบควบแน่นจะเร็วกว่าในสภาวะกรด [7,8] หรืออาจเกิดการสูญเสียไมโครแคปซูล เนื่องจากไมโครแคปซูลที่ผลิตได้บางส่วนติดกับเครื่องปั่นกวนและบีกเกอร์ที่ใช้ในการสังเคราะห์

3. สัณฐานวิทยาของพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ไมโครแคปซูลบรรจุน้ำมันพืชชนิดต่างๆ

นำพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ไมโครแคปซูลบรรจุน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ด้วยวิธีอินซิทูพอลิเมอไรเซชันไปศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 3 จากภาพถ่าย SEM พบว่าไมโครแคปซูลบรรจุน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะคล้ายคลึงกันคือเป็นทรงกลม ผิวขรุขระ มีการกระจายตัวดีไม่เกาะติดกันเป็นก้อน



ภาพที่ 3 สัณฐานวิทยาของไมโครแคปซูลบรรจุน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ
(ก) น้ำมันลินสีด (ข) น้ำมันทานตะวัน (ค) น้ำมันงา (ง) น้ำมันมะกอก (จ) น้ำมันอะโวคาโด

จากภาพที่ 3 ภาพถ่าย SEM พบว่าผิวที่ขรุขระของไมโครแคปซูลนั้น เกิดจากในพอลิยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ไมโครแคปซูล ด้วยวิธีอินซิทูพอลิเมอไรเซชัน ไม่สามารถห่อหุ้มน้ำมันที่กระจายตัวอยู่ในระบบได้ทั้งหมด จึงเกิดเป็นเกล็ดเล็ก ๆ เกาะติดบนผิว แต่การที่ผิวไมโครแคปซูลขรุขระจะเป็นผลดีต่อปฏิกิริยาพื้นผิวหรือการยึดเกาะระหว่างไมโครแคปซูลกับเมทริกซ์ของสารเคลือบ [8]

4. ขนาดของพอลิยูเรียฟอร์มาลีดีไฮด์ไมโครแคปซูลบรรจุน้ำมันพืชชนิดต่างๆ

ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไมโครแคปซูลบรรจุน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ และการกระจายตัวของขนาดอนุภาค (PSD) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยการเลี้ยวเบนเลเซอร์ และภาพถ่าย SEM เทียบกับสเกลมาตรฐาน ทั้งจากการเฉลี่ยจากภาพ SEM กำลังขยาย 100X และเม็ดเดี่ยวจากรูป SEM กำลังขยาย 700X ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไมโครแคปซูล

ชนิดของน้ำมัน	ขนาดเฉลี่ยของไมโครแคปซูล (μm)		
	ภาพ SEM กำลังขยาย 100X	ภาพ SEM กำลังขยาย 700X	ขนาดอนุภาค (D[4,3])
น้ำมันสินสีด	102.29 ± 11.15	113.17	117.70
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	73.10 ± 19.41	90.36	83.87
น้ำมันงา	89.27 ± 9.39	98.79	81.35
น้ำมันมะกอก	96.26 ± 12.00	96.39	89.42
น้ำมันอาโวคาโด	88.63 ± 10.89	95.18	80.63

จากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่าย SEM พบว่าขนาดของไมโครแคปซูลที่บรรจุน้ำมันสินสีดมีขนาดใหญ่ที่สุด ซึ่งมีขนาด 102.29 ± 11.15 μm และไมโครแคปซูลที่บรรจุน้ำมันเมล็ดทานตะวันมีขนาดเล็กที่สุด ซึ่งมีขนาด 73.10 ± 19.41 μm ในขณะที่การวิเคราะห์ขนาดด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยการเลี้ยวเบนเลเซอร์ ของไมโครแคปซูลบรรจุน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ซึ่งไมโครแคปซูลที่สังเคราะห์ได้ทั้งขนาดอนุภาคเฉลี่ยในรูปของค่า D[4,3] พบว่าไมโครแคปซูลที่บรรจุน้ำมันสินสีดขนาดใหญ่ที่สุด 117.70 μm และไมโครแคปซูลที่มีขนาดเล็กที่สุด คือ ไมโครแคปซูลที่บรรจุน้ำมันอาโวคาโด ที่ 80.63 μm

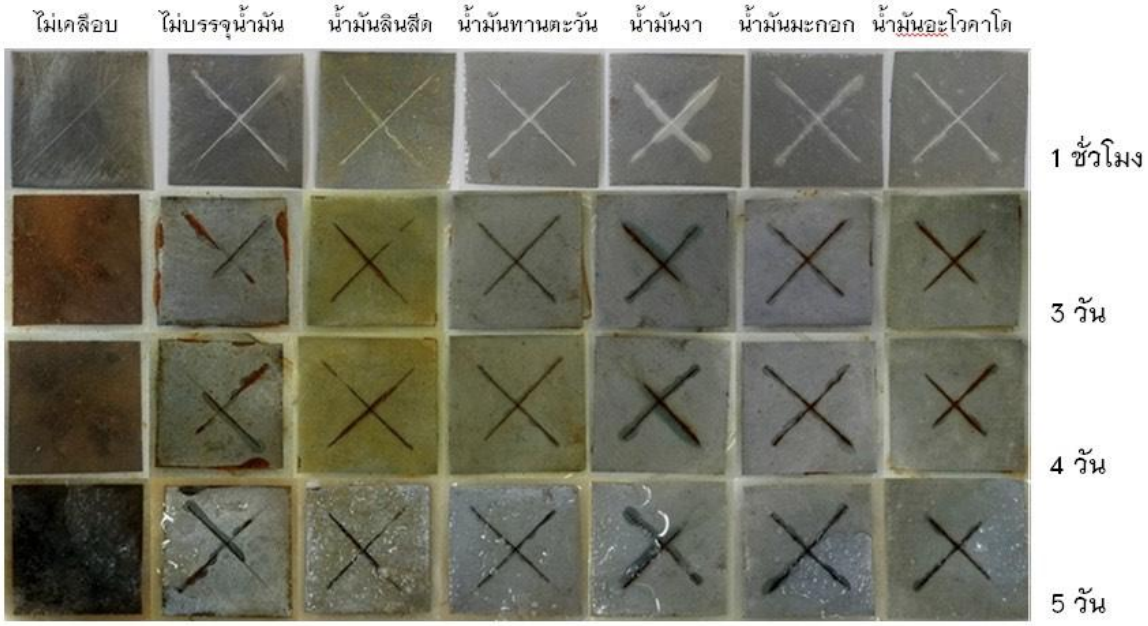
ขนาดของไมโครแคปซูลที่แตกต่างกันนั้น เกี่ยวข้องกับความหนืดและความหนาแน่นของน้ำมัน ความหนืดมีผลต่อความสามารถในการเกิดไมโครแคปซูลภายใต้แรงเฉือน น้ำมันที่มีความความหนืดต่ำกว่า จะสามารถเกิดเป็นไมโครแคปซูลที่มีขนาดเล็กกว่า นอกจากนี้ความหนาแน่นที่ต่างกันของน้ำมันที่เป็นสารแกน และตัวกลางในการเกิดกระบวนการเอนแคปซูลเลชัน ส่งผลต่อขนาดของไมโครแคปซูลเช่นกัน โดยส่งผลถึงความเสถียรของอิมัลชัน ความแตกต่างของความหนาแน่นที่ต่ำ จะส่งผลให้ไมโครแคปซูลมีขนาดเล็ก และรูปร่างใกล้เคียงกันมากกว่า ในทางตรงกันข้าม ถ้าความแตกต่างของความหนาแน่นสูงจะทำให้เกิดการแยกเฟสอย่างรวดเร็ว นำไปสู่ขนาดไมโครแคปซูลที่ใหญ่ขึ้นและไม่สม่ำเสมอ [9,10] และพบว่าผลจากการวิเคราะห์ขนาดของไมโครแคปซูลด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยการเลี้ยวเบนเลเซอร์ มีผลไปในทิศทางเดียวกับการวัดขนาดเฉลี่ยที่ได้ด้วยรูปถ่าย SEM ของไมโครแคปซูล เนื่องมาจากในการทดลองหาขนาดอนุภาคนั้น เกิดการกระจายขนาดของอนุภาคก่อนการวัดได้ดี ส่งผลให้เม็ดของไมโครแคปซูลไม่เกาะรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน แยกออกเป็นเม็ดเดี่ยว ๆ ทำให้ขนาดของไมโครแคปซูลที่วิเคราะห์ได้มีขนาดใกล้เคียงความเป็นจริง

5. ประสิทธิภาพของระบบการซ่อมแซมตนเองของพอลิยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไมโครแคปซูลบรรจุน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่ผสมในสารเคลือบอีพอกซี

นำแผ่นเหล็กที่ทาด้วยสารเคลือบที่ผสม และไม่ผสมไมโครแคปซูลที่บรรจุน้ำมันชนิดต่าง ๆ มากรีดบนผิวหน้า แล้วนำไปแช่ในสารละลายเกลือแกง ความเข้มข้น 10 %w/v ทำการบันทึกภาพความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแผ่นเหล็กเมื่อแช่ครบ 1 ชั่วโมง, 3, 4 และ 5 วัน ได้ผลดังภาพที่ 4

จากภาพที่ 4 สังเกตพบว่าแผ่นเหล็กที่ไม่มีการเคลือบสารเคลือบ จะเกิดการกัดกร่อนทั้งแผ่นอย่างเห็นได้ชัด แผ่นเหล็กที่มีการเคลือบอีพอกซีที่ไม่ได้ผสมไมโครแคปซูลมีการถูกกัดกร่อนบริเวณรอยกรีดและเริ่มมีสนิมแพร่กระจายเข้าไปภายใต้สารเคลือบที่มีแผ่นเหล็กอยู่ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นเหล็กที่มีการเคลือบด้วยอีพอกซีที่ผสม

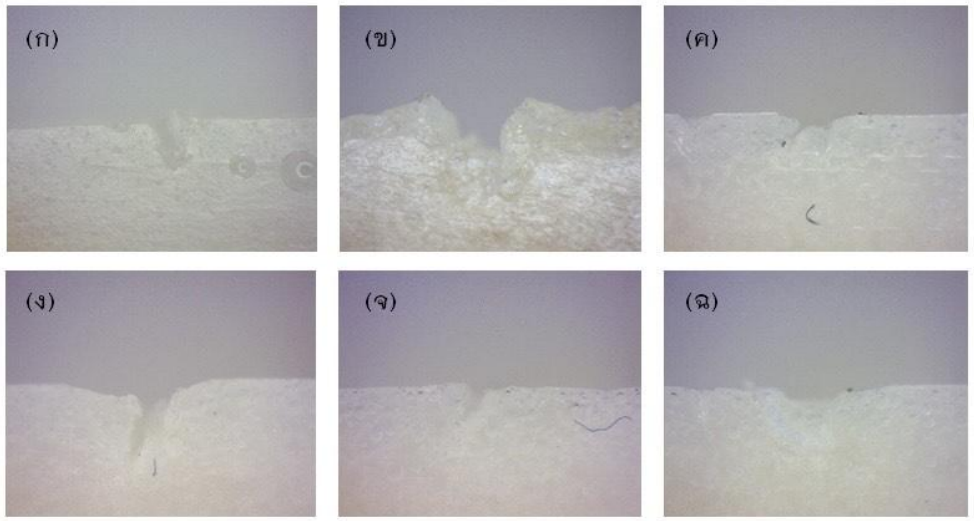
กับไมโครแคปซูลบรรจุสารซ่อมแซมตนเองจากน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ จะสังเกตได้ว่าแผ่นเหล็กเกิดการกัดกร่อนน้อยกว่าเคลือบ เนื่องจากแผ่นเหล็กที่เคลือบด้วยสารเคลือบที่เป็นอีพอกซีผสมกับไมโครแคปซูลบรรจุน้ำมันพืช เมื่อถูกแรงกรีดจากแรงภายนอกไมโครแคปซูลจะแตกออก เกิดรอยแตกร้าวเล็ก ๆ และขยายตัว จากนั้นน้ำมันพืชที่เป็นสารแกนจะหลุดออกมาเป็นผลจากแรงแคปปิลารี่ (Capillary effect) และเติมเต็มบริเวณที่มีรอยขีดข่วน โดยเกิดฟิล์มใหม่ผ่านการเกิดพอลิเมอไรเซชันแบบออกซิเดชันของน้ำมันที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ ฟิล์มนี้จะจำกัดการสัมผัสระหว่างสารละลายเกลือแกงและแผ่นเหล็ก จึงปกป้องพื้นผิวจากการกัดกร่อน แต่ฟิล์มป้องกันจะไม่ได้ปกคลุมบริเวณที่มีรอยขีดข่วนอย่างสมบูรณ์ อาจเกิดจากปริมาณไมโครแคปซูลไม่เพียงพอที่จะก่อตัวเป็นฟิล์มหนาแน่น [1,3] อย่างไรก็ตามในการทดลองไม่สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพการซ่อมแซมตนเองของน้ำมันแต่ละชนิดได้ เนื่องจากข้อจำกัดในขั้นตอนการกรีดชิ้นงาน ไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เช่น แรงกดการกรีด ความลึก ความหนา และความยาวของรอยกรีดได้ ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบความตื้นขึ้นของรอยกรีดของน้ำมันแต่ละชนิดได้ และไม่สามารถบอกได้ว่าการกรีดของแต่ละชิ้นทำให้พื้นที่แผ่นเหล็กสัมผัสกับสารละลายโซเดียวคลอไรด์ได้เท่ากัน รวมถึงการกระจายตัวของไมโครแคปซูลในเนื้อสารเคลือบอีพอกซีที่ไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองได้



ภาพที่ 4 ลักษณะของรอยกรีดบนผิวของตัวอย่างอีพอกซีผสมกับไมโครแคปซูลบรรจุน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ

จากนั้นได้ทำการทดสอบสมบัติการซ่อมแซมของสารเคลือบ โดยการนำอีพอกซีขึ้นรูปมาทำการกรีด และวางไว้ที่อุณหภูมิห้องให้สัมผัสกับอากาศ และนำไปวิเคราะห์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ผลแสดงดังภาพที่ 5 แต่ผลการทดสอบยังไม่สามารถสรุปผลได้ชัดเจน เนื่องจากสาเหตุเดียวกับการทดสอบการกัดกร่อนในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ คือการกรีดบนชิ้นงานไม่สามารถควบคุมความลึก ความกว้างของรอยกรีด ทำให้รอยแต่ละตัวอย่างไม่เท่ากัน จึงไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ จึงควรมีการควบคุมตัวแปรเหล่านี้ และมีการย้อมสีน้ำมันเพื่อให้สังเกตได้ง่ายขึ้นเมื่อน้ำมันที่หลุดออกมาจากไมโครแคปซูลที่แตกออกเกิดออกซิเดชันกับอากาศเป็นฟิล์มเติมเต็มรอยกรีดนั้น

จากภาพที่ 4 พบได้ว่า แผ่นเหล็กที่ไม่มีการเคลือบสารเคลือบจะเกิดการกัดกร่อนทั้งแผ่นอย่างเห็นได้ชัด แผ่นเหล็กที่มีการเคลือบอีพอกซีที่ไม่ได้ผสมไมโครแคปซูลมีการถูกกัดกร่อนบริเวณรอยกรีด และเริ่มมีสนิมแพร่กระจายเข้าไปภายใต้สารเคลือบที่มีแผ่นเหล็กอยู่ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นเหล็กที่มีการเคลือบด้วยอีพอกซีที่ผสมกับไมโครแคปซูลบรรจุสารซ่อมแซมตนเองจากน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ จะสังเกตได้ว่าแผ่นเหล็กเกิดการกัดกร่อนน้อยกว่า จากนั้นได้ทำการทดสอบสมบัติการซ่อมแซมของสารเคลือบ โดยการนำอีพอกซีขึ้นรูปมาทำการกรีดและวางทิ้งไว้ให้สัมผัสกับอากาศ จากนั้นนำไปวิเคราะห์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ผลเป็นดังภาพที่ 5 แต่ผลการทดสอบยังไม่ชัดเจน



ภาพที่ 5 รอยกรีดบนผิวของอีพอกซีผสมกับไมโครแคปซูลบรรจุน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ
(ก) ไม่ผสม (ข) น้ำมันลินสีด (ค) น้ำมันทานตะวัน (ง) น้ำมันงา (จ) น้ำมันมะกอก (ฉ) น้ำมันอะโวคาโด

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาการเตรียมพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ไมโครแคปซูลบรรจุสารซ่อมแซมตนเองจากน้ำมันพืชที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยวิธีอินซิทูพอลิเมอไรเซชัน ศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และประสิทธิภาพของพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ไมโครแคปซูลบรรจุสารซ่อมแซมตนเองจากน้ำมันพืชในระบบซ่อมแซมตนเอง พบว่าไมโครแคปซูลพอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ไม่บรรจุสารแกน จะมีลักษณะเป็นผงสีขาว และไมโครแคปซูลบรรจุสารแกนเป็นน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่สังเคราะห์ได้จะมีลักษณะเป็นผงที่มีสีต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมัน มีการกระจายตัวที่ดี และเนื้อละเอียด มีค่าผลได้ของการเอนแคปซูลเลชัน (%Encapsulation) หรือร้อยละของผลได้ในช่วง 40.34 – 42.76 % จากภาพที่ 3 ภาพถ่าย SEM พบว่าไมโครแคปซูลบรรจุน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะคล้ายคลึงกัน คือเป็นทรงกลม ผิวขรุขระ มีการกระจายตัวดีไม่เกาะติดกันเป็นก้อน มีขนาดอยู่ในช่วง 83–117 ไมโครเมตร ในการศึกษาสมบัติการซ่อมแซมตนเองของไมโครแคปซูลด้านการต้านทานการกัดกร่อนพบว่า จากการทดสอบการกัดกร่อนในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ แผ่นเหล็กที่เคลือบสารเคลือบที่ผสมไมโครแคปซูลมีการกัดกร่อนน้อยกว่าแผ่นเหล็กที่ไม่เคลือบและเคลือบโดยไม่ผสมไมโครแคปซูล แสดงให้เห็นว่าสารเคลือบที่ผสมไมโครแคปซูลที่เตรียมได้มีแนวโน้มแสดงสมบัติการซ่อมแซมตนเอง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการทดสอบสมบัติของวัสดุ จากภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

1. Ataei S, Khorasani SN, Neisiany RE. Biofriendly vegetable oil healing agents used for developing self-healing coatings: A review. Prog. Org. Coat. 2019; 129:77-95.
2. Ataei S, Khorasani SN, Torkaman R, Neisiany RE, Koochaki MS. Self-healing performance of an epoxy coating containing microencapsulated alkyd resin based on coconut oil. Prog. Org. Coat. 2018; 120:60-66.
3. Li H, Cui Y, Li Z, Zhu Y, Wang H. Fabrication of microcapsules containing dual-functional tung oil and properties suitable for self-healing and self-lubricating coatings. Prog. Org. Coat. 2018; 115:164-171.
4. Behzadnasab M, Esfandeh M, Mirabedinia SM, Zohuriaan-Mehr MJ, Farnood RR. Preparation and characterization of linseed oil-filled urea- formaldehyde microcapsules and their effect on mechanical properties of an epoxybased coating, Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Asp. 2014; 457:16-26.
5. Baharom Z, Idris MI, Lee TC, Abdullah HZ. Comparative Study on Microencapsulated of Natural and Waste Sunflower Oil as Self-Healing Agent. MSF 2020; 1010:439-44.
6. บัณฑิต พรหมรักษา, จุรีรัตน์ ดาดวง, เตือนจิต คำพิทักษ์, ประณิธิ หงสประภาส, พัชรี บุญศิริ. เทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันและบทบาททางการแพทย์. ศรีนครินทร์เวชสาร 2557; 29 (1): 90-97.
7. บทที่ 7 : พอลิเมอร์ [อินเทอร์เน็ต] สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2567. ได้จาก http://old-book.ru.ac.th/e-book/c/CH462/ch462-11.pdfthai
8. Zhang C, Wang H, Zhou Q. Preparation and characterization of microcapsules based self-healing coatings containing epoxy ester as healing agent. Prog. Org. Coat. 2018; 125:403-410.
9. Carvalho da Silva L, Castelo RM, Cheng HN, Biswas A, Furtado RF, Alves CR. Methods of Microencapsulation of Vegetable Oil: Principles, Stability and Applications – A Minireview. Food Technol Biotechnol. 2022; 60(3):308-320.
10. Onsaard E, Onsaard W. Microencapsulated Vegetable Oil Powder [Internet]. Microencapsulation – Processes, Technologies and Industrial Applications. IntechOpen; 2019. Available from: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.85351.

การพยากรณ์ปริมาณการส่งออกทุเรียนแช่แข็งโดยใช้ตัวแบบการเรียนรู้ของเครื่อง

Forecasting frozen durian export volumes using machine learning model

ณัชยภรณ์ คันธรส[1], สิทธิศักดิ์ สีหมื่น[1], ชุติปภา ภัทรประสงค์[1] และ เฉลิมรัช นนทะภา[1,*]

Nutchayaporn Kuntarosd[1], Sitthisak Seemuen[1], Chutipapha Pattaraprasong[1]

and Chalermrat Nontapa[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกทุเรียนแช่แข็งและเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ทั้ง 4 ตัวแบบ คือ SVM Random Forest XG Boost และ Light GBM โดยใช้ข้อมูลรายเดือนของปริมาณการส่งออกทุเรียนแช่แข็ง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2556 ถึงเดือนกันยายน 2567 รวมทั้งสิ้น 142 เดือน โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลชุดแรกเป็นข้อมูลฝึกสอนตั้งแต่เดือนมกราคม 2556 ถึงเดือนกันยายน 2566 จำนวน 130 เดือน เพื่อใช้ในการสร้างตัวแบบในการพยากรณ์ และข้อมูลชุดสองเป็นข้อมูลชุดทดสอบตั้งแต่เดือนตุลาคม 2566 ถึงเดือนกันยายน 2567 จำนวน 12 เดือน เพื่อเปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ คือ ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Squared) และอัตราการลดความคลาดเคลื่อน (RER) ผลการวิจัยพบว่า ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด คือ ตัวแบบ XG Boost โดยมีค่า MAPE ของชุดฝึกสอนต่ำสุดเท่ากับ 0.0388% และ MAPE ข้อมูลชุดทดสอบ 4.6750 % มีค่า R-Squared เท่ากับ 99.999% และมีค่า RER เท่ากับ 99.2954%

คำสำคัญ: การส่งออกทุเรียน, ทุเรียนแช่แข็ง, การเรียนรู้ของเครื่อง, XG Boost, Light GBM

Abstract

This study aims to develop a forecasting model for frozen durian export volumes and to compare four forecasting models: SVM, Random Forest, XG Boost, and Light GBM. Monthly data on frozen durian export volumes from January 2013 to September 2024—a total of 142 months—is used. The data is divided into two sets: the first set, comprising 130 months from January 2013 to September 2023, serves as the training set for model creation. The second set, containing 12 months from October 2023 to September 2024, is used as a test set for model accuracy comparison. The accuracy metrics applied in this comparison include Mean Absolute Percentage Error (MAPE), R-Squared, and the Reduction of Error Rate (RER). The findings indicate that the XG Boost model performs best, achieving the lowest MAPE on the training set at 0.0388% and 4.6750% on the test set, with an R-Squared of 99.999% and an RER of 99.2954%.

Keywords: Durian Export, Frozen Durian, Machine Learning, XG Boost, Light GBM

[1] ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[1] Department of Statistics, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

[*]Corresponding author: chalermrat.n@cmu.ac.th

บทนำ

ทุเรียนแช่แข็งเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ โดยเฉพาะในตลาดจีนและสหรัฐอเมริกา ทุเรียนเป็นพืชเศรษฐกิจที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศเขตร้อนของประเทศไทย ทำให้ไทยกลายเป็นผู้ผลิตและส่งออกทุเรียนรายใหญ่ที่สุดในโลก พื้นที่ปลูกทุเรียนส่วนใหญ่กระจายอยู่ในภาคตะวันออกและภาคใต้ เช่น ระยอง จันทบุรี ตราด ชุมพร ระนอง และนราธิวาส (ไพศาล, 2563) อย่างไรก็ตาม การส่งออกทุเรียนมักเผชิญปัญหาด้านคุณภาพที่เสื่อมลงก่อนถึงมือผู้บริโภค ซึ่งส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้า การพยากรณ์ปริมาณการส่งออกทุเรียนแช่แข็งจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการวางแผนการผลิตให้สอดคล้องกับฤดูกาลและความต้องการของตลาดโลก หากการพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อน เช่น การประเมินความต้องการต่ำกว่าความเป็นจริง อาจนำไปสู่การสูญเสียทางเศรษฐกิจหรือไม่สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดได้อย่างเพียงพอ ด้วยเหตุนี้การพยากรณ์ที่แม่นยำจะมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต ให้ตรงกับความต้องการของตลาด ลดความเสี่ยงทางการตลาด และช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของทุเรียนไทยในตลาดโลกได้

จากสถิติปี พ.ศ. 2567 มีปริมาณการส่งออกทุเรียนแช่แข็ง 28,989.23 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 5,785.99 ล้านบาท ส่งออกไปจีนร้อยละ 96.65 กัมพูชาร้อยละ 2.20 และสหรัฐอเมริการ้อยละ 0.34 ตามลำดับ โดยทุเรียนแช่แข็งมีปริมาณและมูลค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.53 และ 41.13 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับช่วงเดือนเดียวกันของปีที่ผ่านมา (กรุงเทพธุรกิจ, 2567) จากความนิยมบริโภคทุเรียนในต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้การส่งออกทุเรียนมีแนวโน้มสูงขึ้นตามความต้องการของตลาดต่างประเทศ โดยประเทศที่นำเข้าทุเรียนแช่แข็งจากประเทศไทยมากที่สุดได้แก่ ประเทศจีน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังนั้น การคาดการณ์แนวโน้มของราคาทุเรียนแช่แข็งและราคาทุเรียนส่งออกทุเรียนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวางแผนการผลิตและการส่งออก และยังช่วยให้เกษตรกรไทยมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการจำหน่ายผลผลิตทุเรียน โดยกระบวนการแช่แข็งสามารถรักษาความสดใหม่และคุณค่าทางโภชนาการไว้ยาวนาน

การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นเครื่องมือที่สามารถช่วยให้ผู้ผลิตและผู้ส่งออกทราบแนวโน้มของปริมาณการส่งออกทุเรียนในอนาคต โดยการใช้ข้อมูลรายเดือนมาพยากรณ์แนวโน้มของความต้องการทุเรียนในแต่ละช่วงเวลาที่ความต้องการทุเรียนแช่แข็งเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไรก็ตาม ความแม่นยำของการพยากรณ์ที่มากขึ้นส่งผลให้เกิดการพัฒนาตัวแบบพยากรณ์ที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อนและแม่นยำขึ้น ในการศึกษาการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกทุเรียนสดของไทยด้วยวิธีบอกซ์–เจนกินส์และวิธีการปรับด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก พบว่า วิธีปรับเรียบด้วยเส้นโค้งชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวกให้ความแม่นยำในการพยากรณ์มากกว่าวิธีบอกซ์–เจนกินส์ โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 58.499 (บำรุงพงษ์, 2566) นอกจากนี้ วิธีการทำให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาราคาทุเรียนหมอนทองเฉลี่ยต่อเดือน โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 9.2171 (วรางคณา, 2559) โดยส่วนใหญ่จะใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาในการพยากรณ์ข้อมูลทุเรียนส่งออก ซึ่งข้อจำกัดของการวิเคราะห์ข้อมูลทางอนุกรมเวลา คือ ใช้สำหรับข้อมูลที่ไม่มีความซับซ้อนสูง เราจึงต้องการใช้การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เพื่อทำการพยากรณ์ และหาความแตกต่างระหว่างการใช้อนุกรมเวลากับการใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบการพยากรณ์แบบต่าง ๆ ได้แก่ SVM Random Forest XG Boost และ Light GBM ในการพยากรณ์ปริมาณทุเรียนส่งออก โดยมีวัตถุประสงค์คือเพื่อสร้างตัวแบบ SVM Random Forest XG Boost และ Light GBM ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของปริมาณการส่งออกทุเรียนในต่างประเทศและเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบ SVM Random Forest XG Boost และ Light GBM ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของปริมาณการส่งออกทุเรียนในต่างประเทศ การเลือกใช้ตัวแบบที่มี

ประสิทธิภาพสูงสุดจะช่วยให้สามารถคาดการณ์ปริมาณการส่งออกทุเรียนแช่แข็งได้อย่างแม่นยำมากขึ้น ส่งผลต่อการวางแผนการผลิตและการจัดการกระบวนการผลิตและจัดจำหน่ายได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถนำผลการพยากรณ์ไปใช้ประโยชน์ในการวางกลยุทธ์ทางการตลาดในตลาดต่างประเทศที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ การพัฒนาความแม่นยำของการพยากรณ์ด้วยเทคนิคต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการและเกษตรกรในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและรายได้จากการส่งออกทุเรียนแช่แข็งของไทยในตลาดโลก

วัตถุประสงค์

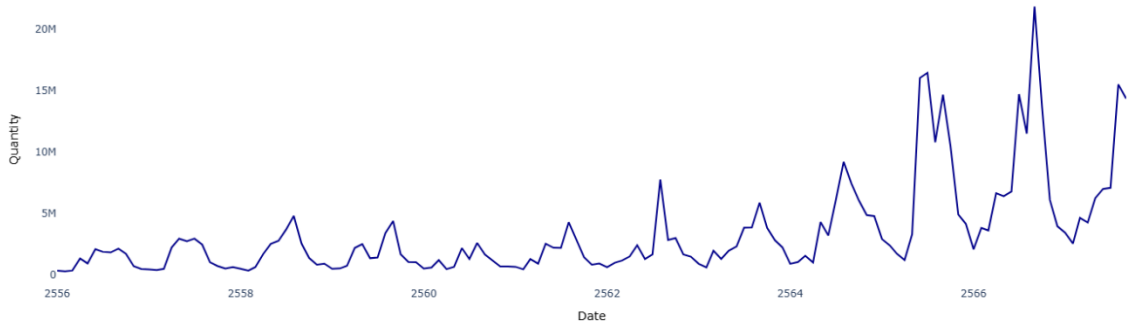
1. เพื่อสร้างตัวแบบ SVM Random Forest XG Boost และ Light GBM ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของปริมาณการส่งออกทุเรียนในต่างประเทศ

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบ SVM Random Forest XG Boost และ Light GBM ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของปริมาณการส่งออกทุเรียนในต่างประเทศ

วิธีการศึกษาข้อมูล

1. ข้อมูล

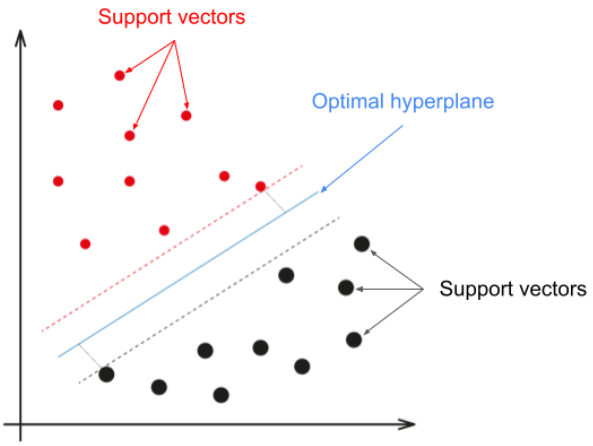
ข้อมูลทุเรียนแช่แข็งที่ส่งออกจากประเทศไทยเป็นข้อมูลรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึงกันยายน พ.ศ.2567 เป็นจำนวน 142 เดือนโดยแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 2 ชุดคือ ชุดข้อมูลฝึกสอน (Training Data) ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2566 เป็นจำนวน 130 เดือน และชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Data) ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ.2566 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2567 เป็นจำนวน 12 เดือน ใช้ในการเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพยากรณ์ ซึ่งข้อมูลนำมาจาก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567) โดยแนวโน้มของข้อมูลดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟแสดงจำการส่งออกทุเรียนแช่แข็งในแต่ละเดือน ตั้งแต่มกราคม พ.ศ.2556 ถึง กันยายน พ.ศ.2567

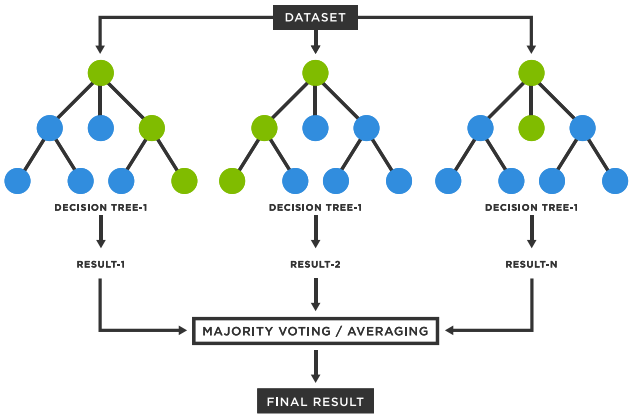
2. ตัวแบบการพยากรณ์

2.1 เครื่องเวกเตอร์สนับสนุน (Support Vector Machines) เป็นแบบจำลองการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ทรงพลังสำหรับงานจำแนกประเภท (Classification) SVM เป็นวิธีการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) ที่ถูกนำมาใช้ในด้านการถดถอย (Regression) และการจำแนกประเภท (Cortes, 1995)โดยมีหลักการสำคัญคือ การหา "Hyperplane" ที่เหมาะสมที่สุดในการแบ่งแยกข้อมูลให้อยู่ในคลาสต่างๆด้วยระยะห่างสูงสุดระหว่างข้อมูลแต่ละกลุ่ม สำหรับการทำงานของ SVM ดังภาพที่ 2



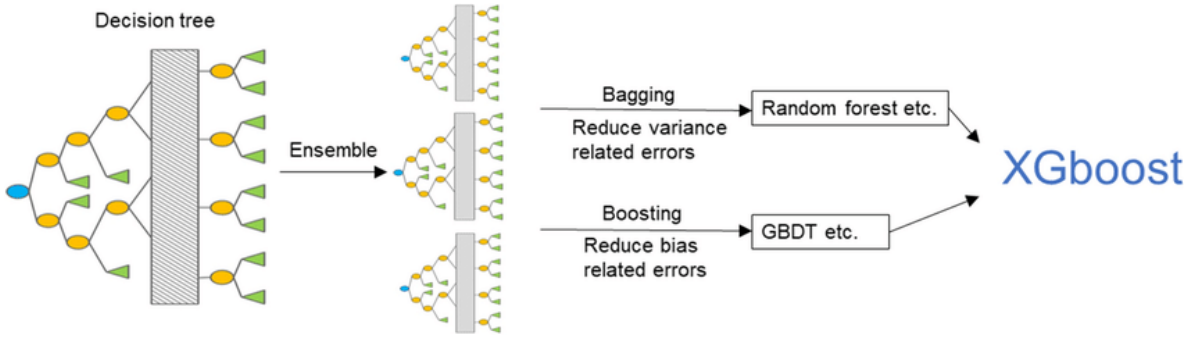
ภาพที่ 2 ตัวอย่างของ Support Vector Machines โดยที่ optimal hyperplane
จาก https://www.techslang.com/definition/what-is-an-svm/

2.2 ป่าสุ่ม (Random Forests) เป็นการผสมผสานระหว่างตัวทำนายต้นไม้ โดยที่ต้นไม้แต่ละต้นขึ้นอยู่กับค่าของเวกเตอร์สุ่มที่สุ่มตัวอย่างอย่างอิสระและมีการกระจายแบบเดียวกันสำหรับต้นไม้ทุกต้นในป่า (Breiman, 2001) Random Forest ทำงานโดยสุ่มตัวอย่างข้อมูล (Bootstrap Sampling) และสร้างต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) สำหรับแต่ละชุดตัวอย่าง โดยเลือกฟีเจอร์สำหรับการแบ่งแบบสุ่มในแต่ละขั้นตอน เมื่อต้นไม้ถูกสร้างเสร็จ การทำนายจะใช้ผลลัพธ์จากต้นไม้ทั้งหมดรวมกัน (Voting สำหรับ Classification หรือ Averaging สำหรับ Regression) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์สุดท้าย ดังภาพที่ 3



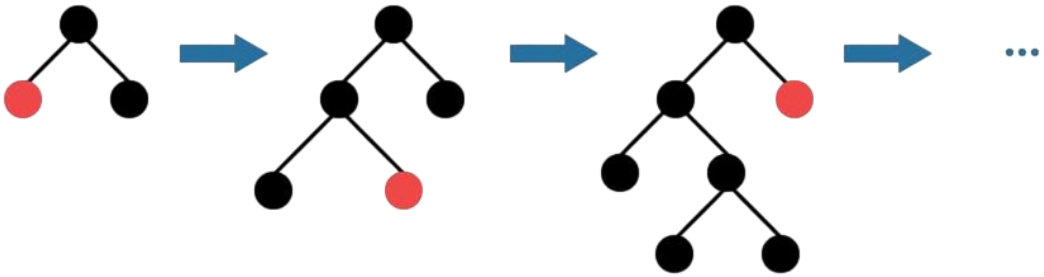
ภาพที่ 3 โครงสร้างการทำงานของตัวแบบ Random Forest
จาก https://medium.com/@techynilesh/random-forest-algorithm-explained-in-less-than-5-minutes-a433dc295f94

2.3 Extreme Gradient Boosting (XG Boost) เป็นการรวมต้นไม้การตัดสินใจที่อิงตามการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงเกรเดียนท์ (Gradient Boosting) ซึ่งออกแบบมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงเกรเดียนท์ โดย XG Boost ใช้กันอย่างแพร่หลายโดยนักวิทยาศาสตร์ข้อมูลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ล้ำสมัยกับความท้าทายด้านการเรียนรู้ของเครื่องมากมาย (Chen, 2016) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ภาพการแสดงการทำงานของตัวแบบ Extreme Gradient Boosting
จาก https://www.researchgate.net/publication/349960301_Predictive_model_for_the_5-year_survival_status_of_osteosarcoma_patients_based_on_the_SEER_database_and_XGBoost_algorithm

2.4 Light Gradient Boosting Machine (Light GBM) เป็นตัวแบบหนึ่งที่ได้รับความนิยมประเภทการเรียนรู้ของเครื่อง (Guolin Ke, 2017) โดยการพัฒนาตัวแบบ Gradient Boosting ที่ออกแบบมาให้มีความเร็วสูงและประสิทธิภาพดีเมื่อใช้กับข้อมูลที่มีขนาดใหญ่หรือมีคุณลักษณะ (Features) จำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานกับงานพยากรณ์ต่างๆ เช่น การทำนายยอดขาย ทำนายแนวโน้มของตลาด หรือแม้แต่การจำแนกประเภทของข้อมูลมีคุณสมบัติคือ ประสิทธิภาพสูง เนื่องจาก Light GBM ถูกออกแบบมาให้สามารถทำงานกับข้อมูลขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว เหมาะสมกับชุดข้อมูลที่มีความไม่สมดุลของกลุ่มข้อมูล (Imbalanced Data) ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 โครงสร้างการทำงานของ Light GBM
จาก https://www.analytixlabs.co.in/blog/gradient-boosting-algorithm/

3. การประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบ

3.1 ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) เป็นค่าที่ใช้วัดความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ โดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการพยากรณ์ไม่คำนึงถึงเครื่องหมายค่าที่ได้ต่ำนั้นมีความแม่นยำสูง ดังสมการ (1)

(1)

$$MAPE(\%) = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{(Y_t - \hat{Y}_t)^2}{Y_t}\right|$$

โดยที่ Y_t คือ ค่าสังเกต ณ เวลาที่ t

$\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ของข้อมูล ณ เวลาที่ t

n คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

3.2 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R-Squared) เป็นการวัดประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์มักอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ ถ้า R-Squared มีค่าใกล้ 100% แสดงว่าสมการพยากรณ์ที่ได้มีประสิทธิภาพสูง ถ้า R-Squared มีค่าใกล้ 0% แสดงว่าสมการพยากรณ์ที่ได้มีประสิทธิภาพต่ำ ดังสมการที่ (2)

$$R - Squared(\%) = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_t - \hat{Y}_t)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y_t - \bar{Y})^2}\right) \times 100 \quad (2)$$

โดยที่ Y_t คือ ค่าสังเกต ณ เวลาที่ t

$\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ของข้อมูล ณ เวลาที่ t

n คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

3.3 อัตราการลดความคลาดเคลื่อน (Reduce Error Rate: RER) เป็นการวัดความแม่นยำของตัวแบบด้วยวิธีใหม่เทียบกับวิธีพยากรณ์เดิม วิธีที่จะถูกนำไปใช้ในการพยากรณ์จะต้องมีค่า RER สูงที่สุด ดังสมการที่ (3)

$$RER(\%) = \left(1 - \frac{MAPE_{Proposed}}{MAPE_{Based}}\right) \times 100 \quad (3)$$

โดยที่ $MAPE_{Proposed}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของวิธีใหม่

$MAPE_{Based}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของวิธีเดิม

ผลการศึกษา

การวิเคราะห์การส่งออกทุเรียนแช่แข็งของประเทศไทยด้วยตัวแบบทั้ง 4 คือ ตัวแบบ SVM Random Forest XG Boost และ Light GBM โดยตัวแบบได้ทำการประมวลผลด้วย Python และทำการวัดประสิทธิภาพได้ผลลัพธ์ดังนี้

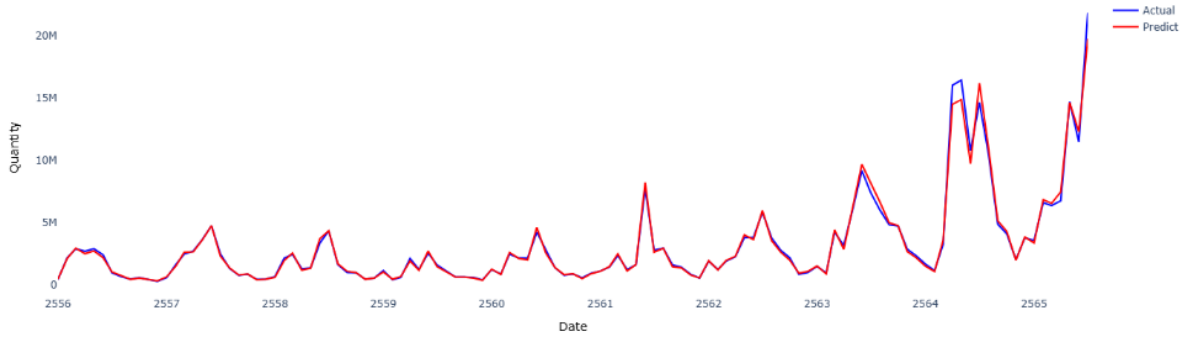
1. การพยากรณ์การส่งออกทุเรียนแช่แข็งของประเทศไทยด้วยตัวแบบ SVM

โดยเทียบค่าจริง (Actual Value) และค่าพยากรณ์ (Predict Value) โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ ได้แก่

svr_c คือ การควบคุมระหว่างความผิดพลาดของการฝึกเท่ากับ 10

svr_gamma คือ การควบคุมระยะการมีผลกระทบของแต่ละจุดในข้อมูลเท่ากับ 'Scale'

ได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ของตัวแบบ SVM

2. การพยากรณ์การส่งออกทุเรียนแช่แข็งของประเทศไทยด้วยตัวแบบ Random Forest

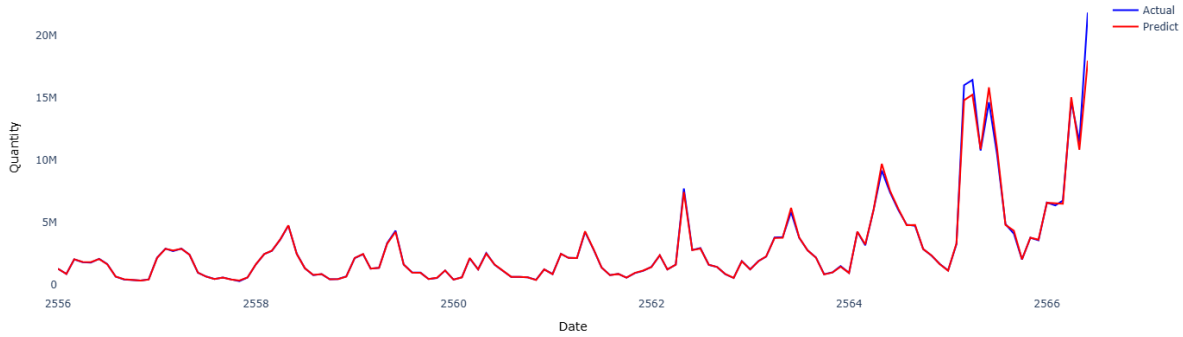
โดยเทียบค่าจริง (Actual Value) และค่าพยากรณ์ (Predict Value) โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้

n_estimators คือ จำนวนต้นไม้ที่ใช้ในการสร้างโมเดลเท่ากับ 100 ต้น

max_depth คือ ความลึกสูงสุดของต้นไม้แต่ละต้น เท่ากับ 10

min_samples_split คือ จำนวนตัวอย่างขั้นต่ำที่ต้องมีในการแบ่งโหนด เท่ากับ 5

ได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ของตัวแบบ Random Forest

3. การพยากรณ์การส่งออกทุเรียนแช่แข็งของประเทศไทยด้วยตัวแบบ XG Boost

โดยเทียบค่าจริง (Actual Value) และค่าพยากรณ์ (Predict Value) โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้

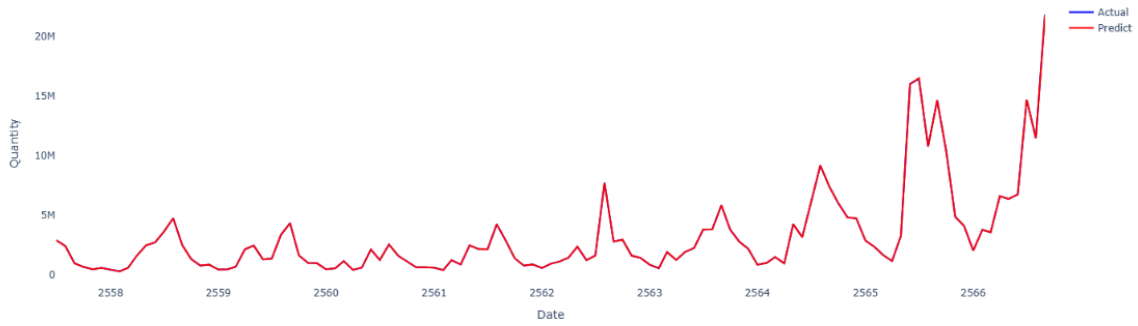
n_estimators คือ จำนวนต้นไม้ที่ใช้ในการสร้างโมเดลเท่ากับ 300

max_depth คือ ความลึกสูงสุดของต้นไม้แต่ละต้นเท่ากับ 5

subsample คือ สัดส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแต่ละต้นไม้เท่ากับ 0.8 หรือ 80%

learning_rate คือ อัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.05

ได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ของตัวแบบ XG Boost

4. การพยากรณ์การส่งออกทุเรียนแช่แข็งของประเทศไทยด้วยตัวแบบ Light GBM

โดยเทียบค่าจริง (Actual Value) และค่าพยากรณ์ (Predict Value) โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้

n_estimators คือ จำนวนต้นไม้ที่ใช้ในการสร้างโมเดลเท่ากับ 100

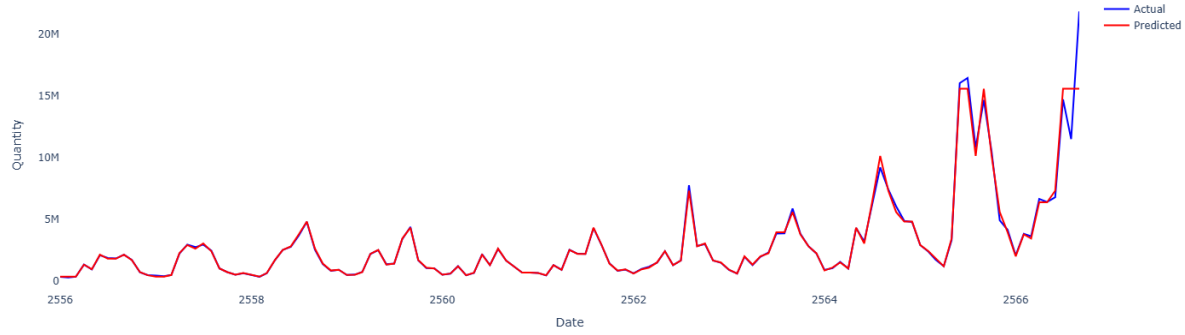
max_depth คือ ความลึกสูงสุดของต้นไม้แต่ละต้นเท่ากับ 10

min_child_samples คือ จำนวนตัวอย่างขั้นต่ำที่ต้องมีในการแบ่งโหนดเท่ากับ 5

subsample คือ สัดส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างต้นไม้แต่ละต้นเท่ากับ 0.8 หรือ 80%

learning_rate คือ อัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.1

ได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ของตัว Light GBM

ผลลัพธ์จากตารางที่ 1 พบว่าตัวแบบ XG Boost เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ การส่งออกทุเรียนแช่แข็ง โดยมีค่า MAPE ของชุดฝึกสอนต่ำสุดเท่ากับ 0.0388% และ MAPE ข้อมูลชุดทดสอบ 4.6750% มีค่า R-squared ถึง 99.99% และมีค่า RER เท่ากับ 99.2954%

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่า MAPE (%) ค่า R-Squared (%) และ RER (%) ของแบบจำลองทั้ง 4 ตัวแบบ

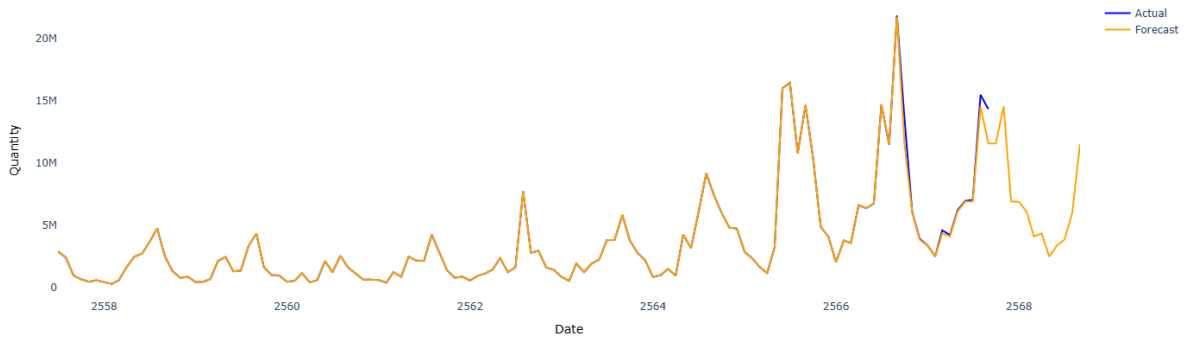
ตัวแบบ	MAPE (%)		R-Squared (%)	RER (%)
	ชุดฝึกสอน	ชุดทดสอบ		
SVM	5.5063	6.0416	98.910	-
Random Forest	1.5440	2.9467	99.270	71.9594
XG Boost	0.0388	4.6750	99.999	99.2954
Light GBM	3.1400	3.8900	96.230	42.9744

จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ตัวแบบ XG Boost ที่ได้มีการปรับค่าพารามิเตอร์เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของโมเดล โดยใช้ n_estimators จำนวนต้นไม้ที่ใช้ในการสร้างโมเดลเท่ากับ 300 max_depth เท่ากับ 5 subsample สัดส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแต่ละต้นไม้เท่ากับ 0.8 หรือ 80% และ learning_rate เท่ากับ 0.05 ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิด overfitting และสามารถคาดการผลลัพธ์ได้อย่างแม่นยำ

เมื่อได้ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดของการพยากรณ์การส่งออกทุเรียนแช่แข็ง จึงทำการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2567 ถึง เดือนพฤษภาคม 2568 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2567 ถึง เดือนกันยายน 2568

เดือน	ค่าพยากรณ์	เดือน	ค่าพยากรณ์
ตุลาคม 2567	11,540,174.00	เมษายน 2567	4,332,326.50
พฤศจิกายน 2567	14,624,894.00	พฤษภาคม 2568	2,499,029.25
ธันวาคม 2567	6,756,864.50	มิถุนายน 2568	3,342,996.25
มกราคม 2567	6,755,942.50	กรกฎาคม 2568	3,857,372.25
กุมภาพันธ์ 2567	6,050,532.50	สิงหาคม 2568	6,006,115.50
มีนาคม 2567	4,080,449.75	กันยายน 2568	11,449,515.0



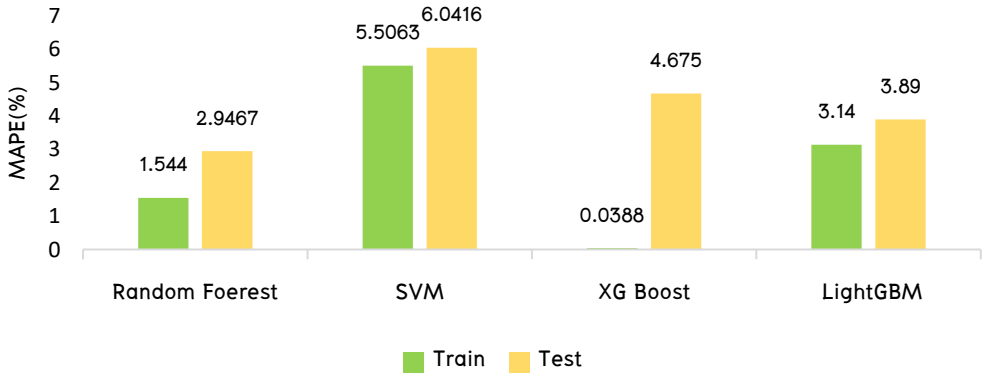
ภาพที่ 10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณการส่งออกทุเรียนแช่แข็งล่วงหน้า12เดือน

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้เน้นการพัฒนาตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกทุเรียนแช่แข็งรายเดือน โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ 4 ตัวแบบการเรียนรู้ของเครื่องจักร ได้แก่ SVM Random Forest XG Boost และ Light GBM จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าตัวแบบ XG Boost แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพสูงสุดในทุกเกณฑ์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นค่า MAPE ที่ต่ำที่สุดอยู่ที่ 0.0563% ซึ่งบ่งบอกว่าตัวแบบนี้สามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำและมีความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับตัวแบบอื่น ๆ เช่น SVM ซึ่งมีค่า MAPE อยู่ที่ 5.5063% หรือ Light GBM ที่ 3.26% ในด้านค่า R-Squared ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถของตัวแบบในการอธิบายความแปรผันของข้อมูล ตัวแบบ XG Boost มีค่าสูงสุดที่ 99.99% แสดงว่าตัวแบบนี้สามารถอธิบายความแปรผันของปริมาณการส่งออกทุเรียนแช่แข็งได้อย่างแม่นยำและครอบคลุมกว่าตัวแบบอื่น ๆ ที่มีค่า R-Squared ต่ำกว่า เช่น Light GBM ที่ 96.230% และ SVM ที่ 98.910% นอกจากนี้ XG Boost ยังแสดงให้เห็นถึงค่าสัมประสิทธิ์การประเมินประสิทธิภาพการพยากรณ์ (RER) ที่สูงที่สุดถึง 99.2954% ซึ่งหมายความว่าตัวแบบนี้มีความสามารถในการพยากรณ์ข้อมูลข้างหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ในขณะที่ตัวแบบอื่นๆ เช่น SVM และ Light GBM อาจจะมีความสามารถที่ดีในบางด้าน แต่เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ทั้งหมดแล้ว ตัวแบบ XG Boost มีความเหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้พยากรณ์ปริมาณการส่งออกทุเรียนแช่แข็งในอนาคต เนื่องจากมีการปรับความซับซ้อนของข้อมูลได้ดี มีการจัดการกับปัญหาข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์หรือมีความผันผวนสูง ทำให้การพยากรณ์มีความแม่นยำและเสถียรมากขึ้น ผลการศึกษานี้มีความสำคัญในการวางแผนเชิงกลยุทธ์สำหรับการส่งออกทุเรียนแช่แข็ง ซึ่งเป็นตลาดที่มีความต้องการสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยข้อมูลการพยากรณ์สามารถนำไปใช้ในการจัดการวางแผนการผลิต การควบคุมปริมาณสินค้าคงคลัง การจัดสรรทรัพยากรและบุคลากร รวมถึงการวิเคราะห์แนวโน้มการเติบโตของตลาด นอกจากนี้ยังช่วยในการตัดสินใจทางการตลาด เช่น การกำหนดราคาขาย การปรับปรุงกระบวนการผลิต และการบริหารจัดการโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้ ตัวแบบ XG Boost จึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่สามารถช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถคาดการณ์และวางแผนในเชิงกลยุทธ์ได้อย่างแม่นยำ ช่วยให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของตลาดได้อย่างทันเวลา ลดความเสี่ยงจากการคาดการณ์ที่ผิดพลาด และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดทุเรียนแช่แข็ง

วิจารณ์ผลการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าตัวแบบ XG Boost สามารถพยากรณ์ปริมาณการส่งออกทุเรียนแช่แข็งในประเทศไทย ซึ่งมีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากตัวแบบนี้มีผลจากการวัดประสิทธิภาพ จากค่า MAPE ที่ต่ำสุด ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 การเปรียบเทียบค่า MAPE ของค่าจริงและค่าพยากรณ์ของทั้ง 4 ตัวแบบ

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าตัวแบบ XG Boost สามารถพยากรณ์ปริมาณการส่งออกทุเรียนแช่แข็งในประเทศไทยมีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากตัวแบบนี้มีผลวัดประสิทธิภาพของตัวแบบมีค่าที่ดีที่สุด โดยผลการวิจัยที่สอดคล้องกับงานวิจัย (ปวริศ, 2565) กล่าวว่า XG Boost เป็นตัวแบบที่สามารถนำไปใช้งานต่อได้โดยมีประสิทธิภาพนับเป็นตัวแบบที่ดีและใช้เวลาสร้างที่ค่อนข้างน้อย

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งต่อไปควรให้ความสำคัญในเรื่องของการวิเคราะห์ว่าเหตุใดตัวแบบในตระกูล Boosting อย่างเช่น XG Boost และ Light GBM ถึงสามารถตอบสนองและให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพในข้อมูลที่มีความผันผวนสูงและควรเน้นการศึกษาวิธีการและตัวแบบของการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ให้มากขึ้น โดยการวิเคราะห์ถึงโครงสร้างของตัวแบบ เช่น โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) โครงข่ายประสาทเชิงลึก (Deep Neural Networks) ตัวแบบที่เกี่ยวข้องเช่น Convolutional Neural Networks (CNN) และ Recurrent Neural Networks (RNN)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความร่วมมือและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย คณะผู้จัดทำขอแสดงความขอบคุณ สำนักเศรษฐกิจการเกษตร ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลการส่งออกทุเรียนแช่แข็ง ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีคุณค่าและมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการนำไปวิเคราะห์และต่อยอดเพื่อการพัฒนาการส่งออกทุเรียนในอนาคตและขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ว่าที่ร้อยเอก เฉลิมรัช นนทะภา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และชี้แนวทางตลอดกระบวนการดำเนินงานวิจัย รวมถึงการสนับสนุนอย่างเต็มที่ทั้งในด้านความรู้และกำลังใจ ซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามที่ตั้งเป้าหมายไว้

เอกสารอ้างอิง

บำรุงพงษ์ พงษ์ภานิช. (2566). การพยากรณ์ปริมาณการส่งออกทุเรียนสดของไทยด้วยวิธีบอกซ์–เจนกินส์และวิธีปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก. **วารสารเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยทักษิณ,** ปีที่ 15 ฉบับที่ 3, หน้าที่ 13.

ปวริศ เวชวรรณกิจกุล และ พิศิษฏ์ จารุมณีโรจน์. (2565). การพยากรณ์ระยะเวลาการเดินทางด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง. **วารสารไทยการวิจัยดำเนินการ**, ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 60.

ไพศาล เรืองฤทธิ์. (2563). **การพยากณ์การผลิตและการส่งออกทุเรียนไทย: กรณีศึกษาเชิงประจักษ์ด้วยวิธีการทางอนุกรมเวลา.** (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต),มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

วรางคณา เรียนสุทธิ์. (2559). ตัวแบบพยากรณ์ราคาทุเรียนหมอนทอง. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม**, ปีที่ 36 ฉบับที่ 1, หน้าที่ 106.

กรุงเทพธุรกิจ. (17 พฤศจิกายน 2567). เร่งยกระดับ “ทุเรียนไทย” ในตลาดจีน เน้นคุณภาพ ก่อนวืดแชมป์เบอร์ 1 จีน. **กรุงเทพธุรกิจ**, สืบค้นจาก https://www.bangkokbiznews.com/business/economic/1128341

Breiman, L. (2001). Random forests. **Machine Learning**, 45, 5–32.

Chen, T. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. ***KDD (Knowledge Discovery and Data Mining Conference)***, San Francisco California USA : Association for Computing MachineryNew.

Cortes, C. &. (1995). Support-vector networks. **Machine Learning**, AT&T Bell Labs., Holmdel, NJ, USA:Kluwer Academic Publishers, Boston

Guolin Ke, Q. M.-Y. (2017). LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree. **Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017)**,31(1)

โปรแกรมเชื่อมต่ออุปกรณ์ทางการแพทย์ด้วย Health informatics standard

Medical devices interface application with health informatics standard

ธนากร พงษ์ปลื้ม[1*]

Thanagorn Pongpluem[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาโปรแกรมเชื่อมต่ออุปกรณ์ทางการแพทย์ด้วย Health Informatics Standard มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดชุดข้อมูลตามมาตรฐานข้อมูลทางด้านสุขภาพ Health Level 7 (HL7) ให้กับระบบสารสนเทศโรงพยาบาล ใช้ประโยชน์จากข้อมูลสุขภาพร่วมกัน โดยการแลกเปลี่ยนระหว่างระบบสารสนเทศต่างๆ ภายในโรงพยาบาล ระหว่างโรงพยาบาล ระหว่างองค์กร ภายนอกองค์กร ซึ่งเป็นประโยชน์ให้กับคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยเป็นการสนับสนุนวิสัยทัศน์ พันธกิจ และแผนยุทธศาสตร์ของคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

เครื่องมือที่ใช้ในวิจัยครั้งนี้ คือมาตรฐานข้อมูลทางด้านสุขภาพ Health Level 7 เป็นโปรโตคอลมาตรฐานสารสนเทศทางการแพทย์ที่ได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติ เพิ่มโอกาสแห่งความสำเร็จ ในการเพิ่มความสามารถระบบสารสนเทศโรงพยาบาล โดยนำเทคโนโลยีและนวัตกรรม“Application Program Interface (API)” มาใช้สื่อสารระหว่างแอปพลิเคชัน แลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพอย่างมีประสิทธิภาพปลอดภัย ร่วมกับมาตรฐานข้อมูลทางด้านสุขภาพ Health Level 7 พร้อมสนับสนุนงานบริการสุขภาพแบบไร้รอยต่อ กับการบริการระบบสารสนเทศทางด้านการแพทย์ที่มีประสิทธิภาพ โดยผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 ซึ่งผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับดีมาก

คำสำคัญ: มาตรฐานแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพ (HL7), มาตรฐานแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพ (HL7 FHIR), เทคโนโลยีที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชัน, ระบบสารสนเทศโรงพยาบาล

[1] คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Faculty of Medicine, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author : thanagornp@nu.ac.th

Abstract

This study aimed to develop a program to connect medical devices using Health Informatics Standards. The objective is to establish a dataset according to the Health Level 7 (HL7) health information standards for the hospital information system. The goal is to utilize health data collaboratively by enabling data exchange between various information systems within the hospital, between hospitals, and between external and internal organizations. This initiative benefits the Faculty of Medicine at Naresuan University by supporting the vision, mission, and strategic plan of the Faculty of Medicine at Naresuan University.

The tool used in this research is the Health Level 7 health information standard, an internationally recognized medical information protocol. This increases the likelihood of success in enhancing the hospital information system by employing technology and innovation through the "Application Program Interface (API)" to facilitate effective and secure communication between applications and exchange health data efficiently. Together with the HL7 health information standard, this supports seamless health services and an efficient medical information system. The system's performance evaluation by experts yielded an average score of 4.54, indicating a very good level of system performance.

Keywords: Health Level 7 (HL7), HL7 FHIR, REST API, Hospital Information System (HIS)

บทนำ

งานบริหารเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มีหน้าที่ดูแล พัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศภายในโรงพยาบาล เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของโรงพยาบาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นแหล่งเรียนรู้ให้กับนิสิตคณะสาขาที่เกี่ยวข้องภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ระบบสารสนเทศโรงพยาบาล HIS เป็นระบบแบบบูรณาการขนาดใหญ่ ครอบคลุมกระบวนการทำงานตามขั้นตอนการให้บริการสุขภาพ ได้แก่ การจัดเก็บประวัติส่วนตัวผู้ป่วย ประวัติการรักษาพยาบาล ข้อมูลด้านเทคนิคและปฏิบัติการ การบริหารจัดการหอผู้ป่วย การบริหารจัดการคลังยาและอุปกรณ์ทางการแพทย์ การจัดการด้านการเงิน และข้อมูลทางวิชาการแพทย์ เป็นต้น โดยระบบสารสนเทศในส่วนนี้ จึงเน้นให้เกิดระบบฐานข้อมูลที่สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพเพื่อนำไปใช้งานต่อไป นอกจากนี้ระบบสารสนเทศโรงพยาบาลยังต้องสามารถแสดงผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นพื้นฐาน หรือ การวิเคราะห์ในเชิงเทคนิคหรือวิชาการตามต้องการ สามารถขยายขอบเขตการทำงานของระบบสารสนเทศเพื่อการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทางการแพทย์ หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต่อไปในอนาคตได้

ปัจจุบันคณะแพทยศาสตร์มีการขยายเครื่องมือวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการและหน่วยงานอื่น ๆ ในโรงพยาบาล มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มขีดความสามารถในการวินิจฉัยโรค การลงทุนในอุปกรณ์ทางการแพทย์และเทคโนโลยีห้องปฏิบัติการขั้นสูงมากขึ้น เพิ่มความสามารถในการวินิจฉัยทางการแพทย์ต่างๆ ได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ การขยายแผนกติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ทางการแพทย์เพิ่มเติมในภายหลัง ทางคณะแพทยศาสตร์จำเป็นต้องจ้างเหมาบริษัทเอกชนในการติดตั้งระบบเชื่อมต่อสารสนเทศ ซึ่งเสียทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย ซึ่งการยกระดับเพิ่มความสามารถของระบบสารสนเทศโรงพยาบาล Hospital Information System (HIS) เพื่อรองรับมาตรฐาน Health Informatics Standard ให้สามารถรองรับการเชื่อมต่อระบบสารสนเทศได้ ตัวอย่างเช่น Health Level 7 หรือ HL7 คือมาตรฐานสำหรับการสื่อสารข้อมูลทางด้านสุขภาพระหว่างระบบสารสนเทศที่นำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย และมีมาตรฐานที่ยอมรับกันทั่วโลก โดยเฉพาะในประเทศไทยทางกระทรวงสาธารณสุขมีการนำเสนอและพยายามสร้าง

ระบบประสานข้อมูลผู้ป่วยในหลายๆ ด้าน อาทิเช่น ระบบส่งต่อผู้ป่วยผ่านเครือข่าย Internet ที่ช่วยประหยัดเวลาและช่วยเก็บรักษาข้อมูลผู้ป่วยอย่างเป็นระบบ, ระบบประสานข้อมูลห้องปฏิบัติการ และระบบติดตามดูแลผู้ป่วยต่อเนื่องที่ช่วยให้การดูแลผู้ป่วย เป็นต้น จึงไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้มาตรฐานการเชื่อมต่อดังกล่าวได้ อีกทั้งยังเป็นการสะดวกรวดเร็วและง่ายต่อการประสานงาน ทั้งระบบสารสนเทศภายในประเทศและภายนอกประเทศในอนาคตได้

ผู้วิจัยในฐานะผู้ปฏิบัติหน้าที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศภายในโรงพยาบาล เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของโรงพยาบาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาโปรแกรมเชื่อมต่ออุปกรณ์ทางการแพทย์ด้วย Health Informatics Standard โดยการพัฒนาเริ่มจากการศึกษาปัญหาจากระบบเดิม ตลอดจนศึกษานำเทคโนโลยีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทางการแพทย์ ภายในและภายนอกองค์กร โดยดำเนินการการวิเคราะห์ ออกแบบโปรแกรม Application Program Interface (API) เทคโนโลยีที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชัน สามารถสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพปลอดภัย ร่วมกับมาตรฐานข้อมูลทางด้านสุขภาพ Health Level 7 เป็นประโยชน์ให้กับ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้มีโปรแกรมที่รองรับการเชื่อมต่อข้อมูลทางการแพทย์ด้วยมาตรฐานกับหน่วยงานภาครัฐและเอกชน เพื่อลดค่าใช้จ่ายให้กับองค์กร สนับสนุนวิสัยทัศน์ พันธกิจ และแผนยุทธศาสตร์ ของคณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. พัฒนาโปรแกรมเชื่อมต่ออุปกรณ์ทางการแพทย์รองรับมาตรฐานด้วย Health Informatics Standard ตรงต่อความต้องการของโรงพยาบาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ของคณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. พัฒนา Application Program Interface (API) เทคโนโลยีที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชันให้เป็นมาตรฐานสำหรับการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพ Health Level 7 ของคณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. ลดต้นทุนและงบซ่อมบำรุงด้านระบบสารสนเทศทางด้านทางการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทางการแพทย์ให้กับคณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวรทั้งในปัจจุบันและในอนาคต
4. เพื่อเสริมสร้างเสถียรภาพและประสิทธิภาพให้กับระบบสารสนเทศโรงพยาบาล (HIS)

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Health Level Seven International (HL7)



ภาพที่ 1 HL7 International

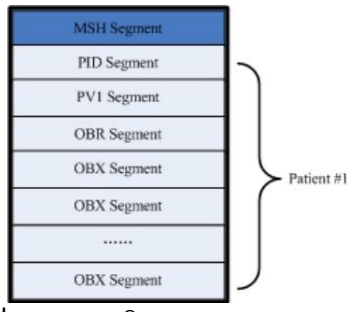
หมายเหตุ. จาก https://www.hl7.org/index.cfm

Health Level 7 หรือ HL7 เป็นมาตรฐานการบริหารจัดการ การรับส่งข้อมูล และการเชื่อมต่อทางการแพทย์ผ่านระบบอิเลคโทรนิกส์ สร้างขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1987 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นมาตรฐานของระบบ HIS และได้รับรองจาก American National Standards Institute (ANSI) ในปี ค.ศ. 1994 โดยชื่อ "Health-Level 7" มาจากเลเยอร์ 7 Application Layer หรือจะเรียกว่าเป็นชั้นของโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้งานกันทั่วไปโดยอ้างอิงจาก ISO OSI Reference model

มาตรฐาน HL7 หรือ HL7 standard เนื่องจากในโรงพยาบาลหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องด้านสุขภาพ ด้านการแพทย์ต่างก็มีระบบที่หลากหลายเริ่มตั้งแต่ระบบเวชระเบียนผู้ป่วยจนถึงระบบบัญชี ระบบทุกระบบจำเป็นต้องสื่อสารกันได้ (Interface) ซึ่งในความเป็นจริงแต่ละระบบจะมีมาตรฐานของระบบเองทำให้เกิดปัญหาในการสื่อสาร HL7 standard จึงถูกกำหนดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นโปรโตคอลหลักในการเชื่อมต่อและแลกเปลี่ยนข้อมูล แบ่งออกเป็น Conceptual standards, Document standards, Application standards และ Messaging standards โดย **Messaging standards** เป็นส่วนสำคัญเพราะใช้ในการรวมข้อมูลโดยกำหนดจากภาษา โครงสร้างและชนิดข้อมูลเพื่อแลกเปลี่ยนระหว่างระบบ

HL7 version 2

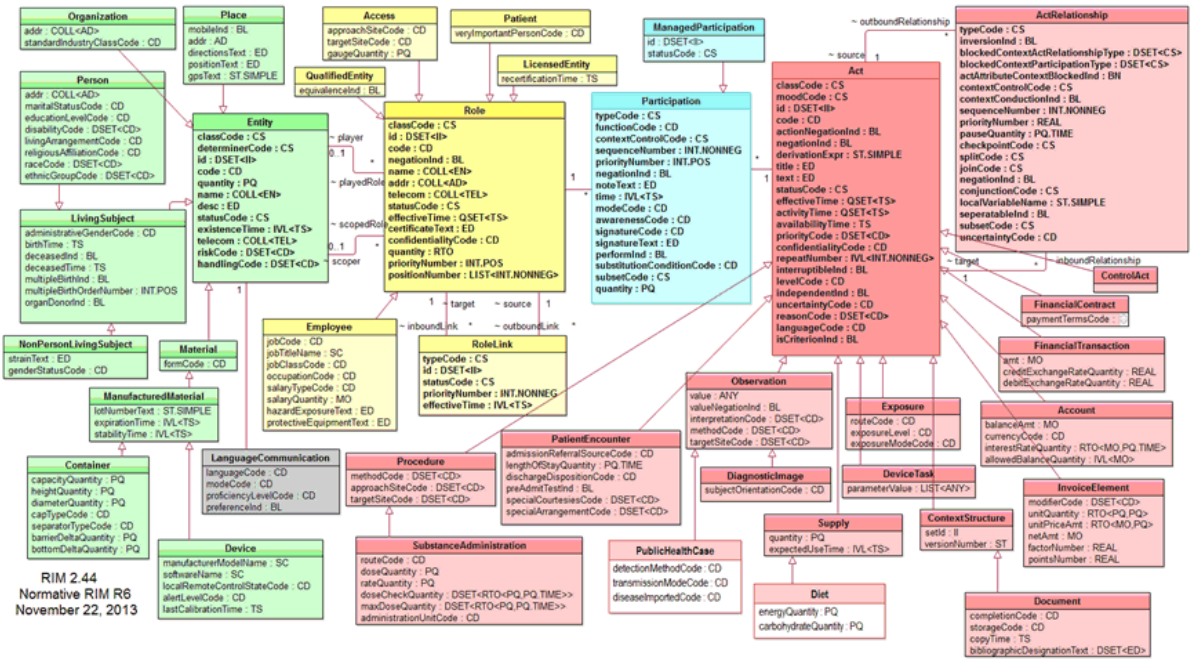
HL7 version 2 เป็น healthcare messaging standard ที่มีการใช้มากที่สุดโดยมีการเริ่มใช้ในโรงพยาบาลในประเทศอเมริกา ได้นำไปใช้อย่างกว้างขวางในแต่ละแผนกของโรงพยาบาล โดยสามารถส่งข้อมูลในรูปแบบข้อความกำหนดเป็นมาตรฐานที่นำไปใช้ได้ง่าย และปรับแต่งได้ง่าย ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนของข้อมูลในระดับโครงสร้าง (Structural Interoperability) และต่อมาความต้องการในการแลกเปลี่ยนข้อมูลในรูปแบบอื่นๆ เพิ่มมากขึ้น และพบปัญหาการออกแบบโครงสร้างข้อมูลที่ไม่ดี จึงมีการพัฒนาเป็น HL7 version 3



ภาพที่ 2 ตัวอย่างโครงสร้างของ HL7 Version 2

HL7 version 3

HL7 version 3 มีการออกแบบโครงสร้างของข้อมูล reference information model ที่ชัดเจนและคลอบคลุมการใช้งานทั้งหมด โดยการแลกเปลี่ยนข้อมูลด้วยภาษามาตรฐาน XML (Extensible Markup Language) และการพัฒนา HL7 RIM โดยอาศัยหลักการ คือ การแบ่งข้อมูลออกเป็น 5 class โดยข้อมูลทางการแพทย์ จะถูกจัดเป็น sub-class ของ class ทำให้มีความขับซ้อนอยู่มาก จึงมีความยากสำหรับการนำไปใช้งาน ข้อมูลที่ใช้รับส่งมีขนาดใหญ่ จึงทำให้ไม่เป็นที่นิยมในการใช้งาน



ภาพที่ 3 โครงสร้างของข้อมูล reference information model

หมายเหตุ. จาก https://www.meditecs.com/kb/hl7-standards/

HL7 FHIR



ภาพที่ 4 Logo HL7 FHIR

หมายเหตุ. จาก HL7 International จาก https://www.hl7.org/fhir

HL7 FHIR คือ FHIR ย่อมาจาก Fast Healthcare Interoperability Resources เป็นมาตรฐานแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพ ที่มีการยอมรับในระดับนานาชาติ โดยมีการกำหนดโครงสร้างของข้อมูล ที่มีความยืดหยุ่นสามารถกำหนดภาษา โครงสร้าง และชนิดข้อมูล เพื่อให้ตรงตามบริบทในการทำงาน และสามารถปรับให้เหมาะสมกับ กระบวนการทำงานที่ต่างกันได้ เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูล เกิดการเชื่อมโยงข้อมูล สุขภาพได้อย่างราบรื่น ทั้งข้อมูลทางคลินิก และข้อมูลการบริหารจัดการต่างๆ เช่น การบริหารทางด้านสุขภาพทางกรแพทย์ หรือการบริหารในองค์กร เป็นต้น

HL7 FHIR เป็นมาตรฐานเปิด (Open Standard) สามารถใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย พัฒนาขึ้นโดยรวบรวมข้อดีจากมาตรฐาน HL7 version 2, HL7 version 3 และ HL7 CDA แล้วนำมาปรับปรุงให้ดีขึ้น ซึ่งมาตรฐาน HL7 FHIR รองรับภาษา XML(Extensible Markup Language) และ JSON (JavaScript Object Notation) ซึ่งเป็นภาษาที่นักพัฒนาส่วนใหญ่คุ้นเคย และเหมาะสมกับการแลกเปลี่ยนข้อมูล ที่อุปกรณ์เคลื่อนที่มีความจุจำกัด เนื่องจากข้อมูลมีขนาดเล็ก และยังมีเครื่องมือ (Tools) รวมถึงมีชุดคำสั่งสำเร็จรูป (Libraries) ที่ช่วยนักพัฒนาเป็นจำนวนมาก มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่

1. Resources: หน่วยย่อยที่สุดของข้อมูล เช่น patient resource, allergy resource, family history resource เป็นต้น ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ ข้อมูลเบื้องต้น ที่มีการกำหนดรหัสบ่งชี้ (identity) ข้อมูลผู้ใช้งาน ข้อมูลตามโครงสร้าง และข้อมูลส่วนขยาย และประเภทต่างๆ ของ Resource ที่ FHIR นิยามไว้ขึ้นอยู่กับมุมมองต่อ resource เหล่านั้นเช่น ตามลำดับชั้น (category) ตามลำดับตัวอักษร (alphabetical) ตามภาวะความสมบูรณ์ (maturity) เป็นต้น
2. References: การระบุความสัมพันธ์ระหว่างทรัพยากรต่างๆ resources ต่าง ๆ เช่น medication resource ก็สัมพันธ์กับ Condition resource, Patient resource, Practitioner resource, เป็นต้น เพื่อใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ร่วมกัน ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล
3. Profiles: ต้องมีการกำหนดหลักเกณฑ์และขอบเขตการใช้งานอย่างชัดเจนเพื่อป้องกันปัญหาความซ้ำซ้อนและไม่เป็นมาตรฐานในภายหลัง เช่น ข้อมูลผู้ป่วยต้องแสดงชื่อ เพศ และวันเกิดเสมอ หรือข้อมูลการใช้ยาต้องระบุรหัสยามาตรฐานไทย (TMT) เป็นรหัสอ้างอิง หรือการเพิ่มข้อมูลอื่นๆ ที่ไม่ได้อยู่ในโครงสร้างข้อมูลหลัก เป็นต้น

วิธีการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการพัฒนาและการติดตั้ง API Server โดยใช้ FastAPI เป็นเฟรมเวิร์กสำหรับการสร้าง API ที่พัฒนาโดยใช้ Python ซึ่งออกแบบมาให้มีประสิทธิภาพสูง ทำงานร่วมกับการกำหนดเป็นมาตรฐาน HL7 แลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. FastAPI เว็บเฟรมเวิร์ก (Web Framework) ที่มีความรวดเร็วและประสิทธิภาพสูง ใช้สำหรับการสร้าง API ด้วยภาษา Python ในการกระบวนการให้บริการข้อมูลกลางระหว่าง Client และการทำงานฝั่ง Server Side หน้าที่หลักของ API คือคอยรับคำสั่งจากฝั่ง Client เรียกคำสั่งที่ได้จากฝั่ง Client ว่าการ Request เมื่อเกิดคำสั่งหรือการร้องขอ API จะรับคำสั่ง นำไปประมวลผลและสรุปเป็นข้อมูลที่ตรงกับการร้องขอและส่งข้อมูล กลับไปที่ส่วนของ Client หรือ Application
2. REST API การสื่อสารทำงานอยู่บน HTTP Protocol ทำให้เวลาเราใช้งานจะต้องอยู่บนพื้นฐาน HTTP Method เช่น GET, POST, PUT, DELETE ในการกระบวนการเป็นการสร้าง Web Service เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกันผ่าน Application วิธีหนึ่ง ซึ่งส่งข้อมูลได้หลายชนิด ไม่ว่าจะเป็น Text, XML, JSON หรือส่งมาเป็นหน้า HTML
3. WebSocket การรับส่งข้อมูลแบบ Real Time คือ Technology ที่ใช้สื่อสารระหว่าง Web Browser และ Server เป็นการสื่อสารแบบสองทาง Program ในฝั่ง Web Browser ไม่ต้องเขียนในลักษณะของการเรียก Function ในแบบ interval วนไปเรื่อย ๆ แต่ใช้วิธีการ เมื่อเกิด Event ขึ้นมา Code ที่ผูกกับ Event นั้นก็จะนำ Event Data ไป Process สำหรับในส่วนของการกระจาย Event (Event Emitting) สามารถทำได้ทั้งใน Client และ Server
4. มาตรฐาน HL7 แลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพ Resources: ทรัพยากรเป็นหน่วยพื้นฐานของข้อมูลในแต่ละทรัพยากรจะเก็บข้อมูลเฉพาะด้าน เช่น Patient, Observation, Encounter

5.สถาปัตยกรรม .NET สามารถสร้างแอพพลิคชัน Windows Form เป็น Middleware คือชั้นซอฟต์แวร์ที่อยู่ระหว่างแอปพลิเคชันหรือซอฟต์แวร์ที่เครื่องมือแพทย์ กับระบบปฏิบัติการหรือฐานข้อมูลที่จัดเก็บข้อมูลต่างๆ Middleware ช่วยในการสื่อสารและการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างส่วนต่างๆ การพัฒนาโปรแกรมรับค่าและส่งข้อมูลออกไปให้ API

6. คอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่ได้ติดตั้ง สำหรับ API Server จำนวน 1 เครื่อง

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยโปรแกรมเชื่อมต่ออุปกรณ์ทางการแพทย์ด้วย Health Informatics Standard หรือ MEDICAL DEVICES INTERFACE APPLICATION WITH HEALTH INFORMATICS STANDARD แบ่งออกเป็น 3 ระยะ

ระยะที่ 1 การเก็บข้อมูล ณ ห้องข้อมูลศูนย์กลาง Data Center งานบริหารเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อตรวจสอบความต้องการ วินิจฉัยปัญหาที่เกิดจากระบบเดิม วิเคราะห์รูปแบบการดำเนินงานที่ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบันและรับฟังคำแนะนำเกี่ยวกับการพัฒนาในอนาคต เพื่อศึกษาวิจัยระบบเชิงลึก

ระยะที่ 2 วิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Analysis and Design) โปรแกรมเชื่อมต่ออุปกรณ์ทางการแพทย์ด้วย Health Informatics Standard และ Application Program Interface (API) ข้อมูลทางด้านสุขภาพ Health Level 7 เพื่อวางแนวทางการสร้างโปแกรมให้มีโครงสร้างที่มีความยืดหยุ่นสูงและ โปรแกรมส่วนต่อขยายขอบเขตการทำงานของระบบสารสนเทศโรงพยาบาล HIS เพื่อการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทางการแพทย์หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต่อไปในอนาคต และทำการทดสอบในแบบจำลอง โดยมีขั้นตอนพัฒนาโปรแกรมเป็นมาตรฐาน System Development Lift Cycle (SDLC) ซึ่งมีกระบวนการทำงานเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ปัญหาไปจนถึงการนำโปรแกรมไปใช้งาน และปรับปรุงพัฒนาระบบให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีขั้นตอนของวัฏจักรการพัฒนาระบบงาน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis)
ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบโปรแกรม (Program Design)
ขั้นตอนที่ 3 การเขียนโปรแกรม (Program Coding)
ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบและแก้ไขโปรแกรม (Program Testing & Verification)
ขั้นตอนที่ 5 การจัดทำเอกสารและคู่มือการใช้งาน (Program Documentation)
ขั้นตอนที่ 6 การใช้งานจริง (Program Implement)
ขั้นตอนที่ 7 การปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรม (Program Maintenance)

ระยะที่ 3 ใช้งานจริงโดยในเบื้องต้นจะทำงานคู่ขนานไปกับระบบเดิมและติดตามแก้ไขปรับปรุงไปเป็นจนสามารถยืนยันประสิทธิภาพและความปลอดภัยได้แล้ว จึงให้เข้าทดแทนระบบเก่าทั้งหมดและเฝ้าระวัง ติดตามแก้ไข และพัฒนาปรับปรุงต่อไป ตลอดจนการวิเคราะห์ สรุป อภิปรายผลและส่งรายงานฉบับสมบูรณ์

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลระยะเวลา และจำนวนปริมาณการใช้บริการข้อมูลสุขภาพ ที่ใช้โปรแกรมเชื่อมต่ออุปกรณ์ทางการแพทย์ด้วย Health Informatics Standard ในกระบวนการเชื่อมต่อ แลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศ ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2567 ถึง 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2567 โดยนำผลการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ร่วมกับ ความถูกต้องการวิเคราะห์ความต้องการของระบบโดยใช้ (Use case) และเก็บข้อมูลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องของการส่งข้อมูลผ่าน Application Program Interface (API) และการใช้มาตรฐาน HL7 โดยบริษัทผู้ผลิตภัณฑ์เครื่องมือแพทย์ และบริษัทซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศทางการแพทย์ ผู้ให้บริการกับโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 7 บริษัท จะเป็นผู้ทดสอบใช้งานระบบจริงและประเมินประสิทธิภาพตามแบบประเมินที่ผู้วิจัยได้จัดทำการมี 4 ด้านหลัก คือ ด้านฟังก์ชันการทำงาน (Functionality), ด้านความเชื่อถือได้ (Reliability), ด้านการใช้งานง่าย (Usability), ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency)

ผลการศึกษา

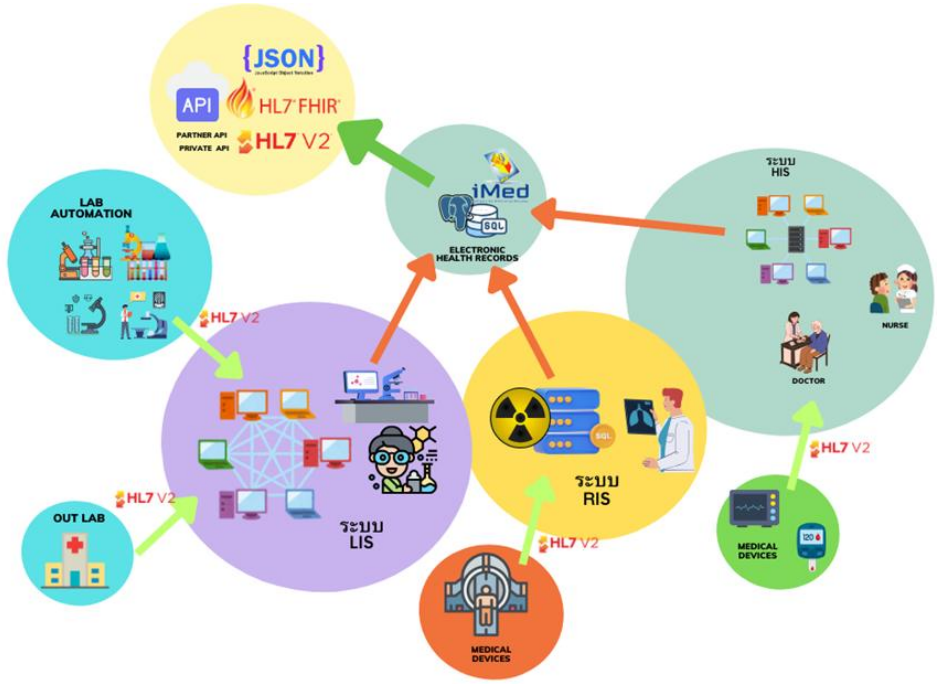
การออกแบบ Data Standard สนับสนุนแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพที่ให้ตรงกับการใช้ในระบบ Health Link คือ แพลตฟอร์มเชื่อมโยงข้อมูลสุขภาพของคนไทยเป็นไปตามมาตรฐาน HL7 FHIR โดยได้เลือกใช้ FHIR resource ทั้งหมด 9 resources ดังนี้

1. ข้อมูลส่วนตัว (Patient)
2. ข้อมูลการแพ้ (Allergy Intolerance)
3. ข้อมูลการได้รับวัคซีน (Immunization)
4. ข้อมูลการจ่ายยา (Medication Statement)
5. ข้อมูลการวินิจฉัย (Condition)
6. ข้อมูลหัตถการ (Procedure)
7. ข้อมูลค่าวัดทางการแพทย์ (Observation)
8. ข้อมูลผลตรวจทางห้องปฏิบัติ (Diagnostic Report)
9. ข้อมูลการเข้ารับบริการ (Encounter)

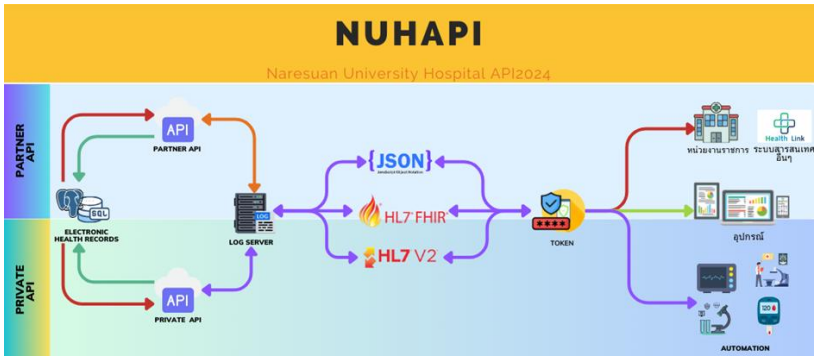
การออกแบบ Data Standard สนับสนุนแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพที่ให้ตรงกับการใช้ในระบบ ระบบสารสนเทศทางรังสีวิทยา (Radiology Information system; RIS), ระบบเชื่อมต่อระบบสารสนเทศ Point of Care Testing (POCT), ระบบเชื่อมต่อเครื่องตรวจวิเคราะห์ Blood Gas, ระบบเชื่อมต่อระบบสารสนเทศสำหรับพยาธิวิทยาคลินิค (Pathology) เป็นไปตามมาตรฐาน HL7 version 2 โดยได้เลือกใช้ resource ทั้งหมด 7 resources ดังนี้

1. ข้อมูลส่วนตัว (Patient)
2. ข้อมูลการเข้ารับบริการ (Visit)
3. ข้อมูลรายการสั่งตรวจรักษา (Item)
4. ข้อมูลรายการสั่งตรวจรักษา (Order Item)
5. ข้อมูลรายงานผลแลป (Lab result)
6. ข้อมูลรายละเอียดผลแลป (Lab Test)
7. ข้อมูลควบคุมการสั่งตรวจแลป (Mapping)

วิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Design)



ภาพที่ 5 System Integration Diagram การพัฒนาและเชื่อมโยงระบบ



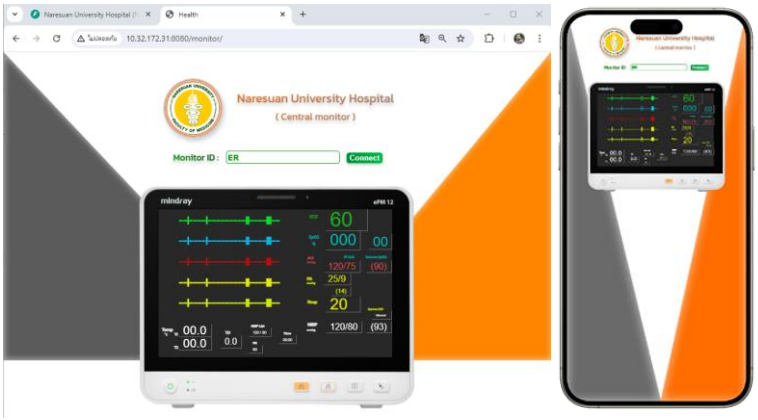
ภาพที่ 6 สถาปัตยกรรมระบบ (Architecture Design)

พัฒนาออกแบบโปรแกรมเชื่อมต่ออุปกรณ์ทางการแพทย์ด้วย Health Informatics Standard จากการศึกษาปัญหา และความต้องการของระบบ และจากการวิเคราะห์ ออกมาเป็น Use Case ทั้งหมด จึงสามารถออกแบบโปรแกรมเชื่อมต่ออุปกรณ์ทางการแพทย์ด้วย Health Informatics Standard ได้ดังนี้

1. โปรแกรมเชื่อมต่อเครื่องตรวจวัดสัญญาณชีพผู้ป่วย ผ่าน WebSocket มาตรฐาน Message HL7
2. ระบบเชื่อมต่อระบบสารสนเทศสำหรับห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ (Laboratory Information System;LIS)
3. ระบบเชื่อมต่อระบบบริหารและจัดการข้อมูลของงานธนาคารเลือด (Blood bank)
4. ระบบเชื่อมต่อระบบสารสนเทศทางรังสีวิทยา (Radiology Information system; RIS)
5. ระบบเชื่อมต่อระบบสารสนเทศ Point of Care Testing (POCT)

6. ระบบเชื่อมต่อเครื่องตรวจวิเคราะห์ Blood Gas

7. ระบบเชื่อมต่อระบบสารสนเทศสำหรับพยาธิวิทยาคลินิค (Pathology)



ภาพที่ 7 หน้าจอระบบติดตามสัญญาณชีพผู้ป่วย (Central monitor)



ภาพที่ 8 หน้าจอระบบเชื่อมต่อระบบสารสนเทศ

วิเคราะห์ข้อมูลความถูกต้อง ตามความต้องการของระบบโดยใช้ (Use case)

วิเคราะห์ข้อมูลความถูกต้อง ตามความต้องการของระบบโดยใช้ (Use case) และผลการทดสอบพบว่าการร้องขอข้อมูลจากผู้ร้องขอไปยัง Application Program Interface (API) ทำงานต่อเนื่องและมีการแสดงผล เมื่อมีการส่งร้องข้อการเชื่อมต่อ API ข้อมูลจะถูกนำไปแสดงผลได้ทันทีเมื่อมีการร้องขอข้อมูลมายังฐานข้อมูลระบบสารสนเทศโรงพยาบาล ข้อมูลที่ได้จะถูกส่งกลับมาแสดงผล โดยมีมาตรฐานแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพ (HL7), มาตรฐานแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพ (HL7 FHIR), เทคโนโลยีที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชัน กับระบบสารสนเทศอื่นๆ ดังนั้นทำให้ระบบสารสนเทศโรงพยาบาลรองรับมาตรฐานแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปมาตรฐานแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพ Naresuan University Hospital (NUHAPI) กับระบบสารสนเทศโรงพยาบาล

ลำดับ	ระบบที่พัฒนา/ระบบที่ทดสอบ	มาตรฐานแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพ			
		JSON	HL7 FHIR	HL7 version 2	WebSocket
1	โปรแกรมเชื่อมต่ออุปกรณ์ทางการแพทย์ด้วย Health Informatics Standard เครื่องตรวจวัดสัญญาณชีพผู้ป่วย	✓		✓	✓
2	Health Link คือแพลตฟอร์มเชื่อมโยงข้อมูลสุขภาพของคนไทยเป็นไปตามมาตรฐาน HL7 FHIR	✓	✓		
3	ระบบเชื่อมต่อระบบสารสนเทศสำหรับห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ (LIS)	✓		✓	
4	ระบบเชื่อมต่อระบบบริหารและจัดการข้อมูลของงานธนาคารเลือด (Blood bank)	✓		✓	
5	ระบบเชื่อมต่อระบบสารสนเทศทางรังสีวิทยา (RIS)	✓		✓	
6	ระบบเชื่อมต่อระบบสารสนเทศ Point of Care Testing (POCT)	✓		✓	
7	ระบบเชื่อมต่อเครื่องตรวจวิเคราะห์ Blood Gas	✓		✓	
8	ระบบเชื่อมต่อระบบสารสนเทศสำหรับพยาธิวิทยาคลินิค	✓		✓	

การวิเคราะห์ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญโดยการหา ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 35 ท่าน ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องของการส่งข้อมูลผ่าน Application Program Interface (API) และการใช้มาตรฐาน HL7 จากบริษัทผู้ผลิตภัณฑ์เครื่องมือแพทย์ และบริษัทซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศทางการแพทย์ ผู้ให้บริการกับโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 7 บริษัท จะเป็นผู้ทดสอบใช้งานระบบจริงและประเมินประสิทธิภาพตามแบบประเมินที่ผู้วิจัยได้จัดทำการมี 4 ด้านหลัก คือ ด้านฟังก์ชันการทำงาน (Functionality), ด้านความเชื่อถือได้ (Reliability), ด้านการใช้งานง่าย (Usability), ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	**ผลการประเมิน**		
	$\overline{X}$	**SD**	**ระดับประสิทธิภาพ**
1. ด้านฟังก์ชันการทำงาน (Functionality)	4.51	0.29	ดีมาก
2. ด้านความเชื่อถือได้ (Reliability)	4.65	0.19	ดีมาก
3. ด้านการใช้งานง่าย (Usability)	4.51	0.27	ดีมาก
4. ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency)	4.49	0.38	ดีมาก
สรุปผลการประเมิน	4.54	0.28	ดีมาก

การวิเคราะห์โดยการหา อัตราความสำเร็จ (Success Rate)

ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลระยะเวลาช่วง และจำนวนปริมาณการใช้บริการแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพ ใช้สถิติในการวิเคราะห์ ดังนี้

ตารางที่ 3 สรุปค่าเฉลี่ย อัตราความสำเร็จ (Success Rate)

No.	โปรแกรม	จำนวน (LN) สั่งตรวจ	จำนวน (LN) สั่งตรวจไม่สำเร็จ	จำนวน (HN) ผู้ป่วย	ความสำเร็จ (%)
1.	ระบบเชื่อมต่อระบบสารสนเทศสำหรับห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ (LIS)	147,144	881	83,164	99.40%
2.	ระบบเชื่อมต่อระบบบริหารและจัดการข้อมูลของงานธนาคารเลือด (Blood bank)	9,521	1	5,188	99.99%
3.	ระบบเชื่อมต่อระบบสารสนเทศทางรังสีวิทยา (RIS)	17,967	0	14,807	100.00%
4.	ระบบเชื่อมต่อระบบสารสนเทศ Point of Care Testing (POCT)	12,650	3	4,534	99.98%
5.	ระบบเชื่อมต่อเครื่องตรวจวิเคราะห์ Blood Gas	649	0	544	100.00%
6.	ระบบเชื่อมต่อระบบสารสนเทศสำหรับพยาธิวิทยาคลินิค (Pathology)	4,914	0	4,588	100.00%
	สรุปอัตราความสำเร็จ (Success Rate)				99.90%

สรุปผลและอธิปรายผล

เครื่องมือที่ใช้ในวิจัยครั้งนี้ คือมาตรฐานข้อมูลทางด้านสุขภาพ Health Level 7 เป็นโปรโตคอลมาตรฐานสารสนเทศทางการแพทย์ที่ได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติ เพิ่มโอกาสแห่งความสำเร็จ ในการเพิ่มความสามารถระบบสารสนเทศโรงพยาบาล โดยนำเทคโนโลยีและนวัตกรรม “Application Program Interface (API)” มาใช้สื่อสารระหว่างแอปพลิเคชัน แลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพอย่างมีประสิทธิภาพปลอดภัย ร่วมกับมาตรฐานข้อมูลทางด้านสุขภาพ Health Level 7 พร้อมสนับสนุนงานบริการสุขภาพแบบไร้รอยต่อ กับการบริการระบบสารสนเทศทางด้านการแพทย์ที่มีประสิทธิภาพ โดยผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 ซึ่งผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับดี เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ปัจจุบันคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้เพิ่มความสามารถระบบสารสนเทศโรงพยาบาล โดยนำเทคโนโลยีและนวัตกรรม “Application Program Interface (API)” มาใช้สื่อสารระหว่างแอปพลิเคชัน แลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพอย่างมีประสิทธิภาพปลอดภัย ร่วมกับมาตรฐานข้อมูลทางด้านสุขภาพ Health Level 7 ผู้วิจัยได้กำหนดชุด

ข้อมูลตามมาตรฐานข้อมูลทางด้านสุขภาพ Health Level 7 ให้บุคลากรสารสนเทศของโรงพยาบาล ได้นำไปศึกษาพัฒนาระบบสารสนเทศที่ดูแลให้เป็นระบบสารสนเทศโรงพยาบาลเป็นมาตรฐานเดียวกัน

หากโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรยังต้องการใช้ระบบสารสนเทศโรงพยาบาลเดิม iMed ในการบริการผู้ป่วยต่อไป และยังมีแผนงานขยายขอบข่ายการให้บริการผู้ป่วย เช่น การเพิ่มจำนวน OPD และ IPD ก็จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานที่มีในปัจจุบันไปเป็นแบบ Microservice Architecture แบบที่โรงพยาบาลขนาดใหญ่อื่นๆ ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ พัฒนาระบบสารสนเทศโรงพยาบาล (HIS) โดยการแบ่งระบบย่อยออกเป็นส่วน ๆ (Service) เช่น ซึ่งบริหารจัดการแยกขาดจากกันแต่ยังมีการประสานงานระหว่างกันโดย iMed สามารถลดบทบาทลงไปเป็นส่วนรองรับการทำงานผู้ใช้ (User Interface) อย่างเดียวได้เช่น LIS (Laboratory Information System) และ RIS (Radiology Information System), ระบบพยาธิวิทยาคลินิค (Pathology) เป็นต้น ซึ่งนอกจากจะคืนความเสถียรและมีประสิทธิภาพให้ระบบ iMed แล้วยังช่วยให้การพัฒนาแก้ไขส่วนต่าง ๆ ทำได้โดยง่ายในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์จากบุคลากรหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ เสน่ห์ นมะหุต ที่ปรึกษา ที่ได้แนะนำแนวทางในการดำเนินการวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์พีระพงศ์ เธียราวัฒน์ รองคณบดีฝ่ายบริหารและประกันคุณภาพ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนให้บุคลากรสายสนับสนุนได้มีโอกาสพัฒนาตนเอง ภก.พศวีร์ รัตนพยุงสถาพร ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายเทคโนโลยีบริการ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับความตั้งใจในการพัฒนาบุคลากรตลอดจนการส่งเสริม และขอกราบขอบพระคุณ เจ้าของเอกสาร หนังสือ คู่มือ ตำรางานวิจัยที่ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาใช้ศึกษาอ้างอิงและผู้ที่เกี่ยวข้องที่ยังมิได้ระบุนามผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ สำหรับการพัฒนาต่อยอดในอนาคต ตลอดจนผู้ที่สนใจหากมีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยเป็นอย่างสูงในข้อบกพร่องและความผิดพลาดนั้นไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

พชร วงศ์สุทธิโกศล พ. (15 กุมภาพันธ์ 2564). Health Link: แพลตฟอร์มเชื่อมโยงข้อมูลสุขภาพของไทย. **BIG DATA INSTITUTE.** สืบคนเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2565, จาก https://bigdata.go.th/showroom/health

EGA e-Government. มาตรฐานการแลกเปลี่ยนข้อมูล ตามกรอบแนวทางเชื่อมโยงรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์แห่งชาติ. **สำนักงานรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ (องค์การมหาชน).** สืบคนเมื่อวันที่ 19 มีนาคม 2565, จาก http://sql.ldd.go.th/intraaccount/Th_e-GIF/index.html

HL7 International. FHIR Overview – Architects. **Architect's Introduction.** สืบคนเมื่อวันที่ 19 เมษายน 2565, https://www.hl7.org/fhir/overview-arch.html

HL7 International. FHIR Overview – Clinicians. **Clinical Introduction.** สืบคนเมื่อวันที่ 19 เมษายน 2565, จาก https://www.hl7.org/fhir/overview-clinical.html

HL7 International. FHIR Exchange Module. **FHIR Infrastructure.** สืบคนเมื่อวันที่ 19 มีนาคม 2565, จาก https://www.hl7.org/fhir/exchange-module.html

Radiology Ramathibodi. HL7 คืออะไร. **RamaPACS.** สืบคนเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2565, จาก http://ramapacs.blogspot.com/2011/03/hl7.html

ดาวฤกษ์ สินธุวณิชย์. **มาตรฐานข้อมูลสุขภาพ FHIR (ตอนที่ 1)** . สืบคนเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2565, จาก https://www.gotoknow.org/posts/659644

ดาวฤกษ์ สินธุวณิชย์, **มาตรฐานข้อมูลสุขภาพ FHIR (ตอนที่ 2)** . สืบคนเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2565, จาก https://www.gotoknow.org/posts/659645.

รัฐ ปัญโญวัฒน์. **4 ขั้นตอนสู่การแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพ ด้วย HIL7 FHIR 2563.** สืบคนเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2565, จาก https://rath.asia/2020/04/fhir-big-picture/

สุวิทย์ โรจนศักดิ์โสธร.(2565). การพัฒนาระบบรับ – ส่งต่อผู้ป่วย (Smart Refer) เขตสุขภาพที่ 10. **สำนักงานสาธารสุขจังหวัดอุบลราชธานี**, วันที่รับ 2 มิถุนายน 2565

อโณทัย จันแก้ว. **การพัฒนาต้นแบบระบบการส่งต่อด้วยมาตรฐาน HL7**. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศภาควิชาคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร;2550.

ดวงแกว้ สุวรรณดี(2550). **การพัฒนาระบบแลกเปลี่ยนข้อมูลประกันสังคมกับโรงพยาบาลตามมาตรฐาน HL7 โดยใช้เว็บเซอร์วิส**. การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาคอมพิวเตอร์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

นลินีศรีบุญเรือง. (2553). **การสร้างระบบการส่งข้อมูลทางการแพทย์ผ่านเว็บเซอร์วิสโดยใช้ HL7 V.3 กรณีศึกษาโรงพยาบาลพญาไท 2**. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปรีชา วงศ์เกษมศักดิ์.(2549). **ระบบการเข้าและถอดรหัสข้อมูลเอกสาร XML**. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศคณะเทคโนโลยีสารสนเทศบัณฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การศึกษาผลของความหนืดของของเหลวต่อการตกของวัสดุเม็ดในของเหลว

Study on the influence of liquid viscosity on the falling of granular materials in liquids

กฤษสมิชฌน์ ศรีปัญญา[1], ชินภัทธ์ เดชผล[1] และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร[2*]

Krismith sripanya[1], Chinnaphat Dechpol[1] and Phanupat Chiworn[2*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความหนืดของของเหลวต่อการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ด โดยใช้ความหนืดของของเหลว 5 ค่า คือ 240.45×10^{-3}, 268.43×10^{-3}, 269.47×10^{-3}, 377.79×10^{-3} และ 856.62×10^{-3} ปาสคาลวินาที วัสดุเม็ด 5 ชนิด ได้แก่ ลูกเหล็ก ลูกแก้ว เม็ดพลาสติก เม็ดเซรามิค และลูกยาง มีความหนาแน่น 7.68×10^{3}, 2.46×10^{3}, 1.06×10^{3}, 2.23×10^{3} และ 1.29×10^{3} กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ วัสดุเม็ดถูกปล่อยให้ตกแบบอิสระที่ความสูง 10 เซนติเมตร เหนือผิวของของเหลว กรณีของลูกเหล็กถูกปล่อยในของเหลวที่มีความหนืด 240.87×10^{-3} ปาสคาลวินาที โดยเปลี่ยนความสูงเป็น 10 15 20 25 และ 30 เซนติเมตร บันทึกการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยกล้องวีดีโอ นำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Tracker 4.8 และการจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB

ผลการทดลอง พบว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ดขึ้นอยู่กับ ความหนืดของของเหลว ความหนาแน่นของวัสดุเม็ด และความสูงที่ใช้ปล่อย เมื่อปล่อยวัสดุเม็ดชนิดเดียวกันในของเหลวที่มีความหนืดต่างกัน พบว่าของเหลวที่มีความหนืดสูง ทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ดต่ำ ในการศึกษาชนิดของวัสดุเม็ด พบว่า วัสดุที่มีความหนาแน่นมากจะเคลื่อนที่ในของเหลวด้วยความเร็วที่มากกว่า เรียงลำดับความเร็วจากมากไปน้อยได้เป็น ลูกเหล็ก ลูกแก้ว ลูกยาง เม็ดเซรามิก และเม็ดพลาสติก ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มความสูงที่ใช้ในการปล่อย ทำให้ความเร็วของวัสดุเม็ดในของเหลวมีค่ามากขึ้น นอกจากนี้ ผลการทดลองยังสอดคล้องกับการจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB

คำสำคัญ: วัสดุเม็ด, ความหนืด, ความหนาแน่น

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Master of Science Program in Science Teaching, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, 50300

[2] Faculty of Science and Technology Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, 50300

*Corresponding author: Panupat_cha@g.cmru.ac.th

Abstract

This research aims to study the effect of liquid viscosity on the motion of granular materials, using five different viscosities of liquid 240.45×10^{-3}, 268.43×10^{-3}, 269.47×10^{-3}, 377.79×10^{-3} and 856.62×10^{-3} Pascal–seconds. The granular materials include five types Steel balls, glass balls, plastic pellets, ceramic pellets and rubber balls, with densities of 7.68×10^{3}, 2.46×10^{3}, 1.06×10^{3}, 2.23×10^{3} and 1.29×10^{3} kilograms per cubic meter, respectively. The granular materials were released to fall freely from a height of 10 centimeters above the liquid surface. For the case of steel balls, they were released into a liquid with a viscosity of 240.87×10^{-3} Pascal–seconds, with the release height varied to 10, 15, 20, 25 and 30 centimeters. The motion of the objects was recorded using a video camera and analyzed with Tracker 4.8 software, as well as simulated using MATLAB.

The experimental results showed that the velocity of the granular materials depends on the liquid viscosity, the density of the granular materials, and the release height. When the same type of granular material was released into liquids with different viscosities, it was found that higher viscosity liquids caused slower motion of the granular materials. The study of different types of granular materials revealed that those with higher densities moved faster in the liquid. The order of speed, from highest to lowest, was steel balls, glass balls, rubber balls, ceramic pellets, and plastic pellets. Additionally, increasing the release height resulted in a higher velocity of the granular materials in the liquid. Furthermore, the experimental results were consistent with the simulations conducted using MATLAB.

Keywords: Granular Materials, Viscosity, Density

บทนำ

ตามหลักธรรมชาติกลศาสตร์ของไหล (Fluid mechanics) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับ พฤติกรรมของการไหลที่สภาวะต่าง ๆ แรงที่ของไหลกระทำต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงอิทธิพลของสิ่งต่างๆ ที่มีผลต่อของไหลทั้งที่อยู่นิ่งและเคลื่อนที่ ซึ่งการศึกษาพฤติกรรมของของไหลที่กำลัง เคลื่อนที่อยู่นิ่งเรียกว่า สถิตศาสตร์ของของไหล และพฤติกรรมของของไหลที่กำลังเคลื่อนที่ เรียกว่า พลศาสตร์ของของไหล ในการศึกษาของวิทยาศาสตร์ของของไหลจำเป็นต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจ หลักการ และคุณสมบัติของพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับของไหล ไม่ว่าจะอยู่ในสถานะของเหลวหรือก๊าซ ซึ่งหลักการและคุณสมบัติพื้นฐานที่สำคัญต่อการวิเคราะห์ปัญหาด้านกลศาสตร์ของของไหล (จรัส บุณยธรรมมา, 2553) และผู้วิจัยได้มีความสนใจเกี่ยวกับพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ดในของไหลซึ่งวัสดุเม็ดกลม (Granular Materials) คือวัสดุที่ประกอบไปด้วยวัสดุแข็ง เม็ดเล็กๆ มากมาย และช่องว่างระหว่างวัสดุเม็ดเล็กๆนี้ก็จะถูกแทรกด้วยของไหล เช่น น้ำหรือ อากาศ (สกนธ์ คล่องบุญจิต, 2550) วัตถุเม็ดนี้ถือว่าเป็นวัสดุชนิดที่นำมาทำการศึกษาพฤติกรรมของมัน เนื่องจากวัสดุดิบส่วนใหญ่ที่ถูกใช้ในกระบวนการต่างๆ ในทางอุตสาหกรรมอยู่ในรูป

ของวัสดุ เม็ดกลมเล็ก ๆ เช่น ทราย เม็ดพลาสติก อาหารอัดเม็ด เป็นต้น วัสดุเม็ดเล็กเหล่านี้มีความสำคัญ ในเชิงพาณิชย์ในการนำมาประยุกต์ใช้หลายประเภท เช่น วิศวกรรมอุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมยา อาหารและการเกษตร การทำเหมืองแร่ วิศวกรรมโลหะการ และการผลิตพลังงาน (Shirsath, 2015) ในกระบวนการผลิตนั้น วัตถุดิบต่าง ๆ อาจจะถูกนำไปผ่านกระบวนการเขย่าเพื่อให้เกิด การผสมกัน หรือเพื่อให้แยกตัวออกจากกัน สำหรับวัสดุประเภทนี้เมื่อถูกนำมาสั่นหรือเขย่าแล้ว จะเกิดปรากฏการณ์หลายๆ อย่างที่น่าสนใจและควรที่จะทำการศึกษาขึ้นภายในระบบ เช่น การก่อตัว (Arching) การกอง (Heaping) การแยก (Segregation) คลื่นพื้นผิว (Surface waves) การพา (Convection) และ อื่น ๆ (สกนธ์ คล่องบุญจิต, 2550) โดยการนำวัสดุเม็ดขนาดเล็กไปใช้ในทางอุตสาหกรรมนั้นมีปัจจัยเกี่ยวข้องที่เกี่ยวข้องซึ่งแตกต่างกันไปในวัสดุแต่ละชนิด เช่น ขนาด ความหนาแน่นและรูปร่าง เป็นต้น (Shirsath, 2015) และของไหลเป็นสถานะหนึ่งของสสาร ของไหลบางอย่างอาจมีความเหนียวสูงมาก ทำให้แยกแยะกับของแข็งได้ยากหรือในโลหะบางชนิด อาจมีความแข็งต่ำมาก ดังนั้นการศึกษาและทำความเข้าใจสมบัติและพฤติกรรมของวัสดุเม็ดและของไหลจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากวัสดุเม็ดเล็กๆ ถูกแทรกด้วยของไหล ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สนใจปรากฏการณ์การไหลของวัสดุเม็ดที่เคลื่อนที่ตกกระทบกับของของไหล โดยศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ดในของไหล ที่มีความหนืดแตกต่างกัน 5 ค่า คือ 240.45×10^{-3}, 268.43×10^{-3}, 269.47×10^{-3}, 377.79×10^{-3} และ 856.62×10^{-3} ปาสคาลต่อวินาที กำหนดให้วัสดุเม็ดเคลื่อนที่ตกกระทบของไหล แล้วศึกษาผลของความหนาแน่นของวัสดุเม็ดที่แตกต่างกัน ปล่อยในระดับความสูงเดียวกัน ที่มีผลต่อความเร็วของวัสดุเม็ดที่เคลื่อนตกกระทบ โดยกำหนดความหนาแน่นของวัตถุเม็ดซึ่งมีค่าความหนาแน่นที่แตกต่างกัน ดังนี้ 7.68×10^{3}, 2.46×10^{3}, 0.97×10^{3}, 2.23×10^{3} และ 1.86×10^{3} กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และศึกษาผลของระดับความสูงที่ใช้ในการปล่อยวัสดุเม็ดที่มีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ตกกระทบโดยกำหนดความหนาแน่นของวัตถุเม็ดที่ 7.68×10^{3} กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และระยะการปล่อยที่ระดับความสูง 10 15 20 25 และ 30 เซนติเมตร ห่างจากผิวของของเหลว แล้วทำการวิเคราะห์กลไกของระบบจากการบันทึกวิดีโอ และติดตามวัตถุโดยใช้โปรแกรม Tracker version 4.8 อีกทั้งยังได้ทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม MATLAB ที่เป็นซอฟต์แวร์ที่ถูกพัฒนาเพื่อการคำนวณเชิงตัวเลขที่มีความสามารถหลากหลาย เช่น การแก้สมการทางคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูล การสร้างแบบจำลอง และการจำลองระบบต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์และสร้างกราฟ รวมถึงการเขียนโปรแกรมเชิงเทคนิคที่ครอบคลุมหลายสาขา เช่น คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ วิศวกรรม และวิทยาศาสตร์ (The MathWorks, Inc., 1997) ทั้งนี้ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์และ เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาความรู้ทางด้านวัสดุเม็ดและการการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับ นักศึกษา อาจารย์ นักวิจัย และผู้ที่สนใจเพื่อเป็นการสนับสนุนและสร้างองค์ความรู้ใหม่ ผู้วิจัยได้ นำเสนองานวิจัยในหัวข้อนี้ เพื่อจะนำไปเผยแพร่ แนะนำ สิ่งที่เป็นธรรมชาติที่ซับซ้อนในระบบดังกล่าวนี้ให้น่าสนใจและให้รู้จักกันมากขึ้นโดยจะมีการสร้างเครือข่าย การทำงานวิจัยและเผยแพร่งานวิจัยสู่ผู้ที่สนใจต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

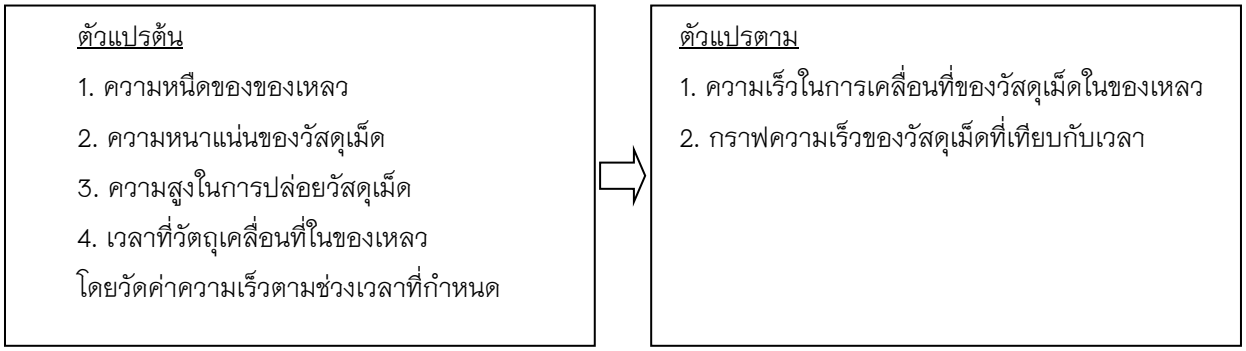
1. เพื่อศึกษาความหนืดของของเหลวที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ด
2. เพื่อศึกษาความหนาแน่นของวัสดุเม็ดที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ดในของเหลวที่มีความหนืด
3. เพื่อศึกษาระดับความสูงที่ใช้ปล่อยวัสดุเม็ดที่มีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ด
4. เพื่อเปรียบเทียบผลของความหนืดของของเหลวและความหนาแน่นของวัสดุเม็ดที่มีต่อการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ดที่ได้จากการทดลองเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

ในการวิจัยนี้ได้กำหนดสมมุติฐานไว้ดังนี้

1. ความหนืดของของเหลวมีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ด
2. ความหนาแน่นของวัสดุเม็ดมีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ดในของเหลว
3. ความสูงในการปล่อยวัสดุเม็ดมีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ดในของเหลว
4. กราฟความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ดในของเหลวเทียบกับเวลา ที่ได้จากการทดลอง มีลักษณะใกล้เคียงกับกราฟการจำลองทางคณิตศาสตร์

โดยมีกรอบแนวคิดดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ วัสดุเม็ด 5 ชนิด ได้แก่ ลูกเหล็ก ลูกแก้ว เม็ดพลาสติก เม็ดเซรามิค และลูกยาง โดยแต่ละชนิดมีความหนาแน่นต่างกัน และของเหลวที่ใช้ในการวิจัยมีความหนืดแตกต่างกัน 5 ค่า

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ภาชนะสำหรับใส่ของเหลว วัสดุเม็ด 5 ชนิด คือ ลูกเหล็ก ลูกแก้ว เม็ดพลาสติก เม็ดเซรามิค และลูกยาง ของเหลวที่มีค่าความหนืดต่างกัน 5 ค่า อุปกรณ์บันทึกวิดีโอ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ โปรแกรม Tracker 4.8 และโปรแกรม MATLAB

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยเลือกวัสดุเม็ดและของเหลวตามคุณสมบัติที่กำหนด ทำทดสอบความหนืดของของเหลวและความหนาแน่นของวัสดุเม็ด จากนั้นติดตั้งกล้องสำหรับถ่ายวิดีโอ และตั้งค่าอุปกรณ์บันทึกข้อมูลและโปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ด จึงทำการทดสอบและตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ทุกชิ้นก่อนเริ่มการทดลองจริง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งเป็น 4 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 การศึกษาความหนืดของของเหลวที่มีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ ทำการผสมน้ำและไซรัปในหลอดทดลองในอัตราส่วนของน้ำต่อไซรัปอยู่ที่ 80:20 ในหลอดทดลอง ปล่อยเม็ดเซรามิกจากระดับความสูง 10 เซนติเมตร เหนือของเหลวที่อยู่ในภาชนะ บันทึกการเคลื่อนที่ของเม็ดเซรามิกด้วยกล้องถ่ายวิดีโอ จากนั้นทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนอัตราส่วนของน้ำต่อไซรัปที่อัตราส่วน 60:40 50:50

40:60 และ 20:80 ตามลำดับ แล้วจึงวิเคราะห์หาความเร็วของเม็ดเซรามิกโดยใช้โปรแกรม Tracker 4.8 โดยหาค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดจากความเร็วปลายที่เม็ดเซรามิกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ตอนที่ 2 การศึกษาความหนาแน่นของวัตถุที่มีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ในของเหลวที่มีความหนืด ทำการผสมน้ำและไซรัปในอัตราส่วนของน้ำต่อไซรัปอยู่ที่ 80:20 ในหลอดทดลอง จากนั้นปล่อยลูกเหล็กจากระดับความสูง 10 เซนติเมตร เหนือของเหลวที่อยู่ในภาชนะ พร้อมบันทึกการเคลื่อนที่ด้วยกล้องสำหรับถ่ายวิดีโอ ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ในการปล่อยเป็น ลูกแก้ว เม็ดพลาสติก เม็ดเซรามิค และลูกยาง ตามลำดับและวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ดด้วยโปรแกรม Tracker 4.8 ตอนที่ 3 การศึกษาผลของความสูงที่มีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ ทำการผสมน้ำและไซรัปในอัตราส่วนของน้ำต่อไซรัปอยู่ที่ 80:20 ในหลอดทดลอง ปล่อยลูกเหล็กจากความสูง 10 เซนติเมตร พร้อมบันทึกการเคลื่อนที่ด้วยกล้องวิดีโอ จากนั้นทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนค่าความสูงเป็น 15 20 25 และ 30 เซนติเมตรตามลำดับ และจึงวิเคราะห์ผลการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรม Tracker 4.8 ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทำการศึกษาสมการที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าความหนืดของของเหลวและเขียนโปรแกรมคำนวณวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MATLAB วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ได้แบ่งเป็น 4 ตอน คือ ตอนที่ 1 การศึกษาความหนืดของของเหลวที่มีผลต่อความเร็วของวัตถุ โดยเปรียบเทียบความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกเหล็กในอัตราส่วนต่าง ๆ ของของเหลวที่มีความหนืดต่างกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของของเหลวและความเร็วในการเคลื่อนที่ ตอนที่ 2 การศึกษาความหนาแน่นของวัตถุที่มีผลต่อความเร็วในของเหลวที่มีความหนืด โดยเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยของวัตถุแต่ละชนิดเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของวัตถุกับความเร็วในการเคลื่อนที่ ตอนที่ 3 การศึกษาผลของความสูงที่มีผลต่อความเร็ว โดยวิเคราะห์กราฟความเร็วเทียบกับเวลา โดยจะเปรียบเทียบความเร็วจากการปล่อยจากระดับความสูงต่าง ๆ และตอนที่ 4 การเปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าทางทฤษฎีกับค่าจากการทดลอง เพื่อดูว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถอธิบายผลการทดลองได้มากน้อยแค่ไหน

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์การศึกษาความหนืดของของเหลวที่มีผลต่อความเร็วของวัตถุ

จากการทดลองศึกษาความหนืดของของเหลวที่ส่งผลต่อความเร็วของวัตถุ ได้ทำการผสมน้ำและไซรัปในหลอดทดลองในอัตราส่วนต่าง ๆ พร้อมบันทึกค่าที่ได้จากการปล่อยลูกเหล็กในของเหลว โดยการคำนวณค่าความหนืด (η) โดยใช้สมการของสโตกส์

$$\eta = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2 (\rho_s - \rho_f) g}{v}$$

โดย r คือ รัศมีของลูกเหล็ก

ρ_s คือ ความหนาแน่นของลูกเหล็ก

ρ_f คือ ความหนาแน่นของของเหลว (คำนวณจากอัตราส่วนของน้ำและไซรัป)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง $(9.81\ m/s^2)$

v คือ ความเร็วคงที่ของลูกเหล็กในของเหลว (คำนวณจากระยะทางและเวลาที่บันทึกได้)

และการหาค่าแรงหนืด (F) โดยหาจากสมการ

$$F = 6\pi\eta rv$$

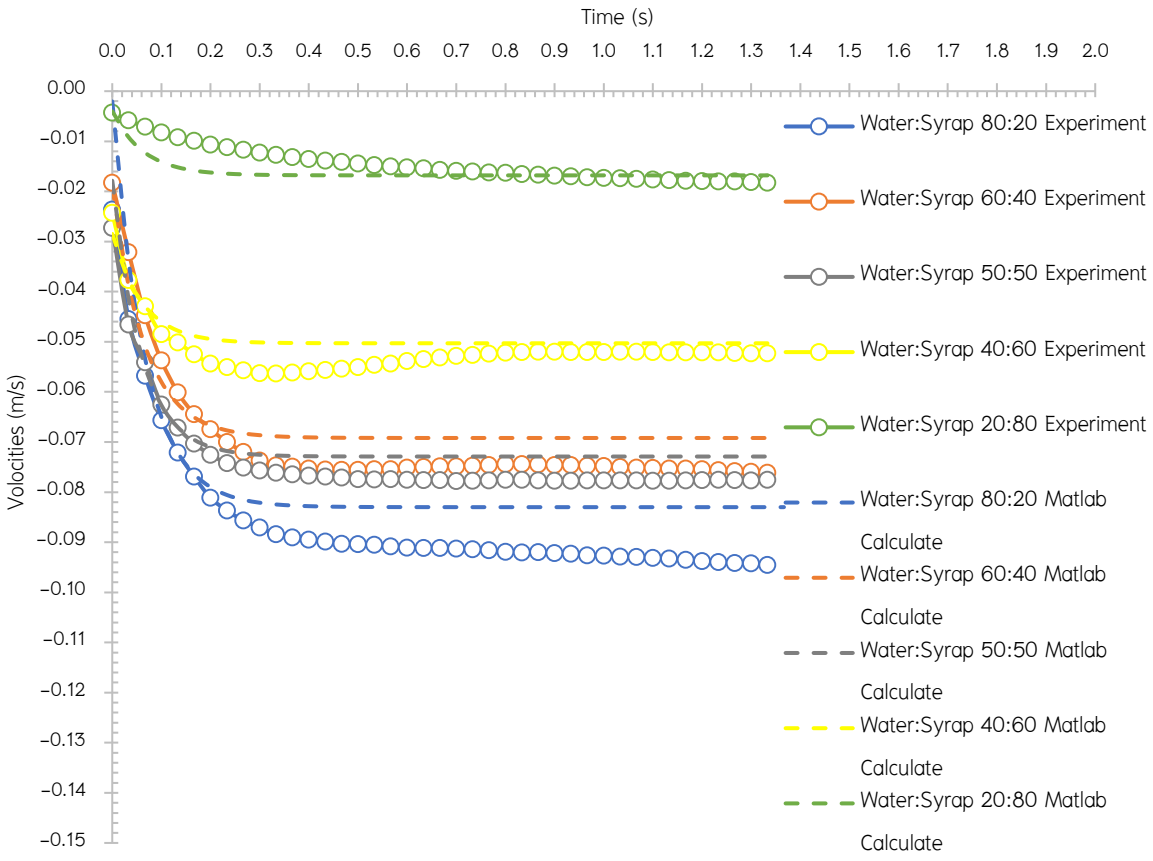
และค่าความหนืดและแรงหนืดที่ได้จากการทดลองในอัตราส่วนต่าง ๆ ของน้ำและไซรัปถูกนำมาเปรียบเทียบกันในตารางที่ 1 พร้อมกับสมการความเร็วของลูกเหล็กในของเหลวเทียบกับเวลา

ตารางที่ 1 ตารางแสดงอัตราส่วนของน้ำและไซรัปในหลอดทดลอง ค่าความหนืดเมื่อใช้ลูกเหล็กในการปล่อย แรงหนืดในแต่ละอัตราส่วน และสมการความเร็วของลูกเหล็กในของเหลวเทียบกับเวลา

อัตราส่วน (น้ำ : ไซรัป)	**ความเร็วปลาย (เมตรต่อวินาที)**	**ค่าความหนืด (η) (ปาสคาลวินาที)**	**แรงหนืด (F) (นิวตัน)**	**สมการความเร็วของเม็ดเซรามิคในของเหลว**
80:20	0.096	240.45×10^{-3}	1.31×10^{-3}	$v(t) = 2.7019e^{-15.0336t}$
60:40	0.078	268.43×10^{-3}	1.21×10^{-3}	$v(t) = 2.7244e^{-14.9876t}$
50:50	0.077	269.47×10^{-3}	1.17×10^{-3}	$v(t) = 2.7792e^{-16.8086t}$
40:60	0.053	377.79×10^{-3}	1.13×10^{-3}	$v(t) = 2.8296e^{-16.2166t}$
20:80	0.022	856.62×10^{-3}	1.07×10^{-3}	$v(t) = 3.8738e^{-15.5816t}$

จากการทดลองโดยปล่อยเม็ดเซรามิคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ความหนาแน่น 2.23×10^{3} กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากความสูง 10 เซนติเมตร เหนือผิวของของเหลวที่อยู่ในหลอดทดลองขนาด 100 มิลลิลิตร แล้ววิเคราะห์ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเม็ดเซรามิคเมื่อตกลงในของเหลว โดยติดตามการเคลื่อนที่ของเม็ดเซรามิคด้วยโปรแกรม Tracker 4.8 แล้วใช้ตำแหน่งที่ได้จากการติดตามบันทึกลงในโปรแกรม Microsoft Excel โดยกำหนดให้เริ่มวิเคราะห์ความเร็วเมื่อเม็ดเซรามิคสัมผัสผิวของของเหลวจนกระทั่งเม็ดเซรามิคมีความเร็วคงที่ และนำมาวิเคราะห์หาสมการความเร็วในการเคลื่อนที่ของเม็ดเซรามิคด้วยโปรแกรม MATLAB ได้ผลดังนี้ เมื่อทำการปล่อยเม็ดเซรามิคในหลอดทดลองที่มีของเหลวอัตราส่วนของน้ำต่อไซรัปเป็น 80:20 เม็ดเซรามิคจะจมลงไปด้วยความเร่งเป็นบวกทำให้ความเร็วมีค่าเพิ่มขึ้นค่าเพิ่มขึ้นค่าเพิ่มขึ้นค่าเพิ่มขึ้นค่าเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นมีความเร่งในระดับหนึ่งที่ทำให้ความเร็วมีค่าที่เปลี่ยนไปอย่างมาก จนในช่วงเวลาหนึ่งเม็ดเซรามิคจะคงความเร็วอยู่ที่ 0.096 เมตรต่อวินาที จนเม็ดเซรามิคจมลงจนแตะก้นหลอดทดลอง แล้วนำค่าความเร็วนั้นคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความหนืด (η) ได้เป็น 240.45×10^{-3} ปาสคาลวินาที มีแรงหนืด (F) เป็น 1.31×10^{-3} นิวตัน และเมื่อนำผลจากการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของเม็ดเซรามิคมาหาสมการความเร็วในการเคลื่อนที่จะได้สมการเป็น $v(t) = 2.7019e^{-15.0336t}$ เมื่อทำการปล่อยในของเหลวที่มีอัตราส่วนน้ำต่อไซรัปเป็น 60:40 เม็ดเซรามิคมีความเร่งและความเร็วใกล้เคียงกับการทดลองก่อนหน้าแต่ด้วยความหนืดที่มีมากกว่า ทำให้เม็ดเซรามิคมีความเร็วปลายอยู่ที่ 0.080 เมตรต่อวินาที จนเม็ดเซรามิคจมลงจนแตะก้นหลอดทดลอง แล้วนำค่าความเร็วนั้นคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดได้เป็น 268.43×10^{-3} ปาสคาลวินาที มีแรงหนืดเป็น 1.21×10^{-3} นิวตัน และเมื่อนำผลจากการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของเม็ดเซรามิคมาหาสมการความเร็วในการเคลื่อนที่จะได้สมการเป็น $v(t) = 2.7244e^{-14.9876t}$ เมื่อทำการปล่อยในของเหลวที่มีอัตราส่วนน้ำต่อไซรัปเป็น 50:50 เม็ดเซรามิคยังคงมีความเร่งและความเร็วใกล้เคียงกับการทดลองก่อนหน้าแต่ด้วยความหนืดที่มีมากกว่าเล็กน้อย ทำให้เม็ดเซรามิคมีความเร็วปลายอยู่ที่ 0.077 เมตรต่อวินาที จนเม็ดเซรามิคจมลงจนแตะก้นหลอดทดลอง แล้วนำค่าความเร็วนั้นคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดได้เป็น 269.47×10^{-3} ปาสคาลวินาที มีแรงหนืดเป็น 1.17×10^{-3} นิวตัน และเมื่อนำผลจากการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของเม็ดเซรามิคมาหาสมการความเร็ว

ในการเคลื่อนที่จะได้สมการเป็น $v(t) = 2.7792e^{-16.8086t}$ เมื่อทำการปล่อยในของเหลวที่มีอัตราส่วนน้ำต่อไซรัปเป็น 40:60 เม็ดเซรามิคมีความเร่งและความเร็วในช่วงแรกจะใกล้เคียงกับการทดลองก่อนหน้า โดยเม็ดเซรามิคมีความเร็วปลายอยู่ที่ 0.053 เมตรต่อวินาที จนเม็ดเซรามิคจมลงจนแตะก้นหลอดทดลอง เมื่อนำค่าความเร็วนั้นคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดได้เป็น 377.79×10^{-3} ปาสคาลวินาที มีแรงหนืดเป็น 1.13×10^{-3} นิวตัน และเมื่อนำผลจากการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของเม็ดเซรามิคมาหาสมการความเร็วในการเคลื่อนที่จะได้สมการเป็น $v(t) = 2.8296e^{-16.2166t}$ และเมื่อทำการปล่อยในของเหลวที่มีอัตราส่วนน้ำต่อไซรัปเป็น 20:80 เม็ดเซรามิคมีความเร่งน้อยลงอย่างมากและความเร็วในการเคลื่อนที่น้อยกว่าการทดลองก่อนหน้าอย่างมาก ทำให้เม็ดเซรามิคมีความเร็วปลายอยู่ที่ 0.022 เมตรต่อวินาที จนเม็ดเซรามิคจมลงจนแตะก้นหลอดทดลอง แล้วนำค่าความเร็วนั้นคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดได้เป็น 856.62×10^{-3} ปาสคาลวินาที มีแรงหนืดเป็น 1.07×10^{-3} นิวตัน และเมื่อนำผลจากการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของเม็ดเซรามิคมาหาสมการความเร็วในการเคลื่อนที่จะได้สมการเป็น $v(t) = 3.8738e^{-15.5816t}$ แสดงความเร็วในการเคลื่อนที่ของเม็ดเซรามิคของการทดลองนี้ทั้งหมดเทียบกับเวลาดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กราฟแสดงความเร็วในการเคลื่อนที่ของเม็ดเซรามิคในทุกอัตราส่วนของน้ำต่อไซรัปเทียบกับเวลา

จากรูปที่ 2 เมื่อนำสมการการเคลื่อนที่ของการทดลองในทุกค่าความหนืด มาทำการหาสมการรูปแบบทั่วไปจะได้สมการทั่วไปของการเคลื่อนที่นี้ด้วยโปรแกรม MATLAB ได้เป็น

$$v(t,\eta) = [(1.8956\eta) + 2.2127]e^{[(0.0586\eta)-15.7494]t}$$

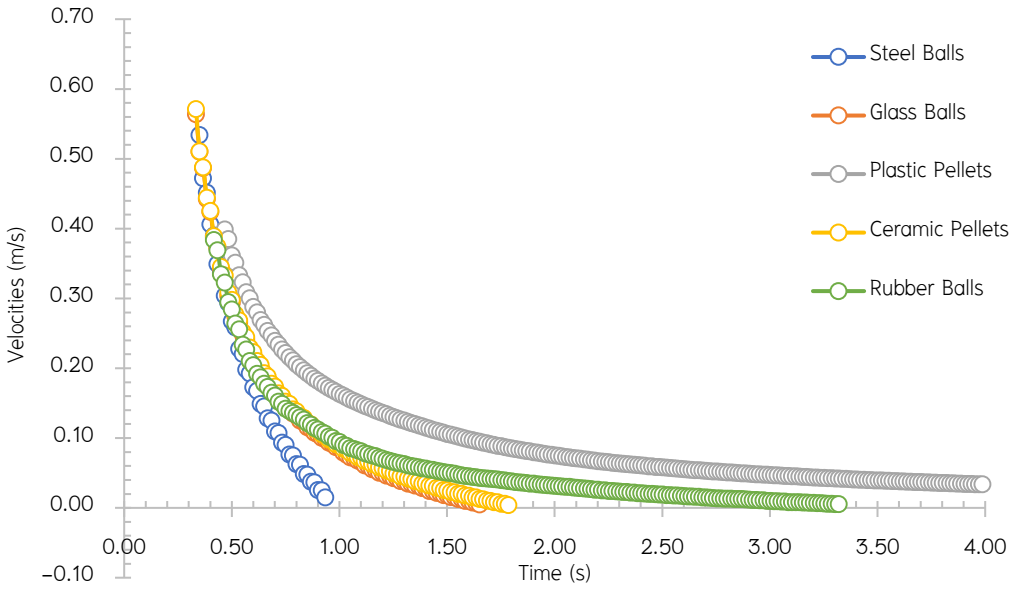
ผลการวิเคราะห์การศึกษาความหนาแน่นของวัตถุที่มีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ในของเหลวที่มีความหนืด

จากการทดลอง ปล่อยวัตถุจากความสูง 10 เซนติเมตร เหนือผิวของของเหลวที่อยู่ในหลอดทดลองขนาด 100 มิลลิลิตร ที่มีของเหลวที่มีอัตราส่วนของน้ำและไชรัป 80:20 ที่ค่าความหนืด 8.11×10^{-3} ปาสคาล-วินาที โดยวัตถุที่ใช้ได้แก่ ลูกเหล็ก ลูกแก้ว เม็ดพลาสติก เม็ดเซรามิค และลูกยาง ที่มีมวล เส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาแน่นดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางแสดงมวล เส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาแน่นของวัตถุ และและสมการความเร็วของลูกเหล็กในของเหลวเทียบกับเวลา

วัสดุ	มวล (กิโลกรัม)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	สมการความเร็วของลูกเหล็กในของเหลว
เหล็ก	8.68×10^{-4}	6	7677.63	$v(t)=3.6862e^{-5.192t}$
แก้ว	2.79×10^{-4}	6	2463.71	$v(t)=1.3744e^{-2.897t}$
พลาสติก	1.10×10^{-4}	6	1063.41	$v(t)=0.5918e^{-1.166t}$
เซรามิค	2.53×10^{-4}	6	2234.53	$v(t)=1.2760e^{-2.721t}$
ยาง	1.46×10^{-4}	6	1289.16	$v(t)=0.3577e^{-1.206t}$

ในการปล่อยลูกเหล็กพบว่า ลูกเหล็กมีความเร็วเริ่มต้น 16.04 เมตรต่อวินาที จากนั้นจึงลดลงมาเล็กน้อยจนมีความเร็วเป็น 0.53 เมตรต่อวินาที เมื่อสัมผัสผิวของของเหลว และลดลงมามีความเร็ว 0.39 เมตรต่อวินาที ในของเหลวดังกล่าวและลดลงมาดังสมการ $v(t)=3.6862e^{-5.192t}$ จนวัตถุมีความเร็วคงที่ ส่วนในการปล่อยลูกแก้วพบว่า ลูกแก้วมีความเร็วเริ่มต้น 15.49 เมตรต่อวินาที จากนั้นจึงลดลงมาเล็กน้อยจนมีความเร็วเป็น 0.56 เมตรต่อวินาที เมื่อสัมผัสผิวของของเหลว และลดลงมามีความเร็ว 0.39 เมตรต่อวินาที ในของเหลวดังกล่าวและลดลงมาดังสมการ $v(t)=1.3744e^{-2.897t}$ จนวัตถุมีความเร็วคงที่ ส่วนในการปล่อยเม็ดพลาสติกพบว่า เม็ดพลาสติกมีความเร็วเริ่มต้น 15.88 เมตรต่อวินาที จากนั้นจึงลดลงมาเล็กน้อยจนมีความเร็วเป็น 0.40 เมตรต่อวินาที เมื่อสัมผัสผิวของของเหลว และลดลงมามีความเร็ว 0.22 เมตรต่อวินาที ในของเหลวดังกล่าวและลดลงมาดังสมการ $v(t)=0.5918e^{-1.166t}$ จนวัตถุมีความเร็วคงที่ ส่วนในการปล่อยเม็ดเซรามิคพบว่า เม็ดเซรามิคมีความเร็วเริ่มต้น 15.54 เมตรต่อวินาที จากนั้นจึงลดลงมาเล็กน้อยจนมีความเร็วเป็น 0.57 เมตรต่อวินาที เมื่อสัมผัสผิวของของเหลว และลดลงมามีความเร็ว 0.39 เมตรต่อวินาที ในของเหลวดังกล่าวและลดลงมาดังสมการ $v(t)=1.2760e^{-2.721t}$ จนวัตถุมีความเร็วคงที่ และในการปล่อยลูกยางพบว่า ลูกยางมีความเร็วเริ่มต้น 15.97 เมตรต่อวินาที จากนั้นจึงลดลงมาเล็กน้อยจนมีความเร็วเป็น 0.38 เมตรต่อวินาที เมื่อสัมผัสผิวของของเหลว และลดลงมามีความเร็ว 0.26 เมตรต่อวินาที ในของเหลวดังกล่าวและลดลงมาดังสมการ $v(t)=0.3577e^{-1.206t}$ จนวัตถุมีความเร็วคงที่ แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กราฟแสดงความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีความหนาแน่นต่างกัน

จากรูปที่ 3 เมื่อนำสมการการเคลื่อนที่ของการทดลองของทุกวัตถุ มาทำการหาสมการรูปแบบทั่วไป จะได้สมการทั่วไปของการเคลื่อนที่นี้เป็น

$$v(t,\rho) = \left[(0.0005\rho) - 0.124\right] e^{\left[(-0.0006\rho)+0.6004\right]t}$$

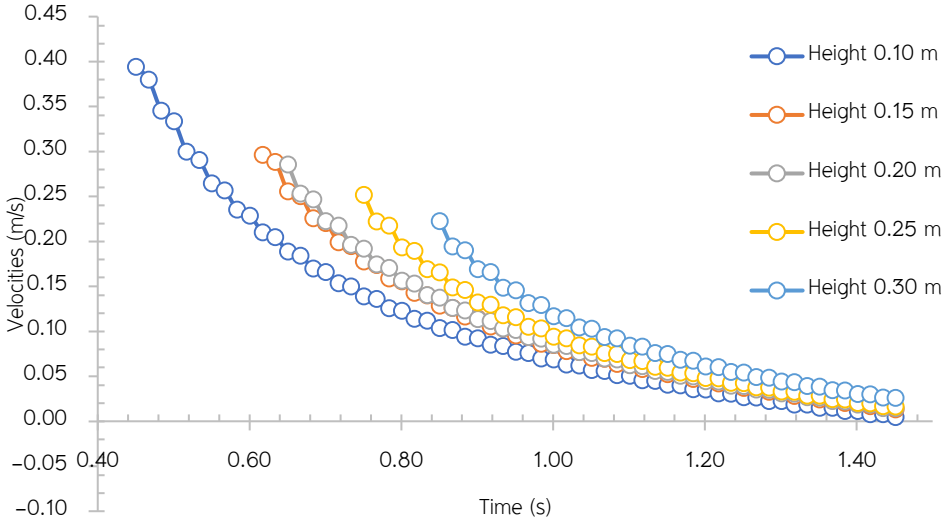
ผลการวิเคราะห์การศึกษาผลของความสูงที่มีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ได้ศึกษาระดับความสูงที่มีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ดในของเหลว กำหนดความหนืดของของเหลวที่ 8.11×10^{-3} ปาสคาล-วินาที และระดับความสูงที่ห่างจากผิวของของเหลว 10 15 20 25 และ 30 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยใช้วัสดุเม็ดคือ ลูกเหล็ก โดยมีความสูงในการปล่อยและสมการความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ เทียบกับเวลา ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดง ความสูงในการปล่อยและสมการความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ เทียบกับเวลา

ความสูงในการปล่อยวัตถุ (เซนติเมตร)	**สมการความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ เทียบกับเวลา $v(t)$**
10	$v(t) = 2.1513e^{-3.593t}$
15	$v(t) = 3.3471e^{-3.743t}$
20	$v(t) = 3.4647e^{-3.738t}$
25	$v(t) = 6.3743e^{-4.178t}$
30	$v(t) = 8.9508e^{-4.207t}$

จากการทดลอง ปล่อยลูกเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ความหนาแน่น 7.68×10^{3} กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เหนือพื้นผิวของของเหลวในหลอดทดลองขนาด 100 มิลลิลิตร ที่มีของเหลวที่มีอัตราส่วนของน้ำและไซรัป 80:20 ที่ค่าความหนืด 8.11×10^{-3} ปาสคาล-วินาที เมื่อปล่อยลูกเหล็กจากความสูง 10 เซนติเมตร เหนือผิวของของเหลวพบว่า ลูกเหล็กมีความเร็วเริ่มต้น 18.19 เมตรต่อวินาที จากนั้นจึงมีความเร็วลดลงจนมีความเร็ว 0.39 เมตรต่อวินาที เมื่อสัมผัสผิวของของเหลวที่เวลา 0.45 วินาที และลดลงมาจนมีความเร็ว 0.30 เมตรต่อวินาที ในของเหลวดังกล่าว และลดลงมาดังสมการ $v(t)=2.1513e^{-3.593t}$ จนวัตถุมีความเร็วคงที่ เมื่อปล่อยลูกเหล็กจากความสูง 15 เซนติเมตร เหนือผิวของของเหลวพบว่า ลูกเหล็กมีความเร็วเริ่มต้น 22.57 เมตรต่อวินาที จากนั้นจึงมีความเร็วลดลงจนมีความเร็ว 0.30 เมตรต่อวินาที เมื่อสัมผัสผิวของของเหลวที่เวลา 0.62 วินาที และลดลงมาจนมีความเร็ว 0.25 เมตรต่อวินาที ในของเหลวดังกล่าว และลดลงมาดังสมการ $v(t)=3.3471e^{-3.743t}$ จนวัตถุมีความเร็วคงที่ เมื่อปล่อยลูกเหล็กจากความสูง 20 เซนติเมตร เหนือผิวของของเหลวพบว่า ลูกเหล็กมีความเร็วเริ่มต้น 24.78 เมตรต่อวินาที จากนั้นจึงมีความเร็วลดลงจนมีความเร็ว 0.29 เมตรต่อวินาที เมื่อสัมผัสผิวของของเหลวที่เวลา 0.65 วินาที และลดลงมาจนมีความเร็ว 0.22 เมตรต่อวินาที ในของเหลวดังกล่าว และลดลงมาดังสมการ $v(t)=3.4647e^{-3.738t}$ จนวัตถุมีความเร็วคงที่ เมื่อปล่อยลูกเหล็กจากความสูง 25 เซนติเมตร เหนือผิวของของเหลวพบว่า ลูกเหล็กมีความเร็วเริ่มต้น 27.83 เมตรต่อวินาที จากนั้นจึงมีความเร็วลดลงจนมีความเร็ว 0.25 เมตรต่อวินาที เมื่อสัมผัสผิวของของเหลวที่เวลา 0.75 วินาที และลดลงมาจนมีความเร็ว 0.19 เมตรต่อวินาที ในของเหลวดังกล่าว และลดลงมาดังสมการ $v(t)=6.3743e^{-4.178t}$ จนวัตถุมีความเร็วคงที่ และเมื่อปล่อยลูกเหล็กจากความสูง 30 เซนติเมตร เหนือผิวของของเหลวพบว่า ลูกเหล็กมีความเร็วเริ่มต้น 31.22 เมตรต่อวินาที จากนั้นจึงมีความเร็วลดลงจนมีความเร็ว 0.22 เมตรต่อวินาที เมื่อสัมผัสผิวของของเหลวที่เวลา 0.85 วินาที และลดลงมาจนมีความเร็ว 0.17 เมตรต่อวินาที ในของเหลวดังกล่าว และลดลงมาดังสมการ $v(t)=8.9508e^{-4.207t}$ จนวัตถุมีความเร็วคงที่ แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กราฟแสดงความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุในการปล่อยในแต่ละค่าความสูง

จากรูปที่ 4 เมื่อนำสมการการเคลื่อนที่ของการทดลองในทุกค่าความสูงที่ใช้ในการปล่อยวัตถุ มาทำการหาสมการรูปแบบทั่วไป จะได้สมการทั่วไปของการเคลื่อนที่นี้เป็น

$$v(t,h)=\left[(33.2524h)-1.7928\right]e^{\left[(-3.326h)-3.2266\right]t}$$

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในผลการทดลองเรื่องความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ดในของไหลภายใต้ค่าความหนืดที่แตกต่างกัน การศึกษาได้ใช้สูตรคำนวณตามกฎของสโตกส์ (Stokes' Law) เพื่อหาอัตราความเร็วสุดท้าย (Terminal velocity) ของวัตถุที่เคลื่อนที่ในของไหลที่มีความหนืดจากสมการหาความเร็วสุดท้าย $\left(v_f\right)$

$$v_f = \frac{\left(\rho_{object} - \rho_{fluid}\right)g}{\frac{6\pi\eta r}{m}}$$

โดย ρ_{object} คือ ความหนาแน่นของวัตถุ $\left(kg/m^3\right)$

ρ_{fluid} คือ ความหนาแน่นของของเหลว $\left(kg/m^3\right)$

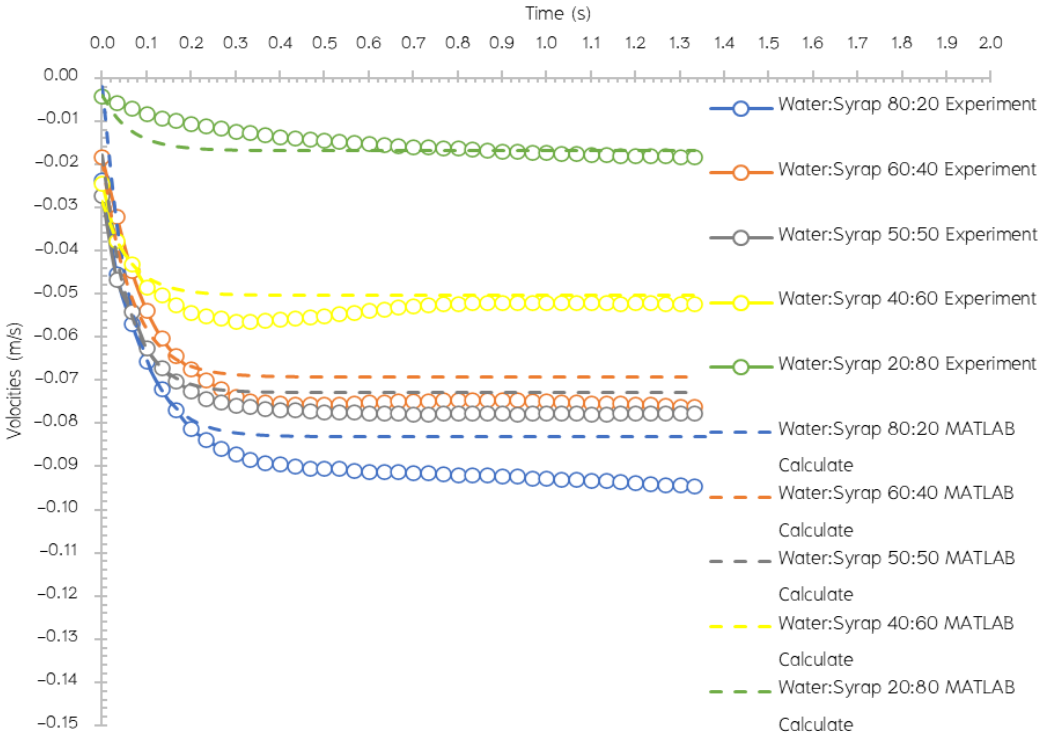
g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง $\left(9.81\ m/s^2\right)$

η คือ ค่าความหนืดของของเหลว

r คือ รัศมีของวัตถุ $\left(m\right)$

m คือ มวลของวัตถุ $\left(kg\right)$

โดยการทดลองนี้จะเปรียบเทียบผลจากค่าทฤษฎีกับค่าที่ได้จากการทดลองจริงผ่านกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นสามส่วน ได้แก่ การวิเคราะห์ตามค่าความหนืด การวิเคราะห์ตามวัสดุที่ใช้ และการวิเคราะห์ตามความสูงที่ปล่อยวัตถุ โดยเทียบกับกราฟที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม MATLAB ได้ผลดังนี้



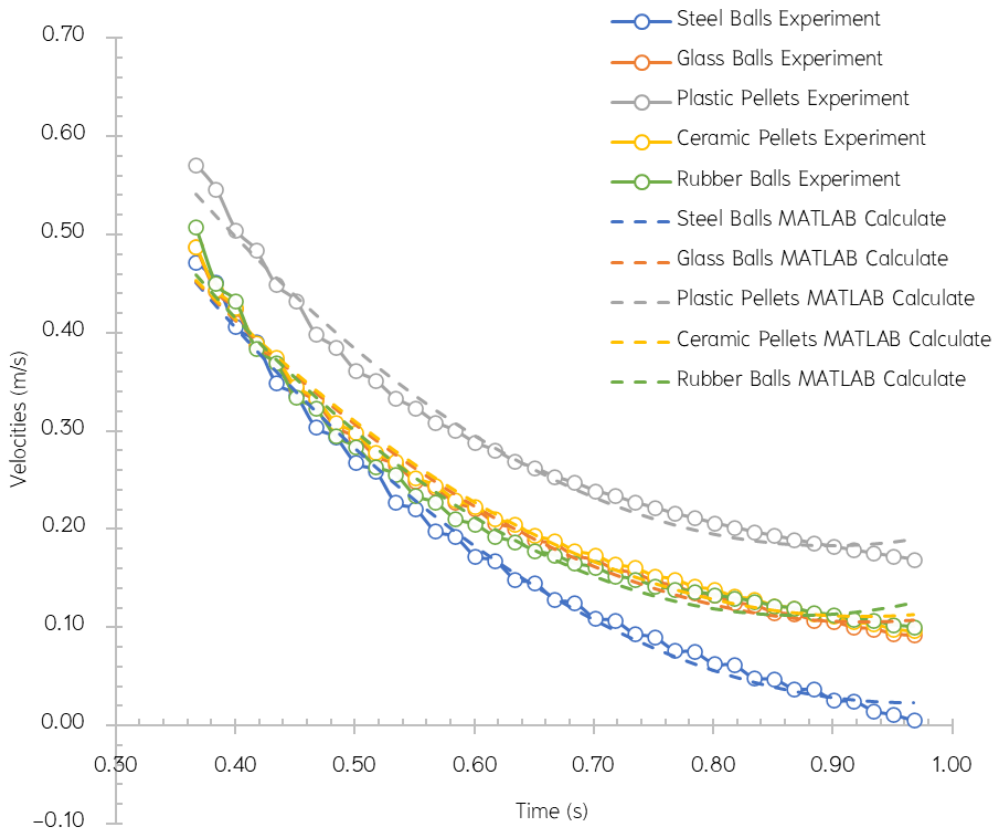
รูปที่ 5 กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองของความเร็วในการเคลื่อนที่ของเม็ดเซรามิคในแต่ละค่าความหนืดเทียบกับการคำนวณผ่านโปรแกรม MATLAB

ตารางที่ 4 ตารางแสดงความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยและค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ในแต่ละค่าความหนืด

ค่าความหนืด (ปาสคาลวินาที)	ค่าข้อผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error, MAE)	ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ (Relative Error)
240.45×10^{-3}	0.021444	18.84%
268.43×10^{-3}	0.018565	13.90%
269.47×10^{-3}	0.008020	8.80%
377.79×10^{-3}	0.007856	7.97%
856.62×10^{-3}	0.009291	3.74%

จากกราฟในรูปที่ 5 และข้อมูลในตารางที่ 4 พบว่าสำหรับค่าความหนืดที่แตกต่างกันตั้งแต่ 240.45×10^{-3}, 268.43×10^{-3}, 269.47×10^{-3}, 377.79×10^{-3} ไปจนถึง 856.62×10^{-3} ปาสคาลวินาที มีผลต่อค่าข้อผิดพลาดของการทดลองอย่างชัดเจน โดยค่าข้อผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error, MAE) และค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ (Relative Error) มีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าความหนืดเพิ่มขึ้น

สำหรับที่ค่าความหนืดเป็น 240.45×10^{-3} ปาสคาลวินาที พบว่าค่า MAE มีค่าสูงสุดที่ 0.021444 และค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์อยู่ที่ 18.84% ซึ่งแสดงถึงความคลาดเคลื่อนสูงสุดในกลุ่มค่าความหนืดที่ทดสอบ เมื่อค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเป็น 268.43×10^{-3} ปาสคาล–วินาที ค่า MAE ลดลงเหลือ 0.018565 และค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ลดลงเป็น 13.90% แสดงถึงความแม่นยำที่มากขึ้นในผลการทดลอง ในกรณีค่าความหนืด 269.47×10^{-3} ปาสคาลวินาที ค่า MAE ลดลงอย่างชัดเจนเหลือเพียง 0.008020 และค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ลดลงเหลือ 8.80% ซึ่งแสดงถึงการลดลงของความคลาดเคลื่อนในค่าความเร็วที่วัดได้เมื่อเทียบกับค่าทฤษฎี สุดท้าย เมื่อค่าความหนืดเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น 856.62×10^{-3} ปาสคาลวินาที ค่า MAE ลดลงต่ำสุดที่ 0.009291 เมตรต่อวินาที และค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ลดลงถึง 3.74% ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดในกลุ่ม แสดงให้เห็นว่าค่าความหนืดที่สูงขึ้นส่งผลต่อการลดลงของความคลาดเคลื่อนในผลการทดลอง โดยค่าความหนืดที่มากขึ้นช่วยลดความเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านของไหล ณ ที่นี้คือ น้ำผสมไซรัปในอัตราส่วนต่าง ๆ ทำให้การวัดผลมีความแม่นยำมากขึ้น สอดคล้องกับกฎของสโตกส์ที่ระบุว่าความหนืดมีบทบาทสำคัญในการลดการเบี่ยงเบนจากค่าทฤษฎีในกรณีที่มีความเร็วต่ำ ทั้งนี้แสดงถึงความใกล้เคียงระหว่างผลการทดลองและค่าทฤษฎีได้อย่างชัดเจนในสภาพแวดล้อมที่ค่าความหนืดมีผลอย่างมากต่อการเคลื่อนที่ในของไหล



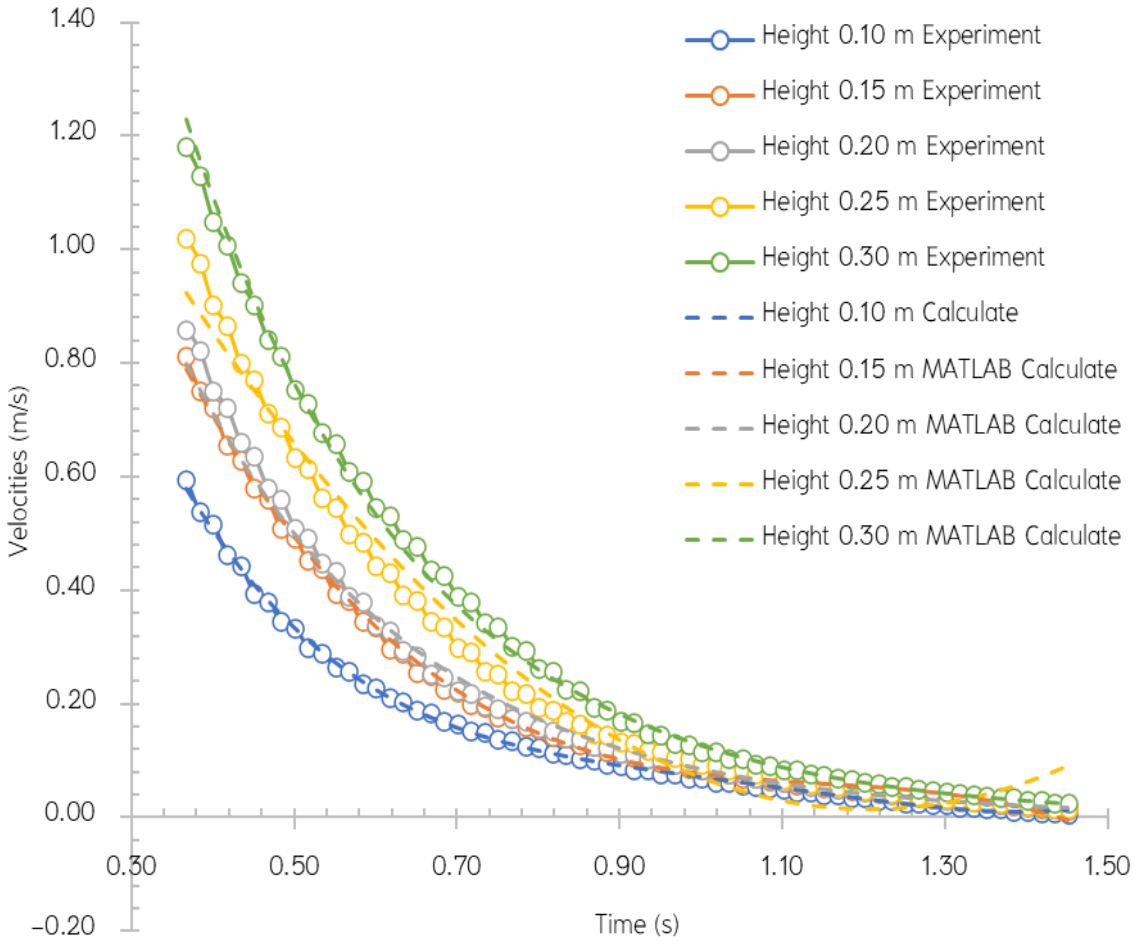
รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองของความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุแต่ละชนิด ในช่วงตั้งแต่วินาทีที่ 0.37 วินาที ถึง 0.97 เทียบกับการคำนวณผ่านโปรแกรม MATLAB

ตารางที่ 5 ตารางแสดงความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยและค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ในแต่ละวัสดุ

วัสดุ	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	ค่าข้อผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error, MAE)	ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ (Relative Error)
เหล็ก	7677.63	0.008241	8.04%
แก้ว	2463.71	0.008048	3.88%
เซรามิก	1063.41	0.008249	3.93%
ยาง	2234.53	0.011548	5.83%
พลาสติก	1289.16	0.010171	3.49%

จากกราฟในรูปที่ 6 และข้อมูลจากตารางที่ 5 พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของวัสดุแต่ละชนิดได้ดังนี้ ลูกเหล็ก (Steel Balls) ซึ่งมีค่าความหนาแน่นสูงที่สุดที่ 7,677.63 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีพฤติกรรมการเคลื่อนที่เริ่มต้นด้วยความเร็วสูงสุด เนื่องจากมวลมาก แต่ความเร็วลดลงอย่างรวดเร็วที่สุด เนื่องจากแรงต้านทานจากของไหลกระทำต่อวัสดุที่หนาแน่นสูงอย่างมีนัยสำคัญ ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) ของเหล็กอยู่ที่ 0.008241 และมีค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์สูงที่สุดในกลุ่มที่ 8.04% ซึ่งสะท้อนถึงความยากในการจำลองแรงต้านในวัสดุที่หนาแน่นสูง ในส่วนของลูกแก้ว (Glass Balls) ที่มีความหนาแน่น 2,463.71 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีพฤติกรรมการเคลื่อนที่

ที่สมดุลกว่า ความเร็วเริ่มต้นอยู่ในระดับปานกลางและลดลงอย่างสม่ำเสมอ ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ของแก้วต่ำที่สุดในกลุ่มวัสดุที่ 3.88% ซึ่งแสดงว่าแบบจำลองใน MATLAB มีความแม่นยำในการทำนายพฤติกรรมของวัสดุประเภทนี้อย่างมาก ในส่วนของเม็ดเซรามิค (Ceramic Pellets) ซึ่งมีค่าความหนาแน่น 1,063.41 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีพฤติกรรมการเคลื่อนที่ใกล้เคียงกับแก้ว โดยความเร็วลดลงอย่างต่อเนื่องและค่อนข้างสมดุล ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยของเซรามิกอยู่ที่ 0.008249 และค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์อยู่ที่ 3.93% ซึ่งต่ำและแสดงถึงความแม่นยำสูงเช่นกัน สำหรับในส่วนของลูกยาง (Rubber Balls) ซึ่งมีความหนาแน่น 2,234.53 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พฤติกรรมการเคลื่อนที่เริ่มต้นด้วยความเร็วต่ำกว่าวัสดุหนาแน่นมาก เช่น เหล็ก แต่ความเร็วลดลงช้ากว่าเนื่องจากแรงต้านที่ส่งผลกระทบต่อวัสดุที่มีมวลเบาน้อยกว่า ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยของยางอยู่ที่ 0.011548 และค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์อยู่ที่ 5.83% ซึ่งยังคงอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และสุดท้ายเม็ดพลาสติก (Plastic Pellets) ซึ่งมีความหนาแน่นต่ำที่สุดในกลุ่มที่ 1,289.16 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีพฤติกรรมการเคลื่อนที่ที่แสดงถึงการลดลงของความเร็วอย่างช้าๆ และสมดุลมากที่สุด ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ของพลาสติกต่ำที่สุดในกลุ่มวัสดุทั้งหมดที่ 3.49% ซึ่งแสดงถึงความน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่ใช้ในการจำลองพฤติกรรมของวัสดุเบา



รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองของความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ทำการปล่อยแต่ละค่าความสูงในช่วงตั้งแต่วินาทีที่ 0.37 วินาที ถึง 1.45 วินาที เทียบกับการคำนวณผ่านโปรแกรม MATLAB

ตารางที่ 6 ตารางแสดงความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยและค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ในแต่ความสูงที่ปล่อย

ความสูงในการปล่อย (เมตร)	ค่าข้อผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error, MAE)	ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ (Relative Error)
0.10	0.004914	2.19%
0.15	0.008341	3.81%
0.20	0.019377	5.71%
0.25	0.030330	7.55%
0.30	0.076520	16.68%

จากกราฟในรูปที่ 7 จากข้อมูลที่ได้ประกอบด้วยกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเร็วของวัตถุที่ปล่อยจากความสูงต่าง ๆ และตารางที่ 6 สรุปค่าความผิดพลาดของแบบจำลองคำนวณเมื่อเปรียบเทียบกับค่าทดลองจริง เราสามารถสรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้ สำหรับความสูง 0.10 เมตร กราฟแสดงให้เห็นว่าความเร็วเริ่มต้นของวัตถุอยู่ในช่วงประมาณ 1.2 เมตรต่อวินาที และลดลงอย่างรวดเร็วตามเวลา ค่าค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ได้เท่ากับ 0.004914 และค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์อยู่ที่ 2.19% ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำที่สูงของแบบจำลองในการทำนายความเร็วในกรณีนี้ สำหรับความสูง 0.15 เมตร พบว่าความเร็วเริ่มต้นอยู่ที่ประมาณ 1.25 เมตรต่อวินาที และมีแนวโน้มลดลงในลักษณะใกล้เคียงกับความสูง 0.10 เมตร แต่ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยและค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 0.008341 และ 3.81% ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนว่าเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ข้อผิดพลาดก็เพิ่มขึ้นเช่นกันในกรณีของความสูง 0.20 เมตร ความเร็วเริ่มต้นอยู่ที่ประมาณ 1.3 เมตรต่อวินาที และลดลงตามเวลาเช่นเดียวกัน แต่เริ่มมีความเบี่ยงเบนที่ชัดเจนขึ้นระหว่างค่าคำนวณและค่าทดลอง โดยค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 0.019377 และค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเป็น 5.71% เมื่อพิจารณาความสูง 0.25 เมตร ความเร็วเริ่มต้นสูงขึ้นอีกเป็นประมาณ 1.35 เมตรต่อวินาที และข้อผิดพลาดยิ่งชัดเจนขึ้น โดยค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยเพิ่มเป็น 0.030330 และค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์อยู่ที่ 7.55% สุดท้ายสำหรับความสูง 0.30 เมตร ความเร็วเริ่มต้นสูงที่สุดในชุดข้อมูลที่ประมาณ 1.4 เมตรต่อวินาที ความเบี่ยงเบนระหว่างค่าทดลองและค่าคำนวณเริ่มเห็นได้ชัดเจนตั้งแต่ช่วงเวลาหลังจาก 0.8 วินาที โดยค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยพุ่งขึ้นสูงสุดที่ 0.076520 และค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์สูงถึง 16.68% ซึ่งบ่งบอกถึงข้อจำกัดที่สำคัญของแบบจำลองในกรณีความสูงที่เพิ่มมากขึ้น

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟและตารางพบว่าแบบจำลองคำนวณที่ใช้ใน MATLAB มีความแม่นยำสูงเมื่อคำนวณในกรณีที่ความสูงต่ำ หรือที่ความสู’ 0.10 เมตร ถึงความสูง 0.15 เมตร แต่ข้อผิดพลาดจะเพิ่มขึ้นชัดเจนเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากแรงต้านอากาศที่ไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาในแบบจำลองอย่างครบถ้วน อาจมีการปรับปรุงแบบจำลองให้รวมแรงต้านอากาศที่เหมาะสมยิ่งขึ้นจึงเป็นสิ่งที่ควรพิจารณาเพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดข้อผิดพลาดในอนาคต

สรุปผลและอธิปรายผล

การศึกษาผลกระทบของความหนืดต่อความเร็วของวัตถุ เมื่อความหนืดของของเหลวเพิ่มขึ้น ความเร็วของวัตถุจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีสโตกส์ (Stokes' Law) ที่ระบุว่า ความหนืดของของเหลวจะเพิ่มแรงต้านต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ ทำให้วัตถุชะลอตัวลงเมื่อเคลื่อนผ่านของเหลว ในการทดลองนี้ค่าความหนืดที่ใช้มีช่วงระหว่าง $240x10^{-3}$ ถึง $856.62x10^{-3}$ ปาสคาลวินาที โดยพบว่าความเร็วของวัตถุในของเหลวที่มีค่าความหนืดสูงจะลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับของเหลวที่มีความหนืดต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความหนืดของของเหลวมีผลโดยตรงต่อการลดความเร็วของวัตถุ โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการ $v(t,\eta)=\left[(1.8956\eta)+2.2127\right]e^{\left[(0.0586\eta)-15.7494\right]t}$ โดยเมื่อเวลา $t=0$ จะได้ $v\left(t=0,\eta=856.62\times10^{-3}\right)=3.84\ m/s$ และที่เวลา $t=\infty$ จะได้ $v\left(t=\infty,\eta=856.62\times10^{-3}\right)=0\ m/s$ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของสโตกส์ ในการศึกษาผลของความหนาแน่นของวัตถุต่อความเร็วในของเหลว พบว่าวัตถุที่มีความหนาแน่นสูง เช่น ลูกเหล็กและลูกแก้ว มีความเร็วในการเคลื่อนที่ในของเหลวสูงกว่าวัตถุที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่น เม็ดพลาสติกและลูกยาง วัตถุที่มีความหนาแน่นมากสามารถต้านทานแรงหนืดได้ดีกว่า ทำให้สามารถรักษาความเร็วได้สูงกว่า ในขณะที่วัตถุที่มีความหนาแน่นต่ำถูกแรงหนืดลดความเร็วลงมากกว่า สำหรับผลของความสูงในการปล่อยวัตถุ พบว่า เมื่อเพิ่มความสูงในการปล่อยวัตถุ ความเร็วเริ่มต้นจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อวัตถุสัมผัสกับของเหลว ความเร็วจะลดลงอย่างรวดเร็วและเข้าสู่ความเร็วคงที่ โดยวัตถุที่ปล่อยจากความสูงมากกว่าจะมีความเร็วเริ่มต้นที่สูงกว่า แต่จะลดลงจนเข้าสู่ความเร็วคงที่ตามแรงหนืดที่กระทำ ในส่วนของการวิเคราะห์ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุในการทดลองเทียบกับการคำนวณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) และค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ (Relative Error) ในการทดลอง พบว่า ความหนืดที่สูงขึ้นจะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนลดลง สำหรับวัตถุที่มีความหนาแน่นสูง เช่น ลูกเหล็ก ค่าความคลาดเคลื่อนและความผิดพลาดสัมพัทธ์สูงกว่าวัตถุที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า และความสูงที่ใช้ในการปล่อยวัตถุมีผลต่อความคลาดเคลื่อนของผลการทดลอง โดยความสูงที่ต่ำกว่ามีแนวโน้มที่จะให้ผลการทดลองที่แม่นยำกว่าความสูงที่มากขึ้น สำหรับข้อเสนอแนะในการวิจัย ผลการทดลองนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุในของไหล เช่น การออกแบบระบบท่อในอุตสาหกรรม หรือการจำลองการเคลื่อนที่ของวัตถุในของเหลวที่มีความหนืดสูง อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาต่อยอดเกี่ยวกับปัจจัยอื่น ๆ เช่น ขนาดและรูปร่างของวัตถุ หรือความเร็วเริ่มต้นที่แตกต่างกันเพื่อให้ผลการทดลองครอบคลุมมากขึ้น นอกจากนี้ ควรมีการพัฒนาวิธีการวัดค่าความเร็วที่มีความแม่นยำสูงเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและเชื่อถือได้ยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องผลกระทบของความหนืดของของเหลวต่อการปล่อยวัสดุเม็ดโดยตัดเฉือนในของเหลว สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ การสนับสนุนของ คณาจารย์ในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กสิภูมิ ทวนคง. (2557). การศึกษาพฤติกรรมความหนืดของแป้งพุทธรักษาและแป้งพุทธรักษาดัดแปรเพื่อใช้เป็นสารให้ความข้นหนืด. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ., 37(1)*, 61–76.

จรัส บุณธธรรมมา. (2553). *ฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย ภาคกลศาสตร์.* สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น.

ภาณุพัฒน์ ชัยวร. (2557). *การศึกษาทดลองพลศาสตร์ของวัตถุเม็ดเล็กในการสั่นสะเทือน* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

สกนธ์ คล่องบุญจิต. (2553). *ปรากฏการณ์การกองตัวกันต่อการเคลื่อนที่ของเม็ดวัสดุนผิวอิสระขณะเกิดปรากฏการณ์การหมุนวนของระบบวัสดุเม็ดกลมเชิง 2 มิติ ภายใต้การสั่นแนวดิ่ง*. วิศวสารลาดกระบัง, 27,.

สถิรมาศ การคนซื่อ. (2559). *การเคลื่อนที่ของลูกกลมอากาศในของเหลวสำหรับการสั่นในแนวตั้ง* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

Caballero–Robledo, G. A., Kelly, K. P. D., Homan, T. A. M., & Weijs, J. H. (2012). Suction of splash after impact on dry quicksand. *Granular Matter, 14*(2), 179–184.

Lassaigne, M., Blais, B., Fradette, L., & Bertrand, F. (2016). Experimental investigation of the mixing of viscous liquids and non–dilute concentrations of particles in a stirred tank. *Chemical Engineering Research and Design, 108*, 55–68.

Montante, G., Coroneo, M., & Paglianti, A. (2016). Blending of miscible liquids with different densities and viscosities in static mixers. Chemical Engineering Science, 141, 250–260.

Northwestern University. (2005). *Introduction to MATLAB*. McCormick School of Engineering, Northwestern University.

Sun, Q., Song, S., Liu, J., Fai, & Jin, F. (2013). Granular materials: Bridging damaged solids and turbulent fluids. *Theoretical & Applied Mechanics Letters, 3*, Article 011006.

Tokuyama, M., Enda, S., & Kawamura. (2016). A novel difference between strong liquids and fragile liquids in their dynamics near the glass transition. *Physica A, 442*, 1–13.

Yang, W.–L., & Hsiau, S.–S. (2006). The effect of liquid viscosity on sheared granular flows. *Chemical Engineering Science, 61*, 6085–6095.

การศึกษาฟิสิกส์ของไข่ตกด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง

Studying the physics of an egg drop using high-speed video analysis techniques

ธีรสิทธิ์ ตาลป่า[1*], จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล[2] และ จิตรกร กรพรม[3]

Theerasit talpa[1*], Jiraporn Poonyawatpornkul[2] and Chittakron Kronphom[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการศึกษาฟิสิกส์ของไข่ตกด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก โมเมนตัมก่อนชน-หลังชน การดล และสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นของไข่ตกด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง โดยปล่อยไข่มวล 61.0 กรัม ให้ตกลงพื้นฟองน้ำและพื้นกระเบื้องที่ระดับความสูง 0.25, 0.50 และ 0.75 m พบว่า ไข่ที่ตกบนพื้นฟองน้ำเกิดการกระดอนขึ้น-ลง ส่วนไข่ที่ตกบนพื้นกระเบื้องจะไม่มีการกระดอน การวิเคราะห์หาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากไข่ที่ตกลงบนพื้นฟองน้ำและกระเบื้อง มีค่า 9.75±0.09 m/s^2 และ 10.03±0.55 m/s^2 โดยมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน 0.35% และ 2.51% ตามลำดับ และเมื่อปล่อยไข่ที่ความสูงเพิ่มขึ้น ไข่ที่ตกบนพื้นฟองน้ำ มีอัตราเร็วก่อนชนและหลังชนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าโมเมนตัมก่อนชน-หลังชน และการดลเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนไข่ที่ตกบนพื้นกระเบื้องจะมีอัตราเร็วก่อนชนและโมเมนตัมก่อนชนเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่หลังจากการชน ไข่จะแตกทำให้ค่าอัตราเร็วและโมเมนตัมหลังชนเป็นศูนย์ การดลจึงเท่ากับโมเมนตัมก่อนชน ค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นของไข่ตกที่ระดับความสูง 0.25, 0.50 และ 0.75 m มีค่า 0.67, 0.79 และ 0.80 ตามลำดับ โดยค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นเฉลี่ยของไข่ตกบนพื้นฟองน้ำ คือ 0.75±0.07

คำสำคัญ: ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, โมเมนตัม, การดล และสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่น

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Master of Science Program, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, 50300

[2] Department of Physics and General Science, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, 50300

* Corresponding author: theerasit401@gmail.com

Abstract

The research on the Studying the Physics of an Egg Drop Using High-Speed Video Analysis Techniques aims to examine gravitational acceleration, pre and post impact momentum, impulse, and the coefficient of restitution of a falling egg. This is done using high-speed video analysis. An egg with a mass of 61.0 grams was dropped onto a sponge surface and a tile surface from heights of 0.25, 0.50, and 0.75 meters. The results showed that the egg bounced on the sponge surface, whereas it did not bounce on the tile surface. Analysis of gravitational acceleration for the egg falling onto the sponge and tile surfaces yielded values of 9.75±0.09 m/s² and 10.03±0.55 m/s², with percentage errors of 0.35% and 2.51%, respectively. As the drop height increased, the velocity of the egg before and after impact on the sponge surface also increased, leading to higher values of pre- and post-impact momentum and impulse. For the egg dropped onto the tile surface, the velocity before impact and the pre-impact momentum also increased. However, after impact, the egg broke, resulting in a post-impact velocity and momentum of zero, meaning that the impulse was equal to the pre-impact momentum. The coefficient of restitution of the egg dropped from heights of 0.25, 0.50, and 0.75 meters was 0.67, 0.79, and 0.80, respectively, with an average coefficient of restitution on the sponge surface of 0.75±0.07.

Keywords: Gravitational acceleration, Momentum, Impulse and Coefficient of restitution

บทนำ

การตกของไข่บนพื้นเป็นตัวอย่างการเรียนการสอน หรือกิจกรรมนอกห้องเรียนทางฟิสิกส์หรือวิทยาศาสตร์ที่พบบ่อยครั้ง อย่างไรก็ตามการศึกษาทางทฤษฎีของไข่ตกยังไม่แพร่หลาย อาจเป็นเพราะข้อจำจัดของเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาทดลองมีค่อนข้างจำกัด อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูงเป็นเทคนิคที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีความเร็วสูงหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสั้น ๆ โดยเฉพาะในงานด้านฟิสิกส์ โปรแกรมแทรกเกอร์เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและได้รับความนิยมในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัตถุในวิดีโอ ซึ่งสามารถแสดงผลข้อมูลเชิงตัวเลขได้อย่างแม่นยำ [1] ไม่ว่าจะเป็นค่าความเร็ว อัตราเร่ง หรือแรงที่กระทำต่อวัตถุ การศึกษาฟิสิกส์ของไข่ตกโดยใช้โปรแกรมนี้จึงเป็นแนวทางที่ช่วยให้เห็นภาพการเคลื่อนที่ของไข่จากจุดเริ่มตกจนถึงการกระทบพื้น รวมถึงการเชื่อมโยงกับสูตรหรือสมการ เพื่อหาค่าอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้อย่างละเอียด

การวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูงด้วยโปรแกรมแทรกเกอร์คือความแม่นยำในการระบุตำแหน่งของไข่ในช่วงเวลาต่าง ๆ ทำให้สามารถคำนวณค่าทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง การวิเคราะห์ตามเวลาจริงช่วยเก็บข้อมูลในช่วงเวลาสั้น ๆ ที่ตามนุษย์ไม่สามารถตรวจจับได้ และยังสามารถนำไปใช้ในการสอน เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดของการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย [2] ที่ได้กล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดยิงโพรเจกไทล์โดยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าวิเคราะห์ภาพถ่ายวิดีโอด้วยโปรแกรม แทรกเกอร์ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น รวมทั้ง [3] ได้พัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรมเสริมการเรียนรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ของวัตถุ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูง และศึกษาค่าความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาฟิสิกส์และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ พบว่ากลุ่มที่เสริมแนวคิดวิทยาศาสตร์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูงสามารถใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์เพิ่มขึ้น และมีความก้าวหน้าทางการเรียนมากกว่ากลุ่มที่

ศึกษาอย่างอิสระนอกห้องเรียน การใช้โปรแกรมแทรกเกอร์ยังสนับสนุนการเรียนรู้ตามแนวสะตีมศึกษา ซึ่งช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้อีกด้วย

จากเหตุผลและความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาฟิสิกส์ของไข่ตกด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง โดยศึกษาร้อยละความคลาดเคลื่อนของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ค่าโมเมนตัมก่อนชน–หลังชน การดล และสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่น

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากไข่ตกด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง
2. เพื่อศึกษาโมเมนตัมก่อนชน–หลังชน และการดลของไข่ตกด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง
3. เพื่อศึกษาสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นของไข่ตกด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมุติฐานการวิจัย

พื้นรองรับและความสูง ส่งผลต่อร้อยละความคลาดเคลื่อนของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก โมเมนตัมก่อนชน–หลังชน การดล และสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่น

วิธีวิทยาการวิจัย

1.อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) กล้องถ่ายภาพความเร็วสูงและอุปกรณ์ถ่ายวิดีโอ เช่น ฉาก ขาตั้งกล้อง ฉากพื้นหลัง สถานที่ถ่ายทำวิดีโอที่ไม่มีลมพัดผ่าน และมีแสงไฟความสว่างที่เพียงพอ (แสงไฟต้องไม่กระพริบ) เป็นต้น

2) ฉากอ้างอิง

3) เครื่องชั่งดิจิตอล

4) ไข่ไก่เลือกเฉพาะที่มีมวล 61.0 กรัม จำนวน 10 ฟอง

5) พื้นฟองน้ำที่ความหนา 0.05 m

6) พื้นกระเบื้อง

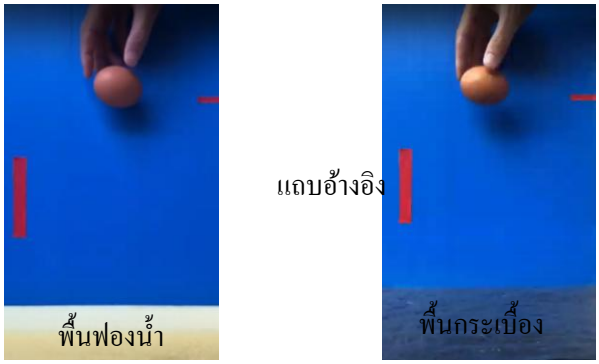
7) คอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมแทรกเกอร์และเอ็กซ์เซล

2. การดำเนินงานการศึกษาฟิสิกส์ของไข่ตก

1) ติดตั้งกล้องให้อยู่ในแนวระนาบกับพื้น ความสูงจากพื้นถึงกล้อง 0.50 m ระยะห่างจากกล้องถึงอุปกรณ์การทดลอง 1.50 m อัตราเร็วของการบันทึกภาพ 240 เฟรม/วินาที

2) นำไข่มาปล่อยให้ตกลงพื้นกระเบื้องที่ความสูง 0.25, 0.50, 0.75 m

3) นำไข่มาปล่อยให้ตกลงพื้นฟองน้ำที่ความสูง 0.25, 0.50, 0.75 m แสดงดังภาพที่ 2



(ก.) พื้นฟองน้ำ (ข.) พื้นกระเบื้อง

ภาพที่ 2 ปล่อยไข่ที่ความสูงต่าง ๆ

4) กรณีพื้นฟองน้ำทำการถ่ายวิดีโอ โดยบันทึก 5 ครั้งต่อการถ่ายไข่ตกหนึ่งฟองต่อหนึ่งการปล่อย

5) กรณีพื้นกระเบื้องทำการถ่ายวิดีโอ โดยบันทึก 1 ครั้งต่อการถ่ายไข่ตกหนึ่งฟองต่อหนึ่งการปล่อย เนื่องจากไข่แตกและไม่มีการกระดอนเกิดขึ้น จึงต้องใช้ไข่ฟองใหม่ที่ระดับความสูงอื่น ๆ

4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับไข่ตก

1) โมเมนตัม

โมเมนตัม (Momentum) คือ ปริมาณที่เกิดจากการคูณมวลของวัตถุเข้ากับความเร็วของวัตถุ โมเมนตัมมีทิศทางเดียวกับความเร็ว สามารถคำนวณได้ด้วยสมการ

$$\text{โมเมตัม} = \text{มวล} \bullet \text{ความเร็ว} \quad (1)$$

โมเมนตัมก่อนชน คือ โมเมนตัมของวัตถุก่อนที่จะเกิดการชน สามารถคำนวณได้ด้วยสมการ

$$\vec{P} = m\vec{u} \quad (2)$$

โมเมนตัมหลังชน คือ โมเมนตัมของวัตถุหลังจากเกิดการชน สามารถคำนวณได้ด้วยสมการ

$$\vec{P} = m\vec{v} \quad (3)$$

2) การดล

การดลเกี่ยวข้องกับกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\sum\vec{F} = m\vec{a} \quad (4)$$

$$\sum\vec{F} = m\left(\frac{\vec{v}-\vec{u}}{t}\right) \quad (5)$$

การดล (I) หมายถึง ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมของวัตถุที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาหนึ่งๆ ซึ่งการดลเป็นผลจากแรงคูณกับระยะเวลาที่แรงนั้นกระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็น kg.m/s หรือ N.s โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

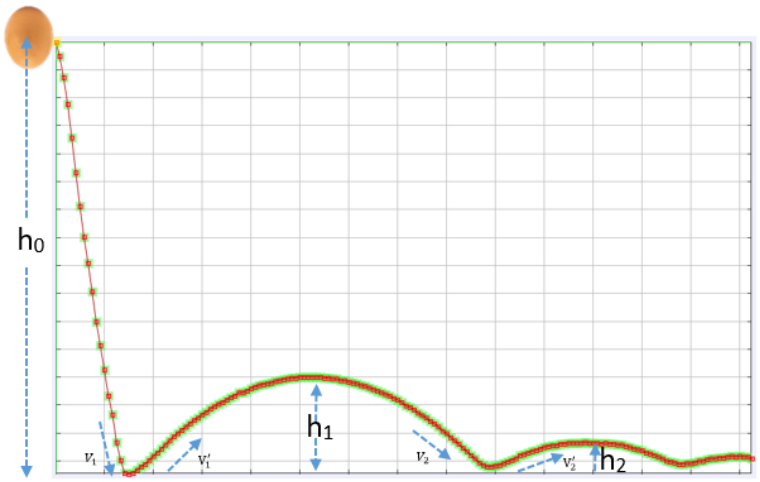
$$\vec{I} = \vec{F} \bullet \Delta t \quad (6)$$

การดลยังสามารถเท่ากับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุ

$$\vec{I} = \Delta\vec{P} = m\vec{v} - m\vec{u} = \sum\vec{F}t \quad (7)$$

3) การกระดอน

การกระดอน มีลักษณะการตกของไข่ที่ปล่อยในความสูง กระทบพื้นฟองน้ำแล้วเกิดการสะท้อนขึ้น โดยในการกระดอนแต่ละครั้งจะมีความสูงที่ลดลงเรื่อยๆ จนไข่หยุดการกระดอน แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ไข่ตกลงมาตรง ๆ และกระดอนบนพื้นฟองน้ำ

ค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่น คือ การเปรียบเทียบอัตราเร็วก่อนชนกับหลังชน ซึ่งขณะวัตถุ V_1 และวัตถุ V_2 ชนกันโดยไม่มีแรงภายนอกใด ๆ มากระทำ จะได้ว่า ขณะวัตถุทั้งสองชนกัน จะมีแรงคู่กริยา-ปฏิกิริยาระหว่างวัตถุทั้งสองเกิดขึ้นและมีขนาดเท่ากัน

ในการตกของไข่ความเร็ว (V_1, V_2) และหลัง (V_1', V_2') การชนมีความเกี่ยวข้องกันดังนี้

$$V_1' - V_2' = -\varepsilon(V_1 - V_2) \tag{8}$$

หรือจะหาได้จาก

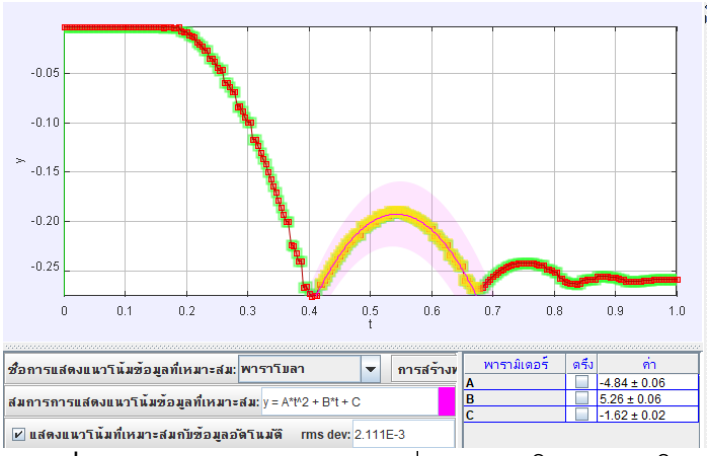
$$\varepsilon = \frac{V_{after}}{V_{before}} = \frac{V_1'}{V_1} \tag{9}$$

ความสัมพันธ์นี้ถูกเสนอโดยนิวตัน และ ε ค่าสัมประสิทธิ์การคืนสู่สภาพเดิม

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการตกของไข่ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง มีขั้นตอนดังนี้

1) การวิเคราะห์หาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก จากการติดตามการเคลื่อนที่ของไข่ พบว่าความสัมพันธ์ของความสูงจากพื้นกับเวลาเป็นแบบพาราโบลา สมการในโปรแกรมแทรกเกอร์จึงเลือกเป็น $y = At^2 + Bt + C$ เมื่อเปรียบเทียบกับสมการการตกอิสระ $s = ut + \frac{1}{2}gt^2$ จะเห็นว่าค่า $g = 2A$ แสดงดังภาพที่ 4



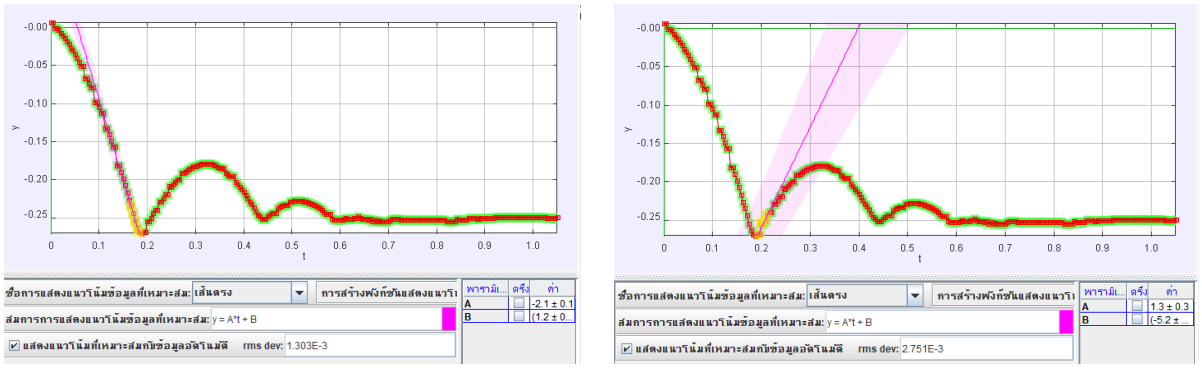
ภาพที่ 4 การวิเคราะห์หาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

จากภาพที่ 4 แสดงแนวโน้มข้อมูลที่เหมาะสม คือ $A = -4.84 \pm 0.06$, $B = 5.26 \pm 0.06$ และ $C = -1.62 \pm 0.02$ พารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับสมการ $s = ut + \frac{1}{2}gt^2$ ดังนั้น การวิเคราะห์จากภาพนี้ได้ค่า $g = 9.68$ m/s^2 เป็นต้น ซึ่งค่า B เป็นค่าความเร็วต้นขณะไข่กระดอนขึ้น จึงมีค่าไม่เท่ากับศูนย์

เมื่อได้ค่า g จากการทดลองแล้ว สามารถนำไปหาร้อยละความคลาดเคลื่อนจากสูตร $\%\ error = \left|\frac{g_{มาตรฐาน} - g_{ทดลอง}}{g_{มาตรฐาน}}\right| \cdot 100$ ซึ่งค่า g มาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 9.78426 m/s^2 ซึ่งเป็นค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง ณ จังหวัดเชียงใหม่ [4]

2) การวิเคราะห์อัตราเร็วก่อนและหลังชน

การวิเคราะห์อัตราเร็วก่อนและหลังชนจากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่ง (y) กับเวลา (t) ของเส้นทางไข่ตก ซึ่งมีค่าความเร็วก่อนและหลังกระทบ คือ ความชันของกราฟ ณ ตำแหน่งก่อนและหลังกระทบพื้น แสดงดังภาพที่ 5



(ก.) (ข.)

ภาพที่ 5 อัตราเร็วกระทบพื้น ก. อัตราเร็วก่อนชน ข. อัตราเร็วหลังชน

จากภาพเป็นตัวอย่างการวิเคราะห์หาอัตราเร็วก่อนและหลังชน ซึ่งได้ค่าจากพารามิเตอร์ A เท่ากับ −2.1 m/s, 1.3 m/s ตามลำดับ เครื่องหมาย – แสดงถึงทิศทางของการเคลื่อนที่ −y โดยค่าที่ได้สามารถนำไปคำนวณโมเมนตัมได้ จากสมการที่ $\vec{P} = m\vec{u}$, $\vec{P} = m\vec{v}$ และการดลจากสมการ $\vec{I} = m\vec{v} - m\vec{u}$ เมื่อ $\vec{v}$ คือ อัตราเร็วหลังชน และ $\vec{u}$ คือ อัตราเร็วก่อนชน

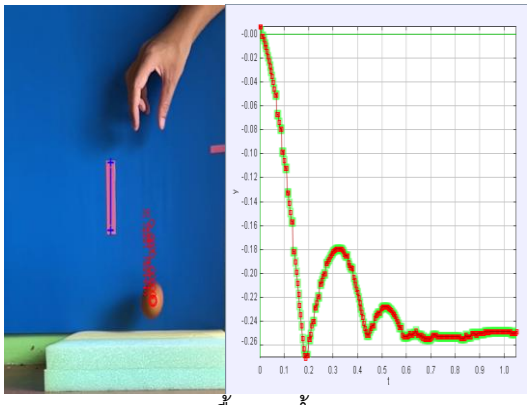
3) การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การยืดหยุ่น

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นของไข่ตก พิจารณาจากสมการที่ (9) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของอัตราหลังชนต่ออัตราเร็วก่อนชน นั่นคือ $\varepsilon = \left|\frac{\vec{v}}{\vec{u}}\right|$

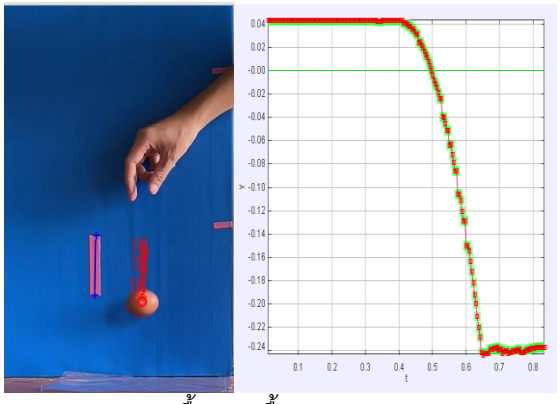
ผลการศึกษา

1. เส้นทางการเคลื่อนที่ของไข่ตก

การวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่ของไข่ซึ่งแบ่งเป็นการตกกระทบพื้นฟองน้ำ และตกกระทบพื้นกระเบื้อง ผลการติดตามการเคลื่อนที่ แสดงดังภาพที่ 6



(ก) พื้นฟองน้ำ



(ข) พื้นกระเบื้อง

ภาพที่ 6 การติดตามเส้นทางการตกของไข่

จากการติดตามการตกของไข่บนพื้นฟองน้ำที่ระดับความสูง 0.25, 0.50 และ 0.75 m จำนวนละ 5 ครั้ง จะเห็นว่า ไข่มีการกระดอนขึ้นลงจำนวน 2 รอบเท่ากัน โดยความสูงของการกระดอนแต่ละรอบลดลงจนหยุดการกระดอน สำหรับการตกของไข่บนพื้นกระเบื้อง พบว่าเส้นทางที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความสูงจากพื้นกับเวลาเป็นแบบพาราโบลา เมื่อตกถึงพื้นกระเบื้อง พบว่าไข่ไม่มีการกระดอน

2. ศึกษาร้อยละความคลาดเคลื่อนของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากไข่ตก

การวิเคราะห์หาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกหรือค่า g จากการทดลองและร้อยละความคลาดเคลื่อนของไข่ตก แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า g และร้อยละความคลาดเคลื่อนของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากไข่ตก

ชนิดพื้นรองรับ	ค่า g (m/s^2) จากจุดปล่อยที่				%error
	0.25 (m)	0.50 (m)	0.75 (m)	ค่าเฉลี่ย±S.D.	
ฟองน้ำ	9.70	9.68	9.86	9.75±0.09	0.35
กระเบื้อง	9.50	10.60	10.00	10.03±0.55	2.51

จากตารางที่ 1 พบว่าการวิเคราะห์ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากไข่ตกที่ตกลงบนพื้นฟองน้ำและกระเบื้อง มีค่า 9.75±0.09 m/s^2 และ 10.03±0.55 m/s^2 โดยมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 0.35% และ 2.51% ตามลำดับ นั่นแสดงว่า ผลการใช้เทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูงหาค่า g มีความเหมาะสม เนื่องจากมีร้อยละความคลาดเคลื่อนค่อนข้างน้อย

3. โมเมนตัมก่อนชน–หลังชน และการดลของไข่ตก

การศึกษาค่าโมเมนตัมก่อนชน–หลังชน และการดลของไข่ที่มีมวลเท่ากันประมาณ 61 กรัม ปล่อยที่ระดับความสูง 0.25, 0.50 และ 0.75 m แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าโมเมนตัมก่อนชน–หลังชน และการดลของไข่ตก

ชนิดพื้นรองรับ	ปล่อยที่ความสูง (m)	ก่อนชน		หลังชน		การดล $\vec{I} = m\vec{v} - m\vec{u}$ (kg.m/s)
		อัตราเร็ว ($\vec{u}$) (m/s)	โมเมนตัม $\vec{P} = m\vec{u}$ (kg.m/s)	อัตราเร็ว ($\vec{v}$) (m/s)	โมเมนตัม $\vec{P} = m\vec{v}$ (kg.m/s)	
ฟองน้ำ	0.25	1.74	0.106	1.16	0.070	0.176
	0.50	1.82	0.111	1.42	0.087	0.198
	0.75	1.84	0.112	1.48	0.090	0.202
กระเบื้อง	0.25	2.1	0.128	0.00	0.000	0.128
	0.50	2.2	0.134	0.00	0.000	0.134
	0.75	2.7	0.165	0.00	0.000	0.165

จากตารางที่ 2 พบว่า เมื่อปล่อยไข่ให้ตกกระทบฟองน้ำที่ความสูงมากขึ้น อัตราเร็วก่อนชนและอัตราเร็วหลังชนมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้โมเมนตัมก่อนชน – โมเมนตัมหลังชน และการดลมีค่าเพิ่มขึ้นตาม

สำหรับไข่ที่ตกบนพื้นกระเบื้อง พบว่า อัตราเร็วก่อนชน โมเมนตัมก่อนชน และการดลมีค่าเพิ่มขึ้นตามความสูงที่ปล่อยไข่ แต่หลังการกระทบพื้น พบว่า ไข่แตกจึงมีตราเร็วหลังชน โมเมนตัมหลังชน มีค่าเป็นศูนย์

4. ศึกษาสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นของไข่ตก

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นของไข่ตกหาได้จากอัตราส่วนของอัตราเร็วหลังชนต่ออัตราเร็วก่อนชน ดังนั้น อัตราเร็วหลังชนของไข่ที่ตกบนพื้นกระเบื้องเป็นศูนย์ ทำให้สัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นของไข่ที่ตกบนพื้นกระเบื้องเป็นศูนย์เช่นกัน ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นของไข่ตกบนพื้นฟองน้ำ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นของไข่ตกบนพื้นฟองน้ำ

ปล่อยที่ระดับความสูง (m)	อัตราเร็วก่อนชน ($\vec{u}$) (m/s)	อัตราเร็วหลังชน ($\vec{v}$) (m/s)	สัมประสิทธิ์การยืดหยุ่น (ε)
0.25	1.74	1.16	0.67
0.50	1.82	1.42	0.79
0.75	1.84	1.48	0.80
ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่น (ε)			0.75±0.07

จากตารางที่ 3 พบว่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นของไข่ตกลงบนพื้นฟองน้ำ ที่ระดับความสูง 0.25, 0.50 และ 0.75 m มีค่า 0.67, 0.79 และ 0.80 ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นเฉลี่ย 0.75±0.07

สรุปผลและอธิปรายผล

สรุปผล

จากการทดลองเรื่องการศึกษาฟิสิกส์ของไข่ตกด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง พบว่าเส้นทางการเคลื่อนที่ของไข่ตกที่ตกบนพื้นฟองน้ำเกิดการกระดอนขึ้นและตกลง ซึ่งจากกราฟการเคลื่อนที่มีแนวโน้มเป็นเส้นโค้งขึ้นลงในช่วงการกระดอน แสดงถึงการคืนพลังงานบางส่วนหลังชน ส่วนไข่ที่ตกบนพื้นกระเบื้อง จะไม่มีการกระดอน ซึ่งเส้นการเคลื่อนที่หยุดลงทันทีหลังการตก เป็นเพราะพื้นกระเบื้องแข็งกว่า จึงทำให้ไข่แตกและพลังงานถูกดูดซับทั้งหมดโดยไม่เกิดการคืนพลังงาน

การศึกษาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากไข่ตกบนพื้นฟองน้ำมีค่า g เฉลี่ยอยู่ที่ 9.75 m/s^2 โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อน (%error) เท่ากับ 0.35% ส่วนไข่ที่ตกบนพื้นกระเบื้องมีค่า g เฉลี่ยอยู่ที่ 10.03 m/s^2 โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อน (%error) เท่ากับ 2.51% ซึ่งสูงกว่าค่าความคลาดเคลื่อนบนพื้นฟองน้ำ

การศึกษาโมเมนตัมก่อนชน–หลังชน และการดลของไข่ตก พบว่า เมื่อความสูงที่ปล่อยไข่เพิ่มขึ้น ไข่ที่ตกบนพื้นฟองน้ำ อัตราเร็วก่อนชนและอัตราเร็วหลังชนจะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าโมเมนตัมก่อนชน โมเมนตัมหลังชน และการดลเพิ่มขึ้นตามลำดับ ส่วนไข่ที่ตกบนพื้นกระเบื้องจะมีอัตราเร็วก่อนชนและโมเมนตัมก่อนชนเพิ่มขึ้นตามความสูงที่ปล่อยเช่นกัน แต่หลังจากการชน ไข่จะแตกทำให้ค่าอัตราเร็วและโมเมนตัมหลังชนเป็นศูนย์ และการดลมีค่าเท่ากับโมเมนตัมก่อนชน

การศึกษาสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นของไข่ตก โดยคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วหลังชนกับอัตราเร็วก่อนชน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นที่ระดับความสูง 0.25, 0.50 และ 0.75 m มีค่าเท่ากับ 0.67, 0.79 และ 0.80 ตามลำดับ โดยค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นเฉลี่ยของไข่ตกบนพื้นฟองน้ำคือ 0.75±0.07

อธิปรายผล

ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นถึงผลกระทบของพื้นผิวที่แตกต่างกันต่อการกระดอนและการดูดซับพลังงานของวัตถุเมื่อไข่ตกบนพื้นฟองน้ำ ซึ่งมีความยืดหยุ่นมากกว่า จึงเกิดการกระดอน อย่างไรก็ตามความหนาของพื้นฟองน้ำย่อมส่งผลต่อการทดลอง ส่วนบนพื้นกระเบื้องที่มีความแข็ง ไข่จึงแตกและไม่มีการกระดอน ซึ่งช่วยอธิบายหลักการฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับแรงกระแทกและความยืดหยุ่น ซึ่งเป็นการแสดงตัวอย่างของการเคลื่อนที่และการชนในฟิสิกส์ การวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจากการทดลองนี้มีความแม่นยำในระดับที่เหมาะสมเมื่อใช้พื้นผิวฟองน้ำ เนื่องจากมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าพื้นกระเบื้อง ซึ่งอาจเกิดจากการดูดซับแรงกระแทกที่ดีขึ้น

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าพื้นผิวที่ไข่ตกลงมามีผลต่อการดลและการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมอย่างชัดเจน โดยไข่ที่ตกบนพื้นฟองน้ำ ไข่ยังคงอัตราเร็วหลังชนแสดงถึงการคืนพลังงานบางส่วนหลังชน เนื่องจากพื้นฟองน้ำมีความยืดหยุ่น ช่วยลดแรงกระแทกและทำให้ไข่ไม่แตก ส่วนไข่ที่ตกบนพื้นกระเบื้องจะแตกหลังจากชนกับพื้นกระเบื้องที่มีความแข็ง จึงไม่มีการคืนโมเมนตัมหรือพลังงานกลับมา ทำให้ค่าอัตราเร็วและโมเมนตัมหลังชนเป็นศูนย์ ซึ่งแสดงถึงการสูญเสียพลังงานทั้งหมด การทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงหลักการของโมเมนตัมและการดลในสถานการณ์ที่ต่างกันของการชน โดยพื้นฟองน้ำทำหน้าที่ลดการสูญเสียพลังงานขณะชน ขณะที่พื้นกระเบื้องนำไปสู่การสูญเสียพลังงานทั้งหมด และผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไข่มีค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นเมื่อชนกับพื้นฟองน้ำ เนื่องจากพื้นฟองน้ำมีความยืดหยุ่น ทำให้ไข่สามารถคืนตัวบางส่วนหลังการชน ซึ่งเป็นสาเหตุให้ค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นอยู่ระหว่าง 0.67 ถึง 0.80 แสดงถึงการคืนพลังงานบางส่วนหลังชน

นอกจากนี้ยังพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงที่ปล่อยไข่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าพื้นฟองน้ำดูดซับแรงกระแทกได้ดี อย่างไรก็ตามในกรณีของพื้นกระเบื้องซึ่งไม่มีการคืนตัว (สัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นเป็นศูนย์) การทดลองนี้จึงยืนยันถึงความสำคัญของพื้นผิวในการควบคุมการคืนตัวของวัตถุ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการศึกษาฟิสิกส์ของไข่ตกด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ การสนับสนุนจากหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. สูปียา ปะดอ และอาบีดีน ดะแซสาเมาะ. (2563). การประยุกต์ใช้โปรแกรมแทร็กเกอร์ สำหรับวิเคราะห์การเคลื่อนทีของหยดน้ำมันในสนามไฟฟ้า. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อชุมชน, 63(2), 355–362.
2. ถาวร เรืองบุญ และสุระ วุฒิพรหม. (2559). การออกแบบและพัฒนาชุดยิงแบบโพรเจกไทล์โดยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 7(1), 191–203.
3. จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล และวิไลพร ลักษมีวาณิชย์. (2560). การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูงกรณีศึกษาการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 30(1), 72–85.
4. สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ. (2561). การวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกในประเทศไทย และความสำคัญ. สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

การศึกษาและวิเคราะห์สมบัติของแสงผ่านโปรแกรมแทรกเกอร์ในการทดลองเชิงฟิสิกส์

Study and analysis of light properties through tracker software for physics experiments

อฐิติญา วงษ์เรียน[1*], จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล[1] และ ดวงเดือน เทพนวล[1]

Atitiya Wongrian[1*], Jiraporn Poonyawatpornkul[1] and Duangduean Thepnuan[1]

บทคัดย่อ

การทดลองนี้ศึกษาสมบัติของแสงที่ประกอบด้วย การหักเห การสะท้อน เลนส์นูนและเลนส์เว้า และการแทรกสอด ด้วยโปรแกรมแทรกเกอร์วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากค่าทางทฤษฎี ผลการศึกษาพบว่า การหักเหของแสงรังสีหักเหจะทำมุมน้อยกว่ามุมตกกระทบ เมื่อคำนวณดัชนีหักเหของแสงในแท่งพลาสติกตามกฎของสเนลล์ ได้ค่าเฉลี่ย 1.53 มีร้อยละความคลาดเคลื่อน 2.00 จากค่าทฤษฎีที่ 1.50 และความเร็วของแสงในแท่งพลาสติกได้ค่าเฉลี่ย 1.97×10^8 เมตรต่อวินาที มีร้อยละความคลาดเคลื่อน 1.50 จากค่าทฤษฎี 2.00×10^8 เมตรต่อวินาที แสดงให้เห็นว่าอัตราเร็วของแสงจะลดลงเมื่อคลื่นแสงเกิดการหักเหเคลื่อนที่เข้าไปในตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหสูง สอดคล้องกับกฎของสเนลล์ นอกจากนี้พบว่ามุมตกกระทบและมุมสะท้อนมีความใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยของร้อยละความคลาดเคลื่อน 2.31 ซึ่งสอดคล้องกับกฎการสะท้อน ในการทดลองการโฟกัสของเลนส์นูน พบว่าระยะโฟกัสเฉลี่ย 9.71×10^{-2} เมตร มีร้อยละความคลาดเคลื่อน 2.94% การหาตำแหน่งภาพผ่านการต่อเส้นรังสีหักเหของเลนส์เว้าได้ระยะโฟกัสเฉลี่ย 11.28×10^{-2} เมตร มีร้อยละความคลาดเคลื่อน 11.20% ส่วนการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่แสดงให้เห็นแถบสว่างและมืดที่มีระยะห่างเท่ากัน และค่าคลาดเคลื่อน 5.47% ผลการศึกษานี้เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ ที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของแสงได้อย่างถูกต้อง

คำสำคัญ: โปรแกรมแทรกเกอร์, การหักเห, การสะท้อน, เลนส์นูนและเลนส์เว้า, การแทรกสอด

Abstract

This experiment investigated the properties of light, including refraction, reflection, convex and concave lenses, and interference, using the Tracker program to analyze deviation from theoretical values. The results showed that refracted rays make a smaller angle than the angle of incidence when light passes into a plastic rod. The calculated average refractive index in the plastic rod, based on Snell's law, was 1.53 with a percent error of 2.00% from the theoretical value of 1.50. The average speed of light in the plastic was 1.97×10^8 m/s with a 1.50% deviation from the theoretical value of 2.00×10^8 m/s. This indicates that the speed of light decreases when entering a medium with a higher refractive index, consistent with Snell's law. Additionally, the incident and reflected angles were found to be close, with an average percent error of 2.31%, supporting the law of reflection. In the convex lens focus experiment, the average

[1] สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50180

[1] Science Teaching, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, 50180

*Corresponding author: 65863801@g.cmru.ac.th

focal length was 9.71 x 10^{-2} meters with a 2.94% error. The concave lens focal length obtained by extending refracted rays had an average of 11.28 x 10^{-2} meters with an 11.20% deviation. The double-slit interference experiment showed that the bright and dark bands had equal spacing, with a percent error of 5.47%. This study provides a foundation for developing educational materials to help students accurately understand the properties of light.

Keywords: Tracker program, Refraction, Reflection, Convex and Voncave Lenses, Interference

บทนำ

แสงเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่ช่วยให้เรามองเห็นสิ่งต่างๆ เมื่อแสงตกกระทบพื้นผิวโปร่งแสง แสงบางส่วนอาจสะท้อนกลับขณะที่บางส่วนอาจหักเหผ่านตัวกลางใหม่ ทั้งนี้การสะท้อนและการหักเหอาจเกิดขึ้นพร้อมกันได้ โดยอัตราส่วนของแสงที่สะท้อนและหักเหจะขึ้นอยู่กับดัชนีการหักเหของตัวกลางและมุมที่แสงตกกระทบ [1] แสงจึงเป็นความรู้พื้นฐานในชีวิตประจำวันได้ หากแต่การเรียนการสอนเรื่องแสงในห้องเรียนมีกิจกรรมการทดลองที่หลากหลาย ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงเนื้อหาทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง ในการเรียนฟิสิกส์การทดลองถือว่าเป็นสิ่งสำคัญของการจัดการเรียนรู้ เพราะมีส่วนช่วยในการประกอบการจัดการเรียนรู้ของครู และช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างกว้างขวางลึกซึ้ง [2]

ในปัจจุบันที่มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยศึกษาทฤษฎีทางฟิสิกส์ดังการศึกษาของ จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล และคณะ [3] ได้พัฒนาบทปฏิบัติการออนไลน์ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง เรื่อง การชนและโมเมนตัม ในการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูฟิสิกส์ ทำให้พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการออนไลน์ เรื่อง การชนและโมเมนตัม ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง มีประสิทธิภาพของกระบวนการ และประสิทธิภาพของผลลัพธ์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดนอกจากนี้ จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล และวิไลพร ลักษมีวาณิชย์ [4] ได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูง เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ของวัตถุ และสำรวจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และศึกษาค่าความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain, <g>) ของนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ พบว่ากลุ่มทดลองที่เสริมแนวคิดวิทยาศาสตร์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูง สามารถใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์เพิ่มขึ้น จากจำนวนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 12 เป็นร้อยละ 69 มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ระหว่าง 0.24–0.95 มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ศึกษาอย่างอิสระนอกห้องเรียนที่พบความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ระหว่าง 0.06–0.75 จะเห็นว่าการใช้เทคนิคการวิเคราะห์วีดีโออัตราเร็วสูงร่วมกับโปรแกรมแทรกเกอร์ ทำให้เห็นภาพการเคลื่อนที่จริงของวัตถุ ทำให้สามารถเชื่อมโยงทฤษฎีฟิสิกส์ในห้องเรียนได้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาสมบัติของแสงที่ประกอบด้วย การหักเห การสะท้อน เลนส์นูนและเลนส์เว้า และการแทรกสอดด้วยโปรแกรม แทรกเกอร์ รวมทั้งวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากค่าทางทฤษฎี เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ ที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของแสงได้อย่างถูกต้อง

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบหลักการหักเห การสะท้อน เลนส์นูนและเลนส์เว้า และแทรกสอดของแสงโดยใช้โปรแกรมแทรกเกอร์ กับค่าทางทฤษฎี

กรอบแนวคิดและสมมติฐาน

1. แนวคิด ทฤษฎี

1.1 การหักเหของแสง

การหักเหของแสง เป็นปรากฏการณ์การที่แสงเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งโดยมีทิศทางการเคลื่อนที่ที่แตกต่างจากทิศทางการเคลื่อนที่เดิม โดยการหักเหของแสงจะเกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อระหว่างตัวกลางทั้ง 2 ชนิด [5] ดังภาพที่ 1 การหักเหของคลื่นแสงจะทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นแสงมีการเปลี่ยนแปลงไปจากทิศทางเดิม ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบ (θ_1) และมุกหักเห (θ_2) เป็นไปตามกฎของสเนลล์ (Snell's law) ซึ่งกฎของสเนลล์ กล่าวว่า สำหรับตัวกลางคู่หนึ่ง "อัตราส่วนของค่า sin ของมุมตกกระทบ ($sin\theta_1$) ต่อค่า sin ของมุมหักเห ($sin\theta_2$) จะมีค่าคงที่ ซึ่งอัตราส่วนของค่า sin ตามกฎนี้ พบว่าจะมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีหักเหของตัวกลางทั้งสอง (n_1 และ n_2) อัตราเร็วของแสง (v) และความยาวคลื่น (λ) [6] ตามสมการที่ 1

$$\frac{sin\theta_1}{sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad \text{... (1)}$$

เมื่อ θ_1 คือ มุมตกกระทบ (Incident angle) หน่วย องศา

θ_2 คือ มุมหักเห (Refracted angle) หน่วย องศา

n_1 คือ ค่าดัชนีหักเหของตัวกลางที่ 1 หน่วย ไม่มีหน่วย

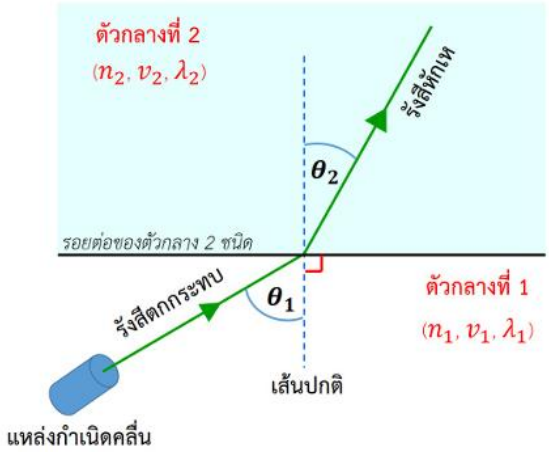
n_2 คือ ค่าดัชนีหักเหของตัวกลางที่ 2 หน่วย ไม่มีหน่วย

v_1 คือ อัตราเร็วในตัวกลางที่ 1 หน่วย m/s

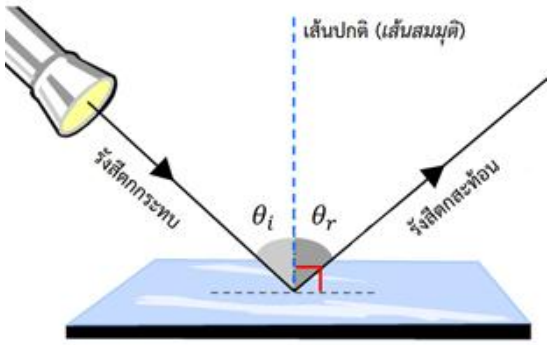
v_2 คือ อัตราเร็วในตัวกลางที่ 2 หน่วย m/s

λ_1 คือ ความยาวคลื่นในตัวกลางที่ 1 หน่วย m

λ_2 คือ ความยาวคลื่นในตัวกลางที่ 2 หน่วย m



ภาพที่ 1 การหักเหของคลื่นแสง [5]



ภาพที่ 2 การสะท้อน [6]

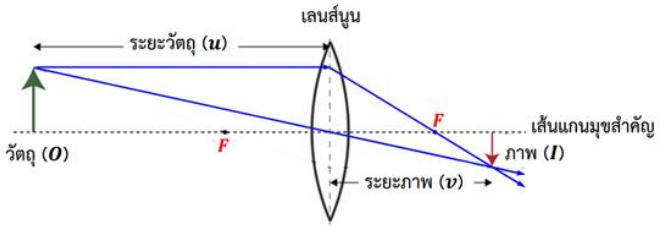
1.2 การสะท้อนของแสง เป็นปรากฏการณ์ที่แสงมีการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ที่บริเวณรอยต่อของตัวกลาง 2 ชนิด โดยแสงจะเคลื่อนที่ย้อนกลับไปในตัวกลางเดิม ดังภาพที่ 2 โดยกฎการสะท้อน (Law of reflection) กล่าวว่า ณ บริเวณตำแหน่งใด ๆ บนพื้นผิวของสิ่งกีดขวางที่เกิดมี การสะท้อน“มุมตกกระทบ (Incident angle : θ_i) จะมีค่าเท่ากับมุมสะท้อน (Reflected angle : θ_r) เสมอ” [6] ดังสมการที่ (2)

$$\theta_i = \theta_r \quad \text{... (2)}$$

เมื่อ θ_i คือ มุมตกกระทบ หน่วย องศา

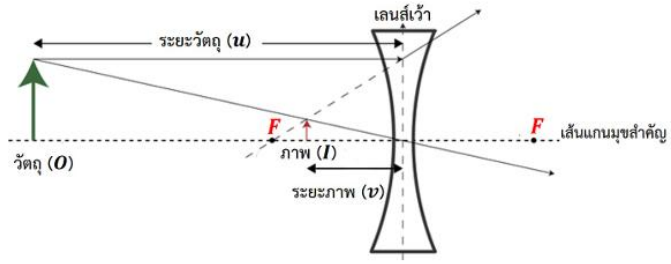
θ_r คือ มุมสะท้อน หน่วย องศา

1.3 เลนส์นูนและเลนส์เว้า เป็นวัตถุที่ทำมากจากแก้วหรือพลาสติก มีลักษณะใสโปรงใส โดยเลนส์นูน (Convex lens) คือ เลนสที่มีลักษณะบริเวณตรงกลางหนากว่าบริเวณขอบ เมื่อรังสีของแสงเดินทางมาตกกระทบเลนสจะเกิดการหักเหผ่านเลนส์ไปตัดกันที่จุดรวมแสง หรือจุดโฟกัส ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ความยาวโฟกัส ระยะวัตถุ และระยะภาพของเลนส์นูน[6]

เลนส์เว้า (concave lens) คือ เลนสที่มีลักษณะตรงกลางบางกว่าบริเวณขอบ เมื่อแสงมาตกกระทบรังสีหักเหจะกระจายออกไปจากจุดโฟกัสที่อยู่ด้านหลังเลนส์ และมีจุดโฟกัสเสมือนอยู่ด้านหน้าเลนส์เว้า ซึ่งเกิดจากการรวมกันรังสีเสมือนที่ลากตอจากรังสีจริงที่กระจายออก ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า เลนส์เว้าเป็นเลนส์ที่ทำหนาที่กระจายแสง [6] ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ความยาวโฟกัส ระยะวัตถุ และระยะภาพของเลนส์เว้า [6]

การหาความยาวโฟกัสของเลนส์แสดงดังสมการที่ (3)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} \quad \text{...(3)}$$

เมื่อ f คือ ความยาวโฟกัสของเลนสนูน หน่วย cm

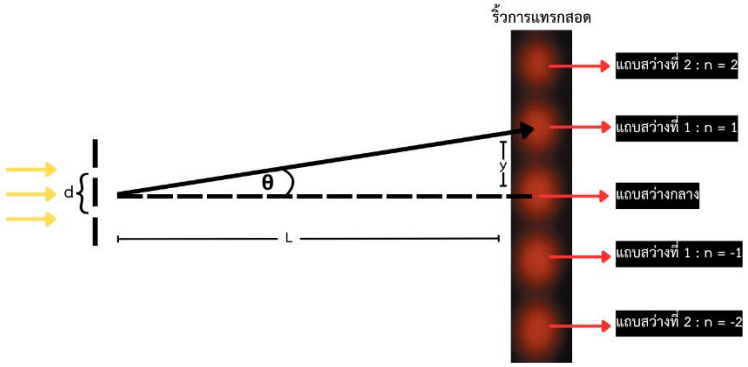
u คือ ระยะวัตถุ (ระยะห่างระหว่างวัตถุกับเลนส) หน่วย cm

v คือ ระยะภาพ (ระยะห่างระหว่างภาพที่เกิดกับเลนส) หน่วย cm

โดยที่ เลนส์นูนความยาวโฟกัสจะมีค่าเป็นบวก (+) หากเป็นเลนส์เว้าความยาวโฟกัสจะมีค่าเป็นลบ (–)

1.4 การแทรกสอด (Interference)

การแทรกสอดเป็นปรากฏการณ์ที่คลื่น 2 ขบวนเคลื่อนที่มาพบกันในตัวกลางชนิดเดียวกัน การแทรกสอดของคลื่นมี 2 แบบ คือ (1) การรวมกันแบบเสริมกัน เรียกว่า ปฏิบัพ (antinode, A) และ (2)การแทรกสอดแบบหักล้างกัน เรียกว่า บัพ (node) แสดงดังภาพที่ 5 [6]



ภาพที่ 5 การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

สมการการแทรกสอดของแสง สามารถหาได้จากระยะหางจากแนวกลางของแถบสว่างลำดับตาง ๆ โดยหาระยะห่างระหว่างช่องของสลิตคู่ที่ได้จากการทดลอง (d) จากสมการที่ 4

$$dsin\theta = n\lambda \quad \text{... (4)}$$

เมื่อค่ามุมมีค่าน้อย ๆ จะได้ $sin\theta = \frac{y}{L}$

ดังนั้น $$d\frac{y}{L} = n\lambda$$

หรือเขียนเป็น $$y = \frac{n\lambda L}{d} \quad \text{... (5)}$$

เมื่อ n คือ ลำดับของแถบสว่าง (เช่น n = ±1, ±2, ...±n)

y คือ ระยะของแถบสว่างกลางไปแถบสว่างใด ๆ หน่วย m

L คือ ระยะห่างระหว่างฉากกับสลิต หน่วย m

d คือ ระยะห่างระหว่างช่องของสลิตคู่ หน่วย m

เมื่อเปรียบเทียบสมการที่ 5 กับสมการกราฟเส้นตรง $y = mx + c$ จะได้ความชัน m มีค่าเท่ากับ $\frac{\lambda L}{d}$

ดังนั้น สมการการแทรกสอดของแสง สามารถเขียนได้เป็นดังสมการที่ (6)

$$d = \frac{\lambda L}{Slope} \quad \text{... (6)}$$

และคำนวณหาค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน (%error) ดังสมการที่ 8

$$\%error = \frac{|d_{exp} - d_{th}|}{d_{th}} \times 100 \quad \text{...} \quad (7)$$

เมื่อ d_{r-exp} คือ ระยะห่างระหว่างช่องของสลิตคู่ หน่วย m

d_{r-th} คือ ระยะห่างระหว่างช่องของสลิตคู่ หน่วย m

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล กชกร มั่งมี และอรอุมา เมธาเกสร [7] ใช้เทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูงเพื่อศึกษาระบบล้อและเพลา โดยใช้อัตรา 240 เฟรมต่อวินาที ใช้ล้อและเพลาที่ประกอบด้วยแผ่นไม้วงกลมโดยมีการแปรค่ามวลถ่วงตั้งแต่ 450 ถึง 650 g เพื่อให้ระบบล้อและเพลาเกิดการหมุน การเคลื่อนที่ถูกบันทึกด้วยกล้องวิดีโอความเร็วสูงและนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในโปรแกรมแทรกเกอร์ จากการทดลองพบว่า ระบบล้อและเพลามีประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 83.29% ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงว่าระบบมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างการหมุน โมเมนต์ความเฉื่อยที่ได้จากการทดลองเท่ากับ 1.36 x 10^{-4} kg m^2 โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 4.6% เมื่อเทียบกับค่าทางทฤษฎี ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานแบบหมุนมีค่าเท่ากับ 1.64 x 10^{-4} kg m^2/s^{-1} เมื่อพิจารณาจากอัตราเร็วเชิงมุมของการหมุนที่ลดลงตามเวลา และพลังงานกลในระบบไม่คงที่เนื่องจากมีการสูญเสียพลังงานไปกับแรงเสียดทานและเมื่อรวมงานจากแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น พลังงานของระบบมีค่าคงที่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับหลักการอนุรักษ์พลังงาน (ตัด...)

Rodrigues และ Carvalho [8] ศึกษาและวิเคราะห์ปรากฏการณ์ทางแสง เช่น การสะท้อน การหักเห และการกระเจิงของแสง โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง กระจก และเลนส์ สร้างลำแสงและศึกษาการเคลื่อนที่ของแสงผ่านตัวกลางที่แตกต่างกัน โดยในขั้นตอนนี้จะบันทึกวิดีโอการทดลองแล้วใช้โปรแกรม แทรกเกอร์ เพื่อวิเคราะห์มุมของการสะท้อนและการหักเห รวมถึงวัดความเข้มของแสงที่เปลี่ยนแปลงขณะผ่านตัวกลางต่างๆ จากผลการทดลอง พบว่าโปรแกรม แทรกเกอร์ สามารถใช้วิเคราะห์มุมการสะท้อนและการหักเหของแสงได้อย่างแม่นยำ และสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงของความเข้มของแสงเมื่อผ่านเลนส์และกระจก รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของมุมสะท้อนและมุมหักเหได้ ซึ่งผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าแทรกเกอร์ เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์และใช้งานง่ายสำหรับการเรียนการสอนฟิสิกส์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางแสง นักเรียนสามารถใช้โปรแกรมนี้เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการของการสะท้อน การหักเห และการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงในสื่อที่แตกต่างกัน และผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าการใช้เครื่องมือที่สามารถวิเคราะห์ภาพวิดีโอช่วยให้การเรียนการสอนฟิสิกส์สามารถเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีและภาคปฏิบัติในห้องเรียนได้

จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล และวิไลพร ลักษมีวาณิชย [9] ศึกษาผลของแรงต้านอากาศต่อการตกของกรวยกระดาษโดยใช้การวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง โดยใช้กรวยกระดาษขนาดต่าง ๆ และลูกบอลเหล็ก ผลการทดลองพบว่ากรวยกระดาษทั้งสี่ขนาดไม่ได้ตกอย่างอิสระตามแรงโน้มถ่วง เนื่องจากอัตราเร็วของกรวยกระดาษสัมพันธ์กับเวลา กรวยขนาด 5.00 และ 5.70 cm เข้าสู่อัตราเร็วปลายคงที่ที่ 4.42 และ 3.97 m/s และมีค่าแรงต้านอากาศใกล้เคียงกับน้ำหนักของกรวย การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าแรงต้านอากาศแปรผกผันกับอัตราเร็วกำลังสอง และเป็นแนวทางการสอนเรื่องการตกแบบมีแรงต้าน(สรุปให้สั้นกระชับขึ้น)

Poonyawatpornkul, Snguanrat, และ Chaiworn [10] ใช้สมาร์ทโฟนบันทึกวิดีโอความเร็วสูงเพื่อวิเคราะห์การกระเด้งของลูกบอลแบบต้นทุนต่ำ โดยใช้ลูกบอลหลายชนิด เช่น ลูกปิงปอง ลูกยาง และลูกโลหะ บนพื้นผิวต่าง ๆ เช่น พื้นไม้และพื้นกระเบื้อง เพื่อติดตามตำแหน่งและวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การคืนตัว (COR) พบว่าลูกบอลที่มี COR สูง เช่น ลูกปิงปอง สูญเสียพลังงานน้อยและกระเด้งสูงกว่าลูกบอล COR ต่ำ เช่น ลูกยางและลูกโลหะ อีกทั้งพื้นผิวที่ยืดหยุ่น เช่น พื้นไม้ ทำให้ลูกบอลกระเด้งสูงกว่า สอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สรุปให้สั้นกระชับขึ้น

Poonyawatpornkul, Mangmee และ Methakeson [11] ได้ทำการศึกษาค่าพารามิเตอร์ทางฟิสิกส์ผ่านการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูงในเพนดูลัมวงแหวนแบบเต็มและแบบบางส่วน เพื่อช่วยให้นักศึกษาและครูเข้าใจการเคลื่อนไหวและทฤษฎีฟิสิกส์ได้ชัดเจนขึ้น ผลการทดลองพบว่า (1) ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่วัดได้คือ 9.77 m/s^2 โดยมีความคลาดเคลื่อนเพียง 0.31% (2) โมเมนต์ความเฉื่อยที่คำนวณได้มีความแม่นยำสูง โดยมีความแตกต่างเฉลี่ย 1.38% เมื่อเทียบกับการวัดรัศมีโดยตรง และ (3) คาบการสั่นของเพนดูลัมขึ้นอยู่กับรัศมีของวงแหวน ไม่ว่าจะเป็นวงแหวนแบบเต็มหรือบางส่วน ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี สรุปให้สั้นกระชับขึ้น

วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมแทรกเกอร์วิเคราะห์ภาพถ่ายปรากฏการณ์ทางแสง เพื่อศึกษาสมบัติของแสง ได้แก่ (1) การหักเหของแสง (2) การสะท้อนของแสง (3) เลนส์นูนและเลนส์เว้า และ (4) การแทรกสอดของแสง โดยการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย วิธีการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์การทดลองสำหรับงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย สมาร์ทโฟนสำหรับถ่ายภาพนิ่งจากปรากฏการณ์ของแสงทั้ง 6 การทดลอง แต่ละการทดลองมีแถบอ้างอิงยาว 5 cm สำหรับกำหนดระยะมาตรฐาน และใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็นแหล่งกำเนิดเลเซอร์สีแดง (ความยาวคลื่น 632.8 nm) ผ่านตัวกลางของแต่ละตอน ดังนี้ แท่งพลาสติกใสสี่เหลี่ยม ครึ่งวงกลม ปริซึมสามเหลี่ยม เลนส์นูนและเลนส์เว้า และสลิตคู่สำหรับการทดลอง (1) การหักเหของแสง (2) การสะท้อนของแสง (3) เลนส์นูนและเลนส์เว้า และ(4) การแทรกสอดของแสง ตามลำดับ

2. วิธีการทดลองและการวิเคราะห์ผล

วิธีการทดลองของแต่ละตอนมีหลักการคือ ติดตั้งสมาร์ทโฟนห่างจากตัวกลางแสงประมาณ 50 เซนติเมตร บันทึกภาพการทดลอง ๆ ละ 10 ภาพ เพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ย โดยรายละเอียดของแต่ละตอนเป็นดังนี้

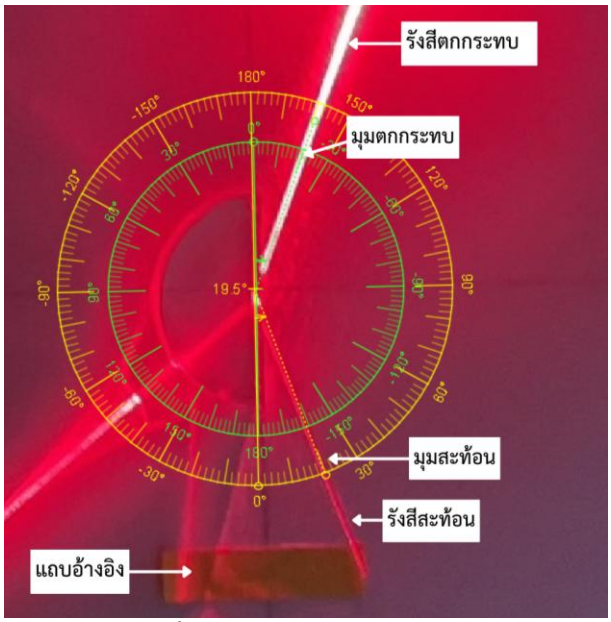
2.1) การหักเหของแสง มีวิธีการทดลองดังนี้ เปิดแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์เคลื่อนที่จากอากาศเข้าไปในแท่งพลาสติก ด้วยมุมตกกระทบเท่ากับ 20 องศา บันทึกภาพปรากฏการณ์แสงที่หักเหผ่านตัวกลางแท่งพลาสติกใสสี่เหลี่ยม จากนั้นเพิ่มองศาของมุมตกกระทบเป็น 30, 40, 50 และ 60 องศา พร้อมกับบันทึกภาพแสงหักเหของแต่ละมุม หลังจากนั้นนำภาพถ่ายเข้าสู่โปรแกรมแทรกเกอร์ เพื่อวัดมุมตกกระทบและหักเห ด้วยเครื่องมือในโปรแกรม ชื่อโพรแทรกเตอร์ (protractor) ดังภาพที่ 6 นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์คำนวณหาค่าร้อยละความแตกต่างของมุมตกกระทบและหักเห

2.2) การสะท้อนของแสง มีวิธีการทดลองดังนี้ เปิดแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์เคลื่อนที่จากอากาศเข้าไปในแท่งพลาสติกครึ่งวงกลม ด้วยมุมตกกระทบเท่ากับ 20 องศา บันทึกภาพแสงที่หักเหผ่านตัวกลางแท่งพลาสติกใสสี่เหลี่ยม จากนั้นเพิ่มองศาของมุมตกกระทบเป็น 30, 40, 50 และ 60 องศา พร้อมกับบันทึกภาพแสงหักเหของแต่ละมุม หลังจากนั้น

นำภาพถ่ายเข้าสู่โปรแกรมแทรกเกอร์ เพื่อวัดมุมตกกระทบและหักเห ด้วยเครื่องมือในโปรแกรม ชื่อ โพรแทรกเตอร์ (protractor) ดังภาพที่ 7 นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์คำนวณหาค่าร้อยละความแตกต่างของมุมตกกระทบและมุมสะท้อน

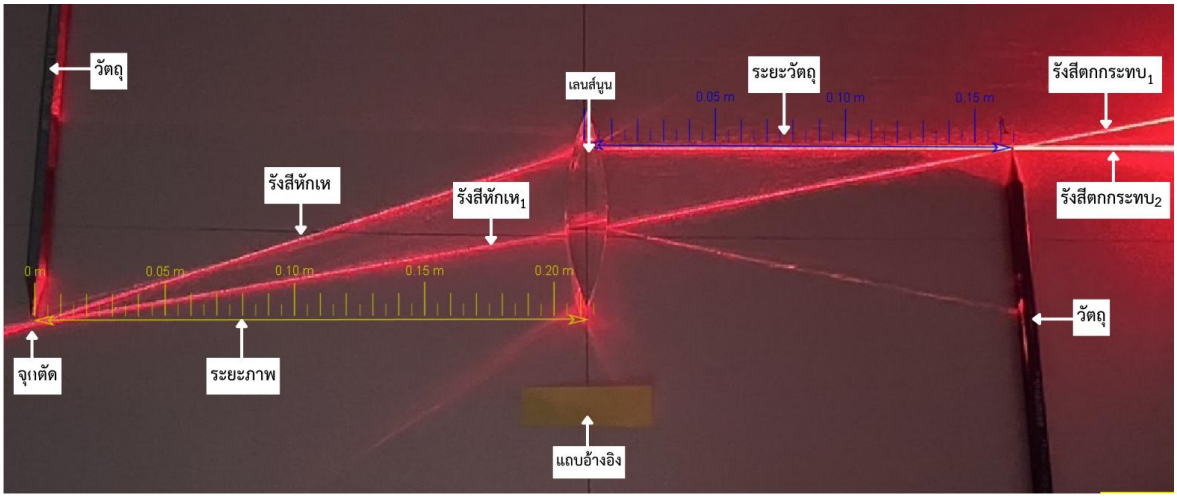


ภาพที่ 6 การวัดมุมการหักเหของคลื่นแสงในแท่งพลาสติก

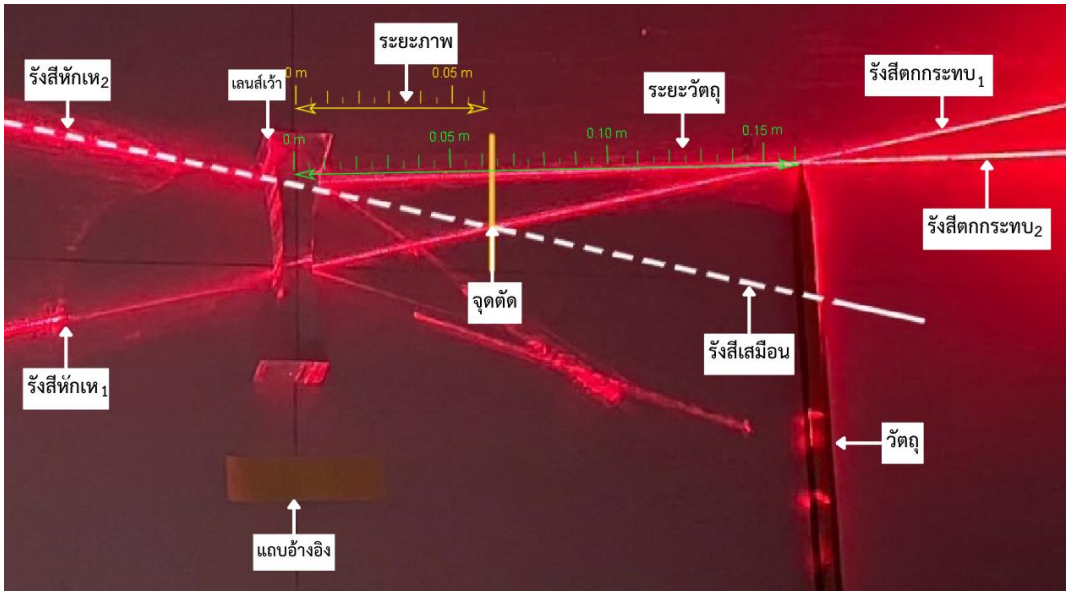


ภาพที่ 7 การวัดมุมการสะท้อนแสง

2.3) เลนส์นูนและเลนส์เว้า การทดลองนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ (1) เลนส์นูน และ (2) เลนส์เว้า มีวิธีการทดลองดังนี้ ตั้งวัตถุ (ดินสอ) ไว้หน้าเลนส์นูน จากนั้นเปิดแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ให้แสงผ่านหัวของดินสอขนานกับแกนมุขสำคัญ แล้วเปิดแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์อีกอันผ่านหัวของดินสอและตัดผ่านจุดกึ่งกลางเลนส์ สังเกตการณ์ตัดกันของรังสีหักเหหลังเลนส์นูนองภาพที่เกิดขึ้น พร้อมกับบันทึกภาพ ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้งโดยเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุ หลังจากนั้นนำภาพถ่ายเข้าสู่โปรแกรมแทรกเกอร์ เพื่อวัดระยะห่าง จากวัตถุถึงกึ่งกลางเลนส์ บันทึกเป็นระยะวัตถุ (u) และระยะห่างจากตำแหน่งที่รังสีหักเหตัดกันถึงกึ่งกลางเลนส์เป็นระยะภาพ (v) ด้วยเครื่องมือในโปรแกรม ชื่อแถบวัด (Tape measure) ดังภาพที่ 1 นำค่าที่ได้ มาหาความยามโฟกัส (f) จากสมการที่ 3 และวิเคราะห์ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาวโฟกัส จากนั้นทำการทดลองซ้ำทั้งหมดอีกครั้งแต่เปลี่ยนเป็นเลนส์เว้าแทน ซึ่งการสังเกตการหักเหของแสงผ่านเลนส์เว้าพบว่า รังสีของแสงทั้งสองเส้นไม่เกิดการตัดกัน การหาระยะภาพสามารถหาได้จากการต่อรังสีหักเหผ่านเลนส์ให้เส้นทั้งสองตัดกัน แล้ววัดระยะจากกึ่งกลางเลนส์ถึงตำแหน่งที่ตัดกันจะได้ระยะภาพซึ่งอยู่หน้าเลนส์ ดังภาพที่ 9

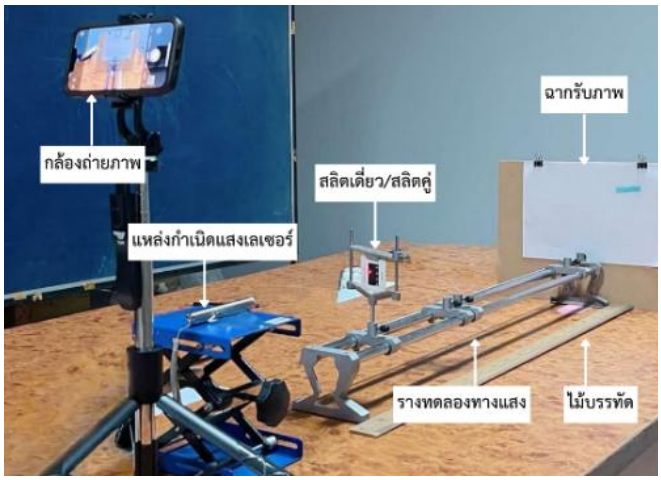


ภาพที่ 8 การวัดระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัสของเลนส์นูน

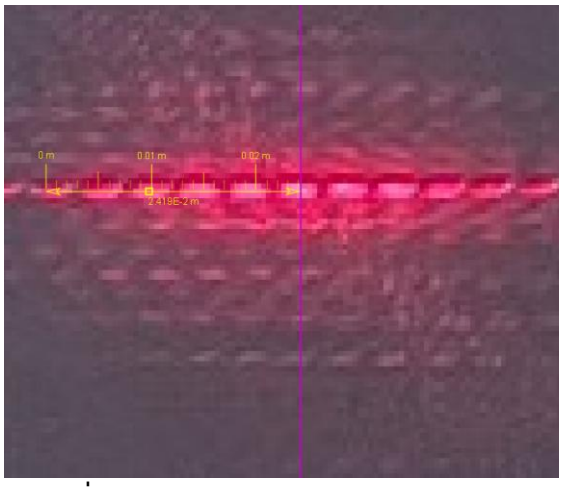


ภาพที่ 9 การวัดระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัสของเลนส์เว้า

2.4) การแทรกสอดของแสง การติดตั้งอุปกรณ์แสดงดังภาพที่ 10 การทดลองเริ่มจากการวางสลิตคู่ระหว่างแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์กับฉาก โดยกำหนดให้ระยะระหว่างสลิตคู่ถึงฉาก L = 85 cm จากนั้นเปิดแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ให้แสงผ่านสลิตและไปตกกระทบที่ฉาก พร้อมกับบันทึกภาพแถบแสงที่ปรากฏบนฉาก ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 10 การติดตั้งอุปกรณ์ทดลองการแทรกสอดของแสง



ภาพที่ 11 การหาระยะห่างของแถวสว่างจากแนวกลางของสลิตคู่ (y)

ผลการศึกษา

1.การหักเหของแสง

ในการศึกษาการหักเหของแสงด้วยโปรแกรมแทรกเกอร์จากภาพการหักเหของแสงที่มุมตกกระทบ 20 30 40 50 และ 60 องศา ได้มุมหักเหดังตารางที่ 1 ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์ดัชนีหักเหของแสงและความเร็วของแสงในแท่งพลาสติก จากกฎของสเนลล์ เมื่อกำหนดให้ดัชนีหักเหของแสงและความเร็วของแสงในอากาศมีค่าเท่ากับ 1 และ 3×10^8 m/s ตามลำดับ โดยค่าที่แสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

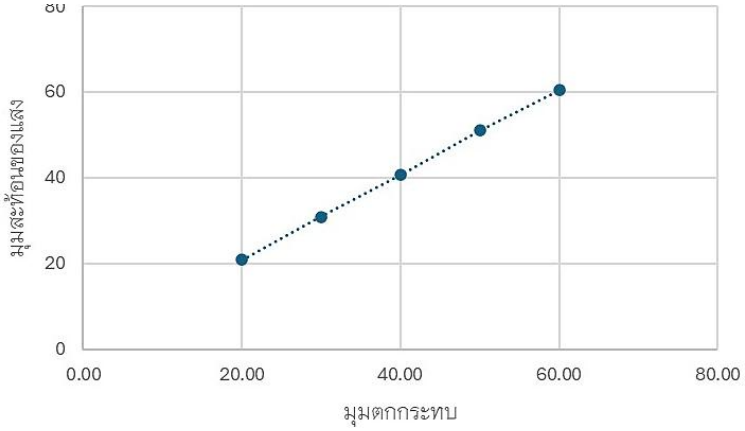
ตารางที่ 1 มุมตกกระทบ มุมหักเหและค่าไซน์ของมุม ดัชนีหักเหแสงและความเร็วของแสงในแท่งพลาสติก

ที่	มุมตกกระทบ : θ_1 (องศา)	$sin\theta_1$	มุมหักเห : θ_2 (องศา)	$sin\theta_2$	n_2	อัตราเร็ว : v_2 (m/s)
1	20	0.34	13.6	0.24	1.42	2.11×10^8
2	30	0.50	16.2	0.28	1.79	1.67×10^8
3	40	0.64	25.8	0.44	1.45	2.07×10^8
4	50	0.77	30.7	0.51	1.51	1.99×10^8
5	60	0.87	35.6	0.58	1.50	2.00×10^8
				ค่าเฉลี่ย	1.53	1.97×10^8

จากตารางที่ 1 พบว่า เมื่อแสงเคลื่อนที่จากอากาศเข้าไปในแท่งพลาสติก จะเกิดรังสีหักเหทำมุมน้อยกว่ามุมตกกระทบ เมื่อนำไปคำนวณหาดัชนีหักเหของแสงตามกฎของสเนลล์ ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.53 และพบร้อยละความคลาดเคลื่อน 2.00 จากค่าจริงซึ่งมีค่า 1.50 และความเร็วของแสงในแท่งพลาสติก ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.97×10^8 m/s มีร้อยละความคลาดเคลื่อน 1.50 จากค่าจริงซึ่งมีค่า เท่ากับ 2.00×10^8 m/s กล่าวคือ อัตราเร็วของคลื่นแสงจะมีค่าลดลงเมื่อคลื่นแสงเกิดการหักเหเคลื่อนที่เข้าไปในตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหสูง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี

2. การสะท้อนของแสง

ในการศึกษาการสะท้อนของแสงด้วยโปรแกรมแทรกเกอร์จากภาพการสะท้อนของแสงที่มุมตกกระทบ 20 30 40 50 และ 60 องศา ได้มุมสะท้อนออกมาใกล้เคียงกับมุมตกกระทบ ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบและมุมสะท้อนดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบและมุมสะท้อนที่วัดได้

จากกราฟแสดงค่ามุมสะท้อนที่วัดได้ เมื่อมุมตกกระทบของคลื่นแสงมีค่าต่างกัน พบว่า เมื่อให้แสงตกกระทบที่มุม 20, 30, 40, 50, และ60 องศา จะได้มุมสะท้อนเฉลี่ยเท่ากับ 20.90, 30.83, 40.67, 51.00 และ60.37 องศาตามลำดับ และ ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของการทดลองเฉลี่ย $\%error$ อยู่ที่ 2.31 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ามุมตกกระทบและมุมการสะท้อนมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับกฎการสะท้อน

3. เลนส์นูนและเลนส์เว้า

3.1 เลนส์นูน

เมื่อวิเคราะห์ภาพถ่ายการหักเหของแสงผ่านเลนส์นูน ด้วยโปรแกรมแทรกเกอร์ได้ระยะวัตถุ และระยะภาพ โดยค่าที่ได้สามารถคำนวณหาความยาวโฟกัส จากสมการที่ 2 และร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาวโฟกัสจริงของเลนส์มีค่าเท่ากับ 10 cm ได้ข้อมูลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระยะวัตถุ ระยะภาพ ความยาวโฟกัส และร้อยละความคลาดเคลื่อน

ครั้งที่	ระยะวัตถุ : u (m)	ระยะภาพ : v (m)	ความยาวโฟกัส : f_{exp} (m)	ร้อยละความคลาดเคลื่อน
1	0.15	0.25	9.78×10^{-2}	2.20
2	0.16	0.21	9.86×10^{-2}	1.40
3	0.17	0.19	9.72×10^{-2}	2.80
4	0.19	0.17	9.60×10^{-2}	4.00
5	0.21	0.16	9.57×10^{-2}	4.30
			เฉลี่ย	2.94

จากการทดลอง พบว่าเมื่อรังสีของแสงตกกระทบหัววัตถุ (ดินสอ) ผ่านเลนส์นูนจะพบรังสีหักเหของแสงมารวมกันด้านหลังเลนส์เป็นตำแหน่งที่เกิดขึ้นของภาพเป็นตำแหน่งหัวดินสอเช่นกัน จากการทดลองได้ระยะโฟกัสเฉลี่ยเท่ากับ 9.71×10^{-2} m และค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาวโฟกัส มีค่าเท่ากับ 2.94%

3.2 เลนส์เว้า

เมื่อวิเคราะห์ภาพถ่ายการหักเหของแสงผ่านเลนส์เว้า ด้วยโปรแกรมแทรกเกอร์ได้ระยะวัตถุ และระยะภาพ โดยค่าที่ได้สามารถคำนวณหาความยาวโฟกัส จากสมการที่ 3 และร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาวโฟกัสจริงของเลนส์มีค่าเท่ากับ 10 cm ได้ข้อมูลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระยะวัตถุ ระยะภาพ ความยาวโฟกัส และร้อยละความคลาดเคลื่อน

ครั้งที่	ระยะวัตถุ : u (m)	ระยะภาพ : v (m)	ความยาวโฟกัส : f_{exp} (m)	ร้อยละความคลาดเคลื่อน
1	0.15	5.58×10^{-2}	11.70×10^{-2}	17.00
2	0.16	6.13×10^{-2}	11.50×10^{-2}	15.00
3	0.17	6.38×10^{-2}	11.10×10^{-2}	11.00
4	0.19	6.47×10^{-2}	10.80×10^{-2}	8.00
5	0.21	6.71×10^{-2}	10.50×10^{-2}	5.00
			เฉลี่ย	11.20

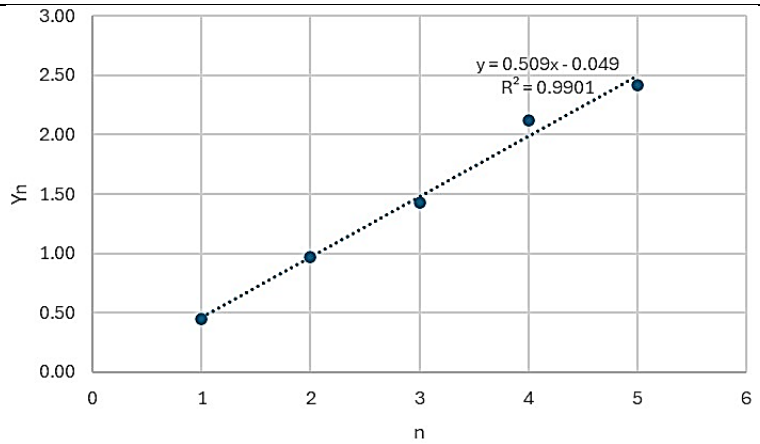
จากการทดลอง พบว่า รังสีของแสงทั้งสองเส้นไม่เกิดการตัดกัน การหาระยะภาพสามารถหาได้จากการต่อรังสีหักเหผ่านเลนส์ให้เส้นทั้งสองตัดกันด้านหน้าเลนส์ จะได้ตำแหน่งที่เกิดขึ้นของภาพเป็นตำแหน่งหัวดินสอเช่นกัน จากการทดลองได้ระยะโฟกัสเฉลี่ยเท่ากับ 11.28×10^{-2} m และค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาวโฟกัส มีค่าเท่ากับ 11.20%

4. การแทรกสอดของแสง

เมื่อวิเคราะห์ภาพถ่ายการแทรกสอดจากสลิตคู่ด้วยโปรแกรมแทรกเกอร์ ได้ระยะห่างของแถบสว่างทั้งด้านซ้ายและด้านขวาจากแนวกลาง หาค่าเฉลี่ยของระยะห่างของแถบสว่างได้ข้อมูลดังตารางที่ 4 และเมื่อนำระยะห่างของแถบสว่างจากแนวกลาง (y_n) และลำดับการแทรกสอด (n) มาเขียนแสดงเป็นกราฟ พบว่าความสัมพันธ์เป็นกราฟเส้นตรง ดังแสดงในภาพที่ 13

ตารางที่ 4 ระยะห่างของแถบสว่างจากแนวกลางของสลิตคู่

ลำดับที่	ระยะห่างของแถบสว่างจากแนวกลาง : y_n						ค่าเฉลี่ยของ yn (cm)
	ทางซ้าย : –n (cm)			ทางขวา : +n (cm)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	0.44	0.45	0.44	0.43	0.45	0.46	0.45
2	0.97	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97
3	1.42	1.43	1.43	1.43	1.42	1.43	1.43
4	2.11	2.12	2.12	2.13	2.12	2.12	2.12
5	2.42	2.44	2.41	2.43	2.42	2.42	2.42



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะ y_n และ n

จากการทดลอง พบว่า การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่จะเกิดแถบสว่างและแถบมืดที่มีระยะใกล้เคียงกัน เมื่อนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างลำดับของแถบสว่างกับระยะห่างของแถบสว่างอันดับต่าง ๆ ได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ 0.51 และเมื่อแทนค่าความชันในสมการที่ (6) พบว่าได้ค่าความกว้างของสลิตคู่เท่ากับ 105.46×10^{-6} m และพบค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของความกว้างของสลิตคู่ที่วัด เท่ากับร้อยละ 5.47

สรุปผลและอธิปรายผล

การทดลองนี้ศึกษาสมบัติของแสงในด้านการหักเห การสะท้อน และการแทรกสอด โดยใช้การวิเคราะห์วิดีโอร่วมกับโปรแกรมแทรกเกอร์ ผลการทดลองพบว่า การหักเหของแสงในแท่งพลาสติกให้ค่าดัชนีหักเหตามกฎของสเนลล์เฉลี่ยที่ 1.53 ซึ่งพบคลาดเคลื่อนจากค่าจริงประมาณร้อยละ 2.00 และความเร็วของแสงในแท่งพลาสติกได้ค่าเฉลี่ย 1.97×10^8 m/s โดยมีคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.50 จากค่าจริงที่ 2.00×10^8 m/s เมื่อแสงผ่านตัวกลางที่มีดัชนีหักเหสูง ความเร็วของแสงจะลดลงและมุมหักเหมีค่าน้อยกว่ามุมตกกระทบ สอดคล้องกับทฤษฎีการหักเหของแสง

ในการทดลองสะท้อนของแสง ผลการวัดมุมตกกระทบและมุมสะท้อนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 2.31 ซึ่งสอดคล้องกับกฎการสะท้อนของแสง การศึกษาการหักเหผ่านเลนส์นูนและเลนส์เว้า พบว่าแสงที่ผ่านเลนส์นูนจะหักเหรวมกันที่ด้านหลังเลนส์ให้ภาพหัวของวัตถุในตำแหน่งเดียวกับตำแหน่งของภาพจริง เลนส์

นูนจึงเป็นเลนส์รวมแสง โดยมีระยะโฟกัสเฉลี่ย 9.71 x 10^{-2} m และมีความคลาดเคลื่อนของระยะโฟกัสอยู่ที่ร้อยละ 2.94 ส่วนเลนส์เว้าซึ่งเป็นเลนส์กระจายแสง พบระยะโฟกัสเฉลี่ยเท่ากับ 11.28 x 10^{-2} m และมีความคลาดเคลื่อนของระยะโฟกัสอยู่ที่ร้อยละ 11.20

ในการศึกษาการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่ พบการแทรกสอดของแสงให้แถบสว่างและมืดที่เรียงตัวเป็นระเบียบ และได้ค่าความกว้างของสลิตคู่เฉลี่ยที่ 105.46 x 10^{-6} m โดยมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5.47 ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมแทรกเกอร์มีประสิทธิภาพในการวัดการหักเห การสะท้อน และแทรกสอดของแสง รวมถึงการหักเหผ่านเลนส์นูนและเลนส์เว้า

จากผลการศึกษาดังกล่าว พบว่าความคลาดเคลื่อนในการใช้โปรแกรมแทรกเกอร์เพื่อวัดสมบัติของแสงอาจเกิดจากหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของแสง ซึ่งส่งผลต่อความแม่นยำในการวิเคราะห์ข้อมูล ตัวอย่างเช่น การเบลอของภาพที่เกิดจากการบันทึก แสงสะท้อนจากพื้นผิว หรือเงาที่ปรากฏในภาพ ปัจจัยเหล่านี้อาจทำให้โปรแกรมแทรกเกอร์เกิดความสับสนระหว่างแสงสะท้อนกับตำแหน่งของแสงจริง ซึ่งส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการติดตามตำแหน่งของวัตถุในภาพ

นอกจากนี้ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมแทรกเกอร์ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่องโดยนักฟิสิกส์ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูลและแก้ไขปัญหาทางฟิสิกส์ที่ซับซ้อน ความนิยมในการใช้งานโปรแกรมในหลากหลายสาขาวิชาช่วยเสริมความไว้วางใจจากผู้ใช้ และการสะสมประสบการณ์จากการใช้งานจริงยังถูกนำมาพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้โปรแกรมแทรกเกอร์มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น สำหรับข้อเสนอแนะในครั้งต่อไป ควรทำการทดลองเพิ่มเติมโดยใช้ตัวกลางที่มีดัชนีหักเหและความหนาต่างๆ เพื่อศึกษาคุณสมบัติของแสงในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ ตัดออก

เอกสารอ้างอิง

1. วีทิต วรรณเลิศลักษณ์. (2560). *การหักเหของแสง*. สืบค้นจาก https://www.scimath.org/lesson-physics/item/7282-2017-06-14-13-59-29.
2. สุภาวรรณ สวนพลอย, วัฒนะ รัมมะเอ็ด และอารยา มุ่งชำนาญกิจ. (2558). การใช้โปรแกรมวิเคราะห์วิดีโอแทรคเกอร์ช่วยสอน วิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบคาบ เพื่อเพิ่มผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กรณีศึกษาของโรงเรียนจุฬาภรณ์ราชวิทยาลัย ปทุมธานี. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยรังสิต* (หน้า 1293-1299). ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยรังสิต.
3. จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล, และคณะ. (2566). ผลการพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยาน เชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูฟิสิกส์ โดยใช้บทปฏิบัติการออนไลน์ร่วมกับ เทคนิคการวิเคราะห์

วิดีโออัตราเร็วสูง เรื่อง การชนและโมเมนตัม. *วารสารวารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 42*(5), 707–717.

4. จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล, วิไลพร ลักษมีวาณิชย์. (2562). การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูง กรณีศึกษาการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 30*(1), 71–84.
5. สาขาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (ม.ป.ป.). การสะท้อนและการหักเหของแสง. สืบค้นจาก https://physics.ipst.ac.th/?p=930.
6. เพ็ญศรี ประมุขกุล. (2560). คู่มือปฏิบัติการฟสิกส์พื้นฐาน. ภาควิชาฟสิกส์และวิทยาศาสตรทั่วไป คณะวิทยาศาสตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
7. จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล, กชกร มั่งมี และอรอุมา เมธาเกสร. (2563). การศึกษาระบบล้อและเพลาโดยใช้เทคนิคการ
วิเคราะห์วีดีโอความเร็วสูง. *วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 48*(2), 276–285.
8. M Rodrigues และ O Simeao Carvalho. (2014). Teaching optical phenomena with Tracker. *Physics education, 59*(2024), 1–10.
9. จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล และวิไลพร ลักษมีวาณิชย. (2563). ผลของแรงต้านอากาศต่อการตกของกรวยกระดาษด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วีดีโออัตราเร็วสูง. (2564). *วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 48*(2), 276–285.
10. Jiraporn Poonyawatpornkul, Banthita Snguanrat and Panupat Chaiworn. (2024). A low-cost method for quantifying bouncing ball dynamics with smartphone video. *Physics education, 59*(2024), 1–10.
11. Jiraporn Poonyawatpornkul, Kotchakorn Mangmee and Onuma Methakeson. (2022). Oscillation of Full and Partial Ring Pendulum: Physics Laboratory Experiment. *Science & Technology Asia, 27*(3), 85–94

การศึกษารูปแบบการผลิต และความเป็นไปได้ในการใช้สารสกัดจากเศษเหลือสับปะรดและสับปะรดตกเกรด (PWDCE) ในการเป็นสารต้านจุลินทรีย์ที่พบในกุ้งขาว

A study on the production process and feasibility of using pineapple (*Ananas comosus*) waste and degrade extract (PWDCE) as an antimicrobial agent in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

รุ่งกานต์ กล้าหาญ[1*], บัณฑิต ยวงสร้อย[2], ปิ่นสุรางค์ ดีวงษ์[3], ทรงทรัพย์ อรุณกมล[4] และ กฤษณะ กระจับทอง[1]

Rungkan Klahan[1*], Bundit Yuangsoi[2], Pinsurang Deevong[3], Songsub Aroonkamol[4] and Kritsana Krajabthong[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการผลิตอาหารเสริมเชิงหน้าที่ และความเป็นไปได้ในการใช้สารสกัดจากสับปะรดในการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคสำหรับกุ้งขาว กลุ่ม *Vibrio spp.* โดยใช้การสกัดสับปะรดตกเกรดทั้งลูก และส่วนที่เป็นเศษเหลือ ได้แก่ เปลือก และจุก จากนั้นทำการสกัดด้วยวิธีต่างกันคือ การสกัดสารสกัดหยาบเอนไซม์โบรมีเลนจากเปลือกและจุกสับปะรดเกรดคนกิน 1) ด้วยเครื่องย่อยกิ่งไม้ และปั่นเหวี่ยงให้ตกตะกอน (BMC) 2) การสกัดด้วยเครื่องย่อยกิ่งไม้ และไม่มีการปั่นเหวี่ยงให้ตกตะกอน (BMNC) 3) การสกัดด้วยวิธีการในห้องปฏิบัติการ (BLC) 4) การสกัดจากสับปะรดตกเกรดทั้งลูก ด้วยเครื่องย่อยกิ่งไม้ และมีการปั่นเหวี่ยง (BLMC) 5) การสกัดด้วยเครื่องย่อยกิ่งไม้ และไม่มีการปั่นเหวี่ยง (BLMNC) และ 6) การสกัดด้วยวิธีการในห้องปฏิบัติการ (BL) จากนั้นผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการfreeze dried ทำการทดสอบความสามารถของสารสกัดในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคสกุล *Vibrio* ด้วยการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดสับปะรดที่สามารถกำจัดแบคทีเรีย *Vibrio* ซึ่งจากการทดลองพบว่าสารสกัดหยาบจากสับปะรดตกเกรดทั้งลูกสกัดแบบ BL ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ให้ค่าการยับยั้งเชื้อสูงที่สุด โดยสามารถยับยั้งเชื้อได้ร้อยละ 45.13

คำสำคัญ: โบรมีเลน, สับปะรด. อาหารเสริมเชิงหน้าที่, ต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค, กุ้งขาว

[1] การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี 76000

[2] การประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 42000

[3] จุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 109000

[4] วิทยาศาสตร์การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000

[1] Aquaculture, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University, Phetchaburi, 76000

[2] Fisheries, Faculty of Agriculture, Khon Kean University, Khon Kean, 42000

[3] Micribilogy, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, 109000

[4] Aquaculture Science, Faculty of Agricultural Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon, 76000

*Corresponding author: supremrukiirun@gmail.com

Abstract

This study aimed to explore the production methods of functional supplements and assess the feasibility of using pineapple (*Ananas comosus*) extracts to combat pathogenic microorganisms, specifically the genus *Vibrio*, in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Different extraction methods were applied to both whole pineapples and waste parts such as peels and crowns. The extraction methods included: (1) bromelain enzyme crude extract from human-grade pineapple peel and crown using a wood chipper and centrifugation (BMC), (2) wood chipper without centrifugation (BMNC), (3) laboratory extraction (BLC), (4) whole pineapple extraction with a wood chipper and centrifugation (BLMC), (5) wood chipper without centrifugation (BLMNC), and (6) laboratory extraction (BL). After extraction, all crude extracts were freeze-dried. The antimicrobial potential was evaluated by determining the minimum concentration of the pineapple extract that could inhibit the growth of *Vibrio* bacteria. Results indicated that the crude extract from whole pineapple, obtained using the BL method at a concentration of 100 mg/ml, demonstrated the highest inhibition, with a bacterial inhibition rate of 45.13%.

Keywords: Bromelain, Pineapple, Functional feedadditive, Antimicrobial, Pacific white shrimp

บทนำ

การเลี้ยงกุ้งขาวพบปัญหาที่มีมาอย่างยาวนาน และมีความรุนแรงขึ้น คืออาการขี้ขาว หรือโรคขี้ขาวที่พบในกุ้งขาวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 จนถึงปัจจุบัน ซึ่งการเกิดอาการขี้ขาวนั้นเกิดได้หลายปัจจัย ได้แก่ การติดเชื้อโรคในกุ้ง เช่น Taura syndrome virus: TSV , White spot syndrome virus: WSSV, Yellow head virus: YHV, Infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus: IHHNV, เชื้อ EMS/AHPND การติดเชื้อกรีการีน การติดเชื้อ EHP (*Enterocytozoon hepatopenaei*) การสะสมของเสียในบ่อเลี้ยง การติดเชื้อแบคทีเรียโดยเฉพาะเชื้อวิบริโอ อาหารที่ใช้เลี้ยงมีคุณภาพต่ำหรือเสื่อมคุณภาพ หรือเกี่ยวข้องกับสายพันธุ์กุ้งไม่ดี เลือดชิด ทำให้กุ้งอ่อนแอติดเชื้อได้ง่าย กุ้งเครียดจากปัจจัยการเลี้ยงต่าง ๆ ทำให้กุ้งอ่อนแอ ภูมิคุ้มกันลดลงและเชื้อแบคทีเรียเจริญได้ง่ายขึ้น และเกิดจากการเสียสมดุลจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารของกุ้งจากการใช้ยาปฏิชีวนะ (ชัยวุฒิ, 2560) การใช้สารสกัดจากเศษเหลือสับปะรดเช่น เปลือก หรือจุก หรือสับปะรดที่ตกเกรดราคาต่ำโดยสับปะรดเกรดปกติราคาจะอยู่ที่ 15 – 20 บาท/กิโลกรัม และสับปะรดตกเกรดจะอยู่ที่ 5 – 10 บาท/กิโลกรัม ซึ่งมีลักษณะเป็นผลที่ไม่สมบูรณ์ หรือมีขนาดเล็กกว่าปกติ ซึ่งการใช้เศษเหลือทางการเกษตรเหล่านี้จะสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหานี้ได้

สารสกัดหยาบจากสับปะรด (*Ananas comosus* L. Merr) มีฤทธิ์ต้านจุลชีพที่รุนแรง และควรนำมาพิจารณาเป็นสารต้านจุลชีพ โดยสารต้านจุลชีพที่ออกฤทธิ์ใน *Ananas comosus* L. Merr ได้แก่ ซาโปนินและโบรมีเลน ทั้งซาโปนินและโบรมีเลน ทำหน้าที่เป็นยาต้านจุลชีพผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ คุณสมบัติของโบรมีเลนทำงานเป็นเอนไซม์ โปรตีโอไลติก โดยเฉพาะเมื่อจับกับเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย ทำให้เกิดความเสียหายและกระตุ้นให้เซลล์แบคทีเรียตาย มีรายงานว่าฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารประกอบออกฤทธิ์ใน *Anas comosus* L. Merr มีศักยภาพโดดเด่นในการต่อต้านแกรมทั้งสองทั้งแบคทีเรียแกรมลบและแกรมบวก รวมทั้ง *Pseudomonas aeruginosa* (Zharfan et al., 2017) และจากการศึกษาของ Zharfan et al. (2017) พบว่า สารสกัดจากสับปะรด (*Ananas comosus* L. Merr) มีฤทธิ์ต้านจุลชีพต่อต้าน *Pseudomonas aeruginosa* ที่ดื้อต่อยาหลายชนิด ความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC) *Pseudomonas aeruginosa* ของสารสกัดจากสับปะรด (*Ananas comosus* L. Merr) คือ 0.75 กรัม/มิลลิลิตร นอกจากนี้ โบรมีเลน ยังมีสารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน

ส่งผลต่อการกระตุ้นเซลล์เม็ดเลือดขาว หรือเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกัน และปรับการตอบสนองภูมิคุ้มกันของ T cell และ B cell ในเลือด (Engwerda et al., 2001) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติต้านการก่อมะเร็ง และมีฤทธิ์ต้านการอักเสบและคุณสมบัติของยาปฏิชีวนะ (Reddy et al., 2013) การใช้สารสกัดจากธรรมชาติยังช่วยลดการใช้ยาปฏิชีวนะ ทำให้ได้สัตว์น้ำที่ปลอดภัย และลดการตกค้างของยาในตัวสัตว์ที่มีผลต่อการส่งออกอีกด้วย อีกทั้งยังเป็นการใช้เศษเหลือทางการเกษตรเพื่อสนองต่อการเกิด zero waste ทางการเกษตรด้วย เพิ่มมูลค่าของอาหารปลอดภัยรวมถึงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และปลอดภัยกับผู้บริโภคอีกด้วย

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาเทคโนโลยี และความเป็นไปได้สำหรับการผลิตและใช้นวัตกรรมอาหารเสริมเชิงหน้าที่ในการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคจากสับปะรดสำหรับกุ้งขาว

วิธีวิทยาการวิจัย

ทำการสกัดสารสกัดหยาบเอนไซม์โบรมีเลนด้วยแหล่งของสับปะรดที่ต่างกัน 2 รูปแบบ ได้แก่ สับปะรดตกเกรด และสับปะรดเกรดคนกิน ซึ่งเป็นสับปะรดสายพันธุ์ปัตตาเวีย ที่ได้มาจาก อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี โดยนำผลสับปะรดที่ยังมีเปลือกเป็นสีเขียว 1 ใน 3 และมีสีเหลือง 1 ส่วน หั่นจุก และเปลือกสับปะรดออกจากส่วนผล ล้างน้ำให้สะอาด หั่นเปลือกและจุกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ผสมกับน้ำประปาเย็น สกัดเอนไซม์โบรมีเลนได้ เป็น 6 วิธี ดังนี้คือ

1. สารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนจากเปลือกและจุกสับปะรดเกรดคนกินด้วยเครื่องย่อยกิ่งไม้ และปั่นเหวี่ยงให้ตกตะกอน (BMC)

2. สารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนจากเปลือกและจุกสับปะรดเกรดคนกินด้วยเครื่องย่อยกิ่งไม้ และไม่มีการปั่นเหวี่ยงให้ตกตะกอน (BMNC)

3. สารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนจากเปลือกและจุกสับปะรดเกรดคนกินด้วยวิธีการในห้องปฏิบัติการ (BLC) ตามวิธีของ Klahan et al. (2023)

4. สารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนจากสับปะรดตกเกรดทั้งลูก ด้วยเครื่องย่อยกิ่งไม้ และมีการปั่นเหวี่ยง (BLMC)

5. สารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนจากสับปะรดตกเกรดทั้งลูก ด้วยเครื่องย่อยกิ่งไม้ และไม่มีการปั่นเหวี่ยง (BLMNC)

6. สารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนจากสับปะรดตกเกรดทั้งลูก ด้วยวิธีการในห้องปฏิบัติการ (BL) ตามวิธีของ Klahan et al. (2023)

จากนั้นกรองสารสกัดด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำตัวอย่างทำแห้งต่อไป ด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Dried Technology) และการวิเคราะห์ bromelain activity ตามวิธีการของ Ketnawa et al., 2012 สารสกัดสับปะรดที่ความเข้มข้นแตกต่างกันถูกนำมาทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในกุ้งหลากหลายชนิด โดยมุ่งเน้นแบคทีเรียก่อโรคสกุล *Vibrio* ได้แก่ *Vibrio parahaemolyticus*

การทดสอบความสามารถของสารสกัดสับปะรดในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคสกุล *Vibrio*

เพาะเลี้ยงแบคทีเรียก่อโรคในอาหารเหลว TCBS (Thiosulfate-Citrate-Bile-Sucrose) ซึ่งเป็นอาหาร Selective สำหรับแยกและเพาะเลี้ยงเชื้อสกุล *Vibrio* บ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง จากนั้นปรับความขุ่นด้วย McFarland no. 0.5 ($1.5X10^8$ CFU/ml) และนำเชื้อแขวนลอยมาเกลี่ยด้วยไม้พันสำลี (swab) ปลอดเชื้อให้ทั่ว

ผิวหน้าอาหารแข็ง TCBS จากนั้นเจาะอาหารแข็งด้วย cork borer 0.5 และดูดสารสกัดสับปะรดที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันจากการเจือจางด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ (100, 75, 50, 25% v/v; ใช้น้ำกลั่นปลอดเชื้อเป็นชุดควบคุม) ปริมาตร 50 ไมโครลิตรบรรจุลงในหลุมเพื่อให้เกิดการแพร่ของสารทดสอบ (ทำ 2 ซ้ำ) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24–48 ชั่วโมง ตรวจผลด้วยการสังเกตการเกิดและวัดขนาดของบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) เพื่อบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดสับปะรด จึงจะมีการทดสอบเปรียบเทียบกับเชื้อแบคทีเรียทั่วไปที่เป็นตัวแทนของเชื้อที่มีโครงสร้างและผนังเซลล์ที่แตกต่างกัน เช่น *Bacillus cereus* (Gram positive bacilli), *Escherichia coli* (Gram negative short rod), *Staphylococcus aureus* (Gram positive cocci) โดยจะเปลี่ยนอาหารเลี้ยงเชื้อเป็น TSA (Trypticase soy agar) และบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นอกจากนี้การยับยั้งเชื้อด้วยสารสกัดสับปะรดจะถูกเปรียบเทียบกับการยังยั้งด้วยยาปฏิชีวนะที่ใช้ทั่วไป เช่น Ciprofloxacin, Erythromycin, Tetracycline เป็นต้น

การทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดสับปะรดที่สามารถกำจัดแบคทีเรีย *Vibrio*

เพาะเลี้ยงแบคทีเรียก่อโรคในอาหารเหลว TCBS บ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 – 24 ชั่วโมง จากนั้นปรับความขุ่นด้วย McFarland no. 0.5 ($1.5X10^8$ CFU/ml) แบ่งเชื้อแขวนลอยใสในแต่ละหลอดในปริมาตรเท่ากัน จากนั้นผสมด้วยสารสกัดสับปะรดให้ได้ความเข้มข้นแตกต่างกันในแต่ละหลอด (% v/v) บ่มที่อุณหภูมิ 28 องศา–เซลเซียส แบบเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นดูดเชื้อแขวนลอยมาเจือจางเป็นลำดับ (dilution) เพื่อให้มีปริมาณเชื้อเหมาะสมที่สามารถนำไปนับจำนวนเชื้อที่มีชีวิต (viable cell) ด้วยวิธี spread plate บนอาหารแข็ง TCBS (ทำ 2 ซ้ำ) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมง ตรวจผลด้วยการสังเกตและนับจำนวนโคโลนี (CFU) จากระดับเจือจางที่เหมาะสม (30–300 CFU/plate) และคำนวณจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตในหน่วย CFU/ml ทั้งนี้ความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดสับปะรดที่ทำให้ไม่พบการเจริญของเชื้อหมายถึง ค่า Minimum Bactericidal Concentration (MBC)

การทดสอบความสามารถของสารสกัดหยาบในการต้านเชื้อก่อโรค *Vibrio parahaemolyticus* ด้วยวิธี Agar well diffusion

เตรียมสารสกัดหยาบที่อยู่ในรูปของเหลวทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ BL, BLMC, BMC, BLC, BLMNC และ BMNC รวมถึงสารผงโบรมีเลน (commercial bromelain powder) เจือจางและกรองด้วยเยื่อกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 ไมโครมเตร เพื่อทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนการเตรียมเชื้อแบคทีเรียก่อโรค *Vibrio parahaemolyticus* ทำโดยนำเชื้อมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว TSB (tryptic soy broth) 24 ชั่วโมง และปรับความขุ่นให้ใกล้เคียงกับ McFarland Standard no. 0.5 สำหรับการทดลองด้วยวิธี Agar well diffusion นั้น เริ่มต้นด้วยการเกลี่ยเชื้อก่อโรคด้วยเทคนิค swabbing ให้ทั่วบนผิวหน้าอาหารแข็ง TSA ที่เติมโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ให้มีความเข้มข้นร้อยละ 2 จากนั้นใช้ cork borer เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซ็นติเมตร เจาะอาหารและนำชิ้นวุ้นออกทำให้เกิดหลุม (well) ที่มีขนาดเท่ากัน จึงหยดสารสกัดหยาบที่มีความเข้มข้นร้อยละ 100 (ไม่ผ่านการเจือจาง), 50, 25 และ 12.5 ในปริมาตร 50 ไมโครลิตร หยดลงในหลุม บ่มที่อุณหภูมิ 28 –30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นสังเกตโซนการยับยั้ง (inhibition zone) ของสารสกัดที่ให้ผลบวก และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อเปรียบเทียบ

การทดสอบความสามารถของสารสกัดชนิดผงในการต้านเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ด้วยวิธี Disc diffusion

เตรียมสารสกัดผงทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ BL, BLMC, BMC, BLC, BLMNC และ BMCN รวมถึงสารผงโบรมีเลน (Bromelain powder) เจือจางให้อยู่รูปสารละลายและกรองด้วยเยื่อกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 ไมโครเมตร เพื่อทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนการเตรียมเชื้อแบคทีเรียก่อโรค *Vibrio parahaemolyticus* ทำโดยนำเชื้อมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว TSB 24 ชั่วโมง และปรับความขุ่นให้ใกล้เคียงกับ McFarland Standard no. 0.5 สำหรับการทดลองด้วยวิธี Agar well diffusion นั้น เริ่มต้นด้วยการเกลี่ยเชื้อก่อโรคด้วยเทคนิค swabbing ให้ทั่วบนผิวหน้าอาหารแข็ง TSA ที่เติมโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ให้มีความเข้มข้นร้อยละ 2 จากนั้นวางดิสก์มาตรฐานบนจานเพาะเชื้อ แล้วจึงหยดสารทดสอบที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ลงบนแต่ละแผ่นดิสก์อย่างระมัดระวังไม่ให้เกินความจุ ทั้งนี้ใช้สารปริมาตร 20 ไมโครลิตร และให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายของสารบนดิสก์เท่ากับ 100, 50, 25 และ 12.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร จากนั้นวางแผ่นดิสก์ที่มีการเติมสารสกัดบนผิวหน้าอาหารที่เกลี่ยเชื้อไว้แล้ว บ่มที่อุณหภูมิ 28 – 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นวัดโซนการยับยั้งเชื้อก่อโรค *Vibrio parahaemolyticus*

การทดสอบความสามารถสารสกัดผงในการยับยั้งเชื้อก่อโรค *Vibrio parahaemolyticus* ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

สืบเนื่องจากผลการทดลองในขั้นตอนการทดสอบความสามารถของสารสกัดชนิดผงในการต้านเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* จึงเลือกความเข้มข้นของสารสกัดผงที่เหมาะสม คือ 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มาทดสอบความสามารถในการยับยั้งเพื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดสารสกัดผงทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ BL, BLMC, BMC, BLC, BLMNC และ BMCN รวมถึงสารผงโบรมีเลน (Bromelain powder) เจือจางให้อยู่รูปสารละลายและกรองด้วยเยื่อกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 μm เพื่อทำให้ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนการเตรียมเชื้อแบคทีเรียก่อโรค *Vibrio parahaemolyticus* ทำโดยนำเชื้อมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว TSB 24 ชั่วโมง และปรับความขุ่นให้ใกล้เคียงกับ McFarland Standard no. 0.5 จากนั้นเติมเชื้อก่อโรคปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมในอาหารเหลวปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มแบบเขย่าที่ 180 rpm ที่ 28 – 30 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง โดยเก็บตัวอย่างเชื้อที่ 0, 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง แล้วทำการเจือจางอย่างเป็นลำดับ (serial dilution) เพื่อหาค่าที่นับได้ของเชื้อในช่วง 30–300 CFU/plate แล้วนำมาเพาะเลี้ยงด้วยเทคนิค spread plate บนอาหารแข็ง TSA ที่มีโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ร้อยละ 2 ทั้งนี้ทำการทดลองความเจือจางละ 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิ 28–30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีและคำนวณหาค่า CFU/ml เพื่อคำนวณร้อยละของการยับยั้งเชื้อก่อโรคเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมสารสกัด

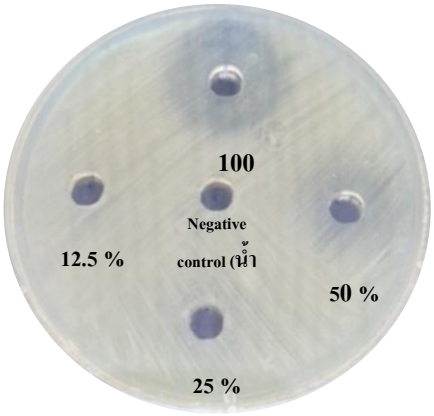
การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษา

1. ผลการทดสอบความสามารถของสารสกัดหยาบในการต้านเชื้อก่อโรค Vibrio parahaemolyticus ด้วยวิธี Agar well diffusion

จากการยับยั้งเชื้อก่อโรค Vibrio parahaemolyticus ด้วยสารสกัดหยาบทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ BL, BLMC, BMC, BLC, BLMNC และ BMNC เปรียบเทียบกับผงโบรมีเลน (Bromelain powder) พบว่า สารสกัดหยาบที่ความเข้มข้นสูงสุดร้อยละ 100 (ไม่ผ่านการเจือจาง) และร้อยละ 50 ของตัวอย่าง BL, BLMC, BLC และ MNCN แสดงโซนการยับยั้งเชื้อ แต่เป็นการยับยั้งแบบไม่สมบูรณ์ โดยพบว่า บริเวณโซนการยับยั้งยังคงพบการเจริญของเชื้อบาง ๆ ดังภาพที่ 1 และเมื่อทำการบ่มต่อเนื่องผ่านไปหลัง 12 ชั่วโมง พบว่าบริเวณโซนการยับยั้งนั้นมีการเจริญของเชื้อเพิ่มขึ้นจนสังเกตไม่เห็นโซนการยับยั้งอีกต่อไป นอกจากนี้ไม่พบหรือเกิดโซนการยับยั้งที่ไม่ชัดเจนจนไม่สามารถวัดได้เมื่อทดสอบด้วยสารสกัดหยาบที่เจือจางให้มีความเข้มข้นต่ำที่ความเข้มข้นร้อยละ 25 และ 12.5 ในขั้นตอนนี้ได้เลือกทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อก่อโรคด้วยวิธี Agar well diffusion เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถใช้สารสกัดปริมาณสูงในการทดสอบได้ แต่อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สารสกัดหยาบมีความเข้มข้นสารที่มีความสามารถยับยั้งเชื้อต่ำและสารสกัดหยาบไม่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากต้องใช้สารในปริมาณสูงมากเพื่อให้เกิดการยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ได้



ภาพที่ 1 ตัวอย่างโซนการยับยั้ง *Vibrio parahaemolyticus* ที่เกิดจากสารสกัดหยาบ BL ที่มีความเข้มข้นต่างกัน ด้วยวิธี Agar well diffusion

2. ผลการทดสอบความสามารถของสารสกัดชนิดผงในการต้านเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ด้วยวิธี Disc diffusion

ขั้นตอนนี้ได้ทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ด้วยสารสกัดในรูปผงที่เกิดจากการเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดหยาบโดยอาศัยการดึงน้ำออกด้วยวิธี lyophilization ทำให้ได้สารสกัดอยู่ในรูปผงที่เข้มข้นมากขึ้น ทั้งนี้มีการเก็บรักษาสารสกัดผงที่อุณหภูมิเย็น –20 องศาเซลเซียส จากการเลือกทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อก่อโรค *Vibrio parahaemolyticus* ด้วยวิธี Disc diffusion ทำให้สามารถกำหนดความเข้มข้นของสารได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น จากผลการทดสอบสารสกัดทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ BL, BLMC, BMC, BLC, BLMNC และ BMNC เปรียบเทียบกับผงโบรมีเลน (Bromelain powder) (ภาพที่ 3) พบว่า สารสกัดผงของทุกตัวอย่างที่ความเข้มข้น 50 และ 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มีการยับยั้งสูงตามลำดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น(ตารางที่1) ด้วยการแสดงโซนการยับยั้งที่กว้างขึ้น แต่ยังคงเป็นการยับยั้งแบบไม่สมบูรณ์ บริเวณโซนการยับยั้งพบมีการเจริญของเชื้อบาง ๆ

ทั้งนี้พบว่าสารสกัดผงมีความสามารถยับยั้งได้สูงกว่าและให้ผลที่ชัดเจนกว่าสารสกัดหยาบ อย่างไรก็ตามตัวอย่างสารสกัด BL แสดงโซนการย่อยที่กว้างและสมบูรณ์มากกว่าสารสกัดอื่น ๆ ถึงแม้เมื่อวัดขนาดโซนจะพบว่าสาร BLC ให้โซนที่กว้างกว่า แต่ความใส และความสมบูรณ์ของโซนจากสาร BL ให้ความชัด และใสของโซนที่สมบูรณ์กว่า และเมื่อลดความเข้มข้นของสารเป็น 25 และ 12.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร พบว่า มีโซนการยับยั้งลดลงมากและมีรูปแบบโซนไม่ชัดเจนจนไม่สามารถวัดขนาดได้ จากนั้นขนาดโซนการยับยั้งที่วัดได้จากการเพาะเลี้ยงทั้ง 3 ซ้ำ นั้นได้ถูกนำไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย ดังตารางที่ 2 จากผลการทดสอบในขั้นตอนนี้ จึงได้เลือกความเข้มข้นของสารสกัดผงที่ 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ไปทดสอบอัตราการยับยั้งที่เวลาต่าง ๆ ในขั้นตอนต่อไป



(A) (B)

ภาพที่ 2 ตัวอย่างโซนการยับยั้งที่เกิดจากสารสกัดรูปแบบผงด้วยวิธี Disc diffusion หลังการบ่ม 24 ชม. : สารสกัดทั้ง 6 ชนิด (A) และ Bromelain powder (B)

ตารางที่ 1 โซนการยับยั้งเชื้อก่อโรคของสารสกัดแบบผงทั้ง 6 ชนิด ที่ทดสอบด้วยวิธี Disc diffusion

ตัวอย่าง	ขนาดโซนการยับยั้งเชื้อด้วยสารสกัดแบบผง (mm)			
	เข้มข้น 12.5 mg/ml	เข้มข้น 25mg/ml	เข้มข้น 50 mg/ml	เข้มข้น 100 mg/ml
Bromelain	-	-	11.00 ± 0.04^{a}	18.00 ± 0.03^{a}
BL	-	-	6.80 ± 0.02^{b}	10.40 ± 0.06^{c}
BLMC	-	-	6.70 ± 0.05^{b}	12.60 ± 0.08^{bc}
BMC	-	-	4.20 ± 0.01^{c}	7.50 ± 0.00^{d}
BLC	-	-	6.80 ± 0.06^{b}	14.10 ± 0.03^{b}
BLMNC	-	-	5.30 ± 0.03^{bc}	9.80 ± 0.01^{c}
BMNC	-	-	6.75 ± 0.02^{b}	10.70±0.04^{c}

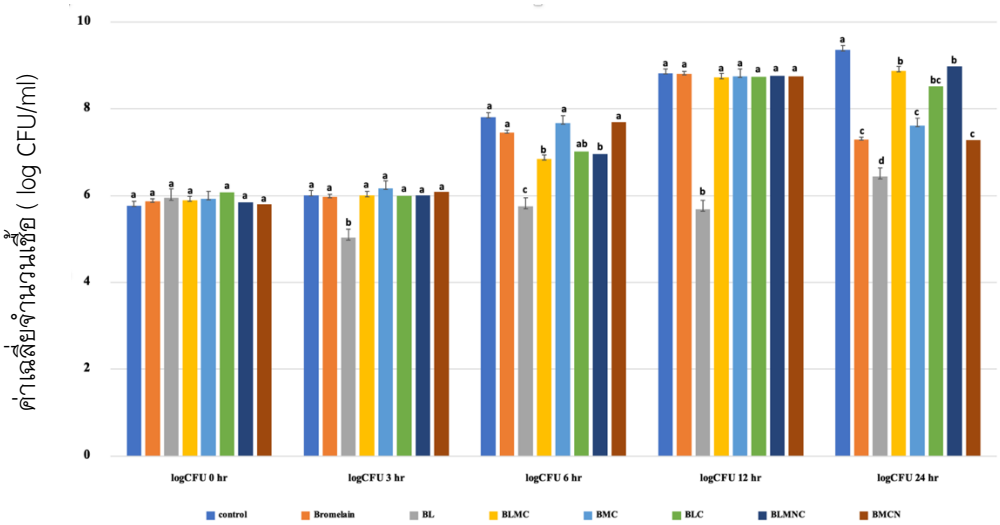
หมายเหตุ: – : ผลลบหรือไม่สามารถวัดได้

3. ผลการทดสอบความสามารถสารสกัดผงในการยับยั้งเชื้อก่อโรค *Vibrio parahaemolyticus* ที่ระยะเวลาต่างกัน

ในขั้นตอนนี้ได้เลือกความเข้มข้นของสารสกัดผงทั้ง 6 ตัวอย่าง ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เพื่อทดสอบอัตราการยับยั้งหรือร้อยละของการยับยั้งเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่เติมสารสกัด ที่ระยะเวลาบ่มที่แตกต่างกัน ที่ 0, 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง โดยผลการนับจำนวนโคโลนีของเชื้อก่อโรคเมื่อทดสอบกับสารสกัดทั้ง 6 ชนิด ที่ระยะเวลาการบ่มที่ต่างกันได้แสดงดังตารางที่ 2 และภาพที่ 3 ส่วนค่าร้อยละการยับยั้งของสารสกัดทั้ง 6 ชนิด เทียบกับชุดควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) ได้แสดงในตารางที่ 3 จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง เชื้อก่อโรคลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับหลอดควบคุมที่มีเชื้อก่อโรคและไม่มีสารสกัด โดยพบว่าสารสกัด BL มีการยับยั้งเชื้อที่ร้อยละ 19.56 และเมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง พบว่า หลอดของสารสกัด BL, BLMC, BLC และ BLMNC มีความขุ่นน้อยกว่าหลอดควบคุม (ภาพที่ 4) ซึ่งมีแนวโน้มของปริมาณเชื้อสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อเท่ากับร้อยละ 35.75, 14.10, 11.35 และ 12.28 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง พบมีเพียงหลอดทดสอบของตัวอย่าง BL เท่านั้นที่ยังคงมีความขุ่นน้อยที่สุด (ภาพที่ 4) โดยยังคงมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 54.91 สุดท้ายเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง พบว่า สารสกัด BL ยังคงมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อก่อโรคสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 45.13 และถัดลงมาตามลำดับ คือ BMCN, BMC, BLC, BLMC และ BLMNC ที่มีการยับยั้งเท่ากับร้อยละ 28.39, 22.90, 9.72, 5.33 และ 4.13 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 การนับจำนวนโคโลนีของเชื้อก่อโรคเมื่อทดสอบกับสารสกัดทั้ง 6 ชนิด ที่ระยะเวลาการบ่มที่ต่างกัน

ตัวอย่างสารสกัด	ค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อ (log CFU/ml)				
	0 hr	3 hr	6 hr	12 hr	24 hr
control	5.76 ± 0.07^{a}	6.01 ± 0.02^{a}	7.81 ± 0.05^{a}	8.81 ± 0.06^{a}	9.35 ± 0.08^{a}
Bromelain(commercial)	5.86 ± 0.08^{a}	5.97 ± 0.05^{a}	7.45 ± 0.20^{a}	8.80 ± 0.02^{a}	7.30 ± 0.0^{c}
BL	5.95 ± 0.03^{a}	5.03 ± 0.02^{b}	5.75 ± 0.09^{c}	5.69 ± 0.08^{b}	6.44 ± 0.07^{d}
BLMC	5.89 ± 0.03^{a}	6.00 ± 0.02^{a}	6.84 ± 0.04^{b}	8.72 ± 0.09^{a}	8.88 ± 0.02^{b}
BMC	5.93 ± 0.10^{a}	6.16 ± 0.01^{a}	7.67 ± 0.02^{a}	8.75 ± 0.04^{a}	7.61 ± 0.04^{c}
BLC	6.08 ± 0.08^{a}	5.99 ± 0.02^{a}	7.01 ± 0.05^{ab}	8.74 ± 0.09^{a}	8.52 ± 0.04^{bc}
BLMNC	5.85 ± 0.01^{a}	6.01 ± 0.05^{a}	6.95 ± 0.06^{b}	8.76 ± 0.08^{a}	8.98 ± 0.17^{b}
BMCN	5.80 ± 0.07^{a}	6.09 ± 0.018^{a}	7.70 ± 0.10^{a}	8.74 ± 0.03^{a}	7.28 ± 0.07^{c}

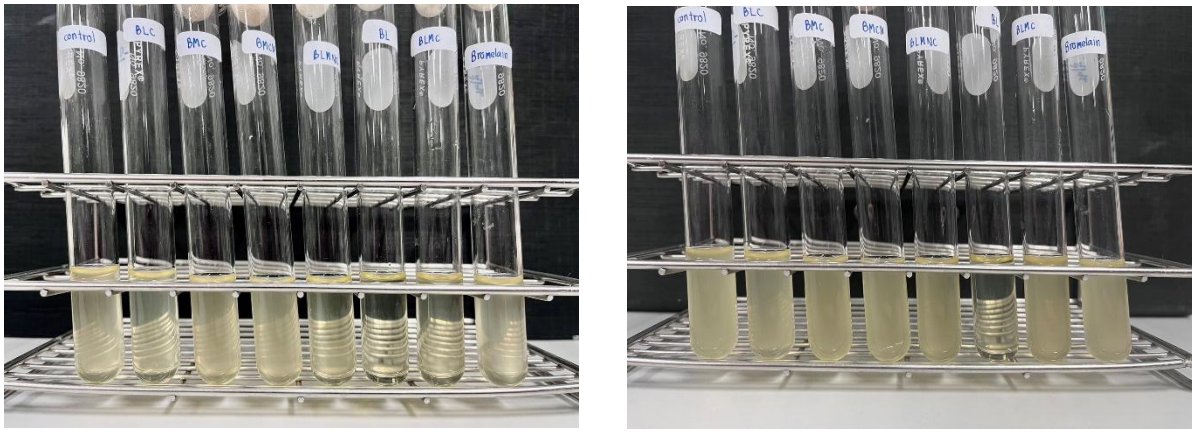


ภาพที่ 3 ค่าเฉลี่ยของโคโลนีของเชื้อก่อโรคเมื่อทดสอบกับสารสกัดทั้ง 6 ชนิด ที่ระยะเวลาการบ่มที่ต่างกัน

ทั้งนี้ผลการทดลองที่ 24 ชั่วโมง ของสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลน พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อก่อโรคเท่ากับร้อยละ 28.14 จึงกล่าวได้ว่าสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลน ชนิด BL มีความสามารถยับยั้งเชื้อได้ดีและมีความคงตัวในการยับยั้งสูงอย่างต่อเนื่อง ส่วนสารสกัด BMC และ BMCN แสดงการยับยั้งสูงเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามยังไม่เป็นที่แน่ชัดถึงกลไก ชนิดของสาร หรือปัจจัยที่ก่อให้เกิดการยับยั้ง *Vibrio parahaemolyticus* ในการทดลองนี้

ตารางที่ 3 ร้อยละการยับยั้งของสารสกัดทั้ง 6 ชนิด เทียบกับชุดควบคุม (ไม่เติมสารสกัด)

ตัวอย่างสารสกัด	% การยับยั้งเทียบกับชุดควบคุม (ไม่เติมสารสกัด)			
	3 hr	6 hr	12 hr	24 hr
Bromelain	0.72	4.75	0.12	28.14
BL	19.56	35.75	54.91	45.13
BLMC	0.15	14.10	1.04	5.33
BMC	-2.48	1.83	0.74	22.90
BLC	0.29	11.35	0.80	9.72
BLMNC	0.08	12.28	0.62	4.13
BMCN	-1.31	1.44	0.79	28.39



(A) (B)

ภาพที่ 4 การยับยั้งเชื้อก่อโรคของสารสกัดในรูปแบบผงที่แสดงให้เห็นความขุ่นของเชื้อ ซึ่งพบว่าสารสกัดด้วยวิธี BL มีความสามารถยับยั้งเชื้อได้ดีและมีความคงตัวมากกว่าสารสกัดอื่น เมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง (A) และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง (B)

สรุปผลและอธิปรายผล

จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าสับปะรดตกเกรดทั้งผล และเศษเหลือจากสับปะรด (เปลือก และ จุก) สามารถนำมาสกัดเอนไซม์โบรมีเลนได้ และการนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการ freeze dry ทำให้สารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนแบบแห้งมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านจุลินทรีย์ได้ในระดับห้องปฏิบัติการ และระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการนำผงแห้งสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนมาใช้ทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อที่พบในกุ้ง ด้วยการผสมในอาหารกุ้งขาวเพื่อเป็นอาหารเสริมเชิงหน้าที่ (functional feed additive) สำหรับต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในกุ้งขาวคือที่ 100 mg/ml เมื่อพิจารณาจากค่ากิจกรรมที่ได้พบว่าการทำแห้งสารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนโดยภาพรวมแล้วให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ที่สูงกว่าแบบสารละลาย ทั้งนี้เนื่องจากการทำแห้งแบบ freez dry จะลดการสูญเสียของโปรตีนสามารถช่วยให้โปรตีนคงสภาพอยู่ได้นาน และความเข้มข้นของสารสกัดจะมีค่าสูงกว่าแบบสารละลายน้ำ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องการรายงานของ Devakate et al., (2009) และการศึกษาของ Nadzirah et al., (2012) ที่พบว่าการทำแห้งแบบเยือกแข็งของน้ำสับปะรดทำให้เกิดผงโบรมีเลนที่มีฤทธิ์ของเอนไซม์สูงกว่า และเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของ Nadzirah et al., (2012) ซึ่งศึกษากิจกรรมของเอนไซม์โบรมีเลนแบบผงก็พบว่าสารสกัดจุกสับปะรดมีความเป็นกรดและไม่มีปริมาณซูโครส และกิจกรรมของโบรมีเลนในรูปแบบผงโบรมีเลนสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมในรูปแบบสารสกัดแบบบริสุทธิ์และแบบแยกเกลือ เช่นเดียวกับที่พบในการทดลองนี้

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติในการต้านเชื้อก่อโรค *Vibrio parahaemolyticus* ด้วยวิธี Agar well diffusion และวิธี Disc diffusion พบว่า สารสกัดเอนไซม์โบรมีเลนในรูปแบบผงที่สกัดแบบ BL และ BLC ให้ค่าการยับยั้งเชื้อดีกว่ากลุ่มทดลองอื่นและค่าที่เหมาะสมอยู่ที่ 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างชุดนี้เป็นการสกัดแบบห้องปฏิบัติการที่ความละเอียดสูงและมีการปั่นเหวี่ยงตัวอย่างเพื่อตกตะกอนโปรตีนทำให้เอนไซม์มีความบริสุทธิ์มากกว่าการสกัดด้วยรูปแบบอื่น ซึ่งสอดคล้องกับค่ากิจกรรมของเอนไซม์ที่มีค่าสูงใน 2 กลุ่มตัวอย่างนี้ และเมื่อเปรียบเทียบกับประสทธิภาพในการทำลายเชื้อ พบว่ากลุ่ม BL ที่ใช้ตัวอย่างสับปะรดตกเกรดทั้งผลสกัดแบบห้องปฏิบัติการให้ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวเป็นการใช้สับปะรดทั้งผล ซึ่งประกอบไปด้วยจุก เปลือก และเนื้อสับปะรด

ส่งผลต่อปริมาณของเอนไซม์โบรมีเลน และสารพฤกษเคมี เช่น saponin ที่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น ประกอบกด้วยการสกัดแบบห้องปฏิบัติการที่มีความละเอียดสูง ส่งผลให้ประสิทธิภาพของเอนไซม์และสารออกฤทธิ์อื่นมีค่าสูงไปด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่มอบเงินทุนในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณห้องอณูพันธุศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่อนุเคราะห์ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ชัยวุฒิ สุดทองคง. (2560). *โรคขี้ขาวในกุ้งขาวแวนนาไม.* ค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2565, จาก https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20170421131716_file.pdf.

Devakate, R. V., Patil, V. V., Waje, S. S., & Thorat, B. N. (2009). Purification and drying of bromelain. *Separation and Purification Technology, 64*(3), 259–264.

Engwerda, C. R., Andrew, D., Ladhams, A., & Mynott, T. L. (2001). Bromelain modulates T cell and B cell immune responses *in vitro* and *in vivo*. *Cellular Immunology, 210*(1), 66–75.

Ketnawa, S., Chaiwut, P., & Rawdkuen, S. (2012). Pineapple wastes: A potential source for bromelain extraction. *Food and Bioproducts Processing, 90*(3), 385–391.

Klahan, R., Deevong, P., Wiboonsirikul, J., & Yuangsoi, B. (2023). Growth Performance, feed utilisation, endogenous digestive enzymes, intestinal morphology, and antimicrobial effect of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed with feed supplemented with pineapple waste crude extract as a functional feed additive. Aquaculture Nutrition, 2023.

Nadzirah, K.Z., Samicho, Z., Abdullah, N., Normah, I. & Roha, A.M. (2012). *Physico–Chemical Properties of Pineapple Crown Extract Variety N36 and Bromelain Activity in Different Forms*. APCBEE Procedia. 4. 130–134. 10.1016/j.apcbee.2012.11.022.

Reddy, K. K., Grossman, L., & Rogers, G. S. (2013). Common complementary and alternative therapies with potential use in dermatologic surgery: risks and benefits. *Journal of the American Academy of Dermatology, 68*(4), e127–e135.

Zharfan, R. S., Purwono, P. B., & Mustika, A. (2017). Antimicrobial activity of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr) extract against multidrug–resistant of *Pseudomonas aeruginosa*: an in vitro study. *Indonesian Journal of Tropical and Infectious Disease, 6*(5), 118–123

ความหลากหลายของชนิดหอยกาบน้ำจืดในแม่น้ำอิงและการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในแหล่งอาศัย

Species diversity of Freshwater clams in the Ing river and Microplastic contamination in the Habitat

กิตติชัย จันธิมา[1*], กฤตวิชญ์ สุขอึ้ง[1], กันย์ญารัตน์ ปันใจ[1] และ ศศิธร เวยยือ[2]

Kittichai Chantima[1*], Krittawit Suk-ueng[1], Kanyarat Panchai[1] and Sasithon Woeiyue[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของชนิดพันธุ์ สถานภาพการถูกคุกคาม และการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในถิ่นอาศัยของหอยกาบน้ำจืดในแม่น้ำอิง จังหวัดพะเยา ทำการสำรวจระหว่างเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2566 จาก 9 จุดเก็บตัวอย่าง ผลการศึกษาพบหอยกาบน้ำจืดทั้งหมด 2 วงศ์ 7 สกุล 13 ชนิด โดยพบหอยชนิดเด่นคือ หอยกาบลาย (*Uniandra contradens rustica*) มีความถี่สัมพัทธ์ 88.89% ความชุกชุมสัมพัทธ์ 32.00% และความหนาแน่น 2.18±2.90 ตัว/ตร.ม. ผลการวิเคราะห์ดัชนีความมากชนิด ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ และดัชนีความสม่ำเสมอ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.75±0.35, 1.00±0.45 และ 0.66±0.28 ตามลำดับ การตรวจสถานภาพการถูกคุกคาม พบว่าหอยกาบ (*Pseudodon inoscularis cumingi*) อยู่ในสถานะที่มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (vulnerable) และพบการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในดินตะกอนตัวอย่าง 88.88% โดยไม่พบความแตกต่างของไมโครพลาสติกในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) พบไมโครพลาสติกเฉลี่ย 37.04±25.46 (11.11-77.78) ชิ้นต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง รูปร่างไมโครพลาสติกที่พบเป็นเส้นใยทั้งหมด และตรวจพบ 7 สี โดยพบสีขาวมากที่สุด (44.00%) และผลการประเมินระดับมลพิษโดยใช้ดัชนีภาระมลพิษ มีค่าดัชนีเฉลี่ยเท่ากับ 2.32±1.13 จัดอยู่ในระดับมลพิษที่ 1 ซึ่งมีอันตรายน้อย

คำสำคัญ: หอยกาบน้ำจืด, แม่น้ำอิง, ความหลากหลายชนิดพันธุ์, ไมโครพลาสติก, ตะกอนดิน

[1] โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

[2] โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

[1] Environmental Science and Technology Program, Faculty of Science and Technology, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai, 57100

[2] Chemistry Technology Program, Faculty of Science and Technology, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai, 57100

[*] Corresponding author: Kittichai.cha@crru.ac.th

Abstract

This study aimed to investigate the diversity of freshwater clams, threatened status, and microplastic contamination in sediment of Ing River, Phayao Province. The sample collecting was conducted between April to May 2023 from 9 sites. The results showed that 13 species, 7 genera from 2 families were found. *Uniandra contradens rustica* was the most dominant species, exhibiting a relative frequency of 88.89%, a relative abundance of 32.00%, and a density of 2.18±2.90 ind./m^2. The average values for the species richness index, biodiversity index, and evenness index were 0.75±0.35, 1.00±0.45, and 0.66±0.28, respectively. The threatened status of *Pseudodon inoscularis cumingi* is classified as vulnerable. Furthermore, microplastic contamination was detected in 88.88% of sediment samples. The examination of microplastic variations across sampling sites revealed no statistically significant differences ($p>0.05$). Microplastic analysis revealed an average of 37.04±25.46 (11.11–77.78) particles/kg•dw, exclusively in fiber form. The identified microplastics exhibited seven distinct colors, with white representing the highest occurrence at 44.00%. The evaluation of microplastic pollution levels, determined through the pollution load index, indicated an average value of 2.32±1.13, classified as level 1 pollution, which denotes a low risk.

Keywords: Freshwater bivalve, Ing River, Species diversity, Microplastic, Sediment

บทนำ

หอยกาบน้ำจืดเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่มีจำนวนสมาชิกมากและแพร่กระจายตามแหล่งน้ำทั่วไป มีความสำคัญทั้งต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม โดยมีการนำมาใช้ประโยชน์หลากหลายด้านและมีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด โดยทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงานในห่วงโซ่อาหารและการหมุนเวียนแร่ธาตุในระบบนิเวศ เป็นผู้บริโภคลำดับต้น ๆ ที่กรองกินแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และซากอินทรีย์ต่าง ๆ สิ่งมีชีวิตที่กรองอาหารแบบนี้สามารถสะสมสารพิษในเนื้อเยื่อ จึงเหมาะสำหรับการตรวจสอบและเฝ้าระวังระบบนิเวศแหล่งน้ำ [1] จากคุณสมบัติเหล่านี้ ทำให้หลายประเทศสนใจใช้หอยกาบน้ำจืดในการตรวจสอบและฟื้นฟูสภาพแวดล้อมให้สมดุลและเหมาะสมแก่การอยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต หอยกาบน้ำจืดในประเทศไทยมีความหลากหลายทางชนิดพันธุ์และกระจายตัวอยู่ทั่วทุกภูมิภาค อย่างไรก็ตาม หอยหลายชนิดกำลังถูกคุกคามจนใกล้สูญพันธุ์ สาเหตุหลักมาจากการทำลายถิ่นอาศัยจากมลพิษ เช่น ขยะ สารพิษจากโรงงาน น้ำเสียจากบ้านเรือน นาข้าว และฟาร์มเลี้ยงสัตว์ที่ไม่มีการบำบัด รวมถึงสารเคมีตกค้างจากการเกษตร โดยเฉพาะมลพิษจากขยะพลาสติกซึ่งมีไมโครพลาสติก (microplastic) เป็นปัญหาสำคัญที่เกิดจากการแตกสลายของขยะพลาสติกขนาดใหญ่ หรือจากการผลิตให้มีขนาดเล็ก หรือเป็นสารตั้งต้นในการผลิตพลาสติกในอุตสาหกรรม ไมโครพลาสติกเหล่านี้แพร่กระจายได้ง่าย แต่ย่อยสลายยาก และสามารถสะสมในห่วงโซ่อาหาร มีรายงานพบการแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อมหลายแห่ง เช่น ชายหาด ตะกอนดินในปากแม่น้ำ ชายฝั่ง และในมวลน้ำ [2]

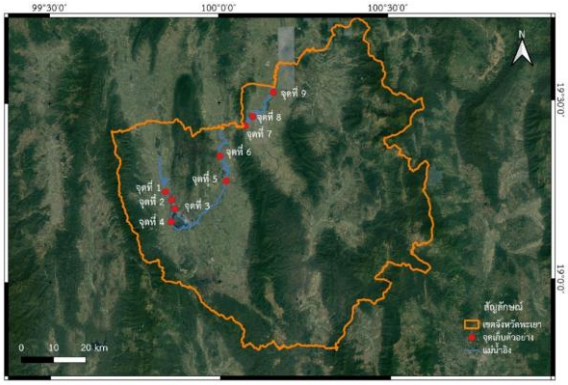
หอยกาบน้ำจืดพบได้ในแหล่งน้ำต่าง ๆ และแม่น้ำสายหลัก มีการแพร่กระจายในแทบทุกจังหวัดของประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคเหนือ ซึ่งมีลุ่มน้ำสำคัญหลายแห่ง หนึ่งในนั้นคือลุ่มน้ำโขงเหนือที่มีแม่น้ำอิงเป็นแม่น้ำสาขา แม่น้ำอิงเป็นแม่น้ำสำคัญของจังหวัดพะเยาและเชียงราย แต่ยังไม่มีการสำรวจความหลากหลายของหอยกาบน้ำจืดอย่างเป็นระบบตามหลักวิชาการ มีเพียงรายงานการใช้ประโยชน์จากหอยกาบน้ำจืดโดยชุมชนในพื้นที่เท่านั้น แม่น้ำอิงได้รับผลกระทบจากหลายปัจจัย เช่น การสร้างฝายเพื่อการเกษตรและอุตสาหกรรม การดูดทราย มลพิษจากขยะ การใช้ทรัพยากรน้ำโดยไม่คำนึงถึงการอนุรักษ์ ภัยแล้ง และการสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง ทำให้สิ่งแวดล้อมในแม่น้ำอิง

เปลี่ยนแปลงอย่างมาก นอกจากนี้ การทำประมงด้วยวิธีที่ผิดกฎหมาย เช่น การระเบิดและการช็อตปลา รวมถึงการแพร่กระจายของพืชและสัตว์ต่างถิ่นล้วนส่งผลกระทบต่อการขยายพันธุ์ของปลาและสัตว์น้ำท้องถิ่น อาจทำให้สูญพันธุ์ในระยะยาวได้ [3] ด้วยสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง รวมถึงปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ ส่งผลให้ถิ่นอาศัยของหอยกาบน้ำจืดถูกทำลาย ส่งผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพที่ลดลงจนน่าเป็นห่วงว่าในอนาคตหอยกาบน้ำจืดหลายชนิดอาจสูญพันธุ์จากแม่น้ำอิง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งสำรวจความหลากหลายและการกระจายตัวของหอยกาบน้ำจืด ประเมินสถานภาพการถูกคุกคาม รวมถึงศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในถิ่นอาศัยในพื้นที่จังหวัดพะเยาซึ่งเป็นเขตต้นน้ำของแม่น้ำอิง ผลการศึกษาจะช่วยให้ทราบข้อมูลพื้นฐานความหลากหลายทางชีวภาพและการปนเปื้อนไมโครพลาสติก ซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องมือบ่งชี้ความผิดปกติของแหล่งน้ำ และเป็นแนวทางในการจัดการและการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ทรัพยากรอย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีการศึกษา

1. พื้นที่ศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการสำรวจและเก็บตัวอย่างหอยกาบน้ำจืดในแม่น้ำอิงในเขตจังหวัดพะเยา โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 9 จุด รายละเอียดดังภาพที่ 1



จุดที่	สถานที่เก็บตัวอย่าง	พิกัดทางภูมิศาสตร์
1	บ.ตุ่มไร่ ต.ท่าจำปี อ.เมืองพะเยา	19°15'06"N, 99°50'26"E
2	สะพานขุนจอมธรรม ต.บ้านต๋ำ อ.เมืองพะเยา	19°13'45"N, 99°51'29"E
3	สะพานขุนเดช ต.บ้านต๋อม อ.เมืองพะเยา	19°12'14"N, 99°52'04"E
4	กว๊านพะเยา ต.บ้านสาง อ.เมืองพะเยา	19°10'05"N, 99°51'23"E
5	บ.ค่ากลาง ต.ป่าซาง อ.ดอกคำใต้	19°16'52"N, 100°1'11"E
6	บ.สันป่าแดง ต.ห้วยแก้ว อ.ภูกามยาว	19°21'04"N, 100°00'06"E
7	บ.วังชุม ต.หงส์หิน อ.จุน	19°26'07"N, 100°04'38"E
8	บ.น้ำจุน ต.ลอ อ.จุน	19°27'38"N, 100°05'57"E
9	บ.ปางมดแดง ต.อ่างทอง อ.เชียงคำ	19°31'42"N, 100°09'37"E

ภาพที่ 1 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างในแม่น้ำอิง จังหวัดพะเยา [4–5]

2. การเก็บตัวอย่างหอยกาบน้ำจืด

2.1 ดำเนินการเก็บตัวอย่างหอยกาบน้ำจืดจากแม่น้ำอิงจำนวน 9 จุด ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566

2.2 สุ่มเก็บตัวอย่างหอยกาบน้ำจืดโดยดัดแปลงจากวิธีการของ Cummings et al. [6] ในพื้นที่เก็บตัวอย่างขนาด 20 ตร.ม. (2×10 ม.) บริเวณริมฝั่งแม่น้ำ

2.3 เก็บรักษาตัวอย่างหอยกาบน้ำจืดในแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% (v/v) เพื่อใช้ในการบรรยายลักษณะสัณฐานวิทยา

3. การวิเคราะห์ความหลากหลายของชนิด

3.1 การจำแนกชนิด (Identification)

– จัดจำแนกหอยกาบน้ำจืดจากลักษณะสัณฐานวิทยาของเปลือก (ความกว้าง ความยาว ความหนา และชั่งน้ำหนัก) โดยอิงตามรูปวิธานของ Brandt [7] ฐานข้อมูลออนไลน์ MUSSELp Database และจุฑามาศ และคณะ [8] รวมทั้งนับจำนวนและถ่ายภาพ

3.2 ดัชนีด้านนิเวศวิทยา (Ecological Index)

– วิเคราะห์ความหนาแน่น (density) ของหอยกาบน้ำจืดที่สำรวจพบตามวิธีการของ Sun et al. [9] และวิเคราะห์ความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency: Rf) และความชุกชุมสัมพัทธ์ (relative abundance: Rt) ตามวิธีการของ Pettingill [10]

– วิเคราะห์ดัชนีความมากชนิดของมากาเลฟ (Margalef' s richness index: R) ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของแชนนอน–เวียนเนอร์ (Shannon–Wiener' s diversity index: H') และดัชนีความสม่ำเสมอของพีลิว (Pielou' s evenness index: J') [11–15]

3.3 ตรวจสอบสถานการถูกคุกคาม (Threatened Status) ตาม IUCN Red List [16] จากบัญชีชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามขององค์การระหว่างประเทศเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources Red List of Threatened Species™: IUCN Red List)

4. ศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในแหล่งถิ่นอาศัย

4.1 การเก็บตัวอย่างตะกอนดิน

– ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินตะกอนในพื้นที่เดียวกันกับการเก็บตัวอย่างหอยกาบน้ำจืด โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Wang et al. [17], Peng et al. [18] และ Nayeri et al. [19] ทำการวางแปลงขนาด 1×1 ม. บริเวณชายฝั่งของแม่น้ำ โดยให้ห่างจากตลิ่ง 1 เมตร และวางแปลงย่อยขนาด 0.2×0.2 ม. แบบสุ่ม จำนวน 3 แปลงภายในแปลงขนาด 1×1 ม.

– ตักดินด้วยพลั่วตักดินชนิดสแตนเลสที่ระดับผิวดิน (0–5 เซนติเมตร) ในแปลงย่อยทั้ง 3 แปลง แปลงละ 200 กรัม จากนั้นผสมตัวอย่างให้เข้ากันในถังเก็บตัวอย่างสแตนเลส และห่อด้วยกระดาษฟอยล์ 2 ชั้น เก็บรักษาตัวอย่างดินตะกอนไว้ที่อุณหภูมิ –20°C

4.2 ตรวจสอบการปนเปื้อนไมโครพลาสติก

– ตรวจหาไมโครพลาสติกโดยดัดแปลงจากวิธีการของ Wang et al. [17] และ Ilmi et al. [20] โดยอบดินตะกอนให้แห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°C และตรวจหาไมโครพลาสติกด้วยวิธีการย่อยด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 30% (w/v) และลอยตัวด้วยสารละลายอิ่มตัวโซเดียมคลอไรด์

– ตรวจหาไมโครพลาสติกภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยจำแนกรูปร่าง สี นับจำนวน และถ่ายภาพตามวิธีการของ Hidalgo–Ruz et al. [21], Tanaka and Takada [22] และ Nel et al. [23]

– คำนวณไมโครพลาสติกที่ตรวจพบจำแนกตามสีและรูปร่างในหน่วยของร้อยละ และคำนวณ ไมโครพลาสติกที่ตรวจพบในหน่วยของชิ้นต่อน้ำหนักแห้งของดินตะกอนในหน่วยกิโลกรัม (ชิ้นต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)

– วิเคราะห์ความแตกต่างของไมโครพลาสติกที่ตรวจพบในแต่ละจุดเก็บอย่างโดยใช้โปรแกรม SPSS Version 29.0.2.0 (IBM) และทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

– ประเมินระดับมลพิษของไมโครพลาสติกในดินตะกอนโดยใช้ดัชนีภาระมลพิษ (Pollution Load Index) ตามวิธีการของ Tomlinson et al. [24]

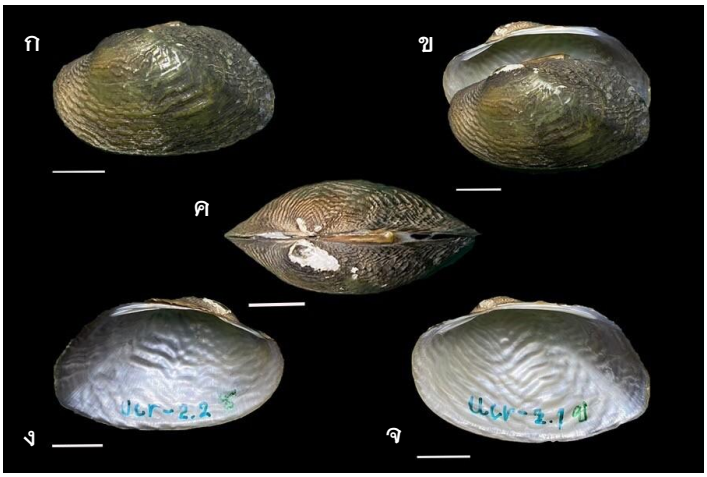
จริยธรรมการวิจัย

มีการดำเนินการเกี่ยวกับสัตว์ โดยผู้วิจัยได้รับใบอนุญาตจากสถาบันพัฒนาการดำเนินการต่อสัตว์เพื่อการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ (สพสว.) สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (ใบอนุญาตเลขที่ U1-09340-2564) การดำเนินการเกี่ยวกับสัตว์ในการศึกษาครั้งนี้เป็นไปตามกฎระเบียบและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการกับ สัตว์ในงานทางวิทยาศาสตร์ โดยสัตว์ทั้งหมดได้รับการดูแลและมีการใช้สัตว์อย่างมีมนุษยธรรม

ผลการศึกษา

ความหลากหลายชนิดพันธุ์ของหอยกาบน้ำจืด

ผลการสำรวจหอยกาบน้ำจืดในแม่น้ำอิง จังหวัดพะเยา พบหอยทั้งหมด 2 วงศ์ 7 สกุล 13 ชนิด รวมจำนวน 1,220 ตัว ประกอบด้วยชนิด *Corbicula lamarckiana* (6.39%), *C. lydigiana* (14.92%), *C. moreletiana* (7.54%), *Ensidens ingallsianus ingallsianus* (2.13%), *Monodontina combodjensis* (13.36%), *M. vondembuschiana* (0.49%), *Pilsbryoconcha exilis compressa* (7.87%), *Pseudodon combojensis cambodjensis* (0.08%), *Ps. inoscularis cumingi* (0.08%), *Scabies crispata* (2.30%), *Uniandra contradens ascia* (10.41%), *U. contradens fischeriana* (2.30%) และ *U. contradens rustica* (32.13%) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 หอยกาบน้ำจืดชนิดเด่น *Uniandra contradens rustica* : (ก) เปลือกหอยด้านนอก (ข) ลักษณะฟัน (ค) อัมโบ (ง) เปลือกซ้ายด้านใน และ (จ) เปลือกขวาด้านใน (สเกล = 1 ซม.)

การศึกษาดัชนีบ่งชี้ทางนิเวศวิทยา

ผลการวิเคราะห์ดัชนีบ่งชี้ทางนิเวศโดยการวิเคราะห์ความถี่สัมพัทธ์ ความชุกชุมสัมพัทธ์ และความหนาแน่น พบหอยชนิด *U. contradens rustica* มีจำนวนมากที่สุด โดยมีความถี่สัมพัทธ์ 88.89% ซึ่งเป็นชนิดที่พบได้บ่อยที่สุด มีค่าความชุกชุม 32.00% และมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 2.18±2.90 ตัว/ตร.ม. ในขณะที่หอยชนิด *Ps. cambodjensis cambodjensis* และ *Ps. inoscularis cumingi* พบจำนวนน้อยที่สุด โดยมีค่าความถี่สัมพัทธ์และความชุกชุมสัมพัทธ์เท่ากับ 11.11% และ 0.08% ตามลำดับ และมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากันคือ 0.01±0.02 ตัว/ตร.ม. (ตารางที่ 1)

ผลการศึกษาดัชนีความมากชนิดของมากาเลฟ พบว่าในจุดเก็บตัวอย่างที่ 9 มีค่ามากที่สุด (R = 1.15) โดยพบหอย 8 ชนิด ได้แก่ *C. lamarckiana*, *C. lydigiana*, *C. moreletiana*, *M. combodjensis*, *Ps. combojensis cambodjensis*, *U. contradens ascia*, *U. contradens fischeriana* และ *U. contradens rustica* ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 มีค่าน้อยที่สุด (R

= 0) โดยพบหอยเพียง 1 ชนิด ได้แก่ *S. crispata* ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของแชนนอน–เวียนเนอร์ พบว่าในจุดเก็บตัวอย่างที่ 9 มีค่าความหลากหลายทางชีวภาพสูงที่สุด (H' = 1.74) และจุดที่ 4 มีค่าต่ำที่สุด (H' = 0) ในขณะที่ดัชนีความสม่ำเสมอของพีลิวพบว่าในจุดเก็บตัวอย่าง 6 มีความสม่ำเสมอมากที่สุด (J' = 0.96) และจุดที่ 4 มีค่าความสม่ำเสมอน้อยที่สุด (J' = 0) จากผลการวิเคราะห์ดัชนีความมากชนิดของมากาเลฟ ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของแชนนอน–เวียนเนอร์ และดัชนีความสม่ำเสมอของพีลิวของหอยกาบน้ำจืดในแม่น้ำอิง จังหวัดพะเยา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.75±0.35, 0.99±0.45 และ 0.66±0.28 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ดัชนีบ่งชี้ทางนิเวศวิทยาของหอยกาบน้ำจืดแต่ละชนิด

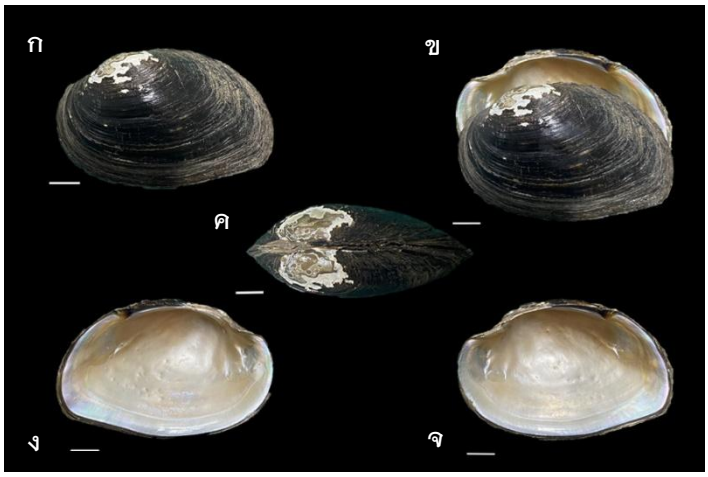
ชนิดของหอย	จำนวนที่พบ (ตัว)	R_f (%)	R_t (%)	D (ตัว/ตร.ม.)
C. lamarckiana	78	11.11	6.39	0.43±1.30
C. lydigiana	182	33.33	14.92	1.01±1.81
C. moreletiana	92	22.22	7.54	0.51±1.02
E. ingallsianus ingallsianus	26	44.44	2.13	0.52±0.51
M. cambodjensis	163	33.33	13.36	0.91±1.90
M. vondembuschiana	6	22.22	0.49	0.03±0.07
Pi. exilis compressa	96	66.97	7.87	0.53±0.50
Ps. cambodjensis cambodjensis	1	11.11	0.08	0.01±0.02
Ps. inoscularis cumingi	1	11.11	0.08	0.01±0.02
S. crispata	28	22.22	2.30	0.16±0.45
U. contradens ascia	127	66.67	10.41	0.71±0.89
U. contradens fischeriana	28	11.11	2.30	0.16±0.02
U. contradens rustica	392	88.89	32.13	2.18±2.90
เฉลี่ย				**0.55±0.84**

ตารางที่ 2 ดัชนีบ่งชี้ทางนิเวศวิทยาของหอยกาบน้ำจืดในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

จุดเก็บตัวอย่าง	จำนวนชนิดหอย	R	H'	J'
1	6	0.95	1.01	0.56
2	5	0.79	1.06	0.66
3	3	0.87	0.80	0.73
4	1	0	0	0
5	5	1.08	1.13	0.70
6	3	0.51	1.05	0.96
7	5	0.78	0.96	0.60
8	4	0.62	1.20	0.87
9	8	1.15	1.74	0.83
เฉลี่ย		**0.75±0.35**	**0.99±0.45**	**0.66±0.28**

สถานภาพการถูกคุกคาม

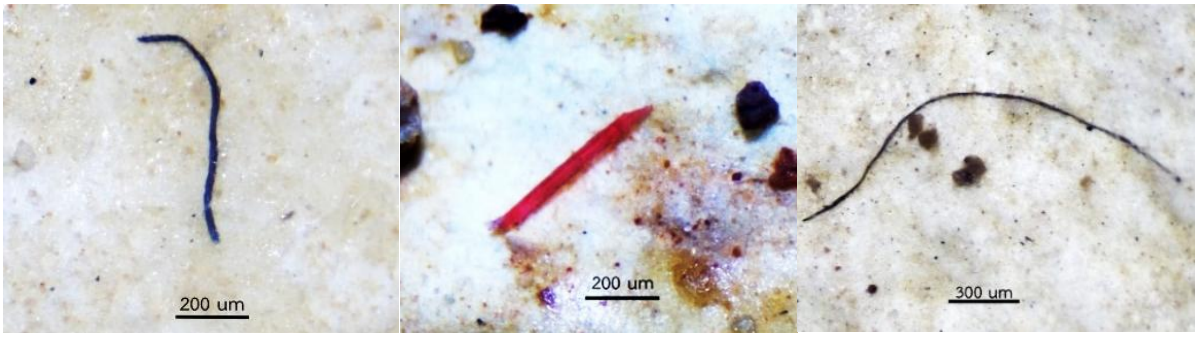
การตรวจสอบสถานภาพการถูกคุกคามตาม IUCN พบอยู่ในระดับความเสี่ยงน้อย (least concern) 10 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 76.92 มีข้อมูลไม่เพียงพอ (data deficient) 2 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 15.39 และระดับเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (vulnerable) 1 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 7.69 คือหอยกาย *Ps. inoscularis cumingi* (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 หอยกาบน้ำจืดชนิด *Pseudodon inoscularis cumingi* ที่อยู่ในสถานะชนิดพันธุ์ที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์: (ก) เปลือกหอยด้านนอก (ข) ลักษณะฟัน (ค) อัมโบ (ง) เปลือกซ้ายด้านใน และ (จ) เปลือกขวาด้านใน (สเกล = 1 ซม.)

ไมโครพลาสติกที่ตรวจพบ

ผลการวิเคราะห์ไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในดินตะกอนของแม่น้ำอิงจากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 จุด พบว่ามีการปนเปื้อนไมโครพลาสติก 88.88% ของตัวอย่าง จำนวนไมโครพลาสติกที่ตรวจพบอยู่ระหว่าง 11.11–77.78 ชิ้นต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.04±25.46 ชิ้นต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของไมโครพลาสติกในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) รูปร่างไมโครพลาสติกที่พบทั้งหมดเป็นแบบเส้นใย (ภาพที่ 4) ประกอบด้วยมี 7 สี โดยพบสีขาวมากที่สุด (44.00%) รองลงมาคือสีน้ำเงิน (36.00%) ใส (8.54%) และสีม่วง สีชมพู สีแดง และสีน้ำตาล ซึ่งพบในปริมาณเท่ากันคือ 4.00% โดยที่การประเมินระดับมลพิษของไมโครพลาสติกโดยใช้ดัชนีภาระมลพิษ พบว่ามีเฉลี่ยเท่ากับ 2.32±1.13 จัดอยู่ในระดับมลพิษที่ 1 ซึ่งหมายถึงมีอันตรายน้อย



ภาพที่ 4 ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่ตรวจพบ

สรุปผลและอธิปรายผล

ผลการศึกษาความหลากหลายของชนิดพันธุ์และสถานะการอนุรักษ์ของหอยกาบน้ำจืดในแม่น้ำอิง จังหวัดพะเยา พบหอยทั้งหมด 2 วงศ์ 7 สกุล 13 ชนิด โดยหอยกาบน้ำจืดเหล่านี้มีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี สามารถฝังตัวในพื้นผิวที่อ่อนนุ่มและยึดเกาะบนพื้นผิวได้หลากหลาย อีกทั้งยังพบว่ามีการแพร่กระจายทั่วประเทศไทย [25] จากการสำรวจและเอกสารทางวิชาการ รวมถึงตัวอย่างหอยกาบน้ำจืดที่เก็บรักษาไว้ในพิพิธภัณฑ์ของหน่วยงานต่าง ๆ พบความหลากหลายของหอยกาบน้ำจืดในจังหวัดเชียงราย 7 ชนิด ซึ่งเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำเดียวกันกับแม่น้ำอิงในจังหวัดพะเยา เมื่อเปรียบเทียบกับผลการสำรวจในแม่น้ำอิง พบหอยชนิดเดียวกัน 3 ชนิด ได้แก่ *Ps. cambodjensis cambodjensis*, *M. vondembuschiana* และ *U. contradens rustica* [25] นอกจากนี้ จากการสำรวจหอยกาบน้ำจืดในแหล่งน้ำทั่วประเทศในระหว่างปี พ.ศ. 2546–2549 โดยสำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด พบหอยกาบน้ำจืดจำนวน 6 อันดับ 7 วงศ์ 21 สกุล 72 ชนิด โดยพบว่าหอยกาบน้ำจืดบางชนิดสามารถพบได้ในแหล่งน้ำทุกประเภท [8] และรายงานการศึกษาชนิด สัณฐานวิทยา และการกระจายตัวของหอยกาบน้ำจืดสกุล *Pilsbryoconcha* และ *Pseudodon* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบหอยกาบน้ำจืดสกุล *Pilsbryoconcha* จำนวน 2 ชนิด และสกุล *Pseudodon* จำนวน 5 ชนิด โดยในจำนวนนี้มี 3 ชนิดที่เป็นชนิดพันธุ์เดียวกับที่พบในแม่น้ำอิง ได้แก่ *Pi. exilis compressa*, *Ps. cambodjensis cambodjensis* และ *Ps. inoscularis cumingi* ซึ่งทั้ง 3 ชนิดนี้พบได้ในลุ่มน้ำทุกภูมิภาคของประเทศไทย [8, 27]

ผลการวิเคราะห์ดัชนีบ่งชี้ทางนิเวศวิทยาของหอยกาบน้ำจืด พบว่าค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของหอยกาบน้ำจืดเท่ากับ 0.55±0.84 ตัว/ตร.ม. โดยค่าความหนาแน่นนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง เช่น พื้นที่แม่น้ำอิงที่ประสบปัญหาการปล่อยน้ำเสีย การขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรม การขุดลอกหน้าดิน และการสร้างฝายกั้นแม่น้ำ ซึ่งอาจส่งผลต่อการดำรงชีวิตของหอยกาบน้ำจืดในบริเวณนั้น [3] จากการศึกษาความถี่สัมพัทธ์ของหอยกาบน้ำจืด พบว่าหอยชนิด *U. contradens rustica* มีความถี่สัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 88.89% จัดเป็นชนิดที่พบบ่อย ซึ่งความถี่สัมพัทธ์ของหอยแต่ละชนิดที่พบแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง เนื่องจากหอยกาบน้ำจืดเป็นสัตว์ที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม จึงทำให้ชนิดพันธุ์ที่พบในแต่ละพื้นที่ไม่เหมือนกัน นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาความชุกชุมสัมพัทธ์ พบว่าหอยชนิด *U. contradens rustica* มีความชุกชุมสัมพัทธ์มากที่สุดเช่นเดียวกัน โดยความชุกชุมของหอยกาบน้ำจืดแต่ละชนิดนั้นแตกต่างกันไปในแต่ละสภาพแวดล้อม เนื่องจากหอยกาบน้ำจืดสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีและแพร่กระจายได้สูง [8]

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความมากชนิดพบว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง โดยความแตกต่างของสภาพแวดล้อมและคุณภาพน้ำอาจมีส่วนทำให้ค่าความมากชนิดแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมนั้น ๆ สำหรับดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพพบค่าสูงสุดเท่ากับ 1.74 ทั้งนี้ หากค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพสูงกว่า 2 แสดงว่าคุณภาพสิ่งแวดล้อมน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี ในขณะที่ค่าระหว่าง 1–2 บ่งบอกถึงคุณภาพสิ่งแวดล้อมน้ำอยู่ในระดับพอใช้ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าคุณภาพสิ่งแวดล้อมของน้ำอยู่ในระดับพอใช้ [28] นอกจากนี้ยังพบว่าค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพมีความแตกต่างกันในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง เนื่องจากจำนวนชนิดและสัดส่วนของสัตว์น้ำแต่ละชนิดในแต่ละพื้นที่ไม่เท่ากัน และสภาพแวดล้อมในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน [29] สำหรับดัชนีความสม่ำเสมอ พบค่าสูงสุดที่ 0.96 ซึ่งหมายความว่าหากค่าดัชนีใกล้เคียงกับ 1 จะบ่งบอกถึงการแพร่กระจายของสัตว์น้ำแต่ละชนิดในแหล่งน้ำอย่างสม่ำเสมอ [30] ผลการศึกษาพบว่าหอยกาบน้ำจืดในแม่น้ำอิงมีการกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยทั่วไปแล้ว วงจรชีวิตของหอยกาบน้ำจืดเริ่มต้นจากการเป็นปรสิตที่อาศัยอยู่ในเหงือกและครีบของปลาน้ำจืด

เมื่อหอยกาบน้ำจืดเจริญเติบโตและเปลี่ยนรูปร่างเป็นตัวเต็มวัย จึงหลุดออกจากตัวปลาและตกลงสู่พื้นท้องน้ำ ก่อนที่จะไหลตามกระแสน้ำจากต้นน้ำไปยังปลายน้ำ ส่งผลให้หอยกาบน้ำจืดกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในพื้นที่ศึกษา [8–9]

ผลการตรวจสอบสถานภาพการถูกคุกคามของหอยกาบน้ำจืดตามบัญชีแดงของ IUCN พบว่าส่วนใหญ่มีสถานะกังวลน้อยที่สุด โดยมีหอยกาบน้ำจืด 10 ชนิดที่ยังไม่ถูกคุกคาม และมี 2 ชนิดที่มีข้อมูลไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์สถานภาพการถูกคุกคาม และ 1 ชนิดที่จัดอยู่ในกลุ่มเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ คือ *Ps. inoscularis cumingi* โดย IUCN ได้รายงานว่าหอยกาบน้ำจืดหลายชนิดในสกุล *Pilsbryoconcha* และ *Pseudodon* พบได้น้อยและมีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ เช่น *Pseudodon exillis* และ *Pseudodon vondembuschianus* ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแหล่งน้ำที่ส่งผลกระทบต่อความหลากหลายของหอยกาบน้ำจืด ทำให้สถานะปัจจุบันของหอยกาบน้ำจืดตกอยู่ในภาวะถูกคุกคามและมีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ [27]

ผลการตรวจวิเคราะห์ไมโครพลาสติกในดินตะกอนของแม่น้ำอิง พบว่ามีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกเฉลี่ย 37.04±25.46 ชิ้นต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในดินตะกอนจากแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง บริเวณท่าพระจันทร์ พบไมโครพลาสติกเฉลี่ย 91±13 ชิ้นต่อกิโลกรัม [31] และการศึกษาปนเปื้อนไมโครพลาสติกในเขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบไมโครพลาสติกเฉลี่ย 39±14 ชิ้นต่อกิโลกรัม [32] โดยทั้งสองรายงานนี้มุ่งเน้นศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งมีปริมาณการปนเปื้อนสูงกว่าในแม่น้ำอิงจากการศึกษาครั้งนี้ สาเหตุอาจเกิดจากแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแหล่งรวมน้ำจืดจากหลายแม่น้ำผ่านพื้นที่ชุมชนและกิจกรรมต่าง ๆ รวมถึงพื้นที่การเกษตร ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการสะสมไมโครพลาสติกมากกว่า ในขณะที่รายงานการศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแม่น้ำน่านในเขตจังหวัดน่าน พบไมโครพลาสติกเฉลี่ย 24.67 ชิ้นต่อกิโลกรัม [33] ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากเป็นพื้นที่ต้นน้ำเช่นเดียวกัน ทำให้มีการสะสมไมโครพลาสติกในปริมาณที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแม่น้ำที่อยู่บริเวณปลายน้ำในลุ่มน้ำต่าง ๆ

ผลการจำแนกรูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบ พบว่าส่วนใหญ่เป็นแบบเส้นใย สอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง บริเวณท่าพระจันทร์ ที่พบไมโครพลาสติกในรูปแบบเส้นใยถึง 67.00% [31] นอกจากนี้ การศึกษาปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในเขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบไมโครพลาสติกแบบเส้นใยมากที่สุดเช่นกัน (42.8%) [32] เช่นเดียวกับการศึกษาในแม่น้ำน่าน เขตจังหวัดน่าน ที่พบ ไมโครพลาสติกแบบเส้นใยมากที่สุด (53.99%) [33] การพบไมโครพลาสติกแบบเส้นใยจำนวนมากนั้นอาจเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การซักผ้าที่ทำให้เส้นใยหลุดออกระหว่างการซัก การทอผ้า หรือจากโรงงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเส้นใยและชิ้นส่วนพลาสติกที่หลุดไปในสิ่งแวดล้อม [31] ซึ่งการศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในแม่น้ำอิงพบไมโครพลาสติกแบบเส้นใยจำนวนมากเช่นกัน อาจเนื่องจากบริเวณโดยรอบแม่น้ำอิงมีแหล่งชุมชนที่มีการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การเกษตรและการประมง ซึ่งทำให้มีไมโครพลาสติกแบบเส้นใยปรากฏอยู่ในพื้นที่จำนวนมาก

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากจากงบประมาณกองทุนสนับสนุนการวิจัยเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 สัญญาเลขที่ B367018 ขอขอบคุณผู้ให้ข้อมูลทุกท่านที่อนุเคราะห์ความช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการเข้าพื้นที่ตลอดการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] อุทัยวรรณ โกวิทวที. ชีววิทยาของหอยกาบน้ำจืด. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2557.

[2] สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ, อาทิตย์ เพ็ชร์รักษ์, เจนยุกต์ โล่วัชรินทร์ และจงรักษ์ ผลประเสริฐ. มลสารไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำเสียดิบและระบบ. วารสารสิ่งแวดล้อม 2562; 23(1): 1–10.

[3] สร้อยสุรีย์ ศรีเมือง [อินเตอร์เน็ต]. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่30 กันยายน 2567. ได้จาก https://lek-prapai.org/home/view.php?id=545

[4] กรมทรัพยากรน้ำ. NAT_STREAM.shp. [Shapefile]. กรมทรัพยากรน้ำ; 2561.

[5] QGIS. L05_AdminBoundary_Amphoe_2011_50k_FGDS_beta. [Shapefile]. สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ; 2566.

[6] Cummings, KR, Jones, HA, Lopes-Lima, M. Rapid bioassessment methods for freshwater molluscs. Arlington: Conservation International; 2016.

[7] Brandt, RAM. The non-marine aquatic Mollusca of Thailand. Arch Moll 1974; 105: 1–423.

[8] จุฑามาศ จิวาลักษณ์, พิชิต พรหมประศรี และอรภา นาคจินดา. หอยกาบน้ำจืดของไทย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2550.

[9] Sun, W, Liu, X, Wu, R, Wang, W, Wu, Y, Ouyang, S, Wu, X. Declining freshwater mussel diversity in the middle and lower reaches of the Xin River Basin: Threat and conservation. Ecol & Evol 2019; 9: 14142–14153.

[10] Pettingill, OS. A laboratory and field manual of ornithology. Ohio: Buress; 1969.

[11] Brewer, R. The science of ecology. 2nd edition. Philadelphia: Saunders College Publishing; 1994.

[12] Clarke, KR, Warwick, RM. Change in marine community: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth: Primer-E Ltd; 1994.

[13] Hill, D, Fasham, M, Tucker, G, Shewry, M, Shaw, P. Handbook of biodiversity methods: survey, evaluation and monitoring. Cambridge: Cambridge University Press; 2005.

[14] Hillebrand, H. Dominance. Amsterdam: Elsevier; 2008.

[15] Washington, HG. Diversity, biotic and similarity indices. Water Res 1984; 18(6): 653-694.

[16] IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. 2023. Version 2024-2. https://www.iucnredlist.org. Accessed on [30 June 2023].

[17] Wang, J, Peng, J, Tan, Z, et al. Microplastics in the surface sediments from the Beijiang River littoral zone: composition, abundance, surface textures and interaction with heavy metals. Chemosphere 2017; 171: 248–258.

[18] Peng, G, Xu, P, Zhu, B, Bai, M, Li, D. Microplastics in freshwater river sediments in Shanghai, China: a case study of risk assessment in mega-cities. Environ Pollut 2018; 234: 448–456.

[19] Nayeri, D, Mousavi, SA, Almasi, A, Asadi, A. Microplastic abundance, distribution, and characterization in freshwater sediments in Iran: a case study in Kermanshah city. Environ Sci & Pollut Res 2023; 30: 49817–49828.

[20] Ilmi, F, Muntalif, BS, Chazanah, N, Sari, NE. Microplastic risk assessment in river sediments along the cascading dam system (Case study: Midstream of the Citarum River, Indonesia). Water, Air, & Soil Pollut 2023, Article 234: 358.

[21] Hidalgo–Ruz, V, Gutow, L, Thompson, RC, Thiel, M. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. Environ Sci & Tech 2021, 46: 3060–3075.

[22] Tanaka, K, Takada, H. (2016). Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters. Sci Rep 2016; 6: Article 3435.

[23] Nel, HA, Dalu, T, Wasserman, RJ. Sinks and sources: assessing microplastic abundance in river sediment and deposit feeders in an austral temperate urban river system. Sci Total Environ 2018. 612: 950–956.

[24] Tomlinson, DL, Wilson, JG, Harris, CR, Jefrey, DW. Problems in the assessment of heavy–metal levels in estuaries and the formation of a pollution index. Helgoländer Meeres 1980; 33: 566–575.

[25] สมพิศ ตามสั่ง, สมศักดิ์ ระยัน และจารุวัฒน์ เครือศรี. ความถี่ในการวางไข่ของหอยกาบน้ำจืดชนิด *Pseudodon vondembuschinus*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานว 2552.

[26] Nabhitabhata, J, Nabhitabhata, J, Nateewathana, A, et al. Checklist mollusca fauna in Thailand: Cephalopods. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning; 2009.

[27] ศุภัสสร ภูเงินทุ่ง และบังอร กองอิ้ม. (2558). ชนิด สัณฐานวิทยา และการกระจายของหอยกาบน้ำจืดสกุล *Pilsbryoconcha* และ *Pseudodon* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2558; 11: 1–7.

[28] อรรถพล โลกิตสถาพร และวรมิตร ศิลปะชัย. ความชุกชุมและความหลากหลายของสัตว์หน้าดินในคลองพระองค์เจ้าไชยานุชิต. กรมประมง: สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด; 2548.

[29] ณัฐวุฒิ จันทร์เหล็ก, พรพิมล เชื้อดวงผุย และนุชนาถ คงช่วย. (2561). ความหลากชนิดของหอยทะเลบริเวณอ่าวบุญคง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง. ใน. เอกสารการประชุมวิชาการการบริหารจัดการความหลากหลายทางชีวภาพแห่งชาติ ครั้งที่ 5 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา 2561. หน้า 39–50.

[30] สมสงวน ปัสสาโก, อังศุมา ก้านจักร, สุกจิตต์ ภูพระบุ, ภูทัย รัฐบาล, พรอนงค์ ระวาดชู และทศพล วิชัยวงค์. ความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์หน้าดินต่อการประเมินคุณภาพน้ำในระบบนิเวศลำน้ำเสียวใหญ่ จังหวัดมหาสารคาม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2559.

[31] Ta, AT, Babel, S. Microplastic contamination on the lower Chao Phraya: Abundance, characteristics and interaction with heavy metals. Chemosphere 2020a; 257: 127234.

[32] Ta, AT, Babel, S. Microplastics pollution with heavy metals in the aquaculture zone of the Chao Phraya River Estuary, Thailand. Chemosphere 2020b; 161(Part A): 111747.

[33] Kongkamee, K, Chaimee, A, Hinhumpatch, P., Kitreerawutiwong, N, Keanjoom, R, Yasaka, S. Microplastic contamination in rivers: A survey from the Nan River, Thailand. The Lancet Planet Health 2024; 8(Supp 1): S19.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลเลมอนภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์

Product development of lemon fruits under the concept of creative economy

สุภาวดี สำราญ[1*], ปานฤทัย พุทธทองศรี[1], ชัยพฤกษ์ หงษ์ลัดดาพร[1], ยุทธศิลป์ ชัยสิทธ์[2], กานต์ จันทระ[2], ชมภูนาฏ ชมภูพันธ์[3] และ สรินทร คุ้มเขต[3]

Supawadee Sumran[1*], Panruethai Putthongsri[1], Chaiyapruek Hongladdaporn[1], Yutthasin Chaisit[2], Kan Juntara[2], Chomphunat Chomphuphan[3] and Sarinthorn Khumkhat[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลเลมอนภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์ โดยศึกษาคุณลักษณะทางคุณภาพด้านกายภาพ เคมี อายุการเก็บรักษารวมถึงทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากผลเลมอน โดยสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดเลยที่ให้ความสำคัญกับการพัฒนาด้านการเกษตรตามวาระการขับเคลื่อนจังหวัดเลย (THAILOEI 4.0) ส่งเสริมการเกษตรแบบผสมผสานและทันสมัยที่มีการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมช่วยยกระดับคุณภาพและผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ซึ่งได้แก่ ผลเลมอน ให้เป็นผลิตภัณฑ์ภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์ ผลการวิจัยพบว่า ผลเลมอน ซึ่งเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรในพื้นที่และเกษตรกรต้องการนำมาแปรรูป โดยคัดเลือกผลเลมอนที่ขนาดไม่เหมาะสมต่อการขายผลสดหรือมีราคาต่ำนำมาพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์จำนวน 2 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เลมอนกระจกและแยมมาร์มาเลตเลมอน โดยที่ผลิตภัณฑ์เลมอนกระจกได้รับการรับรองมาตรฐานอาหารปลอดภัยจังหวัดเลย มีขั้นตอนการแปรรูปที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผลิตภัณฑ์เลมอนกระจกที่พัฒนาได้มีคุณลักษณะทางกายภาพด้านค่าสีด้วยระบบสี L*a*b* มีค่าเท่ากับ 82.14 9.43 และ 53.21 ค่าความข้นหนืด 7.40±0.04 cm/90s คุณลักษณะทางเคมีด้านค่าความเป็นกรดด่าง 4.30 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 67 องศาบริกซ์ คุณภาพด้านจุลินทรีย์และอายุการเก็บรักษา ไม่พบเชื้ออีโคไลและโคลิฟอร์ม ยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนี มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ได้มากกว่า 28 วัน และทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เลมอนกระจกอยู่ระดับมากที่สุด นอกจากนี้กลุ่มได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ สำนักงานเกษตรจังหวัดเลยส่งเสริมให้เป็นศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร และสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเลยสนับสนุนให้ร่วมเป็นเครือข่ายพื้นที่ทำเมนูอาหารเป็นยา ทำให้เกิดรายได้จากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในระหว่างการดำเนินการวิจัยจำนวน 38,500 บาท

คำสำคัญ: เลมอนกระจก, แยมมาร์มาเลต, เศรษฐกิจสร้างสรรค์, การพัฒนาผลิตภัณฑ์

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย 42000

[2] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย 42000

[3] คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย 42000

[1] Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, Loei, 42000

[2] Faculty of Industrial Technology, Loei Rajabhat University, Loei, 42000

[3] Faculty of Education, Loei Rajabhat University, Loei, 42000

[*]Corresponding author: Sumransupawadee@gmail.con

Abstract

This research aims to develop products from lemons under the concept of the creative economy. Study the quality characteristics in terms of physical, chemical properties, and shelf life of lemon products, and test the sensory aspects of processed products from lemon fruits. In line with the development strategy of Loei Province, which emphasizes agricultural development according to the driving agenda of Loei Province (THAILOEI 4.0), promoting integrated and modern agriculture that utilizes technology and innovation to enhance the quality and yield of agricultural products in the area, including lemons, into products under the concept of the creative economy. The findings were as followings: the lemons was the agricultural raw materials in the area. was required by farmers for processing. Lemon was selected by unsuitable for fresh sale or low price in order to develop into 2 products: lemon glass and lemon marmalade. The lemon glass product has been certified for food safety standards. It has been an environment–friendly process method. The developed lemon glass product has physical characteristics with L*a*b* color values of 82.14, 9.43, and 53.21 respectively. and a viscosity of 7.40±0.04 cm/90s. The chemical properties showed a pH of 4.30 and a Total soluble solid content of 67^{0} Brix. Microbial Quality indicated that no detected indicate of E. coli and coliforms, with yeast and mold colonies Lower than 10 cfu/g. At room temperature, lemon glass has a shelf life of more than 28 days and consumer satisfaction testing showed a very high level of approval for the lemon glass product. Moreover, the farmer group received support from government agencies, including the Loei Provincial Agricultural Office, which promotes it as a learning center for improving agricultural product efficiency, and the Loei Provincial Health Office, which supports collaboration in creating medicinal food menus. Thus, it resulted in resulted in revenue of 38,500 baht from product sales during the research period.

Keywords: Lemon glass, marmalade jam, creative economy, Product development

บทนำ

จากยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดเลยที่ให้ความสำคัญกับการพัฒนาด้านการเกษตรตามวาระการขับเคลื่อนจังหวัดเลย (THAILOEI 4.0) Agriculture “ส่งเสริมการเกษตรแบบผสมผสานและทันสมัย โดยการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาใช้ในการยกระดับคุณภาพและผลผลิตทางการเกษตร มีการแปรรูปสินค้าภาคการเกษตรให้มีคุณภาพและมาตรฐาน พัฒนาและเพิ่มแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร ผลักดันการเกษตรให้เป็น Smart Farmer สร้างความเข้มแข็งให้กับสถาบันเกษตรกร สหกรณ์และกลุ่มเกษตรกร รวมทั้งมีเครือข่ายธุรกิจ มุ่งเน้นการส่งเสริมและการพัฒนาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมีการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและยั่งยืน ควบคู่ไปกับการน้อมนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาปรับใช้ในการดำเนินชีวิตเพื่อสร้างความมั่นคงและความปลอดภัยทางอาหารแก่ชาวเลย ชาวไทยและนานาประเทศ เนื่องจากจังหวัดเลยมีการผลิตพืชหลากหลายและต่อเนื่องตลอดปีส่งผลให้เกษตรกรมีการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชอย่างแพร่หลายทำให้เกิดผลกระทบกับตัวเกษตรกรผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมทำให้ส่งผลต่อระบบการเกษตรภายใต้มาตาฐานอาหารปลอดภัย และจากสถานการณ์ภัยคุกคามระบบอาหารที่เกิดขึ้นในพื้นที่จังหวัดเลย เครือข่ายภาคประชาสังคมจังหวัดเลยประกอบด้วย ข้าราชการ นักวิชาการเอกชน และประชาชน ได้เสนอประเด็นปัญหาการปนเปื้อนในระบบห่วงโซ่อาหารโดยคณะกรรมการการพัฒนาและขับเคลื่อนนโยบายสาธารณะแบบมีส่วนร่วมในจังหวัดเลย จัดทำนโยบายสาธารณะแบบมีส่วนร่วมทุกภาคส่วน โดยให้เหตุผลว่า แม้ว่าในปัจจุบันนี้จะมี

กฎหมายระเบียบของหน่วยงานต่างๆได้กำหนดมาตรฐานต่างๆ เพื่อเป็นเครื่องมือควบคุมกำกับควบคุมและดูแลให้มีอาหารปลอดภัยต่อการบริโภคของประชาชนอยู่แล้ว แต่เอกสารสิทธิ์ในที่ดินทำกินของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดเลยส่วนใหญ่เป็นข้อจำกัดในการรับรองมาตรฐานอาหารดังนั้นในปี พ.ศ. 2561 จังหวัดเลยทุกภาคส่วนได้ร่วมกันพิจารณาตัดสินใจกำหนดนโยบายสาธารณะแบบมีส่วนร่วมขึ้นมาเพื่อใช้ในการรับรองผลผลิตสถานที่ จัดจำหน่าย ร้านค้ารายย่อย สถานประกอบการอาหารในพื้นที่จังหวัดเลย ให้เป็นปลอดภัยจังหวัดเลย หรือ “Loei Safety Food” ที่เป็นมาตรฐานเฉพาะที่ผู้ผลิต ผู้ประกอบการและผู้บริโภค แต่การดำเนินมาตรฐานอาหารปลอดภัยที่ผ่านมาได้มีการประเมินผลกระทบด้านสุขภาวะ (HIA) พบว่า กลุ่มผู้บริโภคผลิตภัณฑ์อินทรีย์ที่ซื้อจากแหล่งจำหน่ายต่างๆจะเป็นผู้ที่มีรายได้ค่อนข้างสูง และเน้นการบริโภคเพื่อสุขภาพแต่ยังไม่รู้ช่องทางในการซื้อขายผลิตผลที่ได้จากแปลงเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่จังหวัดเลย พื้นที่ที่ปลูกผักอินทรีย์ส่วนใหญ่จะอยู่ห่างไกลจากชุมชนปัญหาการประชาสัมพันธ์ยังไม่เข้าถึงผู้บริโภค รวมถึงการขาดความรู้ของเกษตรกร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านโรคพืชและแมลง ผลผลิตที่จะได้ผลเฉลี่ยต่ำกว่าของผักทั่วไปและอีกทั้งยังต้องการการดูแลสูง ทำให้ค่าจ้างแรงงานในการทำการผลิตก็จะสูง มีการผลิตเพียงไม่กี่ชนิด ไม่มีความหลากหลายให้ผู้บริโภคได้เลือกรับประทานมากนัก นอกจากนี้ ยังมีปัญหาด้านการตลาดที่ขาดบุคลากรที่มีความสามารถในการจัดการด้านการตลาดให้มีประสิทธิภาพ รวมทั้งราคาสินค้าเกษตรอินทรีย์อยู่ในเกณฑ์สูง เมื่อเปรียบเทียบแล้วราคาสินค้าเกษตรอินทรีย์แพงกว่าสินค้าเกษตรทั่วไปเฉลี่ยประมาณร้อยละ 30 ทำให้ตลาดจำกัดอยู่เฉพาะกลุ่มผู้มีรายได้สูง ที่สำคัญยังขาดการส่งเสริมและพัฒนาการแปรรูปผลิตภัณฑ์และการบรรจุภัณฑ์อย่างเหมาะสม จากข้อมูลการประเมินผลกระทบด้านสุขภาวะดังกล่าว จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการดำเนินงานวิจัยเพื่อเป็นเครื่องมือในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากวัตถุดิบทางการเกษตร ทั้งนี้ จากการลงพื้นที่ ตำบลนาดินดำ อำเภอเมือง จังหวัดเลย พบว่ามีพืชและผลไม้ที่มีศักยภาพสูง ได้แก่ ผักเคลและผลเลมอน นักวิจัยจึงร่วมกับเกษตรกรเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้แนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์ โดยการเลือกผลเลมอนมาพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื่องจากมีผลผลิตปริมาณมากและคุณภาพดี เพื่อให้เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายมีรายได้จากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ หน่วยงานภาครัฐเข้ามาสนับสนุนด้านต่างๆ เพื่อเป็นการขับเคลื่อนนโยบายของจังหวัดอีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลเลมอนภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์

วิธีวิทยาการวิจัย

1) วิธีการวิจัย

1.1) วิธีการทำเลมอนกระจก

ขั้นตอนที่ 1 การดองเลมอน มีส่วนผสม ได้แก่ ผลเลมอนที่สุกเนื่องจากเปลือกจะไม่ขม เกลือ 250 กรัม น้ำ 1–2 ลิตร ขวดโหลหรือภาชนะที่มีฝาปิด โดยนำเลมอนมาล้างให้สะอาดแล้วหั่นเป็นแว่นไม่ให้หนาหรือบางมากจนเกินไป ไปต้มน้ำพอเดือดแล้วใส่เกลือลงไปพอเกลือละลายให้พักไว้ให้เย็น จากนั้นนำเลมอนที่หั่นไว้ใส่ในขวดโหลที่เตรียมไว้ ใส่น้ำเกลือที่เย็นแล้วพอท่วมเลมอนแล้วปิดฝาดองไว้ประมาณ 2–3 วัน จะใส่ในตู้เย็นหรือวางไว้ด้านนอกก็ได้ เป็นอันเสร็จขั้นตอนในขั้นตอนการดองเลมอนในน้ำเกลือ

ขั้นตอนที่ 2 การเชื่อมเลมอน ส่วนผสมและอุปกรณ์ ได้แก่ น้ำตาลทรายขาว 200 กรัม และน้ำ 1,000 มิลลิลิตร และตะแกรงไว้สำหรับพักเลมอนกระจก เมื่อเลมอนดองครบตามวันเวลาที่กำหนดแล้ว นำมาลวกผ่านน้ำร้อน แล้วพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ ใส่น้ำลงในกะทะหรือหม้อแล้วใส่น้ำตาลลงไป ไฟใช้เป็นไฟหรี่คือไฟอ่อน อัตราส่วนที่ใช้

น้ำเปล่ากับน้ำตาลจะเป็น 1:1 หากใช้เลมอนในปริมาณมากก็สามารถเพิ่มสัดส่วนได้ เมื่อน้ำตาลละลาย แล้วให้นำเลมอนที่พักไว้ลงไปเชื่อม ใช้ตะเกียบหรืออุปกรณ์ในครัวกดเลมอนให้โดนน้ำเชื่อมทุกส่วน เชื่อมด้วยไฟอ่อนประมาณ 30–40 นาที เชื่อมจนเลมอนเริ่มใสและน้ำเชื่อมเริ่มมีความหนืด จากนั้นปิดไฟ นำเลมอนที่ผ่านการต้มในน้ำเชื่อมแล้ววางทีละชิ้นบนตะแกรง จากนั้นนำเข้าตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 3–4 ชั่วโมง บรรจุในภาชนะที่ผ่านการฆ่าเชื้อหรือทำความสะอาดแล้ว จะทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้น

1.2) วิธีการทำแยมมาร์มาเลตเลมอน เป็นผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากการทำเลมอนกระจก เนื่องจากในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เลมอนกระจก มีส่วนของเปลือกเลมอนเหลือจำนวนหนึ่ง จากแนวคิดสร้างสรรสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เพื่อไม่ให้มีส่วนที่เหลือทิ้งอันจะสร้างขยะต่อไป และการนำเอาวัตถุดิบมูลค่าต่ำมาสร้างผลิตภัณฑ์ให้มูลค่าเพิ่ม ได้แก่ แยมมาร์มาเลตเลมอน มีส่วนผสม ได้แก่ เปลือกเลมอนหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ 500 กรัม น้ำมะนาว 30 มิลลิลิตร กรดซิตริก 1 กรัม น้ำ 1,500 มิลลิลิตร น้ำตาล 250 กรัม น้ำผึ้ง 100 มิลลิลิตร เพคติน 15 กรัม และเกลือเล็กน้อย โดยนำเปลือกเลมอน น้ำ น้ำตาล และน้ำผึ้งใส่หม้อเคี่ยวด้วยไฟกลางจนกระทั่งส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันดี จากนั้นปรับลดไฟลงเป็นไฟอ่อน เติมเกลือลงไป เคี่ยวต่อไปประมาณ 30 นาที แล้วจึงใส่เพคตินลงไปเคี่ยวต่อประมาณ 20 นาที จนส่วนผสมเหนียวข้น ปิดเตาและรอจนอุณหภูมิลดลง จากนั้นตักแยมใส่ขวดบรรจุที่ผ่านการฆ่าเชื้อหรือทำความสะอาดแล้ว

2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือในการเก็บข้อมูลการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

2.1) แบบสัมภาษณ์ เพื่อเก็บข้อมูลประเมินผลทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ทั้งก่อนและหลังการดำเนินงาน

2.2) แบบสอบถาม เพื่อเก็บข้อมูลการทดสอบตลาดของผลิตภัณฑ์จากเลมอนต้นแบบ

2.3) แบบบันทึกวัตถุดิบและขั้นตอนการผลิต เพื่อเก็บข้อมูลวัตถุดิบ อุปกรณ์ เครื่องมือในการผลิต

2.4) แบบประเมินผลด้านประสาทสัมผัส ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค โดยทดสอบคะแนนความชอบคุณลักษณะปรากฏ สี กลิ่น/รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยใช้แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 5– Point Hedonic Scale

2.5) การวัดคุณลักษณะทางกายภาพ ด้านค่าสีใช้วิธี CIE กำหนดค่า L*–a*–b*

2.6) การวัดคุณลักษณะทางเคมี ได้แก่ การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยวิธี Total soluble solids content, TSS โดยนำผลิตภัณฑ์ปริมาณ 50 g มาปั่นให้ละเอียดเติมน้ำ 200 ml จากนั้นปั่นต่อให้ละเอียด กรองเอาเฉพาะส่วนน้ำมาหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ด้วย เครื่อง Hand refractometer (ATAGO, ATC–1, Cat. No.2910) ซึ่งค่าที่อ่านได้จากเครื่องต้องนำมาคูณกลับด้วยค่าแฟคเตอร์การละลาย (Dilution factor) และการวัดค่าความเป็นกรดด่าง ด้วย pH meter

2.7) การตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์

3) การดำเนินกิจกรรม ประกอบด้วย 9 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 สนทนากลุ่มเพื่อศึกษาห่วงโซ่อุปทานของวัตถุดิบทางการเกษตรที่เพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ตำบลนาดินดำ อำเภอเมือง จังหวัดเลย และความต้องการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ รวมถึงสำรวจศักยภาพพื้นที่ วิเคราะห์และสังเคราะห์ตามแนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์

กิจกรรมที่ 2 พัฒนาผลิตภัณฑ์จากวัตถุดิบทางการเกษตรในพื้นที่ โดยใช้แนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบโดยผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมจากชุมชน

กิจกรรมที่ 3 พัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร โดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และทดสอบคุณลักษณะต่างๆ เช่น คุณลักษณะทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และการทดสอบด้านประสาทสัมผัส

กิจกรรมที่ 4 นำผลิตภัณฑ์ต้นแบบไปทดสอบด้านประสาทสัมผัสเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และนำผลการประเมินมาปรับปรุงหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึง วิเคราะห์ต้นทุนการผลิต และกำหนดราคาผลิตภัณฑ์

กิจกรรมที่ 5 การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีและองค์ความรู้ในการจัดทำผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ใช้วัตถุดิบทางการเกษตรในพื้นที่ให้แก่ชุมชน

กิจกรรมที่ 6 นำเสนอนิทรรศการและจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์โดยร่วมมือกับหน่วยงานภาครัฐหรือเอกชน เพื่อสร้างกระแสการตลาดและรายได้

กิจกรรมที่ 7 เสริมสร้างศักยภาพผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยการยื่นขอการรับรองมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ ได้แก่ การรับรองอาหารปลอดภัยจังหวัดเลย

กิจกรรมที่ 8 สำรวจสภาพเศรษฐกิจและสังคมของกลุ่มเป้าหมายเพื่อประเมินรายได้หลังจากการดำเนินงาน

กิจกรรมที่ 9 สรุปงานวิจัย จัดทำรายงาน และคืนข้อมูลให้ชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อรับทราบ

4) การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติดังต่อไปนี้

4.1) ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม และวิเคราะห์ความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ได้จากวัตถุดิบทางการเกษตรในพื้นที่

5) สถานที่ในการวิจัย พื้นที่ทำการวิจัย ได้แก่ พื้นที่การเกษตรอินทรีย์และเกษตรปลอดภัย ตำบลนาดินดำ อำเภอเมือง จังหวัดเลย และอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ผลการวิจัย

จากการสนทนากลุ่มร่วมกับชุมชนการเกษตรอินทรีย์และเกษตรปลอดภัย ตำบลนาดินดำ อำเภอเมือง จังหวัดเลย มีความต้องการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ รวมถึงสำรวจศักยภาพพื้นที่ วิเคราะห์และสังเคราะห์ตามแนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์ พบว่า เลมอน เป็นผลผลิตที่ชุมชนในพื้นที่เป้าหมายปลูกได้ดีและไม่ใช้สารเคมี มีการจำหน่ายผลสด รวมถึงนำมาเป็นส่วนประกอบในการทำอาหารรองรับนักท่องเที่ยวนั้น แต่ผลเลมอนบางส่วนที่มีตำหนิเล็กน้อย อีกทั้งบางช่วงมีผลผลิตมาก ได้ข้อสรุปว่า น่าจะมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีความแตกต่างโดยใช้วัตถุดิบเลมอนมาทำเป็นเลมอนกระจก และนำส่วนที่เหลือจากผลิตภัณฑ์เลมอนกระทำเป็นแยมมาร์มาเลตเลมอนให้เป็นผลิตภัณฑ์เพิ่มเติม อีกทั้งมีการเก็บรักษาที่ยาวนานเหมาะกับการนำเป็นของซื้อฝากและสามารถจำหน่ายได้ในต่างจังหวัด เนื่องจากสมาชิกบางรายได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐและเอกชนให้ไปร่วมจำหน่ายสินค้าเป็นประจำ

จากการดำเนินพัฒนาผลิตภัณฑ์ พบว่า ได้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัตถุดิบทางการเกษตรในท้องถิ่นที่มีการปลูกแบบปลอดสารเคมีและมีลักษณะโดดเด่น รวมถึงปริมาณเพียงพอต่อการนำไปต่อยอดพัฒนาผลิตเชิงพาณิชย์ ได้แก่ เลมอนกระจกและแยมมาร์มาเลตเลมอน โดยชุมชนมีส่วนร่วมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และได้องค์ความรู้จากการเพื่อนำไปต่อยอดเชิงพาณิชย์ที่สามารถมีมาตรฐานผลิตภัณฑ์ เพื่อการยอมรับและเป็นช่องทางการตลาด เมื่อทดสอบการยอมรับ

ของผู้บริโภคด้านประสาทสัมผัส แสดงในตารางที่ 1 พบว่า คะแนนความชอบโดยเฉลี่ยในคุณลักษณะต่างๆ ก็มีคะแนนความชอบมาก

ตารางที่ 1 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น/รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
เลมอนกระจก	4.74±0.14	4.86±0.28	4.70±0.11	4.76±0.14
แยมมาร์มาเลตเลมอน	4.54±0.21	4.81±0.24	4.70±0.11	4.78±0.17

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากเลมอนทั้ง 2 ชนิด โดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 50 คน โดยมีระดับความชอบเฉลี่ย 1.00–2.00 ชอบน้อยที่สุด 2.01–2.90 ชอบน้อย 2.91–3.90 ชอบปานกลาง 3.91–4.50 ชอบมาก 4.51–5.00 ชอบมากที่สุด พบว่า คะแนนความชอบโดยเฉลี่ยในคุณลักษณะต่างๆ มีคะแนนความชอบในระดับมากที่สุด

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	คุณลักษณะทางกายภาพ			คุณลักษณะทางเคมี	
	L*	a*	b*	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix)	pH
เลมอนกระจก	82.14	9.43	5.21	67	4.30
แยมมาร์มาเลตเลมอน	41.62	6.11	8.43	70.4	3.22

จากตารางที่ 2 การวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์จากเลมอน พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าสีระบบ L* a* b* เลมอนกระจก มีค่า L*a*b* 82.14, 9.43 และ 5.21 ส่วนแยมมาร์มาแลทเลมอน มีค่า L*a*b* 41.62, 6.11 และ 8.43 ตามลำดับ

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (AOAC, 1999) ของเลมอนกระจก มีค่า 67 องศาบริกซ์ และแยมมาร์มาเลตเลมอน มีค่า 70.4 องศาบริกซ์ ค่าความเป็นกรดด่างหรือ pH ของเลมอนกระจกและแยมมาร์มาเลตเลมอน พบว่า ค่า pH เท่ากับ 4.30 และ 3.22

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านจุลินทรีย์

ผลิตภัณฑ์	คุณภาพด้านจุลินทรีย์ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา	
	อีโคไลและโคลิฟอร์ม	Yeasts/Molds (CFU/g)
เลมอนกระจก	> 1×10^4	nd
แยมมาร์มาเลตเลมอน	>25	nd

หมายเหตุ : nd หมายถึง not detected

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านจุลินทรีย์ (AOAC, 2005) ที่ตรวจสอบในวันที่ 28 ของการเก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบว่า ผลิตภัณฑ์จากผลเลมอนทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เลมอนกระจก และแยมมาร์มาเลตเลมอน ตรวจไม่พบเชื้ออีโคไลและโคลิฟอร์ม ยีสต์และรา มีค่าน้อยกว่า 10 โคโลนี แสดงว่าผลิตภัณฑ์จากผลเลมอนทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้มากกว่า 28 วัน

สรุปผลและอธิปรายผล

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลเลมอนภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์ ได้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัตถุดิบทางการเกษตรในท้องถิ่นที่มีการปลูกแบบปลอดสารเคมีและมีลักษณะโดดเด่น รวมถึงปริมาณเพียงพอต่อการนำไปต่อยอดพัฒนาผลิตเชิงพาณิชย์ 2 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เลมอนกระจก และแยมมาร์มาเลตเลมอน โดยชุมชนมีส่วนร่วมในการพัฒนาสินค้าที่มีมาตรฐานผลิตภัณฑ์ โดยคะแนนความชอบโดยเฉลี่ยในคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด มีคะแนนความชอบในระดับสูงมาก

ผลการวิเคราะห์ค่าสี L*a*b* ของผลิตภัณฑ์จากผลเลมอน พบว่า เลมอนกระจาก มีค่า L*a*b* เท่ากับ 82.14, 9.43 และ 5.21 ส่วนแยมมาร์มาแลทเลมอน มีค่า L*a*b* เท่ากับ 41.62, 6.11 และ 8.43 ตามลำดับ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เลมอนกระจกเป็นสีเหลืองซึ่งเป็นสีธรรมชาติของผลเลมอน สีของผลเลมอนเกิดจากรงควัตถุประเภท Gamboge ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเหลือง ส่งผลต่อค่า L*a*b* ของผลิตภัณฑ์ (นุชเนตร ตาเย๊ะ และคณะ,2562) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเลมอนกระจกมีค่า 67 และแยมมาร์มาเลตเลมอน มีค่า 70.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลิตภัณฑ์นั้นส่งผลต่อความแข็งแรงของเจล จากข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข (2543) ต้องมีปริมาณของสารที่ละลายได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของน้ำหนัก สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง pH ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด พบว่า ค่า pH เท่ากับ 4.30 และ 3.22 ซึ่งอาหารที่มีค่า pH ต่ำกว่า 4.6 สามารถป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารจากจุลินทรีย์ได้ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547) โดยค่า pH ของผลิตภัณฑ์อาหารมีบทบาทสำคัญในการแปรรูปอาหารด้วยความร้อน เนื่องจากค่า pH เป็นปัจจัยที่ทำให้ความสามารถในการทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นหรือลดลงซึ่งจะมีผลต่อปริมาณความร้อนที่ต้องการใช้ในการทำลายจุลินทรีย์และการยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ โดยสามารถแบ่งกลุ่มของผลิตภัณฑ์อาหารตามค่า pH ได้เป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (low acid food) มีค่า pH สูงกว่า 5.3 กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดปานกลาง (medium acid food) มีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.5–5.3 กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดสูง (acid food) มีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.7–4.5 และกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดสูงมาก (high acid food) มีค่า pH ต่ำกว่า 3.7 (วิภาดา มุนินทร์นพมาศ, 2554) แยมเป็นอาหารกึ่งแห้งและมีกรดสูงโดยมีค่า pH ระหว่าง 2.8–3.5 (กันยารัตน์ บรรจงแจ่ม, 2552)

การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ที่ตรวจสอบในวันที่ 28 ของการเก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบว่า คุณภาพด้านจุลินทรีย์และอายุการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์จากผลเลมอนทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เลมอนกระจกและแยมมาร์มาเลตเลมอน ไม่พบเชื้ออีโคไลและโคลิฟอร์ม ยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนี มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้มากกว่า 28 วัน ตามที่ข้อกำหนดว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนี/ตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนี/ตัวอย่าง 1 กรัม ดังนั้น ผลิตภัณฑ์จึงมีคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยที่สอดคล้องกับ pH ของผลิตภัณฑ์ จากผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของแยมมาร์มาเลตเลมอน เป็นไปตามข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 213

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลเลมอนภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์ เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเชิงพื้นที่ เรื่อง การเพิ่มมูลค่าและการสร้างช่องทางการตลาดเกษตรอินทรีย์ภายใต้มาตรฐานอาหารปลอดภัยจังหวัดเลย ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปี พ.ศ.2566 ขอขอบคุณชุมชนเป้าหมายที่ร่วมคิด ร่วมทำ ร่วมแก้ไขปัญหา แม้เกิดอุปสรรคยังพยายามมุ่งมั่นไปด้วยกันพร้อมรอยยิ้มและไมตรีจิต

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ กรมอนามัย. (2543). **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ใน ภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ฉบับที่ 213**. กรุงเทพฯ : กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

นุชเนตร ตาเย๊ะ ต่วนนัจวา ต่วนกาจิ และฮานาน อาลี. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาลท้องถิ่นจากแยมส้มแขกแคลอรี่ต่ำ. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม–ธันวาคม 2562.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). **แยม มผช. 342/2547 เล่มที่ 121.** กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 12 เมษายน 2566, จาก : http://www.acfs.go.th/halal/general.php.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ. (2554). **หลักการถนอมและแปรรูปอาหาร.** ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

AOAC (1999). **Official methods of analysis**. (16th Edition). Washington DC.: Association of Official Analytical Chemists.

AOAC (2005). **Official method of analysis.** (18th Edition). Washington DC.: Association of Official Analytical Chemists.

การเตรียมผ้าฝ้ายไม่ชอบน้ำโดยการดัดแปรพื้นผิวด้วยเถ้าลอยและไตรเอทอกซีไวนิลไซเลน

Preparation of hydrophobic cotton fabrics by surface modification with fly ash and triethoxyvinylsilane

วราพร ชื่นสุวรรณ์[1], ปณิฐตรา ปฏิญญาบัณฑิต[1], กนกอร สายบรรดิษ[1], กัลยา จำปาทอง[1], พัทธมน จันทิวาสน์[2] และ ศันศนีย์ คำบุญชู[2*]

Waraporn Cheunsuwan[1], Panittra Patinyabandit[1], Kanok-orn Saibandit[1] Kanlaya Jumpatong[1], Phattamon Jantivas[2] and Sunsanee Komboonchoo[2*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมผ้าฝ้ายที่ไม่ชอบน้ำโดยการดัดแปรพื้นผิวด้วยเถ้าลอยและไตรเอทอกซีไวนิลไซเลน ได้ศึกษาสัณฐานวิทยาของเถ้าลอยและผ้าฝ้ายเคลือบเถ้าลอย มุมสัมผัสของน้ำ สมบัติการแยกของผสมน้ำมัน-น้ำ และสมบัติการต้านทานรังสียูวี พบว่าขนาดอนุภาคของเถ้าลอยจะลดลงเมื่อเวลาบดเถ้าลอยนานขึ้น โดยมีขนาดอนุภาคเฉลี่ย (D[4,3]) 36.51, 27.76 และ 11.86 ไมโครเมตร เมื่อทำการบดที่ 0, 5 และ 25 ชั่วโมง ตามลำดับ จากนั้นนำเถ้าลอยไปเคลือบบนผ้าฝ้ายด้วยวิธีบีบอัดโดยใช้และไม่ใช้ไตรเอทอกซีไวนิลไซเลน มุมสัมผัสน้ำบนผ้าที่เคลือบด้วยเถ้าลอยที่บดด้วยเวลา 0, 5 และ 25 ชั่วโมง มีค่า 136°, 135° และ 142° ตามลำดับ ผ้าฝ้ายเคลือบเถ้าลอยและไตรเอทอกซีไวนิลไซเลนแสดงสมบัติการแยกของผสมน้ำมัน-น้ำ โดยมีประสิทธิภาพการกรองโทลูอีนและคลอโรฟอร์ม 84.15% และ 83.58% ตามลำดับ และมีความสามารถในการป้องกันรังสียูวีได้อย่างดีเยี่ยม การทดสอบความคงทนของสมบัติการไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้ายเคลือบเถ้าลอยและไตรเอทอกซีไวนิลไซเลนพบว่าตัวอย่างมีความคงทนต่อการขัดถูและแสงได้ดี ค่ามุมสัมผัสน้ำลดลงเล็กน้อย แต่ไม่ทนต่อการซักและสารเคมี

คำสำคัญ: เถ้าลอย, ผ้าฝ้าย, สมบัติไม่ชอบน้ำ, การแยกน้ำมัน-น้ำ

[1] สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[2] ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[1] Department of Chemistry, School of Science, University of Phayao, Phayao, 56000

[2] Department of Industrial Chemistry, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

*Corresponding author: sunsanee.k@cmu.ac.th

Abstract

This research studied the preparation of hydrophobic cotton fabrics by surface modification with fly ash and triethoxyvinylsilane. The morphology of fly ash and the coated cotton fabrics, along with their contact angle, water/oil separation, and UV protection properties were examined. The results revealed that increasing milling times led to smaller fly ash particle sizes. The average fly ash particle sizes (D[4,3]) were 36.51, 27.76, and 11.86 μm for milling times of 0, 5, and 25 hours, respectively. Fly ash, with and without triethoxyvinylsilane, was coated on cotton fabrics using padding method. The contact angles of coated fabric were 136°, 135°, and 142° for milling times of 0, 5, and 25 hours, respectively. The fly ash/ triethoxyvinylsilane –coated cotton fabric demonstrated effective water/oil separation, with oil filtration efficiencies of 84.15% for toluene and 83.58% chloroform. Additionally, the samples exhibited excellent UV protection. The hydrophobicity of fly ash/ triethoxyvinylsilane –coated cotton fabrics was tested for durability in various environmental conditions. It was observed that fly ash/ triethoxyvinylsilane –coated cotton showed good durability against mechanical abrasion and light with a slight decrease in contact angle. However, the hydrophobic properties of fabrics were lost after washing and chemical durability tests.

Keywords: Fly ash, Cotton fabric, Hydrophobicity, Oil–water separation

บทนำ

ในอดีตสิ่งทอหรือเครื่องนุ่งห่ม จัดเป็น 1 ในปัจจัย 4 ที่มนุษย์ต้องการ แต่ในปัจจุบันอุตสาหกรรมสิ่งทอมีการพัฒนา จึงไม่ได้จำกัดเพียงเครื่องนุ่งห่มเพียงอย่างเดียวอีกต่อไปแล้ว สิ่งทอถูกใช้ในงานหลากหลายประเภทมาก เช่น สิ่งทอทางการเกษตร สิ่งทอทางการก่อสร้าง สิ่งทอทางอุตสาหกรรม สิ่งทอสำหรับยานยนต์ สิ่งทอสำหรับใช้ในการกีฬาและกิจกรรมนันทนาการ สิ่งทอสำหรับป้องกัน และสิ่งทอสำหรับใช้ในครัวเรือน เป็นต้น

สิ่งทอที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องจากความต้องการของสิ่งทอป้องกันสารผ่าน สิ่งทอสะท้อนน้ำ สิ่งทอทำความสะอาดตัวเอง และอุปกรณ์ที่ใช้กลางแจ้ง มีมากขึ้น รวมถึงการเป็นตัวกลางกรองแยกการปนเปื้อนน้ำมันและน้ำ [1,2] สมบัติไม่ชอบน้ำเกิดจากการรวมตัวกันของกลุ่มหรือโมเลกุลที่ไม่มีขั้วในสภาพแวดล้อมที่เป็นน้ำ ซึ่งเกิดจากแนวโน้มของน้ำที่จะไม่รวมโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว หรืออาจจะเรียกว่าไฮโดรโฟบิกโมเลกุล ทำให้เกิดพื้นผิวที่ไม่ชอบน้ำ โดยการเกิดพื้นผิวที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำต้องมีสององค์ประกอบหลักคือ คือพื้นผิวขรุขระและพลังงานพื้นผิวของวัสดุที่ต่ำ การตกแต่งสำเร็จด้วยวัสดุที่ทำให้พื้นผิวของผิวขรุขระและพลังงานพื้นผิวของวัสดุที่ต่ำ เช่น การเคลือบผ้าด้วยวัสดุนาโน หรือสารออร์แกโนไซเลน จะทำให้พื้นผิวผ้าเกิดปรากฏการณ์น้ำกลิ้งบนใบบัว ส่งผลให้เกิดสมบัติไม่ชอบน้ำ [3,4]

ปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้ถ่านหินหรือถ่านลิกไนต์ผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งกระบวนการเผาไหม้ของถ่านหินหรือลิกไนต์ทำให้เกิดเถ้าลอย ทุกปีจะมีเถ้าลอยปริมาณมากถึง 25 ล้านตัน/ปี ซึ่งมีส่วนประกอบของโลหะหนัก เมื่อหายใจเข้าไปในปริมาณมากจะก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจและความผิดปกติทางประสาท นอกจากการกำจัดเถ้าลอยอย่างปลอดภัยแล้ว การนำกลับมาใช้ใหม่ก็เป็นอีกแนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต เถ้าลอยมีลักษณะทั่วไปเป็นรูปทรงกลม มีขนาดตั้งแต่เล็กกว่า 1–150 ไมโครเมตร ความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 2.00–2.60 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ ซิลิกา (SiO_2) อลูมินา (Al_2O_3) และ เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) โดยอัตราส่วน

ของออกไซด์ทั้ง 3 ชนิดจะแปรเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ สภาพแวดล้อมขณะเผา และชนิดของถ่านหินที่ใช้เผา [5] นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าอนุภาคเถ้าลอยสามารถสร้างความขรุขระระดับไมโครและนาโนบนผิวของเส้นใย และยังสามารถยึดเกาะบนพื้นผิวเส้นใยฝ้ายได้ดีเนื่องจากกลุ่มไฮดรอกซิล [1]

ออร์แกโนไซเลน เป็นสารประสานที่นิยมใช้กันมากในการปรับปรุงพื้นผิวให้มีสมบัติไม่ชอบน้ำ สูตรทั่วไปคือ $R-(CH_2)Si-X_3$ โดยหมู่ X เป็นสารอินทรีย์ที่เชื่อมกับอะตอมซิลิกอน เช่น อัลคอกซี ฮาโลเจนหรือเอมีน สารออร์แกนโนไซเลน ส่วนใหญ่ที่นิยมใช้หมู่ X เป็นพวกหมู่อัลคอกซีพวกเมทอกซี ($-OCH_3$) และเอทอกซี ($-OC_2H_5$) จะเข้าทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและปฏิกิริยาควบแน่นเกิดพันธะไซลอกเซน ปฏิกิริยาออร์แกโนไซเลน เริ่มจากไฮโดรไลซิสของหมู่อัลคอกซีถูกไฮโดรไลซ์เป็นหมู่ไซลานอล (Si–OH) ต่อจากนั้นหมู่ไซลานอลเข้าทำปฏิกิริยาควบแน่นกันเองและเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแล้วหลังจากนั้นทำการระเหยตัวทำละลายออกไปจะเกิดพันธะโควาเลนต์คือพันธะไซลอกเซน (Si–O–Si) ในขณะเดียวกันหมู่อัลคิลจะหันออกสู่ภายนอกแล้วแสดงสมบัติไม่ชอบน้ำ [6]

งานวิจัยนี้จึงสนใจนำเถ้าลอยที่เกิดจากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้ามาใช้ให้เกิดประโยชน์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยนำมาศึกษาลักษณะเฉพาะ กระบวนการและสภาวะที่เหมาะสมในการเคลือบบนผ้าฝ้าย โดยใช้ร่วมกับไตรเอทอกซีไวนิลไซเลนซึ่งเป็นนอนฟลูออโรไซเลน (Nonfluorinated silane) ที่สามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของวัสดุที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำ [2] เพื่อผลิตสิ่งทอที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำสำหรับใช้เป็นตัวกลางกรองแยกการปนเปื้อนน้ำมันและน้ำ รวมถึงศึกษาสมบัติการป้องกันรังสียูวีเพื่อการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาเตรียมผ้าฝ้ายที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำ ด้วยการเพิ่มความขรุขระและเพิ่มสมบัติการไม่ชอบน้ำของพื้นผิวสิ่งทอด้วยเถ้าลอยและไตรเอทอกซีไวนิลไซเลน

2. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติพิเศษของผ้าฝ้ายเคลือบด้วยเถ้าลอยและไตรเอทอกซีไวนิลไซเลน

วิธีวิทยาการวิจัย

1. วัสดุและอุปกรณ์

เถ้าลอยที่ใช้ในการเคลือบผ้าฝ้ายได้มาจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ.ลำปาง ผ้าฝ้ายเกรดการค้าซื้อจากร้านรินลญา ตลาดวโรรส จ.เชียงใหม่ สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการเคลือบผ้าได้แก่ ไตรเอทอกซีไวนิลไซเลน (Triethoxyvinylsilane, VTES) เกรดวิเคราะห์จาก Sigma–Aldrich กรดไฮโดรคลอริก 37% (Hydrochloric acid) เกรดวิเคราะห์จาก Lab–Scan การทดสอบการแยกน้ำมันในน้ำใช้สารเคมีที่มีความหนาแน่นต่างกันได้แก่ คลอโรฟอร์ม (Chloroform) เกรดวิเคราะห์จาก Lab–Scan และ โทลูอีน (Toluene) เกรดวิเคราะห์จาก Lab–Scan

การบดเถ้าลอยใช้เครื่องบดแบบลูกบอล (Ball mill) ของ FAC THAILAND กระจายอนุภาคของเถ้าลอยด้วยเครื่องอัลตราโซนิก (Ultrasonic bath) รุ่น S 30 H Elmasonic ของ Elma Electronic Inc. เคลือบเถ้าลอยบนผ้าด้วยเครื่องจุ่มบีบอัดสารเคมี (Pad mangle machine) รุ่น PB–0 ของ Labtec และอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Drying chamber) รุ่น P16A/121A0 ของ BINDER จากนั้นวิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาค สัณฐานวิทยา การป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต และมุมสัมผัสน้ำด้วย เครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยการเลี้ยวเบนของเลเซอร์ (Particle size analyzer) รุ่น Mastersizer S ของ Malvern Instruments Limited กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) รุ่น JSM–IT300 ของ JEOL เครื่องวัดการดูดกลืนแสงชนิดแบบอัลตราไวโอเลตและแบบแสง

มองเห็น (UV–Visible Spectrophotometer) และเครื่องวัดมุมสัมผัสน้ำ (Optical contact angle meter) รุ่น SL250 ของ Kino ตามลำดับ

2. การทำความสะอาดผ้าฝ้าย

เตรียมสารละลายสำหรับทำความสะอาดผ้าโดยผสมเกล็ดสบู่กับโซเดียมคาร์บอเนตและน้ำ ตามอัตราส่วนดังนี้ น้ำ 500 mL : ผ้าฝ้าย 50 g : โซเดียมคาร์บอเนต 1 g : สบู่ 5 g แล้วนำมาต้มจนสารละลายใส ใส่ผ้าฝ้ายที่ต้องการทำความสะอาดลงไปต้มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำผ้าฝ้ายขึ้น แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดจนกว่าจะแน่ใจว่าล้างสารละลายสำหรับทำความสะอาดออกหมดบิดให้หมาด นำผ้าฝ้ายตากในที่ร่มและผึ่งลมให้แห้ง

3. การเตรียมเถ้าลอย

นำเถ้าลอยที่ยังไม่ผ่านการบดและเม็ดบดใส่ในเครื่องบดแบบลูกบอลในอัตราส่วน เถ้าลอย 200 g : เม็ดบด 50 ลูก ทำการบดที่เวลา 5 และ 25 ชั่วโมง จากนั้นศึกษาสัณฐานวิทยาของเถ้าลอยที่ไม่ผ่านการบดและบดที่เวลาต่างๆด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และศึกษาการกระจายขนาดอนุภาคด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยการเลี้ยวเบนของเลเซอร์ โดยใช้น้ำปราศจากไอออนเป็นตัวกลางที่ใช้กระจายอนุภาค และใช้ค่า Refractive index ที่ 1.5440 เพื่อคำนวณขนาดอนุภาค

4. การเตรียมผ้าฝ้ายที่เคลือบเถ้าลอย

เตรียมสารแขวนลอยเถ้าลอยความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยมวล และใช้อัตราส่วนของน้ำหนักผ้าฝ้ายต่อสารแขวนลอยเถ้าลอย (Liquor ratio, LR) คือ 1:30 นำสารแขวนลอยเถ้าลอยที่เตรียมได้ไปทำการอัลตราโซนิก 15 นาที นำผ้าฝ้ายที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วไปจุ่มแช่เป็นเวลา 1 นาที และนำผ้าฝ้ายที่ถูกจุ่มในสารแขวนลอยเถ้าลอยไปเข้าเครื่องบีบอัด โดยใช้ความดัน 1 kg/cm^2 นำผ้าที่ออกจากเครื่องบีบอัดไปอบให้แห้ง โดยใช้อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำผ้าที่แห้งไปอบต่อที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 3 นาที

5. การเตรียมผ้าฝ้ายที่เคลือบเถ้าลอยที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำ

เตรียมสารละลายไตรเอทอกซีไวนิลไซเลนด้วยอัตราส่วนไตรเอทอกซีไวนิลไซเลน 6 ml : น้ำกลั่น 50 ml ปรับ pH ของสารละลายด้วยกรดอะซิติก ให้ได้ค่า pH ในช่วง 3–4 กวนสารละลายด้วยเครื่องกวนสารด้วยแท่งแม่เหล็กที่อุณหภูมิห้อง จุ่มแช่ผ้าฝ้ายที่เคลือบเถ้าลอยในสารละลายที่เตรียมไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำผ้าฝ้ายไปอบที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

6. การศึกษาลักษณะเฉพาะของผ้าฝ้ายเคลือบเถ้าลอย

6.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายที่ผ่านการเคลือบเถ้าลอยในสภาวะต่างๆ

นำผ้าฝ้ายที่ผ่านการเคลือบเถ้าลอยในสภาวะต่างๆ ไปศึกษาลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยพื้นผิวของผ้าตัวอย่างต้องมีการฉาบทองด้วยเครื่องฉาบวัสดุ เพื่อให้ตัวอย่างเกิดการนำไฟฟ้าก่อนการวิเคราะห์

6.2 สมบัติไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้ายเคลือบเถ้าลอยในสภาวะต่างๆ

สมบัติไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้ายเคลือบเถ้าลอยในสภาวะต่างๆวิเคราะห์ด้วยการวัดค่ามุมสัมผัสระหว่างของเหลวและของแข็ง นำผ้าตัวอย่างขนาด 0.5 cm x 4 cm วางบนแท่นทดสอบของเครื่องวัดมุมสัมผัสน้ำ หยดน้ำกลั่นด้วยเครื่องทดสอบจะทำการหยดน้ำกลั่นครั้งละ 0.5 µl ลงบนตัวอย่างที่เตรียมไว้ ใช้โปรแกรมวัดค่ามุมสัมผัสน้ำบันทึกและวิเคราะห์ผล

6.3 สมบัติการแยกของผสมน้ำมัน–น้ำ

การศึกษาการแยกของผสมน้ำมัน–น้ำ โดยน้ำมันในการทดลองนี้ หมายถึง สารประกอบที่ไม่มีขั้ว ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้โทลูอีนและคลอโรฟอร์ม โดยทดลองในพื้นที่ปิดและมีการควบคุมอุณหภูมิ มีการทดสอบดังนี้

(ก) การทดสอบการดูดซับน้ำมัน

เตรียมน้ำกลั่น 100 ml จากนั้นหยดน้ำมัน (โทลูอีนหรือคลอโรฟอร์มที่ถูกย้อมสีเพื่อให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนเมื่อเกิดการแยกชั้น) 3–4 หยดลงในน้ำ นำผ้าตัวอย่างขนาด 2 cm x 4 cm จุ่มในของผสมน้ำมัน–น้ำ เป็นเวลา 5 วินาที แล้วชั่งน้ำหนักทันที สังเกตผลการดูดซับน้ำมันและบันทึกผล

(ข) การทดสอบการกรองน้ำมัน

เตรียมผ้าที่ต้องการทดสอบขนาด 7 cm x 7 cm นำผ้าที่ต้องการทดสอบมัดกับปากขวดรูปชมพู่ จากนั้นเตรียมของผสมน้ำมัน (โทลูอีนหรือคลอโรฟอร์ม) และน้ำที่อัตราส่วน 1:1 ให้มีปริมาตรรวม 100 ml เทของผสมโทลูอีน–น้ำลงบนขวดรูปชมพู่ที่มีผ้ากรองรองอยู่ บันทึกน้ำหนักน้ำมันที่ดูดซับได้ แล้วนำไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการกรองน้ำมัน ดังสมการ 1

$$Q = \frac{W_t}{W_i} \times 100 \qquad (1)$$

โดยที่ Q คือ ประสิทธิภาพการกรองน้ำมัน W_t คือ น้ำหนักน้ำมันที่ดูดซับได้หลังการทดสอบ และ W_i คือ น้ำหนักน้ำมันที่ทำการทดสอบ

6.4 สมบัติการป้องกันรังสียูวี

ทดสอบสมบัติในการป้องกันรังสียูวีของตัวอย่างผ้าฝ้ายตามมาตรฐานการทดสอบ AATCC 183:2014 โดยค่าความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet Protection Factor, UPF) สามารถคำนวณได้จากค่าการส่องผ่านของรังสียูวี (Transmittance) ในช่วงความยาวคลื่น 280–400 nm

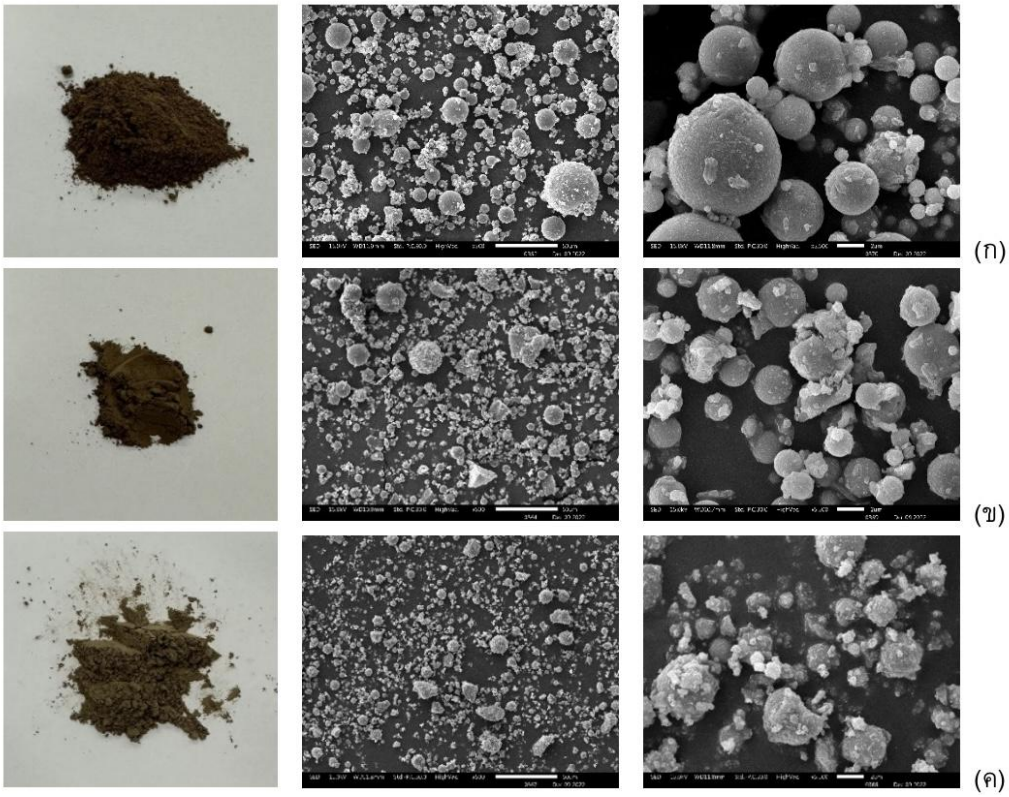
6.5 ความคงทนของสมบัติความไม่ชอบน้ำ

การทดสอบความคงทนของสมบัติความไม่ชอบน้ำได้ทดสอบความคงทนต่อการขัดถู โดยขัดผ้าตัวอย่างด้วยกระดาษทราย 20 ครั้ง ทดสอบความคงทนต่อการซัก โดยแช่ผ้าตัวอย่างในสารซักล้างมาตรฐาน ทำการทดสอบในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 45 นาที ทำการทดสอบ 5 ครั้ง แล้วนำมาล้างสารซักล้างออกแล้วนำไปตากให้แห้ง การทดสอบความคงทนต่อแสง โดยนำผ้าทดสอบไปเข้าเครื่องฉายแสง D65 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง การทดสอบความคงทนต่อสารเคมี โดยเตรียมสารละลายน้ำให้มี pH ประมาณ 1 และ 13 โดยใช้กรดไฮโดรคลอลิกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับ pH นำผ้าทดสอบแช่ในสารละลายที่เตรียมไว้ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาตากให้แห้ง จากนั้นนำผ้าที่ผ่านการทดสอบที่สภาวะต่างๆไปค่ามุมสัมผัสน้ำ

ผลการศึกษา

1. การเตรียมเถ้าลอย

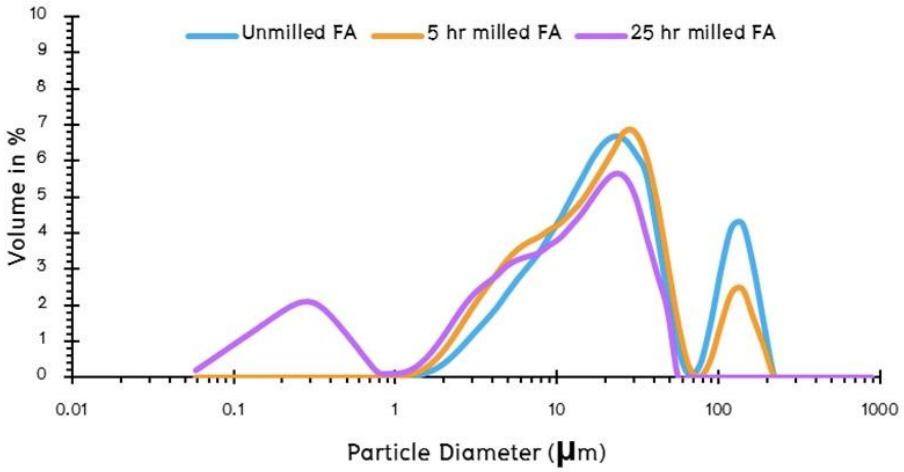
การเตรียมเถ้าลอยได้ศึกษาเวลาที่ใช้ในการบดด้วยเครื่องบดแบบลูกบอล ที่ 0 5 และ 25 ชั่วโมง แล้วนำไปได้ศึกษาสัณฐานวิทยาของอนุภาคเถ้าลอยทั้ง 3 ตัวอย่าง ซึ่งได้ศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) ที่กำลังขยาย 500 และ 5,500 เท่า ได้ผลดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายของอนุภาคเถ้าลอยที่ผ่านการบดที่เวลาต่าง ๆ
(ก) 0 ชั่วโมง (ข) 5 ชั่วโมง (ค) 25 ชั่วโมง

ภาพถ่ายของเถ้าลอยทั้ง 3 ขนาด พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน กล่าวคือ อนุภาคเถ้าลอยทั้ง 3 ขนาด มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีน้ำตาลเข้มเหมือนกัน ไม่สามารถสังเกตความแตกต่างของขนาดได้ ในกรณีภาพถ่ายจาก SEM พบว่าเถ้าลอยที่ยังไม่ผ่านการบด ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเม็ดกลม ผิวเรียบ มีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ จากภาพถ่าย SEM เถ้าลอยมีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 2.40 ± 1.23 μm เถ้าลอยที่ผ่านการบด 5 ชั่วโมงจะเห็นว่ามีขนาดเล็กลง อนุภาคมีรูปร่างเป็นทั้งทรงกลมและเป็นแผ่นรูปร่างไม่แน่นอน จากภาพถ่าย SEM อนุภาคมีขนาดเฉลี่ย 1.74 ± 0.39 μm กรณีอนุภาคเถ้าลอยที่ผ่านการบด 25 ชั่วโมง จะเห็นว่าอนุภาคเล็กลงกว่าเดิมมาก ความกลมของอนุภาคลดลง มีอนุภาคเป็นแผ่นที่มีรูปร่างไม่แน่นอนเพิ่มขึ้น จากภาพถ่าย SEM ขนาดเฉลี่ยของอนุภาคเถ้าลอยที่บด 25 ชั่วโมงคือ 1.03 ± 0.44 μm

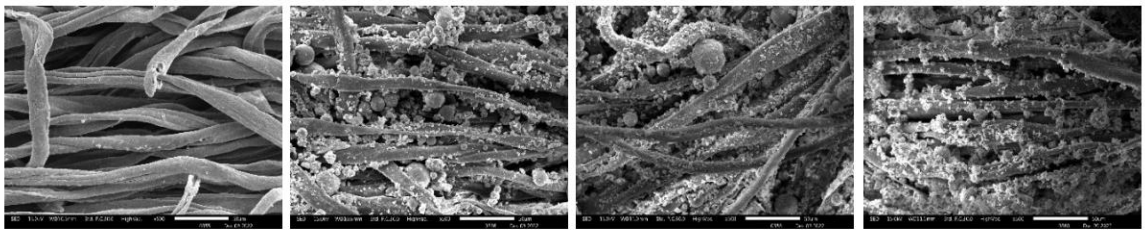
จากนั้นนำเถ้าลอยทั้ง 3 ขนาดไปทดสอบการกระจายขนาดอนุภาค (Particle size distribution, PSD) ได้ผลแสดงดังภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่าเถ้าลอยที่ยังไม่ผ่านการบด มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย D[4,3] คือ 36.51 ± 0.52 μm เป็นการกระจายขนาดแบบ Bimodal โดยพบพีค 2 พีค พีคแรกเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ มีขนาดอยู่ในช่วง 0.91–42.45 μm ส่วนพีคที่ 2 พบอนุภาคขนาดกลางมีขนาดอยู่ในช่วง 51.62–183.90 μm เถ้าลอยที่ผ่านการบด 5 ชั่วโมง มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย D[4,3] = 27.76 ± 0.18 μm เป็นการกระจายขนาดแบบ Bimodal เช่นกัน แต่พีคของช่วงอนุภาคขนาดใหญ่มีปริมาณน้อยลง และพีคช่วงที่ขนาดกลางพบมากขึ้น สำหรับอนุภาคเถ้าลอยที่ผ่านการบด 25 ชั่วโมง มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย D[4,3] = 11.86 ± 0.14 μm เป็นการกระจายขนาดแบบ Bimodal เช่นเดียวกัน แต่พบเพียงพีคของอนุภาคขนาดกลางและขนาดเล็กเท่านั้น พีคแรกพบอนุภาคขนาดกลางซึ่งมีขนาดอยู่ในช่วง 0.91–48.27 μm ส่วนพีคที่ 2 พบอนุภาคขนาดเล็กขนาดอยู่ในช่วง 0.05–0.78 μm



ภาพที่ 2 การกระจายขนาดของอนุภาคของเถ้าลอย

2. การเตรียมผ้าฝ้ายที่เคลือบเถ้าลอย

เมื่อนำเถ้าลอยที่ผ่านการบดในระยะเวลา 0, 5 และ 25 ชั่วโมง ไปเคลือบผ้าฝ้ายด้วยกระบวนการ Dip–Pad–Dry–Cure จากนั้นนำไปศึกษาสัณฐานวิทยาของผ้าด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 500 ได้ผลแสดงในภาพที่ 3



(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 3 ภาพถ่าย SEM ของผ้าฝ้ายเคลือบเถ้าลอยที่ผ่านการบดระยะเวลาต่างๆ

(ก) ไม่เคลือบเถ้าลอย (ข) ไม่ผ่านการบด (ค) ผ่านการบด 5 ชั่วโมง (ง) ผ่านการบด 25 ชั่วโมง

(ข)

จากภาพถ่าย SEM พบว่าเมื่อผ่านกระบวนการเคลือบผ้าด้วยเถ้าลอยมีอนุภาคเถ้าลอยเคลือบติดอย่างชัดเจน ซึ่งจะเห็นได้ว่าผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยเถ้าลอยที่ยังไม่ผ่านการบดมีอนุภาคเถ้าลอยขนาดใหญ่ติดมากที่สุดจากทั้ง 3 สภาวะและมีเถ้าลอยหลากหลายขนาดเกาะติด ในส่วนของผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยเถ้าลอยที่ผ่านการบด 5 ชั่วโมงจะเห็นว่าจำนวนอนุภาคเถ้าลอยขนาดใหญ่ที่เกาะติดเส้นใยน้อยลงจากผ้าที่ถูกเคลือบด้วยเถ้าลอยที่ยังไม่ผ่านการบดและมีการเกาะอนุภาคขนาดเล็กมากขึ้น ในส่วนของผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยเถ้าลอยที่ผ่านการบด 25 ชั่วโมงจะเห็นว่าอนุภาคเถ้าลอยขนาดเล็กเกาะเส้นใยอย่างหนาแน่นและไม่พบอนุภาคเถ้าลอยขนาดใหญ่เกาะอยู่เลย

3. สมบัติไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยเถ้าลอยและไตรเอทอกซีไวนิลไซเลน (VTES)

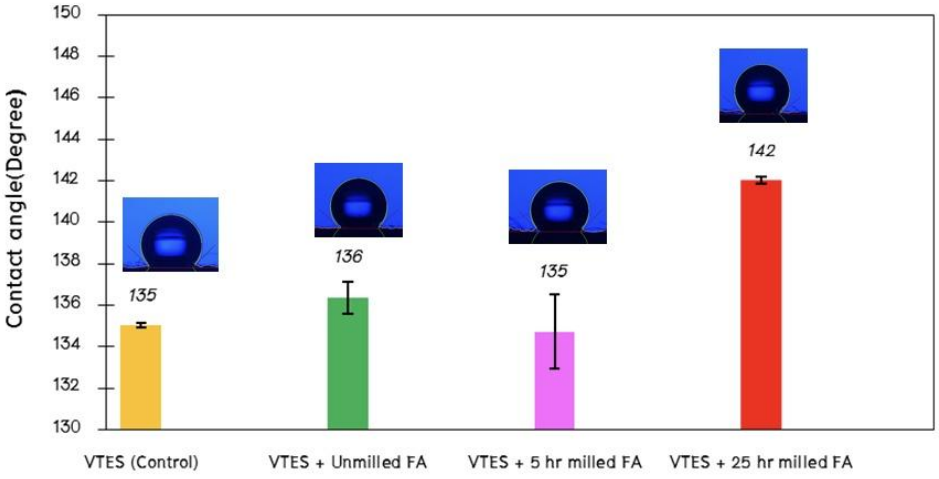
ในการทดลองเบื้องต้นมีการหยดน้ำกลั่น ลงบนผ้าทดสอบก่อนเพื่อเลือกตัวอย่างที่จะนำไปวัดมุมสัมผัส โดยหยดน้ำกลั่น 0.5 ml ลงบนผ้า และสังเกตผลหลังจากหยดน้ำ 1 นาที ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 4 จะเห็นว่าผ้าที่ถูกเคลือบด้วยเถ้าลอยอย่างเดียวยังไม่มีสมบัติไม่ชอบน้ำ แต่เมื่อนำผ้าที่เคลือบ VTES จะได้ผลดังภาพที่ 4 (ข)–(จ) ซึ่งจะเห็นหยดน้ำไม่ซึมซัดเจน



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ)

ภาพที่ 4 หยดน้ำบนผ้าที่ถูกเคลือบด้วยเถ้าลอย/VTES ในสภาวะต่างๆ
(ก) เถ้าลอย (ข) VTES (ค) VTES–เถ้าลอยไม่บด (ง) VTES–เถ้าลอยบด 5 ชม. (จ) VTES–เถ้าลอยบด 25 ชม.

นำผ้าตัวอย่างไปทดสอบหาค่ามุมสัมผัสน้ำเพื่อศึกษาความสามารถความไม่ชอบน้ำของผ้า ได้ผลดังภาพที่ 5 ค่ามุมสัมผัสน้ำของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบในสภาวะต่างๆ พบว่าการเคลือบในทุก ๆ สภาวะแสดงพฤติกรรมการไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic behavior) โดยผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วย VTES และเถ้าลอยที่ผ่านการบด 25 ชั่วโมง มีค่ามุมสัมผัสน้ำเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งมีค่า 142 ± 0.16 องศา รองลงมาคือผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วย VTES และเถ้าลอยที่ยังไม่ผ่านการบด ซึ่งมีค่า 136 ± 0.77 องศา ส่วนสภาวะการเคลือบที่ได้มุมสัมผัสน้อยสุดคือผ้าฝ้ายที่เคลือบด้วยเพียง VTES และผ้าฝ้ายที่เคลือบด้วย VTES และเถ้าลอยที่ผ่านการบด 5 ชั่วโมง ซึ่งมีค่า 135 ± 0.10 และ 135 ± 1.79 องศา ตามลำดับ



ภาพที่ 5 มุมสัมผัสน้ำของผ้าเคลือบเถ้าลอยและ VTES

4. สมบัติการแยกของผสมน้ำมัน-น้ำ

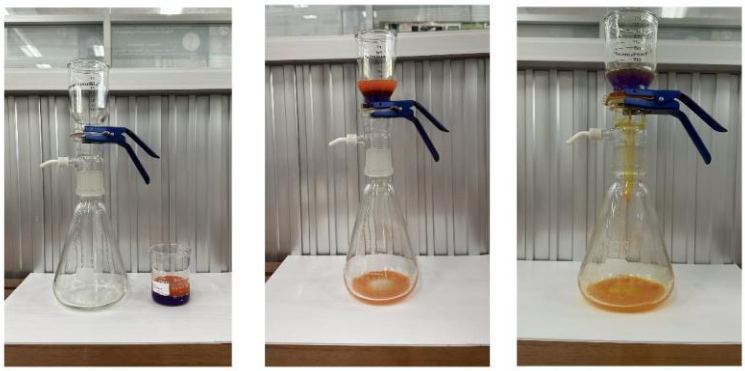
การทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันและประสิทธิภาพการกรองน้ำมันของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วย VTES และเถ้าลอยที่ผ่านการบด 25 ชั่วโมง โดยใช้น้ำมันทดสอบ 2 ชนิด อันได้แก่ โทลูอีน และคลอโรฟอร์ม ซึ่งน้ำมันดังกล่าวมีความแตกต่างคือ โทลูอีนมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ ส่วนคลอโรฟอร์มมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ พบว่าทั้งโทลูอีนและคลอโรฟอร์มที่ถูกย้อมสีนั้นถูกผ้าฝ้ายตัวอย่างดูดซับได้ทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 6



(ก) (ข)

ภาพที่ 6 ความสามารถในการดูดซับน้ำมันชนิดต่างๆ (ก) โทลูอีน (ข) คลอโรฟอร์ม

ในการทดสอบการกรองน้ำมันได้ใช้ชุดทดสอบการกรองน้ำมัน ดังแสดงในภาพที่ 7 พบว่าผ้าตัวอย่างสามารถกรองน้ำมันทั้ง2 ชนิดได้ดี ส่วนที่กรองได้ในขวดรูปชมพู่ไม่มีน้ำ (น้ำกลั่นผสมสีน้ำเงินเพื่อให้ง่ายต่อการแยกของผสมน้ำมัน-น้ำ) ปนอยู่เลย จากนั้นนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพการกรองน้ำมันของโทลูอีนและคลอโรฟอร์มได้ค่า 84.15% และ 83.58% ตามลำดับ



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 7 ความสามารถในการกรองน้ำมันชนิดต่างๆ (ก) ชุดกรอง (ข) โทลูอีน (ค) คลอโรฟอร์ม

5. สมบัติการป้องกันรังสียูวี

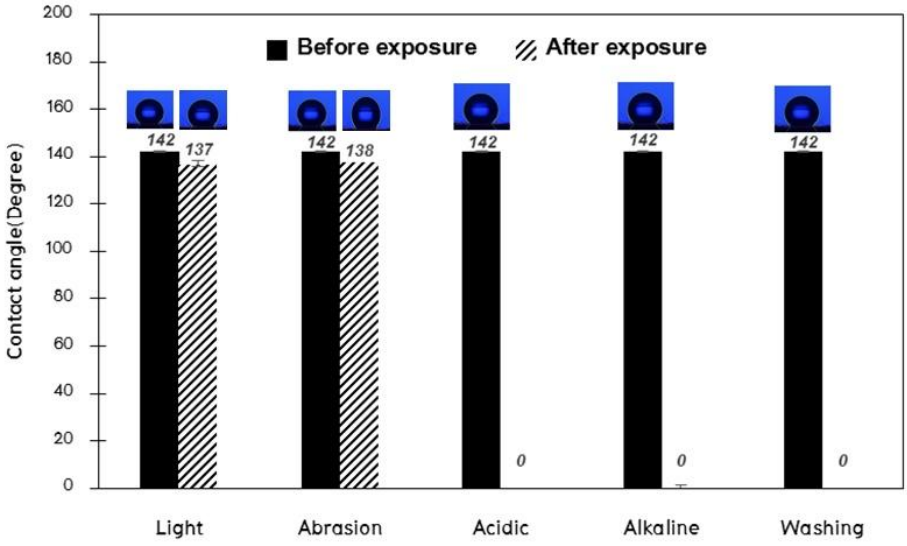
นำผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วย VTES และเถ้าลอยที่ผ่านการบด 25 ชั่วโมง นำมาทดสอบความสามารถในการป้องกันรังสียูวี (UPF) ตามมาตรฐานการทดสอบ AATCC 183:2014 เปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบได้ผลดังตาราง 1

ตารางที่ 1 ความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต

ตัวอย่าง	สภาวะทดสอบ	UPF	%Transmission		%UV Blocking	
			UVA	UVB	UV-A	UV-B
ผ้าฝ้าย	Dry	155.04 ± 0.50	2.1 ± 0	0.33 ± 0	97.90	99.67
	Wet	33.63 ± 0.02	7.05 ± 0	1.85 ± 0	92.95	98.15
ผ้าฝ้ายเคลือบด้วย VTES และเถ้าลอย	Dry	2000 ± 0	0.05 ± 0	0.05 ± 0	99.95	99.95
	Wet	2000 ± 0	0.05 ± 0	0.05 ± 0	99.95	99.95

6. ความคงทนของสมบัติความไม่ชอบน้ำ

นำผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วย VTES และเถ้าลอยที่ผ่านการบด 25 ชั่วโมง นำมาทดสอบความทนทานของสมบัติความไม่ชอบน้ำด้วย 4 การทดสอบ ได้แก่ ความทนทานของสมบัติความไม่ชอบน้ำต่อแสง ความทนทานของสมบัติความไม่ชอบน้ำต่อขัดถู ความทนทานของสมบัติความไม่ชอบน้ำต่อสารเคมี และความทนทานของสมบัติความไม่ชอบน้ำต่อการซัก จากนั้นจึงนำผ้าไปวัดค่ามุมสัมผัสน้ำ ซึ่งได้ผลดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ความคงทนของสมบัติไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วย VTES และเถ้าลอยที่ผ่านการบด 25 ชั่วโมง

ภาพที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่ามุมสัมผัสน้ำก่อนทดสอบและหลังการทดสอบ พบว่าสมบัติไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วย VTES และเถ้าลอยที่ผ่านการบด 25 ชั่วโมง มีความทนทานต่อแสงและการขัดถู ซึ่งสามารถวัดค่ามีค่ามุมสัมผัสน้ำหลังทดสอบได้ 137 ± 1.38 และ 138 ± 1.13 องศา ตามลำดับ แต่ผ้าดังกล่าวไม่มีความคงทนต่อสารเคมีและการซัก กล่าวคือหลังทำการทดสอบเมื่อหยดน้ำทดสอบผ้าดูดซึมน้ำอย่างรวดเร็วจึงไม่สามารถวัดค่ามุมสัมผัสน้ำได้

สรุปผลและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมผ้าฝ้ายที่ไม่ชอบน้ำโดยการดัดแปรพื้นผิวด้วยเถ้าลอยและไตรเอทอกซีไวนิลไซเลน (VTES) และศึกษาผลของเวลาในการบดเถ้าลอย ได้แก่ 0, 5 และ 25 ชั่วโมง และผลของการใช้ไตรเอทอกซีไวนิลไซเลนต่อสมบัติการไม่ชอบน้ำ สมบัติการแยกของผสมน้ำมัน–น้ำ และสมบัติการต้านทานรังสียูวี ในการเตรียมเถ้าลอย พบว่าเถ้าลอยที่ยังไม่ผ่านการบดส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเม็ดกลม ผิวเรียบ มีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ แต่เมื่อผ่านบดที่เวลานานขึ้น พบว่าเถ้าลอยมีขนาดเล็กลง อนุภาคมีรูปร่างเป็นทั้งทรงกลมและเป็นแผ่นรูปร่างไม่แน่นอน ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างการบดจะเกิดแรงเหวี่ยงซึ่งจะทำให้วัสดุและลูกบดกลิ้งตัวเกาะติดกับผนังหม้อบด รวมกับแรงดึงดูดของโลกจะทำให้ตกลงมาตรงส่วนล่างของหม้อบด ซึ่งจะทำให้เกิดแรงกระแทกและยังเกิดการกระแทกกันของลูกบดภายในหม้อบด ทำให้เกิดการลดขนาดของเถ้าลอยลง [7] เมื่อนำมาเคลือบบนผ้าฝ้าย พบว่าจากรูปถ่าย SEM เถ้าลอยที่ไม่ผ่านและผ่านการบดที่เวลาต่างๆสามารถยึดเกาะผ้าฝ้ายได้เพราะมีหมู่ไฮดรอกซิลในเส้นใยฝ้าย จึงทำให้มีการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างเส้นใยกับเถ้าลอย [1] ซึ่งผ้าที่ผ่านการเคลือบด้วยเถ้าลอยที่ผ่านการบด 25 ชั่วโมงมีเกาะติดของเถ้าลอยในเส้นใยได้หนาแน่นที่สุด ซึ่งอาจเป็นเพราะการบดเถ้าลอยให้มีขนาดเล็กลงแล้วนำไปเถ้าลอยเป็นการช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสที่จะเกาะติดเส้นใยฝ้าย

เมื่อนำผ้าเคลือบเถ้าลอยไปเคลือบด้วยไตรเอทอกซีไวนิลไซเลน แล้วนำไปวิเคราะห์ค่ามุมสัมผัสน้ำพบว่าการผ้าเคลือบในทุกๆ สภาวะมีค่ามุมสัมผัสอยู่ที่ 90 องศาขึ้นไป ซึ่งแสดงพฤติกรรมการไม่ชอบน้ำ จากสมมติฐานเริ่มต้นการใช้เถ้าลอยเคลือบบนผ้าฝ้ายน่าจะทำให้เกิดพื้นผิวคล้ายใบบัว ทำให้เกิดปรากฏการน้ำกลิ้งบนใบบัว น้ำไม่ซึมผ่านผ้า แต่ในการทดลองนี้พบว่าผ้าที่เคลือบด้วยเถ้าลอยอย่างเดียวน้ำสามารถซึมผ่านไปได้ ทั้งนี้อาจเกิดจากการกระจายตัวที่ไม่ดีของเถ้าลอยบนผ้าระหว่างการเคลือบ หรือปริมาณเถ้าลอยอาจจะน้อยไป หรือขนาดเถ้าลอยอาจจะยังไม่เล็กพอ จึงมีการใช้ VTES เพื่อช่วยเพิ่มสมบัติการไม่ชอบน้ำ เนื่องจากสารประกอบไซเลนจะช่วยกำจัดหรือลดตำแหน่งที่ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ เช่น หมู่ไฮดรอกซิล และบดบังตำแหน่งที่มีขั้วไว้ เพื่อไม่ให้เกิดปฏิกิริยากับน้ำ โดยไฮโดรเจนของหมู่ไฮดรอกซิลสามารถกำจัดได้โดยการสร้างพันธะออกเซน (Oxane bond) ด้วยสารประกอบไซเลน ซึ่งจะเพิ่มสมบัติการไม่ชอบน้ำของพื้นผิววัสดุ [8]

จากนั้นได้ทดสอบสมบัติพิเศษของผ้าฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรพื้นผิวด้วยเถ้าลอยและไตรเอทอกซีไวนิลไซเลน โดยได้ทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันและคำนวณประสิทธิภาพการกรองน้ำมัน พบว่าผ้าฝ้ายตัวอย่างสามารถดูดซับน้ำมันได้หมด และสามารถกรองแยกของผสมน้ำ–น้ำมันได้มากกว่า 80% อาจเป็นเพราะผ้าเคลือบดังกล่าวถูกเคลือบด้วย VTES ที่มีสมบัติทำให้ผ้าไม่ดูดซึมน้ำ แต่สามารถดูดซับน้ำมันได้ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาความสามารถในการป้องกันรังสียูวี (UPF) โดยผ้าฝ้ายเคลือบเถ้าลอยและไตรเอทอกซีไวนิลไซเลนมีความสามารถในการป้องกันรังสียูวีระดับยอดเยี่ยมทั้งในสภาวะเปียกและสภาวะแห้ง อาจเนื่องมาจากสีที่เข้มขึ้นของผ้าถูกเคลือบด้วยเถ้าลอย มีรายงานว่าเฉดและความอ่อนเข้มของสีมีผลต่อความสามารถในการป้องกันรังสียูวีของวัสดุ [9] วัสดุที่มีสีเข้มจะดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตไว้ได้มาก เกิดการส่องผ่านไป นอกจากนี้อาจเกิดจากเถ้าลอยที่มีโลหะออกไซด์เป็นองค์ประกอบทำให้มีดัชนีหักเหสูง จึงช่วยกระเจิงรังสียูวีได้อย่างดีเยี่ยม [1]

การศึกษาความทนทานของสมบัติความไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยเถ้าลอยและไตรเอทอกซีไวนิลไซเลน (VTES) พบว่าเมื่อนำผ้าไปทดสอบ ผ้ามีสมบัติความไม่ชอบน้ำลดลงทุกการทดสอบ ซึ่งในการทดสอบความทนทานของสมบัติความไม่ชอบน้ำต่อแสงและการขัดถูมีค่ามุมสัมผัสน้ำลดลงเล็กน้อย แต่ในการทดสอบความทนทานของสมบัติความไม่ชอบน้ำต่อการซักและสารเคมีไม่สามารถวัดค่ามุมสัมผัสน้ำได้เลย อาจเป็นเพราะในแต่ละการทดสอบได้ไปทำลายพื้นผิวชั้นสารเคลือบและความขรุขระของผิวเคลือบทำให้ผ้ามีสมบัติการไม่ชอบน้ำลดลง

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเถ้าลอยและไตรเอทอกซีไวนิลไซเลนสามารถใช้เป็นสารดัดแปรพื้นผิวผ้าฝ้ายให้มีสมบัติไม่ชอบน้ำได้ และยังมีศักยภาพใช้เป็นผ้าดูดซับน้ำมันหรือผ้ากรองแยกของผสมน้ำมันและน้ำได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการทดสอบสมบัติของวัสดุจากภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

1. Khan MZ, Boheti V, Militky J, Ali A, Vilova M, Superhydrophobicity, UV protection and oil/water separation properties of fly ash/Trimethoxy(octadecyl)silane coated cotton fabrics. Carbohydr. Polym 2018; 202:571–580.
2. Cui C, Chen D, Mao L, Xiao Y, Huang Q, Chen Z, Qi X, Zhang Y, Photocatalytic superhydrophobic SH–ZnO–PDMS–coated fabric for efficiency self–cleaning and oily water separation. J Coat Technol Res 2024; https://doi.org/10.1007/s11998–024–00966–9.
3. ScienceDirect, Hydrophobicity [อินเทอร์เน็ต] สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2567. ได้จาก https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/hydrophobicity
4. Mattaone M, Rescic S, Fratini F, Del Fà RM, Experimentation of Earth–Gypsum Plasters for the Conservation of Earthen Constructions. INT J ARCHIT HERIT 2017; 11(6):763–772.
5. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, การนำเถ้าลอยลิกไนต์ไปใช้ประโยชน์ [อินเทอร์เน็ต] สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2567. ได้จาก https://mpp.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=89:sarat1&catid=89&Itemid=494
6. ธัญวรัตน์ พิพัฒน์ชาญชัย. การเตรียมผ้าฝ้ายและผ้าไหมสะท้อนน้ำด้วยออร์แกโนซิเลนร่วมกับนาโนซิลิกอนไดออกไซด์. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2549.
7. Food Network Solution, Ball mill / เครื่องบดแบบลูกบอล หรือบอลมิลล์ [อินเทอร์เน็ต] สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2567. ได้จาก https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0759/ball–mill–เครื่องบดแบบลูกบอล–บอลมิล.
8. Gelest, Hydrophobic Silane Surface Treatments สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2567. ได้จาก https://technical.gelest.com/brochures/hydrophobicity–hydrophilicity–and–silane–surface–modification/hydrophobic–silane–surface–treatments/.
9. ประเทืองทิพย์ ปานบำรุง. การทดสอบสิ่งทอพิเศษ. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ; 2558.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมผงจิ้งหรีด

Development of crispy fish snack product with spicy Thai salad flavor mixed with cricket powder

นพเก้า พันธ์แดง[1*], สุวลี ฟองอินทร์[1] และ ไผ่แดง ขวัญใจ[1]

Nopphakao Phandaeng[1*], Suwalee Fong-in[1] and Paidaeng Khwanchai[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมผงจิ้งหรีด การทดลองได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบต้นแบบ ศึกษาผลของการทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงด้วยผงจิ้งหรีดที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบ และยืนยันสูตรผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมผงจิ้งหรีด รวมถึงวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้าย ผลการศึกษาพบว่าสูตรที่ใช้ผงปรุงรสลาบยี่ห้อโลโบ้ เป็นสูตรที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด และถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบสูตรต้นแบบ สำหรับการศึกษาการทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงด้วยผงจิ้งหรีด โดยแปรปริมาณผงจิ้งหรีดที่ระดับร้อยละ 5 10 และ 15 ตามลำดับ พบว่าการใช้ผงจิ้งหรีดทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงที่ร้อยละ 5 มีค่าร้อยละการพองตัวเชิงปริมาตรและความหนาสูงสุด และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรควบคุม (p>0.05) และผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสูตรที่ใช้ผงจิ้งหรีดทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงที่ระดับร้อยละ 5 มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ผลการศึกษาการยืนยันสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมผงจิ้งหรีด พบว่าคะแนนทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.61 และคะแนนทดสอบความพอดี ผ่านเกณฑ์การยอมรับ สำหรับสูตรการผลิต คำนวณจากร้อยละของอัตราส่วนของส่วนผสม อ้างอิงจากสูตรสูตรควบคุม มีสูตรการผลิตดังนี้ ซูริมิเนื้อปลาทรายแดง ร้อยละ 57.62 ผงจิ้งหรีด ร้อยละ 3.03 แป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 3.82 แป้งสาลี ร้อยละ 2.28 เกลือ ร้อยละ 0.49 น้ำตาล ร้อยละ 7.89 ซีอิ๊วขาว ร้อยละ 1.13 ผงฟู ร้อยละ 0.99 ผงปรุงรสลาบยี่ห้อโลโบ้ ร้อยละ 11.38 และ น้ำ ร้อยละ 11.38 นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) เท่ากับ 0.3284 ค่า L^* (ความสว่าง) 55.88 ค่า a^* (ความเป็นสีแดง) 13.61 และค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง) 24.76 และมีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 6.60, 33.83, 0.80, 11.45, 2.59 และ 44.73 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ผงจิ้งหรีด, ปลาเส้นกรอบ, ซูริมิ, รสลาบ

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Division of Food Science and Technology, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author: Noppakao.up.ac.th

Abstract

The objective of this research was to develop a crispy fish snack product with spicy Thai salad flavor mixed with cricket powder. This study includes developing a prototype of the crispy fish snack, to determine an appropriate amount of substituted red tilapia surimi with cricket powder, to confirm the recipe for the crispy fish snack with cricket powder, and to investigate the final product's quality. The results indicated that the recipe using spicy salad seasoning with Lobo brand received the highest overall preference score and was used as the main ingredient of a crispy fish snack prototype production. The study of the substitute of red tilapia surimi with cricket powder including 5%, 10%, and 15% of red tilapia surimi, resulted in the substitute with 5% cricket powder obtaining the highest expansion ratio and thickness with showing no statistically significant difference from the control formula (p>0.05). The sensory quality test for the formula with 5% cricket powder gains the highest score of overall preference. The results to confirm the recipe for the crispy fish snack with cricket powder indicated that an overall sensory quality score of 7.61, accomplished the acceptance criteria. For the production formula, when calculating the percentage of the ingredient ratios based on the control formula, following as 57.62% surimi from red tilapia, 3.03% cricket powder, 3.82% tapioca starch, 2.28% wheat flour, 0.49% salt, 7.89% sugar, 1.13% soy sauce, 0.99% baking powder, 11.38% spicy salad seasoning with Lobo brand, and 11.38% water. Moreover, the outcome of the final product had a water activity (a_w) value of 0.3284, L^* value (lightness) of 55.88, a^* value (redness) of 13.61, and b^* value (yellownesse) of 24.76 as well as the content of moisture, protein, fat, ash, fiber, and carbohydrate were 6.60%, 33.83%, 0.80%, 11.45%, 2.59%, and 44.73%, respectively.

Keywords: Cricket powder, Crispy fish snack, Surimi, Spicy Thai salad

บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาคที่มีสภาพอากาศเอื้อต่อการเกษตรกรรม ปศุสัตว์ และการประมง ซึ่งถือเป็นจุดแข็งสำคัญในการพัฒนาทางเศรษฐกิจและความมั่นคงด้านอาหารของประเทศ การพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมในปัจจุบันได้ทำให้เกิดระบบการจัดการด้านการเกษตร ประมง และปศุสัตว์ที่มีประสิทธิภาพและคุณภาพที่ดีขึ้น ส่งผลให้ประเทศไทยกลายเป็นแหล่งผลิตวัตถุดิบที่หลากหลาย และตลาดการบริโภคของแมลงก็มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง

แมลงได้ถูกพิจารณาเป็นโปรตีนทางเลือกที่มีศักยภาพ โดยเฉพาะสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจในเรื่องของมลพิษและของเสียที่เกิดจากการเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม ซึ่งมีปริมาณมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงสัตว์ประเภทอื่น ๆ ผู้บริโภคแมลงในประเทศไทยสามารถพบได้ทั่วไปในตลาด โดยเฉพาะจิ้งหรีด ตั๊กแตน และหนอนไม้ไผ่ นอกจากนี้แมลงยังถือเป็นแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มประเทศหรือภูมิภาคที่มีข้อจำกัดในการเลี้ยงสัตว์

จิ้งหรีดถือเป็นแมลงที่นิยมบริโภคในประเทศไทย พบหลากหลายสายพันธุ์ที่มีอยู่และเป็นที่นิยมเลี้ยง เช่น จิ้งหรีดทองดำ (*Gryllus bimaculatus*) จิ้งหรีดทองแดง (*G. testaceus*) จิ้งโกร่งหรือจิ้งกุ่ง (*Brachytrupes portentosus*) และจิ้งหรีดทองแดงลายหรือจิ้งหรีดขาวหรือแมงสะดิ้ง (*Acheta domestica*) เป็นต้น ทั้งยังเป็นแหล่งอาหารที่อุดมด้วยโปรตีน และ

สามารถผลิตผลิตภัณฑ์จากจิ้งหรีดได้หลายรูปแบบ ทั้งจิ้งหรีดอบกรอบรสชาติต่าง ๆ รวมถึงการศึกษาวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากจิ้งหรีด เช่น ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากจิ้งหรีด (รัชดาภรณ์ และคณะ, 2566), การใช้ผงจิ้งหรีดในคุกกี้แป้งข้าวจ้าว (พงศ์พิพัฒน์ สนม และ กมลวรรณ แจ้งชัด, 2563), ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งเสริมผงจิ้งหรีด (อรลัดา เจือจันทร์ และคณะ, 2564), การใช้ผงจิ้งหรีดและแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำทดแทนแป้งสาลีต่อคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของคุกกี้เนยกระเทียม (อรรณพ และคณะ, 2567) เป็นต้น

ในขณะเดียวกันการบริโภคขนมขบเคี้ยวมักประกอบไปด้วยแป้ง น้ำตาล เกลือ และไขมัน ซึ่งอาจส่งผลต่อภาวะโภชนาการของผู้บริโภค โดยเฉพาะเด็กที่อาจมีภาวะโภชนาการเกินหรือผลเสียต่อการทำงานของไตได้ (ชญานิกา และคณะ, 2556) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีโปรตีนจากจิ้งหรีดเป็นส่วนประกอบหลัก โดยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบที่ผสมผงจิ้งหรีด เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงได้ง่ายและเพิ่มความหลากหลายของกลุ่มผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมผงจิ้งหรีด
2. เพื่อศึกษาการทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงด้วยผงจิ้งหรีดที่เหมาะสมในการผลิตปลาเส้นกรอบรสลาบ

วิธีวิทยาการวิจัย

วัตถุดิบ

จิ้งหรีดแช่แข็ง สายพันธุ์ทองแดงลาย (*Gryllus testaceus)* นำมาจากบริษัทรวิศฟาร์มอินเตอร์ฟู้ด จำกัด อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา นำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส และทำการละลายน้ำแข็ง โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนนำมาใช้ จากนั้นนำจิ้งหรีดมาล้างผ่านน้ำและสะเด็ดน้ำให้แห้ง สำหรับซูริมิเนื้อปลาทรายแดง ซื้อจากบริษัทบลูฟิน ทูน่า จำกัด กรุงเทพมหานคร และส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ แป้งมัน แป้งสาลีอเนกประสงค์ เกลือ น้ำตาล ผงฟู ซีอิ๊วขาว ผงปรุงรสลาบยี่ห้อโลโบ้ คนอร์ และรสดี ซื้อจากตลาดสดและซุปเปอร์มาร์เก็ตในจังหวัดพะเยา

การเตรียมจิ้งหรีดผง

จิ้งหรีดแช่แข็งที่ผ่านการละลายน้ำแข็งและสะเด็ดน้ำ นำมาต้มด้วยน้ำร้อนในอัตราส่วนที่เท่ากัน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาสะเด็ดน้ำและอบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และนำมาบดให้เป็นผงละเอียด จากนั้นบรรจุลงในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ ซีลปิดผนึกให้แน่นและเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง

การเตรียมปลาเส้นกรอบรสลาบ

นำซูริมิเนื้อปลาทรายแดงและส่วนผสมทั้งหมด (ตารางที่ 1) ปั่นบดด้วยเครื่องสับผสมเป็นเวลา 10 นาที จนกระทั่งตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นบรรจุส่วนผสมลงในถุงร้อนใส และรีดให้เป็นแผ่น ความหนาไม่เกิน 1 มิลลิเมตร และนำไปอบให้ความร้อนด้วยตู้อบลมร้อน เพื่อให้เนื้อปลาสุกและเกาะตัวกัน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นแยกตัวอย่างออกจากถุงพลาสติกและนำไปอบต่อ ที่อุณหภูมิ100 องศาเซลเซียส เวลา 27 นาที จนตัวอย่างมี

ลักษณะแห้งและนำมาตัดเส้นให้เป็นเส้น ขนาด กว้างxยาว เท่ากับ 1x3 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำปลาเส้น ไปทำให้พองกรอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ ที่กำลังไฟฟ้า 650 วัตต์ เป็นเวลา 15 วินาที เมื่อครบเวลานำปลาเส้นกรอบออกมาพักทิ้งไว้ให้เย็น เพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ต่อไป

ตารางที่ 1 สูตรมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบ

ส่วนผสม	ร้อยละ
ซูริมิเนื้อปลาทรายแดง	60.65
แป้งมันสำปะหลัง	3.82
แป้งสาลี	2.28
เกลือ	0.49
น้ำตาล	7.89
ซีอิ๊วขาว	1.13
ผงฟู	0.99
ผงปรุงรสลาบ	11.38
น้ำ	11.38

วิธีการทดลอง

1. การศึกษาผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบต้นแบบ

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบ ส่วนผสมดังตารางที่ 1 โดยใช้ผงปรุงรสลาบทางการค้า ที่แตกต่างกันจำนวน 3 ยี่ห้อ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ปรุงรสลาบ ยี่ห้อโลโบ้ ผลิตภัณฑ์ปรุงรสลาบ ยี่ห้อคนอร์ และผลิตภัณฑ์ปรุงรสลาบ ยี่ห้อรสดี นำผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบ ทั้ง 3 สูตรมาทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 50 คน ทำการประเมินคุณลักษณะทางด้านต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ ความกรอบ ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว ความเผ็ด กลิ่นรส และความชอบโดยรวม ผลการทดสอบนำไปคำนวณคะแนนความชอบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยคัดเลือกสูตรที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมมากกว่า 6.0 คะแนน เป็นสูตรที่ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2. การศึกษาการทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงด้วยผงจิ้งหรีดที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบ

ทำการศึกษาการทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงด้วยจิ้งหรีดผงที่เหมาะสม โดยแปรปริมาณผงจิ้งหรีดที่ 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 5, 10 และ 15 และกำหนดส่วนผสมอื่น ๆ ให้คงที่ นำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการผลิตดังเช่นผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบต้นแบบ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์มาทำการวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

1. ทดสอบร้อยละการพองตัวเชิงปริมาตร ตามวิธีของ รัตนพันธ์ และอินทร์ประสิทธิ์ (2561) โดยการหาปริมาตรของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการแทนที่ของเมล็ดงา (Volume displacement) ในภาชนะที่ทราบปริมาตรแน่นอน คำนวณร้อยละการพองตัวเชิงปริมาตร ได้จากสมการนี้

ร้อยละการพองตัวเชิงปริมาตร = [(ปริมาตรหลังพอง – ปริมาตรก่อนพอง)/ปริมาตรก่อนพอง] x 100

2. ทดสอบความหนาของผลิตภัณฑ์ ทดสอบความหนาด้วย Vernier Calipers
3. ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้ง สูตรทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วย 3 วิธี9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 50 คน ประเมินคุณลักษณะทางด้านต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ ความกรอบ ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว ความเผ็ด กลิ่นรส และความชอบโดยรวม ผลการทดสอบนำไปคำนวณคะแนนความชอบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคัดเลือกสูตรที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมมากกว่า คะแนน 0.6 เป็นสูตรที่ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป โดยการศึกษาครั้งนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่ UP-HEC 1.3/053/64

3. การยืนยันสูตรผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมผงจิ้งหรีด

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบ โดยใช้สูตรที่ใช้ผงปรุงรสลาบที่ได้จากการทดลองการศึกษาการทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงด้วยผงจิ้งหรีดที่เหมาะสม ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale ร่วมกับ 5-point just about right โดยใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 50 คน ประเมินคุณลักษณะทางด้านต่าง ๆ ดังนี้ ลักษณะปรากฏ ความกรอบ ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว ความเผ็ด กลิ่นรส และความชอบโดยรวม นำข้อมูลมาหาคะแนนความชอบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละความถี่ และ Net effect หากร้อยละความพอดี ≥ 70 หรือ Net effect ≤20 จะไม่ปรับปรุงคุณลักษณะดังกล่าว และถ้าหากทุกคุณลักษณะได้คะแนนความชอบตั้งแต่ 6.0 ขึ้นไป จะถือว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบ จึงถือเป็นการสิ้นสุดการปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัส และการยืนยันสูตรผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบ

4. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้าย

นำผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมผงจิ้งหรีดที่ได้จากการศึกษาการยืนยันสูตรผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมผงจิ้งหรีด มาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab (ColorQuest XE, Hunter Associates Laboratory, Virginia, USA) รายงานผลเป็นค่า CIELAB ประกอบด้วยค่า L^* (ความสว่าง), a^* (สีเขียว–สีแดง) และ b^* (สีน้ำเงิน–สีเหลือง)

2. คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ยีสต์และรา (FDA BAM Online (2001) Chapter 1) และจุลินทรีย์ทั้งหมด (FDA BAM Online (2001) Chapter 3)

3. คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่า a_w ด้วยเครื่องวัด (Water Activity Meter, Sartorius, Bohemia, New York, USA), ปริมาณความชื้น เถ้า เยื่อใย โปรตีน ไขมัน (AOAC, 2016) และคาร์โบไฮเดรต (By difference)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ยกเว้นการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 29.0

ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบต้นแบบ

ผลการศึกษาผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบ โดยใช้ผงปรุงรสลาบที่แตกต่างกัน 3 ยี่ห้อ พบว่าผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบที่ใช้ผงปรุงรสลาบ ยี่ห้อโลโบ้ คนอร์ และรสดี มีค่าคะแนนความชอบในด้านความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว และความเผ็ด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) คะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง ความชอบเฉย ๆ ถึงชอบปานกลาง ส่วนคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมมีค่าคะแนนความชอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) โดยคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมของปลาเส้นกรอบรสลาบที่ใช้ผงปรุงรสลาบ ยี่ห้อคนอร์และยี่ห้อรสดี มีคะแนนความชอบเฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) สำหรับผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบสูตรที่ใช้ผงปรุงรสลาบยี่ห้อโลโบ้ มีคะแนนความชอบในระดับปานกลาง และมีคะแนนสูงกว่าอีกสองสูตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบที่ใช้ผงปรุงรสลาบยี่ห้อแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 2 ดังนั้นในการทดลองนี้ผงปรุงรสลาบยี่ห้อโลโบ้ จึงเป็นยี่ห้อที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตปลาเส้นอบกรอบปรุงรสลาบ เพื่อทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อในการทดลองขั้นต่อไป

ตารางที่ 2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบที่ใช้ผงปรุงรสลาบยี่ห้อแตกต่างกัน (n=50)

คุณลักษณะ	สูตรที่ 1 ผงปรุงรสลาบ ยี่ห้อโลโบ้	สูตรที่ 2 ผงปรุงรสลาบ ยี่ห้อคนอร์	สูตรที่ 3 ผงปรุงรสลาบ ยี่ห้อรสดี
ลักษณะปรากฏ	6.95±1.32^{a}	5.62±0.86^{b}	5.38±1.20^{b}
ความกรอบ	6.86±1.38^{a}	5.00±1.48^{b}	5.19±1.86^{b}
ความหวาน^{ns}	5.19±1.66	5.04±1.71	4.43±1.46
ความเค็ม^{ns}	5.38±1.71	4.86±1.85	5.19±1.44
ความเปรี้ยว^{ns}	5.61±1.53	5.33±1.71	5.00±1.54
ความเผ็ด^{ns}	6.24±1.41	5.57±1.77	5.62±1.53
กลิ่นรส	6.38±1.49^{a}	5.33±1.35^{b}	5.71±1.55^{b}
ความชอบโดยรวม	6.86±1.42^{a}	5.71±1.27^{b}	5.61±1.39^{b}

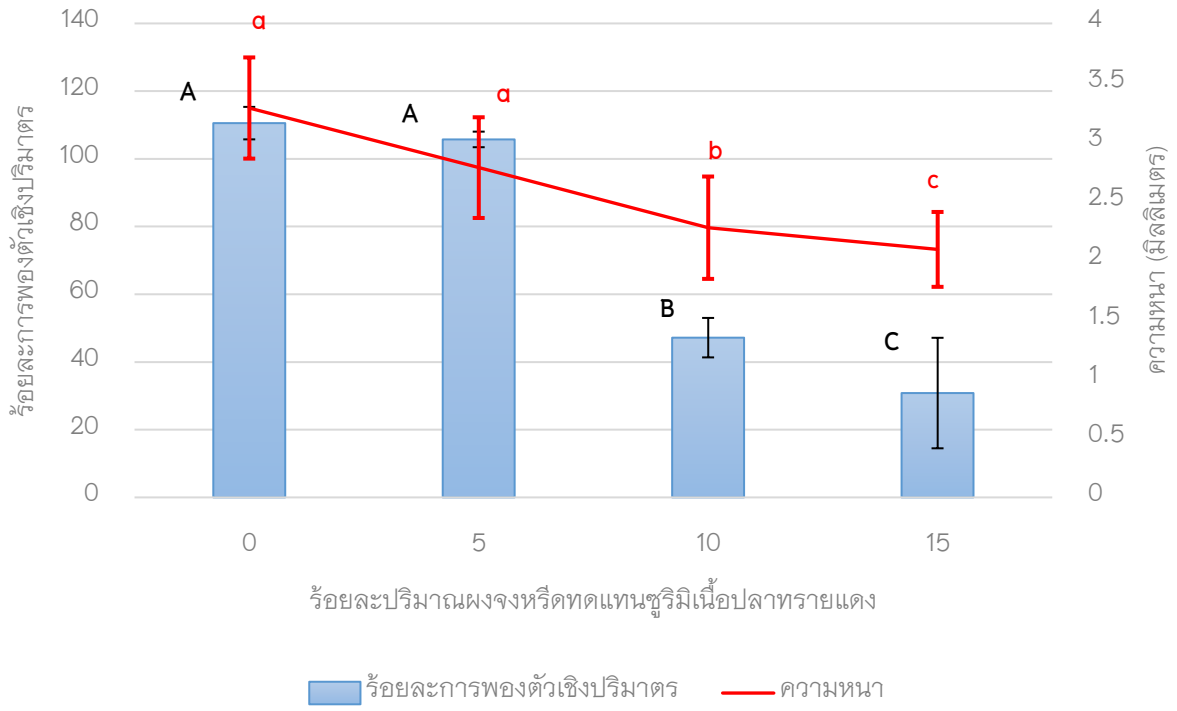
หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: $^{a-b}$ หมายถึงตัวอักษรในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

: ^{ns} หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

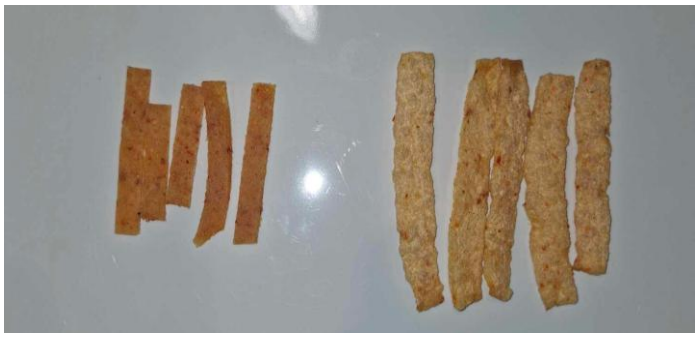
2. **ผลการศึกษาการทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงด้วยผงจิ้งหรีดที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบ**

จากการศึกษาร้อยละการพองตัวเชิงปริมาตรและความหนาของผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบที่ทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงด้วยผงจิ้งหรีดที่ระดับร้อยละ 0 5 10 และ 15 แสดงดังภาพที่ 1 พบว่าร้อยละการพองตัวของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของจิ้งหรีด โดยผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบสูตรที่ใช้จิ้งหรีดผงทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงที่ระดับร้อยละ 5 มีร้อยละการพองตัวของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันกับสูตรควบคุม (ผงจิ้งหรีด ร้อยละ 0) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) และผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบสูตรที่ใช้จิ้งหรีดผงทดแทนซูริมิเนื้อปลาที่ร้อยละ 15 มีการพองตัวที่ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) เช่นเดียวกันกับความหนาของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบสูตรที่ใช้ผงจิ้งหรีดทดแทนซูริมิเนื้อปลาที่ร้อยละ 5 มีความหนาสูงสุดและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) เมื่อเทียบกับสูตรที่ไม่มีการใช้จิ้งหรีดผงทดแทนซูริมิเนื้อปลา และผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบมีความหนาลดลง เมื่อปริมาณจิ้งหรีดผงเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ร้อยละการพองตัวเชิงปริมาตรและความหนาของผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบที่ทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงด้วยผงจิ้งหรีดที่ระดับต่าง ๆ

$^{A-C}$ ร้อยละการพองตัวเชิงปริมาตรของผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05), $^{a-c}$ ความหนาของผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)



(ก) (ข)

ภาพที่ 2 ลักษณะปรากฏของ (ก) ปลาเส้นรสสลาบก่อนพอง และ (ข) ปลาเส้นรสสลาบหลังพอง



(ก)



(ข)



(ข)



(ง)

ภาพที่ 3 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสสลาบที่ใช้ผงจิ้งหรีดทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงที่แตกต่างกัน (ก) ไม่มีการใช้ผงจิ้งหรีด, (ข) ใช้ผงจิ้งหรีดทดแทนซูริมิร้อยละ 5, (ค) ใช้ผงจิ้งหรีดทดแทนซูริมิร้อยละ 10 และ (ง) ใช้ผงจิ้งหรีดทดแทนซูริมิร้อยละ 15

จากการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบที่ใช้ผงจิ้งหรีดทดแทนซูริมเนื้อปลาทรายแดงที่ร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบที่ใช้ผงจิ้งหรีดทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงที่ระดับแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว ความเผ็ด และกลิ่นรส อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ลักษณะปรากฏ ความกรอบ และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ และความชอบโดยรวมของสูตรที่ใช้ผงจิ้งหรีดทดแทนซูริมิร้อยละ 5 และสูตรที่ใช้ผงจิ้งหรีดทดแทน ซูริมิเนื้อปลาทรายแดงร้อยละ 10 ได้คะแนนความชอบเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และได้คะแนนความชอบเฉลี่ยมากที่สุดเกิน 6 คะแนน ดังนั้นจากผลการทดลองดังกล่าวจึงสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบที่ใช้ผงจิ้งหรีดทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงที่ระดับ ร้อยละ 5 เนื่องจากเป็นสูตรที่ใช้ปริมาณผงจิ้งหรีดน้อยที่สุด ทำให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุด ในการศึกษาการยืนยันสูตรผลิตภัณฑ์ต่อไป

ตารางที่ 3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบที่ใช้ผงจิ้งหรีดทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงที่ระดับแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ปริมาณผงจิ้งหรีดทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดง (ร้อยละ)		
	5	10	15
ลักษณะปรากฏ	7.62±1.20^{a}	6.95±1.28^{a}	5.62±0.86^{b}
ความกรอบ	7.90±0.99^{a}	7.33±0.73^{a}	6.43±1.60^{b}
ความหวาน^{ns}	7.10±1.30	6.95±1.20	6.24±1.48
ความเค็ม^{ns}	6.19±1.50	6.47±1.47	6.19±1.50
ความเปรี้ยว^{ns}	6.09±1.41	5.67±1.35	6.05±1.43
ความเผ็ด^{ns}	7.38±0.97	7.04±1.53	6.85±1.28
กลิ่นรส^{ns}	6.67±1.62	6.57±1.53	6.38±1.32
ความชอบโดยรวม	7.62±1.02^{a}	7.52±1.08^{a}	6.62±0.92^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: $^{a-b}$ หมายถึงตัวอักษรในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ^{ns} หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3. ผลการยืนยันสูตรผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมผงจิ้งหรีด

การศึกษาการยืนยันสูตรผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมผงจิ้งหรีด พบว่าคุณลักษณะความกรอบมีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบมากถึงชอบมากที่สุด คุณลักษณะลักษณะปรากฏ ความเผ็ด กลิ่นรส และความชอบโดยรวมมีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก คุณลักษณะความเค็ม ความหวาน และความเปรี้ยวมีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ผลการทดสอบความพอดีเมื่อกำหนดร้อยละความพอดีที่ร้อยละ 70 พบว่าทุกคุณลักษณะมีคะแนนร้อยละความพอดีมากกว่า 70 และคะแนนความชอบเฉลี่ยของทุกคุณลักษณะมีค่ามากกว่า 6 จึงสิ้นสุดการพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรตีนเส้นรสลาบจากจิ้งหรีด แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสสำหรับการยืนยันสูตรผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมผงจิ้งหรีด

คุณลักษณะ	ความชอบเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ทิศทางการปรับปรุง (ร้อยละ)					Net-effect
		ลดลงมาก	ลดลงเล็กน้อย	ไม่ปรับปรุง	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	เพิ่มขึ้นมาก	
ลักษณะปรากฏ	7.56±1.10	–	6	88	6	–	0
ความกรอบ	8.17±0.71	–	–	100	–	–	0
ความเค็ม	6.17±1.72	–	29	71	–	–	29
ความหวาน	6.56±1.04	–	–	88	12	–	12
ความเปรี้ยว	6.44±1.58	–	–	76	24	–	24
ความเผ็ด	7.33±1.46	–	6	88	6	–	0
กลิ่นรส	7.22±1.44	–	0	100	0	–	0
ความชอบโดยรวม	7.61±1.04	–	–	–	–	–	–

4. ผลการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์สุดท้าย พบว่าคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมผงจิ้งหรีดมี ค่า a_w 0.3284 ± 0.0078 ค่า L^* (ความสว่าง) 55.88 ± 0.12 ค่า a^* (ความเป็นสีแดง) 13.61 ± 1.74 และค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง) 24.76 ± 2.83 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมผงจิ้งหรีดมีปริมาณของเชื้อยีสต์และรา และจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 0 CFU/g ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ข้าวพอง (มผช.723/2548) ที่กำหนดให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน $1x10^3$ CFU/g และกำหนดให้มีจำนวนยีสต์และราไม่เกิน 100 CFU/g สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมผงจิ้งหรีดมีค่าความชื้น ร้อยละ 6.60 โดยค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่องข้าวพอง (มผช. 723/2548) ที่ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 10 มีโปรตีน ร้อยละ 33.83 ไขมัน ร้อยละ 0.80 เถ้า ร้อยละ 11.45 เยื่อใย ร้อยละ 2.59 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 44.73

ตารางที่ 5 คุณภาพทางกายภาพ จุลินทรีย์ และองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมผงจิ้งหรีด

ค่าพารามิเตอร์	ผลวิเคราะห์
คุณภาพทางกายภาพ	
– ค่า a_w	0.3284±0.0078
– ค่าสี L^* (ความสว่าง)	55.88±0.12
a^* (ความเป็นสีแดง)	13.61±1.74
b^* (ความเป็นสีเหลือง)	24.76±2.83
คุณภาพทางจุลินทรีย์	

ค่าพารามิเตอร์	ผลวิเคราะห์
– ยีสต์และรา	0 CFU/g
– จุลินทรีย์ทั้งหมด	0 CFU/g
องค์ประกอบทางเคมี	
– ความชื้น (ร้อยละ)	6.60±0.23
– โปรตีน (ร้อยละ)	33.83±0.06
– ไขมัน (ร้อยละ)	0.80±0.08
– เถ้า (ร้อยละ)	11.45±0.06
– เยื่อใย (ร้อยละ)	2.59±0.05
– คาร์โบไฮเดรต (by difference)	44.73±0.18

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบต้นแบบพบว่า สูตรที่ใช้ผงปรุงรสลาบยี่ห้อผลิตภัณฑ์โลโบ้ในการผลิต ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด และการศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบ พบว่าการใช้ปริมาณผงจิ้งหรีดทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงที่ร้อยละ 5 เป็นปริมาณผงจิ้งหรีดที่เหมาะสมสำหรับทดแทนซูริมิเนื้อปลาทรายแดงที่สุด เมื่อคำนวณเทียบหาร้อยละของอัตราส่วนส่วนผสมอ้างอิงจากสูตรสูตรควบคุมที่ไม่มีการใช้ผงจิ้งหรีด จะได้สูตรการผลิตดังนี้ 1. ซูริมิเนื้อปลาทรายแดง ร้อยละ 57.62, 2. ผงจิ้งหรีด ร้อยละ 3.03, 3. แป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 3.82, 4. แป้งสาลี ร้อยละ 2.28, 5. เกลือ ร้อยละ 0.49, 6. น้ำตาล ร้อยละ 7.89, 7. ซีอิ๊วขาว ร้อยละ 1.13, 8. ผงฟู ร้อยละ 0.99, 9. ผงปรุงรสลาบยี่ห้อโลโบ้ ร้อยละ 11.38 และ 10. น้ำ ร้อยละ 11.38 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความชื้น ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องข้าวพอง (มผช. 723/2548) ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่า a_w 0.3284 ค่า L^* (ความสว่าง) เท่ากับ 55.88 ค่า a^* (ความเป็นสีแดง) เท่ากับ 13.61 และค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง) เท่ากับ 24.76 ผลิตภัณฑ์ปลาเส้นกรอบรสลาบผสมจิ้งหรีดผง มีความชื้นโปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 6.60, 33.83, 0.80, 11.45, 2.59 และ 44.73 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๔ โครงการวิจัยเรื่อง “การเก็บรวบรวมฐานข้อมูลและการใช้ประโยชน์จากจิ้งหรีดเพื่อเพิ่มมูลค่าและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนแห่งอนาคต” สัญญาเลขที่ วช.อว.(อ)(กบท๑)/๑๖๒/๒๕๖๔ และขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้ห้องปฏิบัติการ ครุภัณฑ์ เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ชญานิกา ศรีวิชัย, ภัทรภร อยู่สุข และ วนิดา แพรภาษา. 2556. “ภาวะโภชนาการเกินในเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษา 1–6 โรงเรียนวัดมูลจินดาราม และโรงเรียนธัญสิทธิ์ศิลป. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิรนเอเชีย. ปีที่ 7 (1), หน้า 40–45.

พงศ์พิพัฒน์ สนม และ กมลวรรณ แจ้งชัด. (2563). ผลของจิ้งหรีดผง โปรตีนถั่วเหลืองสกัด และแซนแทนกัมที่มีต่อคุณภาพคุกกี้แป้งข้าวจ้าว. วารสารวิชาการและวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. ปีที่ 14 (2), หน้า 72–84

รัชดาภรณ์ ปานสันเทียะ, กัลยานิมิตร แฟนพิมาย, จริยา รอดดี, สุภาวดี พรหมบุตร, ปภังกร ส่างสวัสดิ์, กิติพงษ์ พรมโย และ ไตรภพ พาหอม. (2566). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากจิ้งหรีด. วารสารแก่นเกษตร, ปีที่ 51 (1), หน้า 587–594.

สยุมพร รัตนพันธ และเชาว์ อินทร์ประสิทธิ์. (2561). ผลของเวลาในการนึ่งต่อคุณภาพของข้าวเกรียบจาก แป้งมันสำปะหลัง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่26 (3), หน้า 532–543

อรรณพ ทัษนอุดม, สมจิตร หอมจันทร์ และวรรณภา สระพินครบุรี. (2567). ผลของการใช้ผงจิ้งหรีดและแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำทดแทนแป้งสาลีต่อคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของคุกกี้เนยกระเทียม. วารสารวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมการเกษตร. ปีที่ 55 (2), หน้า 122–136

อรลัดา เจือจันทร์, กัญญามาศ สายยศ และ อภิญญา การะเกต. (2564). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งเสริมจิ้งหรีด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. ปีที่ 52 (1), หน้า 329–332.

AOAC. (2016). Official method of analysis of analysis of Association of Official Analytical Chemists. (20th ed).Association of Official Analytical Chemists Internation. Gaithersburg, USA.

BAM. (2001). Bacteriological Analytical Manual Online Edition 2001(US–FDA), Yeast, Mold and Mycotoxins Chapter 18.

BAM. (2001). Bacteriological Analytical Manual Online Edition 2001(US–FDA), Total Plate Count or AerobicChapter 3.

Foodnetworksolution.com [อินเตอร์เน็ต]. 2548; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2567. ได้จาก foodnetworksolution.com/wiki/word/3733/ข้าวพอง.

Sahin, S. and Sumnu, S.G., (2006), Physical Properties of Foods, Springer Science Business Medis, LLC., USA.

ผลของการใช้เจลบุกทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ไก่ยอ

Effects of using Konjac gel as a substitute for Cassava Starch in Chicken Sausage Products

กฤตนน โชติพรม[1*], ญารินดา หวัง[1], นฤมล ศรีกุฎ[1], จารุวรรณ สีเล[1] และ ธนาพร บุญมี[1]

Krittanon Chotprom[1*], Yarinda Wang[1], Naruemon Srikut[1], Jaruwan Seele[1] and Thanaporn Bunmee[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมเจลบุกในผลิตภัณฑ์ไก่ยอเพื่อทดแทนแป้ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 3 กลุ่มทดลอง ดังนี้ กลุ่มที่ 1 คือ สูตรควบคุม ใช้แป้งมันสำปะหลัง 3% ของเนื้อออกไก่ กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่มีการเสริมเจลบุกผสมกับแป้งมันสำปะหลัง อัตราส่วนละ 1.5% ของเนื้อออกไก่ และกลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มที่มีการเสริมเจลบุกระดับ 3% ของเนื้อออกไก่ ทำการทดลองกลุ่มละ 3 ซ้ำ เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไก่ยอ ค่าสี การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าความชื้นสูงสุดที่สูตรการเสริมเจลบุกระดับ 3 % เท่ากับ 75.18 ค่าโปรตีนสูงสุดอยู่ที่กลุ่มควบคุม เท่ากับ17.29 ค่าไขมันสูงสุดที่สูตรการเสริมเจลบุกระดับ 3 % เท่ากับ 0.49 ค่าเถ้าสูงสุดที่สูตรการเสริมเจลบุกระดับ 1.5 % เท่ากับ 2.84 ค่าเยื่อใยสูงสุดที่สูตรควบคุม เท่ากับ 0.54 ค่าคาร์โบไฮเดรตสูงสุดที่สูตรควบคุม เท่ากับ 5.95 ค่าสีของผลิตภัณฑ์ไก่ยอหลังสุก (L*, a*, b*) พบว่า ค่าสี a* (สีแดง–สีเขียว) กับ L*(ความสว่าง) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 3 % มีค่าสูงสุด คือ 66.91 ค่า a* (สีแดง–สีเขียว) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสูตรควบคุม มีค่าสูงสุด คือ 0.42 ค่า b* (สีน้ำเงิน–สีเหลือง) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส พบว่าค่าแรงตัดผ่าน (Shear force) ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความสามารถในการยึดเกาะภายในชิ้นอาหาร (Cohesiveness) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Gumminess) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้เจลบุกเป็นสารเสริมในผลิตภัณฑ์ไก่ยอได้ ในระดับ 1.5 % ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 1.5 % โดยทางด้านองค์ประกอบทางเคมีสูตรผสมเจลบุกร้อย 1.5 มีค่าโปรตีน (16.64) ค่าเถ้า (2.84) และเยื่อใย (0.52) สูงกว่าสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 3 %และเมื่อพิจารณาต้นทุนวัตถุดิบจากการศึกษาการคำนวณต้นทุนของสูตรพื้นฐานไก่ยอสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 3 ของเนื้อออกไก่ มีต้นทุนอยู่ที่ประมาณ 19.02 บาท/ชิ้น มีต้นทุนสูงที่สุด

คำสำคัญ: ไก่ยอ, เจลบุก, ผลิตภัณฑ์

[1] สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา 56000

[1] Division of Animal Science, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author: Krittanon.ch@up.ac.th

Abstract

This research aimed to evaluate the effects of konjac gel as a starch substitute in chicken sausage. A Completely Randomized Design (CRD) was used with three treatment groups: Group 1 (control) used 3% tapioca starch; Group 2 included 1.5% konjac gel with 1.5% tapioca starch; and Group 3 used 3% konjac gel. Each treatment was conducted in triplicate to analyze chemical composition, color, and texture. Results showed significant differences in chemical composition ($p<0.05$). The 3% konjac gel group had the highest moisture (75.18%) and fat (0.49%), while the control group showed the highest protein (17.29%), fiber (0.54%), and carbohydrate (5.95%). For color (L*, a*, b*), both L* (lightness) and a* (red–green) differed significantly ($p<0.05$), with the highest L* in the 3% konjac group (66.91) and highest a* in the control (0.42). Texture analysis showed significant differences in shear force, hardness, springiness, and cohesiveness ($p<0.05$), while (Gumminess) was unaffected ($p>0.05$). These findings suggest that konjac gel can enhance chicken sausage, especially at 1.5% combined with 1.5% tapioca starch, which showed optimal protein (16.64%), ash (2.84%), and fiber (0.52%) values. Cost analysis indicated the 3% konjac formulation was the most expensive, at approximately 19.02 baht per piece.

Keywords: Chicken sausage, Konjac gel, Product

บทนำ

ไกยอ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อไก ไขมัน เครื่องเทศ เครื่องปรุงรส เช่น พริกไทย เกลือ น้ำตาล อาจมีสวนประกอบอื่น เช่น โปรตีนนม โปรตีนพืช แป่งมันสำปะหลัง นำมาบดและนวดผสมจนเป็นเนื้อเดียวกันที่อุณหภูมิต่ำ โดยใช้น้ำแข็งหรือวิธีอื่นที่เหมาะสม อาจเติมสวนผสมอื่น เช่น เห็ดหอม พริกไทยดำ สาหร่าย คลุกเคลาให้เขากัน บรรจุในวัสดุหอหุมหรือบรรจุในภาชนะบรรจุที่เหมาะสมให้แน่น แลวนำไปตมหรือนึ่งจนสุก (โดยทั่วไปอุณหภูมิจุดกึ่งกลางภายในไม่ต่ำกวา 72 องศาเซลเซียส) ลักษณะภายนอกต้องเรียบ สะอาด ไม่แฉะ ต้องสุกและละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน แน่นยืดหยุ่น ไม่ยุ่ย อาจมีโพรงอากาศได้เล็กน้อย ต้องมีสีสดตามธรรมชาติของไก่ยอและส่วนประกอบที่ใช้ ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของไก่ยอและส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นบูด รสเปรี้ยว ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น กระดูก เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2555)

แป้งบุก (Konjac flour) เป็นแป้งที่ได้จากหัวของพืชคอนยัค (Konjac) หรือ บุก เป็นพืชเศรษฐกิจยอดนิยมสำหรับคนรักสุขภาพ เพราะมีสรรพคุณในการช่วยคุมน้ำหนัก และมีประโยชน์ดีต่อสุขภาพ อีกทั้งแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆได้หลากหลาย โดยมีลักษณะเป็นพืชสมุนไพรล้มลุกในตระกูล Amorphophallus ที่มีใยอาหารสำคัญชนิดหนึ่งในหัวบุกที่เรียกว่า กลูโคแมนแนน (Glucomannan) แป้งบุกได้จากการนำเหงาแห้งมาบดเพื่อทำเป็นแป้งและไปแปรรูปเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ในด้านอุสาหกรรมใช้ความหนืดของสารกลูโคแมนแนน ทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์ (Sanook, 2563)

ผงบุก (Konjac powder) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้งบุกมาผ่านกระบวนการแปรรูปเพิ่ม เช่น การทำให้แป้งบุกแห้งและบดให้ละเอียดมากขึ้น ผงบุกที่ได้จากกระบวนการทำแห้งมีปริมาณกลูโคแมนแนน (Glucomannan) ประมาณ

73–74 % เป็นเส้นใยอาหารธรรมชาติที่เอนไซม์ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ ทำหน้าที่เพิ่มกากใยแต่ไม่เพิ่มพลังงานและปริมาณน้ำตาล ที่มีใยอาหารสำคัญชนิดหนึ่งในหัวบุก (วุฒินันท์ และคณะ, 2556)

เจลบุก (Konjac gel) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผสมผงบุก กับน้ำ จะเกิดการพองตัวและมีคุณสมบัติที่สำคัญคือสามารถเกิดเจลได้ ได้เจลที่มีความแข็งแรงและยังมีความคงตัวสูง มีการนำมาใช้ร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์บางชนิด เช่น เจลาติน คาราจีแนน ซึ่งจะได้เจลที่ยืดหยุ่น นิ่ม สามารถคงสภาพหลังเก็บในอุณหภูมิต่ำในช่องแช่เย็นโดยไม่เปลี่ยนรสชาติและไม่แข็งตัวเป็นก้อน ช่วยเพิ่มสมบัติในการอุ้มน้ำและเก็บรักษาความชื้นให้กับอาหารให้ดีขึ้น มีโภชนาการที่ดีและมีประโยชน์หลายประการสำหรับการควบคุมน้ำหนักและการส่งเสริมสุขภาพ ด้วยคุณสมบัติที่แคลอรีต่ำและเส้นใยอาหารสูง ทำให้เจลบุกเป็นทางเลือกที่ดีในการทำอาหารและผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (ชาลีดา และคณะ, 2559) ได้มีการศึกษาการปรับปรุงขบวนการผลิตหมูยอและไก่ยอลดไขมันด้วยแป้งบุก ด้วยการเพิ่มระยะเวลาสับนวดส่วนผสมของหมูยอและไก่ยอลดไขมันด้วยแป้งบุกจากวิธีปกติ มีส่วนทำให้ส่วนทำให้ความหนืดของส่วนผสมเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษะเนื้อสัมผัสดีขึ้น สามารถใช้แป้งบุกทดแทนไขมันได้ถึง 73 เปอร์เซ็นต์ (อดิศักดิ, 2542) และมีการศึกษาประสิทธิภาพของอาหารเสริมด้วยกลูโคแมนแนน, D–Chiro–Inositol, อบเชย (Cinnamomum zeylanicum Blume), และอินูลินในผู้ป่วยที่มีภาวะเมตาบอลิซึม การใช้กลูโคแมนแนน (Glucomannan) ในอาหารจะช่วยลดน้ำหนักและควบคุมความอิ่ม กลูโคแมนแนนเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและขยายตัวในกระเพาะอาหาร ช่วยเพิ่มความอิ่มและลดการบริโภคพลังงานในแต่ละวัน ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและไขมัน งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่ากลูโคแมนแนนสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดและปรับปรุงระดับไขมัน เช่น ลด LDL และเพิ่ม HDL ได้ในผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับเมตาบอลิซึม (Roberto et al, 2024)

ในการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาผลของการเสริมเจลบุกในผลิตภัณฑ์ไก่ยอเพื่อทดแทนแป้งมันสำปะหลัง โดยมีจุดประสงค์ในการประเมินผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และโภชนาการของไก่ยอ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น และสอดคล้องกับความต้องการของตลาด การใช้เจลบุกแทนแป้งมันสำปะหลังยังช่วยปรับปรุงคุณสมบัติการกักเก็บน้ำของไก่ยอ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มชื้นมากขึ้น ลดการสูญเสียน้ำในกระบวนการปรุงอาหาร และเพิ่มความคงตัวของเนื้อสัมผัส ทำให้ผู้บริโภคได้รับประสบการณ์ที่ดีขึ้นในการบริโภคไก่ยอที่มีการลดคาร์โบไฮเดรต ทั้งนี้การวิจัยในด้านการใช้เจลบุกในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปยังคงเป็นประเด็นที่น่าสนใจในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และตอบสนองความต้องการด้านสุขภาพของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

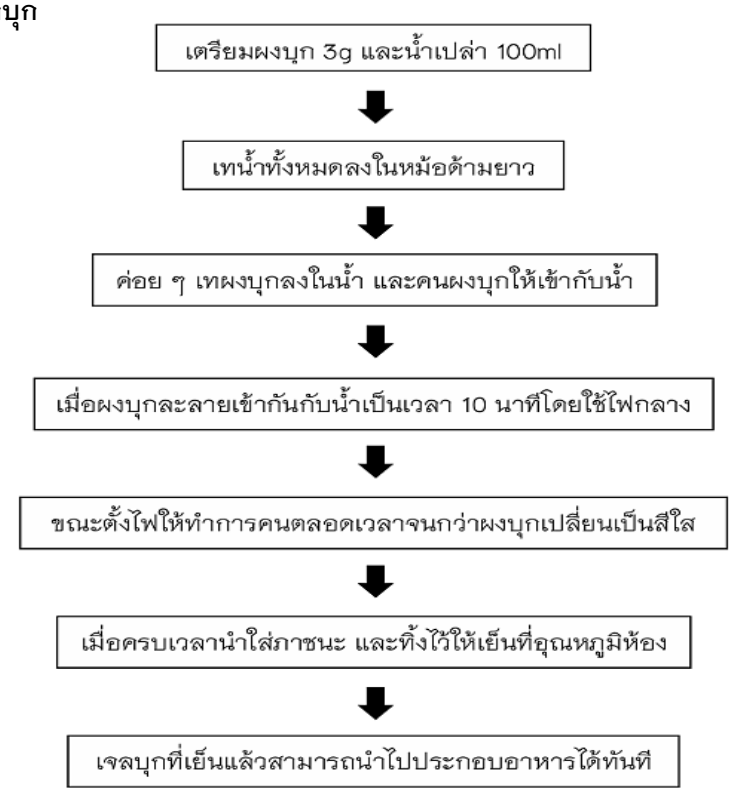
1. เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยใช้เจลบุกเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์ไก่ยอ
2. เพื่อศึกษาพัฒนาสูตร และเทคนิคการผลิตที่เหมาะสมในการใช้เจลบุกในผลิตภัณฑ์ไก่ยอ

วิธีวิทยาการวิจัย

วัตถุดิบ

เนื้ออกไก่ ผงบุก แป้งมันสำปะหลัง เกลือ น้ำตาลทราย ซีอิ๊วขาว ผงปรุงรส กระเทียม รากผักชี เม็ดพริกไทยขาวและดำ เบกกิ้งโซดา น้ำแข็งบดละเอียด ซื้อจากตลาดสด และซูปเปอร์มาร์เก็ต

การเตรียมเจลบุก



ภาพ 1 กระบวนการแปรรูปผงบุกให้กลายเป็นเจลบุก

กระบวนการผลิตไก่ยอ

นำส่วนของเนื้ออกไก่ (ไร้หนัง) จำนวน 1,000 กรัม นำไปล้างทำความสะอาดแล้วหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ หลังจากนั้นนำเข้าตู้เย็นแช่ในช่องธรรมดาอุณหภูมิ 0–4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30–60 นาที หลังจากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องบดละเอียด 3 ครั้ง บดเสร็จนำเข้าพักในตู้เย็นในช่องธรรมดาอีกครั้ง นาน 30 นาที แล้วนำออกมาบดผสมกับวัตถุดิบต่าง ๆ ตามสูตรการทดลองของแต่ละกลุ่มทดลอง นาน 10 นาที ขณะบดผสมค่อย ๆ เติมน้ำแข็งเพื่อคงอุณหภูมิวัตถุดิบไว้ เมื่อบดเสร็จตักส่วนผสมทุกอย่างใส่ภาชนะนำไปพักที่ตู้เย็น เป็นเวลา 30 นาที ระหว่างรอทำการเตรียมส่วนของการห่อไก่ยอ เริ่มจากการเตรียมฟอยล์ห่ออาหารตัดให้มีขนาดที่ต้องการ และเมื่อครบเวลานำเนื้อไก่ที่ผสมแล้วออกมาห่อให้มีขนาดเท่ากันเพื่อให้ทุกชิ้นสุกพร้อม ๆ กัน และนำไปนึ่งเป็นเวลา 15 นาที เมื่อครบเวลาให้นำออกมาพักทิ้งไว้ให้เย็น และเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่ยอในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 0–4 องศาเซลเซียส ประมาณ 3–4 วัน สูตรและส่วนผสม แสดงดังตารางที่ 1

การศึกษาผลของเจลบุกทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ไก่ยอ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ดังนี้ กลุ่มที่ 1 คือ สูตรควบคุม ใช้แป้งมันสำปะหลัง 3% ของเนื้ออกไก่ กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่มีการเสริมเจลบุกผสมกับแป้งมันสำปะหลัง อัตราส่วนละ 1.5% ของเนื้ออกไก่ และกลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มที่มีการเสริมเจลบุก 3% ของเนื้ออกไก่ ทำการทดลองกลุ่มละ 3 ซ้ำ โดยกำหนดส่วนผสมอื่น ๆ ให้คงที่ และทดสอบผลิตภัณฑ์ดังนี้

1. วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น (AOAC, 2016) เถ้า (AOAC, 2016) วิเคราะห์โปรตีน (AOAC, 2016) วิเคราะห์ไขมัน (AOAC, 2016) คาร์โบไฮเดรต (By difference)

2. การวิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab (ColorQuest XE, Hunter Associates Laboratory,Virginia, USA) รายงานผลเป็นค่า CIELAB ประกอบด้วยค่า L* หมายถึง (ความสว่าง) a* หมายถึง (สีเขียว–สีแดง) และ b* หมายถึง (สีน้ำเงิน–สีเหลือง)

3. การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส โดย เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture Analyser) รุ่น TA.XT.plus โดยใช้หัววัดทรงกระบอก Cylindrical probe เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (P/50) ด้วยโหมดการวัดแบบ Texture Profile Analysis (TPA) คือการที่หัววัดกดตัวอย่างลง 2 ครั้ง ด้วยความเร็วก่อนกด 2 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วขณะกด 1 มิลลิเมตร/วินาที และให้หัววัดเคลื่อนที่กลับด้วยความเร็ว 10 มิลลิเมตร/วินาทีทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

4. การคำนวนเปรียบเทียบต้นทุนวัตถุดิบ โดยค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการผลิตสินค้า จะช่วยให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต หากเปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูง แสดงว่ามีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) โดยมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สำเร็จรูป SPSS.18

ตารางที่ 1 สูตรและส่วนผสม

ส่วนผสม	การทดลอง		
	ควบคุม	เจลบุก 1.5%	เจลบุก 3%
อกไก่ (ไม่ติดหนัง)	1,000 กรัม	1000 กรัม	1000 กรัม
แป้งมันสำปะหลัง	30 กรัม	15 กรัม	–
เจลบุก	–	15 กรัม	30g
น้ำตาลทราย	30 กรัม	30 กรัม	30 กรัม
เบกกิ้งโซดา	10 กรัม	10 กรัม	10 กรัม
เกลือ	0.5 กรัม	0.5 กรัม	0.5 กรัม
ผงปรุงรสไก่	15 กรัม	15 กรัม	15 กรัม
เม็ดพริกไทยดำและขาว	10 กรัม	10 กรัม	10 กรัม
กระเทียม	10 กรัม	10 กรัม	10 กรัม
ซีอิ๊วขาว	15 มิลิลิตร	15 มิลิลิตร	15 มิลิลิตร
รากผักชี	10 กรัม	10 กรัม	10 กรัม
น้ำแข็ง	50 กรัม	50 กรัม	50 กรัม
รวม	1,180.5 กรัม	1,180.5 กรัม	1,180.5 กรัม

ผลการศึกษา

การศึกษาผลของปริมาณผงบุกทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ไก่ยอ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไก่ยอ พบว่าค่าความชื้นของสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 1.5 % และสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 3 % มีค่าความชื้นสูงที่สุด และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสูตรควบคุม มีความชื้นต่ำที่สุดคือ 73.03 ค่าโปรตีนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่สูตรควบคุมมีค่าโปรตีนสูงที่สุดคือ 17.29 ค่าไขมันของสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 1.5 %และสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 3 % มีค่าไขมันสูงที่สุดและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสูตรควบคุมมีความไขมันต่ำที่สุดคือ 0.42 ค่าเถ้าของสูตรควบ และสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 1.5 % มีค่าเถ้าสูงที่สุดและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 3 % มีความเถ้าต่ำที่สุดคือ 1.91 ค่าเส้นใยของสูตรควบและสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 1.5 % มีค่าเถ้าสูงที่สุดและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 3 % มีความเส้นใยต่ำที่สุดคือ 0.50 ค่าคาร์โบไฮเดรตของสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 1.5 % และสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 3 % มีค่าคาร์โบไฮเดรตต่ำที่สุดและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสูตรควบคุม มีความคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดคือ 5.95 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของการเสริมเจลบุกระดับต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ไก่ยอ

องค์ประกอบทางเคมี (%)	ผลการทดลอง			
	ควบคุม	เจลบุก 1.5%	เจลบุก 3%	p-value
ความชื้น	73.03±0.22^{b}	74.99±0.07^{a}	75.18±0.21^{a}	0.000
โปรตีน	17.29±0.03^{a}	16.64±0.01^{b}	16.11±0.01^{c}	0.000
ไขมัน	0.42±0.00^{b}	0.48±0.02^{a}	0.49±0.00^{a}	0.006
เถ้า	2.78±0.01^{a}	2.84±0.04^{a}	1.91±0.02^{b}	0.000
เส้นใย	0.54±0.01^{a}	0.52±0.00^{a}	0.50±0.01^{b}	0.003
คาร์โบไฮเดรต	5.95±0.22^{a}	4.54±0.03^{b}	5.81±0.02^{a}	0.002

ค่าทั้งหมดเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ 3 ซ้ำ

$^{a-b}$ ในแต่ละแถวที่มีตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

การวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ไก่ยอ พบว่าค่า L*(ความสว่าง) ของสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 1.5 % และสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 3 % มีค่าสูงที่สุดและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสูตรควบคุมมีค่า L*(ความสว่าง) ต่ำที่สุดคือ 63.40 ค่าสี a* (สีแดง-สีเขียว) พบว่าสูตรควบและสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 1.5 % มี a* สูงที่สุดและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 3 % มีค่า a* ที่ต่ำสุดคือ 0.32 ค่าสี b*(สีน้ำเงิน-สีเหลือง) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าสีของการเสริมเจลบุกระดับต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ไก่ยอ

ค่าสี	ผลการทดลอง			
	ควบคุม	เจลบุก 1.5%	เจลบุก 3%	p-value
ค่าความสว่าง (L*)	63.40±0.19[b]	66.30±0.26[a]	66.91±0.28[a]	0.000
ค่าสีแดง-สีเขียว (a*)	0.42±0.10[b]	0.36±0.04[b]	0.32±0.07[a]	0.002
ค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง (b*)	16.83±0.54	14.92±0.98	14.46±0.24	0.060

ค่าทั้งหมดเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ครั้ง

[a-b] ในแต่ละแถวที่มีตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอ พบว่าค่าความแน่น (Firmness) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่สูตรควบคุมมีค่าสูงสุดคือ 37.49 และสูตรการเสริมเจลบุก ระดับ 3 % มีค่าต่ำสุดคือ 66.91 ค่าความแข็ง (Hardness) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าแรงตัดผ่าน (Shear force) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่สูตรควบคุมมีค่าสูงสุดคือ 363.64 และสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 3 % มีค่าต่ำสุดคือ 256.32 ค่าความยืนหยุ่น (Springiness) พบว่าสูตรควบคุม และสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 1.5 % มีค่าสูงที่สุดและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 3 % ต่ำ มีค่าต่ำที่สุดคือ 0.81 ค่าความสามารถในการยึดเกาะภายในชิ้นอาหาร (Cohesiveness) พบว่ากลุ่มควบคุมมีค่าสูงสุดคือ 0.77 และกลุ่มสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 1.5 % และสูตรการเสริมเจลบุกระดับ 3 % มีค่าสูงต่ำที่สุดและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Gumminess) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TPA) ของการเสริมเจลบุกระดับต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ไก่ยอ

เนื้อสัมผัส(N)	ผลการทดลอง			
	ควบคุม	เจลบุก 1.5%	เจลบุก 3%	p-value
ความแน่น	37.49±0.31[a]	27.25±0.25[c]	25.99±0.30[b]	0.000
ความแข็ง	63.54±3.11	58.42±5.64	56.00±1.25	0.386
แรงตัดผ่าน	363.64±7.52[a]	326.37±3.77[b]	256.23±9.11[c]	0.000
ความยืนหยุ่น	0.85±0.01[a]	0.84±0.01[a]	0.81±0.01[b]	0.003
การยึดเกาะ	0.77±0.00[a]	0.67±0.00[b]	0.66±0.00[b]	0.000
แรงที่ใช้ในการเคี้ยว	36.71±0.24	39.68±3.12	38.85±0.20	0.508

ค่าทั้งหมดเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ครั้ง

[a-b] ในแต่ละแถวที่มีตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ต้นทุนการผลิต

จากการคำนวณต้นทุนของกลุ่มการทดลองใน พบว่า ต้นทุนของไก่ยอต่อชิ้นในกลุ่มควบคุม สูตรเสริมเจลบุก 1.5% และสูตรเสริมเจลบุก 3% มีค่าเท่ากับ 14.20, 16.61 และ 19.02 บาท/ชิ้น ตามลำดับ ซึ่งเป็นราคาที่ถูกลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีการเสริมเจลบุกลงในไก่ยอ แต่ในกลุ่มที่มีการเสริมเจลบุกมีราคาต่อชิ้นที่ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ต้นทุนผลิตของการเสริมเจลบุกระดับต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ไก่ยอ

ส่วนผสม (กรัม)	ควบคุม		เจลบุก 1.5%		เจลบุก 3%	
	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท)	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท)	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท)
อกไก่ (ไม่ติดหนัง)	1,000	79.60	1,000	79.60	1,000	79.60
แป้งมันสำปะหลัง	30	1.95	15	0.98	0	0
เจลบุก	0	0	15	20.25	30	40.5
น้ำตาลทราย	30	0.78	30	0.78	30	0.78
เบกกิ้งโซดา	10	1.03	10	1.03	10	1.03
เกลือ	0.5	0.04	0.5	0.04	0.5	0.04
ผงปรุงรสไก่	15	2.79	15	2.79	15	2.79
เม็ดพริกไทยดำและขาว	10	3.33	10	3.33	10	3.33
กระเทียม	10	12	10	12	10	12
ซีอิ๊วขาว	15	1.30	15	1.30	15	1.30
รากผักชี	10	10	10	10	10	10
น้ำแข็ง	50	0.75	50	0.75	50	0.75
รวมต้นทุนวัตถุดิบ	1,180.5	113.57	1,180.5	132.85	1,180.5	152.12
จำนวนที่ผลิต		8		8		8
ต้นทุน (บาท/หน่วย)		14.20		16.61		19.02

สรุปผลและอภิปรายผล

การศึกษาผลของปริมาณผงบุกทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ไก่ยอ จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าเมื่อมีการเสริมเจลบุกลงในผลิตภัณฑ์ไก่ยอ ค่าความชื้นของกลุ่มทดลองที่มีการเสริมเจลบุก 3% มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากองค์ประกอบของเจลบุก คือ กลูโคแมนแนน (Glucomannan) ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส (Glucose) และแมนโนส (Mannose) เชื่อมกันด้วยพันธะ β-1, 4-glucosidic bonds ทำให้มีลักษณะยืดหยุ่น และสามารถกักเก็บน้ำได้ดี เมื่ออยู่ในสารละลายหรือสัมผัสกับน้ำจะมีการพองตัว และเกิดโครงสร้างเจลที่มีคุณสมบัติในด้านการอุ้มน้ำที่สูง ซึ่งมีสอดคล้องกับงานวิจัยของนิสานารถ

และคณะ (2557) ซึ่งรายงานว่าการเพิ่มเจลบุกลงในไส้กรอกปลาอิมัลชันจากซูริมิส่งผลปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นและค่าโปรตีน ค่าไขมัน ค่าเถ้า ค่าเยื่อใย ที่มีการเสริมเจลบุกที่ระดับ 1.5% และ 3% มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องการเพิ่มขึ้นของส่วนผสมอื่นในไก่ยอที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์ ส่งผลทำให้โปรตีนมีการเจือจางลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Al-Naama et al. (2020) ซึ่งรายงานว่าการเสริมเจลบุกเมื่อทำการเปรียบเทียบกับสารเติมแต่งอื่น ๆ แม้ว่าจะมีการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของค่าโปรตีน แต่ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าบางสูตรที่ใช้เจลบุกทำให้ค่าโปรตีนลดลง รวมไปถึงโภชนาการโดยรวมที่ลดลงตามระดับเจลบุกที่เพิ่มขึ้น และค่าคาร์โบไฮเดรต พบว่ามีค่าที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากเจลบุกมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำที่ดีเมื่อมีการเสริมในไก่ยอ อาจทำให้ไก่ยอมีการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นและอาจส่งผลทำให้ค่าคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ถูกลดลงเมื่อมีการเสริมเจลบุกในสัดส่วนที่สูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ S. L. Kim et al. (2018) ซึ่งมีรายงานว่าการใช้เจลบุกสามารถลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตในสูตรได้

จากการวัดค่าสีของการเสริมเจลบุกลงในไก่ยอ พบว่ามีค่าความสว่าง (L*) ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากลักษณะของสีเจลบุกที่มีสีใส ทำให้เมื่อเพิ่มเจลบุกในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความสว่างของไก่ยอสูงขึ้นตามไป และยังส่งผลทำให้ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศุภิสรา และคณะ (2561) รายงานว่าการผลิตลูกชิ้นปลาเสริมเจลบุกและสมุนไพรในสูตรที่เสริมเจลบุกมีค่าความสว่างของสี (L*) มีค่าเพิ่มขึ้น และค่าสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) มีค่าลดลง

จากการวัดค่าเนื้อสัมผัสของไก่ยอที่มีการเสริมเจลบุกในระดับเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกัน ผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่มีการเสริมเจลบุกในระดับ 1.5% และ 3% พบว่าค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Gumminess) มีค่าที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากโครงสร้างของเจลบุกที่มีลักษณะที่ยืดหยุ่น และเมื่ออยู่ในสารละลายหรือสัมผัสกับน้ำจะมีการพองตัว และเกิดโครงสร้างเจลที่มีคุณสมบัติในด้านการอุ้มน้ำที่สูง ส่งผลทำให้ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวมีค่าสูงขึ้น รวมไปถึงค่าแรงตัดผ่าน (shear force) ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความแน่น (Firmness) ค่าความสามารถในการยึดเกาะภายในชิ้นอาหาร (Cohesiveness) และค่าความยืดหยุ่น (Springiness) มีค่าที่ลดลง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของค่าการเคี้ยว ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืบที่สูงขึ้นตามไปด้วย ขณะเดียวกันค่าของส่วนอื่นก็ลดลง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่ม และเปราะ ทำให้รู้สึกง่ายต่อการเคี้ยวและแตกออก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Youssef และ Barbut (2011) งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารเติมแต่งจากพืชในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป โดยพบว่าการเพิ่มบุกเจลช่วยลดความแข็งและความแน่นในผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มและเหนียวมากขึ้น โดยมีค่า Gumminess เพิ่มขึ้น และค่า Shear Force ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า สามารถใช้เจลบุกเป็นสารเสริมในผลิตภัณฑ์ไก่ยอได้ โดยในสูตรผสมเจลบุก 1.5% ร่วมกับแป้งมันสำปะหลัง 1.5% เพิ่มคุณค่าทางด้านองค์ประกอบทางเคมีในไก่ยอได้ เป็นระดับที่เหมาะสม การวิเคราะห์ต้นทุนพบว่าสูตรเจลบุก 3% มีต้นทุนสูงที่สุด ประมาณ 19.02 บาทต่อชิ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาคารปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และห้องปฏิบัติการทางเคมี คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้การสนับสนุนพื้นที่ วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และครุภัณฑ์ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล,รวิศรา อิ่มภาประเสริฐ,อรชร เมฆเกิดชู,รสพร เจียมจริยธรรม และ ภัทรานิษฐ์ ตรีเพ็ชร. (2559). การใช้ประโยชน์จากบุก. **สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร.** สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 27 สิงหาคม 2567. ได้จาก https://www.arda.or.th/datas/file/frman06.pdf.

นิสานารถ กระแสร์ชล และคณะ. (2557). ผลของเจลบุกและอุณหภูมิการเซตตัวต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาลดไขมันที่ทำจากซูริมิ. **ในรายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53 (สาขาประมง**. หน้าที่ 1317–1325. มหาวิทยาลัยบูรพา.

วุฒินันท์ โนนลำดวน, ณัฐพล ภูมิสะอาด, ละมุล วิเศษและชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล. (2556). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำแห้งแป้งบุกด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนอง และการออกแบบส่วนผสมกลาง. **วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์.** หน้า 55–63.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.(อินเทอร์เน็ต). 2555, สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 17 พฤศจิกายน 2567. ได้จาก https://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx.

ศุภิสรา พิสุทธิโกศล, พัชรพร จิรแพศยสุข และวรางคณา สมพงษ์.(2561).การผลิตลูกชิ้นปลาเสริมเจลบุกและสมุนไพร.**วรสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**, ปีที่ 26 ฉบับที่ 2 มีนาคม–เมษายน 2561. หน้าที่ 224–235.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. (2542). การปรับปรุงกระบวนการผลิตหมูยอและไก่ยอลดไขมันด้วยแป้งบุก.**วรสารอาหาร**, 29(1), หน้าที่ 37–50.

Al–Naama, H. M. H., Al–Obaidi, R. J., & Al–Hakeem, M. A. (2020). Enhancement of protein content in meat products using konjac and other hydrocolloids. **Journal Name**, Volume (Issue).

Kim, S. L., Lee, J. H., & Park, Y. S.(2018). Nutritional properties of konjac gel in meat products. **Journal Name**, Volume (Issue).

Roberto Citarrella, Roberta Chianetta, Simona Amodeo, Luigi Mirarchi, Anna Licata, Maurizio Soresi, Nicola Veronese , Mario Barbagallo,and Lydia Giannitrapani.(2024). Effectiveness of a Food Supplement Based on Glucomannan, D–Chiro–Inositol, Cinnamomum zeylanicum Blume and Inulin in Patients with Metabolic Syndrome. **Nutrients**, 16, 249.

Sanook [อินเทอร์เน็ต].2563;สืบค้นข้อมูลวันที่ 17 พฤศจิกายน 2567.ได้จาก https://www.sanook.com/health/22533/

Youssef, M.K., and Barbut, S. (2011). Effects of two types of soy protein isolates,native and preheated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels. **Meat Science**, 87: 54–60.

แนวทางการยกระดับผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นตามกรอบมาตรฐานคุณภาพสำหรับวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนแห่งหนึ่ง อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา

The approach to enhancing local products based on a quality standard framework for community enterprises: A case study of a community enterprise in Dok Khamtai District, Phayao Province

ธนาธิป สัตย์มาก[1], ภัทรลดา ทองสอาด[1], มนต์ชัย อินสองใจ[1] และ เอราวิล ถาวร[1*]

Thanatip Satmak[1], Phattalada Thongsaard[1], Monchai Insongjai[1] and Erawin Thavorn[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาศักยภาพของวิสาหกิจชุมชนวิสาหกิจชุมชนแห่งหนึ่ง อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา โดยการประยุกต์ใช้มาตรฐานคุณภาพ ร่วมกับเทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการ เพื่อสร้างแนวทางมาตรฐานคุณภาพให้กับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากวิสาหกิจชุมชนยังขาดมาตรฐานคุณภาพในการรับรองผลิตภัณฑ์และสถานที่การผลิตส่งผลให้ขาดความน่าเชื่อถือในผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาเฉพาะผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยและสร้างแนวทางทางมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับมาตรฐานคุณภาพ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกศึกษามาตราฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) และสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) รวมถึงการระดมความคิดร่วมกับวิสาหกิจชุมชน เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า ผู้วิจัยได้พัฒนาแนวทางดังกล่าวและนำไปประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่าแนวทางการพัฒนานี้ได้ผลการประเมินที่ดีขึ้นเมื่อเทียบผลการประเมินก่อนการปรับปรุง จากนั้นได้ให้ผู้ประกอบการประเมินความพึงพอใจพบว่าอยู่ในพึงพอใจอย่างมากและคาดการณ์จากแนวทางปรับปรุงคุณภาพได้ว่ารายได้เพิ่มขึ้นอย่างน้อย 10% โดยระยะเวลาคืนทุนทั้งสิ้น 30 เดือน

คำสำคัญ: การยกระดับวิสาหกิจชุมชน, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, น้ำมันหอมระเหย

[1] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Industrial Engineering, School of Engineering, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author: phattalada.tsd@gmail.com

Abstract

This research focuses on enhancing the capacity of a community enterprise located in Dok Khamtai District, Phayao Province, by applying quality standards in conjunction with industrial engineering techniques to develop a quality standard framework for its products. The community enterprise currently lacks product and production site certification, resulting in a lack of credibility for its products. The study specifically focuses on essential oil products, creating a standardization framework to align with quality standards. The researcher selected the Community Product Standards (CPS) and the Food and Drug Administration (FDA) standards for analysis and incorporated brainstorming sessions with the community enterprise to gather data for product improvement to better meet customer needs. The developed framework was evaluated by experts, with results showing significant improvements compared to pre-implementation assessments. Additionally, an evaluation of satisfaction by the enterprise operators revealed a very high level of satisfaction. The proposed quality improvement measures are projected to increase revenue by at least 10%, with an estimated payback period of 30 months.

Keywords: Community Enterprise Enhancement, Community Product Standards, Essential Oils

บทนำ

วิสาหกิจชุมชนแห่งหนึ่ง อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา มีกิจกรรมหลัก คือ การแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย โดยสินค้าหลัก คือ น้ำมันกระเทียม น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส และน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม ซึ่งพืชเหล่านี้ได้มาจากพื้นที่รอบๆ วิสาหกิจ ปัจจุบันผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสของวิสาหกิจชุมชนดังกล่าวประสบปัญหารายได้ลดลงเนื่องจากผลิตภัณฑ์ไม่ได้มาตรฐานคุณภาพรับรองส่งผลให้ลูกค้าขาดความเชื่อมั่น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าควรพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ผ่านมาตรฐานที่สำคัญ คือ 1. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) โดยเน้นไปที่ข้อกำหนดขั้นพื้นฐานของการจัดการสถานที่ผลิตอาหารให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่ดีในการผลิตอาหาร (GMP) ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การรับและจัดเก็บวัตถุดิบ บรรจุภัณฑ์ แปรรูป และแบ่งบรรจุสินค้า ทั้งนี้ก็เพื่อให้อาหารที่ผลิตมีความสะอาด ปลอดภัย และเกิดความมั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์อาหารมีคุณภาพและมาตรฐาน (กองอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2567) และ 2. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) เนื่องจากเป็นข้อกำหนดด้านคุณภาพที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ชุมชนให้เป็นที่เชื่อถือ เป็นที่ยอมรับ และสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ โดยมุ่งเน้นให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน เพื่อยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชุมชนให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด และสอดคล้องกับนโยบาย OTOP (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2567)

โดยผู้วิจัยเล็งเห็นว่าทั้งสองมาตรฐานคุณภาพนี้จะช่วยยกระดับมาตรฐานการผลิตน้ำมันหอมระเหยซึ่งเป็นสินค้าหลัก อีกทั้งเสริมสร้างความไว้วางใจจากผู้บริโภค ซึ่งจะส่งผลให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ สร้างมาตรฐานที่ชัดเจนในการผลิตผลิตภัณฑ์ ทำให้ชุมชนสามารถพัฒนากระบวนการผลิตและเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจ ผู้วิจัยได้นำโมเดล Business Model Canvas (BMC) และการวิเคราะห์ SWOT มาใช้เป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์เพื่อช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถมองเห็นภาพรวมธุรกิจอย่างเป็นระบบ โดย BMC ช่วยวิเคราะห์โครงสร้างธุรกิจและการสร้างคุณค่าให้กับลูกค้า ขณะที่ SWOT ช่วยประเมินจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคของ

ธุรกิจ การใช้เครื่องมือเหล่านี้ร่วมกันช่วยให้สมาชิกองค์กรมีความเข้าใจตรงกันเกี่ยวกับรูปแบบและปัญหาของธุรกิจ พร้อมสำหรับการพัฒนาในทิศทางที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

สร้างแนวทางการจัดทำมาตรฐานตามกรอบมาตรฐานคุณภาพเพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชน อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

วิธีวิทยาการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของวิสาหกิจชุมชนโดยผู้วิจัยเลือกศึกษาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เก็บข้อมูลเบื้องต้นของวิสาหกิจชุมชนโดยการสัมภาษณ์ สอบถามข้อมูลเกี่ยวกับน้ำมันหอมระเหย และระดมความคิดจากสมาชิกวิสาหกิจเพื่อศึกษาภาพรวมธุรกิจและวิเคราะห์การดำเนินงานโดยใช้ Business Model Canvas (BMC) รวมถึงการวิเคราะห์องค์กรด้วย SWOT

2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ศึกษามาตรฐานคุณภาพ มผช.และ อย. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพ เพื่อสร้างแนวทางประยุกต์ใช้และปรับปรุงตามแนวทางมาตรฐานคุณภาพ

3. การออกแบบประเมินตามกรอบมาตรฐานคุณภาพสำหรับวิสาหกิจชุมชน โดยผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เกณฑ์มาตรฐานการตรวจสอบของมาตรฐาน อย. ร่วมกับ มผช. โดยให้คะแนนดังนี้ 0 = ปรับปรุง 1 =พอใช้ และ 2 = ดี

4. ประเมินผลตามแบบประเมินดังข้อที่ 3 ผู้วิจัยได้ลงพื้นวิสาหกิจชุมชนเพื่อประเมินสภาพการดำเนินงานปัจจุบันตามแบบประเมินดังกล่าว โดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อทำการวิเคราะห์หาจุดที่ต้องทำการปรับปรุงและสร้างแนวทางมาตรฐานคุณภาพ

5. การวางแผนการปรับปรุงโดยใช้กรอบมาตรฐานคุณภาพสำหรับวิสาหกิจชุมชนร่วมกับเทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการ โดย

5.1 วางแผนแนวทางการปรับปรุงมาตรฐานตามหัวข้อการประเมิน 5 หมวด

5.2 วางแผนการออกแบบคู่มือแนวทางการยกระดับวิสาหกิจชุมชนตามกรอบมาตรฐานคุณภาพ

6. การดำเนินการปรับปรุงตามแผนออกแบบการปรับปรุงตามแผนการดำเนินงาน ผู้วิจัยได้สร้างแนวทางการปรับปรุงมาตรฐานตามกรอบแนวทางมาตรฐานคุณภาพฯ และจัดทำคู่มือแนวทางการยกระดับผลิตภัณฑ์ของวิสาหกิจชุมชนตามกรอบมาตรฐานคุณภาพฯ และคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนให้กับวิสาหกิจชุมชน เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับยื่นขอมาตรฐานคุณภาพต่อไปในอนาคต

7. ประเมินผลการปรับปรุง ผู้วิจัยใช้แบบประเมินที่ได้จากข้อ 3 ประเมินแผนการปรับปรุงที่ได้จากข้อ 6 อีกครั้งโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อยืนยันแนวทางการปรับปรุงว่าถูกต้องและตรงตามแนวทางมาตรฐานคุณภาพ

8. ประเมินความพึงพอใจของแผนการปรับปรุง ผู้วิจัยได้นำแผนการปรับปรุงฉบับสมบูรณ์ไปนำเสนอต่อสมาชิกของวิสาหกิจชุมชนเพื่อประเมินความพึงพอใจการปรับปรุง

9. สรุปผลการการดำเนินงาน

ผลการศึกษา

1. การออกแบบประเมินตามกรอบมาตรฐานคุณภาพสำหรับวิสาหกิจชุมชน

จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการระดมความคิดร่วมกันระหว่างนักวิจัย ผู้เชี่ยวชาญด้านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนคณะกรรมการการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ (มผช) และสมาชิกวิสาหกิจชุมชน จำนวนทั้งหมด 8 ท่าน ณ วิสาหกิจชุมชนกรณีศึกษา พบว่า เมื่อต้องการปรับปรุงวิสาหกิจซึ่งมีผลิตภัณฑ์หลายชนิดทั้งรับประทานได้และไม่ได้ให้ได้รับมาตรฐานคุณภาพ ควรนำมาตรฐาน อย. โดยเฉพาะข้อกำหนดขั้นพื้นฐานของการจัดการสถานที่ผลิตอาหารให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่ดีในการผลิตอาหาร (GMP) ที่ครอบคลุมถึงกระบวนการผลิตทั้งหมด เพื่อให้มั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์จะไม่ถูกปนเปื้อนหรือเสื่อมสภาพในระหว่างกระบวนการผลิตร่วมกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่จะช่วยส่งเสริมการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในระดับชุมชน โดยการยกระดับสินค้าท้องถิ่นให้ได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับในตลาด มาเป็นกรอบแนวทางปรับปรุง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้รวมสาระสำคัญที่ได้จากมาตรฐานทั้งสองเป็นแบบฟอร์มประเมินซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. หัวข้อการตรวจสอบ 5 หมวด โดยนำมาจากข้อกำหนดขั้นพื้นฐานของหลักเกณฑ์ที่ดีในการผลิตอาหาร (GMP) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 420) พ.ศ. 2563 ออกตามความใน พ.ร.บ. อาหาร พ.ศ. 2522 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหาร หรือ GMP 420 คือ หมวดที่ 1 สถานที่ตั้ง อาคารผลิต การทำความสะอาด และการบำรุงรักษา หมวดที่ 2 เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์การผลิต การทำความสะอาด และการบำรุงรักษา หมวดที่ 3 การควบคุมกระบวนการผลิต หมวดที่ 4 การสุขาภิบาล และ หมวดที่ 5 สุขลักษณะส่วนบุคคล แสดงตัวอย่างแบบประเมินหมวดที่ 3 ดังตารางที่ 1

2. ตัวบ่งชี้ระบุมาตรฐานเพื่อให้ทราบถึงที่มาของหัวข้อการตรวจสอบจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนและสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

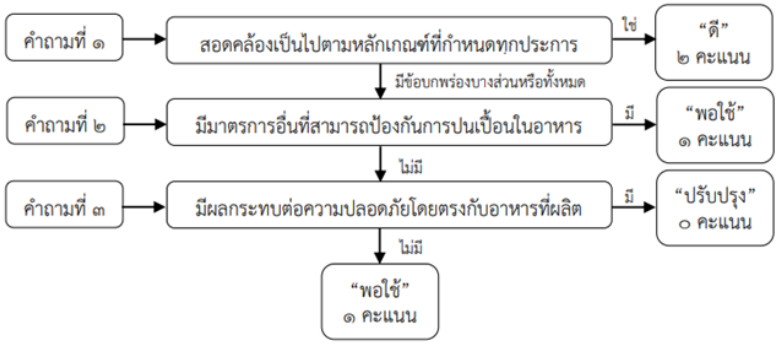
ตารางที่ 1 ตัวอย่างแบบประเมินหมวดที่ 3 การควบคุมกระบวนการผลิต

ลำดับที่	หัวข้อ	มาตรฐาน		เกณฑ์การให้คะแนน		
		มผช.	อย.	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
				2	1	0
หมวดที่ 3 การควบคุมกระบวนการผลิต						
3.1 วัตถุดิบ ส่วนผสม และวัตถุเจือปนอาหาร						
3.1.1	มีการคัดเลือกวัตถุดิบ ส่วนผสม และวัตถุเจือปนอาหาร ที่มีคุณภาพ ความปลอดภัย และมีข้อมูลความปลอดภัย ตามประเภทของวัตถุดิบ		●			
3.1.2	มีการเก็บรักษาบนชั้นหรือยกพื้น ป้องกันการปนเปื้อน แยกเป็นสัดเป็นส่วน ไม่ปะปนกับวัตถุอันตรายหรือ วัตถุดิบอื่นที่ไม่ใช่อาหาร กรณีผลิตอาหารที่ไม่มีสาร ก่อภูมิแพ้ต้องเก็บแยกจากวัตถุดิบที่มีสารก่อภูมิแพ้ มีระบบการนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ		●			
3.1.3	มีวิธีการลดการปนเปื้อนเบื้องต้นจากอันตรายที่มากับ วัตถุดิบหรือส่วนผสมตามความจำเป็น เช่น ล้างทำความ สะอาด ตัดแต่ง คัดแยก ลวก กรอง ลดอุณหภูมิ ฆ่าเชื้อ		●			
วัตถุดิบ						
3.1.4	วัตถุดิบและส่วนผสมต่างๆ ต้องสะอาดและปลอดภัยต่อผู้บริโภค	●				
3.1.5	มีการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ	●				
3.1.6	มีการเก็บรักษาอย่างเหมาะสม	●				
คุณภาพของน้ำที่ใช้ในกรรมวิธีการผลิต						
3.1.7	มีปริมาณเพียงพอ	●				
3.1.8	สะอาด ผ่านการต้มหรือกรองก่อนนำ มาใช้ในการผลิต	●				
กระบวนการผลิต						

ลำดับที่	หัวข้อ	มาตรฐาน		เกณฑ์การให้คะแนน		
		มผช.	อย.	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
				2	1	0
3.1.9	ไม่มีการทำงานที่สัมผัสกับพื้นสถานที่ผลิตโดยตรง	●				
3.1.10	กระบวนการผลิตต้องไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน	●				
การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์						
3.1.11	สามารถป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์	●				
3.2 ภาชนะบรรจุ						
3.2.1	มีการคัดเลือกภาชนะบรรจุที่มีคุณภาพความปลอดภัย เหมาะสมตามวัตถุประสงค์การใช้ และมีการตรวจสอบ สภาพและความสมบูรณ์ของภาชนะบรรจุ		●			
3.2.2	มีการเก็บรักษา ขนย้าย และนำไปใช้อย่างเหมาะสม ไม่ปนเปื้อน มีระบบการนำไปใช้ตามลำดับก่อนหลัง		●			
3.2.3	มีการทำความสะอาดหรือฆ่าเชื้อก่อนการใช้งานตาม ความจำเป็น ขนย้ายภาชนะบรรจุที่ทำความสะอาดแล้ว โดยไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนซ้ำ หากไม่ใช้งานทันทีต้อง มีระบบการป้องกันการปนเปื้อน		●			
3.3 การผสม						
3.3.1	กรณีใช้วัตถุเจือปนอาหาร ต้องใช้ตามที่กฎหมายกำหนด ชั่งตวงด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสม ผสมให้เข้ากันอย่าง ทั่วถึง มีบันทึกผล หรือการใช้สารช่วยในการผลิต ต้องใช้ตามข้อมูลความปลอดภัยและมีมาตรการกำจัด ออกให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย(M)		●			
3.3.2	ส่วนผสมอื่น ๆ มีการตรวจสอบอัตราส่วนการผสมให้ เป็นไปตามสูตรที่แสดงบนฉลาก หรือที่ได้รับอนุญาตไว้ และการผสมมีความสม่ำเสมอเพื่อควบคุมคุณภาพ		●			
3.3.3	น้ำ และน้ำแข็ง ที่เป็นส่วนผสม หรือที่สัมผัสกับอาหารที่ พร้อมสำหรับการบริโภค มีคุณภาพหรือมาตรฐานตาม ประกาศกระทรวงสาธารณสุข มีผลการตรวจวิเคราะห์ อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และมีการจัดเก็บในลักษณะ ที่ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน (M)		●			
3.3.4	ระหว่างกระบวนการผลิต มีการเก็บรักษาส่วนผสมที่ผสม แล้วภายใต้สภาวะที่ป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ และการปนเปื้อนข้าม และนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ		●			
3.3.5	มีการควบคุมกระบวนการลดและขจัดอันตรายด้านจุลินทรีย์ ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค และมีการตรวจสอบ อย่างสม่ำเสมอ และบันทึกผล (M)		●			
3.3.6	กรณีการผลิตที่ไม่มีกระบวนการลดและขจัดอันตรายด้าน จุลินทรีย์ เช่น การผสมส่วนผสมแห้งหรือของเหลวที่เป็น น้ำมัน การแบ่งบรรจุอาหารแห้ง การตัดแต่งผักผลไม้สด การบรรจุอาหารสด ต้องมีการควบคุมการปนเปื้อนตลอด กระบวนการผลิตอย่างเข้มงวด (M)		●			
3.4 การบรรจุและปิดผนึก						
3.4.1	บรรจุและปิดผนึกอย่างเหมาะสม ดำเนินการรวดเร็ว ควบคุมอุณหภูมิเพื่อป้องกันการเจริญของ เชื้อจุลินทรีย์มีมาตรการป้องกันการปนเปื้อนซ้ำ กรณีใช้วัตถุรักษาคุณภาพอาหารต้องใช้อย่างถูกต้อง		●			
3.4.2	ตรวจสอบความสมบูรณ์ของการปิดผนึก		●			
3.4.3	สภาพฉลากสมบูรณ์ มีข้อมูลเพียงพอ เพื่อให้ผู้บริโภค สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย		●			
3.4.4	ในกระบวนการผลิต มีการขนย้ายวัตถุดิบ ส่วนผสม วัตถุเจือปนอาหาร และผลิตภัณฑ์สุดท้าย ในลักษณะที่ไม่เกิด การปนเปื้อนข้าม (M)		●			
3.4.5	มีข้อมูลที่จำเป็นเพื่อบ่งชี้สำหรับการตามสอบย้อนกลับ เช่น ชนิด รุ่นการผลิตและแหล่งที่มาของวัตถุดิบ ส่วนผสม วัตถุเจือปนอาหาร ภาชนะบรรจุ ผลิตภัณฑ์สุดท้าย ผลิตภัณฑ์ ที่ไม่ได้มาตรฐาน		●			
3.5 ผลิตภัณฑ์สุดท้าย						
3.5.1	ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีคุณภาพหรือมาตรฐานตาม ประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่เกี่ยวข้อง โดยมี ผลวิเคราะห์อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง (M)		●			
3.5.2	มีการเก็บรักษาและขนส่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายเพื่อ จำหน่ายอย่างเหมาะสม สามารถรักษาคุณภาพ ล้างทำความสะอาด และป้องกันการปนเปื้อนข้าม จากพาหนะขนส่ง ผู้ปฏิบัติงาน และสิ่งแวดล้อมได้		●			
3.6 มีบันทึกเกี่ยวกับชนิด ปริมาณการผลิต และข้อมูลการจำหน่าย รวมทั้งมีวิธีการเรียกคืนสินค้า						
3.6.1	กรณีผลิตผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (M)		●			

ลำดับที่	หัวข้อ	มาตรฐาน		เกณฑ์การให้คะแนน		
		มผช.	อย.	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
				2	1	0
3.6.2	กรณีผลิตอาหารอื่นนอกเหนือจากผลิตภัณฑ์เสริม อาหาร		●			
3.6.3	มีการจัดการผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานอย่างเหมาะสม โดยการคัดแยกหรือทำลาย		●			
3.6.4	มีการเก็บรักษาบันทึกและรายงาน หลังจากพ้นระยะเวลา การวางจำหน่ายที่แสดงในฉลากผลิตภัณฑ์อย่างน้อย 1 ปี		●			
3.6.5	มีการตรวจประเมินตนเองโดยหน่วยงานภายในหรือ หน่วยงานภายนอก ตามประกาศฯ ฉบับนี้ อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และดำเนินการโดยผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจ กรณี พบข้อบกพร่องต้องมีมาตรการแก้ไข		●			

3. เกณฑ์การให้คะแนน โดยที่ ดี หมายถึง 2 คะแนน พอใช้ หมายถึง 1 คะแนน และปรับปรุง หมายถึง 0 คะแนน แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนน

2. ผลการประเมินก่อนการปรับปรุง

การประเมินมาตรฐานคุณภาพก่อนการปรับปรุง ณ วิสาหกิจชุมชนโดยผู้เชี่ยวชาญ การประเมินนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ความพร้อมและมาตรฐานของสถานที่การผลิตในแต่ละหมวด เพื่อวิเคราะห์จุดแข็งและจุดที่ต้องปรับปรุง โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละหมวด เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงระดับคุณภาพและความปลอดภัยของวิสาหกิจชุมชน ผลการประเมินยังได้ชี้ให้เห็นถึงข้อบกพร่องหรือปัญหาที่พบในแต่ละหมวด และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเพื่อนำไปปฏิบัติเพื่อยกระดับมาตรฐานการผลิต จากการประเมินพบว่า ได้รับคะแนนเท่ากับ 39 คะแนน เกณฑ์การยอมรับต้องมีคะแนนรวมทุกข้อไม่น้อยกว่า 91 คะแนน ดังนั้นวิสาหกิจกรณีศึกษาจึงไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน ต้องทำการแก้ไขปรับปรุงตามแนวทางมาตรฐานคุณภาพต่อไป ซึ่งสามารถวิเคราะห์และสรุปผลในทุกหมวดได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินก่อนการปรับปรุงวิสาหกิจชุมชน

หัวข้อ	คะแนน		ผลการประเมิน
	คะแนนที่ได้	คะแนนเต็ม	
หมวดที่ 1: สถานที่ตั้ง อาคาร การทำความสะอาด และการบำรุงรักษา			
การปรับปรุงมีทั้งหมด 4 หัวข้อ เช่น ทำเลที่ตั้งต้องห่างจากแหล่งที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน และบริเวณโดยรอบอาคารผลิตและภายในอาคารไม่มีการสะสมสิ่งของไม่ใช้แล้ว	15	18	**พอใช้** มาตรฐานของสถานที่ตั้งและอาคารยังไม่สมบูรณ์ในบางจุด ถึงแม้ในบางส่วนจะเป็นไปตามข้อกำหนด เช่น สถานที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่เหมาะสม และอาคารมีความมั่นคงแข็งแรง แต่ยังต้องปรับปรุงเรื่องการทำความสะอาด และการบำรุงรักษาอาคาร เช่น เพดานและพื้นที่บางส่วนที่ยังขาดการดูแล รวมถึงการแยกบริเวณต่างๆ ให้ชัดเจนมากขึ้น
หมวดที่ 2: เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์การผลิต การทำความสะอาด และการบำรุงรักษา			
การปรับปรุงมีทั้งหมด 4 หัวข้อ เช่น อุปกรณ์การชั่งตวงวัด มีความเหมาะสม เพียงพอ มีความ เที่ยงตรงแม่นยำ มีการสอบเทียบอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์การผลิตต้องบำรุงรักษาให้อยู่ ในสภาพที่ดี ใช้งานได้ ไม่ปนเปื้อน กรณีอุปกรณ์มีอายุการใช้งาน ต้องจดบันทึกอายุการใช้งาน และเปลี่ยนเมื่อครบกำหนด เป็นต้น	6	18	**ปรับปรุง** จำเป็นต้องปรับปรุงในเรื่องการบำรุงรักษาและการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยและความสะอาดการติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม การขาดการบำรุงรักษาและการตรวจสอบเครื่องจักร ไม่มีการแยกเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ชัดเจน และไม่มีแผนบำรุงรักษาที่ชัดเจน จึงทำให้การประเมินในส่วนนี้อยู่ในระดับต่ำ ต้องมีการปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐาน
หมวดที่ 3 การควบคุมกระบวนการผลิต			
ที่ต้องปรับปรุงทั้งหมด 22 หัวข้อ เช่น มีการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ และ มีการควบคุมกระบวนการลดและขจัดอันตรายด้านจุลินทรีย์ ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค และมีการตรวจสอบ อย่างสม่ำเสมอ และบันทึกผล (M) เป็นต้น	12	60	**ปรับปรุง** ต้องมีการจัดการกระบวนการผลิตให้ดีขึ้นและเพิ่มมาตรการควบคุมการปนเปื้อน ถึงแม้จะมีการจัดการวัตถุดิบและการผลิตบางส่วนที่ดี แต่ในหมวดนี้มีการปนเปื้อนในกระบวนการผลิต ขาดมาตรการควบคุมการปนเปื้อน ไม่มีการตรวจสอบและบันทึกผลตามข้อกำหนด
หมวดที่ 4 การสุขาภิบาล			
ที่ต้องปรับปรุงมีทั้งหมด 13 หัวข้อ เช่น จัดบริเวณที่ทิ้งขยะให้อยู่บริเวณเหมาะสม และ มีการป้องกันและกำจัดสัตว์พาหะนำ เชื้อไม่ให้เข้าในบริเวณที่ผลิต เป็นต้น	2	30	**ปรับปรุง** ต้องมีการจัดการด้านสุขาภิบาลให้เข้มงวดมากขึ้น โดยเฉพาะในเรื่องของการจัดการขยะและการป้องกันสัตว์พาหะ การจัดการขยะไม่ถูกต้อง อุปกรณ์ในการทำความสะอาดที่ไม่เพียงพอ ไม่มีมาตรการป้องกันสัตว์และแมลง การจัดการน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตไม่มีความสะอาด รวมถึงการขาดแผนการตรวจสอบด้านสุขาภิบาลอย่างเหมาะสม
หมวดที่ 5 สุขลักษณะส่วนบุคคล			
ปรับปรุงมีทั้งหมด 5 หัวข้อ เช่น ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนเริ่มปฏิบัติงาน และ ภายหลังจากสัมผัสสิ่งที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน รวมถึง กรณีสวมถุงมือ ต้องล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อน สวมถุงมือ และ สวมหมวกคลุมผม หรือผ้าคลุมผม ชุดหรือผ้ากันเปื้อน และรองเท้าที่สะอาดขณะปฏิบัติงาน รวมทั้งสวม ผ้าปิดปากตามความจำเป็น เป็นต้น	4	16	**ปรับปรุง** ผู้ปฏิบัติงานยังไม่ปฏิบัติตามสุขลักษณะที่เหมาะสม เช่น การสวมหมวกคลุมผมและถุงมือในการปฏิบัติงาน ขาดการฝึกอบรมด้านสุขลักษณะ และไม่มีมาตรการสำหรับผู้ที่ไม่ได้เกี่ยวข้องในการผลิตให้ชัดเจน จึงทำให้คะแนนในหมวดนี้อยู่ในระดับต่ำ
คะแนนรวม	39	152	**ไม่ผ่านเกณฑ์** ต้องได้คะแนนมากกว่า 91 คะแนน

3. แผนการปรับปรุงตามกรอบมาตรฐานคุณภาพ

จากผลการประเมินวิสาหกิจชุมชนโดยผู้เชี่ยวชาญ ทางผู้วิจัยได้ออกแบบและวางแผนแนวทางการปรับปรุงตามกรอบมาตรฐานคุณภาพ โดยแสดงตัวอย่างแผนการปรับปรุงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แผนการปรับปรุงตามกรอบมาตรฐานคุณภาพหมวดที่ 3 การควบคุมกระบวนการผลิต

ที่	หัวข้อ	วิธีการตรวจสอบ	ผลก่อนการปรับปรุง	ผลหลังการปรับปรุง
1	มีวิธีการลดการปนเปื้อนเบื้องต้นจากอันตรายที่มากับ วัตถุดิบหรือส่วนผสม ตามความจำเป็น เช่น ล้างทำความสะอาด ตัดแต่ง คัดแยก ลวก กรอง ลดอุณหภูมิ ฆ่าเชื้อ	เครื่องมือตรวจสอบทางกายภาพ ตะแกรง: ใช้สำหรับคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุดิบ เช่น เศษไม้ หิน ดิน ตาข่าย: ใช้สำหรับคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุดิบ เช่น แมลง ฝุ่นละออง	ปัจจุบันไม่มีวิธีการลดการปนเปื้อนเบื้องต้นจากอันตรายที่มากับวัตถุดิบ แค่ล้างทำความสะอาด	กำหนด check list การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบก่อนการผลิต และมีการตรวจอย่างสม่ำเสมอแสดงดัง
2	มีการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ	เครื่องมือวิเคราะห์ทางกายภาพ: เช่น สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส	ไม่มีเครื่องมือวิเคราะห์ทางกายภาพ	กำหนด check list การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบก่อนการผลิต และมีการตรวจอย่างสม่ำเสมอแสดงดัง
3	มีการเก็บรักษา ขนย้าย และนำไปใช้อย่างเหมาะสม ไม่ปนเปื้อน มีระบบการนำไปใช้ตามลำดับก่อนหลัง	มีโต๊ะหรือที่ทำการผลิตชัดเจน เป็นสัดส่วน ไม่ทำรวมกันหรือวางกับพื้น โต๊ะควรสูงจากพื้นอย่างน้อย 60 ซม.	ไม่มีการเก็บรักษาที่เหมาะสมก่อนการขนย้าย สามารถเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย	กำหนด check list การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบก่อนการผลิต และมีการตรวจอย่างสม่ำเสมอ
4	มีการทำความสะอาดหรือฆ่าเชื้อก่อนการใช้งานตาม ความจำเป็น ขนย้ายภาชนะบรรจุที่ทำความสะอาดแล้ว โดยไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนซ้ำ หากไม่ใช้งานทันทีต้อง มีระบบการป้องกันการปนเปื้อน	มีตู้จัดเก็บที่เหมาะสมแยกเก็บเป็นสัดส่วนที่ชัดเจน ที่จัดเก็บอยู่ถูกสุขลักษณะ	ไม่มีตู้จัดเก็บที่เหมาะสม แยกเก็บเป็นสัดส่วนที่ชัดเจน	กำหนด check list การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบก่อนการผลิต และมีการตรวจอย่างสม่ำเสมอ
5	กรณีใช้วัตถุเจือปนอาหาร ต้องใช้ตามที่กฎหมายกำหนด ชั่งตวงด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสม ผสมให้เข้ากันอย่าง ทั่วถึง มีบันทึกผล หรือการใช้สารช่วยในการผลิต ต้องใช้ตามข้อมูลความปลอดภัยและมีมาตรการกำจัด ออกให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย(M)	ดูวัตถุเจือปนอาหารต้องใช้ตามกฎหมายที่กำหนดด้วยเครื่องชั่งตวงด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสม	ไม่มีเครื่องชั่งตวงวัดที่เหมาะสมต่อการผลิต	ใช้เครื่องตวงดิจิตัลสำหรับการตวงวัตถุดิบโดยเฉพาะ
6	น้ำ และน้ำแข็ง ที่เป็นส่วนผสม หรือที่สัมผัสกับอาหารที่ พร้อมสำหรับการบริโภค มีคุณภาพหรือมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข มีผลการตรวจวิเคราะห์ อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และมีการจัดเก็บในลักษณะ ที่ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน (M)	มีวัสดุ หรือ วิธีการเก็บที่ไม่ปนเปื้อน	ถังพักน้ำอาจมีการปนเปื้อนจากน้ำที่นำมาจากสระแล้วใส่พักไว้	กำหนดให้มีการตรวจสอบตามมาตตรฐานที่ประกาศตามกระทรวงสาธารณสุข
7	ระหว่างกระบวนการผลิต มีการเก็บรักษาส่วนผสมที่ผสม แล้วภายใต้สภาวะที่ป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ และการปนเปื้อนข้าม และนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ	ส่วนผสมมีการเก็บรักษาภายใต้สภาวะที่ป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์เพื่อป้องกันการปนเปื้อน	ส่วนผสมไม่มีการเก็บรักษาตามสภาวะป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ เก็บรวมกับผลิตภัณฑ์	กำหนด check list การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบก่อนการผลิต และมีการตรวจอย่างสม่ำเสมอ
8	มีข้อมูลที่จำเป็นเพื่อบ่งชี้สำหรับการตามสอบย้อนกลับ เช่น ชนิด รุ่นการผลิตและแหล่งที่มาของวัตถุดิบ ส่วนผสม วัตถุเจือปนอาหาร ภาชนะบรรจุ ผลิตภัณฑ์สุดท้าย ผลิตภัณฑ์ ที่ไม่ได้มาตรฐาน	ฉลากข้อมูลไม่ครบถ้วน	ฉลากไม่มีข้อมูลที่ครบถ้วนและชัดเจน	กำหนด check list การตรวจสอบคุณภาพการบรรจุและมีการตรวจ บันทึกผล
9	มีการจัดการผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานอย่างเหมาะสม โดยการคัดแยกหรือทำลาย	มีการแยกที่ชัดเจนในการทำลาย	ไม่มีการคัดแยกหรือทำลายของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน	1.กำหนด check list การตรวจสอบคุณภาพผลิต 2.กำหนดบันทึกผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามมาตรฐานของแต่ละ lot 3.กำหนดขั้นตอนการทำลายอย่างชัดเจน
10	มีการเก็บรักษาบันทึกและรายงาน	มีแผนการตรวจสอบคุณภาพ และบันทึกผล	ไม่มีแผนการตรวจสอบ	1.กำหนดบันทึกผลิตภัณฑ์ที่ไม่

ที่	หัวข้อ	วิธีการตรวจสอบ	ผลก่อนการปรับปรุง	ผลหลังการปรับปรุง
	หลังจากพ้นระยะเวลา การวางจำหน่ายที่แสดงในฉลากผลิตภัณฑ์อย่างน้อย 1 ปี	การทำงาน	คุณภาพและบันทึกผลการทำงาน	ตรงตามมาตรฐานของแต่ละ lot 2.กำหนดขั้นตอนการทำลายอย่างชัดเจน
11	มีการตรวจประเมินตนเองโดยหน่วยงานภายในหรือ หน่วยงานภายนอก ตามประกาศฯ ฉบับนี้ อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และดำเนินการโดยผู้ที่มีความรู้ความ	มีแผนการตรวจสอบคุณภาพ และบันทึกผลการทำงาน	ไม่มีแผนการตรวจสอบคุณภาพและบันทึกผลการทำงาน	1.กำหนดบันทึกผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามมาตรฐานของแต่ละ lot 2.กำหนดขั้นตอนการทำลายอย่างชัดเจน

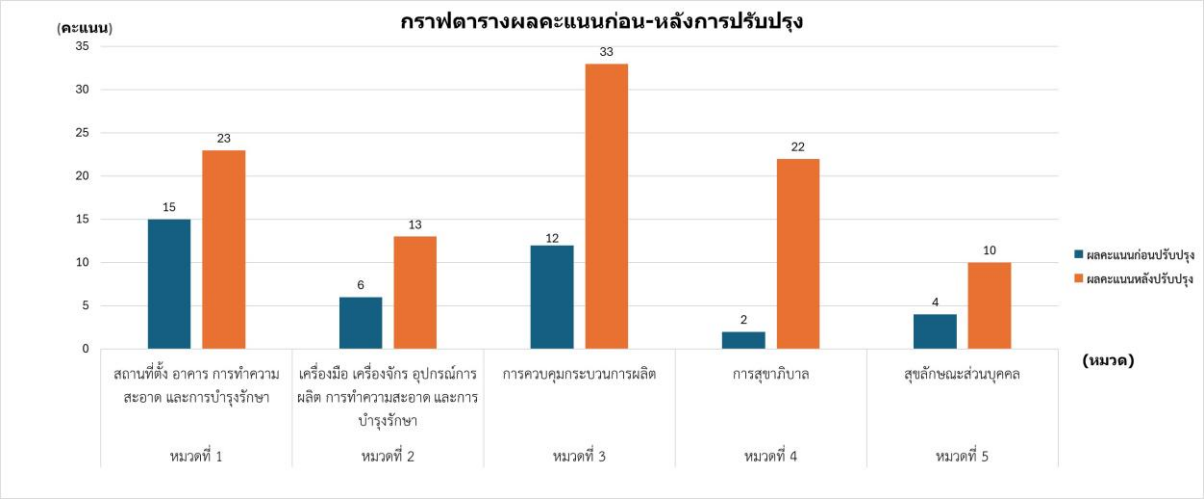
ใบตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบก่อนการผลิต

วันที่ตรวจสอบ : ผู้ตรวจสอบ :

ชนิดวัตถุดิบ: ☐ ใบยูคาลิปตัส ☐ ใบตะไคร้หอม

หัวข้อการตรวจสอบ	วิธีการ / คู่มือ	เครื่องมือ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ผลการประเมิน	
				ผ่าน	ไม่ผ่าน
1.ความสดของใบ					
- ใบสด ไม่มีรอยเหี่ยวแห้ง	สุ่มตรวจทุก 5 ใบต่อ 1 กิโลกรัม	ตา			
2.สีของใบ					
- สีเขียวสด ไม่เหลืองหรือมีจุดดำ	สุ่มตรวจทุก 5 ใบต่อ 1 กิโลกรัม และเปรียบเทียบกับสีมาตรฐาน	ตา			
3.ความสะอาดของใบ					
- ไม่มีสิ่งสกปรก เช่น ฝุ่นหรือดิน	สุ่มตรวจทุก 5 ใบต่อ 1 กิโลกรัม และ ทำความสะอาดทุกครั้งก่อนการผลิต	ตา			

ภาพที่ 2 ตัวอย่างใบตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบก่อนการผลิต



ภาพที่ 3 กราฟผลการประเมินความพึงพอใจการปรับปรุงจากผู้ประกอบการ

จากผลการวิจัย จึงได้แนวทางการจัดทำสำรับแนวทางการปรับปรุงทั้ง 5 หมวดโดยสรุปสามารถอธิบายได้ดังนี้

หมวดที่ 1 สถานที่ตั้ง อาคาร การทำความสะอาด และการบำรุงรักษา แนวทางคือการปรับปรุงสถานที่ตั้งและอาคารผลิตให้ห่างไกลจากแหล่งปนเปื้อน เช่น แหล่งกำเนิดมลพิษต่างๆ ได้ถูกดำเนินการอย่างเป็นระบบ โดยได้ร่างภาพจำลองติดตั้งกระจกบานเลื่อนเสริมที่รั้วตาข่ายเพื่อป้องกันมลพิษจากภายนอก นอกจากนี้ ยังมีการจัดทำแผน 5ส สำหรับการบริหารจัดการของเสีย เพื่อรักษาความสะอาดและเป็นระเบียบอย่างต่อเนื่อง

หมวดที่ 2 เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์การผลิต การทำความสะอาด และการบำรุงรักษา แนวทางคือได้รับการทำความสะอาดและฆ่าเชื้ออย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดความเสี่ยงของการปนเปื้อน กำหนดตารางการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) อย่างชัดเจน เพื่อให้เครื่องจักรและอุปกรณ์ทุกชนิดอยู่ในสภาพที่ดี พร้อมใช้งาน นอกจากนี้ยังได้มีการสอบเทียบเครื่องมือวัดอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการใช้งาน อีกทั้งยังมีการแยกอุปกรณ์สำหรับอาหารออกจากอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการอื่นอย่างชัดเจน

หมวดที่ 3 การควบคุมกระบวนการผลิต แนวทางคือมีการกำหนดแนวทางการลดการปนเปื้อนเบื้องต้นจากวัตถุดิบ โดยใช้วิธีการทำความสะอาด ฆ่าเชื้อ และตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอย่างสม่ำเสมอ โดยใช้ใบตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบรวมถึงการควบคุมน้ำและน้ำแข็งที่สัมผัสกับอาหารให้มีคุณภาพตามมาตรฐาน นอกจากนี้ ยังมีการจัดเก็บและรักษาวัตถุดิบภายใต้สภาวะที่เหมาะสม เพื่อลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อนข้ามและการเสื่อมเสีย

หมวดที่ 4 การสุขาภิบาล แนวทางคือมีการเพิ่มสิ่งอำนวยความสะดวกด้านสุขาภิบาล อาทิ การเพิ่มสบู่เหลวและผ้าเช็ดมือ การจัดทำความสะอาดห้องน้ำอย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง และการออกแบบห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังมีการกำหนดโซนทิ้งขยะให้ห่างจากพื้นที่ผลิต เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากขยะสู่กระบวนการผลิต อีกทั้งได้มีการจัดเตรียมถังขยะตามประเภทของขยะและติดป้ายบอกประเภทเพื่อการจัดการขยะที่มีประสิทธิภาพ

หมวดที่ 5 สุขลักษณะส่วนบุคคล แนวทางคือได้กำหนดมาตรการและข้อปฏิบัติในการรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคลพนักงานอย่างชัดเจน เช่น การล้างมือก่อนและหลังการปฏิบัติงาน การสวมถุงมือและอุปกรณ์ป้องกัน เช่น หมวกคลุมผม ผ้ากันเปื้อน และผ้าปิดปากขณะปฏิบัติงาน นอกจากนี้ พนักงานยังได้รับการฝึกอบรมในด้านข้อควรปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัยที่สอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ เพื่อยกระดับความเข้าใจและความสำคัญของการรักษาสุขลักษณะในสถานที่ผลิต โดยตัวอย่างแผนการปรับปรุงดังตารางที่ 4

4. ผลการประเมินหลังการปรับปรุง

ผู้วิจัยได้นำแผนการปรับปรุงไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินอีกครั้ง เพื่อยืนยันความถูกต้องของแผนการประเมิน ทั้งนี้ก็เพื่อให้วิสาหกิจนำไปปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการประเมินพบว่าได้คะแนนเพิ่มขึ้นเป็น 101 คะแนน อยู่ในระดับผ่านการประเมิน พร้อมต่อการยื่นขอมาตรฐาน มผช. และ อย. ตามลำดับ โดยรายละเอียดการประเมินหลังการปรับปรุงแสดงกังตารางที่ 4 และภาพที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบการประเมินก่อนและหลังการปรับปรุงรายหมวด

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์และสรุปผลการประเมินหลังการปรับปรุงวิสาหกิจชุมชน

หัวข้อ	คะแนน		ผลการประเมิน
	คะแนนที่เต็ม	คะแนนที่ได้	
หมวดที่ 1: สถานที่ตั้ง อาคาร การทำความสะอาด และการบำรุงรักษา			
สถานที่ตั้งและอาคารผลิตมีการจัดการที่ดี และการทำความสะอาด เหลือปรับปรุงในรายละเอียดบางส่วน เช่น การแยกบริเวณล้างจานที่ยังไม่ได้แบ่งชัดเจน	28	23	**ดี** แต่จำเป็นต้องเสริมสร้างการแยกพื้นที่ให้ชัดเจนมากขึ้น และตรวจสอบระบบท่อระบายน้ำเพื่อป้องกันน้ำขังในพื้นที่ผลิต รวมถึงต้องเพิ่มการตรวจสอบและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ
หมวดที่ 2: เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์การผลิต การทำความสะอาด และการบำรุงรักษา			
เครื่องมือและเครื่องจักรอยู่ในสภาพที่ดี มีการจัดการที่เหมาะสม แต่ยังคงต้องปรับปรุงการจัดเก็บและการบำรุงรักษาอย่างเคร่งครัดมากขึ้นในบางจุด	18	13	**พอใช้** แต่จำเป็นต้องเสริมสร้างการจัดเก็บอุปกรณ์และเครื่องมือให้เป็นสัดเป็นส่วนมากขึ้น และทำบันทึกการบำรุงรักษาเพื่อให้สามารถติดตามอายุการใช้งานและป้องกันการเสื่อมสภาพ
หมวดที่ 3 การควบคุมกระบวนการผลิต			
กระบวนการผลิตมีมาตรฐานที่ดีในหลายส่วน แต่มีจุดที่ต้องปรับปรุง เช่น การป้องกันการปนเปื้อนระหว่างกระบวนการผลิต และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น	60	33	**พอใช้** ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอย่างสม่ำเสมอ เพิ่มมาตรการป้องกันการปนเปื้อนข้ามในกระบวนการผลิต และจัดเก็บภาชนะบรรจุให้เหมาะสมเพื่อลดความเสี่ยงในการปนเปื้อน
หมวดที่ 4 การสุขาภิบาล			
ด้านการสุขาภิบาลมีการจัดการที่ดี แต่ยังต้องปรับปรุงในส่วนการทำความสะอาดห้องน้ำและอุปกรณ์ต่างๆ อย่างสม่ำเสมอมากขึ้น	30	22	**ดี** แต่ควรเพิ่มความถี่ในการทำความสะอาดอ่างล้างมือและห้องน้ำ
หมวดที่ 5 สุขลักษณะส่วนบุคคล			
สุขลักษณะส่วนบุคคลของผู้ปฏิบัติงานยังต้องการการตรวจสอบและฝึกอบรมเพิ่มเติมในบางส่วน เช่น การล้างมือและการปฏิบัติตามมาตรการที่เกี่ยวข้องกับสุขลักษณะ	16	10	**พอใช้** จำเป็นต้องจัดฝึกอบรมเพิ่มเติมเกี่ยวกับสุขลักษณะส่วนบุคคล เช่น การล้างมือ การสวมถุงมือและการแต่งกายที่เหมาะสมในบริเวณผลิต พร้อมทั้งควบคุมให้พนักงานปฏิบัติตามมาตรการอย่างเคร่งครัด
รวมคะแนน	152	101	**ผ่านเกณฑ์** ซึ่งได้คะแนนมากกว่า 91 คะแนน

5. การคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

การหาระยะเวลาการคืนทุนหลังการปรับปรุงที่คาดการณ์รายได้เพิ่มขึ้นอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์ต่อเดือน จะช่วยให้ผู้ประกอบการเห็นว่าการลงทุนในการปรับปรุงเพื่อให้ได้มาตรฐานคุณภาพจะคืนกำไรได้เมื่อใด การรู้ระยะเวลานี้ช่วยให้สามารถประเมินได้ว่าการปรับปรุงนั้นคุ้มค่าหรือไม่เมื่อเทียบกับต้นทุนและประโยชน์ที่ได้รับในอนาคต โดยคำนวณจากเงินลงทุนเริ่มต้น 20,000 บาท มาจากการคาดการณ์การลงทุนครั้งแรก รายได้ต่อเดือนอยู่ที่ 1,815 บาท

โดยที่ n_y = จำนวนปีหลังจากการลงทุนเริ่มแรกซึ่งเกิดมูลค่ากระแสเงินสดสะสมติดลบครั้งสุดท้าย
n = มูลค่ากระแสเงินสดสะสมซึ่งเกิดมูลค่ากระแสเงินสดสะสมติดลบครั้งสุดท้าย
p = มูลค่ากระแสเงินสดซึ่งเกิดมูลค่ากระแสเงินสดสะสมบวกครั้งแรก

ต้นทุนแรกเริ่ม + ค่าใช้จ่ายสุทธิ = 20,000 + 34,274 = 54,274 บาท

จากสูตร ระยะเวลาคืนทุน = (p – n) ÷ p + ny

= 54,274 ÷ 1,815

= 29.9 เดือน

ดังนั้น จะใช้เวลาคืนทุนประมาณ 30 เดือน ในการคืนทุนทั้งหมด

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวทางการยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์สำหรับวิสาหกิจชุมชน จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่าวิสาหกิจชุมชนมียอดขายผลิตภัณฑ์ดังกล่าวต่ำ โดยมีรายได้เฉลี่ยเพียง 1,815 บาทต่อเดือน จากการวิเคราะห์พบว่าปัญหาหลักเกิดจากการขาดมาตารฐานรับรองคุณภาพ ทำให้ลูกค้าไม่เชื่อถือในผลิตภัณฑ์ เพื่อแก้ไขปัญหานี้ ผู้จัยได้ประยุกต์ใช้กรอบมาตรฐานรับรองคุณภาพ อย. และ มผช. ร่วมกัน โดยผู้วิจัยได้สร้างแบบฟอร์มตรวจประเมินและวิเคราะห์หาจุดปรับปรุง พร้อมวางแผนการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยจัดทำเครื่องมือสำหรับการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย และการตรวจเช็คเครื่องจักร ปัญหาคุณภาพ เช่น การปนเปื้อนในกระบวนการผลิตและบรรจุภัณฑ์ ได้รับการแก้ไขโดยการแยกพื้นที่การผลิตออกจากส่วนอื่นทำให้ป้องกันการปนเปื้อนได้ดีขึ้น ผลการวิจัยสรุปได้ว่า แนวทางการจัดทำมาตรฐานคุณภาพเพื่อยกระดับผลิจภัณฑ์วิสาหกิจชุมชนส่งผลให้ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสมีคุณภาพสูงขึ้นอย่างชัดเจน หลังการประเมินพบว่า วิสาหกิจชุมชนได้รับคะแนน 101 คะแนน ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานในการขอรับรองผลิตภัณฑ์ โดยแนวทางที่นำเสนอนี้ถ้าวิสาหกิจชุมชนกรณีศึกษาได้นำไปประยุกต์ใช้และผ่านการรับรองมาตรฐาน อย. และ มผช. จะสามารถเพิ่มความเชื่อมั่นในคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์กับผู้บริโภคส่งผลให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้น ดังเช่นผลการศึกษาของกนกนาฏ (2566) นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินระยะเวลาคืนทุนสำหรับใช้ตัดสินใจดำเนินการปรับปรุงซึ่งพบว่าใช้ระยะเวลาคืนทุนทั้งสิ้น 30 เดือน อย่างไรก็ตามระยะเวลาคืนทุนดังกล่าวคิดเพียงเฉพาะรายได้ที่เพิ่มขึ้นเฉพาะผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยเพียงอย่างเดียว ซึ่งวิสาหกิจชุมชนยังมีอีกหลายผลิตภัณฑ์ที่จะได้รับผลพลอยได้จากการมีมาตรฐานทั้งสอง ส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนจะสั้นลง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนกรณีศึกษา อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้การสนับสนุนทั้งอุปกรณ์และสถานที่ในการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. กนกนาฏ พรหมนคร. (2566). การพัฒนาและยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนน้ำพริกแม่บางไทร ตำบลช้างใหญ่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่, ปีที่ 15 ฉบับที่ 2, หน้า 117–134. สืบค้นจาก https://abcjournal.trf.or.th/chabub/n43.aspx.
2. กองอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2567). คู่มือการขออนุญาตสถานที่ผลิตอาหาร “ขออนุญาตสถานที่ผลิตอาหาร ยื่นง่าย...ได้ไว... (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อและสิ่งพิมพ์แก้วเจ้าจอม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
3. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2567). ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 กันยายน 2567, จากเว็บไซต์ https://www.tisi.go.th/website/about/mpc.

การประชุมวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย 14
PHAYAO RESEARCH CONFERENCE

มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

(Poster Presentation)

การจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

Problem solving method management to develop analytical thinking abilities activity in thin film of materials physics for high school students

พรรษา นันตาเวียง[1], เพ็ญศรี ประมุขกุล[2] และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร[2*]

Pansa Nantawiang[1], Pensri Pramukkul[2] and Panupat Chaiworn[2*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์โดยการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเชียงใหม่คริสเตียน ปีการศึกษา 2567 จำนวน 15 คน โดยใช้แบบแผนการทดลอง one group pretest posttest design วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน และวิธีการทางสถิติด้วยการทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (dependent sample t-test analysis) ผลการวิจัยพบว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในรายวิชาฟิสิกส์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 77.25/76.50 ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ นักเรียนมีผลการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์โดยการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผลการพัฒนาการเรียนรู้ (Normalized Gain) มีค่าเท่ากับ 0.66 ซึ่งอยู่ในระดับ Medium gain นอกจากนี้ยังพบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบแก้ปัญหากระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพิ่มแรงจูงใจในการเรียนและช่วยพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้

คำสำคัญ: กระบวนการแก้ปัญหา, สมรรถนะการคิดวิเคราะห์, วัสดุศาสตร์, ฟิล์มบาง, ฟิสิกส์

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Master of Science Program in Science Teaching, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, 50300

[2] Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, 50300

*Corresponding author: Pansa2556@hotmail.com

Abstract

This research aims to develop a problem-solving method activity for high school physics students on the topic of physics in thin film materials science, designed to meet the efficiency criteria of 75/75. The study also aims to enhance analytical thinking abilities through problem-solving method management among high school students. The sample group used in the research consists of 15 Grade 12 science-mathematics students from Chiang Mai Christian School in the 2024 academic year. The research employed a one-group pretest-posttest design, and data were analyzed using basic statistical methods and dependent sample t-test analysis. The research findings indicate that the problem-solving activity set on a thin film materials science for physics achieved an efficiency score of 77.25/76.50, surpassing the established criteria. Students demonstrated a statistically significant improvement in analytical thinking skills after the learning sessions, with a significance level of 0.05. The normalized gain of learning improvement was 0.66, categorized as a medium gain. Additionally, it was found that the problem-based learning activity set encouraged self-directed learning, increased motivation to learn, and effectively enhanced students' analytical thinking skills.

Keywords: Problem Solving Method, Analytical Thinking Abilities, Materials, Thin Film, Physics

บทนำ

ประเทศไทยในยุคปัจจุบันสังคมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาถือเป็นทักษะที่มีความสำคัญสูงสุดสำหรับผู้เรียน การจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหาผ่านชุดกิจกรรมเป็นแนวทางหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมทักษะและเน้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมอย่างแท้จริง โดยเป็นการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนกระบวนการคิดเชิงวิเคราะห์อย่างเป็นระบบและมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาสถานการณ์หลากหลายที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ในการออกแบบชุดกิจกรรมที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาจะช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสได้ฝึกทักษะในการคิดวิเคราะห์ ตั้งสมมติฐาน และแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ผ่านชุดกิจกรรมที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสในการพัฒนาสมรรถนะด้านการคิดอย่างเป็นระบบ โดยความสำคัญดังกล่าวการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการแก้ปัญหาอยู่ที่การช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกับผู้อื่น ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 Darling-Hammond และคณะ (2022) กล่าวว่าการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาจะช่วยพัฒนาสมรรถนะทางความคิดของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง โดย Kim และ Tawfik (2021) ยังพบว่าผู้เรียนที่ได้รับการพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาจะสามารถเชื่อมโยงความรู้และการนำไปปรับใช้ในสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ดียิ่งขึ้น

นอกจากนี้การวิจัยของ Samadun และคณะ (2022) ที่กล่างถึงการการจัดการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานในการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์เชิงรุก และประสิทธิภาพของการจัดการเรียนการสอนในการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์เชิงรุก ส่งผลให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนในห้องเรียน ทำให้พัฒนาทักษะการคิดเชิงรุกได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้ง อัญชลี จันนา (2566) ได้พัฒนารูปแบบสอนแบบนำตัวเองโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดแก้ปัญหา พบว่าทักษะการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์

จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบแก้ปัญหาเรื่อง วัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเชียงใหม่คริสเตียน ปีการศึกษา 2567 จำนวน 30 คน เนื่องจากชุดกิจกรรมเป็นสื่อกิจกรรมที่

ออกแบบเพื่อส่งเสริมและพัฒนาทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนได้หลากหลายด้าน ซึ่งเป็นการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง ส่งเสริมความคิดอย่างเป็นระบบและการแก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ โดยชุดกิจกรรมที่ผู้วิจัยนำมาจะถูกใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาสมรถถนะการคิดวิเคราะห์ ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญและจำเป็นสำหรับการนำไปปรับใช้ในอนาคต

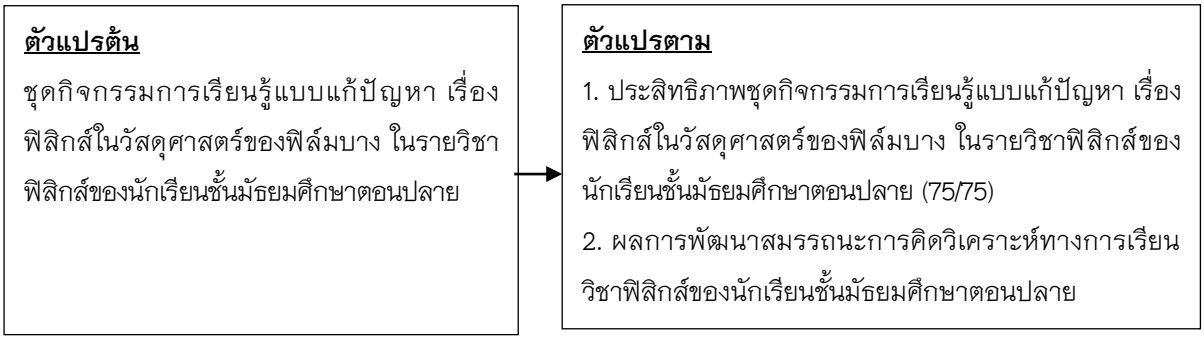
วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

2. เพื่อพัฒนาสมรรถนะการวิเคราะห์โดยการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

นักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ทำให้พัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงขึ้น โดยมีกรอบแนวคิดของงานวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเชียงใหม่คริสเตียน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 30 คน กลุ่มทดลองคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 15 คน และกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 15 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกสุ่มแบบชั้นภูมิ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในรายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 3 ชุดกิจกรรม 9 ชั่วโมง ได้แก่ วัสดุศาสตร์ 3 ชั่วโมง ฟิล์มบาง 3 ชั่วโมง และคุณสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของฟิล์มบาง 3 ชั่วโมง ซึ่งประกอบไปด้วย ใบงานและใบความรู้ และแบบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์จากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ก่อนเรียน-หลังเรียน ผู้วิจัยมีวิธีการสร้างแบบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของ

ฟิล์มบาง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนเรียน-หลังเรียน จำนวน 20 ข้อ แบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก นำเครื่องมือทั้ง 2 เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบเครื่องมือ พบว่า ชุดกิจกรรมมีค่าความเที่ยงตรง (IOC) เท่ากับ 0.67-1.00 และแบบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์มีค่าความเที่ยงตรง เท่ากับ 0.67-1.00 จากนั้นได้เลือกเฉพาะข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่า หรือเท่ากับ 0.67 ถ้าข้อคำถามใดมีค่าต่ำกว่า 0.67 ต้องปรับปรุงก่อนนำมาใช้หรือไม่นำมาใช้ และนำเครื่องมือไปใช้กับกลุ่มทดลองจำนวน 15 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมก่อนจะนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง พบว่า มีประสิทธิภาพดังนี้ ชุดกิจกรรมเรื่อง วัสดุศาสตร์ เท่ากับ 75.33/75.17 ชุดกิจกรรมเรื่อง ฟิล์มบาง เท่ากับ 75.78/75.17 ชุดกิจกรรมเรื่อง คุณสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของฟิล์มบาง เท่ากับ 76.00/75.17 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 75/75 สามารถนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คนต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มทดลอง เพื่อที่จะนำชุดกิจกรรมไปหาประสิทธิภาพโดยวัดจากกิจกรรมในการสอนและใบงาน ใน 3 หัวข้อ ได้แก่ วัสดุศาสตร์ ฟิล์มบาง คุณสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของฟิล์มบาง โดยชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ขึ้นไป แล้วนำผลที่ได้ไปปรับปรุงเพื่อที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ทำการทดสอบก่อนเรียนกับกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง จำนวน 20 ข้อ ที่สร้างขึ้น ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อที่จะนำชุดกิจกรรมไปหาประสิทธิภาพโดยวัดจากกิจกรรมในการสอนและใบงาน ใน 3 หัวข้อ ได้แก่ วัสดุศาสตร์ ฟิล์มบาง คุณสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของฟิล์มบาง โดยชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ขึ้นไป และทำการทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์เรื่อง วัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง จำนวน 20 ข้อ ที่สร้างขึ้น และทำการหาค่าคุณภาพของแบบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ โดยการหาค่าดัชนีความยากง่าย (p) ดัชนีอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในรายวิชาฟิสิกส์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเชียงใหม่คริสเตียน ตามเกณฑ์ 75/75 จากนั้นได้วิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในรายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเชียงใหม่คริสเตียน โดยวิธีการทางสถิติด้วยการทดสอบค่าทีเทสแบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (dependent sample t-test) และวิเคราะห์ผลการพัฒนาการเรียนรู้ (Normalized Gain) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเชียงใหม่คริสเตียน โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา เรื่อง วัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม โดยพิจารณาจากค่า E_1/E_2 โดยค่า E_1 คือ ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ และค่า E_2 คือ ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเรียน (E_1) เท่ากับร้อยละ 76.25 และค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) คือ ร้อยละ 76.50 แสดงว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 76.25/76.50 ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เมื่อพิจารณา

รายชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้พบว่าชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง คุณสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของฟิล์มบาง มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) สูงสุดคือ ร้อยละ 77.56 รองลงมาคือชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง วัสดุศาสตร์ (E_1= ร้อยละ 77.00) และชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ฟิล์มบาง มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) น้อยที่สุด คือร้อยละ 77.11 และผลคะแนนหลังการเรียนของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง มีค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) คือ 76.50 (SD = 3.32)

ตารางที่ 1 ร้อยละค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนระหว่างเรียน และคะแนนหลังเรียน ของนักเรียนหลังผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

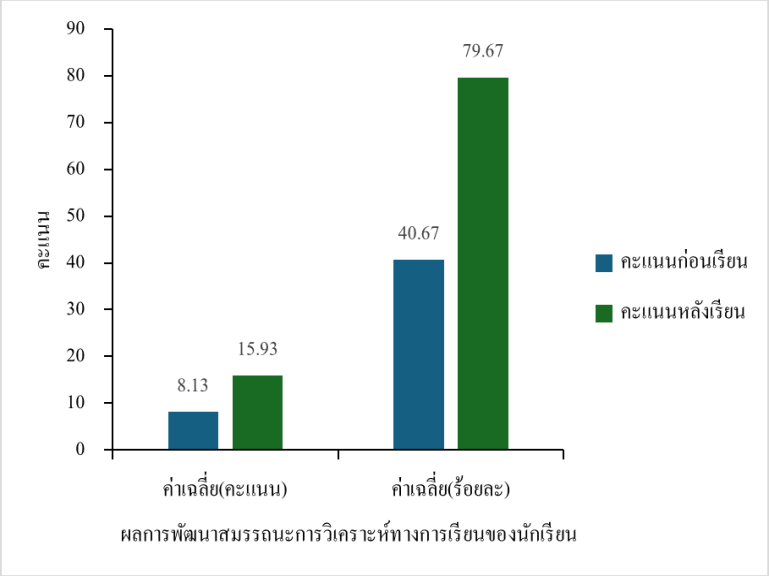
ชุดกิจกรรม	เนื้อหา	คะแนนกระบวน (E_1)		คะแนนหลังเรียน (E_2)	
		ร้อยละค่าเฉลี่ย	SD	ร้อยละค่าเฉลี่ย	SD
1	วัสดุศาสตร์	77.00	3.25	76.50	3.32
2	ฟิล์มบาง	77.11	4.86		
3	คุณสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของฟิล์มบาง	77.56	4.76		
รวม		77.25		76.50	

ผลการวิเคราะห์การพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์โดยชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา จำนวนทั้งหมด 9 ชั่วโมง โดยได้ทำการเก็บคะแนนจากแบบทดสอบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาค่าร้อยละค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยการทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (dependent sample t-test analysis) และผลของการพัฒนาการเรียนรู้ (Normalized Gain) เพื่อหาว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนมีความแตกต่างกันหรือไม่ ผลปรากฏดังตารางที่ 2 พบว่า ผลการเปรียบเทียบผลการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา พบว่าคะแนนหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 79.67 ของนักเรียนมีค่าสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 46.67 เมื่อทำการทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (dependent sample t-test analysis) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียน และคะแนนหลังเรียน พบว่า คะแนนผลการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากตารางที่ 2 จัดทำเป็นรูปที่ 2 เพื่อแสดงข้อมูลให้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้น และ นักเรียนมีการพัฒนาการเรียนรู้หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในวิชาฟิสิกส์ โดยพบว่า Normalized Gain มีค่าเท่ากับ 0.66 ซึ่งอยู่ในระดับ Medium gain แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา

คะแนน	ค่าเฉลี่ย(คะแนน)	ค่าเฉลี่ย(ร้อยละ)	SD	t	P*
ก่อนเรียน	8.13	40.67	1.46	13.10	0.00
หลังเรียน	15.93	79.67	1.62		

* ที่ระดับนัยสำคัญ .05



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบผลการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา

ตารางที่ 3 ผลการพัฒนาการเรียนรู้ (Normalized Gain) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการจัดการเรียนรู้โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในวิชาฟิสิกส์

คะแนน	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)	t	Normalized Gain $\langle g \rangle$
ก่อนเรียน	40.67	13.10	0.66 (Medium gain)
หลังเรียน	79.67		

สรุปผลและอภิปรายผล

1. ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา เรื่อง ฟิสิกส์ในวัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 77.25/76.50 ตามเกณฑ์ประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ โดยเมื่อพิจารณารายชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้พบว่าชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง คุณสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของฟิล์มบาง มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) สูงสุดคือ ร้อยละ 77.56 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ พิมพ์พิชชา ศาสตราชัย และคณะ (2563) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทักษะการทำงานเป็นทีมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 90.54/87.40 จากการศึกษาหลักการของการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา มีการวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าเต็มความสามารถจนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง พัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาฟิสิกส์ การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหาประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ยังเป็นการกระตุ้นความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน สร้างความสนุกสนาน ทำให้นักเรียนผ่อนคลาย ไม่เบื่อหน่ายในการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ศศิวิมล ภูศรีโสม และกัญญารัตน์ โคจร (2563) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักการเรียนร่วมกันเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักการเรียนร่วมกัน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 77.27/85.43

2. การพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์โดยชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่านักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการวิเคราะห์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากมีคะแนนผลการพัฒนาสมรรถนะการวิเคราะห์ทางการเรียนก่อนเรียนเฉลี่ย 8.13 (SD = 1.46) และคะแนนผลการพัฒนาสมรรถนะการวิเคราะห์ทางการเรียนหลังเรียนเฉลี่ย 15.93 (SD = 1.62) คิดเป็นร้อยละ 40.67 และ 79.67 ตามลำดับ และพบว่า Normalized Gain มีค่าเท่ากับ 0.66 ซึ่งอยู่ในระดับ Medium gain เมื่อผ่านการใช้ชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหาส่งผลให้นักเรียนเกิดความ รู้ และความเข้าใจ ในเนื้อหาเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนทำกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุรัญชนา คำรอด และคณะ (2565) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนมีผลของการคิดวิเคราะห์สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ ชนิกานต์ เพรชประพันธ์ และคณะ (2560) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ด้วยวิธีสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยเสริมความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ตามเทคนิคการจัดแผนผังมโนทัศน์ พบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภายหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนไม่คุ้นเคย ครูจึงต้องทำความเข้าใจกับนักเรียน ชี้แจงให้เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนในชั้นเรียนให้ชัดเจนเป็นอย่างดีก่อน เป็นการสร้างความพร้อมให้กับนักเรียน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการออกแบบชุดกิจกรรม ครูจะต้องศึกษาเนื้อหาที่จะใช้ในการจัดกิจกรรมนั้นๆ ให้เข้าใจ ศึกษารายละเอียดเนื้อหา ข้อมูลก่อนนำไปใช้จริง จะได้ช่วยแก้ปัญหาที่นักเรียนพบขณะทำกิจกรรม

2. ในช่วงของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ถ้านักเรียนไม่กล้าแสดงความคิดเห็น ครูควรกระตุ้นด้วยการตั้งคำถามที่หลากหลาย และเสริมแรงจูงใจด้วยคำชม การให้กำลังใจอย่างสม่ำเสมอ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง วัสดุศาสตร์ของฟิล์มบาง ในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ การสนับสนุนของ คณาจารย์ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และโรงเรียนเชียงใหม่คริสเตียน จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ชนิกานต์ เพรชประพันธ์, จิต นวนแก้ว และหัสชัย สิทธิรักษ์. (2560). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ด้วยวิธีสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยเสริมความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ตามเทคนิคการจัดแผนผังมโนทัศน์. **วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม**, ปีที่ 11 ฉบับที่ 1.

พิมพ์พิชชา ศาสตราชัย, มารศรี กลางประพันธ์ และสมเกียรติ พละจิตต์. (2564). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทักษะการทำงานเป็นทีมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. **วารสารบัณฑิตศึกษา**, ปีที่ 18 ฉบับที่ 81.

ศศิวิมล ภูศรีโสม และกัญญารัตน์ โคจร. (2563). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักการเรียนร่วมกันเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. **วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์**, ปีที่ 7 ฉบับที่ 9.

สุรัญชนา คำรอด, สมศิริ สิงห์ลพ และเชษฐ์ ศิริสวัสดิ์. (2565). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. **วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ ศรีนครินทรวิโรฒ**, ปีที่ 23 ฉบับที่ 2.

อัญชลี จันนา. (2566). การพัฒนารูปแบบการสอนแบบนำตนเองโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดแก้ปัญหารายวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล. **วารสารครุศาสตร์ปัญญา**, ปีที่ 2 ฉบับที่ 4, หน้า 21–37.

Darling–Hammond, L., Flook, L., Cook–Harvey, C., Barron, B., & Osher, D. (2020). Implications for educational practice of the science of learning and development. **Applied Developmental Science**, 24(2), 97–144.

Kim, K., & Tawfik, A. A. (2021). Different approaches to collaborative problem solving between successful versus less successful problem solvers: Tracking changes of knowledge structure. **Journal of Research on Technology in Education**, 55, 628–645.

Samadun, S., & Dwikoranto, D. (2022). Improvement of Student's Critical Thinking Ability sin Physic Materials Through The Application of Problem–Based Learning. **International Journal of Recent Educational Research**, 3(5), 534–545.

การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะสี่เหลี่ยม เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

Learning management using the KWDL technique on the topic of The World and Change: The Case of Granular Material Collapse in a Rectangular Container to improve the learning outcomes of 8th grade students

นิศาชม กันทะรัญ[1*], เพ็ญศรี ประมุขกุล[2] และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร[2]

Nisachom Guntarun[1*], Pensri Pramukkul[2] and Panupat Chaiworn[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างนวัตกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ สื่อประกอบการสอนในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง การถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะสี่เหลี่ยม ร่วมกับแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง ที่มีประสิทธิภาพ 75/75 ขึ้นไป 2) พัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 30 คน โดยใช้แบบแผนการทดลอง one group pretest posttest design เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แผนจัดการเรียนรู้ แบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ และวิธีการทางสถิติด้วยการทดสอบ t-test dependent sample ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่า 1) ชุดนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 75.89/75.95 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ คือ 75/75 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้โดยใช้ชุดนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่าหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

คำสำคัญ: เทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล, ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้, โลกและการเปลี่ยนแปลง, การถล่มของวัสดุเม็ด

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Master of Science Program in Science Teaching, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, 50300

[2] Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, 50300

*Corresponding author: Panupat_cha@g.cmru.ac.th

Abstract

The objectives of this research were: 1) to develop an educational innovation, namely, instructional materials for teaching about the collapse of granular materials in rectangular containers, alongside a lesson plan using the KWDL (Know, Want, Do, Learn) technique on the topic of Earth and Changes, with an efficiency criterion of 75/75 or higher, and 2) to enhance learning achievement through this educational innovation for Grade 8 students. The sample for this study comprised 30 Grade 8 students from the 2024 academic year, selected using a one-group pretest-posttest design. The instruments used for data collection included a lesson plan and a 40-item multiple-choice test with four answer choices. Statistical analysis was performed using a dependent sample t-test.The findings indicated that: 1) The development of learning achievement using the KWDL technique on the topic of Earth and Changes, specifically focusing on the collapse of granular materials in rectangular containers, had an efficiency of 75.89/75.95, which exceeded the established standard of 75/75. 2) The learning outcomes of students after instruction using the KWDL-based educational innovation were significantly higher than before instruction.

Keywords: KWDL Technique Learning Achievement on The World and Change: Granular Material Collapse

บทนำ

ในปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุและปัจจัยหลายประการได้แก่ เทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้ การจัดทำสื่อการเรียนรู้ และการประเมินผลผู้เรียน ยังไม่สามารถนำไปสู่การปฏิบัติได้ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2551) โดยจะต้องมีการใช้ การจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาที่สอนซึ่งจะต้องเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการ สำรวจค้นหาความรู้ได้ด้วยตนเองควบคู่ไปกับการฝึกความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็น ระบบและขั้นตอนเพื่อ ที่จะสามารถนำ ความรู้ที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพ อันนำมาสู่การพัฒนาผลัมฤทธิ์ให้สูงขึ้น (กรมวิชาการ, 2546) ซึ่งเทคนิค KWDL เป็นเทคนิคการสอนรูปแบบหนึ่งที่ส่งเสริมทักษะในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยเทคนิค KWDL พัฒนามาจากแนวคิด KWL ของ Ogle (วัชรา เล่าเรียนดี, 2554) เนื่องจากวิธีการสอนด้วยเทคนิค KWDL เป็นเทคนิคที่กระบวนการการทำความเข้าใจตนเอง การวางแผนการตั้งจุดมุ่งหมาย ตรวจสอบความเข้าใจในตนเอง รวมถึงการจัดระบบข้อมูล เพื่อดึงมาใช้ภายหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเกิดผลดีในการฝึกทักษะการอ่าน คิดวิเคราะห์ เขียนสรุป และนำเสนอ (ชญานิสา เป็งจันทร์ และคณะ, 2560)

นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในวงการการศึกษา โดยเฉพาะในวิชาวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม นักเรียนหลายคนมักพบปัญหาในการทำความเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนและการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีและการประยุกต์ใช้จริง ซึ่งส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนลดลง นักเรียนมักประสบปัญหาในการทำความเข้าใจและนำไปใช้ในสถานการณ์จริง โดยเทคนิค KWDL (Know, Want to know, Do, Learned) เป็นนวัตกรรมการเรียนรู้ที่สามารถช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้เชิงรุก โดยเน้นการสร้างกระบวนการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับความรู้พื้นฐานที่นักเรียนมีอยู่ก่อน การตั้งเป้าหมายเพื่อให้เกิดความรู้ใหม่ การลงมือปฏิบัติ และ

การสรุปผลที่ได้จากการเรียนรู้ เทคนิคนี้ได้รับการนำมาใช้ในการศึกษาเพื่อช่วยเสริมสร้างความเข้าใจและพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ ซึ่งเป็นปัญหาที่ท้าทายสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเมตตาศึกษาในพระราชูประถัมภ์

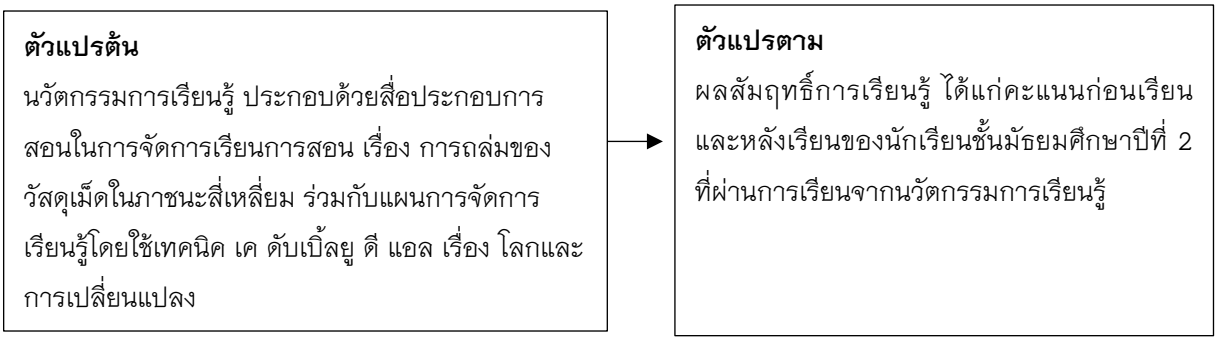
จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจการศึกษาการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยสร้างนวัตกรรมการเรียนรู้ได้แก่ สื่อประกอบการสอนในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง การถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะสี่เหลี่ยม ร่วมกับแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง ที่มีประสิทธิภาพ 75/75 ขึ้นไป ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อสร้างนวัตกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ สื่อประกอบการสอนในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง การถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะสี่เหลี่ยม ร่วมกับแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง ที่มีประสิทธิภาพ 75/75 ขึ้นไป
2. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผ่านการเรียนโดยใช้นวัตกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ สื่อประกอบการสอนในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง การถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะสี่เหลี่ยม ร่วมกับแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง ทำให้มีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ สูงขึ้น ซึ่งมีกรอบแนวคิดดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

ประชากร นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเมตตาศึกษา ในพระราชูปถัมภ์ ฯ ตำบลเมือง อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมเชียงใหม่ เขต 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 2 ห้อง 70 คน

กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเมตตาศึกษา ในพระราชูปถัมภ์ฯ ปีการศึกษา 2567 จำนวน 30 คน โดยวิธีการเลือกสุ่มแบบชั้นภูมิและกลุ่มทดลองคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเมตตาศึกษา ในพระราชูปถัมภ์ฯ ปีการศึกษา 2567 จำนวน 30 คน โดยวิธีการเลือกสุ่มแบบชั้นภูมิ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เครื่องมือนวัตกรรมและเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือนวัตกรรม ได้แก่ ชุดนวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากนั้นมีการวิเคราะห์ โดยมีการหาประสิทธิภาพของชุดนวัตกรรมในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 9 ชั่วโมงได้แก่ แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โครงสร้างภายในโลก 3 ชั่วโมง แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ชั้นดินและหน้าตัดดิน 3 ชั่วโมง แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ภัยธรรมชาติและแผ่นดินถล่ม 3 ชั่วโมง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลงของนักเรียน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนเรียน-หลังเรียน เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ นำเครื่องมือทั้ง 2 เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เครื่องมือ IOC เป็นรูปแบบ +1, 0, -1 ตรวจสอบเครื่องมือพบว่าชุดนวัตกรรมมีค่าความเที่ยงตรง IOC เท่ากับ 0.67-1.00 จากนั้นจากนั้นได้เลือกเฉพาะข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.67 ถ้าข้อคำถามใดมีค่าต่ำกว่า 0.67 ต้องปรับปรุงก่อนนำมาใช้ หรือไม่นำมาใช้ และนำเครื่องมือไปใช้กับกลุ่มทดลองเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเมตตาศึกษาในพระราชูปถัมภ์ จำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดนวัตกรรมก่อนจะนำไปใช้เก็บข้อมูลจริงพบว่า มีประสิทธิภาพดังนี้ ชุดนวัตกรรมเรื่อง โครงสร้างภายในโลก เท่ากับ75.33/75.75 ชั้นดินและหน้าตัดดิน เท่ากับ 75.83/75.75 ภัยธรรมชาติและแผ่นดินถล่ม เท่ากับ 75.50/75.75 ชุดนวัตกรรมเรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง เท่ากับ 75.56/75.75 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 75/75 สามารถนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนต่อไป

การสร้างเครื่องที่ใช้ในการวิจัย

1. การสร้างเครื่องมือในการศึกษาตามลำดับ ดังนี้ โดยสร้างนวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล ผู้วิจัยศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบมาตรฐานและตัวชี้วัดของระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 ที่จะทดลองกับนักเรียน 2.วิเคราะห์ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 3. ศึกษากำหนดการสอนที่จัดทำในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง 4. วางแผนกิจกรรมในแต่ละแผนตามกำหนดการสอน กำหนดองค์ประกอบที่เป็นส่วนประกอบของแผนการจัดเรียนรู้ 5. ศึกษาแนวคิดทฤษฎีเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล 6. เขียนแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลงโดยใช้เทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล จำนวน 3 แผน จำนวน 9 ชั่วโมง ดังนี้ แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โครงสร้างภายในโลก 3 ชั่วโมง แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ชั้นดินและหน้าตัดดิน 3 ชั่วโมง แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ภัยธรรมชาติและแผนดินถล่ม 3 ชั่วโมง 7. นำนวัตกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ สื่อประกอบการสอนในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง การถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะสี่เหลี่ยม ร่วมกับแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง ที่ได้เสนอผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง โดยใช้แบบประเมินเป็นแบบมาตรฐานส่วนประมาณค่า ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ นำนวัตกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ สื่อประกอบการสอนในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง การถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะสี่เหลี่ยม ร่วมกับแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง มาปรับปรุงแก้ไขให้เกิดความถูกต้องและสมบูรณ์ขึ้น

เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพก่อนจะนำไปสอนกับกลุ่มทดลอง 8. ทดลองใช้เครื่องมือกับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กับกลุ่มทดลองจำนวน 30 คน เพื่อหาค่า E1/E2 ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มทดลองจริง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดการเรียนการสอนโดยใช้นวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ใช้กับกลุ่มทดลอง บันทึกผล เก็บข้อมูล วิเคราะห์ นำไปปรับปรุงแก้ไข หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ (75/75) จัดการเรียนการสอนโดยใช้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยมีการบันทึกผลเก็บข้อมูล วิเคราะห์หาประสิทธิภาพ ของแผนการจัดการเรียนรู้ (75/75) และนำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลง (40 ข้อ) ไปใช้กับกลุ่มทดลอง โดยการหาค่าดัชนีความยากง่าย (p) ดัชนีอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นเก็บข้อมูล วิเคราะห์ และนำมาแก้ไข แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ผู้วิจัยวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดนวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (E_1/E_2) จากนั้นวิเคราะห์คะแนนระหว่างเรียนเป็น โดยใช้ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าดัชนีความยากง่าย (p) ดัชนีอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น และวิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบ คะแนนก่อนและหลังเรียน โดยใช้ค่า เฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า t-test แบบDependent Sample

ผลการศึกษา

ผลการใช้ชุดนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ E1 เท่ากับร้อยละ 75.89 และค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ E2 คือร้อยละ 75.95 แสดงว่าชุดนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าประสิทธิภาพ 75.89/75.95 ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้เมื่อพิจารณารายแผนจัดการเรียนรู้พบว่า แผนจัดการเรียนรู้เรื่อง ชั้นดินและหน้าตัดดิน มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ E1 สูงสุดเท่ากับ 76.17 รองลงมาคือแผนจัดการเรียนรู้ภัยธรรมชาติ มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ E1 เท่ากับ 75.83 และแผนจัดการเรียนรู้โครงสร้างภายในโลก มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ E1 เท่ากับ 75.67 น้อยที่สุด และผลคะแนนหลังการเรียนด้วยชุดนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง มีค่าประสิทธิภาพผลลัพธ์ E2 คือ 75.95 และ S.D. เท่ากับ 6.81 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

แผนจัดการเรียนรู้	คะแนนกระบวนการ (E_1)		คะแนนหลังเรียน(E_2)	
	ร้อยละ ค่าเฉลี่ย	S.D.	ร้อยละ ค่าเฉลี่ย	S.D.
1. โครงสร้างภายในโลก	75.67	3.44		
2. ชั้นดินและหน้าตัดดิน	76.17	3.37	75.95	6.81
3. ภัยธรรมชาติและแผ่นดินถล่ม	75.83	3.42		
รวม	75.89		75.95	

ผลการเปรียบเทียบผลการพัฒนาทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับจากนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่าคะแนนหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 84.67 ของนักเรียนมีค่าสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 23 เมื่อทำการทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้นวัตกรรมการเรียนรู้ ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผลการสอบ	คะแนนเต็ม	คะแนนต่ำสุด	คะแนนสูงสุด	ค่าเฉลี่ย (คะแนน)	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)	S.D.	t	Sig.
คะแนนก่อนเรียน	40	6	12	9.20	23.00	1.77	31.41	0.00
คะแนนหลังเรียน	40	24	40	33.87	84.67	4.55		

หมายเหตุ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

สรุปผลและอธิปรายผล

1. ประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ชุดนวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 75.89/75.95 ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้เมื่อพิจารณารายแผนจัดการเรียนรู้ 3 แผน พบว่า แผนจัดการเรียนรู้เรื่อง ชั้นดินและหน้าตัดดิน มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ E1 สูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 76.17 ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ E2 คือร้อยละ 75.95

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้นวัตกรรมการเรียนรู้ ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากผลการเปรียบเทียบผลการพัฒนาทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับจากนวัตกรรมการเรียนรู้ โดย

ใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่าคะแนนหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 84.67 (S.D. = 1.77) ของนักเรียนมีค่าสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 23 (S.D. = 4.55) เมื่อทำการทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผล

จากผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จะเห็นได้ชุดนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 75.89/75.95 ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้เมื่อพิจารณารายแผนจัดการเรียนรู้ 3 แผน พบว่า แผนจัดการเรียนรู้เรื่อง ชั้นดินและหน้าตัดดิน มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ E1 สูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 76.17 ซึ่งสอดคล้องกับ (วัชรี สายโต, 2559) ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่องงานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากและมีประสิทธิภาพ 75.91/74.75 และ (พีรพงศ์ บุญฤกษ์, 2565) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ทฤษฎีอะตอมไฮโดรเจรของโบร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนแบบเทคนนิคเค ดับเบิ้ลยู ดี แอล พบว่าประสิทธิภาพของบทเรียนและแบบฝึกหัดเรื่องทฤษฎีอะตอมไฮโดร เจรของโบร์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 69.79/68.80 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนด 60/60 นอกจากนี้จากผลการเปรียบเทียบผลการพัฒนาทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับจากนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่าคะแนนหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 84.67 (S.D. = 1.77) ของนักเรียนมีค่าสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 23 (S.D. = 4.55) เมื่อทำการทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับ (พันพงศ์ คงขำ และคณะ, 2564) ศึกษาการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่องไฟฟ้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ร่วมกับเทคนิค KWDL วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ร่วมกับเทคนิค KWDL ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้5E ร่วมกับเทคนิค KWDL หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ (ปารวัณ เหง้าโคกงาม, 2562) ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคำนวณ เรื่องปริมาณสัมพันธ์โดยใช้กิจกรรมการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ร่วมกับเทคนิค KWDL ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริมาณสัมพันธ์โดยใช้กิจกรรมการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ร่วมกับเทคนิค KWDL ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนเท่ากับ 10.3 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 34.4 และมีค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนเท่ากับ 21.0 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.0 ซึ่งคะแนนหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน

ข้อเสอนแนะ

1. ส่งเสริมการมีส่วนร่วมและการทำงานเป็นกลุ่ม ควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทดลองและการทำงานเป็นกลุ่ม ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์และแลกเปลี่ยนความคิดในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2. ควรนำบทเรียนเรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะสี่เหลี่ยม เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียน เนื่องจากเนื้อหานี้มีความเหมาะสมกับระดับการเรียนรู้และสามารถนำไปใช้ได้จริงในชั้นเรียน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง กรณีการถล่มของวัสดุเม็ดในภาชนะสี่เหลี่ยม เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ การสนับสนุนของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และโรงเรียนเมตตาศึกษาในพระราชูปถัมภ์ ที่ให้การสนับสนุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

ชญาณิศา เป็งจันทร์, นพพร ธนะชัยขันธ์, และสุดาพร ปัญญาพฤกษ์. (2560). ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องโจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. **วารสารบัณฑิตวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย**, 8(1), 71–82.

ปารวัณ เหง้าโคกงาม.(2562).การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคำนวณ เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์โดยใช้กิจกรมมการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ร่วมกับ เทคนิค KWDL ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.**วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางการศึกษา**, 3(1), 1–12. https://so10.tci-thaijo.org/index.php/rdicpru/article/view/158

พีรพงศ์ คงขำ, ชุติมา วัฒนะคีรี, และสุดาพร พงษ์พิษณุ. (2564). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ไฟฟ้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิค KWDL. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเซนต์จอห์น**, 4(2), 20–30.

พีรพงศ์ บุญฤกษ์. (2564). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ทฤษฎีอะตอมไฮโดรเจนของโบร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนแบบเทคนิค เค ดับเบิ้ลยู ดี แอล (KWDL). **วารสารพัฒนาการเรียนรู้ยุคใหม่**, *6*(3), 284–297.

วัชรา เล่าเรียนดี. (2554). **เทคนิค KWDI ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์: การฝึกฝนทักษะการคิดวิเคราะห์แยกแยะโจทย์ปัญหา. ในหน้า 98.(พ.ศ. 2550 – 2554) ที่สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (พ.ศ. 2545 – 2559)**. กรุงเทพฯ: สำนักงานฯ.

วัชรา เล่าเรียนดี. (2554). **รูปแบบและกลยุทธ์ การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิด**. พิมพ์ครั้งที่7. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วัชรี สายโต. (2559). **การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL เรื่องงานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. (การค้นคว้าแบบอิสระการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2551). **กรอบทิศทางการพัฒนาการศึกษาในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550 – 2554) ที่สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (พ.ศ. 2545 – 2559)**. กรุงเทพฯ: สำนักงานฯ.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดในการเรียนออนไลน์ ของนักศึกษาคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ในช่วงที่มีการระบาดของโรคโควิด-19

Factors associated with online learning on stress levels among Pharmacy students at Siam University during the COVID-19 outbreak

ผการัตน์ ตั้งเขื่อนขันธ์[1*], รักษ์จินดา วัฒนาลัย[1], ชินวัจน์ แสงอังศุมาลี[1], กมลวรรณ ตันติพิวัฒนสกุล[1], ศิรัญญา วิเศษดี[1], ชลีฉัตร จันทราสา[1] และ ธิดารัตน์ พัฒนประสิทธิ์ชัย[1]

Phakarat Tangkeunkan[1*], Ruxjinda Wattanalai[1], Shinnawat Saengungsumalee[1], Kamolwan Tantipiwattanaskul[1], Siranya Wisesdee[1], Chaleechat Juntrasa[1] and Thidarat Phatthanaprasitchai[1]

บทคัดย่อ

ในช่วงที่มีการระบาดของโรคโควิด-19 เกือบทุกประเทศทั่วโลกที่ได้รับผลกระทบมีมาตรการปิดพื้นที่สาธารณะเพื่อควบคุมการระบาดของโรคโควิด-19 มหาวิทยาลัยหลายแห่งได้รับผลกระทบทำให้แผนการศึกษาต้องหยุดชะงัก เช่นเดียวกับมหาวิทยาลัยสยามซึ่งต้องหามาตรการอื่นเพื่อทำให้การเรียนเป็นไปตามแผนการสอนเดิม การเรียนและการสอนจึงเปลี่ยนเป็นรูปแบบออนไลน์ ซึ่งการเรียนในรูปแบบนี้มีอุปสรรคมากมาย เช่น ความไม่เสถียรของสัญญานอินเทอร์เน็ต การรบกวนจากสิ่งแวดล้อม ผู้เรียนต้องมีการปรับตัวจนอาจทำให้เกิดความเครียดได้ ที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาถึงความเครียดในการเรียนออนไลน์ของนักศึกษาเภสัชศาสตร์ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดในการเรียนออนไลน์ในช่วงที่มีการระบาดของโรคโควิด-19 ของนักศึกษาคณะเภสัชศาสตร์ ชั้นปีที่ 1-5 มหาวิทยาลัยสยาม ปีการศึกษา 2565 จำนวน 181 คน โดยสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิตามชั้นปีเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน

ผลการศึกษาพบว่า นักศึกษาเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ส่วนใหญ่มีความเครียดในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 84.0 รองลงมาคือมีความเครียดระดับต่ำ ร้อยละ12.7 และมีความเครียดระดับสูง ร้อยละ 3.3 ตามลำดับ โดยปัจจัยด้านการสื่อสารออนไลน์ และด้านตัวผู้เรียน มีความสัมพันธ์กับความเครียดในระดับปานกลาง รองลงมาคือ ปัจจัย ด้านชั้นปี เกรดเฉลี่ย และด้านสภาพอากาศ มีความสัมพันธ์กับความเครียดในระดับต่ำ การศึกษานี้เป็นประโยชน์ในการส่งเสริมการจัดการความเครียดและเพื่อวางแผนรับมือกับความเครียดในการเรียนออนไลน์ ให้กับนักศึกษาคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ในอนาคต

คำสำคัญ: การเรียนออนไลน์, ความเครียด, นักศึกษาเภสัชศาสตร์, โรคโควิด-19

[1] สาขาการบริบาลทางเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร 10160

[1] Pharmaceutical Care, Faculty of Pharmacy, Siam University, Bangkok, 10160

*Corresponding author: Phakarat.tan@siam.edu

Abstract

With the onset of the Covid-19 pandemic, almost all affected countries announced a lockdown to control the spread of COVID-19. Many universities were affected as their academic programs were consequently disrupted due to the lockdowns. Siam University also had to find alternative ways of continuing its academic programs. Teaching and learning were turned into online learning platforms. Moreover, e-learning faces many challenges such as instability of internet signal and environmental disturbance. These challenges directly affect students' stress. Previously, there were no studies on the stress of online learning among pharmacy students. This study was conducted to gather more information, to explore factors associated with the stress of online learning during the COVID-19 outbreak. The population included 181 Pharmacy students, year 1-5, academic year 2022 at Siam University. The population was stratified by sampling by student year collected using a questionnaire and analyzed using descriptive and inferential statistics.

The results found that most pharmacy students at Siam University had moderate stress, accounting for 84.0 percent, followed by low stress, accounting for 12.7 percent, and high stress, accounting for 3.3 percent, respectively. The factors of online communication and the learner were associated with stress at a moderate level. The next factors are academic year, grade point average, and weather conditions, which have a low association with stress. This study is useful to promote stress management and to plan to cope with stress in online learning for future students of the Faculty of Pharmacy, Siam University.

Keywords: Stress, Online learning, COVID-19, Pharmacy students

บทนำ

โรคโควิด-19 (COVID-19) เป็นวิกฤตด้านสุขภาพที่สำคัญในปัจจุบันที่ส่งผลกระทบต่อผู้คนทั่วโลก ผู้ป่วยโควิด-19 รายแรกที่รายงานคือเมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 2562 จากอู่ฮั่น เมืองหลวงของมณฑลหูเป่ย และเมื่อวันที่ 31 ธันวาคม 2562 ได้มีการประกาศแจ้งการระบาดต่อสาธารณะ ในไม่ช้าโควิด-19 ก็แพร่กระจายไปทั่วโลก โดยองค์การอนามัยโลกประกาศให้เป็นโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ (โควิด-19) อย่างเป็นทางการในเดือนกุมภาพันธ์ 2563 และในเดือนมีนาคม 2563 WHO ได้ประกาศให้โควิด-19 เป็นโรคระบาดใหญ่ (1) ประเทศที่ได้รับผลกระทบเกือบทั้งหมดได้มีมาตรการเว้นระยะห่างอย่างน้อย 1 เมตรอย่างเคร่งครัดและมีการประกาศล็อกดาวน์เพื่อควบคุมการแพร่กระจายของโควิด-19 และประเทศไทยเองก็มีการใช้มาตรการนี้และมีการปิดเมืองในหลายพื้นที่ (2) ประชาชนต้องปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการใช้ชีวิต รวมถึงในระบบการศึกษาที่ต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบการเรียนด้วย

ในช่วงล็อกดาวน์ของประเทศไทยปี 2564 มหาวิทยาลัยส่วนใหญ่เปลี่ยนการเรียนการสอนเป็นรูปแบบออนไลน์ โดยคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม มีนโยบายจัดการเรียนการสอนเป็นรูปแบบผสมผสานโดยมีการเรียนการสอนแบบออนไลน์ตั้งแต่ครึ่งหลังของภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ซึ่งการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ หมายถึง การที่ผู้สอนหรือผู้เรียนจะอยู่ในที่แห่งใดก็สามารถเข้าถึงการศึกษาได้ ผู้เรียนสามารถที่จะติดต่อสื่อสาร ปรึกษา แลกเปลี่ยนความคิดเห็นแบบเดียวกับการเรียนในชั้นเรียนทั่วไป โดยการใช้อีเมล แชท โซเชียลเน็ตเวิร์ค เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงเหมาะกับทุกคน เพราะมีความยืดหยุ่นสูง แต่ผู้เรียนจำต้องมีความรับผิดชอบมากกว่าปกติ รวมถึงสภาพแวดล้อมหรือทรัพยากรที่จำเป็นต้องมีความพร้อมเพื่อใช้ในการเรียนออนไลน์ (3,4)

จากการเปลี่ยนแปลงในลักษณะต่าง ๆ อันเป็นผลมาจากเทคโนโลยีดิจิทัล รวมไปถึงสภาพแวดล้อมทางการเรียนออนไลน์ซึ่งเป็นเรื่องใหม่ ผู้เรียนต้องมีการปรับตัวจนอาจทำให้เกิดความเครียดได้ ความเครียดในการเรียนออนไลน์อาจมีมากหรือน้อย เนื่องมาจากปัจจัยในด้านต่าง ๆ เช่น ปัจจัยสนับสนุน ได้แก่ สิ่งแวดล้อมในการเรียนออนไลน์ เช่น ด้านเสียง ด้านความร้อน และอุปสรรคของการสื่อสาร เช่น ความล่าช้าของการรับส่งข้อมูล มีความสัมพันธ์กับความเครียดในการเรียนออนไลน์จากสถานการณ์โควิด-19 ซึ่งปัจจุบันความเครียดเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญของสังคมไทย และนำไปสู่ผลกระทบหลายด้าน เช่น ประสิทธิภาพการทำงาน สัมพันธภาพกับบุคคลอื่น รวมถึงส่งผลต่อสุขภาพกายและสุขภาพจิตได้ สำหรับการเรียนการสอน ความเครียดที่เกิดขึ้นนั้นอาจเกิดจากข้อจำกัดที่นักศึกษาเผชิญเกี่ยวกับการเรียน เช่น สถานที่ในการเรียน สัญญาณอินเทอร์เน็ต ค่าใช้จ่ายในบ้าน รวมถึงองค์ประกอบที่เกิดจากการเรียน เช่น ภาระงานที่ได้รับมอบหมาย หลักสูตรการเรียน ซึ่งส่งผลกระทบต่อนักศึกษาทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งด้านจิตใจและสุขภาพของนักศึกษา (5,6) อย่างไรก็ตามแม้มีการศึกษาความเครียดของนักศึกษาในสายวิทยาศาสตร์สุขภาพอยู่บ้าง แต่การศึกษาความเครียดในนักศึกษาเภสัชศาสตร์ในประเทศไทยยังมีน้อย และการศึกษาความเครียดในนักศึกษาเภสัชศาสตร์จากรูปแบบการเรียนออนไลน์ยังไม่มีรายงาน

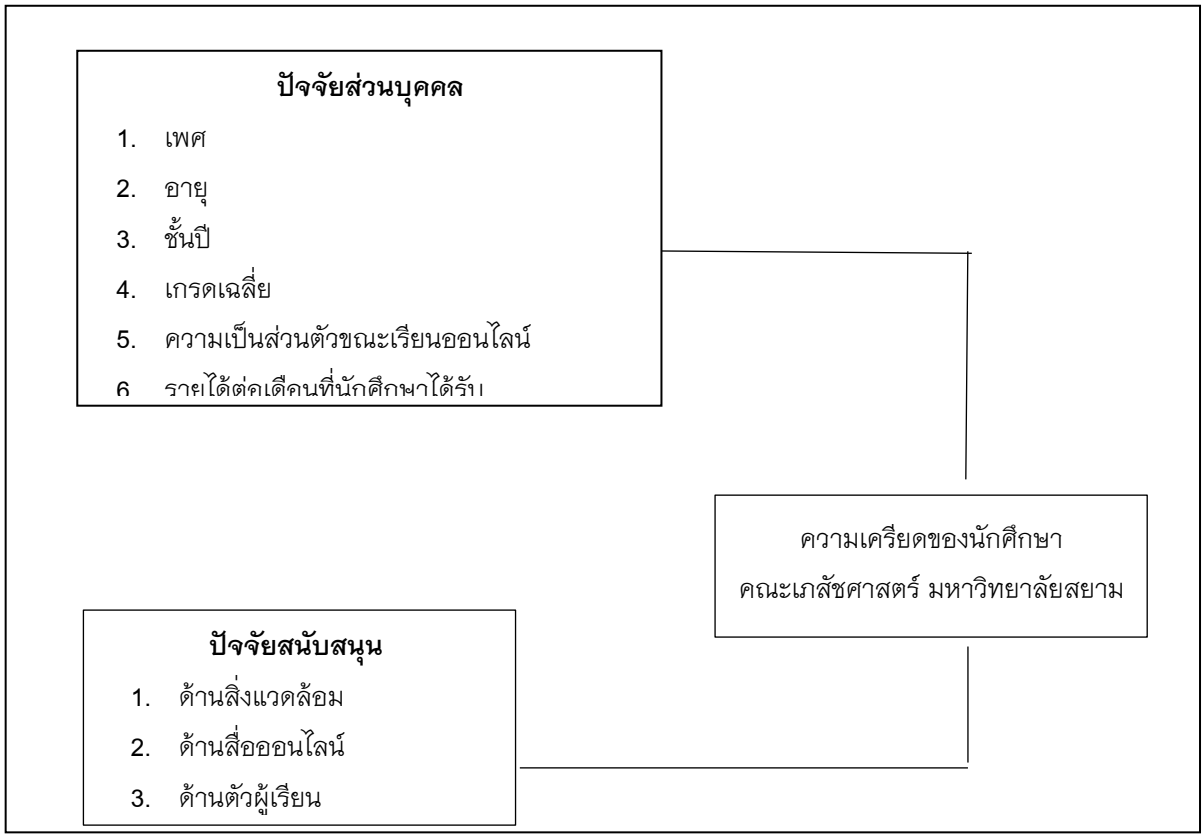
จากเหตุผลข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะสำรวจระดับความเครียดและศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดในการเรียนออนไลน์จากสถานการณ์โควิด-19 ของนักศึกษาเภสัชศาสตร์ เพื่อนำผลไปใช้เป็นข้อมูลในการจัดการความเครียดที่เกิดขึ้นจากการเรียนออนไลน์ และนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับใช้สำหรับการเรียนการสอนในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อสำรวจระดับความเครียดในการเรียนออนไลน์ในช่วงที่มีการระบาดของโรคโควิด-19 ของนักศึกษาคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดในการเรียนออนไลน์ในช่วงที่มีการระบาดของโรคโควิด-19 ของนักศึกษาคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

กรอบแนวคิด

ความเครียดของนักศึกษาสัมพันธ์กับปัจจัยหลายปัจจัยเช่นปัจจัยส่วนบุคคลของนักศึกษาเช่น เพศ อายุ ชั้นปี เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีปัจจัยอื่นที่เป็นปัจจัยสนับสนุน เช่น สิ่งแวดล้อมในขณะที่เรียนออนไลน์ ด้านสื่อออนไลน์ที่ใช้ในขณะที่เรียน รวมถึงด้านที่เกี่ยวข้องกับตัวผู้เรียน



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

1. รูปแบบของงานวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวาง (cross-sectional survey) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับความเครียด และระดับความเครียดในการเรียนออนไลน์ของนักศึกษาคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ชั้นปีที่ 1-5 โดยผ่านคณะกรรมพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากรที่ใช้ในการศึกษา

นักศึกษาคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ปีการศึกษา 2565 ชั้นปีที่ 1-5 จำนวน 341 คน

2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างคำนวณจากสูตร Krejcie & Morgan (7) โดยคำนวณจากจำนวนประชากรในการวิจัย ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็นจำนวน 181 คน จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) โดยใช้ชั้นปีเป็นชั้นภูมิ ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างตามชั้นปี ดังนี้

ตารางที่ 1 จำนวนประชากรแยกและกลุ่มตัวอย่างตามชั้นปี

ชั้นปี	ประชากร (คน)	กลุ่มตัวอย่าง (คน)
ชั้นปีที่ 1	69	37
ชั้นปีที่ 2	72	38
ชั้นปีที่ 3	73	39
ชั้นปีที่ 4	67	35
ชั้นปีที่ 5	60	32
รวม	341	181

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเชิงสำรวจในการศึกษานี้ ประกอบด้วยแบบสอบถาม 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1: แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป

เป็นแบบสำรวจรายการ จำนวน 6 ข้อ ประกอบด้วย เพศ อายุ ชั้นปี เกรดเฉลี่ย ความเป็นส่วนตัวขณะเรียนออนไลน์ และรายได้ต่อเดือนที่นักศึกษาได้รับ

ส่วนที่ 2: แบบประเมินความเครียด

แบบประเมินความเครียด (Thai Perceived Stress Scale–10) ของ Cohen, Kamarak และ Merrelsteins (8) ได้นำมาพัฒนาและแปลเป็นภาษาไทยโดย ณหทัย วงศ์ปการันย์ และทินกร วงศ์ปการันย์ (9) ประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับความรู้สึก มีจำนวน 10 ข้อ แบ่งเป็นข้อความทางบวก 4 ข้อ (ข้อคำถามที่ 4, 5, 7 และ 8) และข้อความทางลบ 6 ข้อ (ข้อคำถามที่ 1, 2, 3, 6, 9 และ 10) ซึ่งผ่านตรวจสอบความเชื่อมั่นได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach' Alpha Coefficeints) เท่ากับ 0.72 การประเมินการรับรู้ความเครียดจะประเมินตามความรู้สึกของผู้ตอบแบบสอบถามว่าคำถามแต่ละข้อตรงกับความรู้สึกของผู้ตอบแบบสอบถามมากน้อยเพียงใด โดยแบ่งคำตอบออกเป็น 5 ระดับ คือ

ไม่เลย	หมายถึง	ไม่เคยเกิดความรู้สึกนั้นเลย
แทบจะไม่	หมายถึง	เกิดความรู้สึกนั้นประมาณ 1–3 ครั้งใน 1 เดือน
มีบางครั้ง	หมายถึง	เกิดความรู้สึกนั้นอาทิตย์ละ 1–2 ครั้ง
ค่อนข้างบ่อย	หมายถึง	เกิดความรู้สึกนั้นอาทิตย์ละ 3–4 ครั้ง
บ่อยมาก	หมายถึง	เกิดความรู้สึกนั้นเป็นประจำทุกวัน

การคำนวณและการแปลผลคะแนนของแบบสอบถามการรับรู้ความเครียดทั้งชุด มีค่าระหว่าง 10–40 คะแนน แบ่งระดับความเครียดเป็น 3 ระดับ ดังนี้

ช่วงคะแนน	0–13	หมายถึง	มีความเครียดระดับต่ำ
ช่วงคะแนน	14–26	หมายถึง	มีความเครียดระดับปานกลาง
ช่วงคะแนน	32–40	หมายถึง	มีความเครียดระดับสูง

ส่วนที่ 3: แบบสอบถามปัจจัยสนับสนุนขณะเรียนออนไลน์

แบบสอบถามทั้งหมด 15 ข้อ โดยแบ่งเป็นคำถาม 3 ด้าน ได้แก่ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านการสื่อสารออนไลน์ และ ด้านตัวผู้เรียน ลักษณะเป็นมาตรประมาณค่าแบบ Likert Scale 5 ระดับ คือ น้อยที่สุด (1 คะแนน) จนถึง มากที่สุด (5 คะแนน) โดยได้รับการตรวจสอบและรับรองจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน (Validity) ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง

ของเครื่องมือ (Index of consistency, IOC) 0.7 จากนั้นจึงนำไปทดลองใช้กับกลุ่มนักศึกษาเภสัชศาสตร์ชั้นปีที่ 3 มหาวิทยาลัยสยาม ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อนำไปหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามทั้งฉบับ ได้ค่าแอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.74

แบบทดสอบจะให้ผู้ตอบพิจารณาว่าเมื่อท่านพบสถานการณ์ และประสบการณ์ในการเรียนออนไลน์ในแต่ละด้าน ก่อให้เกิดปัญหาหรืออุปสรรคในการเรียนกับท่านในระดับใด ซึ่งแบ่งคำตอบออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

1 คะแนน	หมายถึง	ก่อให้เกิดปัญหาหรืออุปสรรคน้อยที่สุด
2 คะแนน	หมายถึง	ก่อให้เกิดปัญหาหรืออุปสรรคเพียงเล็กน้อย
3 คะแนน	หมายถึง	ก่อให้เกิดปัญหาหรืออุปสรรคในระดับปานกลาง
4 คะแนน	หมายถึง	ก่อให้เกิดปัญหาหรืออุปสรรคมาก
5 คะแนน	หมายถึง	ก่อให้เกิดปัญหาหรืออุปสรรคมากที่สุด

นำมาหาค่าเฉลี่ยของทุกคนโดยแปลผล ดังนี้

1.00 – 1.49	หมายถึง	ก่อให้เกิดปัญหาหรืออุปสรรคน้อยที่สุด
1.50 – 2.49	หมายถึง	ก่อให้เกิดปัญหาหรืออุปสรรคเพียงเล็กน้อย
2.50 – 3.49	หมายถึง	ก่อให้เกิดปัญหาหรืออุปสรรคในระดับปานกลาง
3.50 – 4.49	หมายถึง	ก่อให้เกิดปัญหาหรืออุปสรรคมาก
4.50 – 5.00	หมายถึง	ก่อให้เกิดปัญหาหรืออุปสรรคมากที่สุด

4. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลแบบสำรวจโดยใช้รูปแบบ Google form และสร้าง QR code เพื่อใช้ในการเข้าตอบแบบสอบถาม โดยส่งลิงก์ของแบบฟอร์มแบบสอบถามให้กับนักศึกษาทั้งหมดผ่านช่องทางการสื่อสารออนไลน์ของแต่ละชั้นปี และติดตามจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทุกเดือน หากจำนวนแบบสอบถามยังไม่ครบตามจำนวนที่ต้องการจะทำการประชาสัมพันธ์เพิ่มเติม โดยการประสานงานกับหัวหน้าชั้นปีของนักศึกษาและขยายเวลาในการตอบแบบสอบถาม

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ตรวจสอบข้อมูลและวิเคราะห์สถิติโดยมีรายละเอียดดังนี้ ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม ทำการวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ค่าร้อยละ ค่ามัธยฐาน ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อใช้อธิบายลักษณะข้อมูลต่างๆ ใช้สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ Mann Whitney U test และ Kruskal Wallis test เพื่อเปรียบเทียบความเครียดในการเรียนออนไลน์ จำแนกตามอายุ ชั้นปี เกรดเฉลี่ย ความเป็นส่วนตัวขณะเรียนออนไลน์ และรายได้ที่นักศึกษาได้รับต่อเดือน และใช้ Spearman's Rank Correlation Coefficient เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลและสนับสนุนกับความเครียดของนักศึกษา เนื่องจากข้อมูลไม่มีการกระจายตัวแบบปกติ (normal distribution) จึงใช้สถิติ Non parametric statistics ในการวิเคราะห์ข้อมูลชุดนี้

ผลการศึกษา

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุ 20–22 ปี เรียนชั้นปีที่ 3 มีเกรดเฉลี่ย 3.01–3.50 ขณะเรียนออนไลน์อาศัยอยู่คนเดียวในหอพักหรือคอนโดมิเนียม สำหรับรายได้ต่อเดือนที่นักศึกษาส่วนใหญ่ได้รับ คือ 9,000–12,000 บาท รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (n=181)

คุณลักษณะทั่วไป	จำนวน (ร้อยละ)
1.เพศ	
ชาย	36 (19.89)
หญิง	145 (80.11)
2.อายุ	
17–19 ปี	32 (17.68)
20–22 ปี	110 (60.77)
23–25 ปี	38 (21.00)
26–28 ปี	1 (0.55)
3.ชั้นปี	
ชั้นปีที่ 1	37 (20.44)
ชั้นปีที่ 2	38 (21.00)
ชั้นปีที่ 3	39 (21.55)
ชั้นปีที่ 4	35 (19.34)
ชั้นปีที่ 5	32 (17.68)
4.เกรดเฉลี่ย	
1.51–2.00	3 (1.66)
2.01–2.50	11 (6.08)
2.51–3.00	59 (32.60)
3.01–3.50	65 (35.90)
3.51–4.00	43 (23.76)
5.ความเป็นส่วนตัวขณะเรียนออนไลน์	
อยู่คนเดียว	121 (66.85)
อยู่กับครอบครัว	48 (26.52)
อยู่กับเพื่อน	12 (6.63)
6.รายได้ที่นักศึกษาได้รับต่อเดือน	
≤ 3,000 บาท	14 (7.73)
3,001–6,000 บาท	34 (18.78)
6,001–9,000 บาท	51 (28.18)

คุณลักษณะทั่วไป	จำนวน (ร้อยละ)
9,001–12,000 บาท	56 (30.94)
> 12,000 บาท	26 (14.36)

2. ความเครียดของนักศึกษา

นักศึกษาเภสัชศาสตร์ ส่วนใหญ่มีระดับความเครียดระดับปานกลาง จำนวน 152 คน คิดเป็นร้อยละ 84 รองลงมาคือมีความเครียดระดับต่ำ และมีความเครียดระดับสูง ตามลำดับ โดยมีค่าคะแนนความเครียดเฉลี่ย 18.83 ซึ่งจัดอยู่ในความเครียดระดับปานกลาง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับความเครียดของนักศึกษาเภสัชศาสตร์ โดยใช้แบบวัดความรู้สึกเครียด (Thai Perceived stress Scale–10)

ระดับความเครียด	จำนวน (ร้อยละ)
ความเครียดระดับต่ำ	23 (12.70)
ความเครียดระดับปานกลาง	152 (84.00)
ความเครียดระดับสูง	6 (3.30)
รวม	181 (100.00)
คะแนนเฉลี่ย (S.D.) (คะแนนเต็ม 40 คะแนน)	18.83 (4.42)

3. ความเครียดกับปัจจัยส่วนบุคคลของนักศึกษาเภสัชศาสตร์

เมื่อพิจารณาระดับความเครียดของนักศึกษาเภสัชศาสตร์ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พบว่าชั้นปี เป็นปัจจัยเดียวที่ค่ามัธยฐานคะแนนความเครียดของแต่ละชั้นปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชั้นปีที่ 1 มีคะแนนความเครียดมากที่สุด รองลงมาคือชั้นปีที่ 5 สำหรับปัจจัยอื่น เช่น เพศ อายุ เกรดเฉลี่ย ความเป็นส่วนตัวขณะเรียนออนไลน์ และรายได้ต่อเดือนที่นักศึกษาได้รับ มีความแตกต่างกันบ้างแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระดับความเครียดจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล (n = 181)

ปัจจัยส่วนบุคคล	ระดับความเครียด (ร้อยละ)			ค่ามัธยฐานคะแนนความเครียด *(IQ.R.)*	*P-value*
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		
1. เพศ					0.139[a]
หญิง	17 (12)	122 (84)	6 (4)	19 (6)	
ชาย	6 (17)	30 (83)	0 (0)	18 (4)	
2. อายุ					0.173[b]
17–19 ปี	3 (9)	29 (91)	0 (0)	20 (4)	
20–22 ปี	13 (13)	86 (85)	2 (2.0)	18 (5)	
23–25 ปี	7 (15)	36 (77)	4 (8)	18 (5)	
26–28 ปี	0 (0)	1 (100.0)	0 (0)	22 (0)	
3. ชั้นปี					
1	6 (16)	31 (84)	0 (0)	21 (5)	
2	1 (3)	37 (97)	0 (0)	18 (6)	**0.043b**
3	5 (13)	34 (87)	0 (0)	18 (5)	
4	11 (31)	23 (66)	1 (3)	17 (7)	
5	0 (0)	27 (84)	5 (16)	19 (6)	
4. เกรดเฉลี่ย					
1.51–2.00	0 (0)	2 (67)	1 (33)	19 (7)	
2.01–2.50	3 (23)	8 (62)	2 (15)	17 (3)	0.232[b]
2.51–3.00	9 (15)	48 (81)	2 (4)	18 (5)	
3.01–3.50	7 (11)	55 (87)	1 (2)	18 (5)	
3.51–4.00	4 (9)	39 (91)	0 (0)	21 (6)	
5. ความเป็นส่วนตัวขณะเรียนออนไลน์					
อยู่คนเดียว	14 (12)	104 (86)	3 (2)	18 (5)	
อยู่กับครอบครัว	7 (15)	38 (79)	3 (6)	20 (6)	0.490[b]
อยู่กับเพื่อน	2 (17)	10 (83)	0 (0)	19 (7)	
6. รายได้ต่อเดือนที่นักศึกษาได้รับ					
≤ 3,000 บาท	2 (14)	11 (79)	1 (7)	20 (6)	
3,001–6,000 บาท	8 (24)	25 (73)	1 (3)	20 (8)	0.121[b]
6,001–9,000 บาท	6 (12)	45 (88)	0 (0)	18 (4)	

ปัจจัยส่วนบุคคล	ระดับความเครียด (ร้อยละ)			ค่ามัธยฐานคะแนนความเครียด *(IQ.R.)*	*P-value*
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		
9,001–12,000 บาท	7 (12)	48 (86)	1 (2)	19 (6)	
≥ 12,000 บาท	0 (0)	23 (89)	3 (11)	20 (6)	

[a] วิเคราะห์ด้วยสถิติ Mann Whitney U test มีนัยสำคัญทางสถิติอที่ 0.05

[b] วิเคราะห์ด้วยสถิติ Kruskal Wallis test มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

4. ปัจจัยสนับสนุน

นักศึกษามีระดับปัญหาโดยรวมเนื่องจากสิ่งแวดล้อมขณะเรียนออนไลน์ด้านเสียง ด้านสภาพอากาศ และด้านตัวผู้เรียน อยู่ในระดับปานกลาง สำหรับปัจจัยด้านการสื่อสารออนไลน์ เป็นปัจจัยเดียวที่มีระดับปัญหาสูงมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยโดยรวม 3.78 รายละเอียดแต่ละข้อคำถามแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คะแนนเฉลี่ยของระดับปัญหาของปัจจัยสนับสนุน (n = 181)

ปัจจัยสนับสนุน	คะแนนเฉลี่ย (S.D.)	ระดับปัญหา
1.ข้าพเจ้าเรียนออนไลน์ไม่รู้เรื่องเมื่อมีเสียงรบกวน	3.39 (1.00)	ปานกลาง
2.เสียงรบกวนขณะเรียนออนไลน์ทำให้ผลการเรียนข้าพเจ้าแย่ลง	3.06 (0.93)	ปานกลาง
3. ข้าพเจ้ามีความกังวลว่าเสียงสิ่งแวดล้อมจะแทรกเข้าไปในขณะเรียนออนไลน์	3.16 (1.08)	ปานกลาง
ปัญหาด้านเสียงขณะเรียนออนไลน์โดยรวม	**3.20 (1.01)**	**ปานกลาง**
4.ถ้าอากาศร้อนหรือเย็นเกินไปทำให้ข้าพเจ้าเรียนออนไลน์ไม่รู้เรื่อง	2.90 (1.07)	ปานกลาง
5.ถ้าอากาศร้อนหรือเย็นไปทำให้ข้าพเจ้าไม่อยากเรียนออนไลน์	2.83 (1.14)	ปานกลาง
6.ถ้าอากาศร้อนหรือเย็นเกินไปทำให้ผลการเรียนออนไลน์ของข้าพเจ้าแย่ลง	2.33 (1.07)	น้อย
ปัญหาด้านสภาพอากาศขณะเรียนออนไลน์โดยรวม	**2.69 (1.12)**	**ปานกลาง**
7.ข้าพเจ้ารู้สึกกังวลว่าสัญญาณอินเตอร์เน็ตจะหลุดเมื่อต้องเรียนหรือสอบออนไลน์	4.18 (1.11)	สูงมาก
8.ข้าพเจ้าเบื่อหน่ายเมื่อสัญญาณอินเตอร์เน็ตล่าช้าขณะส่งงาน	3.93 (1.10)	สูงมาก
9. ข้าพเจ้าเรียนไม่รู้เรื่องเมื่อภาพหรือสไลด์ไม่ตรงกับเสียงของผู้สอน	3.58 (1.12)	สูงมาก
10. ข้าพเจ้ารู้สึกไม่สบายใจเมื่อภาพหรือสไลด์ไม่ตรงกับเสียงของผู้สอน	3.44 (1.13)	ปานกลาง
ปัญหาด้านการสื่อสารออนไลน์ขณะเรียนออนไลน์โดยรวม	**3.78 (1.15)**	**สูงมาก**
11. ข้าพเจ้ารู้สึกกังวลเมื่อต้องเรียนออนไลน์ในรูปแบบคลิปวิดีโอ	2.07 (1.06)	น้อย
12. ข้าพเจ้ามีความกังวลเมื่อต้องใช้แอพพลิเคชั่นที่ไม่ชำนาญในการเรียนออนไลน์	2.72 (1.06)	ปานกลาง
13. ข้าพเจ้ามีความกังวลว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนจะมีปัญหาขณะเรียนออนไลน์	3.30 (1.10)	ปานกลาง
14. ข้าพเจ้ามีความกังวลเมื่อต้องทำงานกลุ่มหรือกิจกรรมจากการเรียนออนไลน์	2.89 (1.19)	ปานกลาง
15. ข้าพเจ้ารู้สึกไม่สบายใจเมื่อมีการนัดเรียนนอกตารางเวลา เช่น ในเวลาพักผ่อน	3.84 (1.13)	สูงมาก
ปัญหาด้านตัวผู้เรียนขณะเรียนออนไลน์โดยรวม	**2.96 (1.25)**	**ปานกลาง**

5. ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยสนับสนุน

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคลกับความเครียด พบว่า ชั้นปี มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับต่ำกับความเครียด กล่าวคือ ชั้นปี 1 มีความเครียดสูงที่สุด ยิ่งชั้นปีสูงขึ้นความเครียดมีแนวโน้มจะลดลง และเกรดเฉลี่ยมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำกับความเครียด กล่าวคือ ยิ่งเกรดเฉลี่ยสูง ความเครียดก็จะสูงตาม สำหรับปัจจัยสนับสนุน ด้านสภาพอากาศ ด้านการสื่อสารออนไลน์ และด้านตัวผู้เรียน มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเครียด โดยด้านสภาพอากาศมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ ด้านการสื่อสารออนไลน์และด้านตัวผู้เรียนมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง กล่าวคือ ยิ่งปัจจัยสนับสนุนนั้นมีปัญหาหรืออุปสรรคมากความเครียดก็จะมากตามไปด้วย ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเครียดและปัจจัยต่างๆ (n = 181)

ปัจจัยส่วนบุคคล	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์[a]	ระดับความสัมพันธ์[c]
ชั้นปี	-0.147[b]	ต่ำ
เกรดเฉลี่ย	0.156[b]	ต่ำ
อายุ	-0.143	-
รายได้ต่อเดือนที่นักศึกษาได้รับ	0.088	-
ปัจจัยสนับสนุน	**ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์[a]**	**ระดับความสัมพันธ์[c]**
ด้านเสียง	0.139	-
ด้านสภาพอากาศ	0.163[b]	ต่ำ
ด้านการสื่อสารออนไลน์	0.345[b]	ปานกลาง
ด้านตัวผู้เรียน	0.474[b]	ปานกลาง

[a] วิเคราะห์ด้วยสถิติ Spearman rank correlation

[b] มีนัยสำคัญทางสถิติ p value < 0.05

[c] แปลผลตามเกณฑ์ de vaus correlation coefficient

สรุปผลและอธิปรายผล

นักศึกษาเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ส่วนใหญ่มีความเครียดระดับปานกลาง สอดคล้องกับการศึกษาความเครียดของนักศึกษาเภสัชศาสตร์ ในประเทศมาเลเซีย ซึ่งการรายงานคะแนนรวมเฉลี่ยความเครียดที่ 20.70 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง โดยการใช้เครื่องมือ perceived stress scale (10)

นักศึกษาเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม เพศหญิงมีความเครียดระดับต่ำและระดับปานกลางมากกว่าเพศชาย จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า เพศไม่มีความสัมพันธ์กับระดับความเครียด และความเครียดของเพศชายและหญิงไม่แตกต่างกัน ตามทฤษฎีความเครียดของ Lazarus (11) ซึ่งมีแนวความคิดเกี่ยวกับความเครียดว่าเป็นการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างบุคคลและสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีอิทธิพลต่อกัน และเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์ ได้มีการกล่าวถึง การจัดการความเครียดโดยมุ่งเน้นอารมณ์ (emotional-focused coping) คือ การเลือกใช้วิธีจัดการความเครียดที่จะช่วยควบคุม ปรับอารมณ์ ความรู้สึกของตนเอง โดยลดความไม่สบายใจ เพื่อรักษาสมดุลทางจิตใจ สำหรับนักศึกษาเภสัชศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ดังนั้นจึงมีการพูดระบายให้ผู้อื่นฟัง หรือขอความช่วยเหลือจากเพื่อนหรืออาจารย์ ทำให้บรรยากาศในการเรียนไม่เครียดจนเกินไปและไม่แตกต่างกันระหว่างเพศ ซึ่งสอดคล้องกับ

การศึกษาของคุณจุฑารัตน์ สถิรปัญญา และคณะ (10) และคุณอรุณ มิ่งประเสริฐ (12) ทั้งสองการศึกษาพบว่าเพศชายและเพศหญิงมีความเครียดไม่แตกต่างกัน แต่ขัดแย้งกับการศึกษาของคุณสุวรรณา สี่สมประสงค์ (13) ซึ่งพบว่านักศึกษาแพทย์เพศหญิงมีความเครียดแตกต่างจากเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกันรวมถึงช่วงเวลาที่ศึกษาต่างกันซึ่งอาจจะทำให้ผลการศึกษาขัดแย้งกัน

นักศึกษาเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ชั้นปีที่ 1 มีความเครียดมากกว่าชั้นปีอื่น จากทฤษฎีความเครียดของ Lazarus (11) การจัดการความเครียดมี 2 แบบ คือ การจัดการความเครียดโดยมุ่งแก้ปัญหา (problem-focused coping) คือเรียนรู้ที่จะเข้าใจปัญหา มีการวางแผน ตั้งเป้าหมายในกาแก้ปัญหาที่เหมาะสม เพื่อให้การแก้ไขปัญหาเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ให้ดีขึ้น และการจัดการความเครียดโดยมุ่งเน้นอารมณ์ (emotional-focused coping) สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ซึ่งยังไม่มีประสบการณ์ในการเรียนในระดับอุดมศึกษา รวมถึงยังไม่รู้จักหรือสนิทสนมกับเพื่อนร่วมชั้นปี หรือ อาจารย์ในคณะเภสัชศาสตร์ เมื่อประสบกับสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้ระบบการเรียนออนไลน์ถูกนำมาใช้ ทำให้อาจจะมีปัญหาในการจัดการความเครียดทั้ง 2 แบบ เกิดปัญหาในการปรับตัวและความเครียดขึ้นได้มากกว่าชั้นปีอื่น ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของคุณจุฑารัตน์ สถิรปัญญา และคณะ (10) ที่พบว่าชั้นปีที่ 3 และชั้นปีที่ 4 มีความเครียดมากกว่าชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 2 อาจจะเนื่องจากสถานการณ์ในการทำวิจัยมีความแตกต่างกัน นอกจากนั้นพบว่า ชั้นปีมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับความเครียดโดยมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก เนื่องจากในแต่ละชั้นปีที่แตกต่างกันมีหน้าที่และความรับผิดชอบที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของคุณพรรณภา เรืองกิจ (14) ที่กล่าวว่า ผู้ที่เรียนในชั้นปีที่สูงกว่ามีความกดดันมากกว่าแต่ก็มีวุฒิภาวะและประสบการณ์ในการรับมือกับปัญหา ผู้ที่เรียนในชั้นปีต่ำกว่าความกดดันน้อยแต่ต้องมีการปรับตัวมาก ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่า ชั้นปีที่ 5 มีความเครียดสูงรองจาก ชั้นปีที่1 อาจเนื่องจากชั้นปีที่ 5 เป็นชั้นปีที่กำลังจะออกฝึกงานนอกคณะ ซึ่งอาจจะทำให้มีความกังวลและความเครียดที่สูง โดยเฉพาะในช่วงการระบาดของโรคโควิด-19

จากผลการวิเคราะห์สถิติพบว่า เกรดเฉลี่ยมีความสัมพันธ์เชิงบวกระดับต่ำกับระดับความเครียด อาจอธิบายได้ว่านักศึกษาที่มีเกรดเฉลี่ยต่างกันมีการปรับตัวรับมือในการเรียนออนไลน์ที่แตกต่างกัน ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของคุณชฎาภา ประเสริฐทรง ที่กล่าวว่า เกรดเฉลี่ยไม่มีความสัมพันธ์กับความเครียดในการเรียนออนไลน์ จากสถานการณ์โควิด-19 ของนักศึกษาพยาบาล (6) จากทฤษฎีความเครียดของ Lazarus (11) นักศึกษาที่มีเกรดเฉลี่ยสูงน่าจะมีความเครียดต่ำกว่านักศึกษาที่มีเกรดเฉลี่ยต่ำเนื่องจากน่าจะมีการรับมือกับปัญหาได้ดีกว่า แต่เนื่องจากการศึกษานี้กลุ่มตัวอย่างค่อนข้างมีเกรดเฉลี่ยสูง ทำให้ข้อมูลที่ได้อาจจะไม่ได้เป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมด

รายได้ต่อเดือนที่นักศึกษาได้รับ ไม่มีความสัมพันธ์กับระดับความเครียด และความเครียดแต่ละช่วงรายได้ต่อเดือนที่นักศึกษาได้รับไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องนักศึกษาอาจจะไม่จำเป็นต้องใช้จ่ายเพิ่มเติมในเรื่องของการเรียนช่วงโควิด-19 ดังนั้นผลลัพธ์ในการจัดการความเครียดตามทฤษฎีความเครียดของ Lazarus (11) จึงไม่แตกต่างกันในปัจจัยนี้ ซึ่งก็สอดคล้องกับการศึกษาของคุณอรุณี มิ่งประเสริฐ (12) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของสุขภาพจิตและความเครียดของนักศึกษา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต พบว่ารายได้ต่อเดือนของนักศึกษาที่แตกต่างกัน มีความเครียดไม่แตกต่างกัน

ปัจจัยสนับสนุนด้านเสียงไม่มีความสัมพันธ์กับความเครียด ส่วนปัจจัยด้านอื่นๆ ได้แก่ ด้านสภาพอากาศ, ด้านการสื่อสารออนไลน์ และด้านตัวผู้เรียนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเครียด โดยด้านสภาพอากาศมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก ด้านการสื่อสารออนไลน์ และด้านตัวผู้เรียนมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง ซึ่งตามทฤษฎีการเรียนรู้และการประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ของ Thorndike (15) กฎแห่งความพร้อมการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีถ้าผู้เรียนมีความพร้อมทั้งทางร่างกายและจิตใจ ในสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด-19 การเรียนการสอนมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมอย่างรวดเร็ว จากการเรียนในห้องเรียนกับเพื่อนนักศึกษาและอาจารย์ เป็นการ

เรียนออนไลน์ที่บ้านคนเดียว สภาพของสิ่งแวดล้อมที่เรียน สภาพอากาศ การสื่อสารออนไลน์ และตัวผู้เรียนเองมีความเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ ปัญหาที่เกิดขึ้นในการเรียนรู้อาจนำมาสู่ความเครียดในการเรียน ทั้งนี้ สอดคล้องกับการศึกษาของคุณชฎาภา ประเสริฐทรง (5) ที่พบว่า สิ่งแวดล้อมขณะเรียนในการเรียนออนไลน์มีความสัมพันธ์กับความเครียดในการเรียนออนไลน์ และ อุปสรรคของการสื่อสารออนไลน์ ความกังวลว่าสัญญาณอินเตอร์เน็ตจะหลุดหรือสัญญาณอินเตอร์เน็ตล่าช้าขณะส่งงาน และ สาเหตุจากตัวผู้เรียน เช่น ความไม่สบายใจเมื่อมีการนัดเรียนนอกตารางเวลา สอดคล้องกับการศึกษาของวิไลพร ขำวงษ์และคณะ (16) ที่กล่าวว่านักศึกษาพยาบาลมีสาเหตุของความเครียดมาจาก ด้านการจัดสรรเวลา โดยมีความสัมพันธ์ทางบวกระดับปานกลางกับระดับความเครียดอย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษานี้มีจุดเด่นคือเป็นการศึกษาแรกที่ทำการศึกษาความเครียดในนักศึกษาเภสัชศาสตร์ในการเรียนออนไลน์ในช่วงที่มีการระบาดของโรคโควิด-19 ซึ่งส่วนใหญ่มักทำการศึกษาในสาขาวิชาของคณะอื่น และยังไม่มีการศึกษาความเครียดของนักศึกษาเภสัชศาสตร์ในรูปแบบการเรียนออนไลน์ ทั้งนี้งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดที่งานวิจัยนี้ศึกษากลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ในการเรียนออนไลน์ช่วงการระบาดของโรคโควิด-19 หากจะนำไปใช้กับกลุ่มอื่นหรือสถานการณ์ที่แตกต่างออกไป อาจต้องนำไปปรับใช้ให้เหมาะสม และถ้ามีระดับความเครียดของนักศึกษาช่วงก่อนเรียนออนไลน์มาเป็นพื้นฐาน (baseline) อาจจะทำให้เปรียบเทียบระดับความเครียดได้ถูกต้องมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. Pneumonia of unknown cause–China [Internet]. Accesses 2021 July 7. Available from: https://www.who.int/csr/don/05 – january–2020 – pneumonia–of–unkown–cause–china/en/
2. กรมควบคุมโรค. โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID–19) [อินเทอร์เน็ต]. 2564; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม 2564. ได้จาก https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/
3. Naseer S, Zahida Perveen H. Perspective chapter: advantages and disadvantages of online learning courses. In: massive open online courses – current practice and future trends. IntechOpen; 2023.
4. Josh WB. Online learning challenges, stress experience, and coping strategies among university Students during the lockdown due to COVID–19 pandemic interaction. Journal of Pedagogy. 2021;2(1):15–27.
5. Moawad RA. Online learning during the COVID–19 pandemic and academic stress in university students. Revista Romancasca Pentru Educatie Multidimensionala. 2020; 12(1):100–7.
6. ชฎาภา ประเสริฐทรง. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดในการเรียนออนไลน์จากสถานการณ์โควิด–19 ของนักศึกษาพยาบาล. วารสารสถาบันจิตเวชศาสตร์สมเด็จเจ้าพระยา. 2564; 15(1):4–15.
7. Krejcie RV, Morgan DW. Determining sample size for research activities. Educational and Psychological Measurement. 1970; 30(3):607–610.

8. Cohen S, Kamarck T, Mermelstein R. A global measure of perceived stress. Journal of Health and Social Behavior. 1983; 24:385–396.
9. Wongpakaran N, Wongpakaran T. The Thai version of the PSS-10: An Investigation of its psychometric properties. BioPsychoSocial Medicine. 2010; 4(1):6.
10. Zinurova E, DeHart R. Perceived Stress, Stressors, and Coping Mechanisms Among PGY1 Pharmacy Residents. Am J Pharm Educ. 2018 Sep; 82(7):6574.
10. จุฑารัตน์ สถิรปัญญา, วิทยา เหมพันธ์. ความเครียดของนักศึกษามหาวิทยาลัย. วารสารศิลปศาสตร์มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2556; 1(1):42-58.
11. Lazarus RS, Folkman S. Stress, Appraisal, and Coping. New York, NY: Springer Publishing; 1984.
12. อรุณี มิ่งประเสริฐ. การศึกษาสุขภาพจิตและความเครียดของนักศึกษาคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต. วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์. 2557; 40(2):211-227.
13. สุวรรณา สี่สมประสงค์. การศึกษาความเครียดของนักศึกษาแพทย์ระดับชั้นปีที่ 4-6. [สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาจิตวิทยาการแนะแนว]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ; 2552.
14. พรรณภา เรืองกิจ. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาวะสุขภาพจิตและความเครียดของนักศึกษาพยาบาลวิทยาลัยพยาบาลบรมราชนนี นพรัตน์วชิระ. Veridain E-Journal. 2019; 12(1):1216-1217.
15. Thorndike E. The fundamentals of learning. New York: Teachers College Press; 1932.
16. วิไลพร ขำวงษ์ และคณะ. ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเครียดกับสาเหตุของความเครียด และการจัดการความเครียดของนักศึกษาพยาบาลในวิทยาลัยพยาบาล สังกัดสถาบันพระบรมราชชนก. วารสารวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ. 2559; 10(1):78-87.

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิชาเคมีของยา 1 คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

Development of teaching and learning activities in Medicinal Chemistry 1, Faculty of Pharmacy, Siam University

เพ็ญนภา เจริญวิวัฒนกิจ[1*] และ นฤมล โพธิ์ศรีทอง[1]

Phennapa Charoenwiwattanakij[1*] and Narumol Phosrithong[1]

บทคัดย่อ

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยการนำเกมเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการบรรยาย มีวัตุประสงค์เพื่อการเปรียบเทียบผลการเรียนระหว่างการสอนแบบบรรยาย และการสอนแบบบรรยายร่วมกับการทำกิจกรรมในชั้นเรียน ของนักศึกษา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ในรายวิชาเคมีของยา 1 โดยการนำข้อมูลคะแนนสอบในหัวข้อยาลดไขมันในโลหิต ยาต้านการแข็งตัวของเกล็ดเลือด ยาที่เกี่ยวกับโรคในทางเดินอาหาร และผลรวมของคะแนนทั้งสามหัวข้อ ของนักศึกษาที่ลงทะเบียนรายวิชาเคมีของยา 1 ภาคการศึกษาที่ 1 และภาคฤดูร้อนในปีการศึกษา 2565 จำนวน 38 รายมาทำการวิเคราะห์ด้วย paired t-test ผลการวิเคราะห์พบว่า คะแนนรวม (คะแนนเฉลี่ยเพิ่มจาก 8.37 เป็น 9.58) และหัวข้อยาต้านการแข็งตัวของเกล็ดเลือด (คะแนนเฉลี่ยเพิ่มจาก 2.53 เป็น 3.13) นักศึกษามีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (p-value < 0.05) สำหรับหัวข้อยาลดไขมันในโลหิต (คะแนนเฉลี่ยเพิ่มจาก 3.03 เป็น 3.37) และยาที่เกี่ยวกับโรคในทางเดินอาหาร (คะแนนเฉลี่ยเพิ่มจาก 2.82 เป็น 3.08) พบว่ามีคะแนนเพิ่มขึ้นแต่เนื่องจากค่า p-value มีค่ามากว่า 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้นักศึกษาเห็นว่าการเรียนในรูปแบบการบรรยายร่วมกับการทำกิจกรรมในรูปแบบเกม ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาของบทเรียนได้มากขึ้น ตลอดจนลดความเคร่งเครียดของชั้นเรียนลง

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้เชิงรุก, เกม, เคมีของยา

[1] การบริบาลทางเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร 10160

[1] Pharmaceutical care, Faculty of Pharmacy, Siam University, Bangkok, 10160

*Corresponding author: phennapa.cha@siam.edu

Abstract

Development of the teaching and learning activities by lecturing and using game had the objective to compare lecture-based classroom and the classroom with the combination of lecture and activity of students of Faculty of Pharmacy, Siam University, registering in medicinal chemistry 1 both in the first semester and summer semester in academic year 2022. The scores from final examinations including the topics of dyslipidemia drugs, anticoagulants, drugs for gastrointestinal diseases and the overall scores were analyzed using paired t-test. The results showed that the overall scores (average score increased from 8.37 to 9.58) and the scores from anticoagulants (average score increased from 2.53 to 3.13) significantly increased with *p*-values < 0.05. The scores in dyslipidemia drugs (average score increased from 3.03 to 3.37) and drugs for gastrointestinal diseases (average score increased from 2.82 to 3.08) showed the increase; however, the *p*-values were more than 0.05 suggesting insignificant difference of the results. Additionally, the students' comments indicated the lecture with game improved the understanding and decreased the stress during the classes.

Keywords: Active learning, Game, Medicinal chemistry

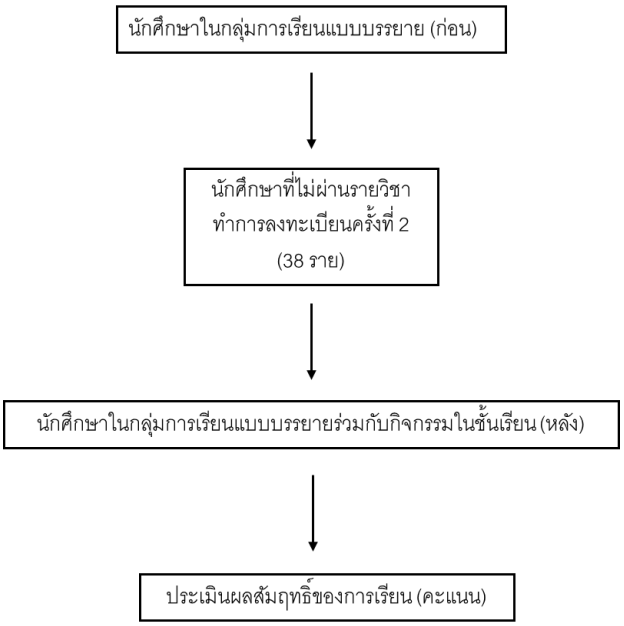
บทนำ

ปัจจุบันการนำวิธีการเรียนการสอนในรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) มาใช้ในชั้นเรียนเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย เพื่อให้ผู้เรียนมีการคิด วิเคราะห์ และได้ลงมือปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2562) คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยามได้นำหลักการ active learning มาประยุกต์ใช้ในชั้นเรียน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำหลักการดังกล่าวมาจัดการเรียนการสอนในกลุ่มนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาเคมีของยา 1 เนื่องจากนักศึกษาที่ลงทะเบียนรายวิชาเคมีของยา 1 มีสัดส่วนที่ไม่ผ่านรายวิชาค่อนข้างมาก โดยพบว่ามีอัตราการได้เกรด F ร้อยละ 44.59, 21.90 และ 49.04 จากผลการศึกษาในปีการศึกษา 2563, 2564 และ 2565 ตามลำดับ ทำให้เกิดผลต่อเนื่องที่สร้างความเสียหายทั้งด้านจิตใจ เวลา และค่าใช้จ่าย ได้แก่การลงทะเบียนเรียนซ้ำในรายวิชาเคมีของยา 1 การเกินกำหนดระยะเวลาตามแผนการศึกษา ค่าใช้จ่ายในการเรียนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดความเครียดในนักศึกษากลุ่มดังกล่าว ทางคณะได้เปิดให้นักศึกษาที่ได้ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ที่ยังมีผลการสอบไม่ผ่านรายวิชา ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาฤดูร้อน (ภาคการศึกษาที่ 3) และผู้สอนในรายวิชาได้มีการจัดกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ โดยคาดหวังผลให้นักศึกษาสามารถผ่านการศึกษาในรายวิชาเคมีของยา 1 ได้ตามวัตถุประสงค์ของรายวิชาและเกิดความอยากเรียนรู้ในชั้นเรียน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนระหว่างการสอนแบบบรรยาย และการสอนแบบบรรยายร่วมกับการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

กรอบแนวคิด



วิธีวิทยาการวิจัย

ประชากร คือ นักศึกษาคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาเคมีของยา 1 ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 104 ราย

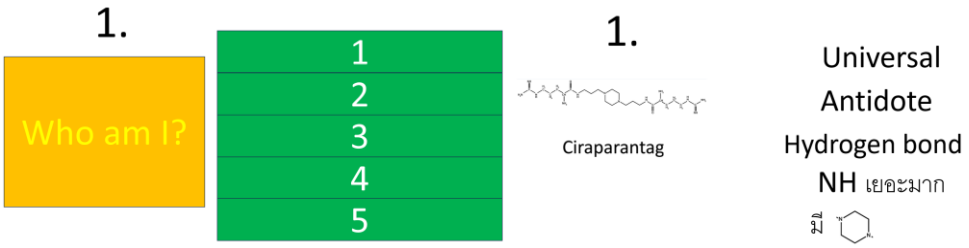
กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาที่ลงทะเบียนรายวิชาเคมีของยา 1 ภาคการศึกษาที่ 1 และภาคฤดูร้อนในปีการศึกษา 2565 โดยสุ่มแบบเจาะจง นักศึกษาที่ไม่ผ่านรายวิชารายวิชาเคมีของยา 1 ภาคการศึกษาที่ 1 และได้ลงทะเบียนเรียนในภาคฤดูร้อนในปีการศึกษา 2565 (เป็นนักศึกษากลุ่มเดียวกัน) จำนวน 38 ราย โดยแบ่งเป็น

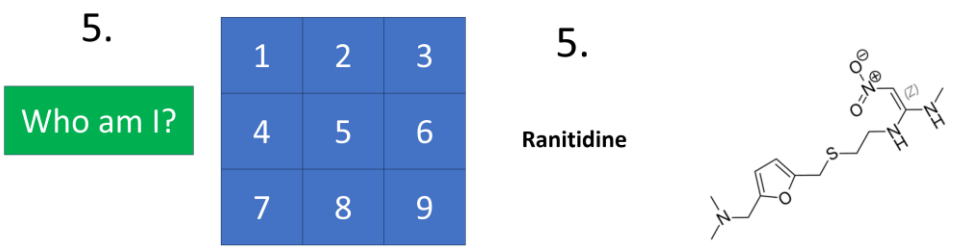
ชุดข้อมูลที่ 1 คะแนนจากการสอบปลายภาครายวิชาเคมีของยา 1 ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2565

ชุดข้อมูลที่ 2 คะแนนจากการสอบปลายภาครายวิชาเคมีของยา 1 ภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา 2565

เครื่องมือวิจัย ได้แก่

- เกม Who am I ? ซึ่งประกอบไปด้วยคำถามที่เกี่ยวข้องกับการเรียน (รูปที่ 1)
- แบบประเมินผล (ข้อสอบปลายภาค)
- การประเมินและข้อคิดเห็นจากนักศึกษา





รูปที่ 1 ตัวอย่างคำถามในเกม Who am I ?: คำถาม (รูปซ้าย) และเฉลย (รูปขวา)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. บันทึกคะแนนสอบปลายภาคหัวข้อได้แก่
   - หัวข้อยาลดไขมันในโลหิต
   - หัวข้อยาต้านการแข็งตัวของเกล็ดเลือด
   - หัวข้อยาที่เกี่ยวกับโรคในทางเดินอาหาร
   - ผลรวมของคะแนนทั้งสามหัวข้อ

   โดยการเก็บข้อมูลจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่
   1) การเก็บรวบรวมข้อมูลชุดที่ 1 (กลุ่มการเรียนแบบบรรยาย)
   2) การเก็บรวบรวมข้อมูลชุดที่ 2 (กลุ่มการเรียนแบบบรรยายร่วมกับกิจกรรมในชั้นเรียน)
   3) ข้อมูลความคิดเห็นจากนักศึกษาเกี่ยวกับเกมและความเข้าใจที่มากขึ้นในบทเรียน (กลุ่มการเรียนแบบบรรยายร่วมกับกิจกรรมในชั้นเรียน)

การวิเคราะห์ข้อมูล

- การเปรียบเทียบทางสถิติด้วย paired t-test (dependent group) (Bhattacharya, P.K. (2021) และ White, S.E. (2020)) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel (Microsoft 365) โดยรายงานผลเป็นค่าคะแนนเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) t-test และ *p*-value
- คะแนนจากแบบประเมินและความคิดเห็นจากนักศึกษา

สมมติฐานการวิจัย

รูปแบบการเรียนในรูปแบบบรรยายร่วมกับกิจกรรมในรายวิชาเคมีของยา 1 จะให้ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา (คะแนน) ที่สูงกว่ารูปแบบการบรรยายเพียงอย่างเดียว

ผลการศึกษา

จากการคัดเลือกนักศึกษาเฉพาะผู้ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาเคมีของยา 1 ภาคการศึกษาที่ 1 และภาคฤดูร้อน ในปีการศึกษา 2565 พบว่ามีนักศึกษาที่สามารถนำผลการศึกษามาวิเคราะห์ได้จำนวน 38 ราย โดยมีค่า df = 37 ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลคะแนนระหว่างรูปแบบบรรยายและบรรยายร่วมกับทำกิจกรรม (n = 38)

หัวข้อการเรียนการสอนที่ทำการวิเคราะห์ผลคะแนน	คะแนนเฉลี่ย ชุดข้อมูล		S.D. ชุดข้อมูล		t	*p*–value***
	1*	2**	1*	2**		
ยาลดไขมันในโลหิต	3.03	3.37	1.20	1.60	–1.5493	0.0649
ยาต้านการแข็งตัวของเกล็ดเลือด	2.53	3.13	1.50	1.47	–1.9674	0.0283
ยาที่เกี่ยวกับโรคในทางเดินอาหาร	2.82	3.08	1.47	1.44	–0.8743	0.1938
ผลรวมทุกหัวข้อ	8.37	9.58	2.78	2.70	–2.5767	0.0070

* 1 หมายถึง กลุ่มตัวอย่างที่ลงทะเบียนในภายเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565

**2 หมายถึง กลุ่มตัวอย่างที่ลงทะเบียนในภายเรียนที่ 1 และภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา 2565

*** กำหนด *p*–value < 0.05

ในด้านความคิดเห็นของนักศึกษาต่อเกมและการส่งเสริมการเรียนรู้ พบว่า 81.4% ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ 18.6% คิดว่าช่วยเล็กน้อย และไม่มีความเห็นที่แสดงว่ากิจกรรมไม่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้เลย นักศึกษาแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเกม Who am I ? และความเข้าใจในบทเรียนที่มีมากขึ้นและลดความเครียดในห้องเรียนได้ดี

สรุปผลและอธิปรายผล

ผลการวิเคราะห์คะแนนระหว่างกลุ่มที่มีการเรียนการสอนในรูปแบบการบรรยายและการบรรยายร่วมกับการทำกิจกรรมเกม “Who am I ?” พบว่าผลคะแนนจะสูงกว่าในกลุ่มที่มีการบรรยายเพียงอย่างเดียว โดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ยของผลคะแนนรวมและแต่ละหัวข้อ อย่างไรก็ตาม พบว่า ในส่วนของคะแนนรวมและหัวข้อยาต้านการแข็งตัวของเกล็ดเลือด นักศึกษามีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (*p*–value < 0.05) สำหรับหัวข้อยาลดไขมันในโลหิตและยาที่เกี่ยวกับโรคในทางเดินอาหารพบว่ามีคะแนนเพิ่มขึ้นแต่เนื่องจากค่า *p*–value มีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้นักศึกษาเห็นว่าการเรียนในรูปแบบการบรรยายร่วมกับการทำกิจกรรมในรูปแบบเกม Who am I ? ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาของบทเรียนได้มากขึ้น ตลอดจนลดความเคร่งเครียดของชั้นเรียนลง จากผลการวิเคราะห์และความคิดเห็นของนักศึกษา ซึ่งเห็นได้ว่า กิจกรรมดังกล่าวช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ และสามารถนำไปพัฒนาการเรียนการสอนในหัวข้อและรายวิชาอื่นๆได้ต่อไป นอกจากนี้ ควรดำเนินการตรวจสอบหาสาเหตุในหัวข้อที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เพื่อพัฒนากระบวนการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณ ดร.สุวภาพ เตชะมหามณีรัตน์ สำหรับการให้คำปรึกษาในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2562) . **แนวทางการนิเทศเพื่อพัฒนาและส่งเสริมการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ตามนโยบายลดเวลาเรียน เพิ่มเวลารู้**. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2567. จาก http://academic.obec.go.th/images/document/1603180 137_d_1.pdf

Bhattacharya, P.K. (2021). **Research Methodology in the Health Sciences: A Quick Reference Guide**. McGraw Hill.

White, S.E. (2020). **Basic & Clinical Biostatistics**, 5e. McGraw-Hill Education.

การวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพในสถาบันอุดมศึกษา บนฐานการบริหารงานภาครัฐดิจิทัล กรณีศึกษา : มหาวิทยาลัยพะเยา

Research and development of physical security support systems in higher education institutions on the basis of digital public administration case study: University of Phayao

กฤษณะ จันนาค[1*]

Kissana Jannak[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพในสถาบันอุดมศึกษา บนฐานการบริหารงานภาครัฐดิจิทัล กรณีศึกษา : มหาวิทยาลัยพะเยา (Research and Development of Physical Security Support Systems in Higher Education Institutions on the Basis of Digital Public Administration) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา สำรวจ และวิเคราะห์สภาพปัญหาและความต้องการของนิสิตและบุคลากรในการจัดการด้านความปลอดภัยทางกายภาพในมหาวิทยาลัยพะเยา พร้อมทั้งออกแบบและพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพ รวมถึงประเมิน ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบดังกล่าว งานวิจัยนี้เน้นการวิจัยและพัฒนาระบบความปลอดภัยในสถาบันอุดมศึกษา กรณีศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา ภายใต้แนวคิดการบริหารงานภาครัฐดิจิทัล โดยระบบที่พัฒนาขึ้นมุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล

จากการวิจัย คาดว่าจะสามารถระบุสภาพปัญหาและความต้องการของนิสิตและบุคลากรต่อการจัดการด้านความปลอดภัยในมหาวิทยาลัยพะเยาได้อย่างชัดเจน โดยศึกษาและรวบรวมความคิดเห็นและประสบการณ์ของผู้ใช้บริการจริง ซึ่งจะทำให้เข้าใจปัญหาและความต้องการที่แท้จริง พร้อมทั้งค้นหาวิธีการที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบต่อไป ผลสำคัญอีกประการหนึ่งคือการพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยที่มีประสิทธิภาพสูง สะดวก รวดเร็ว และทันสมัย ซึ่งสามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินได้อย่างทันท่วงที ระบบนี้ยังสามารถปรับตัวให้เข้ากับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลง รวมถึงช่วยเพิ่มความปลอดภัยในชีวิตประจำวันของนิสิตและบุคลากรอย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ คาดว่าการวิจัยจะช่วยประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบที่พัฒนา การวัดความพึงพอใจนี้จะสะท้อนถึงความสามารถของระบบในการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน และช่วยในการปรับปรุงระบบให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้นในอนาคต การวิจัยนี้ยังคาดว่าจะสามารถเพิ่มระดับความปลอดภัยในสถาบันอุดมศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม โดยเฉพาะในมหาวิทยาลัยพะเยา ทั้งในด้านการเรียนการสอนและการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัย อีกทั้งยังสามารถเป็นต้นแบบให้กับสถาบันการศึกษาอื่น ๆ ที่ต้องการพัฒนาระบบความปลอดภัยของตนเอง ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนตามความต้องการของแต่ละสถาบัน และช่วยยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยในสถาบันการศึกษาทั่วประเทศได้

คำสำคัญ: ระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพ, การบริหารงานภาครัฐดิจิทัล, วิจัยและพัฒนา , มหาวิทยาลัยพะเยา

[1] สาขาวิชานโยบายสาธารณะ คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Master of Public Administration Program in Public Policy, School of Political and Social Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author: kitsana.ja@up.ac.th

Abstract

Research and Development of Physical Security Support Systems in Higher Education Institutions on the Basis of Digital Public Administration: A Case Study of the University of Phayao The objectives of this study are to explore, survey, and analyze the issues and needs of students and staff in managing physical security at the University of Phayao. Furthermore, the research aims to design and develop a physical security support system and evaluate user satisfaction with the system This study emphasizes research and development of security systems in higher education institutions, using the University of Phayao as a case study. It is conducted within the framework of digital public administration, focusing on leveraging digital technologies to enhance security.

It is expected that the study will clearly identify the problems and needs of students and staff concerning physical safety management at the University of Phayao. This will be achieved by gathering opinions and experiences from actual users, which will lead to a deep understanding of the issues and the identification of suitable measures for developing the safety support system. Another key expected outcome is the development of an efficient, convenient, fast, and modern safety support system that can respond to emergencies and unforeseen incidents promptly. The system will be adaptable to current technologies and will significantly improve the daily safety of students and staff.

Furthermore, the study is expected to assess user satisfaction with the developed system. This evaluation will indicate how well the system meets user needs and provide insights for further improvements. The research is also anticipated to enhance safety in higher education institutions, particularly at the University of Phayao, by creating a safer environment for learning and living. Lastly, the system developed in this study can serve as a model for other educational institutions seeking to improve their own safety management systems. It can be adapted to suit various contexts and will contribute to raising safety standards in educational institutions nationwide.

Keywords: Physical Safety Support System, Digital Public Administration, Research and Development (R&D), University of Phayao

บทนำ

ในปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีดิจิทัลเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อทุกภาคส่วนของสังคม โดยเฉพาะในภาครัฐที่ต้องปรับตัวและนำเทคโนโลยีมาใช้ในการบริหารจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ทั้งนี้ กระแสการเปลี่ยนผ่านจากระบบอนาล็อกสู่ระบบดิจิทัลได้ก่อให้เกิดความท้าทายและโอกาสใหม่ ๆ แก่หน่วยงานราชการในการปรับปรุงระบบงานและการให้บริการประชาชนอย่างเต็มรูปแบบ ซึ่งการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลจะช่วยสร้างฐานข้อมูลที่เชื่อมโยงหน่วยงานต่าง ๆ ทำให้การบริหารงานมีความรวดเร็ว โปร่งใส และตอบสนองต่อความต้องการของประชาชนได้ดียิ่งขึ้น

สถาบันอุดมศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของสังคมที่ต้องรับมือกับการเปลี่ยนแปลงนี้ โดยเฉพาะด้านการรักษาความปลอดภัยของนักศึกษาและบุคลากรในสถาบัน เนื่องจากการศึกษาเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศ การมีระบบรักษาความปลอดภัยที่ดีในสถาบันการศึกษาช่วยส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ทำให้

นักศึกษามีความมั่นใจและสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ระบบรักษาความปลอดภัยยังช่วยป้องกันเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ เช่น การโจรกรรม อุบัติเหตุ หรือการบุกรุกพื้นที่ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของนักศึกษาและบุคลากรในมหาวิทยาลัย (ปรารถนา ชูแสง, 2561)

มหาวิทยาลัยพะเยาแม้ว่าจะมีการจัดตั้งหน่วยงานเพื่อดูแลด้านความปลอดภัย แต่ยังขาดการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการบริหารจัดการความปลอดภัยอย่างเต็มที่ ทำให้มหาวิทยาลัยอาจไม่สามารถตอบสนองต่อสถานการณ์ฉุกเฉินได้ทันที ความล่าช้านี้อาจส่งผลต่อความมั่นใจและความปลอดภัยของนักศึกษาและบุคลากรในการใช้ชีวิตและทำงานในมหาวิทยาลัยอย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพในสถาบันอุดมศึกษา โดยเฉพาะมหาวิทยาลัยพะเยา จึงเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยการใช้หลักการบริหารงานภาครัฐดิจิทัลจะช่วยให้ระบบการรักษาความปลอดภัยมีความทันสมัยและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งนี้ ระบบดังกล่าวจะสามารถป้องกันและตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ในมหาวิทยาลัย ทั้งยังสร้างความมั่นใจให้นักศึกษาและบุคลากรในด้านความปลอดภัยอีกด้วย

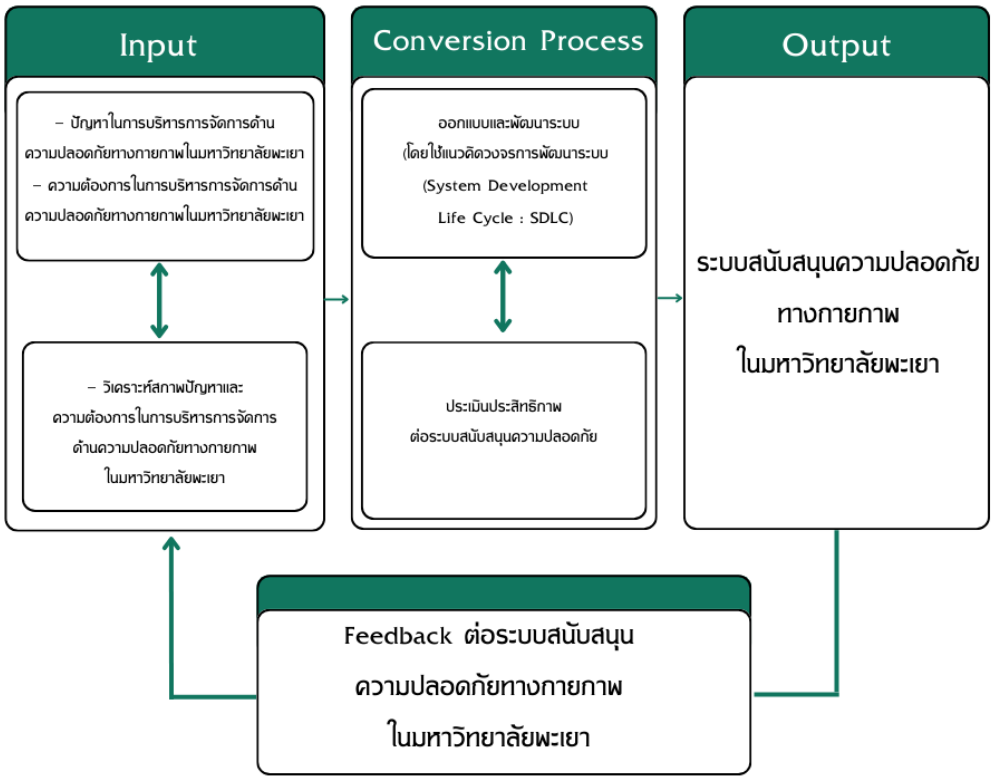
การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาระบบที่สามารถสนับสนุนการบริหารจัดการด้านความปลอดภัยในสถาบันอุดมศึกษา โดยนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการป้องกันและจัดการความเสี่ยงต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อให้นักศึกษาและบุคลากรสามารถเรียนและทำงานในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยและเอื้อต่อการพัฒนาตนเองอย่างเต็มที่

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษา วิเคราะห์สภาพปัญหาและความต้องการของนักศึกษา บุคลากรต่อการบริหารการจัดการด้านความปลอดภัยทางกายภาพในมหาวิทยาพะเยา
2. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพมหาวิทยาลัยพะเยา
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพต่อระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพมหาวิทยาลัยพะเยา

กรอบแนวคิด

ในการศึกษาเรื่อง “การวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพในสถาบันอุดมศึกษาบนฐานการบริหารงานภาครัฐดิจิทัล (กรณีศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา)” ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิดแบบทฤษฎีระบบเป็นแนวทางสำคัญในการศึกษาและพัฒนาระบบที่มีประสิทธิภาพ โดยเน้นการบูรณาการ “ฐานการบริหารงานภาครัฐดิจิทัล” ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญที่เชื่อมโยงระหว่างการบริหารจัดการภาครัฐกับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพและความโปร่งใสในกระบวนการทำงาน โดยฐานการบริหารงานภาครัฐดิจิทัล เป็นแนวทางที่ให้ความสำคัญกับการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาบูรณาการในกระบวนการทำงานของหน่วยงานภาครัฐ เพื่อเพิ่ม ขีดความสามารถในด้านต่าง ๆ เช่น การจัดการทรัพยากร การให้บริการสาธารณะ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก โดยเน้นการออกแบบระบบที่มีความแม่นยำ และตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้นำแนวทางดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพในสถาบันอุดมศึกษา โดยเฉพาะในบริบทของมหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อเพิ่มความสามารถและและประสิทธิภาพในการดำเนินการ โดยการประยุกต์ใช้ฐานการบริหารงานภาครัฐดิจิทัลในงานวิจัยครั้งนี้ ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการความปลอดภัยในมหาวิทยาลัย แต่ยังสอดคล้องกับแนวทางการบริหารจัดการภาครัฐที่เน้นความโปร่งใส การตรวจสอบได้ และ การสร้างความเชื่อมั่นของสาธารณชนต่อระบบงานของหน่วยงานภาครัฐโดยผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาดังนี้



วิธีวิทยาการวิจัย

จากการวิจัยในหัวข้อการวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพในสถาบันอุดมศึกษาบนฐานการบริหารงานภาครัฐดิจิทัล กรณีศึกษา : มหาวิทยาลัยพะเยาเป็นการวิจัยในรูปแบบของการวิจัยและพัฒนา (Research & Development) เพื่อให้ได้ผลการวิจัยตรงตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการการดำเนินการวิจัยที่ทำให้การวิจัยมีโครงสร้างที่ชัดเจน มีกระบวนการที่เป็นระบบ และสามารถตรวจสอบและปรับปรุงได้อย่างต่อเนื่องซึ่งช่วยให้การวิจัยมีประสิทธิภาพและคุณภาพสูงขึ้น ลดความผิดพลาดและสามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผู้วิจัยกำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วยโดยผู้วิจัยกำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย โดยอาศัยแนวคิดวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) รวมทั้งประชากรและกลุ่มตัวอย่าง และเครื่องมือและการเก็บรวบรวมข้อมูล มาเป็นขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัยโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การศึกษาปัญหา (Problem Recognition)

เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาของการบริหารการจัดการทางกายภาพมหาวิทยาลัยพะเยาแบบเดิม โดยได้ศึกษาร่วมกันกับหัวหน้างานความปลอดภัย กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยพะเยา เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยมหาวิทยาลัยพะเยา องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก และตัวแทนนิสิตมหาวิทยาลัยพะเยา (ผู้นำนิสิต) และตัวแทนด้านบุคลากรมหาวิทยาลัยพะเยา (สภาพนักงานมหาวิทยาลัยพะเยา) โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ เพื่อกำหนดประเด็นในการวิจัยและพัฒนา

2. การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study)

ในกระบวนการศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study) เป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินว่าการพัฒนาและดำเนินการระบบใหม่มีความเป็นไปได้และเหมาะสมหรือไม่ รวมทั้งการศึกษาให้ครอบคลุมหลายด้านเพื่อให้มั่นใจว่าระบบที่จะพัฒนานั้นตอบโจทย์ความต้องการและสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. การวิเคราะห์ระบบ (Analysis)

ในกระบวนการขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบนั้น เป็นการวิเคราะห์โดยนำข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนการศึกษาปัญหาและการศึกษาความเหมาะสม นำมารวบรวมข้อมูลและเขียนเป็นแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram : DFD) โดยยึดหลักการและทฤษฎี UML (Unified Modeling Language) นำมาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อให้เห็นภาพรวมของระบบงาน และ ข้อมูลของการบริหารการจัดการความปลอดภัยที่สามารถนำเข้ามาใช้ในระบบ โดยแผนภาพที่ใช้แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบงานและสิ่งที่อยู่นอกระบบงานแสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบทั้งหมดหรือภาพรวมของระบบ ซึ่งช่วยให้ผู้วิจัยทราบถึงความสามารถของระบบว่าต้องทำอะไร แบบไหน อย่างไร ทราบถึงผู้ใช้งานในแต่ละส่วนของระบบ และเกิดความง่ายในการสื่อสารระหว่างผู้วิจัยกับผู้ใช้ระบบ

4. การออกแบบ (Design)

ในกระบวนการขั้นตอนการออกแบบ (Design) เป็นการนำผลการวิเคราะห์ระบบมาออกแบบระบบ โดยยึดหลักการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและกำหนดฟังก์ชันการทำงานที่จำเป็นสำหรับการใช้งาน โดยมุ่งเน้นและตอบโจทย์วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

5. การพัฒนาและทดสอบระบบ (Development & Test)

การพัฒนาและเขียนโปรแกรมเป็นการดำเนินการพัฒนาระบบตามข้อกำหนดและฟังก์ชันที่ได้ออกแบบไว้ โดยใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีที่เหมาะสม และปฏิบัติตามแนวทางการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่เป็นมาตรฐาน เมื่อเสร็จแล้วจึงนำมาทดสอบระบบ (Testing) โดยกระบวนการการทดสอบระบบมี 2 กระบวนการ ดังนี้

ทดสอบระบบในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้เพื่อให้แน่ใจว่าระบบทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ รวมถึงการทดสอบประสิทธิภาพ ความเสถียร และความปลอดภัยของระบบ

การทดสอบในสภาวะจริง (Pilot Testing) ทดสอบระบบในสถานการณ์จริงภายในมหาวิทยาลัยพะเยาเพื่อประเมินประสิทธิภาพและระบุปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการใช้งานจริง

6. การติดตั้งระบบและการนำมาใช้งาน (Implementation)

การติดตั้งระบบบนเครื่องแม่ข่ายเป็นการนำเอาระบบบริหารการจัดการความปลอดภัยมหาวิทยาลัยพะเยาที่ได้รับการพัฒนาและทดสอบแล้วนำไปตั้งค่าระบบให้ทำงานบนเซิฟเวอร์ (Server) เพื่อให้สามารถบริการแก่ผู้ใช้งานจากเครื่องลูกข่ายหรืออุปกรณ์อื่น ๆ ผ่านช่องทางในการให้บริการ การฝึกอบรมและการสนับสนุนเป็นการจัดฝึกอบรมหรือจัดทำคู่มือในการให้บริการกับบุคลากรนักศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้ระบบและวิธีการปฏิบัติในกรณีฉุกเฉินเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การนำระบบไปใช้จริง ดำเนินการนำระบบไปใช้ในมหาวิทยาลัยพะเยา และติดตามผลการใช้งานเพื่อประเมินความสำเร็จและประสิทธิภาพของระบบ

7. การประเมินและการเก็บรวบรวมข้อมูล (Evaluation & Data Collection)

ในกระบวนการนี้เป็นการประเมินและการเก็บรวบรวมข้อมูล (Evaluation & Data Collection) หลังจากกระบวนการติดตั้งระบบและการนำมาใช้งาน (Implementation) เสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยมีกระบวนการเก็บรวบรวมผล

การประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบสนับสนุนความปลอดภัยมหาวิทยาลัยพะเยาจากการใช้งานจริง เพื่อระบุจุดที่ต้องการ การปรับปรุงและพัฒนาระบบให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย ประชากรเป้าหมาย 3 กลุ่ม มีดังต่อไปนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญ

การวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพในสถาบันอุดมศึกษา บนฐานการบริหารงานภาครัฐดิจิทัลในกรณีศึกษาของมหาวิทยาลัยพะเยานั้น สามารถนำผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ด้านที่เกี่ยวข้องมาร่วมกำหนดประเด็นการวิจัย ดังนี้

1) ด้านงานความปลอดภัย ผู้วิจัยได้ทำการเลือกผู้ให้ข้อมูลแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 2 ท่าน คือ หัวหน้างานความปลอดภัยกองอาคารสถานที่ และ และหัวหน้าเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก ประจำมหาวิทยาลัยพะเยา

2) ด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ ผู้วิจัยได้ทำการเลือกผู้ให้ข้อมูลแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 2 ท่าน คือ นักวิชาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

3) ด้านผู้รับบริการ ได้ทำการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง ผู้วิจัยได้ทำการเลือก ผู้ให้ข้อมูลแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 2 ท่าน คือ คือ ผู้นำนิสิตมหาวิทยาลัยพะเยา (ตัวแทนนิสิต) และสภาพนักงานมหาวิทยาลัยพะเยา (ตัวแทนบุคลากรมหาวิทยาลัยพะเยา)

2. นิสิตมหาวิทยาลัยพะเยา

นิสิตของมหาวิทยาลัยพะเยามาจากหลากหลายพื้นที่ทั่วประเทศ ทั้งในภาคเหนือและภูมิภาคอื่น ๆ โดยส่วนใหญ่เป็นนิสิตในระดับปริญญาตรี ที่มีความสนใจในสาขาวิชาต่าง ๆ โดยประชากรที่ใช้ในการศึกษาในการวิจัยในครั้งนี้ได้แก่ นิสิตระดับปริญญาตรี ภาคปกติ จำนวน 20,899 คน (กองบริการการศึกษา, 2567) โดยขนาดของกลุ่มตัวอย่างกำหนดโดยใช้สูตรของ ทาโร ยามาเน่ (Taro Yamane) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 392 คน โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้ (ใช้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ e=0.05e = 0.05 e=0.05 (หรือ 5%) สูตรของ Taro Yamane)

3. บุคลากรมหาวิทยาลัยพะเยา

บุคลากรมหาวิทยาลัยพะเยาประกอบด้วยบุคลากรจากหลากหลายฝ่ายและสาขาวิชาชีพที่ทำงานร่วมกันเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานและการพัฒนาของมหาวิทยาลัย โดยประชากรที่ใช้ในการศึกษาในการวิจัยในครั้งนี้ได้แก่ บุคลากรมหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน จำนวน 1,935 คน โดยขนาดของกลุ่มตัวอย่างกำหนดโดยใช้สูตรของทาโร ยามาเน่(Taro Yamane) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 331 คน โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้ (ใช้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ e=0.05e = 0.05 e=0.05 (หรือ 5%) สูตรของ Taro Yamane

โดยในปัจจุบันมหาวิทยาลัยพะเยา มีบุคลากรมหาวิทยาลัย รวมทั้งสิ้น จำนวน 1,935 คน ประกอบไปด้วยบุคลากรสายวิชาการ จำนวน 971 คน และบุคลากรมหาวิทยาลัยสายสนับสนุน จำนวน 964 คน (กองการเจ้าหน้าที่, 2566)

เครื่องมือและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยเรื่องการวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพในสถาบันอุดมศึกษาบนฐานการบริหารงานภาครัฐดิจิทัล กรณีศึกษา : มหาวิทยาลัยพะเยา ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

1) แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

การสร้างแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ด้าน คือ ด้านงานความปลอดภัยด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ และด้านผู้รับบริการ เพื่อกำหนดประเด็นในการวิจัย มีขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ได้ใช้คำถามในลักษณะปลายเปิด

1.2 ทำการสร้างเป็นแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง โดยกำหนดหัวข้อและประเด็น ในการสัมภาษณ์ให้ครอบคลุมกับขอบข่ายงานด้านงานความปลอดภัย ด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ และด้านผู้รับบริการ

1.3 นำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องของแบบสัมภาษณ์ และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

1.4 ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา โดยสูตรของ IOC (Index of Item – Objective Congruence หรือ IOC) การหาค่า IOC ของผู้เชี่ยวชาญจากการให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบสอบถามการวิจัย IOC คือ ค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม หรือค่าสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา (IOC : Index of item objective congruence) โดยจะให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ตั้งแต่ 3 คนขึ้นไปในการตรวจสอบ (บุญชุม ศรีสะอาด, 2543)

1.5 นำแบบสอบถามเสนอต่อคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเครื่องมือการวิจัย แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปใช้ในการสัมภาษณ์ ผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้าน โดยวิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 3 ด้าน ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาและสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลแบบเฉพาะเจาะจงทั้งในส่วน ผู้มีส่วนร่วมหรือผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งการวิเคราะห์และสรุปข้อมูลที่ได้จากการศึกษานำมาพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพในมหาวิทยาลัยพะเยา โดยผู้วิจัยได้ศึกษาทั้งสิ้น 3 ด้าน คือ ด้านงานความปลอดภัย ด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศและด้านผู้รับบริการ เพราะทั้ง 3 ด้านมีบทบาทสำคัญในการเข้ามามีส่วนร่วมสำคัญและเป็นแรงผลักดันที่ทำให้เกิดกระบวนการวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยในมหาวิทยาลัยพะเยา

2) ระบบสนับสนุนความปลอดภัยในมหาวิทยาลัยพะเยา

วิเคราะห์โดยนำข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนการศึกษาปัญหาและการศึกษาความเหมาะสมจากแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ นำมารวบรวมข้อมูลและเขียนเป็นแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram : DFD) โดยยึดหลักการและทฤษฎี UML (Unified Modeling Language) นำมาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อให้เห็นภาพรวมของระบบงานและข้อมูลของการบริหารการจัดการความปลอดภัยที่สามารถนำเข้ามาใช้ในระบบ จะทำให้เห็นถึงส่วนประกอบทั้งหมด หรือภาพของระบบว่ามีการเชื่อมต่อข้อมูลหรือการสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานระบบกับระบบอย่างไรโดยยึดหลักการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและกำหนดฟังก์ชันการทำงานที่จำเป็นสำหรับการใช้งาน โดยมุ่งเน้นและตอบโจทย์วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

3) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อการใช้งานระบบสนับสนุนความปลอดภัยในมหาวิทยาลัยพะเยา

การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้บริการต่อการใช้งานระบบสนับสนุนความปลอดภัยมหาวิทยาลัยพะเยา มีขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้บริการต่อการใช้งานระบบสนับสนุนความปลอดภัยมหาวิทยาลัยพะเยา

2) ทำการสร้างแบบประเมิน โดยศึกษาจากแนวทางที่มีผู้จัดทำไว้และปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อให้สอดคล้องกับระบบสนับสนุนความปลอดภัย ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น

3) ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา โดยสูตรของ IOC (Index of Item – Objective Congruence หรือ IOC) การหาค่า IOC ของผู้เชี่ยวชาญจากการให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบสอบถามการวิจัย IOC คือ ค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม หรือค่าสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา (IOC : Index of item objective congruence) โดยจะให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ตั้งแต่ 3 คนขึ้นไปในการตรวจสอบ (บุญชุม ศรีสะอาด, 2543)

4) นำแบบสอบถามเสนอต่อคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเครื่องมือการวิจัย แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปใช้ในการสัมภาษณ์แก่ผู้ใช้งานระบบสนับสนุนความปลอดภัยมหาวิทยาลัยพะเยา

ผลการศึกษา

การวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพในสถาบันอุดมศึกษาภายใต้แนวคิดการบริหารงานภาครัฐดิจิทัล เป็นการดำเนินงานที่เน้นการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างความปลอดภัยและความมั่นคงภายในมหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีและความเสี่ยงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสังคมและสถาบันอุดมศึกษา บทความนี้จะกล่าวถึง ผลการศึกษาที่คาดหวัง จากการวิจัยและพัฒนาโดยมีรายละเอียดดังนี้

การวิจัยครั้งนี้มีเป้าหมายสำคัญในการระบุสภาพปัญหาและความต้องการของนิสิตและบุคลากรต่อการจัดการด้านความปลอดภัยในมหาวิทยาลัยพะเยาอย่างละเอียดและชัดเจน โดยเน้นการสำรวจความคิดเห็นและประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญ การวิจัยนี้คาดว่าจะสามารถระบุสภาพปัญหาและความต้องการของนิสิตและบุคลากรต่อการจัดการด้านความปลอดภัยทางกายภาพในมหาวิทยาลัยพะเยาได้อย่างชัดเจน โดยจะเป็นการศึกษาความคิดเห็นและประสบการณ์ของผู้ใช้บริการจริงในการใช้ชีวิตและทำงานในพื้นที่มหาวิทยาลัย ซึ่งจะทำให้เราเข้าใจถึงปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างแท้จริง พร้อมทั้งค้นหาความต้องการหรือแนวทางที่ควรนำมาใช้ในการพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยต่อไป

ผลสำคัญอีกประการหนึ่งคือ การวิจัยได้มุ่งเน้นการพัฒนาระบบที่สามารถปรับตัวเข้ากับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งคาดว่าระบบดังกล่าวจะช่วยเสริมสร้างความปลอดภัยในชีวิตประจำวันของนิสิตและบุคลากรในมหาวิทยาลัยอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ไม่เพียงแค่รับมือกับปัญหาเฉพาะหน้าเท่านั้น แต่ยังเป็นการสร้างสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยในระยะยาว ระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้จะถูกออกแบบให้สอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยที่ดีเยี่ยมและเน้นการใช้งานที่ง่ายต่อการเข้าถึง ทันท่วงที นอกจากนี้ ระบบยังสามารถปรับตัวให้เข้ากับเทคโนโลยีและการใช้งานในปัจจุบัน รวมถึงช่วยเพิ่มความปลอดภัยในชีวิตประจำวันของนิสิตและบุคลากรอย่างมีประสิทธิภาพ

อีกหนึ่งผลการวิจัยที่คาดหวังคือ การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบที่ถูกพัฒนา การวัดความพึงพอใจนี้คาดว่าจะสะท้อนถึงความสามารถของระบบในการตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้และเป็นข้อมูลสำคัญในการปรับปรุงและพัฒนาระบบให้ดียิ่งขึ้นในอนาคต หากระบบสามารถตอบสนองได้ตรงกับความต้องการจริง

ของผู้ใช้ จะเป็นการยืนยันถึงประสิทธิภาพของระบบในการสร้างความปลอดภัยที่ครอบคลุมและเป็นประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ใช้งาน

นอกจากนี้ การวิจัยยังคาดหวังว่าจะสามารถนำเสนอแนวทางในการเพิ่มระดับความปลอดภัยในสถาบันอุดมศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม โดยเฉพาะในมหาวิทยาลัยพะเยา ทั้งในด้านการเรียนการสอนและการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัย ระบบความปลอดภัยที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้สามารถเป็นต้นแบบที่สามารถปรับใช้ได้กับสถาบันการศึกษาอื่น ๆ ที่ต้องการพัฒนาระบบความปลอดภัยของตนเอง ระบบดังกล่าวมีความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนตามความต้องการและลักษณะเฉพาะของแต่ละสถาบัน และสามารถช่วยยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยในสถาบันการศึกษาทั่วประเทศอย่างเป็นรูปธรรม

สรุปผลและอภิปรายผล

จากการวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพในสถาบันอุดมศึกษาโดยพื้นที่ศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา ผลการศึกษาที่คาดหวังจากการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า การระบุสภาพปัญหาและความต้องการของนิสิตและบุคลากร รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญในด้านความปลอดภัยทางกายภาพถือเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยให้เข้าใจถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในมหาวิทยาลัย โดยการศึกษาความคิดเห็นและประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้บริการจริง ทำให้สามารถจัดทำระบบที่ตอบสนองต่อความต้องการได้อย่างตรงจุด ซึ่งเป็นพื้นฐานที่ช่วยให้สามารถพัฒนาระบบที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับการใช้งานจริงในสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัยพะเยา

การพัฒนาระบบที่สามารถปรับตัวเข้ากับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ถือเป็นผลสำคัญอีกประการหนึ่งที่คาดว่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเสริมสร้างความปลอดภัยของนิสิตและบุคลากร ระบบดังกล่าวถูกออกแบบให้ใช้งานง่ายและตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นการยกระดับความปลอดภัยในระยะยาว นอกจากนี้การออกแบบระบบให้มีความทันสมัยและสอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัย ยังช่วยให้มหาวิทยาลัยพะเยามีสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยมากยิ่งขึ้น ทำให้ทั้งนิสิตและบุคลากรสามารถใช้ชีวิตและทำงานได้อย่างมั่นใจ

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบที่พัฒนาขึ้น คาดว่าจะช่วยสะท้อนถึงความสามารถของระบบในการตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้จริง หากผลการประเมินความพึงพอใจสูง ย่อมหมายถึงระบบมีประสิทธิภาพในการใช้งานจริงในด้านการจัดการความปลอดภัย ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีความสำคัญอย่างยิ่งในการปรับปรุงและพัฒนาระบบต่อไปในอนาคต เพื่อให้การใช้งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้

สุดท้ายนี้ การวิจัยยังได้แสดงถึงความสำคัญของการเพิ่มระดับความปลอดภัยในสถาบันอุดมศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม ระบบความปลอดภัยที่พัฒนาขึ้นไม่เพียงแต่ช่วยสร้างความปลอดภัยในมหาวิทยาลัยพะเยาเท่านั้น แต่ยังสามารถนำไปปรับใช้กับสถาบันการศึกษาอื่น ๆ ได้ด้วย เนื่องจากระบบมีความยืดหยุ่นและสามารถปรับเปลี่ยนตามความต้องการเฉพาะของแต่ละสถาบัน ซึ่งเป็นการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยในสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศให้มีความครอบคลุมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ในหลักสูตรปริญญารัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต สาขานโยบายสาธารณะ คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา เรื่อง การวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพในสถาบันอุดมศึกษา บนฐานการบริหารงานภาครัฐดิจิทัล กรณีศึกษา : มหาวิทยาลัยพะเยา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและพัฒนาระบบสนับสนุนความปลอดภัยทางกายภาพในสถาบันอุดมศึกษา (มหาวิทยาลัยพะเยา) ด้วยการบูรณาการแนวคิดด้านการบริหารงานภาครัฐดิจิทัล ซึ่งสอดคล้องกับบริบทของสังคมปัจจุบันที่ให้ความสำคัญกับการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการบริหารจัดการ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะอันทรงคุณค่าตลอดทุกขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย อาจารย์ที่ปรึกษามิได้เพียงให้คำแนะนำเชิงวิชาการ แต่ยังช่วยชี้แนะแนวทางในการพัฒนาการทำงานเชิงปฏิบัติ ซึ่งมีความสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จของการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ทั้งในแง่ของการพัฒนากรอบการวิจัยและการนำเสนอผลลัพธ์ให้มีความชัดเจนและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ข้าพเจ้ายังขอขอบคุณ คณาจารย์ทุกท่าน ในคณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ที่ได้มอบความรู้และทักษะที่มีค่าในระหว่างการศึกษา รวมถึง บุคลากรและนิสิตของมหาวิทยาลัยพะเยา ที่ได้ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและสนับสนุนการดำเนินงานในส่วนต่าง ๆ ของการวิจัย นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ครอบครัวและเพื่อน ๆ ที่คอยสนับสนุน ให้กำลังใจ และเป็นแรงผลักดันสำคัญตลอดช่วงเวลาของการทำวิจัยแม้ในยามที่ประสบอุปสรรค ครอบครัวและเพื่อน ๆ ยังคงเป็นกำลังใจที่มั่นคง และช่วยให้ข้าพเจ้าสามารถผ่านพ้นความท้าทายต่าง ๆ ไปได้ การวิจัยครั้งนี้ไม่อาจสำเร็จลุล่วงได้หากขาดความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่ได้กล่าวถึง ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านอีกครั้งด้วยความซาบซึ้งใจอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

กองการเจ้าหน้าที่ มหาวิทยาลัยพะเยา. (2566). **แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาบุคลากรมหาวิทยาลัยพะเยา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 – 2569**. สืบค้นเมื่อ 8 กรกฎาคม 2567. จาก https://go.up.ac.th/YdHozk

กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา. (2567). **ระบบการรายงานผล มหาวิทยาลัยพะเยา**. สืบค้นเมื่อ 11 กรกฎาคม 2567. จาก https://go.up.ac.th/Zsx7VV

เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ. (2562). **แนวคิดวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC)** สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2567 **จาก** https://go.up.ac.th/OoDC8J

บุญชม ศรีสะอาด. (2543). **การวิจัยเบื้องต้น**, กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น

ปรารถนา ชูแสง. (ผู้บรรยาย). (18 กรกฎาคม 2561). **แนวทางการจัดดำเนินการด้านความปลอดภัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี The operation of safety of Rajamangala University of Technology Thanyaburi**. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติด้านนวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้และ สิ่งประดิษฐ์ ครั้งที่ 2 ประจำปี 2561, (หน้า 690). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อาณาจักร์ พิมสาร. (2552). **การศึกษาเปรียบเทียบความต้องการสารสนเทศของบริษัทนัตมอเตอร์ จำกัด กับระบบอะไหล่และบริการของตัวแทนจำหน่ายรถจักรยานยนต์ฮอนด้า** .การค้นคว้าแบบอิสระ บธ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

การศึกษาความพึงพอใจการใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

A study of satisfaction with the use of computer labsFaculty of Information and Communication Technology University of Phayao

ดลทิชา เชี่ยวสุวรรณ[1*]

Donticha Chiewsuwan[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความพึงพอใจการใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นิสิตสาขาคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย จำนวน 205 คน ในการใช้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ทั้งความพึงพอใจโดยรวมและรายด้านทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านวัสดุอุปกรณ์ 2) ด้านโปรแกรม 3) ด้านสถานที่ในการให้บริการ 4) ด้านการให้บริการ

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างระดับชั้นปีมากที่สุด คือ นิสิตระดับชั้นปี 2 ร้อยละ 40.00 รองลงมาเป็นนิสิตระดับชั้นปีที่ 3 ร้อยละ 32.00 นิสิตชั้นปีที่ 4 ร้อยละ 23.00 นิสิตชั้นปีที่ 1 ร้อยละ 2.92 และนิสิตชั้นปีที่ 4 ขึ้นไป ร้อยละ 0.92 และระดับความพึงพอใจของการใช้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดียแบบแยกรายด้าน พบว่า ความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.28 (S.D = 0.06) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด อันดับแรก คือ ด้านสถานที่ในการให้บริการ อยู่ในระดับมาก รองลงมา คือ ด้านการให้บริการ อยู่ในระดับปานกลาง รองลงมา คือ ด้านโปรแกรม อยู่ในระดับปานกลาง และอันดับสุดท้าย คือ ด้านวัสดุอุปกรณ์ อยู่ในระดับปานกลาง แนวทางในการพัฒนาการให้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา พบว่า ควรเพิ่มจำนวนคอมพิวเตอร์ให้เพียงพอกับการใช้งาน รวมถึงประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ให้สามารถรองรับโปรแกรมที่ใช้สนับสนุนในการเรียนการสอน เพื่อตอบสนองความต้องการของการใช้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

คำสำคัญ: ความพึงพอใจ, การบริการ, ห้องปฏิบัติการ

[1] คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] School of information and communication technology, University of Phayao, Phayao, 56000

* Correspond author: Donticha.ch@up.ac.th

Abstract

This research aimed to study the satisfaction of using the Computer Graphics and Multimedia Laboratory, Faculty of Information and Communication Technology, University of Phayao. The sample group used was 205 Computer Graphics and Multimedia students in using the computer laboratory services, both overall satisfaction and satisfaction in all 4 aspects: 1. Materials and equipment 2. Programs 3. Service location 4. Service

The research results found that the sample group with the highest level of academic year was 2nd year students at 40.00 percent, followed by 3rd year students at 32.00 percent, 4th year students at 23.00 percent, 1st year students at 2.92 percent, and 4th year students and above at 0.92 percent. The satisfaction level of using the computer graphics and multimedia laboratory services by each aspect found that the overall satisfaction was at a moderate level with a total average of 3.28 (S.D = 0.06). When considering each item, it was found that the item with the highest average value, first, was the service location at a high level, second was the service at a moderate level, second was the program at a moderate level, and lastly, the equipment at a moderate level. Guidelines for the Development of Computer Graphics and Multimedia Laboratory ServicesThe Faculty of Information and Communication Technology, University of Phayao, found that the number of computers should be increased to be sufficient for use, including the efficiency of the computers to support programs used to support teaching and learning, in order to meet the needs of using the computer laboratory services.

Keywords: Satisfaction, Service, Laboratory

บทนำ

ในปัจจุบันความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสารสนเทศได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและมีบทบาทที่สำคัญในด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวางทั้งทางด้านการศึกษา เศรษฐกิจ อุตสาหกรรม และการบริการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านการศึกษา เป็นรากฐานที่สำคัญที่จะทำให้การพัฒนาประเทศเป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้น ซึ่งระบบการศึกษาของประเทศไทยได้นำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้อย่างแพร่หลายในทุกระดับการศึกษาและที่สำคัญสถาบันการศึกษาทั้งมหาวิทยาลัยของภาครัฐและเอกชนได้ให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นอย่างยิ่งในด้านการเป็นเครื่องมือให้กับนักศึกษา เพื่อให้มีประสบการณ์และความสามารถที่จะนำไปส่งเสริมในการเรียนของนักศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นสถาบันการศึกษาจึงมีห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการเรียนการสอน มีการเชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในสถาบันและเชื่อมต่อในระดับประเทศ ตลอดถึงระดับนานาชาติทั่วโลกโดยอาศัยเครือข่ายอินเตอร์เน็ต คอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในงานเกือบทุกด้าน (นันทิดา วัฒนประภา, 2554) ดังจะเห็นได้ว่าธุรกิจเกือบทุกประเภทมีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการทำงาน การบริหารงาน ประกอบกับเทคโนโลยีการสื่อสารบนระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ยุคโลกาภิวัฒน์ ทำให้ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ บนคอมพิวเตอร์สามารถส่งถึงกันได้อย่างไร้พรมแดน หลายสถาบันการศึกษาต่างพยายามเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อให้เกิดความเข้มแข็งในทุกด้าน ด้วยการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเครือข่ายการสื่อสารเข้ามาใช้ในการปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็ว

ปัจจุบันคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ได้ทำเปิดหลักสูตรศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย ซึ่งเป็นสาขาที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากทำให้นิสิต นักศึกษาเพิ่มขึ้นทุกปีและด้านการเรียนการสอนนิสิตจำเป็นจะต้องมีความรู้ความสามารถและทักษะด้านคอมพิวเตอร์ เพราะส่วนใหญ่การเรียนการสอนจะใช้คอมพิวเตอร์เป็นหลัก นิสิตจึงจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอน หากคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจัดเตรียมห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ให้กับนิสิตได้อย่างมีประสิทธิภาพย่อมส่งผลให้นิสิตมีการพัฒนาความรู้ความสามารถด้านการศึกษาได้ดียิ่งขึ้น

จากข้างต้นผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่าห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์เป็นส่วนช่วยให้การเรียนการสอนของนิสิตและนิสิตสามารถเรียนรู้ได้จากคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากสาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกเป็นรายวิชาที่ต้องใช้โปรแกรมเฉพาะทาง จึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อให้นิสิตสามารถสร้างชิ้นงานออกมาได้อย่างดี ดังนั้นการสำรวจความพึงพอใจจากการใช้งานห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อนำผลการประเมินพร้อมข้อเสนอแนะต่าง ๆ มาปรับปรุงและพัฒนาห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกสำหรับการเรียนการสอนต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

ศึกษาความพึงพอใจการใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย ของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย มหาวิทยาลัยพะเยา

วิธีการศึกษา

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 433 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิตปริญญาตรีสาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ที่เข้ามาใช้บริการห้องปฏิบัติการกราฟิกและมัลติมีเดีย จำนวน 205 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้แบบสอบถามในการศึกษา ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 เกี่ยวกับความพึงพอใจในการให้บริการห้องปฏิบัติคอมพิวเตอร์ของสาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย ลักษณะแบบสอบถามเป็นมาตราส่วนประมาณค่าซึ่งเป็นคำถามที่มีคำตอบให้ผู้ตอบเขียนเครื่องหมาย ลงในช่องที่ตรงกับความเป็นจริง หรือความคิดเห็นของตน ตามเทคนิคของลิเคิร์ท (Likert's Scale) แบ่งออกเป็น 5 ระดับ (Scale) ดังนี้

5 หมายถึง มีระดับความคิดเห็นมากที่สุด

4 หมายถึง มีระดับความคิดเห็นมาก

3 หมายถึง มีระดับความคิดเห็นปานกลาง

2 หมายถึง มีระดับความคิดเห็นน้อย

1 หมายถึง มีระดับความคิดเห็นน้อยที่สุด

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ลักษณะเป็นปลายเปิดที่ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระเกี่ยวกับความพึงพอใจในการใช้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของสาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) เพื่อหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปแปลความหมายโดยผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ค่าคะแนนรวมเฉลี่ย	**การแปลความหมาย**
4.50 – 5.00	หมายความว่า มากที่สุด
3.50 – 4.49	หมายความว่า มาก
2.50 – 3.49	หมายความว่า ปานกลาง
1.50 – 2.49	หมายความว่า น้อย
1.00 – 1.49	หมายความว่า น้อยที่สุด

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษาความพึงพอใจการใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ได้เก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมด 205 คน นำมาวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาการใช้งานห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

จากผลการสอบถามสภาพทั่วไปของนิสิตผู้ใช้บริการใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ปรากฏผลดังนี้

1. ข้อมูลจำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย 145 คน คิดเป็นร้อยละ 70.73 เป็นเพศหญิง 60 คน คิดเป็นร้อยละ 29.26 กลุ่มตัวอย่างระดับชั้นปีมากที่สุด คือ นิสิตระดับชั้นปี 2 ร้อยละ 40.00 รองลงมาเป็นนิสิตระดับชั้นปีที่ 3 ร้อยละ 32.00 นิสิตชั้นปีที่ 4 ร้อยละ 23.00 นิสิตชั้นปีที่ 1 ร้อยละ 2.92 และนิสิตชั้นปีที่ 4 ขึ้นไป ร้อยละ 0.92

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจของการใช้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

จากผลการสอบถามนิสิตผู้ใช้บริการใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาความพึงพอใจของการใช้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย แยกตามรายด้าน

ด้าน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลความ
ด้านวัสดุอุปกรณ์	2.92	1.19	ปานกลาง
ด้านโปรแกรม	3.18	1.09	ปานกลาง
ด้านสถานที่ในการให้บริการ	3.68	1.05	มาก
ด้านการให้บริการ	3.36	1.00	ปานกลาง
รวม	**3.28**	**0.06**	**ปานกลาง**

จากตารางที่ 1 พบว่า ระดับความพึงพอใจของการใช้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย แบบแยกรายด้าน พบว่า ความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.28 (S.D = 0.06) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด อันดับแรก คือ ด้านสถานที่ในการให้บริการ อยู่ในระดับ มาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.68 (S.D = 1.05) รองลงมา คือ ด้านการให้บริการ อยู่ในระดับ ปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.36 (S.D = 1.00) รองลงมา คือ ด้านโปรแกรม อยู่ในระดับ ปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.18 (S.D = 1.09) และอันดับสุดท้าย คือ ด้านวัสดุอุปกรณ์ อยู่ในระดับ ปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.92 (S.D = 1.19)

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของการใช้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ด้านวัสดุอุปกรณ์

ด้านวัสดุอุปกรณ์	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลความ
ความพร้อมของอุปกรณ์สนับสนุนการเรียนการสอนภายในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ เช่น ทีวี โปรเจคเตอร์ ไมค์โครโฟน	3.06	1.03	ปานกลาง
ปริมาณเครื่องคอมพิวเตอร์เพียงพอต่อการให้บริการ	3.59	1.07	มาก
ความพร้อมและความสมบูรณ์ของคอมพิวเตอร์ที่ให้บริการ	2.62	1.13	ปานกลาง
ประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก	2.40	1.18	น้อย
รวม	**2.92**	**1.19**	**ปานกลาง**

จากตารางที่ 2 พบว่าระดับความพึงพอใจของการใช้บริการห้องปฏิบัติการ ด้านวัสดุอุปกรณ์ พบว่า ความพึงพอใจด้านวัสดุอุปกรณ์ภาพรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.92 (S.D = 1.19) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด อันดับแรก คือ ปริมาณเครื่องคอมพิวเตอร์เพียงพอต่อการให้บริการ อยู่ในระดับ มาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.59 (S.D = 1.07) รองลงมา คือ ความพร้อมของอุปกรณ์สนับสนุนการเรียนการสอนภายในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ เช่น ทีวี โปรเจคเตอร์ ไมค์โครโฟน อยู่ในระดับ ปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.06 (S.D = 1.03) และความพร้อมและความสมบูรณ์ของคอมพิวเตอร์ที่ให้บริการ อยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.62 (S.D = 1.13) และอันดับ

สุดท้าย คือ ประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก อยู่ในระดับ น้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.40 (S.D = 1.18)

ตารางที่ 3 ระดับความพึงพอใจของการใช้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ด้านโปรแกรม

ด้านโปรแกรม	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลความ
โปรแกรมที่ติดตั้งในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกมีความสมบูรณ์ เหมาะสม	2.99	1.10	ปานกลาง
ความทันสมัยของโปรแกรมที่ติดตั้งในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก	3.11	1.11	ปานกลาง
โปรแกรมที่ใช้งานสามารถตอบโจทย์ในด้านการเรียนการสอน	3.27	1.05	ปานกลาง
โปรแกรมมีประโยชน์และสามารถประยุกต์ใช้งานนอกจากการเรียนการสอน	3.36	1.06	ปานกลาง
รวม	**3.18**	**1.09**	**ปานกลาง**

จากตารางที่ 3 พบว่าระดับความพึงพอใจของการใช้บริการห้องปฏิบัติการ ด้านโปรแกรม พบว่าความพึงพอใจด้านโปรแกรมภาพรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.18 (S.D = 1.09) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ โปรแกรมมีประโยชน์และสามารถประยุกต์ใช้งานนอกจากการเรียนการสอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.36 (S.D =1.06) รองลงมา คือ โปรแกรมที่ใช้งานสามารถตอบโจทย์ในด้านการเรียนการสอน อยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.27 (S.D =1.05) รองลงมา คือ ความทันสมัยของโปรแกรมที่ติดตั้งในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก อยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.11 (S.D =1.11) และอันดับสุดท้าย คือ โปรแกรมที่ติดตั้งในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกมีความสมบูรณ์ เหมาะสม อยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.99 (S.D =1.10)

ตารางที่ 4 ระดับความพึงพอใจของการใช้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ด้านสถานที่ในการให้บริการ

ด้านสถานที่ในการให้บริการ	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลความ
ความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก	3.82	1.04	มาก
ความเหมาะสมของแสงสว่างในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก	3.82	1.01	มาก
สถานที่ตั้งเหมาะสม สะดวกในการเรียนการสอน	3.64	0.99	มาก
ขนาดของห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสมไม่แออัด	3.45	1.09	ปานกลาง
รวม	**3.68**	**1.05**	**มาก**

จากตารางที่ 4 พบว่าระดับความพึงพอใจของการใช้บริการห้องปฏิบัติการ ด้านสถานที่ในการให้บริการ พบว่า ความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับ มาก มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.68 (S.D =1.05) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.82 (S.D =1.04) และความเหมาะสมของแสงสว่างในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.82 (S.D = 1.01) รองลงมาคือ สถานที่ตั้งเหมาะสม สะดวกในการเรียนการสอน อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.64 (S.D = 0.99) และขนาดของห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสมไม่แออัด อยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.45 (S.D =1.09)

ตารางที่ 5 ระดับความพึงพอใจของการใช้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ด้านการให้บริการ

ด้านการให้บริการ	ระดับความพึงพอใจ		
	$\overline{x}$	S.D.	แปลความ
ความสะดวกในการขอใช้บริการห้องปฏิบัติการ	3.38	0.99	ปานกลาง
ขั้นตอนและวิธีการขอใช้ห้องปฏิบัติการไม่ซับซ้อน	3.32	1.01	ปานกลาง
ได้รับการบริการที่ตรงตามความต้องการและเป็นประโยชน์	3.39	0.99	ปานกลาง
รวม	**3.36**	**1.00**	**ปานกลาง**

จากตารางที่ 5 พบว่าระดับความพึงพอใจของการใช้บริการห้องปฏิบัติการ ด้านการให้บริการ พบว่า ระดับความพึงพอใจด้านการบริการภาพรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.36 (S.D =1.00) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด อันดับแรก คือ ได้รับการบริการที่ตรงตามความต้องการและเป็นประโยชน์ อยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.39 (S.D =0.99) รองลงมา คือ ความสะดวกในการขอใช้บริการห้องปฏิบัติการอยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.38 (S.D = 0.99) และอันดับสุดท้ายขั้นตอนและวิธีการขอใช้ห้องปฏิบัติการไม่ซับซ้อน อยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.32 (S.D =1.01)

สรุปผลและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษาความพึงพอใจการใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา สามารถนำไปอภิปรายผลดังนี้

สรุปผลการวิจัย

ตอน 1 ผลจากการศึกษาข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย 145 คน คิดเป็นร้อยละ 70.73 เป็นเพศหญิง 60 คน คิดเป็นร้อยละ 29.26 กลุ่มตัวอย่างระดับชั้นปีมากที่สุด คือ นิสิตระดับชั้นปี 2 ร้อยละ 40.00 รองลงมาเป็นนิสิตระดับชั้นปีที่ 3 ร้อยละ 32.00 นิสิตชั้นปีที่ 4 ร้อยละ 23.00 และนิสิตชั้นปีที่ 1 ร้อยละ 2.92

ตอน 2 ผลจากการศึกษาความพึงพอใจการใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา แยกได้ดังนี้

แยกตามด้านต่าง ๆ พิจารณาเป็นรายข้อโดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย ดังนี้

1. ด้านสถานที่ในการให้บริการ อยู่ในระดับ มาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.68 (S.D = 1.05) พิจารณาเป็นรายข้อโดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย ดังนี้

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.82 (S.D =1.04) และความเหมาะสมของแสงสว่างในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก อยู่ในระดับ มาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.82 (S.D = 1.01) รองลงมาคือ สถานที่ตั้งเหมาะสม สะดวกในการเรียนการสอน อยู่ในระดับ มาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.64 (S.D = 0.99) และขนาดของห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสม ไม่แออัด อยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.45 (S.D = 1.09)

2. ด้านการให้บริการ อยู่ในระดับ ปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.36 (S.D = 1.00) พิจารณาเป็นรายข้อโดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย ดังนี้

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด อันดับแรก คือ ได้รับการบริการที่ตรงตามความต้องการและเป็นประโยชน์ อยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.39 (S.D = 0.99) รองลงมา คือ ความสะดวกในการขอใช้บริการห้องปฏิบัติการ อยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.38 (S.D = 0.99) และอันดับสุดท้าย ขั้นตอนและวิธีการขอใช้ห้องปฏิบัติการไม่ซับซ้อน อยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.32 (S.D =1.01)

3. ด้านโปรแกรม อยู่ในระดับ ปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.18 (S.D = 1.09) พิจารณาเป็นรายข้อโดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย ดังนี้

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ โปรแกรมมีประโยชน์และสามารถประยุกต์ใช้งานนอกจากการเรียนการสอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.36 (S.D = 1.06) รองลงมา คือ โปรแกรมที่ใช้งานสามารถตอบโจทย์ในด้านการเรียนการสอน อยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.27 (S.D = 1.05) รองลงมา คือ ความทันสมัยของโปรแกรมที่ติดตั้งในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก อยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.11 (S.D =1.11) และอันดับสุดท้าย คือ โปรแกรมที่ติดตั้งในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกมีความสมบูรณ์ เหมาะสม อยู่ในระดับ ปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.99 (S.D =1.10)

4. ด้านวัสดุอุปกรณ์ อยู่ในระดับ ปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.92 (S.D = 1.19) พิจารณาเป็นรายข้อโดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย ดังนี้

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด อันดับแรก คือ ปริมาณเครื่องคอมพิวเตอร์เพียงพอต่อการให้บริการ อยู่ในระดับ มาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.59 (S.D = 1.07) รองลงมา คือ ความพร้อมของอุปกรณ์สนับสนุนการเรียนการสอนภายในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ เช่น ทีวี โปรเจคเตอร์ ไมค์โครโฟน อยู่ในระดับ ปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.06 (S.D = 1.03) และความพร้อมและความสมบูรณ์ของคอมพิวเตอร์ที่ให้บริการ อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.62 (S.D = 1.13) และอันดับสุดท้าย คือ ประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก อยู่ในระดับ น้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.40 (S.D = 1.18) เนื่องจากคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเรียนการสอนจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีคุณภาพสูง ทำให้ต้องเพิ่มงบประมาณในการจัดสรร ดังนั้น ทางคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ควรเพิ่มงบประมาณในการจัดสรรเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพและสามารถรองรับโปรแกรมที่ใช้สำหรับการเรียนการสอน เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

อภิปรายผล

จากการศึกษาความพึงพอใจของการใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ผู้วิจัยอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ปัจจัยด้านสถานที่ในการให้บริการ อยู่ในระดับ มาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.68 (S.D = 1.05) เป็นปัจจัยอันดับ 1 ในเรื่องของความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของห้องปฏิบัติการและความเหมาะสมของแสงสว่างในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก สถานที่ตั้งเหมาะสม สะดวกในการเรียนการสอน ขนาดของห้องปฏิบัติการ

คอมพิวเตอร์มีความเหมาะสม ไม่แออัด โดย กิดานันท์ มลิทอง (2548) ให้ความเห็นว่า “ห้องเรียนที่มีสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ประกอบไปด้วยแสงสว่างที่เหมาะสม สามารถลดความเหนื่อยล้าทางสายตา สถานที่มีการจัดวางเป็นระเบียบ เสียงที่ไม่ทำให้เกิดความรำคาญ ห้องเฟอร์นิเจอร์ โต๊ะ เก้าอี้ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่สะดวกแก่การใช้งาน สภาพอากาศที่ถ่ายเทสะดวก ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสม ล้วนเป็นแรงจูงใจที่ทำให้เกิดความพึงพอใจในการปฏิบัติงานหรือกิจกรรมอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ องค์ประกอบเหล่านี้สามารถช่วยให้ผู้เรียน ปลดปล่อยความคิดและผลิตงานได้อย่างสร้างสรรค์”

2. ด้านการให้บริการ อยู่ในระดับ ปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.36 (S.D = 1.00) ได้รับการบริการที่ตรงตามความต้องการและเป็นประโยชน์ ความสะดวกในการขอใช้บริการห้องปฏิบัติการ ขั้นตอนและวิธีการขอใช้ห้องปฏิบัติการไม่ซับซ้อน สอดคล้องกับสิริภัทร์ วงศ์ธีรุตม์ (2546) ได้กล่าวถึง งานบริการที่มีระบบที่ดีมีคุณภาพนั้นจะต้องตอบสนองความต้องการของลูกค้าหรือผู้ใช้บริการได้อย่างรวดเร็วและทันใจไม่ทำให้ลูกค้าต้องรอนานจุดบริการสามารถเข้าถึงบริการได้ง่ายผู้ให้บริการบริการด้วยความสุภาพ อ่อนน้อม มารยาทดีให้เกียรติผู้ใช้บริการอย่างเท่าเทียมกัน รักษาคำมั่นสัญญาความสม่ำเสมอและให้ข้อมูลที่ต้องการได้ วาสนา ทวีกุลทรัพย์ (2554) ยังกล่าวอีกว่าการช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกแก่ผู้รับบริการให้ได้สำเร็จในสิ่งที่พึงประสงค์ตามขอบข่ายที่หน่วยบริการสื่อการศึกษากำหนดไว้ การช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้บริการจะครอบคลุมตามประเภทของบริการที่หน่วยบริการสื่อการศึกษา จัดบริการไว้ให้อาจได้แก่การให้บริการจัดหา การให้บริการผลิต การให้บริการยืม การให้บริการคำปรึกษา การให้บริการฝึกอบรมและการให้บริการวิจัย

3. ด้านโปรแกรม อยู่ในระดับ ปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.18 (S.D = 1.09) โปรแกรมที่ติดตั้งในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกมีความสมบูรณ์ เหมาะสม มีความทันสมัยของโปรแกรมที่ติดตั้งในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก อีกทั้งโปรแกรมที่ใช้งานสามารถตอบโจทย์ในด้านการเรียนการสอนโปรแกรมมีประโยชน์และสามารถประยุกต์ใช้งานนอกจากการเรียนการสอน สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรรณภา จงจิตรดำรง (2559) ศึกษางานวิจัยเรื่อง ความพึงพอใจที่มีต่อการให้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา พบว่า มีความพึงพอใจเกี่ยวกับโปรแกรม Sony Vegas โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับน้อยที่สุด เพราะโปรแกรมตัดต่อเป็นโปรแกรมที่ผู้ใช้ต้องมีทักษะในการใช้งาน ดังนั้น ฝ่ายงานระบบคอมพิวเตอร์และเครือข่าย ควรฝึกอบรมผู้ใช้เพิ่มเติมและเลือกโปรแกรมตัดต่อที่มีความง่ายในการใช้งาน เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการของปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

4. ด้านวัสดุอุปกรณ์ อยู่ในระดับ ปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.92 (S.D = 1.19) ปริมาณเครื่องคอมพิวเตอร์เพียงพอต่อการให้บริการ ความพร้อมของอุปกรณ์สนับสนุนการเรียนการสอนภายในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ เช่น ทีวี โปรเจคเตอร์ ไมค์โครโฟน สอดคล้องกับการบริหารจัดการชั้นเรียน องค์ประกอบทางกายภาพ คือ มีห้องปฏิบัติการที่เพียงพอพร้อมใช้งานตลอดเวลา การสร้างและการรักษาสิ่งแวดล้อมของห้องเรียนเพื่อเอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียน รวมทั้งวิธีการสร้างระเบียบวินัยในห้องเรียน เพื่อรักษาสภาพบรรยากาศในห้องเรียน ช่วยให้การเรียนการสอนดำเนินไปอย่างราบรื่น สันติ บุญภิรมย์ (2557)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

จากการวิจัยมีข้อเสนอแนะ โดยแยกตามรายด้าน ดังนี้

1. ด้านวัสดุอุปกรณ์ เนื่องจากนิสิตมีความต้องการในการใช้งานคอมพิวเตอร์ในการศึกษาเพิ่มมากขึ้นและอาจทำให้วัสดุอุปกรณ์ที่สนับสนุนในการเรียนการสอน และเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่เพียงพอต่อการเรียนการสอน อาจต้องเพิ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เพียงพอต่อนิสิต อีกทั้งประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์อาจจะต้องจัดสรร การเลือกชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น Mainboard, CPU, การ์ดจอ, Hard disk รวมไปถึงอุปกรณ์เสริมอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ให้สามารถรองรับโปรแกรมที่ใช้ในการเรียนการสอน

2. ด้านโปรแกรม เนื่องจากการเรียนการสอนมีการปรับรูปแบบการสอนอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้เกิดความทันสมัยจำเป็นต้องคอยหาโปรแกรมเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาสอนให้แก่นิสิต

3. ด้านสภาพแวดล้อมในการเรียนทางด้านกายภาพ เนื่องจากนิสิตมีจำนวนปริมาณที่เพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้ห้องปฏิบัติการรองรับจำนวนนิสิตไม่เพียงพอ อาจจะต้องเพิ่มห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย

4.ด้านการให้บริการ เนื่องจากห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิกมีเพียงห้องเดียว ทำให้รายวิชาภายในสาขาอาจจะไม่สามารถใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ในการสอนได้ทั้งหมด และอีกทั้งมีนิสิตเข้ามาใช้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ นอกเหนือจากการเรียน เพื่อทำชิ้นงานในวิชาอื่น ๆ ทำให้บางครั้งไม่สามารถให้นิสิตเข้าใช้ห้องปฏิบัติการได้

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาแนวทางเรื่องการพัฒนาระบบการขอใช้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
2. ควรมีการเปรียบเทียบความพึงพอใจที่มีต่อการใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของนิสิตแต่ละชั้นปี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยการศึกษาความพึงพอใจการใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้จากทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนอุดหนุนการวิจัยจากคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

เอกสารอ้างอิง

กิดานันท์ มลิทอง. (2548). **เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม.** กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

นันทิดา วัฒนประภา. (2554). **ความพึงพอใจของนิสิตระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ในการให้บริการห้องคอมพิวเตอร์ของสำนักคอมพิวเตอร์.** วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

วรรณภา จูงจิตรดำรงค์. (2527). **ความพึงพอใจที่มีต่อการให้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา.** (Doctoral dissertation, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช).

วาสนา ทวีกุลทรัพย์. (2554). **การบริหารในองค์กรเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา.** ในประมวลสาระชุดวิชาการบริหารศูนย์สื่อการศึกษา. หน่วยที่ 11 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาศึกษาศาสตร์. นนทบุรี.

สันติ บุญภิรมย์. (2557). **การบริหารจัดการในห้องเรียน (Classroom Management)**. กรุงเทพฯ : ทริปเพิล เอดดเคชน.

สิริภัทร์ วงศ์ธีรุตม์. (2546). **การเปลี่ยนแปลงสู่คุณภาพเป็นเลิศ.** กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Say-Morite, A. (2017). **Level of Satisfaction and Performance in Laboratory Subjects of Computer Engineering Courses**. Space, 1000, 3-34.

Spennemann, D. H., Atkinson, J., & Cornforth, D. (2007). **Sessional, weekly and diurnal patterns of computer lab usage by students attending a regional University in Australia.** Computers & Education, 49(3), 726-739.

กระบวนการความร่วมมือในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่

The processes of cooperation in the conservation of local resources bases under the Royal Initiative Project on Plant Genetics from Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn (RSPG) project of Sanphisua subdistrict municipality, Chiang Mai province

นัฐวุฒิ ยาวิชัย[1*] และปฐมาวดี จงรักษ์[1]
Natthawut Yawichai[1*] and Patamawadee Jongruck[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงคุณภาพนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษากระบวนการความร่วมมือระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐ ภาคประชาชน ในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ 2) เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ และ 3) เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาความร่วมมือในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการณีศึกษา ผู้ให้ข้อมูลได้แก่ ผู้นำชุมชน ราษฎร ปราชญ์ชาวบ้านในชุมชน บุคลากรเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ และผู้แทนหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมจำนวน 17 คน ได้มาโดยวิธีเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการความร่วมมือระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐ ภาคประชาชน ในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ ประกอบด้วย 1) การสนทนาแบบเผชิญหน้า 2) การสร้างความไว้วางใจ 3) มุ่งมั่นร่วมกันในกระบวนการ 4) การแบ่งปันความเข้าใจ และ 5) ผลลัพธ์ระหว่างดำเนินการ สำหรับแนวทางการพัฒนาความร่วมมือในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ 1) การพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างเทศบาลตำบลสันผีเสื้อและผู้ร่วมขับเคลื่อน 2) การใช้ทรัพยากรท้องถิ่นในการพัฒนาชุมชนเพื่อสร้างความร่วมมือที่ยั่งยืน 3) การติดตามความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องและใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.), ฐานทรัพยากรท้องถิ่น, ทรัพยากรท้องถิ่น, ภูมิปัญญาท้องถิ่น

[1] สำนักวิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะรัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200
[1] School of Public Administration, Faculty of Political Science and Public Administration, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200
*Corresponding author: Natthawut_y@cmu.ac.th

Abstract

This research aimed to 1) study the cooperation process between relevant agencies, both government and community, in the conservation of local resource bases in Sanphisua Subdistrict, Chiang Mai Province 2) examine the problems and obstacles in the conservation of local resource bases in Sanphisua Subdistrict, Chiang Mai Province and 3) explore ways to develop cooperation in the conservation of local resource bases in Sanphisua Subdistrict, Chiang Mai Province. The key informant were community leaders, residents, local wisdom holders, officials from Sanphisua Subdistrict Municipality, and representatives from other relevant agencies, totaling 17 people, selected through purposive sampling. The research findings indicate that the cooperation process between relevant agencies, both government and community, in the conservation of local resource bases in Sanphisua Subdistrict, Chiang Mai Province, consists of 1) building understanding in the area through face-to-face Dialogue 2) building trust in working together in the form of planning with the community 3) Committing to solving the problem together 4) sharing understanding of knowledge and 5) intermediate outcomes. For the development of cooperation in the conservation of local resource bases in Sanphisua Subdistrict, Chiang Mai Province, the guidelines are 1) developing relationships between Sanphisua Subdistrict Municipality and stakeholders 2) utilizing local resources for community development to create sustainable cooperation and 3) continuous progress monitoring and using technology to enhance efficiency

Keywords: Plant Genetic Conservation Project Under the Royal Initiative of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn (RSPG), Local Resources Bases, Local Wisdom

บทนำ

ความหลากหลายทางชีวภาพเป็นฐานทรัพยากรที่มนุษย์นำมาพัฒนาใช้ประโยชน์เป็นปัจจัยสี่ในเชิงวัตถุ ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค เพื่อการดำรงชีวิต และยังให้บริการทางระบบนิเวศ (Ecosystem Service) ทั้งที่เป็นแหล่งกรองน้ำให้สะอาดหรือฟอกอากาศให้บริสุทธิ์ ปรับสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ ช่วยให้เกิดการผสมเกสร สร้างความอุดมสมบูรณ์ในดินและน้ำ ตลอดจนเป็นต้นแบบของพฤติกรรมการเรียนรู้ของมนุษย์ด้านภาษา ศิลปะ วัฒนธรรม ภูมิปัญญาท้องถิ่น และความเชื่อทางศาสนาของผู้คนในสังคมชุมชนท้องถิ่นจนเกิดความหลากหลายทางวัฒนธรรม ภาษา จารีตประเพณีและภูมิปัญญาท้องถิ่น ตามสภาพความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ต่างๆ โดยเฉพาะในพื้นที่ป่าชื้อเขตร้อนตลอดแนวเส้นศูนย์สูตร (เกียรติคุณวิสุทธิ์ ใบไม้, 2548)

ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น เป็นแหล่งที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง มีทั้งพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ที่หลากหลายชนิดและสายพันธุ์ สิ่งมีชีวิตในประเทศไทยจึงมีความหลากหลายและซับซ้อนทางชีวภาพ (biocomplexity) ที่เป็นเอกลักษณ์ของตัวเอง และถือเป็นต้นทุนธรรมชาติที่เป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาประเทศ ผู้คนในประเทศได้รับประโยชน์เรื่อยมานับแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ในทางกลับกันตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาการลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพอย่างต่อเนื่อง จากการเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวทางเศรษฐกิจ การพัฒนาโครงการพื้นฐานและสาธารณูปโภค นอกจากนี้ยังประสบกับปัญหาการใช้ประโยชน์ทรัพยากรชีวภาพที่ไม่ยั่งยืน อีกทั้งภาคส่วนต่างๆ รวมถึงประชาชนยังขาดความเข้าใจและความตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ และยังขาดการบูรณาการประเด็นความหลากหลายทางชีวภาพเข้าสู่นโยบายในภาคส่วนการพัฒนา (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2561)

ปัจจุบันพื้นที่ป่าไม้ทั่วประเทศไทยในปี พ.ศ. 2565 – 2566 พบว่า ป่าไม้ของไทยลดลงมากที่สุดในรอบ 10 ปี มีการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้ถึง 317,819.20 ไร่ จากปี 2565 ที่มีพื้นที่ป่าไม้ 102,135,974.96 ไร่ หรือ 31.57% ของพื้นที่ประเทศ ส่วนในปี 2566 มีพื้นที่ป่าไม้เหลือเพียง 101,818,155.76 ไร่ หรือคิดเป็น 31.47% ของพื้นที่ประเทศ (มูลนิธิสืบนาคะเสถียร, 2567) ปัญหาจากการตัดไม้ทำลายป่าจนเกิดการสูญเสียถิ่นอาศัยของสรรพชีวิตอย่างต่อเนื่อง เป็นการทำลายดุลยภาพของระบบนิเวศทำให้เกิดการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ รวมทั้งการสูญเสียความหลากหลายทางวัฒนธรรม และภูมิปัญญาท้องถิ่นในพื้นที่ ปัญหาการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นอย่างขาดความระมัดระวัง ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา คุณภาพดิน น้ำ อากาศ เสื่อมโทรมลง มลพิษตกค้างปนเปื้อนในแหล่งธรรมชาติมากขึ้น ทรัพยากรธรรมชาติลดปริมาณลง ภัยพิบัติจากธรรมชาติรุนแรงมากขึ้น มีผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่ของคนทั่วไป การปล่อยให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมลงเรื่อย ๆ ย่อมก่อให้เกิดหายนะจนยากที่จะฟื้นกลับคืนให้คงเดิม

นอกจากนี้ ปัญหาการพัฒนาที่ไม่ยั่งยืนและการเข้ามาของวัฒนธรรมจากภายนอก ซึ่งปรับเปลี่ยนไปตามกระแสการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในระบบทุนนิยมเสรีที่เน้นวัตถุนิยมและบริโภคนิยม พร้อมกับเทคโนโลยีใหม่ที่ไร้พรมแดน ได้แก่ เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology หรือ IT), เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology หรือ Biotech) และเทคโนโลยีนาโน (Nanotechnology หรือ Nanotech) เทคโนโลยีเหล่านี้มีพลังทางเศรษฐกิจมากจนสามารถขับเคลื่อนวิถีชีวิตและวัฒนธรรมของผู้คนในพื้นที่ ทำให้เกิดการกลบเกลื่อนและการสูญหายของเทคโนโลยีพื้นบ้านและภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิต วัฒนธรรม และสังคมของชุมชนท้องถิ่นที่เคยมีอยู่มากมายหลากหลายรูปแบบในอดีต ให้กลายเป็นอารยธรรมเดียวที่ห่างไกลจากธรรมชาติและขาดจิตวิญญาณของความเป็นมนุษย์มากขึ้น ซึ่งนับว่าเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อสังคมท้องถิ่นและสิ่งแวดล้อม

ดังนั้น การอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ซึ่งประกอบด้วย ทรัพยากรกายภาพ ทรัพยากรชีวภาพ และทรัพยากรวัฒนธรรมและภูมิปัญญา (คู่มือการดำเนินงานฐานทรัพยากรท้องถิ่น, 2560) จึงเป็นสิ่งที่ทุกคนต้องเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ ไม่ว่าจะเป็นในระดับชุมชน ท้องถิ่น จนถึงระดับชาติ รัฐบาลซึ่งเป็นผู้กำหนดนโยบายหรือเป้าหมายหลักในการแก้ไขปัญหาทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และวัฒนธรรมภูมิปัญญา ซึ่งเป็นปัญหาระดับชาติและทวีความรุนแรงขึ้นทุกวัน การอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น โดยมุ่งหวังเพื่ออนุรักษ์ ฟื้นฟู ทรัพยากรธรรมชาติ ที่กำลังเสื่อมโทรมจากการบุกรุกธรรมชาติของมนุษย์ และอนุรักษ์วัฒนธรรมภูมิปัญญาที่ใกล้สูญหาย ด้วยกระบวนการบริหารจัดการตามแผนงานและบังคับใช้กฎหมาย และที่สำคัญรัฐต้องส่งเสริมและสนับสนุนให้คนในท้องถิ่นมีส่วนร่วมในการดำเนินงานอนุรักษ์ และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพอย่างสมดุล รวมทั้งมีส่วนร่วมในการส่งเสริม บำรุงรักษา และคุ้มครองคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามหลักการพัฒนาที่ยั่งยืน รวมถึงการสร้างเครือข่ายในชุมชนให้ตระหนักถึงความสำคัญของของสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ และวัฒนธรรมและภูมิปัญญาในท้อนถิ่นตนเอง

โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) เป็นโครงการที่สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้ากรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงสืบสานพระราชปณิธานในการอนุรักษ์ทรัพยากรของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราชบรมนาถบพิตร ซึ่งทรงมีสายพระเนตรยาวไกล ทรงให้ความสำคัญและเห็นความสำคัญของการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช ในพ.ศ. 2535 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความเข้าใจ และทำให้ตระหนักถึงความสำคัญของพันธุกรรมพืชต่างๆ ที่มีอยู่ในประเทศไทย ทรงดำเนินโครงการอนุรักษ์และพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติ และความหลากหลายทางชีวภาพ ก่อให้เกิดกิจกรรมเพื่อให้มีการร่วมคิด ร่วมปฏิบัติที่นำผลประโยชน์มาถึงประชาชนชาวไทย ตลอดจนให้มีการจัดทำระบบข้อมูลพันธุกรรมพืชให้แพร่หลายสามารถสื่อถึงกันได้ทั่วประเทศ

การดำเนินของ อพ.สธ. ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 จนถึงปัจจุบัน มีหน่วยงานต่างๆ ร่วมสนองพระราชดำริเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2562 กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทยมีนโยบายให้ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั้งประเทศเป็นสมาชิกฐานทรัพยากรท้องถิ่นทุกแห่ง ซึ่งการดำเนินงานฐานทรัพยากรท้องถิ่นอยู่ภายใต้การสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากร กิจกรรมที่ 8 กิจกรรมพิเศษสนับสนุนการอนุรักษ์ทรัพยากร โดยเริ่มต้นสำรวจฐานทรัพยากรท้องถิ่นที่มีอยู่จริงว่ามีอะไรอยู่ที่ไหน และเริ่มการดูแลอนุรักษ์และใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนในทรัพยากรท้องถิ่นที่มีอยู่ นำไปสู่การวางแผนพัฒนาตำบลบนพื้นฐานของทรัพยากรที่มีอยู่จริง การสำรวจและการทำฐานข้อมูลทรัพยกรท้องถิ่น ซึ่งประกอบด้วย 3 ฐานทรัพยากร ได้แก่ ทรัพยากรชีวภาพ (สิ่งมีชีวิต), ทรัพยากรกายภาพ (สิ่งไม่มีชีวิต) และทรัพยากรวัฒนธรรมและภูมิปัญญา ด้วยเหตุนี้ทำให้พื้นที่และกิจกรรมดำเนินงานของ อพ.สธ. กระจายออกไปในภูมิภาคต่างๆครอบคลุมทั่วประเทศ จากฐานข้อมูลทรัพยากรที่มีอยู่จริงดังกล่าว จะนำไปสู่การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนบนพื้นฐานของการมีจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศต่อไป

จากข้อมูลของ อพ.สธ. พบว่า ปัจจุบัน มีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ที่เข้าร่วมดำเนินงานฐานทรัพยากรท้องถิ่นและเป็นสมาชิกฐานทรัพยากรท้องถิ่น จำนวน 5,433 แห่ง (ข้อมูล ณ วันที่ 30 กันยายน 2564) แต่มีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพียง 48 แห่งเท่านั้น ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานและได้รับป้ายสนองพระราชดำริ จากสมเด็จพระเทพฯ นับตั้งแต่ปี 2556–2566 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า งานฐานทรัพยากรท้องถิ่น ที่มีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นสมาชิก ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร กล่าวคือ 10 ปีที่มีการขับเคลื่อนงานฐานทรัพยากรท้องถิ่น มีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพียง 48 แห่งเท่านั้น ที่ผ่านการประเมินงานฐานทรัพยากรท้องถิ่น

เทศบาลตำบลสันผีเสื้อ ในฐานะองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งเป็นองค์กรที่ทำงานอยู่ในท้องถิ่น และมีความใกล้ชิดกับท้องถิ่นมากที่สุด เข้าถึงกับประชาชนในพื้นที่ได้ง่ายและเร็วที่สุด อีกทั้งยังมีอำนาจหน้าที่ในการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมตามที่กฎหมายกำหนด ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่นประกอบด้วย ทรัพยากรกายภาพ ทรัพยากรชีวภาพ และทรัพยากรวัฒนธรรมและภูมิปัญญา จึงได้เข้าร่วมดำเนินงานฐานทรัพยากรท้องถิ่น โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) เพื่อส่งเสริมให้เกิดภาคีเครือข่ายระหว่าง ชุมชน โรงเรียน วัด ให้เข้ามามีบทบาทในการปกปักรักษา และอนุรักษ์ทรัพยากรท้องถิ่น เห็นความสำคัญและคุณค่าการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรท้องถิ่น นำไปสู่ความสมดุลของธรรมชาติควบคู่ไปกับการพัฒนาที่ยั่งยืน

ประโยชน์จากการเป็นสมาชิกงานฐานทรัพยากรท้องถิ่น มีดังนี้ 1. สนับสนุนงานปกติที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น มีหน้าที่ความรับผิดชอบที่ต้องทราบในเรื่องข้อมูลทางกายภาพ ข้อมูลชีวภาพ เศรษฐกิจสังคม ศักยภาพชุมชนและภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อนำภูมิปัญญานั้นไปพัฒนาต่อยอด เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ทำให้เป็นมาตรฐานสากล 2. สนับสนุนให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ทำงานใกล้ชิดกับสถานศึกษาที่อยู่ในพื้นที่ประสานกับชุมชนและโรงเรียน เพื่อมาเป็นกำลังในการร่วมสำรวจและจัดทำฐานทรัพยากรท้องถิ่นระดับตำบล/เทศบาล เกิดการสร้างจิตสำนึกในการรักท้องถิ่นให้กับนักเรียนและประชาชนในท้องถิ่นนั้น ๆ 3. องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ได้ขึ้นทะเบียนทรัพยากรท้องถิ่นตามรูปแบบการทำทะเบียนทรัพยากรต่าง ๆ ของ อพ.สธ. ให้กับท้องถิ่นของตนเอง เพื่อนำไปสู่การยืนยันสิทธิ์ในการเป็นเจ้าของทรัพยากร นำไปสู่การเป็นหลักฐานในการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication) และการขึ้นทะเบียนอื่น ๆ ต่อไป และเป็นการยืนยันสิทธิ์ความเป็นเจ้าของทรัพยากรต่าง ๆ เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเข้าถึงและแบ่งปันผลประโยชน์จากการใช้ทรัพยากรนั้นๆ ที่มีอยู่ในท้องถิ่น

โดยการดำเนินงานฐานทรัพยากรท้องถิ่น ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ ประกอบด้วย 3 ด้าน 5 งาน ดังนี้

1. ด้านการบริหารและการจัดการ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ชุมชน และสถานศึกษา มีส่วนร่วมในการจัดทำฐานทรัพยากรท้องถิ่น แต่งตั้งคณะกรรมการดำเนินงาน การจัดทำฐานทรัพยากรท้องถิ่น วางแผนการบริหารและแผนดำเนินงานการจัดทำฐานทรัพยากรท้องถิ่น การดำเนินงานตามแผน สรุปและประเมินผลการดำเนินงาน วิเคราะห์ผลและปรับปรุงพัฒนางาน รายงานผลการดำเนินงานให้ อพ.สธ. ทราบอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

2. ด้านการดำเนินงาน ซึ่งแบ่งเป็น 5 งาน ได้แก่ (1) งานสำรวจเก็บรวบรวมทรัพยากรท้องถิ่น (2) งานปลูกรักษาทรัพยากรท้องถิ่น (3) งานอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ทรัพยากรท้องถิ่น (4) งานศูนย์ข้อมูลทรัพยากรท้องถิ่น และ (5) งานสนับสนุนในการอนุรักษ์และจัดทำฐานทรัพยากรท้องถิ่น

3. ด้านผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานโครงการ อพ.สธ. ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ อย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ ปี 2560 จนถึงปัจจุบัน เทศบาลตำบลสันผีเสื้อ ได้รับป้ายสนองพระราชดำริในงานฐานทรัพยากรท้องถิ่น โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) ในวันที่ 21 พฤศจิกายน 2566 นับว่าเป็น 1 ใน 48 แห่งที่ได้รับป้ายสนองพระราชดำริในงานฐานทรัพยากรท้องถิ่น จากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ทั้งหมด 7,850 แห่ง (ข้อมูลจากกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น ณ วันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2563) และเป็น 1 ใน 2 แห่งของจังหวัดเชียงใหม่ จากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจังหวัดเชียงใหม่ ทั้งหมด 211 แห่ง นับว่าเป็นความสำเร็จ จากความร่วมมือของทุกภาคส่วน โดยเฉพาะประชาชนในพื้นที่ ที่เข้ามามีบทบาท ร่วมกันคิด ร่วมปฏิบัติขับเคลื่อนการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการ อพ.สธ. ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ จนผ่านการประเมินงานฐานทรัพยากรท้องถิ่น และได้รับป้ายสนองพระราชดำริในงานฐานทรัพยากรท้องถิ่น ในปี 2566 ที่ผ่านมา

ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษากระบวนการความร่วมมือในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการ อพ.สธ. ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จ.เชียงใหม่ ด้านการดำเนินงาน ซึ่งแบ่งเป็น 5 งาน ได้แก่ งานสำรวจเก็บรวบรวมทรัพยากรท้องถิ่น งานปลูกรักษาทรัพยากรท้องถิ่น งานอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ทรัพยากรท้องถิ่น งานศูนย์ข้อมูลทรัพยากรท้องถิ่น และงานสนับสนุนในการอนุรักษ์และจัดทำฐานทรัพยากรท้องถิ่น ว่ามีแนวทางการดำเนินงาน มีกระบวนการความร่วมมือระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐ ภาคประชาชน ในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ อย่างไร ปัญหาและอุปสรรคในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น มีอะไรบ้าง และมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคดังกล่าวอย่างไร รวมถึงแนวทางการพัฒนาความร่วมมือในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น มีอะไรบ้าง เพื่อเป็นแนวทางการดำเนินงานอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ให้กับองค์กรปกครองส่วนถิ่นอื่น ๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

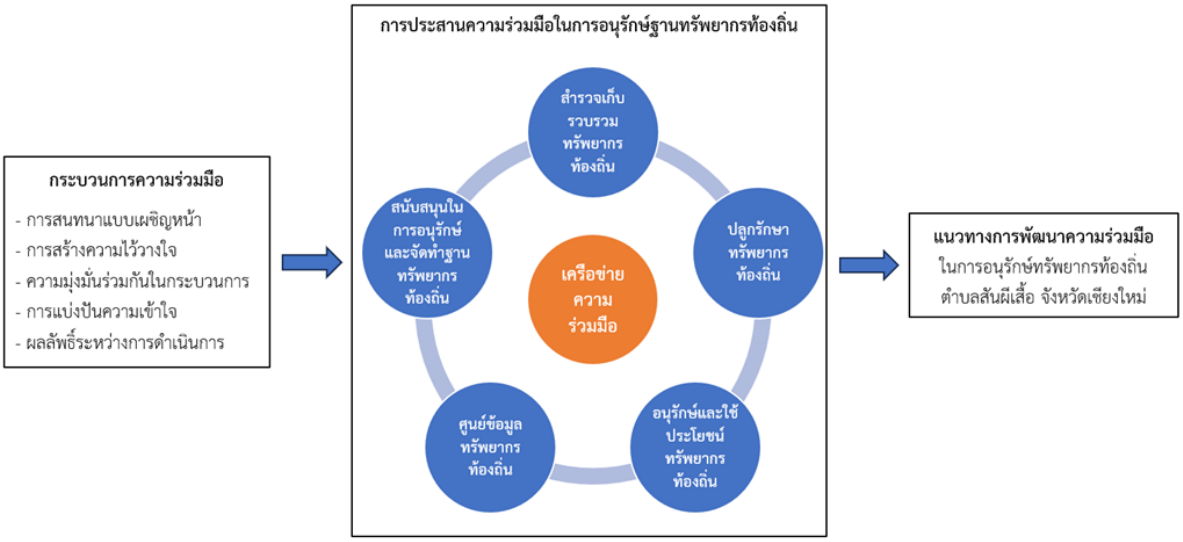
(1) เพื่อศึกษากระบวนการความร่วมมือระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐ ภาคประชาชน ในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่

(2) เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่

(3) เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาความร่วมมือในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่

กรอบแนวคิด

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับงานวิจัยนี้คือ ทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการแบบร่วมกัน และแนวคิดเกี่ยวกับการประสานงาน นำมาศึกษากระบวนการความร่วมมือในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการพระราชดำริในการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจาก สมเด็จพระเทพ รัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จ.เชียงใหม่ ประกอบด้วย 1) การสนทนาแบบเผชิญหน้า (Face-to-Face Dialogue) 2) การสร้างความไว้วางใจ (Trust Building) 3) มุ่งมั่นร่วมกันในกระบวนการ (Commitment to the Process) 4) การแบ่งปันความเข้าใจ Shared Understanding) 5) ผลลัพธ์ระหว่างดำเนินการ (Intermediate Outcomes) นำไปสู่แนวทางการพัฒนาความร่วมมือในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ ดังสรุปในภาพที่ 4



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ โดยมีวิธีวิทยาการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมายและวิธีการเก็บข้อมูล

กลุ่มเป้าหมายในการศึกษาซึ่งเป็นผู้ให้ข้อมูลหลักใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม รวมทั้งสิ้น 17 คน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มที่ 1 ผู้นำชุมชน จำนวน 2 คน

กลุ่มที่ 2 ราษฎร / ปราชญ์ชาวบ้าน จำนวน 10 คน

กลุ่มที่ 3 บุคลากรเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จำนวน 3 คน ประกอบด้วย ปลัดเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ, นักวิชาการเกษตรชำนาญการ และเจ้าหน้าที่กองส่งเสริมการเกษตร

กลุ่มที่ 4 ผู้แทนหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จำนวน 2 หน่วยงาน ประกอบด้วย ผู้แทนหน่วยงานมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และผู้แทนหน่วยงานโรงเรียนวัดร้องอ้อ

โดยกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ใช้วิธีการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง โดยมีแนวทางในการสัมภาษณ์ดังแสดงรายละเอียดประเด็นการเก็บข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงประเด็นในการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง

ผู้ให้ข้อมูล	ประเด็นในการสัมภาษณ์
1. ผู้นำชุมชน จำนวน 2 คน 2. ราษฎร / ปราชญ์ชาวบ้าน จำนวน 10 คน 3. บุคลากรเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จำนวน 3 คน ประกอบด้วย 3.1 ปลัดเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ 3.2 นักวิชาการเกษตรชำนาญการ 3.3 เจ้าหน้าที่กองส่งเสริมการเกษตร 4. ผู้แทนหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นบุคคลที่เข้าร่วมขับเคลื่อนการดำเนินการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการ อพ.สธ. ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 2 คน ประกอบด้วย 4.1 ผู้แทนหน่วยงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 4.2 ผู้แทนหน่วยงาน โรงเรียนวัดร้องอ้อ	<u>ประเด็นคำถามส่วนที่ 1</u> ปัญหาเกี่ยวกับการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ก่อนการดำเนินการร่วมกันในการอนุรักษ์ทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการ อพ.สธ. ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ เป็นอย่างไร <u>ประเด็นคำถามส่วนที่ 2</u> การอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการ อพ.สธ. ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ มีกระบวนการร่วมมือกันในการดำเนินงานร่วมกัน อย่างไร <u>ประเด็นคำถามส่วนที่ 3</u> บทบาทของผู้นำชุมชน ราษฎรในพื้นที่และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง มีบทบาทอย่างไรบ้าง ต่อการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการ อพ.สธ. ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ <u>ประเด็นคำถามส่วนที่ 4</u> ปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการการดำเนินการในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการ อพ.สธ. ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ มีอะไรบ้าง <u>ประเด็นคำถามส่วนที่ 5</u> ปัญหาและอุปสรรค ในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการ อพ.สธ. ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ มีอะไรบ้าง และมีแนวทางการแก้ไขปัญหาและอุปสรรค อย่างไร รวมถึงมีแนวทางการพัฒนาความร่วมมือในอนาคต อย่างไร

2. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content Analysis) โดยรวบรวมข้อมูลที่ได้รับจากการสัมภาษณ์ นำมาสังเคราะห์ สรุปตามประเด็นข้อคำถามงานวิจัย ความคิดเห็นของผู้ให้ข้อมูลแต่ละส่วน นำมาสังเคราะห์สรุปภาพรวมตามประเด็นที่ศึกษา และวัตถุประสงค์การวิจัย รวมทั้งการวิเคราะห์ร่วมกับแนวคิด ทฤษฎีที่กำหนดไว้ในกรอบการศึกษา

การตรวจสอบข้อมูลใช้การตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (Data source triangulation) เป็นการตรวจสอบโดยพิจารณาแหล่งเวลา แหล่งสถานที่ และแหล่งบุคคลที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาจาก 1) การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก และ 2) การสังเกตการณ์แบบไม่มีส่วนร่วม โดยเลือกใช้การวิเคราะห์เนื้อหาจากการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากเอกสารและเกี่ยวข้อง สามารถสรุปผลการศึกษาโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 กระบวนการความร่วมมือระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐ ภาคประชาชน ในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่

1) ปัญหาเกี่ยวกับการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ก่อนการดำเนินการร่วมกันในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการ อพ.สธ. ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ เป็นอย่างไร

ตำบลสันผีเสื้อ ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ เป็นชุมชนกึ่งเมืองกึ่งชนบทที่มีการขยายตัวของชุมชนและการพัฒนาเมืองอย่างรวดเร็ว การเติบโตของพื้นที่เมืองและการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์เชิงพาณิชย์ได้นำไปสู่การทำลายทรัพยากรชีวภาพและทรัพยากรกายภาพ ส่งผลให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลงและสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรม ประชาชนในพื้นที่ยังมีความตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรท้องถิ่นค่อนข้างน้อย ทำให้การใช้ทรัพยากรขาดความยั่งยืน รวมถึงการขาดความเข้าใจถึงผลกระทบที่จะตามมา นอกจากนี้ การมีส่วนร่วมของชุมชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรท้องถิ่นยังมีไม่เพียงพอ ทำให้การทำงานขาดการบูรณาการการประสานงานระหว่างชุมชนกับหน่วยงานภาครัฐ อีกทั้งภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เคยมีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันก็กำลังลดความสำคัญลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของวิถีชีวิตและการเข้ามาของเทคโนโลยีสมัยใหม่ ส่งผลให้วัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เคยสืบทอดกันมาค่อยๆ สูญหายไป

2) การอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการ อพ.สธ. ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ มีกระบวนการร่วมมือกันในการดำเนินงานร่วมกัน อย่างไร

กระบวนการความร่วมมือระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐ ภาคประชาชน ในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 การสนทนาแบบเผชิญหน้า (Face-to-Face Dialogue) การเริ่มต้นทำงานร่วมกัน โดยเน้นจากการพูดคุยหรือสื่อสารกันอย่างตรงไปตรงมาแบบเห็นหน้ากัน ซึ่งช่วยให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเข้าใจเนื้อหาของการสนทนาและผลประโยชน์ของแต่ละฝ่ายได้อย่างชัดเจน ลดความคลาดเคลื่อนในการสื่อสาร และสร้างมุมมองร่วมกัน เทศบาลตำบลสันผีเสื้อใช้วิธีนี้ในการขับเคลื่อนโครงการ อพ.สธ. โดยการประสานงานกับชุมชนและโรงเรียนเพื่อสำรวจทรัพยากรท้องถิ่น สร้างความเข้าใจ และส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน นักเรียน และเยาวชน ซึ่งช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลและความคิดเห็นที่ชัดเจนมากขึ้น

2.2 การสร้างความไว้วางใจ (Trust Building) ความไว้วางใจเป็นพื้นฐานสำคัญของการทำงานร่วมกัน กระบวนการทำงานร่วมกันไม่ได้จำกัดแค่การสนทนาหรือเจรจาเท่านั้น แต่ยังต้องสร้างความเชื่อมั่นและไว้วางใจต่อกันด้วย เพราะเป็นจุดเริ่มต้นของความเข้าใจและการยอมรับ ซึ่งจะนำไปสู่เป้าหมายร่วมกัน ดังนั้น การสร้างความไว้วางใจภายในกลุ่มจึงเป็นสิ่งจำเป็นก่อนที่จะเริ่มขั้นตอนอื่น ๆ เทศบาลตำบลสันผีเสื้อได้ดำเนินโครงการ อพ.สธ. ตั้งแต่ปี 2561 โดยได้รับความร่วมมือและไว้วางใจจากผู้นำชุมชนและประชาชนในพื้นที่เป็นอย่างดี เนื่องจากประชาชนเชื่อมั่นว่าการดำเนินโครงการนี้จะช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตและสภาพแวดล้อมของชุมชนให้ดีขึ้น ขณะที่เทศบาลเองก็เชื่อมั่นในศักยภาพของผู้นำชุมชนและประชาชนที่มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรท้องถิ่นที่มีคุณค่าและหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นพรรณพืช พรรณสัตว์ วัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ควรค่าแก่การอนุรักษ์ นอกจากนี้ ความร่วมมือ

ในโครงการยังเป็นการสนองพระราชดำริของสมเด็จพระเทพฯ ซึ่งนับเป็นความภาคภูมิใจและเป็นเกียรติยศของตำบลสันผีเสื้อ

2.3 มุ่งมั่นร่วมกันในกระบวนการ (Commitment to the Process) ความมุ่งมั่นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเป็นปัจจัยสำคัญในการประสบความสำเร็จของการทำงานร่วมกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับแรงจูงใจและความเชื่อมั่นว่าผลประโยชน์ของตนจะไม่ถูกละเลย การเจรจาอย่างซื่อสัตย์เพื่อผลประโยชน์ร่วมกันช่วยผลักดันให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ในกรณีของตำบลสันผีเสื้อ กระบวนการอนุรักษ์ทรัพยากรท้องถิ่นเกิดจากความร่วมมือระหว่างหน่วยงานรัฐและประชาชน โดยทุกฝ่ายต่างตระหนักถึงความสำคัญและยอมรับบทบาทหน้าที่ของตน ความมุ่งมั่นนี้ปรากฏผ่านการเข้าร่วมประชุม วางแผน สำรวจ และกำหนดแนวทางอนุรักษ์ร่วมกัน รวมถึงการสื่อสารอย่างโปร่งใส ซึ่งช่วยให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างยั่งยืน

2.4 การแบ่งปันความเข้าใจ (Shared Understanding) ในกระบวนการทำงานร่วมกัน ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจะต้องพัฒนาความเข้าใจร่วมกันเกี่ยวกับสิ่งที่กำลังดำเนินการเพื่อบรรลุเป้าหมายร่วม การแบ่งปันความเข้าใจนี้เป็นการยอมรับและเคารพต่อเป้าหมายหรือผลประโยชน์ของผู้อื่น แม้จะมีความคิดเห็นต่างกัน การพัฒนาความเข้าใจร่วมกันเป็นส่วนหนึ่งของ "กระบวนการเรียนรู้ร่วมกัน" ที่ช่วยสร้างความเชื่อมั่นในกลุ่ม การดำเนินงานอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น จะเกิดขึ้นไม่ได้ หากไม่ได้รับความร่วมมือจากผู้นำชุมชน ปราชญ์ชาวบ้าน ประชาชนในพื้นที่ ซึ่งเป็นเจ้าของพื้นที่และองค์ความรู้ ของทรัพยากรท้องถิ่นชนิดต่าง ๆ ในท้องถิ่น ไม่ว่าจะเป็น พืช สัตว์ วัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่น เทศบาลตำบลสันผีเสื้อมีบทบาทสำคัญในการเริ่มต้นประสัมพันธ์ สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับโครงการ อพ.สธ. สนับสนุนการสำรวจและรวบรวมข้อมูลทรัพยากรในท้องถิ่น จากนั้นจึงดำเนินการอนุรักษ์และต่อยอดทรัพยากรที่ได้จากการสำรวจเหล่านั้น ทั้งนี้ การเก็บรวบรวมข้อมูลทรัพยากรท้องถิ่นจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนและแบ่งปันข้อมูลจากผู้รู้ในพื้นที่

2.5 ผลลัพธ์ระหว่างดำเนินการ (Intermediate Outcomes) การทำงานร่วมกันมักจะเกิดผลลัพธ์ระหว่างการดำเนินการหากมีการตั้งเป้าหมายที่ชัดเจนและเป็นรูปธรรม ผลลัพธ์ระหว่างดำเนินการจะช่วยให้ผู้เข้าร่วมมีกำลังใจที่จะดำเนินการต่อไป เพราะเห็นความก้าวหน้าจากความร่วมมือ การสร้างผลลัพธ์ระหว่างดำเนินการจึงมีความสำคัญโดยเฉพาะในกระบวนการที่ซับซ้อนและใช้เวลานาน การดำเนินโครงการ อพ.สธ. เพื่อจะให้ได้มาซึ่ง ป้ายสนองพระราชดำริในงานฐานทรัพยากรท้องถิ่น ต้องใช้ระยะเวลาหลายปี ดังนั้น ผลลัพธ์ระหว่างดำเนินการจึงเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างแรงจูงใจให้ผู้เข้าร่วมโครงการมีความมุ่งมั่นในการดำเนินงานต่อไป การประชุมสรุปผลการดำเนินงานประจำปี จึงจัดขึ้นเป็นประจำ เพื่อสรุปความก้าวหน้า เช่น การรวบรวมข้อมูลทะเบียนพรรณไม้ในชุมชน ทะเบียนพรรณสัตว์ ทะเบียนชีวภาพอื่นๆ และทะเบียนภูมิปัญญาท้องถิ่น เป็นต้น

3) บทบาทของผู้นำชุมชน ราษฎรในพื้นที่และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง มีบทบาทอย่างไรบ้าง ต่อการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการ อพ.สธ. ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่

ผู้นำชุมชน มีบทบาทสำคัญในการสร้างแรงบันดาลใจและกระตุ้นให้ชาวบ้านมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ช่วยกำหนดทิศทางการดำเนินงาน พร้อมทั้งให้ข้อมูลเกี่ยวกับฐานทรัพยากร (ทรัพยากรชีวภาพ, ทรัพยากรกายภาพ และทรัพยากรวัฒนธรรมและภูมิปัญญา) ที่สำคัญควรค่าแก่การอนุรักษ์ ต่อยอด ของชุมชนว่ามีอะไรบ้าง นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลที่สำคัญระหว่างประชาชนและหน่วยงานภาครัฐ

ราษฎรในพื้นที่หรือปราชญ์ชาวบ้าน มีบทบาทในการถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นและภูมิปัญญาท้องถิ่นให้กับเจ้าหน้าที่ เพื่อการบันทึกและเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นฐานข้อมูลของ

ชุมชน นอกจากนี้ พวกเขายังมีบทบาทในการกระตุ้นให้เกิดการตระหนักรู้และความเข้าใจในความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและภูมิปัญญาท้องถิ่นในหมู่คนรุ่นใหม่ รวมถึงเยาวชนและนักเรียนในพื้นที่

4) ปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการการดำเนินการ การอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการ อพ.สธ. ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ มีอะไรบ้าง

การมีส่วนร่วมของชุมชน ความเข้าใจและการมีส่วนร่วมอย่างแข็งขันของประชาชนในพื้นที่ในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการ โดยชุมชนต้องตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์และมีการมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ

การสนับสนุนจากภาครัฐ การได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐในด้านงบประมาณและทรัพยากรช่วยให้โครงการสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน รวมถึงการสร้างความรู้ การฝึกอบรม เกี่ยวกับการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่นให้กับชุมชน ช่วยเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจ และทักษะที่จำเป็นในการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน ส่งผลให้ประชาชนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการอนุรักษ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตอนที่ 2 แนวทางการพัฒนาความร่วมมือในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่

1) ปัญหาและอุปสรรค ในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการ อพ.สธ. ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ มีอะไรบ้าง มีแนวทางการแก้ไขปัญหาและอุปสรรค อย่างไร รวมถึงมีแนวทางการพัฒนาความร่วมมือในอนาคต อย่างไร

1.1 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไขปัญหา

(1) การขาดการประชาสัมพันธ์ การสื่อสารประโยชน์ของการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ภายใต้โครงการ อพ.สธ. ให้แก่ประชาชนที่มีประสิทธิภาพและทั่วถึง เนื่องจากประชาชนอาจมีความกังวลว่าการเข้าร่วมอนุรักษ์ฯ จะส่งผลกระทบ เช่น การจำกัดการเข้าถึงทรัพยากรธรรมชาติที่จะดำเนินงานอนุรักษ์ จึงควรประชาสัมพันธ์รวมถึงจัดอบรมให้ความรู้แก่ผู้เข้าร่วมการดำเนินงาน เพื่อให้พวกเขาสามารถถ่ายทอดข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ที่ชุมชนจะได้รับจากการเข้าร่วมดำเนินงาน อย่างถูกต้องและชัดเจน

(2) การขาดความรู้ในระดับผู้ปฏิบัติ ปัญหาการขาดความรู้เชิงลึกทั้งในระดับเจ้าหน้าที่ เป็นอุปสรรคสำคัญต่อการดำเนินงาน การแก้ไขปัญหานี้สามารถทำได้โดยการจัดอบรมเพื่อเสริมสร้างความรู้ทั้งด้านการปฏิบัติและวิชาการ โดยมีเจ้าหน้าที่จาก อพ.สธ. เป็นผู้ให้ความรู้ เพื่อให้การดำเนินงานเป็นปอย่างถูกต้อง และอาจสรรหาเจ้าหน้าที่ สำหรับดำเนินงาน อพ.สธ. โดยเฉพาะ เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างรวดเร็ว

(3) การขาดความเข้าใจในการบริหารจัดการทรัพยากร องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นบางแห่งยังขาดความเข้าใจในการวิเคราะห์ทรัพยากรทั้งด้านเงิน คน และงานตามแผนปฏิบัติการของโครงการ อพ.สธ. ส่งผลต่อความล่าช้าในการเบิกจ่ายงบประมาณ ดังนั้นควรวางแผนและมีแนวทางที่ชัดเจนในการเบิกจ่ายและการบริหารจัดการทรัพยากรให้สอดคล้องกับบริบทท้องถิ่น เพื่อให้การดำเนินงานมีความยั่งยืนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

(4) เจ้าหน้าที่ มองว่าโครงการ อพ.สธ. เป็นภาระงานที่เพิ่มเข้ามา ไม่ได้เกี่ยวข้องกับงานในตำแหน่งของตน จึงไม่ค่อยเห็นความสำคัญหรือให้ความร่วมมืออย่างเต็มที่ ในการขับเคลื่อนโครงการ ดังนั้น ต้องวิเคราะห์ความสอดคล้องงานฐานทรัพยากรท้องถิ่นกับงานประจำ พร้อมทั้งแบ่งงานอย่างเหมาะสมและเรียนรู้งานควบคู่กันไป งาน อพ.สธ. จึงจะขับเคลื่อนได้อย่างยั่งยืน อีกทั้งควรปรับมุมมองและลดกระบวนการที่ไม่จำเป็นลง พร้อมทั้งสร้างความเข้าใจว่าการดำเนินงานโครงการ อพ.สธ. เป็นส่วนหนึ่งของหน้าที่และเป็นการดำเนินการเพื่อชุมชน ประชาชนในพื้นที่อย่างแท้จริง

1.2 แนวทางการพัฒนาความร่วมมือในอนาคต

(1) การพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างเทศบาลตำบลสันผีเสื้อและผู้ร่วมขับเคลื่อน ให้มีความสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน เพราะความร่วมมือคือกุญแจสู่ความสำเร็จ และการรักษาความสัมพันธ์ที่ดีเป็นปัจจัยสำคัญที่ไม่ควรมองข้าม การทำงานร่วมกันภายใต้ความสัมพันธ์ที่แน่นแฟ้น จะช่วยให้การดำเนินงานของโครงการเป็นไปอย่างราบรื่น โดยทุกคนสามารถทุ่มเทและไว้วางใจซึ่งกันและกัน นอกจากนี้ การรับฟังความคิดเห็นจากหลายฝ่ายจะช่วยให้โครงการเดินหน้าในทิศทางเดียวกันและสร้างความยั่งยืนในระยะยาว

(2) การใช้ทรัพยากรท้องถิ่นในการพัฒนาชุมชนเพื่อสร้างความร่วมมือที่ยั่งยืน การดำเนินงานบนฐานทรัพยากรท้องถิ่นสามารถแก้ปัญหาและพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในชุมชนได้ เช่น การนำพืชท้องถิ่นมาผสมผสานกับภูมิปัญญาชาวบ้านเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ซึ่งไม่เพียงส่งเสริมเศรษฐกิจท้องถิ่น แต่ยังกระตุ้นให้ประชาชนมีส่วนร่วมมากขึ้น และสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรที่มีค่า การจัดเวทีถ่ายทอดภูมิปัญญาสู่คนรุ่นใหม่ เพื่อให้สามารถพัฒนาเศรษฐกิจ สร้างอาชีพ สร้างรายได้ และยกระดับคุณภาพชีวิตของชุมชนได้อย่างยั่งยืน สอดคล้องกับหลักการ "สืบสาน รักษา ต่อยอด" ที่เน้นการสืบทอดความรู้ รักษาทรัพยากร และพัฒนาเพื่อความยั่งยืนในอนาคต เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสังคมในปัจจุบัน อาจทำให้ภูมิปัญญาและทรัพยากรท้องถิ่นสูญหาย การบันทึกความรู้จากปราชญ์ชาวบ้านและความร่วมมือกับหน่วยงานต่างๆ เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและสถานศึกษา จะช่วยปกป้องและสืบทอดทรัพยากรท้องถิ่นต่อไปในอนาคต

(3) การติดตามความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องและใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ทั้งด้านการปฏิบัติงานและด้านสำรวจทรัพยากรท้องถิ่นอย่างสม่ำเสมอ โดยนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ไม่ว่าจะเป็นการจัดเก็บข้อมูลทรัพยากรในรูปแบบดิจิทัล ทำให้สามารถติดตามความเปลี่ยนแปลงได้ง่ายและสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวางแผนได้อย่างเหมาะสม การประยุกต์ใช้แอปพลิเคชันหรือแพลตฟอร์มออนไลน์สำหรับการติดตามและรายงานผลการดำเนินงาน เช่น การประชุมออนไลน์ ผ่านโปรแกรม Zoom Meeting, Microsoft Teams Google Meet เพื่อรายงานความก้าวหน้าและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เป็นต้น ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้กับเจ้าหน้าที่และผู้เข้าร่วมดำเนินการ ทำให้การทำงานมีความคล่องตัวและแม่นยำยิ่งขึ้นจากการใช้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน โดยทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าถึงข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ ผลลัพธ์ดังกล่าวไม่เพียงช่วยเพิ่มความคล่องตัวในการดำเนินโครงการ แต่ยังสร้างแรงจูงใจและความมุ่งมั่นให้กับผู้เข้าร่วมโครงการ ด้วยการแสดงผลความคืบหน้าในระหว่างดำเนินงาน ซึ่งส่งเสริมการทำงานอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ทั้งนี้ การดำเนินโครงการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่นในตำบลสันผีเสื้อไม่เพียงแต่ส่งผลในระยะสั้นต่อการฟื้นฟูและรักษาทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ แต่ยังมีผลกระทบเชิงบวกในระยะยาวต่อความยั่งยืนของทรัพยากรท้องถิ่นและการใช้ทรัพยากรอย่างมีคุณค่า การสร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคประชาชน และการส่งเสริมความรู้ท้องถิ่นให้กับเยาวชนไม่เพียงแต่ช่วยรักษาภูมิปัญญาท้องถิ่น แต่ยังสนับสนุนการพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืน โดยการอนุรักษ์ทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นสามารถนำไปสู่การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม การบันทึกและเผยแพร่ความรู้จากปราชญ์ชาวบ้านจะช่วยส่งเสริมการสร้างผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นที่มีมูลค่าสูง และการรักษาทรัพยากรที่มีค่าให้คงอยู่เพื่ออนาคต เป็นการสร้างการตระหนักรู้ในชุมชนถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรและการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืนต่อไป

สรุปผลและอธิปรายผล

จากวิธีการดำเนินการวิจัยผลการศึกษาสามารถสรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้

1) กระบวนการความร่วมมือในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่นของตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ ประกอบด้วย (1) การสนทนาแบบเผชิญหน้า เพื่อประสานงานและสร้างความเข้าใจระหว่างหน่วยงานและชุมชน (2) การสร้างความไว้วางใจระหว่างผู้เข้าร่วมโครงการเพื่อให้เกิดความร่วมมืออย่างเต็มที่ (3) ความมุ่งมั่นร่วมกันในกระบวนการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรด้วยการมีส่วนร่วมจากทุกฝ่าย (4) การแบ่งปันความเข้าใจ ความรู้ระหว่างเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ กับผู้นำชุมชน ปราชญ์ชาวบ้าน ราษฎรในพื้นที่ และ (5) ผลลัพธ์ระหว่างดำเนินการ การสรุปความก้าวหน้าเพื่อสร้างแรงจูงใจให้ผู้เข้าร่วมโครงการมุ่งมั่นให้บรรลุเป้าหมาย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

(1) การสนทนาแบบเผชิญหน้า เทศบาลตำบลสันผีเสื้อดำเนินโครงการ อพ.สธ. โดยเริ่มจากการแต่งตั้งคณะกรรมการดำเนินงานฐานทรัพยากรท้องถิ่น (โครงการ อพ.สธ.– ทต.สันผีเสื้อ) และคณะอนุกรรมการศูนย์อนุรักษ์และพัฒนาทรัพยากรท้องถิ่นตำบลสันผีเสื้อ ที่ประกอบด้วย ผู้บริหาร หัวหน้าส่วนราชการ เจ้าหน้าที่ ผู้แทนสถานศึกษา ผู้นำชุมชน และประชาชนในพื้นที่ ร่วมกันขับเคลื่อนโครงการฯ เริ่มจากการประสานความร่วมมือกับชุมชนและโรงเรียน ในการสำรวจฐานทรัพยากรท้องถิ่นในตำบลสันผีเสื้อ รวมถึงการลงพื้นที่เพื่อสร้างความเข้าใจ สื่อสารประโยชน์ที่จะได้จากการเข้าร่วมการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น เพื่อให้ทุกภาคส่วน โดยเฉพาะภาคประชาชน นักเรียน เยาวชน ให้ตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรในท้องถิ่น และเข้าร่วมการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลทรัพยากรท้องถิ่น อีกทั้งการลงพื้นที่ยังช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลและความคิดเห็นอย่างชัดเจน ตรงไปตรงมา ซึ่งจะช่วยให้ทุกฝ่ายสามารถเข้าใจเจตนาและวัตถุประสงค์ของโครงการได้อย่างลึกซึ้งมากขึ้น

(2) การสร้างความไว้วางใจ เริ่มจากการร่วมวางแผนการดำเนินงานอนุรักษ์ฯ การสร้างกฎระเบียบเงื่อนไข การทำงานร่วมกัน ที่ได้รับจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการมีส่วนร่วมในการออกแบบแผนการทำงานร่วมกัน จะทำให้ทุกฝ่ายรู้สึกถึงความเป็นเจ้าของโครงการและมีความมุ่งมั่นที่จะดำเนินงานตามแผนอย่างเต็มที่ นอกจากนี้ การที่ทุกฝ่ายมีส่วนร่วมในการกำหนดเงื่อนไขการทำงานร่วมกัน จะทำให้ทุกคนรู้สึกได้รับความเป็นธรรมและมีความรับผิดชอบร่วมกันในการบรรลุเป้าหมายของโครงการ ส่งผลให้เกิดการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืนในระยะยาว

(3) ความมุ่งมั่นร่วมกันในกระบวนการ กระบวนการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่นในตำบลสันผีเสื้อเกิดจากความร่วมมือระหว่างหน่วยงานภาครัฐ และภาคประชาชน ที่มีความมุ่งมั่นร่วมกันในการอนุรักษ์ทรัพยากรที่มีคุณค่าในท้องถิ่น การยอมรับบทบาทหน้าที่และการตระหนักถึงความสำคัญของการมีส่วนร่วมเป็นสิ่งสำคัญ ทุกฝ่ายต่างเห็นพ้องต้องกันในเป้าหมายและผลประโยชน์ที่ทุกคนจะได้รับ ความมุ่งมั่นนี้สะท้อนผ่านการเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การประชุมแผนการดำเนินงานฐานทรัพยากรท้องถิ่นประจำปี การสำรวจและบันทึกข้อมูลทรัพยากรท้องถิ่น (9 ใบงาน) การเข้าร่วมเวทีประชุม (3 ด้าน 5 งาน) การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ และการร่วมกันกำหนดแนวทางอนุรักษ์ร่วมกัน นอกจากนี้ ความโปร่งใสและการสื่อสารอย่างเปิดเผยช่วยเสริมสร้างความมั่นใจให้กับทุกฝ่าย ทำให้สามารถขับเคลื่อนกระบวนการได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

(4) การแบ่งปันความเข้าใจ แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ กับผู้นำชุมชน ปราชญ์ชาวบ้าน ราษฎรในพื้นที่ เกิดขึ้นจากการร่วมกันดำเนินการอนุรักษ์ทรัพยากรท้องถิ่น ผ่านกิจกรรมที่ได้ทำร่วมกัน เช่น การลงพื้นที่สำรวจรวบรวมข้อมูลทรัพยากรท้องถิ่น การร่วมกันอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ทรัพยากรท้องถิ่น การจัดทำศูนย์ข้อมูลทรัพยากรท้องถิ่น เป็นต้น ทำให้ผู้ที่เข้าร่วมการอนุรักษ์ เกิดการรับรู้ร่วมกันทำให้เข้าใจในกระบวนการ วิธีการ ผลดี ผลเสีย และประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นในชุมชน

(5) ผลลัพธ์ระหว่างดำเนินการ การดำเนินโครงการ อพ.สธ. เพื่อจะให้ได้มาซึ่ง ป้ายสนองพระราชดำริในงานฐานทรัพยากรท้องถิ่น ต้องใช้ระยะเวลาหลายปี ดังนั้น ผลลัพธ์ระหว่างดำเนินการจึงเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างแรงจูงใจให้ผู้เข้าร่วมโครงการมีความมุ่งมั่นในการดำเนินงานต่อไป การประชุมสรุปผลการดำเนินงานประจำปี จึงจัดขึ้นเป็นประจำ เพื่อสรุปความก้าวหน้า เช่น การรวบรวมข้อมูลทะเบียนพรรณไม้ในชุมชน (340 ชนิด) ทะเบียนพรรณสัตว์ (39 ชนิด) ทะเบียนชีวภาพอื่นๆ (5 ชนิด) และทะเบียนภูมิปัญญาท้องถิ่น (28 ภูมิปัญญา) นอกจากนี้ ยังมีการสรุปถึงการต่อยอดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรท้องถิ่นที่สำรวจว่ามีการนำไปใช้อย่างไรและใครเป็นผู้ได้รับประโยชน์ ความก้าวหน้าที่เกิดจากความร่วมมือนี้จึงถือเป็นหัวใจสำคัญของผลลัพธ์ระหว่างการดำเนินงาน ตัวอย่างการต่อยอดทรัพยากรท้องถิ่น เช่น ผลิตภัณฑ์ชาดอกพญาสัตบรรณ (ดอกตีนเป็ด) ชุดกล่องเพาะเลี้ยงผีเสื้อ และจานใบไม้จากใบสัก เป็นต้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของทรัพยากรที่มีในพื้นที่และการเพิ่มมูลค่าให้กับชุมชน

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพีรวัฒน์ วันสวัสดิ์ (2567) ได้ศึกษาเรื่อง กระบวนการความร่วมมือในการจัดการป่าชุมชนบ้านต้นผึ้ง ตำบลแม่โป่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษาพบว่า กระบวนการสร้างความร่วมมือเริ่มจากกระบวนการเจรจาเพื่อกระตุ้นให้เกิดความร่วมมือระหว่างองค์กร และองค์กรต่าง ๆ ได้มีความเข้าใจและยอมรับในเป้าหมายเดียวกันในแต่ละผลประโยชน์ที่จะได้รับ มีการกำหนดกรอบความร่วมมือร่วมด้วยเพื่อสร้างความเข้าใจและแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบระหว่างองค์กรนั้น ๆ ต่อมาคือการดำเนินการตามข้อตกลง ระดมการสนับสนุนทางด้านทรัพยากรจากทั้งในและนอกองค์กร โดยมีความเชื่อใจเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลและทรัพยากรระหว่างกัน ซึ่งการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนจะต้องมีการประเมินเพื่อให้ทราบว่าได้ดำเนินการตามแผนหรือข้อตกลงที่กำหนดร่วมกันไว้หรือไม่ และองค์กรได้ประโยชน์ตามที่กำหนดมากน้อยเพียงใด หากผลการประเมินไม่มีการดำเนินงานตามข้อตกลงอาจมีการเจรจาความร่วมมือใหม่ได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของวสันต์ ศรีสมพงศ์ (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การบริหารจัดการแบบร่วมมือในโครงการคลองหมอนนา ตำบลรำแดง อำเภอสิงหนคร อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา ผลการศึกษาพบว่า กลไกการบริหารจัดการแบบร่วมมือในโครงการคลองหมอนนา ระยะแรกดำเนินการด้วยการตกลงร่วมกัน โดยใช้วิธีมาพบปะกันเพื่อดำเนินกระบวนการตกลงร่วมกัน และอาศัยแรงจูงใจในการร่วมโครงการ ซึ่งเกิดจากความไว้วางใจซึ่งกันและกัน ความตระหนักต่อความร่วมมือ และความผูกพันต่อการร่วมมือในบางกิจกรรม อีกทั้งยังได้ใช้ความสามารถในการดำเนินการร่วมกัน ซึ่งเกิดจากภาวะผู้นำแบบอำนวยความสะดวกของนายกองค์การบริหารส่วนตำบลรำแดงในฐานะผู้นำเครือข่ายความร่วมมือ รวมถึงการออกแบบเครือข่ายความร่วมมือ และการสนับสนุนทรัพยากรในการดำเนินโครงการบางประเภท สำหรับผลการดำเนินการระยะแรกที่เกิดขึ้น ทำให้ผู้ร่วมโครงการมีความพึงพอใจต่อโครงการ แต่ไม่ได้ทำให้ผู้ร่วมโครงการมีความเชื่อมั่นต่อเรื่องดังกล่าว นอกจากนี้ ยังพบปัญหาและอุปสรรคของการบริหารจัดการความร่วมมือ 2 ประการ ได้แก่ ปัญหาที่เป็นอุปสรรคต่อการตกลงร่วมกัน ซึ่งเกิดจากข้อโต้แย้งเรื่องความกว้างของคลองหมอนนา และความเกรงใจในการแสดงความคิดเห็น ส่วนปัญหาประการต่อมา คือ ปัญหาที่เป็นอุปสรรคต่อการสร้างแรงจูงใจในการร่วมโครงการ โดยมีสาเหตุมาจากความกังวลต่อผลการดำเนินโครงการ

2) แนวทางการพัฒนาความร่วมมือในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ ประกอบด้วย (1) การพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างเทศบาลตำบลสันผีเสื้อและผู้ร่วมขับเคลื่อนโครงการเพื่อสร้างความสัมพันธ์ที่ดี ซึ่งจะช่วยให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างราบรื่นและสร้างความไว้วางใจระหว่างกัน (2) การใช้ทรัพยากรท้องถิ่นในการพัฒนาชุมชน โดยการนำภูมิปัญญาชาวบ้านมาประยุกต์ใช้ร่วมกับทรัพยากรท้องถิ่นเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ จะช่วยสร้างอาชีพ สร้างรายได้ กระตุ้นเศรษฐกิจชุมชน ยกระดับคุณภาพชีวิต รวมถึงกระตุ้นการมีส่วนร่วมของประชาชนและสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากร (3) การติดตามความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง

และการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานและการสำรวจทรัพยากรท้องถิ่น ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกและเสริมสร้างแรงจูงใจให้กับผู้เข้าร่วมโครงการในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปิยะวดี ประพฤติ (2565) ได้ศึกษาเรื่อง แนวทางการพัฒนาความร่วมมือของเทศบาลตำบลเมืองเล็น อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ใกล้เคียง ผลการศึกษาพบว่า แนวทางในการพัฒนาความร่วมมือควรเริ่มต้นจาก การที่ผู้บริหารของเทศบาลแต่ละแห่งนั้นมีทัศนคติรวมถึงความสัมพันธ์ที่ดีต่อกันมีวิสัยทัศน์และนโยบายที่มองเห็นถึงประโยชน์ที่ประชาชนจะได้รับจากร่วมมือกัน และบูรณาการร่วมกันโดยการทำบันทึกข้อตกลงความร่วมมือระหว่างเทศบาลตำบลเมืองเล็นกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ใกล้เคียงขับเคลื่อนการให้บริการสาธารณะเพื่อให้ประชาชนได้รับประโยชน์มากยิ่งขึ้น

จากผลการศึกษากระบวนการความร่วมมือในการอนุรักษ์ฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตามโครงการพระราชดำริในการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจาก สมเด็จพระเทพ รัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) ของเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ ผู้วิจัยขอเสนอข้อเสนอแนะ ควรพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างเทศบาลตำบลสันผีเสื้อและผู้ร่วมขับเคลื่อนโครงการทุกภาคส่วนอย่างจริงจัง เพื่อสร้างความไว้วางใจและความร่วมมือที่ดีในการดำเนินงานโครงการ โดยการส่งเสริมการสนทนาแบบเผชิญหน้าระหว่างผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย เช่น หน่วยงานภาครัฐ ชุมชน และผู้นำท้องถิ่น ซึ่งจะช่วยสร้างความเข้าใจร่วมกันและกระตุ้นให้ทุกฝ่ายมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์ฐานทรัพยากร การจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างสม่ำเสมอจะเป็นกุญแจสำคัญในการขับเคลื่อนโครงการไปข้างหน้าอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ควรนำภูมิปัญญาชาวบ้านมาผสมผสานกับการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นอย่างคุ้มค่า โดยการส่งเสริมให้ชาวบ้านนำความรู้และประสบการณ์ในการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นมาผลิตสินค้าหรือบริการที่มีคุณภาพ เช่น ผลิตภัณฑ์จากพืชท้องถิ่นหรือการแปรรูปผลิตผลจากทรัพยากรท้องถิ่น เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับทรัพยากรที่มีในพื้นที่ การร่วมมือกันในการพัฒนาเศรษฐกิจท้องถิ่นจากทรัพยากรท้องถิ่นจะช่วยกระตุ้นการมีส่วนร่วมของประชาชน และสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรอย่างยั่งยืน สุดท้าย ควรมีการติดตามความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องและใช้เทคโนโลยีในการเพิ่มประสิทธิภาพทั้งในการปฏิบัติงานและในการสำรวจทรัพยากรท้องถิ่น การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลและการใช้แอปพลิเคชันหรือแพลตฟอร์มออนไลน์ เช่น Zoom Meeting, Microsoft Teams หรือ Google Meet สำหรับการประชุมและรายงานผล จะช่วยให้การติดตามข้อมูลเป็นไปอย่างรวดเร็วและแม่นยำ อีกทั้งยังช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานร่วมกันและเพิ่มความคล่องตัวในการดำเนินโครงการ ซึ่งจะสร้างแรงจูงใจและความมุ่งมั่นในการอนุรักษ์ทรัพยากรท้องถิ่นอย่างยั่งยืนต่อไป โดยมองว่าแนวทางดังกล่าวไม่เพียงแต่จะช่วยพัฒนาความร่วมมือระหว่างทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง แต่ยังช่วยเสริมสร้างการอนุรักษ์ทรัพยากรท้องถิ่นอย่างยั่งยืน และส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งสร้างความตระหนักรู้ถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณเทศบาลตำบลสันผีเสื้อ จังหวัดเชียงใหม่ และคณะรัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้การสนับสนุนและความอนุเคราะห์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. (2562). คู่มือการดำเนินงานฐานทรัพยากรท้องถิ่น โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น (อพ.สธ.-สถ.)

กรมส่งเสริมวัฒนธรรม กระทรวงวัฒนธรรม. (2565) มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม ประจำปีพุทธศักราช 2565 Http://ich.culture.go.th/ebook

กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. (2561). แนวทางปฏิบัติสำหรับการเข้าถึงทรัพยากรชีวภาพและการแบ่งปันผลประโยชน์. Https://chm-thai.onep.go.th/?p=3348

เกียรติคุณวิสุทธิ์ ใบไม้. (2548), ความหลากหลายทางชีวภาพ วัฒนธรรม และสังคมไทย https://www.nstda.or.th/brt/researchbooksbrt/brt-books/605-57.html

โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดาริฯ. (2560). คู่มือการดำเนินงานฐานทรัพยากรท้องถิ่น พุทธศักราช 2560 https://www.rspg.or.th/index_sub.html

โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดาริฯ. (2564). โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี แผนแม่บท อพ.สธ. ระยะ 5 ปีที่เจ็ด (1 ตุลาคม พ.ศ. 2564 – 30 กันยายน 2569) https://www.rspg.or.th/masterplan/index.html

น้ำทิพย์ กาศรีวิชัย. (2567). ความสำเร็จของเครือข่ายความร่วมมือในการทำงานด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติบ้านแม่ตุงติง ตำบลแม่สาบ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่.

นิดยา เงินประเสริฐศรี. (2540). ทฤษฎีองค์การ : แนวการศึกษาเชิงบูรณาการ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยะวดี ประพฤติ. (2565). แนวทางการพัฒนาความร่วมมือของเทศบาลตำบลเมืองเล็น อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ใกล้เคียง

พีรวัฒน์ วันสวัสดิ์. (2567). กระบวนการความร่วมมือในการจัดการป่าชุมชนบ้านต้นผึ้ง ตำบลแม่โป่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่

มูลนิธิสืบนาคะเสถียร. (2567). สถานการณ์ป่าไม้และสิ่งแวดล้อมไทย 2566 https://www.seub.or.th/bloging/work/2014-113/

วิชัย โถสุวรรณจินดา. (2553). ความลับขององค์การ : พฤติกรรมองค์การสมัยใหม่. กรุงเทพฯ : บริษัทสำนักพิมพ์ธรรมนิติ จำกัด.

วสันต์ ศรีสมพงศ์. (2559). การบริหารจัดการแบบร่วมมือในโครงการคลองหมอนนา ตำบลรำแดง อำเภอสิงหนคร อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา.

สำนักงานปลัดสำนักนายกรัฐมนตรี (2554). สืบสานพระราชปณิธาน สามทศวรรษจรัสหล้า การพัฒนาเด็กและเยาวชนในถิ่นทุรกันดาร https://identity.opm.go.th/identity/doc/nis07810.pdf

สุชาดา งานนันไชย. (2565). เครือข่ายการทำงานด้านการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม กรณีศึกษา โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่จริม จังหวัดน่าน

อดิเรก พรมเสน. (2565). ความร่วมมือในการแก้ไขปัญหาเรื่องร้องทุกข์ร้องเรียนของประชาชนโดยศูนย์ดำรงธรรม จังหวัดพะเยา ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562-2564

Ansell & Gash. (2007). Collaborative Governance in Theory and Practice. Journal of Public Administration Research and Theory, 8, 543-571.

ระบำพวงเต่ารั้ง

Phuang Tao Rang

สรินทร คุ้มเขต[1*], ชมภูนาฏ ชมภูพันธ์[1], ผุสดี โกมาสถิตย์[1], สังคม พรหมศิริ[1], จุฑาภรณ์ วิลัยแก้ว[1], วชิรวิทย์ เจริญรื่น[1] และ น้ำค้าง จันทร์เขียว[1]

Sarinthorn Khumkhet[1*], Chomphunat Chomphuphan[1], Pudsadee Komasathit[1], Sungkom Promsiri[1], Jutaporn Wilaikeaw[1], Vachirawit Chareonruen[1] and NamKhang Jankhiao[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ สร้างสรรค์การแสดงนาฏศิลป์ไทย ชุดระบำพวงเต่ารั้ง กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. กลุ่มผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ เจ้าอาวาสวัดพุเตยประสิทธิ์ เจ้าคณะอำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ปราชญ์ชาวบ้าน นักวิชาการ ผู้สูงอายุ และชาวบ้านตำบลพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 10 คน

2. กลุ่มผู้วิพากษ์การแสดง คือ ครูผู้สอนนาฏศิลป์ในจังหวัดเลย จำนวน 5 คน

3. กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ถ่ายทอด ได้แก่ นักศึกษาหญิงสาขานาฏศิลป์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จำนวน 8 คน โดยใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ มีการศึกษาภาคสนาม ศึกษาเอกสาร วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลของการวิจัย พบว่า การสร้างสรรค์นาฏศิลป์ไทย ชุดระบำพวงเต่ารั้ง เป็นการนำเสนอภูมิปัญญาของชาวบ้านตำบลพุเตย ในการนำพวงเต่ารั้ง ไปถวายสักการะบูชาองค์หลวงพ่อพ้นมารในวันออกพรรษาโดยเชื่อว่าองค์หลวงพ่อจะประทานพรให้มีความสุขพ้นทุกข์พ้นภัยทุกประการ และสื่อให้เห็นถึง ความเชื่อ ความศรัทธาของชาวบ้านตำบลพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่มีต่อองค์พระพุทธรูปหลวงพ่อพ้นมาร องค์ประกอบของการแสดง ผู้วิจัยได้ออกแบบดนตรีโดยแบ่งเป็น 4 ช่วงทำนองคือ ช่วงที่ 1 บรรเลงทำนองเพลงครอบจักรวาล ทางเปลี่ยน ช่วงที่ 2 บรรเลงทำนองเพลงเหมราช ช่วงที่ 3 บรรเลงทำนองเพลงสรภัญญะ และช่วงที่ 4 บรรเลงทำนองเพลงเร็ว – ลา เครื่องแต่งกาย ประกอบไปด้วย นุ่งโจงกระเบน สื่อถึงความคล่องแคล่วการเดินทาง โดยใช้สีชมพูเพื่อสื่อถึงหญิงที่มีจิตใจอ่อนโยนอ่อนหวาน ผ้าสไบสีเขียว สื่อถึงความอุดมสมบูรณ์ เครื่องประดับทอง สื่อถึงความเจริญรุ่งเรืองในพระพุทธศาสนา และดอกไม้ติดผม(ดอกบัว) สื่อถึงความบริสุทธิ์แห่งธรรม ความเลื่อมใสในพระพุทธศาสนา และอุปกรณ์ประกอบการแสดงพวงเต่ารั้ง เพื่อให้สอดคล้องกับการแสดง

คำสำคัญ: นาฏศิลป์สร้างสรรค์, พวงเต่ารั้ง

[1] คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย 42000

[1] Faculty of Education, Loei Rajabhat University, Loei, 42000

*Corresponding author: Sarinthorn.khu@lru.ac.th

Abstract

This research Its purpose is to Creative Thai dance performance Phuang Tao Rang dance set. The target group used in the research is divided into 3 groups:

1. The group of informants included the abbot of Wat Phu Toey Prasit. Abbot of Wichian Buri District Phetchabun Province Local philosophers, academics, elderly people, and villagers in Phu Toei subdistrict. Wichian Buri District Phetchabun Province, 10 people

2. The group that criticized the performance was 5 dance teachers in Loei Province.

3 . The target group used for broadcasting is female students in the field of dance. Loei Rajabhat University, 8 people

Using qualitative research methods. There is field study, study of documents, literature, and related research.

The results of the research are as follows: Creation of Thai dance Phuang Tao Rang dance set It presents the wisdom of the villagers in Phu Toei Subdistrict. In making a bunch of turtles Go pay homage to the image of Luang Phor Chaimar. On the occasion of the end of the Buddhist Lent, believing that the image of Luang Phor will bless you with happiness, freedom from suffering, and freedom from all dangers. and convey the beliefs and beliefs of the villagers in Phu Toei Subdistrict. Wichian Buri District Phetchabun Province. For the elements of the performance, the researcher has designed music divided into 4 melodic sections: Part 1 plays the melody of the universal song Path Chang, Part 2 plays the melody of Hemaraj, Part 3 plays the melody of Saraphanya, and Part 4 plays the melody of Fast – La. The outfit consists of a loincloth. It represents the agility of traveling. Using the color pink to symbolize a woman with a gentle, sweet heart. Green cloth Conveying the Fertility,gold jewelry It represents prosperity in Buddhism. And the flower in the hair (lotus) symbolizes the purity of Dhamma. and equipment for displaying the Tao Rang To be consistent with the show.

Keywords: Creative dance, Phuang Tao Rang

บทนำ

หลวงพ่อพ้นมารพระพุทธรูปคู่บ้านของชาวบ้านในตำบลพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นองค์พระพุทธรูปที่ชาวบ้านชาวตำบลพุเตย มีความเชื่อ ความศรัทธาต่อองค์หลวงพ่อพ้นมารเป็นอย่างมาก โดยเชื่อว่าองค์หลวงพ่อจะประทานพรให้มีความสุขพ้นทุกข์พ้นภัยทุกประการ จึงได้มีการจัดงานบุญสักการะหลวงพ่อพ้นมารซึ่งจะจัดขึ้นช่วงออกพรรษา ชาวบ้านจะนำพวงเต่ารั้งที่ประดิษฐ์ขึ้นมาถวายต่อองค์หลวงพ่อเพื่อเป็นการสักการะ บูชาหลวงพ่อพ้นมาร พวงเต่ารั้งของชาวบ้านในตำบลพุเตย จะทำมาจากกระดาษว่าว หรือกระดาษแก้วสีต่าง ๆ โดยการพับกระดาษสี่เหลี่ยมจัตุรัสให้เป็นรูปสามเหลี่ยม แล้วพับครึ่งสามเหลี่ยมนั้นต่ออีก 2 ครั้ง หมุนยอดสามเหลี่ยมเอาด้านสัน (ด้านที่เปิดไม่ได้) ไปไว้ทางขวามือ พับสันทับเข้าไปจนดูคล้ายสามเหลี่ยม 2 รูปซ้อนทับกันอยู่ จากนั้น ใช้กรรไกรตัดกระดาษสามเหลี่ยมแบบสลับฟันปลา โดยตัดจากยอดบนลงล่างจนเกือบถึงชายด้านล่างให้มีระยะห่างเท่า ๆ กัน คลี่กระดาษออกและใช้กรรไกรเจาะรูตรงกลางกระดาษทั้ง 3 แผ่นเพื่อสอดกระดาษแข็งรูปวงกลมซึ่งร้อยด้ายผูกกับไม้สำหรับทำเป็นไม้แขวน ใช้มือจับแต่งกระดาษที่ซ้อนกันอยู่นั้นให้เป็นทรงจอมแห พวงเต่ารั้งของชาวบ้านพุเตยจะมีความ

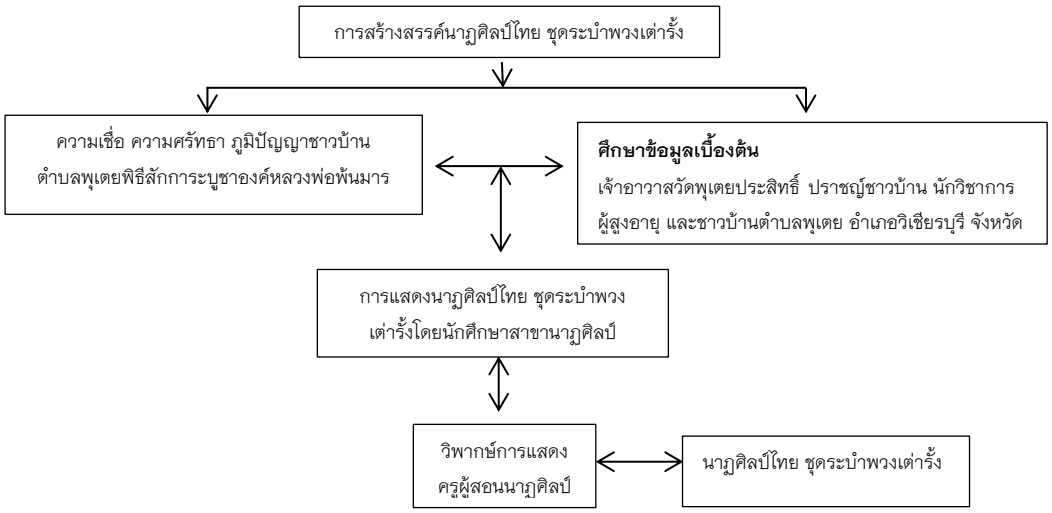
แตกต่างจากที่อื่น ๆ คือ สีของกระดาษว่าว หรือกระดาษแก้ว ที่จะนำมาใช้จะไม่ใช้สีที่ฉูดฉาด แต่จะใช้สีที่อ่อนหวาน เช่นสีชมพู สีเหลือง และชั้นนอกสุดของพวงเต่ารั้ง จะต้องใช้กระดาษว่าว หรือ กระดาษแก้ว สีขาวไว้ที่ชั้นนอกสุดเท่านั้น สีขาวสื่อถึงความบริสุทธิ์ และความเลื่อมใสในพระพุทธศาสนา ซึ่งมีความเป็นเอกลักษณ์ที่ชัดเจนของพวงเต่ารั้งบ้านพุเตย

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้สร้างสรรค์ผลงานนาฏศิลป์ไทย ระบำพวงเต่ารั้ง เป็นการนำเสนอเรื่องราวความเชื่อ ความศรัทธา ของการบูชา สักการะ และการถวายพวงเต่ารั้ง ต่อองค์พระพุทธรูปองค์หลวงพ่อพ้นมาร เพื่อเป็นพุทธบูชาต่อองค์หลวงพ่อพ้นมาร และเป็นการเผยแพร่ภูมิปัญญาท้องถิ่น ประเพณีวัฒนธรรมให้เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อสร้างสรรค์ผลงานนาฏศิลป์ไทยสร้างสรรค์ ชุด ระบำพวงเต่ารั้ง

กรอบแนวคิดการวิจัย



นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ระบำพวงเต่ารั้ง คือ เป็นการแสดงที่สร้างสรรค์ขึ้นใหม่จากความเชื่อ ความศรัทธา ของการบูชาสักการะต่อองค์พระพุทธรูปองค์หลวงพ่อพ้นมาร
2. นาฏศิลป์ไทยสร้างสรรค์ คือ การประดิษฐ์ท่ารำ หรือผู้สร้างสรรค์งานนาฏศิลป์ต้องคิดค้นคิดสร้างสรรค์ในการประดิษฐ์ท่ารำ รวมทั้งองค์ประกอบของการแสดง

วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ การศึกษาภาคสนาม ศึกษาเอกสาร วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย มีดังนี้

(1) กลุ่มเป้าหมายที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการทำพวงเต่ารั้ง คือ เจ้าอาวาสวัดพุเตยประสิทธิ์ พระครูสิทธิพัชบวร เจ้าคณะอำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ปราชญ์ชาวบ้าน นักวิชาการ ผู้สูงอายุ จำนวน 6 คน และ

ชาวบ้านตำบลพุเตยที่เคยทำพวงเต่ารั้ง และเคยเข้าร่วมพิธีงานบุญออกพรรษาถวายพวงเต่ารั้ง ตำบลพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 4 คน

(2) กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการให้ข้อเสนอแนะ และวิพากษ์การแสดง คือ ครูผู้สอนนาฏศิลป์ในจังหวัดเลย จำนวน 5 คน

(3) กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการถ่ายทอดนาฏศิลป์พื้นเมืองสร้างสรรค์ ได้แก่ นักศึกษาสาขานาฏศิลป์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จำนวน 8 คน

2. พื้นที่ในการวิจัย พื้นที่ในการวิจัย ได้แก่ ตำบลพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์

3. เครื่องมือการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือเชิงคุณภาพ ประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างเพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการทำพวงเต่ารั้ง และประเด็นการสนทนากลุ่ม เพื่อให้ได้ข้อเสนอแนะ และวิพากษ์ชุดการแสดงที่พัฒนาขึ้น

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 เตรียม/วางแผนดำเนินการวิจัย

4.2 ศึกษาเอกสาร งานวิจัย ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และด้านศิลปะการแสดง

4.3 สร้างเครื่องมือในการวิจัย ซึ่งได้แก่ แบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง และประเด็นการสนทนากลุ่ม
ในประเด็นที่เกี่ยวข้อง

4.4 เก็บข้อมูลศึกษาเกี่ยวกับการทำพวงเต่ารั้ง โดยการสัมภาษณ์ เจ้าอาวาสวัดพุเตยประสิทธิ์ เจ้าคณะอำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ปราชญ์ชาวบ้าน นักวิชาการ ผู้สูงอายุ และชาวบ้านตำบลพุเตยที่เคยทำพวงเต่ารั้ง และเคยเข้าร่วมพิธีงานบุญออกพรรษาถวายพวงเต่ารั้ง ตำบลพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ในเรื่องความสำคัญและวิธีการทำ เพื่อให้ได้ข้อมูลตามประเด็นที่ต้องการ และนำเสนอเป็นชุดการแสดง

4.5 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อเข้าสู่กระบวนการตีความหมายสำหรับการพัฒนารูปแบบศิลปะการแสดง

4.6 สร้างสรรค์ชุดการแสดงนาฏศิลป์ไทยสร้างสรรค์ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ คือ

– สร้างสรรค์ท่ารำชุดการแสดงนาฏศิลป์ไทยสร้างสรรค์ ระบำพวงเต่ารั้ง จากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ ตามแนวทางการประดิษฐ์ท่ารำ

– พัฒนาองค์ประกอบของชุดการแสดง ได้แก่ ดนตรี ประกอบการแสดง ผู้แสดง เครื่องแต่งกาย และอุปกรณ์ประกอบการแสดง

– ถ่ายทอดชุดการแสดงให้นักศึกษาสาขานาฏศิลป์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

4.7 จัดสนทนากลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งเป็นครูผู้สอนนาฏศิลป์ นำเสนอชุดการแสดงที่สร้างสรรค์ขึ้น ให้ได้ข้อเสนอแนะ เพื่อให้ได้ชุดการแสดงที่สอดคล้อง และนำเสนอเรื่องราวได้ถูกต้อง ชัดเจน

4.8 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสร้างสรรค์ชุดการแสดงนาฏศิลป์ไทย โดยการเรียบเรียงข้อมูลเชิงคุณภาพ

4.9 สรุปผลการวิจัย/นำเสนอผู้เกี่ยวข้อง

5. การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้วิธีวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสาร งานวิจัย และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการสัมภาษณ์เจ้าอาวาสวัดพุเตยประสิทธิ์ เจ้าคณะอำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ปราชญ์ชาวบ้าน นักวิชาการ ผู้สูงอายุ และชาวบ้านตำบลพุเตยที่เคยทำพวง

เต่ารั้ง และเคยเข้าร่วมพิธีงานบุญออกพรรษาถวายพวงเต่ารั้ง ตำบลพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อการสรุปความเชิงพรรณนา และใช้เป็นหลักเกณฑ์ที่นำไปสู่กระบวนการตีความหมายสำหรับการพัฒนารูปแบบศิลปะการแสดงต่อไป

ผลการศึกษา

1. ผลการพัฒนารูปแบบชุดการแสดงสร้างสรรค์นาฏศิลป์ไทยสร้างสรรค์ ระบำพวงเต่ารั้ง

ผู้วิจัยได้ค้นคว้า และสร้างสรรค์ท่ารำจากการศึกษาขั้นตอนการทำและถวายพวงเต่ารั้ง และความเชื่อความศรัทธาของชาวบ้านที่มีต่อองค์หลวงพ่อพ้นมาร การศึกษานาฏยศัพท์ ภาษาท่าทาง และนาฏศิลป์ไทย โดยยึดหลักในการคิดชุดการแสดง ท่ารำ เครื่องแต่งกาย องค์ประกอบที่เกี่ยวกับการจัดการแสดง และหลักในการจัดการแสดงมาเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการแสดง ระบำพวงเต่ารั้ง ดังนี้

1.1 กำหนดแนวคิดของชุดการแสดง ระบำพวงเต่ารั้ง เป็นการแสดงที่สะท้อนให้เห็นถึงรูปลักษณะของพวงเต่ารั้ง ความเชื่อและความศรัทธาของชาวบ้านบ้านพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่มีองค์หลวงพ่อพ้นมาร และความสวยงามของท่ารำตาม แบบแผนทางนาฏศิลป์ไทย

1.2 กำหนดรูปแบบของชุดการแสดง ระบำพวงเต่ารั้ง เป็นเรื่องราวของการบูชา สักการะ และการถวายพวงเต่ารั้ง ต่อองค์พระพุทธรูปองค์หลวงพ่อพ้นมาร โดยผู้วิจัยได้นำเสนอรูปแบบของชุดการแสดง ชุด ระบำพวงเต่ารั้ง ในลักษณะของการแสดงนาฏศิลป์ไทยสร้างสรรค์ ดังนี้

1) กำหนดองค์ประกอบของการแสดง ซึ่งกำหนดขึ้นให้สอดคล้องกับแนวคิดของชุดการแสดงที่กำหนดไว้ ดังนี้

– ดนตรี คณะผู้วิจัยได้ประพันธ์ทำนองเพลงขึ้นใหม่ โดยแบ่งเป็น 4 ช่วง ช่วงที่ 1 บรรเลงทำนองเพลงครอบจักรวาล ทางเปลี่ยน ช่วงที่ 2 บรรเลงทำนองเพลงเหมราช ช่วงที่ 3 บรรเลงทำนองเพลงสรภัญญะ และช่วงที่ 4 บรรเลงทำนองเพลงเร็ว – ลา

– ผู้แสดง ใช้ผู้แสดงหญิง จำนวน 8 คน โดยคัดเลือกผู้แสดงที่มีทักษะการร่ายรำอ่อนช้อยงดงาม
และมีรูปร่างใกล้เคียงกันเพื่อให้ได้ภาพการแสดงที่มีความเป็นเอกภาพ

– การแต่งกาย ผู้วิจัยออกแบบสร้างสรรค์ให้เหมาะสมกับการแสดง เครื่องแต่งกายจะประกอบไปด้วย นุ่งโจงกระเบน สื่อถึงความคล่องแคล่วการเดินทาง โดยใช้สีชมพูเพื่อสื่อถึงหญิงที่มีจิตใจอ่อนโยนอ่อนหวาน ผ้าสไบสีเขียว สื่อถึงพระมหากรุณาธิคุณ แห่งสมเด็จพระสัมมาสัมพุทธเจ้า เครื่องประดับทอง สื่อถึงความเจริญรุ่งเรืองในพระพุทธศาสนา และดอกไม้ติดผม(ดอกบัว) สื่อถึงความบริสุทธิ์แห่งธรรม ความเลื่อมใสในพระพุทธศาสนาและสอดคล้องกับการแสดง



ภาพที่ 1 การแต่งกาย ชุด ระบำพวงเต่ารั้ง

– อุปกรณ์ พวงเต่ารั้ง



ภาพที่ 2 พวงเต่ารั้ง

2) การออกแบบท่ารำและการแปรแถว การออกแบบท่ารำการเต้นและการแปรแถว ได้นำแนวคิดการประดิษฐ์ท่ารำทั้งจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านนาฏศิลป์ไทย และใช้ภาษานาฏศิลป์ในท่ารำของไทยที่เป็นแบบแผนมาเป็นแนวทางการออกแบบท่ารำการแสดงนาฏศิลป์ไทย “ระบำพวงเต่ารั้ง” โดยส่วนใหญ่ผู้วิจัยได้กำหนดให้แต่ละท่าสื่อความหมายแตกต่างกันออกไป จากนั้นกำหนดรูปแบบการแปรแถวเปลี่ยนแปลงเป็นรูปลักษณะต่างๆโดยให้สัมพันธ์กับกระบวนท่ารำ ทั้งนี้รวมถึงอารมณ์ของผู้แสดงด้วย จึงจะทำให้เกิดความหมายและทำให้ผู้ชมเข้าใจ เพื่อมิให้ผู้ชมเบื่อหน่าย ในการเคลื่อนไหวตามกระบวนท่ารำ จะได้เห็นลีลาการเคลื่อนไหวที่งดงามแปลกตา โดยกระบวนท่ารำ และทำนองเพลงที่สัมพันธ์กันอย่างลงตัว เมื่อออกแบบท่ารำและการแปรแถวเรียบร้อยแล้วได้ถ่ายทอดให้นักศึกษาสาขานาฏศิลป์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย หลังจากนั้นนำเสนอชุดการแสดงที่พัฒนาขึ้นนำเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งเป็นครูผู้สอนนาฏศิลป์ที่มีประสบการณ์การสอนในสาขานาฏศิลป์ และมีผลงานการออกแบบชุดการแสดงนาฏศิลป์ให้ข้อเสนอแนะ และวิพากษ์การแสดง โดยผู้ทรงคุณวุฒิให้ความเห็นว่าชุดการแสดงที่สร้างขึ้นสามารถสื่อเรื่องราวที่ต้องการนำเสนอได้ชัดเจน และเลือกใช้ดนตรีได้เหมาะสมในแต่ละช่วง การแต่งกายออกแบบได้เหมาะสม มีความคล่องตัวในการแสดง รูปแบบท่ารำและการแปรแถวถูกต้องตามหลักของนาฏศิลป์ มีความสวยงาม และสามารถนำไปเผยแพร่ได้

ตัวอย่างกระบวนท่ารำ “ระบำพวงเต่ารั้ง”ดังนี้





ภาพที่ 3 ภาพการแสดงเผยแพร่

สรุปผลและอภิปรายผล

ระบำพวงเต่ารั้ง เป็นการแสดงที่ผู้วิจัยกำหนดให้สื่อถึงความเชื่อความศรัทธาของชาวบ้าน บ้านพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่มีองค์หลวงพ่อพ้นมาร และภูมิปัญญาของชาวบ้านในการทำพวงเต่ารั้งถวายองค์หลวงพ่อ ผ่านกระบวนการร่ายรำ ให้ผู้ชมเข้าใจเรื่องราวการนำพวงเต่ารั้ง ถวายสักการะต่อองค์หลวงพ่อ ซึ่งสอดคล้องกับ สดใส พันธุมโกมล (2538) ที่กล่าวว่า ศิลปะการแสดง คือ ศิลปะที่เกิดขึ้นจากการนำภาพจากประสบการณ์และจินตนาการของมนุษย์มาผูกเป็นเรื่อง และจัดเสนอในรูปแบบของการแสดง โดยมีผู้แสดงเป็นผู้สื่อความหมายและเรื่องราวต่อผู้ชม แนวคิดที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ หากสามารถถ่ายทอดเรื่องราวได้อย่างไม่ซับซ้อน จะสร้างความบันเทิงให้แก่ผู้ชมได้ ก็จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์และสืบทอดประเพณีวัฒนธรรม สอดคล้องกับ สามารถ จันทร์สูรย์ (2534) ที่กล่าวว่า การถ่ายทอดภูมิปัญญา มีการถ่ายทอดจากคนรุ่นหนึ่งไปสู่คนอีกรุ่นหนึ่งตลอดมา มักถ่ายทอดในความหลากหลายรูปแบบ เช่น การบอกเล่าโดยตรง หรือบอกเล่าโดยผ่านพิธีกรรม ขนบธรรมเนียมประเพณีของท้องถิ่นต่างๆ นอกจากนี้ยังมีการถ่ายทอดออกมาในรูปแบบการบันเทิงที่สอดแทรกในกระบวนการและเนื้อหา

รูปแบบของชุดการแสดง ระบำพวงเต่ารั้ง ผู้วิจัยนำเสนอ ในลักษณะของการแสดงนาฏศิลป์ไทย องค์ประกอบของการแสดง ได้แก่ ดนตรี ผู้แสดง การแต่งกาย และอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการแสดงกำหนดขึ้นให้สอดคล้องกับแนวคิดของชุดการแสดงที่กำหนดไว้ โดยเน้นเรียบง่าย และสะท้อนให้เห็นถึงภูมิปัญญา ความเชื่อความศรัทธาของชาวบ้านพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ในมุมมองด้านประเพณีวัฒนธรรม และพิธีกรรมการถวายพวงเต่ารั้ง ซึ่งผลการวิจัยได้สอดคล้องกับจารุวรรณ ธรรมวัตร (2530) ซึ่งกล่าวว่า พิธีกรรมคือ วิธีการชนิดหนึ่งที่จะนำไปสู่เป้าหมาย เพื่อให้ได้มาซึ่งสิ่งที่ต้องการ และยังสอดคล้องกับอาคม ศายาคม (2525) ที่กล่าวว่าการร่ายรำในสิ่งที่มนุษย์เราได้ปรุงแต่งจากธรรมชาติให้สวยสดงดงามขึ้นนั้น ทั้งนี้มิได้หมายถึงแต่การร่ายรำเพียงอย่างเดียว จะต้องมีดนตรีเป็นองค์ประกอบด้วย จึงจะช่วยให้สมบูรณ์แบบตามหลักวิชานาฏศิลป์ การแต่งกายของผู้แสดง ผู้วิจัยออกแบบให้เหมาะสมกับการแสดง สอดคล้องกับแนวคิดของสุรพล วิรุฬห์รักษ์ (2549) การประดิษฐ์ท่ารำและชุดการแสดง ที่กล่าวว่า นักนาฏยประดิษฐ์ต้องกำหนดรูปแบบและแนวทางของฉากและเครื่องแต่งกายให้ตอบสนอง และส่งเสริมการแสดงอย่างเหมาะสม สำหรับการออกแบบท่ารำและการแปรแถว ผู้วิจัยใช้ภาษานาฏศิลป์ในท่ารำของไทยที่เป็นแบบแผน เป็นแนวทางการออกแบบท่ารำเพื่อให้ครอบคลุมความหมายเนื้อหาที่ต้องการสื่อความหมาย ซึ่งสอดคล้องกับสมเด็จพระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมพระยาดำรงราชานุภาพ (2515) ที่กล่าวว่า แต่ละชาติจะมีวิธีฟ้อนรำตามวิสัยชาติของตน มนุษย์จะเลือกเอากิริยาท่าทางซึ่งแสดงอารมณ์ต่าง ๆ นั้นมาเรียบเรียงเป็นกระบวนการฟ้อนให้สวยงามตามที่ตนเห็นว่างาม และสอดคล้องกับแนวคิดของประดิษฐ์ อินทนิล (2536) การเคลื่อนไหวอิริยาบถต่าง ๆ ทั้งมือ แขน ขา ลำตัวและใบหน้า เป็นการสื่อถ่ายทอดความหมายและอารมณ์เพื่อให้เกิดความรู้สึกสะเทือนอารมณ์ต่าง ๆ ส่วนรูปแบบการแปรแถว ผู้วิจัยเน้นลักษณะการแปรแถวแบบยึดสายตาผู้ชมโดยคำนึงถึงเวทีเป็นหลักเพื่อเปลี่ยนสายตาผู้ชม และสัมพันธ์กับกระบวนท่ารำ อย่างไรก็ตามการสร้างสรรค์ชุดการแสดงให้ออกมาในรูปแบบของการแสดงนั้นเป็นการนำเอาวัฒนธรรมประเพณีออกมาเผยแพร่ เป็นสิ่งดีงามที่เราทุกคนควรจะอนุรักษ์ส่งเสริมวัฒนธรรมประเพณีให้คงอยู่ไม่ให้สูญหายไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่สนับสนุนงบประมาณสนับสนุนในการนำเสนองานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณ ธรรมวัตร . (2524) . **ธรรมเนียมประเพณีอีสาน.** กรุงเทพฯ:กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

ดำรงราชานุภาพ,สมเด็จพระเจ้าบรมวงศ์เธอกรมพระยา. (2515) . **ตำราฟ้อนรำ** . พิมพ์เป็นวิทยานุสรณ์ในงานฌาปนกิจศพสมเด็จพระเจ้าน้องยาเธอเจ้าฟ้าจุฑาวุธราดิลก.

ประดิษฐ์ อินทนิล. (2536). **ดนตรีไทยและนาฏศิลป์.** กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น

สดใส พันธุมโกมล. (2538) . **ศิลปะของการแสดง (ละครสมัยใหม่).**กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สามารถ จันทร์สูรย์. (2534) . **ภูมิปัญญาชาวบ้านกับการพัฒนาชนบท.** กรุงเทพฯ: บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊ป.

สุรพล วิรุฬห์รักษ์. (2549). **นาฏศิลป์ปริทรรศน์**. กรุงเทพฯ: ภาควิชานาฏศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาคม สายาคม. (2525). **นาฏศิลป์ไทย**. กรุงเทพฯ: กรมศิลปากร

รายชื่อผู้ให้สัมภาษณ์

เจ้าอาวาสวัดพุเตยประสิทธิ์ พระครูสิทธิพัชบวร. (8 กันยายน 2566). เจ้าคณะอำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ . สัมภาษณ์.

ครูอรรถวุฒิ แสงบดี. (8 กันยายน 2566). นักวิชาการ โรงเรียนกุลดิศวิทยานุสรณ์ ตำบลพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ .สัมภาษณ์.

ครูอนันต์ สินทรัพย์. (8 กันยายน 2566). นักวิชาการ โรงเรียนเพชรพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ . สัมภาษณ์.

นายวิชัย เนียมแสง (15 กันยายน 2566). ปราชญ์ชาวบ้าน ตำบลพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ .สัมภาษณ์.

นางบู่ ทองดวง. (15 กันยายน 2566). ผู้สูงอายุ ตำบลพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ .สัมภาษณ์.

นางพิน คงไทย. (15 กันยายน 2566). ผู้สูงอายุ ตำบลพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ .สัมภาษณ์.

นายอรรถวุฒิ แสงบดี. (16 กันยายน 2566). ชาวบ้าน ตำบลพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ .สัมภาษณ์.

นายสมาน คมกล้า. (16 กันยายน 2566). ชาวบ้าน ตำบลพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ .สัมภาษณ์.

นางหงส์ งามรั้ว. (16 กันยายน 2566). ชาวบ้าน ตำบลพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ .สัมภาษณ์.

นางแถว ทางาม. (16 กันยายน 2566). ชาวบ้าน ตำบลพุเตย อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ .สัมภาษณ์.

การจัดการปัญหาบุหรี่สู่การเป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่

Challenges and solutions in tobacco control: Towards a smoke-free University

นฤมล โพธิ์ศรีทอง[1*], วรรณวิสา บุญบุตร[1], สุวภาพ เดชะมหามณีรัตน์[1] และ ใจนุช กาญจนภู[1]
Narumol Phosrithong[1*], Wanvisa Boonboot[1], Suwapab Techamahamaneerat[1] and Jainuch Kanchanapoo[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษานำร่องมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบพฤติกรรมการสูบบุหรี่และศึกษาแนวทางการจัดการปัญหาบุหรี่ การป้องกัน และลด ละ เลิกบุหรี่สู่การเป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่ของนักศึกษามหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกจากกลุ่มเป้าหมายที่เลือกตามวัตถุประสงค์แบ่งเป็นผู้ที่กำลังสูบบุหรี่จำนวน 10 คน และผู้ที่เลิกสูบบุหรี่แล้วจำนวน 5 คน ทางโทรศัพท์และบันทึกเสียงการสนทนา ใช้ระยะเวลาในการสัมภาษณ์ประมาณ 30-45 นาที พบว่าอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มมีพฤติกรรมการสูบบุหรี่ตั้งแต่ก่อนเข้ามหาวิทยาลัยโดยมีอายุเฉลี่ยของการสูบบุหรี่ครั้งแรกเมื่ออายุ 16 ปี เพราะความอยากลองและการชักชวนของเพื่อน ปัจจัยที่กระตุ้นให้สูบบุหรี่มากขึ้น คือ ความเครียด และการดื่มสุรา เหตุผลของการเลิกสูบบุหรี่คือเรื่องสุขภาพและการขอร้องของคนในครอบครัว อุปสรรคสำคัญในการเลิกบุหรี่ คือการอยู่ในกลุ่มเพื่อนสูบบุหรี่หรือสังคมที่สูบบุหรี่ ดังนั้นมหาวิทยาลัยควรมีกิจกรรมรณรงค์หรือประชาสัมพันธ์พิษภัยของบุหรี่รวมทั้งกำหนดเขตอนุญาตให้สูบบุหรี่และเขตปลอดบุหรี่ให้ชัดเจนเพื่อสร้างสังคมที่ปลอดบุหรี่

คำสำคัญ: พฤติกรรมการสูบบุหรี่, มหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่

[1] คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร 10160
[1] Faculty of Pharmacy Siam University, Bangkok, 10160
*Corresponding author: Narumol.pho@siam.edu

Abstract

The objective of this pilot study is to analyze and investigate smoking behavior and explore strategies for addressing smoking issues, including prevention and efforts to reduce, quit, and eliminate smoking, in order to establish a smoke-free university at a private university in Bangkok. *The data was collected through in-depth interviews with 10 current smokers and 5 former smokers who were purposively selected. The interviews were conducted via telephone, with the conversations being recorded. Each interview lasted between 30 and 45 minutes. The results revealed that both groups began smoking before attending university, with the average age* of first smoking being 16 years, owing to curiosity and peer pressure. Stress and alcohol intake were identified as contributory factors to increased smoking. The primary reasons for cessation were health concerns and family requests. However, the most significant barrier to cessation was the influence of smoker-friendly environments or social groups that promote smoking. Consequently, it is recommended that the institution implement comprehensive smoking awareness campaigns that emphasize the health risks associated with smoking. Furthermore, it is critical to establish clearly defined smoking-permitted areas and smoke-free zones to promote a smoke-free campus environment

Keywords: Smoking behavior, Smoke-Free University

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาการสูบบุหรี่เป็นปัญหาที่สำคัญของสังคมไทย เนื่องจากบุหรี่เป็นสิ่งเสพติดที่สามารถหาซื้อได้ง่าย และมีขายอย่างถูกกฎหมาย จึงทำให้บุหรี่สามารถที่จะเข้าถึงผู้เสพได้อย่างทั่วถึง ซึ่งบุหรี่นั้นก่อให้เกิดโทษต่าง ๆ มากมาย ทั้งต่อผู้สูบเองและบุคคลรอบข้าง นอกจากนี้ยังพบว่าบุหรี่เป็นปัจจัยเสี่ยงของอาการเจ็บป่วยและการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร โดยโรคที่มีสาเหตุเกี่ยวข้องกับการสูบบุหรี่ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคถุงลมโป่งพอง โรคมะเร็ง เป็นต้น ซึ่งเป็นโรคเรื้อรังที่ส่งผลกระทบต่องบประมาณด้านสาธารณสุขของประเทศ และคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยเป็นอย่างมาก (1) โดยในปัจจุบันพฤติกรรมการสูบบุหรี่ของวัยรุ่นไทยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น จากผลการสำรวจพฤติกรรมการสูบบุหรี่ในปี พ.ศ. 2560 ของมหาวิทยาลัยมหิดล ศูนย์วิจัยและการจัดการความรู้เพื่อการควบคุมยาสูบ (1) พบว่าประชากรที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป เป็นผู้สูบบุหรี่ 10.70 ล้านคน (ร้อยละ 19.10) อัตราการบริโภคยาสูบตามกลุ่มอายุ 15-18 ปี เท่ากับร้อยละ 7.80 โดยในภาพรวม อัตราการสูบบุหรี่มีแนวโน้มลดลงยกเว้นกลุ่มอายุ 19-24 ปี ซึ่งเป็นกลุ่มที่กำลังศึกษาในระดับอุดมศึกษา (2) เพราะมีโอกาสเข้าถึงการสูบบุหรี่มากกว่ากลุ่มอื่น เนื่องจากอาศัยอยู่ในหอพัก ห่างไกลจากผู้ปกครองและมีอิสระที่จะกระทำพฤติกรรมต่างๆ มากขึ้นโดยเฉพาะการสูบบุหรี่ อย่างไรก็ตามปัญหานี้ไม่ได้ถูกละเลย สถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษาเองก็ได้ถูกกำหนดให้เป็นสถานที่สาธารณะที่มีการคุ้มครองสุขภาพของผู้ไม่สูบบุหรี่เช่นเดียวกันและเป็นพื้นที่เขตปลอดบุหรี่ตามกฎหมายตามพระราชบัญญัติคุ้มครองสุขภาพผู้ไม่สูบบุหรี่ พ.ศ. 2560 เสถียร พูลผลและคณะ (3) ได้ศึกษาพฤติกรรมการสูบบุหรี่ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีมหาวิทยาลัยสยาม จำนวน 388 คนโดยใช้แบบสอบถาม ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มเป้าหมายมีอายุเฉลี่ย 21 ปี ส่วนใหญ่ไม่สูบบุหรี่ (ร้อยละ 74.50) ปัจจัยที่มีผลต่อการสูบบุหรี่อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ คือ เพศ ช่วงอายุ คณะที่ศึกษา สถานที่พักอาศัยในปัจจุบัน และรายได้เฉลี่ย ผลคะแนนระดับความรู้เกี่ยวกับบุหรี่ของกลุ่มเป้าหมายอยู่ในระดับ ดีมาก และมีคะแนนเจตคติเกี่ยวกับบุหรี่ในระดับดี

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ขยายผลการศึกษาเพื่อศึกษารูปแบบพฤติกรรมการสูบบุหรี่และศึกษาแนวทางการจัดการปัญหาการสูบบุหรี่ของมหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานครโดยการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกจากกลุ่มเป้าหมาย เพื่อหาแนวทางในการป้องกันการสูบบุหรี่ของนักศึกษาและแนวทางการจัดการปัญหาการสูบบุหรี่เพื่อเป็นประโยชน์ต่อมหาวิทยาลัย

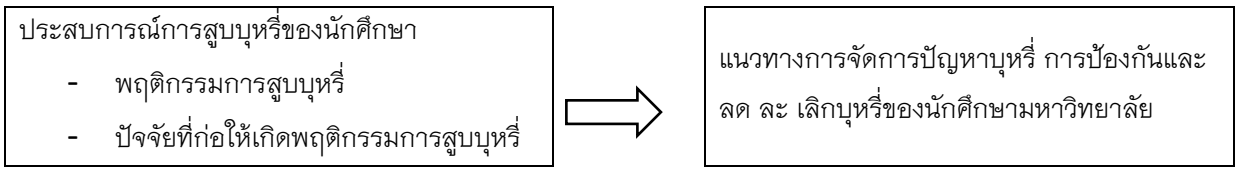
วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษารูปแบบพฤติกรรมการสูบบุหรี่ของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

2. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการปัญหาบุหรี่ การป้องกัน และลด ละ เลิกบุหรี่สู่การเป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่ของมหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

กรอบแนวทางและสมมุติฐาน

การดำเนินการวิจัยเรื่อง "การจัดการปัญหาบุหรี่สู่การเป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่" เพื่อศึกษารูปแบบพฤติกรรมการสูบบุหรี่ของนักศึกษา ปัจจัยที่ก่อให้เกิดพฤติกรรมการสูบบุหรี่ การเก็บข้อมูลดำเนินการผ่านการสัมภาษณ์เชิงลึกกับนักศึกษาที่สูบบุหรี่ในปัจจุบันและผู้ที่เคยสูบบุหรี่แต่ได้เลิกแล้ว ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อนำมาพัฒนาแนวทางการจัดการปัญหาบุหรี่ การป้องกันและลด ละ เลิกบุหรี่ของนักศึกษามหาวิทยาลัย ดังแนวทางตามภาพ



สมมติฐานในการวิจัย

ผลจากการวิเคราะห์เนื้อหาที่ได้จากการสัมภาษณ์ เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมการสูบบุหรี่ และปัจจัยที่ก่อให้เกิดพฤติกรรมการสูบบุหรี่ สามารถนำมาเป็นแนวทางในการจัดการปัญหาการสูบบุหรี่ในมหาวิทยาลัยได้

วิธีการวิจัย

ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลเชิงปฏิบัติการ โดยการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างแบบเจาะลึก (semi-structure interview) จากนักศึกษาที่สูบบุหรี่และปัจจุบันยังสูบบุหรี่จำนวน 10 คน และนักศึกษาที่เคยสูบบุหรี่และปัจจุบันเลิกสูบบุหรี่แล้วจำนวน 5 คน โดยการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์พร้อมบันทึกเสียงการสนทนา ใช้ระยะเวลาในการสัมภาษณ์ประมาณ 30-45 นาที เพื่อพูดคุยในประเด็นของสาเหตุการสูบบุหรี่ การเข้าถึงบุหรี่ การพยายามเลิกสูบบุหรี่ และการเลิกบุหรี่

วิธีการสุ่มกลุ่มเป้าหมาย

การเลือกเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา (purposeful sampling) คือ นักศึกษาที่มีประสบการณ์การสูบบุหรี่

การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มเป้าหมาย

งานวิจัยนี้ผ่านการรับรองทางจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมในมนุษย์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม เลขที่ SIAMPY-IRB 2000/009

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

การสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง สำหรับนักศึกษา มุ่งเน้นประเด็นที่เกี่ยวข้อง 5 ประเด็นดังนี้ พฤติกรรมและวิถีชีวิตประจำวัน, พฤติกรรมการสูบบุหรี่, การเข้าถึงบุหรี่, การจัดเขตปลอดบุหรี่ และเขตสูบบุหรี่ในสถาบันการศึกษา รวมถึงประสบการณ์ในการเลิกบุหรี่ และความคิดเห็นที่มีต่อประสบการณ์ดังกล่าว โดยข้อคำถามในเอกสารการสัมภาษณ์ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (IOC: Index of Item Objective Congruence) และพิจารณาเลือกข้อ คำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป พบว่า ข้อคำถามทุกรายการใช้ได้ โดยมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80-1.00

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง ทำโดยการโทรศัพท์สัมภาษณ์แบบตัวต่อตัว โดยผู้ช่วยวิจัย 1 คน พร้อมบันทึกเสียงและจดบันทึกประเด็นสำคัญที่ได้ ใช้เวลาในการสัมภาษณ์ประมาณ 30-45 นาที ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกเสียงจะนำไปบันทึกเป็นเอกสารลงในโปรแกรม Microsoft Word

การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลที่ได้

เอกสารที่ได้จากการสัมภาษณ์ได้รับการตรวจสอบจากผู้วิจัยคนอื่นในกลุ่มผู้วิจัย จำนวน 1 คนกับข้อมูลที่ได้จากการบันทึกเสียง หลังจากตรวจสอบเนื้อหาดังกล่าว ผู้วิจัยส่งเอกสารเพื่อยืนยันข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูล และป้องกันความผิดพลาดของข้อมูลที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บข้อมูล

การลดอคติของผู้วิจัยในระหว่างการเก็บข้อมูล

ผู้เก็บข้อมูลเตรียมข้อคำถามการสนทนาและบทสัมภาษณ์ตามประเด็นคำถามให้ครอบคลุมเนื้อหาที่กำหนดไว้ทุกครั้ง หลังการสัมภาษณ์ทุกครั้ง ผู้เก็บข้อมูลบันทึกประสบการณ์ระหว่างการเก็บข้อมูลประกอบด้วย ความรู้สึก เนื้อหา และการแสดงออกระหว่างการสัมภาษณ์ เพื่อเพิ่มความตระหนักแก่ผู้เก็บข้อมูลในการใช้คำถามไปในทางทิศเดียวกัน และคำถามนั้นไม่เป็นการชี้นำกลุ่มเป้าหมายในการตอบคำถาม

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา รายงานเป็นค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และอื่น ๆ โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) จากการสัมภาษณ์ แล้วนำข้อมูลมาจัดกลุ่ม ซึ่งเป็นเทคนิควิธีการวิจัยที่สร้างเนื้อหาหรือข้อมูลให้มีความน่าเชื่อถือ โดยไม่มีอคติและมีข้อสรุปที่มีความเที่ยงตรงแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ผู้วิจัยทบทวนข้อมูลจากเอกสาร ตีความประเด็นที่เกี่ยวข้องโดยการอ่านทบทวนอย่างน้อย 2-3 รอบ
2. ผู้วิจัยระบุดัชนีของแต่ละข้อความ รวมดัชนีเป็นประเด็นย่อย เมื่อพบประเด็นย่อยที่ซ้ำกันจะรวมขึ้นมาเป็นประเด็นหลัก โดยคำนึงถึงประเด็นการวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา สรุปเป็นประเด็นในด้านต่าง ๆ

3. ผู้วิจัยอภิปรายความเห็นในการจัดกลุ่มขององค์ประกอบย่อย และองค์ประกอบหลัก กับทีมผู้วิจัย
4. ผู้วิจัยเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในองค์รวม ให้เห็นภาพรวมแนวทางการดำเนินงานป้องกัน และแก้ปัญหาไม่ให้นักศึกษามีการเริ่มสูบบุหรี่ การช่วยให้ผู้สูบบุหรี่ ลด ละเลิกการสูบบุหรี่ การป้องกันผู้ไม่สูบบุหรี่จากการได้รับควันในสิ่งแวดล้อม และนโยบายมหาลัยปลอดบุหรี่
5. เสนอแนะแนวทางการป้องกันการสูบบุหรี่ และแก้ไขปัญหาที่เกิดจากพิษภัยบุหรี่ในสถาบันการศึกษา ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

ผลการศึกษา

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วม และข้อมูลพฤติกรรมการสูบบุหรี่

ผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งหมด 15 คน แบ่งเป็นกลุ่มนักศึกษาที่สูบบุหรี่และปัจจุบันยังสูบบุหรี่ จำนวน 10 คน มีอายุเฉลี่ย 23.00 ± 1.48 ปี ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย 6 คน (ร้อยละ 60.00) ศึกษาในคณะเภสัชศาสตร์มากที่สุด (ร้อยละ 40.00) ส่วนใหญ่พักอยู่บ้านตนเอง (ร้อยละ 60.00) และมีรายได้เฉลี่ย 5,000–7,500 บาทต่อเดือน (ร้อยละ 40.00) และกลุ่มนักศึกษาที่เคยสูบบุหรี่และปัจจุบันเลิกสูบบุหรี่แล้วจำนวน 5 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย 4 คน (ร้อยละ 80.00) มีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 22.00 ± 3.11 ปี ศึกษาในคณะเภสัชศาสตร์มากที่สุด (ร้อยละ 40.00) ส่วนใหญ่พักอยู่คอนโดหรือหอพัก (ร้อยละ 60.00) และมีรายได้เฉลี่ย 5,000–7,500 บาทต่อเดือน (ร้อยละ 60.00) ซึ่งมีรายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมทั้งหมด 15 คน

	ปัจจุบันยังสูบบุหรี่ (10 ราย)	**เลิกบุหรี่แล้ว (5 ราย)**	**รวม (15 ราย)**
อายุ (ปี)			
($\bar{x} \pm$ SD)	23.00 ± 1.48	22.00 ± 3.11	23.00 ± 2.10
เพศ (จำนวน (%))			
ชาย	6 (60.00%)	4 (80.00%)	10 (66.70%)
หญิง	4 (40.00%)	1 (20.00%)	5 (33.30%)
คณะที่ศึกษา (จำนวน (%))			
เภสัชศาสตร์	4 (40.00%)	2 (40.00%)	6 (40.00%)
นิเทศศาสตร์	2 (20.00%)	1 (20.00%)	3 (20.00%)
บริหารธุรกิจ	2 (20.00%)	–	2 (13.30%)
ศิลปศาสตร์	2 (20.00%)	1 (20.00%)	3 (20.00%)
สาธารณะสุขศาสตร์	–	1 (20.00%)	1 (6.70%)
ที่พักอาศัยในช่วงเปิดภาคเรียน (จำนวน (%))			
บ้าน	6 (60.00%)	2 (40.00%)	8 (53.30%)
คอนโด/หอพัก	4 (40.00%)	3 (60.00%)	7 (46.70%)
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน (จำนวน (%))			

	ปัจจุบันยังสูบบุหรี่ (10 ราย)	เลิกบุหรี่แล้ว (5 ราย)	รวม (15 ราย)
5,000–7,500 บาท	4 (40.00%)	3 (60.00%)	7 (46.70%)
7,501–10,000 บาท	3 (30.00%)	2 (40.00%)	5 (33.30%)
10,001–15,000 บาท	1 (10.00%)	–	1 (6.70%)
15,001 บาทขึ้นไป	2 (20.00%)	–	2 (13.30%)

พฤติกรรมการสูบบุหรี่ของ กลุ่มนักศึกษาที่เคยสูบบุหรี่และปัจจุบันยังสูบบุหรี่ เริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกตอนอายุเฉลี่ย 15.80 ปี ปัจจุบันสูบบุหรี่เฉลี่ยวันละ 8.87 มวน สาเหตุที่เริ่มสูบบุหรี่ส่วนใหญ่คืออยากลองสูบเอง (ร้อยละ 60.00) สาเหตุที่ทำให้ยังสูบบุหรี่อยู่คือ การติดนิโคติน การติดพฤติกรรม และการอยู่กับเพื่อนที่สูบบุหรี่ (ร้อยละ 25.00 ทั้ง 3 สาเหตุ) ปัจจัยที่กระตุ้นให้สูบบุหรี่มากขึ้นคือ ความเครียด (ร้อยละ 42.86) ทั้งหมดเป็นผู้ที่มีความต้องการเลิกบุหรี่ โดยปัจจัยที่ทำให้ต้องการเลิกบุหรี่คือ เพื่อสุขภาพ (ร้อยละ 27.27) วิธีที่ใช้ในการเลิกบุหรี่ คือ หักดิบ (ร้อยละ 62.50) มีอุปสรรคในการเลิกบุหรี่ คือ การอยู่ในสังคมเพื่อนที่สูบบุหรี่ (ร้อยละ 38.46) และมีค่าใช้จ่ายในการสูบบุหรี่ต่อเดือน 401–700 บาท หรือ 1,000 บาทขึ้นไป (ร้อยละ 30.00) รายละเอียด ดังแสดงใน ตารางที่ 2

พฤติกรรมการสูบบุหรี่ของ กลุ่มนักศึกษาที่สูบบุหรี่และปัจจุบันยังเลิกสูบบุหรี่แล้ว เริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกตอนอายุเฉลี่ย 16.60 ปี เคยสูบบุหรี่เฉลี่ยวันละ 6 มวน สาเหตุที่เริ่มสูบบุหรี่ส่วนใหญ่ คือ อยากลองสูบเอง (ร้อยละ 60.00) ปัจจัยที่กระตุ้นให้สูบบุหรี่มากขึ้น คือ การอยู่กับเพื่อนที่สูบบุหรี่ (ร้อยละ 57.14) ปัจจัยที่ทำให้ต้องการเลิกบุหรี่ คือ เพื่อสุขภาพ (ร้อยละ 57.14) วิธีที่ใช้ในการเลิกบุหรี่ คือ หักดิบ (ร้อยละ 83.33) มีอุปสรรค์ในการเลิกบุหรี่ คือ อาการถอนนิโคติน (ร้อยละ 49.99) มีปัจจัยสิ่งที่จะทำให้กลับมาสูบบุหรี่ คือ การดื่มสุรา (ร้อยละ 40.00) และมีค่าใช้จ่ายในการสูบบุหรี่ต่อเดือน ไม่เกิน 400 บาท (ร้อยละ 40.00) รายละเอียด ดังแสดงใน ตารางที่ 3

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของกลุ่มนักศึกษาที่สูบบุหรี่และปัจจุบันยังสูบบุหรี่ จำแนกตามข้อมูลพฤติกรรมการสูบบุหรี่ และปัจจัยที่ก่อให้เกิดพฤติกรรมารสูบบุหรี่ (10 ราย)

ข้อมูลส่วนบุคคล	($\bar{x} \pm$ SD)	
อายุที่เริ่มสูบบุหรี่ (ปี)	15.8 ± 2.57	
สูบบุหรี่เฉลี่ยวันละ (มวน)	8.87 ± 4.91	
สาเหตุที่เริ่มสูบบุหรี่	**จำนวน**	**ร้อยละ**
อยากลองสูบเอง	6	60.00
เพื่อนชวน	3	30.00
อื่นๆ	1	10.00
รวม	10	100.00
สาเหตุที่ทำให้ยังสูบบุหรี่อยู่*		
ติดนิโคติน	3	25.00
ติดพฤติกรรม	3	25.00
อยู่กับเพื่อนที่สูบบุหรี่	3	25.00

ข้อมูลส่วนบุคคล	**จำนวน**	**ร้อยละ**
วิธีในการเลิกบุหรี่*		
หักดิบ	10	62.50
ใช้บุหรี่ไฟฟ้า	3	18.75
ใช้ผลิตภัณฑ์ช่วยเลิกบุหรี่	1	6.25
รวม	16	100.00
อุปสรรคในการเลิกบุหรี่*		
อยู่ในสังคมเพื่อนที่สูบบุหรี่	5	38.46
ติดพฤติกรรม	1	7.69
อาการถอนนิโคติน	4	30.77
อื่นๆ	3	23.08

เข้าสังคม ดื่มสุรา	2	16.67
คลายเครียด	1	8.33
รวม	12	100.00
ปัจจัยที่กระตุ้นให้สูบบุหรี่มากขึ้น*		
ความเครียด	6	42.86
ดื่มสุรา	4	28.57
อยู่กับเพื่อนที่สูบบุหรี่	3	21.43
ไม่มี	1	7.14
รวม	14	100.00
ปัจจัยที่ทำให้ต้องการเลิกบุหรี่*		
รู้ถึงโทษภัย	1	9.09
ครอบครัว/แฟน/คนรัก	1	9.09
ต้องการประหยัดค่าใช้จ่าย	2	18.18
เพื่อสุขภาพ	3	27.27
อื่นๆ	4	36.36
รวม	11	100.00

รวม	13	100.00
ค่าใช้จ่ายในการสูบบุหรี่ต่อเดือน		
0–400 บาท	2	20.00
401–700 บาท	3	30.00
701–1,000 บาท	2	20.00
1,000 บาทขึ้นไป	3	30.00
รวม	10	100.00

* อาสาสมัคร 1 คนตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของกลุ่มนักศึกษาที่เคยสูบบุหรี่และปัจจุบันเลิกสูบบุหรี่แล้ว จำแนกตามข้อมูลพฤติกรรมการสูบบุหรี่ (5 ราย)

ข้อมูลส่วนบุคคล	($\bar{x} \pm$ SD)	
อายุที่เริ่มสูบบุหรี่	16.60 ± 2.07	
เคยสูบบุหรี่เฉลี่ยวันละ	6.00 ± 3.94	
สาเหตุที่เริ่มสูบบุหรี่	**จำนวน**	**ร้อยละ**
อยากลองสูบเอง	3	60.00
เพื่อนชวน	1	20.00
อื่นๆ	1	20.00
รวม	5	100.00
ปัจจัยที่กระตุ้นให้สูบบุหรี่มากขึ้น*		
ความเครียด	3	42.86
ดื่มสุรา	-	-
อยู่กับเพื่อนที่สูบบุหรี่	4	57.14
ไม่มีปัจจัยกระตุ้น	-	-
รวม	7	100.00
ปัจจัยที่ทำให้ต้องการเลิกบุหรี่*		
รู้ถึงโทษภัย	-	-
ครอบครัว/แฟน/คนรัก	2	28.57
ต้องการประหยัดค่าใช้จ่าย	-	-
เพื่อสุขภาพ	4	57.14
อื่นๆ	1	14.29
รวม	7	100.00
วิธีในการเลิกบุหรี่*		
หักดิบ	5	83.33
ค่อยๆลดจำนวน	1	16.67
ใช้บุหรี่ไฟฟ้า	-	-
ใช้ผลิตภัณฑ์ช่วยเลิกบุหรี่	-	-
รวม	6	100.00

ข้อมูลส่วนบุคคล	**จำนวน**	**ร้อยละ**
อุปสรรคในการเลิกบุหรี่*		
อยู่ในสังคมเพื่อนที่สูบบุหรี่	1	16.67
ติดพฤติกรรม	1	16.67
อาการถอนนิโคติน	3	49.99
ไม่มีอุปสรรคในการเลิก	1	16.67
รวม	6	100.00
ปัจจัยเสี่ยงที่จะทำให้กลับมาสูบบุหรี่*		
ดื่มสุรา	2	40.00
ความเครียด	1	20.00
ไม่มีปัจจัยเสี่ยง	2	40.00
รวม	5	100.00
ค่าใช้จ่ายในการสูบบุหรี่ต่อเดือน		
0-400 บาท	2	40.00
401-700 บาท	1	20.00
701-1,000 บาท	1	20.00
1,000 บาทขึ้นไป	1	20.00
รวม	5	100.00

* อาสาสมัคร 1 คนตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ

2. แนวทางการจัดการปัญหาบุหรี่ การป้องกัน และลด ละ เลิกบุหรีของนักศึกษา

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์พบว่าปัจจัยที่ทำให้เริ่มสูบบุหรี่ส่วนใหญ่เกิดจากการที่มีคนใกล้ชิด หรือกลุ่มเพื่อนที่สูบบุหรี่ ทำให้เกิดความรู้สึกอยากลองสูบ หรือมีการเชิญชวนให้สูบ

"...มันมีหลายปัจจัยมาก คือหนึ่งแม่พี่สูบ พี่ไม่เห็นเขาสูบแต่พี่ได้กลิ่นจากเขา แล้วก็เพื่อน เริ่มมีการแบบ คนนั้นก็สูบ คนนี้ก็สูบ แล้วก็ไหนลองหน่อยสิ ในยุคนั้นเหมือนจะเป็นแฟชั่นนึง..." อาสาสมัครคนที่ 2

"...ตอนนั้นเหมือนเพื่อนสูบบุหรี่เยอะ ผมก็เลยจะสูบตาม...จริงๆมันก็ไม่ได้ชวนหรอกแต่เราก็อยากลอง อยากรู้ว่าเป็นยังไงอะไรอย่างนี้ อยู่กับเพื่อน..." อาสาสมัครคนที่ 12

อาสาสมัครบางคน มีความรู้สึกว่าสภาพแวดล้อมภายในสถานที่ที่กำลังศึกษามีความเอื้อต่อการสูบบุหรี่ และทำให้มีการสูบบุหรี่มากขึ้น

"...เหมือนก่อนที่เข้า A (สถานที่) ไม่ได้ติดเยอะ คือ ซองนึงอะสูบได้อาทิตย์นึงเลย แต่พอเริ่มเข้า A ปุ๊บ เหมือน จากที่อยู่ใน B คือ สภาพแวดล้อมมันไม่พร้อมให้สูบ แล้วก็เข้า A เหมือนแบบว่า ตรงนี้คนก็สูบ ตรงนั้นคนก็สูบ แล้วพอมาเจอเพื่อน เพื่อนก็สูบ มันก็เลยแบบเริ่มเลิกยาก พอมาช่วงนี้เหมือนมันสูบมาเรื่อยๆจนติด ตอนนี้มันก็เลยยากมากขึ้น..." อาสาสมัครคนที่ 6

อาสาสมัครบางคน มีความรู้สึกว่าการสูบบุหรี่ทำให้รู้สึกเสียภาพลักษณ์ของการเป็นนักศึกษา และภาพลักษณ์ต่อคณะที่เรียน

"...เพราะคณะผมมันต้องใส่สูท แล้วถ้าแบบไปสูบบุหรี่แบบนั้นน่ะเขารู้แน่นอนครับ คือผมจะไม่ชอบให้ใครมาว่าคณะผมครับว่าเด็กคนนี้อยู่...นี่นา ใส่สูทมายืนสูบบุหรี่ ก็เหมือนแบบใน A ที่ใส่สูทก็มีคณะเดียว ถ้าใส่เสื้อช็อปก็เป็นคณะ ก นะครับ..." อาสาสมัครคนที่ 11

อาสาสมัครบางคนลองสูบบุหรี่เพื่อหวังผลในเรื่องของการลดน้ำหนัก หรือการลองเพื่อเป็นงานอดิเรก

"...ครั้งแรกแค่มีความคิดว่า การสูบบุหรี่ทำให้เราไม่หิว เราก็เลยลอง แล้วตอนนั้นก็คือตามเพื่อน เพื่อนสูบก็เลยอยากลอง..." อาสาสมัครคนที่ 10

"...คือผมอยากได้แค่กลิ่นกับควันเฉยๆครับ เพราะว่าผมเอามาเล่นแบบเป็นเล่นท่า เล่นควัน อะไรแบบนี้ครับ เพราะว่าบุหรี่ไฟฟ้ามันจะมีควันเยอะกว่าบุหรี่ธรรมดาก็เลยเอามาพ่นออกมาเป็นวงเป็นอะไรได้..." อาสาสมัครคนที่ 11

3 แนวทางเกี่ยวกับการช่วยให้ผู้สูบบุหรี่ลด ละ เลิก การสูบบุหรี่

อาสาสมัครมีความรู้สึกเพิกเฉยต่อป้ายข้อบังคับห้ามสูบบุหรี่ในสถานที่ที่กำลังศึกษา รู้สึกว่าไม่มีการบังคับใช้กฎอย่างจริงจัง และสามารถฝ่าฝืนได้โดยไม่มีการถูกลงโทษ

"...ถ้าเป็นที่อื่น ที่ไม่ใช่ A มันมีผล พี่จะรู้สึกว่าตรงนี้ไม่ได้นะ แต่ถ้าเป็นอย่างใน A มันไม่ได้มีความเข้มงวด มันมีช่องว่างที่แบบ ก็แค่ติด ๆ ไปอ่ะ..." อาสาสมัครคนที่ 2

"...คือเขาให้เขียนว่าแบบห้ามสูบบุหรี่ แต่ก็มีคนยืนสูบเต็มเลย มันก็เหมือนไม่มีผลอ่ะ เหมือนแค่ แบบมาแปะไว้เฉยๆ ..." อาสาสมัครคนที่ 14

"...ห้ามสูบบุหรี่ ปรับ 2,000 ผมก็เห็นหน้าป้ายบางทีก็ 3-4 คน ไม่เห็นมีใครปรับเลย..." อาสาสมัครคนที่ 3

อาสาสมัครมีความคิดว่าการมีการลงโทษนักศึกษาที่ฝ่าฝืนสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบจะช่วยให้ลดการสูบบุหรี่ได้

"...อันนี้ห้ามยากเลยนะครับ ขนาดเขียนป้ายว่าปรับ 2,000 บาท 5,000 บาท ก็ยังไม่กลัวกันเลย แต่ถ้าเปลี่ยนจากปรับเงิน มาเป็นลดคะแนนเก็บแต่ละวิชาผมว่าอาจจะได้อยู่นะ ถ้าอาจารย์เดินมาเห็น แล้วเขาส่งชื่อขึ้นไปหักคะแนน

เก็บแต่ละวิชา แต่ละตัวที่ลง ก็อาจจะทำให้เด็กอ่ะ กลัวขึ้นนะ อาจจะเตือนก่อนครั้งแรกก็ได้แต่ถ้าเห็นอีกก็คือหักคะแนนไปเรื่อย ๆ แต่ค่าปรับก็ยังมีอยู่เหมือนเดิมนะครับ อาจจะทำให้เด็กใน A สูบบุหรี่กันน้อยลงก็ได้นะครับ...” อาสาสมัครคนที่ 11

4 แนวทางการจัดการปัญหาเกี่ยวกับการช่วยให้ผู้สูบบุหรี่เลิกบุหรี่

อาสาสมัครส่วนใหญ่ไม่ทราบว่าร้านยาในสถาบันการศึกษามีบริการให้คำปรึกษาในการเลิกบุหรี่ และไม่เคยพบเห็นการประชาสัมพันธ์ อาสาสมัครทุกคนเคยลองเลิกบุหรี่ทั้งลองเลิกด้วยตัวเอง และรับคำปรึกษาจากร้านยา อุปสรรคที่ทำให้เลิกบุหรี่ไม่สำเร็จ คือ การอยู่กับเพื่อนที่สูบบุหรี่ การดื่มสุรา อาการถอนนิโคติน และวิธีการจัดการอาการถอนไม่เหมาะสมกับความต้องการ

“...พอตอนกินเหล้ากับเพื่อนมันก็แบบ สิ่งเร้ามันก็เยอะ แล้วก็ด้วยอารมณ์ที่มันพาไปด้วย...” อาสาสมัครคนที่ 3

“...พอมาเจอเพื่อน แล้วเพื่อนสูบ แล้วเป็นเพื่อนสนิทก็เลยแบบ เหมือนอยู่ด้วยกันแล้วมันทนไม่ได้...” อาสาสมัครคนที่ 7

“...(วิธีจิบน้ำผลไม้) ก็ทำบ้าง แต่คือผมไม่เป็นคนไม่ค่อยกินน้ำพวกผลไม้อะไรแบบนี้ ก็เลยไม่ชอบอยู่แล้วก็เลย ไม่ค่อยได้ทำ มันก็เลยเหมือนไม่ค่อยได้ช่วยอะไร...” อาสาสมัครคนที่ 1

อาสาสมัครบางคนคิดว่าการสูบบุหรี่ไฟฟ้าแทน เป็นการช่วยเลิกบุหรี่วิธีหนึ่ง และมีความปลอดภัยกว่าการสูบบุหรี่มวน

“...ก็มีใช้บุหรี่ไฟฟ้า แล้วก็แบบหักดิบไม่ได้สูบอะไรเลย...ก็คิดว่าแบบเหมือนเอามาทดแทนเพราะว่ามันยังอยากอยู่ตอนนั้น คิดว่าอาจจะปลอดภัยขึ้นนิดนึง...” อาสาสมัครคนที่ 1

“...หักดิบก็ลอง เปลี่ยนไปใช้บุหรี่ไฟฟ้าเพื่อทดแทน ก็ไม่ได้ ไม่ได้เลย ยังไงฉันก็ต้องจุดบุหรี่อยู่ดี มันกลายเป็นนอกจากจะสูบบุหรี่ตัวเดียวยังต้องไปสูบบุหรี่ไฟฟ้าด้วย...” อาสาสมัครคนที่ 2

อาสาสมัครบางคนหลังจากที่เข้ารับบริการเลิกบุหรี่จากร้านยา ถึงแม้ในปัจจุบันจะยังไม่สามารถเลิกบุหรี่ได้ แต่ก็มีการนำคำแนะนำที่ได้ไปใช้เพื่อลดปริมาณบุหรี่ที่สูบด้วยตัวเอง

“...วิธีที่เขาแนะนำ แบบเอาจริงๆตอนนี้ก็เหมือนทำตามที่เขาพูดมาเหมือนกัน อย่างเช่น พอตื่นมาให้ยืดเวลาตัวแรก เริ่มดูตัวแรกให้ยืดนานที่สุด เราก็ทำนะทำตามที่เขาบอกแล้วก็มันก็ช่วยได้เยอะขึ้น ตอนนี้ก็ลดลงไปกว่าเมื่อก่อนเยอะแล้ว...” อาสาสมัครคนที่ 6

จากการสอบถามอาสาสมัครเกี่ยวกับการเข้ารับบริการเลิกบุหรี่ที่ร้านยา พบว่าส่วนใหญ่มีความพึงพอใจกับการให้บริการ แต่มีข้อเสนอแนะในเรื่องของสถานที่ และจำนวนผู้ให้บริการ

“...ไม่มีอะไรต้องปรับปรุง อาจจะเป็นพื้นที่ไหม อุปกรณ์ในร้านเยอะไปนิดนึงสำหรับเราที่เป็นคนนอก เรามองในมุมคนนอกนะ พี่จะต้องเข้าไปแบบวัดปอด นิโคตินอะไรสักอย่างอุปกรณ์เยอะไปมันเกร็ง เพราะมันไม่ได้มีห้อง private แค่นี้เลย...” อาสาสมัครคนที่ 2

“...อึดอัดก็ตรงคนเยอะ ตอนยืนสัมภาษณ์อยู่ก็แบบมี คนอยู่เยอะแบบมองกันทุกคนเลย อาจารย์ก็มองเรา เราก็แบบเกร็งๆนิดหน่อย...” อาสาสมัครคนที่ 14

5 แนวทางการจัดการปัญหาเกี่ยวกับการป้องกันผู้ไม่สูบบุหรี่จากการได้รับควันในสิ่งแวดล้อม

อาสาสมัครบางคนมีความเห็นว่า จุดสูบบุหรี่ที่จัดไว้บางที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากเป็นพื้นที่สาธารณะ มีการใช้พื้นที่ร่วมกันทั้งผู้ที่สูบ และไม่สูบบุหรี่ กลิ่นควันบุหรี่อาจรบกวนผู้อื่น

"...คืออย่างหลัง C อ่ะ พื้นที่มันแคบ คนยังต้องเดินผ่าน เราเป็นคนสูบบุหรี่แต่ว่าเราก็ไม่ชอบกลิ่นบุหรี่ มันจะได้กลิ่นบุหรี่ มันแคบแล้วมันก็อับตรงนั้น ส่วน D คนที่เขาไม่สูบ เขาก็ไปอ่านหนังสือ ก็ไปนั่งคุยนั่งกินข้าวกันอย่างนี้ กลิ่นมันทั่วถึงอ่ะก็มีอยู่ 2 ที่ที่ไม่ควร..." อาสาสมัครคนที่ 2

"...ตรง D ก็คือ ... มันก็แบบพื้นที่มันน้อยอ่ะ แล้วคนสูบตรงนั้นก็คือเยอะ ก็เลยคิดว่าตรงนั้นยังอาจจะแบบไม่ค่อยเหมาะสมเท่าไหร่ คือเอาจริงๆเราไม่อยากให้มีตรง D นะคะเพราะ คนมาเรียนที่ตึก E ก็เยอะมีหลายคณะ บางคนเขาก็ไม่สูบ ก็เยอะ คือจริง ๆ ก็ไม่น่าจะมีตรง D เพราะว่าเราก็ไปสูบตรง F ตรงนั้นก็ได้..." อาสาสมัครคนที่ 10

อาสาสมัครบางคนมีความคิดเห็นว่าการที่มีการฝ่าฝืนสูบบุหรี่ในจุดที่ไม่ได้จัดไว้ให้ ส่งผลต่อภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัย

"...ก็อยากให้ห้ามตรง G นะครับ ไม่อยากให้มีคนสูบบุหรี่ตรงนั้นเยอะ เพราะว่ามันไม่ใช่ที่สำหรับสูบบุหรี่ แล้วคนเขามีการเดินเข้าออกผ่านตรงนั้นบ่อย ถ้ามาสมัครเรียนอ่ะคือต้องมาตึก E แล้วมันอยู่ในสุดมันต้องผ่านอยู่แล้ว มันเป็นเหมือนภาพลักษณ์ของ A ครับ แล้วตรงนั้นก็คือเหมือนมันมีตรา A มีลูกกลมๆ ถ้าผู้ปกครองเขาเข้ามาเห็น เจอนั่งสูบบุหรี่กันอยู่เขาก็อาจจะคิดไปในทางที่ไม่ดีว่า มันจะดีไหมถ้าเอาลูกมาเรียนที่นี่..." อาสาสมัครคนที่ 11

อาสาสมัครคิดว่าควรมีการจัดการให้มีการสูบบุหรี่ในสถานที่ๆจัดไว้ให้ เพื่อให้มีความเป็นระเบียบ และไม่รบกวนผู้อื่น โดยวิธี เช่น การใช้การลงโทษผู้ฝ่าฝืน การประชาสัมพันธ์ให้ทราบถึงข้อบังคับ

"...ก็ถ้าคนมันไม่มีจิตสำนึกอะเนาะ มันก็พูดยากหน่อย ต้องปรับเงินเลย เพราะที่เขาชอบเขียน ว่าสูบบุหรี่ปรับ 2,000 บาท เค้าก็ไม่ได้ปรับจริงอะทุกที่เลย ถ้าสมมติมีคนโดนปรับจริงๆมันจะต้องเอาไปพูดต่ออยู่แล้ว ว่าเฮ้ย โดนปรับตังนะ พอมีหลายๆคนเค้าก็จะไม่กล้าทำ..." อาสาสมัครคนที่ 14

"...คือเขาจะต้องรู้ก่อน ต้องมีป้ายบอกชัดเจน หรือถ้าอย่างนั้นฝากประชาสัมพันธ์ใน A เลย ว่าแบบมีตรงนี้สูบบุหรี่แปะตรงประชาสัมพันธ์ตรงที่คนเขาเดินผ่านทุกวัน ตรงนั้นพี่ว่ามันจะช่วยได้ ตรงหน้าตึก E อะไรอย่างนี้..." อาสาสมัครคนที่ 12

สรุปผลและอธิปรายผล

แนวทางเกี่ยวกับการป้องกัน และแก้ปัญหาไม่ให้นักศึกษามีการเริ่มสูบบุหรี่

จากข้อมูลที่ได้ทราบจากอาสาสมัครทำให้สังเกตเห็นว่าการอยู่กับกลุ่มเพื่อน ครอบครัว หรือสภาพแวดล้อมที่มีคนสูบบุหรี่ เป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถกระตุ้นให้เกิดความอยากลองสูบบุหรี่ สอดคล้องผลการศึกษาของ Hill และคณะ (4) และ Rogacheva (5) พบว่า ครอบครัว และสภาพแวดล้อม เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อการสูบบุหรี่ของวัยรุ่น ซึ่งปัจจุบันในมหาวิทยาลัยมักจะพบเห็นนักศึกษา หรือบุคลากรสูบบุหรี่ภายในมหาวิทยาลัยอยู่เป็นประจำ จนแทบจะเป็นเรื่องปกติ ซึ่งสิ่งนี้ถือเป็นสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมกับสถานศึกษา ส่งผลต่อภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัย และอาจทำให้นักศึกษาที่ไม่เคยสูบบุหรี่หันมาเริ่มสูบบุหรี่ หรือเป็นการทำให้ผู้ที่สูบบุหรี่อยู่แล้วสูบบุหรี่มากขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการจัดการกับปัญหานี้อย่างจริงจัง โดยมีการควบคุมการสูบบุหรี่ในมหาวิทยาลัยผ่านการจัดสรรพื้นที่สูบบุหรี่ และการกำหนดบทลงโทษสำหรับผู้ฝ่าฝืน

แนวทางเกี่ยวกับการช่วยให้ผู้สูบบุหรี่ลดการสูบบุหรี่

อาสาสมัครมีความคิดว่าการที่สถานศึกษาถูกจัดให้เป็นเขตปลอดบุหรี่เป็นสิ่งที่ดี ที่จะช่วยให้นักศึกษาลดการสูบบุหรี่ และใช้เวลาว่างในการทำกิจกรมอื่นที่ก่อให้เกิดประโยชน์ และคิดว่าการที่สถานศึกษาจะมีการลงโทษผู้ที่ฝ่าฝืนสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบอย่างจริงจัง จะเป็นการช่วยให้นักศึกษาสูบบุหรี่ลดลง อาจเนื่องมาจากการจำกัดพื้นที่สูบจะส่งผลลดความสะดวกในการสูบบุหรี่ลง

แนวทางเกี่ยวกับการช่วยให้ผู้สูบบุหรี่เลิกบุหรี่

ผลการศึกษาพบว่าอุปสรรคที่ทำให้เลิกบุหรี่ไม่สำเร็จ คือ การอยู่กับเพื่อนที่สูบบุหรี่ การดื่มสุรา อาการถอนนิโคติน และการติดพฤติกรรม ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chean และคณะ (6) ที่ได้ระบุว่า ปัจจัยส่วนบุคคลและการดำเนินชีวิต การเสพติดนิโคติน และบรรทัดฐานทางสังคมและวัฒนธรรม เป็นปัจจัยที่ขัดขวางไม่ให้เลิกบุหรี่ได้สำเร็จซึ่งเป็นหน้าที่ของผู้ให้บริการที่จะต้องช่วยให้คำแนะนำในการแก้ไขอุปสรรคนั้น

ในส่วนของการเข้ารับบริการที่ร้านยาในสถานศึกษา พบว่าอาสาสมัครส่วนใหญ่ไม่ทราบว่าร้านยามีบริการให้คำปรึกษาในการเลิกบุหรี่ และไม่เคยพบเห็นการประชาสัมพันธ์ ทราบจากการที่มีนักศึกษาไปชวนเข้ารับบริการเท่านั้น อาสาสมัครมีความพึงพอใจในบริการการให้คำปรึกษา แต่มีคำแนะนำในเรื่องของสถานที่ และจำนวนผู้ให้บริการ

แนวทางเกี่ยวกับการป้องกันผู้ไม่สูบบุหรี่จากการได้รับควันในสิ่งแวดล้อม

สิ่งที่เป็นอุปสรรค์ในการป้องกันผู้ไม่สูบบุหรี่จากการได้รับควันในสิ่งแวดล้อม คือ สถานที่สูบบุหรี่ในสถานศึกษาบางจุดเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่สาธารณะ เช่น หน้าตึกธนาคาร ซึ่งจะมีการใช้พื้นที่ร่วมกันทั้งผู้ที่สูบบุหรี่และผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ และการฝ่าฝืนสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบของนักศึกษาและบุคลากร

จากแนวทางที่ได้จากการสัมภาษณ์อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม จำนวนทั้งสิ้น 15 คน พบว่าสาเหตุของปัญหาการสูบบุหรี่ในสถานศึกษาเกิดจากไม่มีการบังคับใช้กฎอย่างจริงจัง และขาดการประชาสัมพันธ์ให้ทราบถึงนโยบาย ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอเชิงพฤติกรรมและนโยบายต่อแนวทางการจัดการปัญหาการสูบบุหรี่ในสถานศึกษา ดังนี้

1. มีการประชาสัมพันธ์ให้ความรู้ การรณรงค์ให้ทราบถึงพิษภัยของบุหรี่ ทั้งในกลุ่มของบุคลากรและนักศึกษาให้ทราบถึงพิษภัยของบุหรี่ เพื่อป้องกันไม่ให้บุคลากรและนักศึกษาเข้าไปข้องเกี่ยวกับบุหรี่

2. มีการประชาสัมพันธ์ให้ทราบถึงนโยบายมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่ และประชาสัมพันธ์ให้ทราบถึงการจัดเขตปลอดบุหรี่ และเขตสูบบุหรี่ในสถานศึกษาผ่านกิจกรรมการรับน้อง และการช่วยกันดูแลไม่ให้มีการฝ่าฝืนโดยอาจารย์ และรุ่นพี่ในคณะ

3. มีการจัดพื้นที่และติดตั้งป้ายประกาศเขตปลอดบุหรี่ และ เขตสูบบุหรี่ที่ถูกต้องตามกฎหมาย พร้อมการประชาสัมพันธ์ให้ทราบกันอย่างทั่วถึง ทั้งในกลุ่มของบุคลากร นักศึกษา และผู้มาติดต่อในมหาวิทยาลัย

4. เขตสูบบุหรี่ที่เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่สาธารณะควรปรับปรุงให้มีความมิดชิด และมีขอบเขตชัดเจน เพื่อลดการรบกวนบุคคลอื่นที่มาใช้สถานที่นั้น

5. มีแนวปฏิบัติที่ชัดเจนในการลงโทษผู้ฝ่าฝืนสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบ โดยครอบคลุมบุคลากร นิสิตนักศึกษาและบุคคลภายนอก อาจกำหนดเป็นบทลงโทษที่สามารถทำได้จริง และกำหนดให้อาจารย์ทุกคนมีหน้าที่ในการจัดการดูแล

6. ร้านยาในสถานศึกษาหรือร้านที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงควรมีการประชาสัมพันธ์ให้นักศึกษาและบุคลากรทราบถึงการมีบริการให้คำปรึกษาเลิกบุหรี่ และปรับปรุงในด้านสถานที่ในการให้คำปรึกษา และจำนวนผู้ให้บริการ เพื่อให้มีความเป็นส่วนตัวมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก เครือข่ายวิชาชีพสุขภาพเพื่อสังคมไทยปลอดบุหรี่ โครงการพัฒนามหาวิทยาลัยสู่การเป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

1. ศูนย์วิจัยและการจัดการความรู้เพื่อการควบคุมยาสูบมหาวิทยาลัยมหิดล. รายงานสถิติการบริโภคยาสูบของประเทศไทย. 2561. [เข้าถึงเมื่อ] 16 ตุลาคม 2567. เข้าถึงได้จาก http://www.trc.or.th/th/attachments/article/30/รายงานสถิติการบริโภคยาสูบของประเทศไทย พ.ศ.2561.pdf
2. กรองจิต วาทีสาธกกิจ. ถนน ปชต. การส่งเสริมการเลิกบุหรี่ในงานประจำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: มูลนิธิรณรงค์เพื่อการไม่สูบบุหรี่; 2552.
3. เสถียร พูลผล, นฤมล โพธิ์ศรีทอง, อรวรรณ จิตรวานิช, รักษ์จินดา วัฒนาลัย. การศึกษาพฤติกรรมการสูบบุหรี่ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีมหาวิทยาลัยสยาม. Veridian E-Journal, Silpakorn University. 2019: 12(1); 1107-25.
4. Hill K, Hawkins D, Catalano R, Abbott R, Guo J. Family influences on the risk of daily smoking initiation. Journal of Adolescent Health. 2005: 37; 202-10.
5. Rogacheva A. Smoking and related factors of the social environment among adolescents in the Republic of Karelia, Russia in 1995 and 2004. The European Journal of Public Health. 2008: 18(6); 630-6.
6. Chean KY, Goh, LG, Liew, KW, Tan CC, Choi XL, Tan KC, et al. Barriers to smoking cessation: a qualitative study from the perspective of primary care in Malaysia. BMJ Open, 2019. 9(7), e025491.

ความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

Collaborative in provision of infrastructure among local administrative organizations in Muang district, Phayao Province

ธานินทร์ สักลอ[1*] และ ปฐมาวดี จงรักษ์[1]

Thanin Saklo[1*] and Patamawadee Jongruck[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงคุณภาพนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาลักษณะความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา และ2) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา กลุ่มตัวอย่างได้แก่ บุคลากรในสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา จำนวน 19 คน ได้มาโดยวิธีเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดพะเยามีรูปแบบความร่วมมือ 4 แบบคือ 1) การประสานความร่วมมืออย่างเป็นทางการ 2) การประสานความร่วมมือเมื่อเกินขีดความสามารถ 3) การประสานขอความร่วมมือในกรณีเกิดภัยพิบัติ และ 4) การทำข้อตกลงร่วมกัน ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดความสำเร็จในการประสานความร่วมมือคือ ภาวะผู้นำขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น การจัดสรรงบประมาณที่เพียงพอต่อการให้บริการสาธารณะ และการมีส่วนร่วมภาคประชาชน

คำสำคัญ: การยกระดับความร่วมมือ, การให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐาน, องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

Abstract

This research aimed to 1) study the collaboration of public services provision in infrastructure among local administrative organizations in Mueang District, Phayao Province and 2) study the factors that affect collaboration of public service provision in infrastructure among local administrative organizations in Mueang District, Phayao Province. The sample group consists of 19 participants from local administrative organizations in Mueang District, Phayao Province, selected through purposive sampling. The results of this study reveal that local administrative organizations in Mueang District, Phayao Province, have four forms of collaboration: 1) formal collaboration 2) collaboration when exceeding capacity, 3) collaboration in case of disasters, and 4) memorandum of understanding. The main factors that lead to successful collaboration are the leadership of local administrative organizations, the allocation of sufficient budgets for public services, and public participation.

Keywords: Enhancing Collaborative, Infrastructure Provision, Local Administrative Organizations

[1] สำนักวิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะรัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[1] School of Public Administration, Faculty of Political Science and Public Administration, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

*Corresponding author: thanin_s@cmu.ac.th

บทนำ

การกระจายอำนาจสู่ท้องถิ่นมีความสำคัญ และได้รับการดำเนินการอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น ภายหลังการประกาศใช้รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย ฉบับพุทธศักราช 2540 โดยได้กำหนดให้การกระจายอำนาจเป็นนโยบายพื้นฐานแห่งรัฐ และกำหนดว่าต้องมีการดำเนินการวางแผนเพื่อให้มีการกระจายอำนาจเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม ส่งผลให้การดำเนินการกระจายอำนาจไปสู่ท้องถิ่นมีรูปแบบที่ชัดเจน ดังปรากฏในมาตรา 334 ข้อ 4 รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยฉบับพุทธศักราช 2540 (สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี, 2540) ได้มีบทบังคับให้รัฐบาลออกกฎหมายกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและรัฐบาลกลางต้องปฏิบัติตามเป็นครั้งแรกตามที่กำหนดไว้ และจากการประกาศใช้พระราชบัญญัติกำหนดแผนขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ.2542 ได้มีการคาดการณ์กันว่าช่วงเวลาหลังจากปีที่ 10 (พ.ศ.2552) ประชาชนในท้องถิ่นจะมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น เพราะสามารถเข้าถึงการบริการสาธารณะได้อย่างทั่วถึงและเป็นธรรม โดยประชาชนจะมีบทบาทในการตัดสินใจการกำกับดูแลและการตรวจสอบตลอดจนการสนับสนุนการดำเนินกิจการขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอย่างเต็มที่

ในส่วนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น คาดว่าจะมีการพัฒนาศักยภาพด้านการบริหารจัดการและการคลังของท้องถิ่นที่เป็นอิสระขึ้น ผู้บริหารและสภาท้องถิ่นจะเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและมีวิสัยทัศน์ ในการบริหารราชการส่วนภูมิภาคและส่วนกลางจะเปลี่ยนบทบาทจากฐานะผู้จัดทำบริการสาธารณะมาเป็นผู้ให้ความช่วยเหลือทางวิชาการ เป็นพี่เลี้ยง และกำกับดูแลการดำเนินงานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเท่าที่จำเป็น ภายใต้ขอบเขตที่ชัดเจนและการปกครองส่วนท้องถิ่นจะเป็นการปกครองกันเองของประชาชนในท้องถิ่นอย่างแท้จริง สอดคล้องกับรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยฉบับพุทธศักราช 2550 (มาตรา 281 – มาตรา 290) ที่ได้กล่าวไว้ว่า รัฐจะต้องให้ความเป็นอิสระแก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นตามหลักการแห่งการปกครองตนเอง ตามเจตนารมณ์ของประชาชนในท้องถิ่น และส่งเสริมให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นหน่วยงานหลักในการจัดทำบริการสาธารณะ และมีส่วนร่วมในการตัดสินใจแก้ไขปัญหาในพื้นที่ และได้กำหนดให้ประชาชนในท้องถิ่นมีสิทธิ์ร่วมในการบริหารกิจการขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต้องจัดให้มีวิธีการที่ให้ประชาชนมีส่วนร่วมดังกล่าวด้วย (หอสมุดรัฐสภา, 2550)

การปกครองส่วนท้องถิ่นได้จัดการปกครองตามหลักการของการกระจายอำนาจทางการปกครอง (Decentralization) คือ การจัดระเบียบการปกครองซึ่งรัฐหรือส่วนกลางมอบอำนาจหน้าที่ในการจัดทำบริการสาธารณะบางอย่าง ซึ่งเดิมราชการบริหารส่วนกลางเป็นผู้ดำเนินงานอยู่ในท้องถิ่น ให้ท้องถิ่นรับไปดำเนินการด้วยงบประมาณและเจ้าหน้าที่ของท้องถิ่น โดยราชการบริหารส่วนกลางเพียงแต่กำกับดูแลเท่านั้น ไม่ได้เข้าไปบังคับบัญชาสั่งการ ซึ่งองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในประเทศไทยนั้น เป็นที่ทราบและเข้าใจเป็นอย่างดีว่าสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน ได้แก่ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นรูปแบบทั่วไป คือ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีการจัดตั้งขึ้นโดยมีลักษณะหรือองค์ประกอบที่มีความคล้ายคลึงกันทั่วประเทศ ทั้งนี้ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นรูปแบบทั่วไปอาจจะมีหลายประเภทก็ได้ แต่สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นรูปแบบทั่วไปของประเทศไทยจะมีอยู่ด้วยกัน 3 ประเภท ได้แก่ องค์การบริหารส่วนจังหวัด (อบจ.) เทศบาล (นคร/เมือง/ตำบล) และองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) ซึ่งในแต่ละประเภทจะมีการกำหนดลักษณะ หรือองค์ประกอบให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งประเทศ คือจะมีกฎหมายกำหนดวิธีการในการจัดตั้ง รูปแบบการบริหารจัดการ อำนาจหน้าที่ วิธีการในการจัดทำบริการสาธารณะ การบริหารงานบุคคล การคลังและงบประมาณเป็นแบบแผนเดียวกัน ส่วนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอีกประเภทหนึ่ง คือ

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นรูปแบบพิเศษ ซึ่งจะมีลักษณะหรือองค์ประกอบบางประการแตกต่างไปจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่ว ๆ ไป (มาโนช นามเดช, 2559)

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จึงเป็นองค์กรที่ขับเคลื่อนกระบวนการปฏิบัติตามนโยบายรัฐบาล และทำหน้าที่จัดบริการสาธารณะที่เกี่ยวข้องกับประชาชน บนพื้นฐานหลักการกระจายอำนาจ ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถตัดสินใจเพื่อประโยชน์ของประชาชน ที่เน้นการมีส่วนร่วมของประชาชนเป็นหัวใจสำคัญ ดังเช่น พระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2542 ให้"องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น" หมายความว่า องค์การบริหารส่วนจังหวัด เทศบาล องค์การบริหารส่วนตำบล กรุงเทพมหานคร เมืองพัทยา และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่นที่มีกฎหมายจัดตั้ง ในหมวด 2 การกำหนดอำนาจและหน้าที่ในการจัดระบบการบริการสาธารณะ ในมาตรา 16 การกำหนดอำนาจและหน้าที่ในการจัดระบบการบริการสาธารณะเทศบาล องค์การบริหารส่วนตำบล กรุงเทพมหานคร เมืองพัทยา เรื่องการกำหนดอำนาจและหน้าที่ในการจัดระบบการบริการสาธารณะเพื่อประโยชน์ของประชาชนในท้องถิ่นของตนเองได้แก่ การจัดทำแผนพัฒนาท้องถิ่นของตนเองการจัดให้มีและบำรุงรักษาทางบก ทางน้ำ และทางระบายน้ำ การจัดให้มีและควบคุมตลาดท่าเทียบเรือ ท่าข้าม และที่จอดรถ การสาธารณูปโภคและการก่อสร้างอื่น ๆ การสาธารณูปการ และ การปรับปรุงแหล่งชุมชนแออัดและการจัดการเกี่ยวกับที่อยู่อาศัย และในมาตรา 17 ภายใต้บังคับมาตรา 16 ให้องค์การบริหารส่วนจังหวัดมีอำนาจและหน้าที่ในการจัดระบบบริการสาธารณะเพื่อประโยชน์ของประชาชนในท้องถิ่นของตนเองได้แก่ การจัดทำแผนพัฒนาท้องถิ่นของตนเอง และประสานการจัดทำแผนพัฒนาจังหวัดตามระเบียบที่คณะรัฐมนตรีกำหนด การสนับสนุนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่นในการพัฒนาท้องถิ่น การประสานและให้ความร่วมมือในการปฏิบัติหน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่น การจัดตั้งและดูแลระบบบำบัดน้ำเสียรวม การกำจัดมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลรวม การจัดการสิ่งแวดล้อมและมลพิษต่าง ๆ การจัดการและดูแลสถานีขนส่งทั้งทางบกและทางน้ำ การส่งเสริมการท่องเที่ยว การพาณิชย์การส่งเสริมการลงทุน และการทำกิจการไม่ว่าจะดำเนินการเองหรือร่วมกับบุคคลอื่นหรือจากสหการ การสร้างและบำรุงรักษาทางบกและทางน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่น ซึ่งจะเห็นได้ว่าองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีบทบาทหลักในการจัดการบริการสาธารณะโดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านโครงสร้างพื้นฐาน (ศรายุทธ คชพงศ์ และคณะ, 2564) ซึ่งบทบาทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเกี่ยวกับการให้บริการสาธารณะแก่ประชาชนยังปรากฏให้เห็นจากงานวิจัยที่ผ่านมาเช่น ณัทกวี ศิริรัตน์ และคณะ (2565) พบว่าผู้บริหารองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในปัจจุบันตระหนักถึงความมีมาตรฐานในการให้บริการสาธารณะแก่ประชาชน เพื่อสร้างความพึงพอใจให้แก่ประชาชนที่มารับบริการ ให้ได้รับความเสมอภาค ความเป็นธรรม ส่งผลให้ประชาชนให้ความร่วมมือกับองค์กรที่ให้บริการอย่างเต็มที่ สมชัย นันทาภิรัตน์ (2565) ได้ศึกษาเรื่อง องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกับการจัดบริการสาธารณะอย่างมีคุณภาพ พบว่าการจัดบริการสาธารณะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ดี ต้องอาศัยการวางเป้าหมายเพื่อช่วยกำหนดทิศทางการจัดบริการสาธารณะของท้องถิ่นให้มีคุณภาพที่ดีและตอบโจทย์ความต้องการของทุกภาคส่วนมากยิ่งขึ้น ตอบโจทย์ความเท่าเทียมในทุกมิติ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดีของประชาชน

ช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมามีปัจจัยหลายประการที่ส่งผลให้ขีดความสามารถในการจัดบริการสาธารณะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีข้อจำกัดหรือลดลง อาทิ การกระจายอำนาจเชิงภารกิจจากรัฐบาลกลาง การเผชิญวิกฤติทางการคลัง กระบวนการโลกาภิวัตน์ และการพัฒนาอุตสาหกรรมที่ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนย้ายของประชากร การเติบโตขึ้นของเมืองจำเป็นต้องบูรณาการการวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจสังคม ผังเมือง สิ่งอำนวยความสะดวก ขณะเดียวกันมีการเรียกร้องบริการสาธารณะที่มีประสิทธิภาพและความเท่าเทียมกันระหว่างพื้นที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ นอกจากนี้ หากพิจารณาแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างความร่วมมือระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเพื่อจัดบริการสาธารณะ พบว่า สาเหตุปัจจัยหลักที่สำคัญคือการขาดแคลนทรัพยากร โดยเฉพาะอย่างยิ่งงบประมาณทางการคลัง

เพื่อการจัดการ แม้ปัจจุบันได้มีการเผยแพร่และสนับสนุนความร่วมมือขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นของภาครัฐชัดเจนมากยิ่งขึ้นและประกาศคณะกรรมการการกระจายอานาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เรื่อง การทำความตกลงร่วมมือกันจัดทำบริการสาธารณะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ลงวันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 แต่ยังไม่ได้มีมาตรการสนับสนุนด้านงบประมาณเพื่อสร้างแรงจูงใจให้เกิดขึ้น และออกกฎหมายจากสภานิติบัญญัติรองรับเพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (ชัชวินธ์ ตันติเวชวาณิชย์, 2559)

จังหวัดพะเยา มีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจำนวน 72 แห่ง (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น ปี พ.ศ.2567) โดยมีวัตถุประสงค์ของการจัดตั้งองค์กรเพื่อกระจายอำนาจการปกครอง ให้ประชาชนในท้องถิ่นซึ่งเป็นเขตชนบทอันเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ได้มีโอกาสเรียนรู้ทางแก้ไขปัญหา และการตอบสนองต่อตนเอง โดยการเข้าไปมีบทบาทหรือมีส่วนร่วมทางการเมือง การปกครอง หรือที่เรียกกันว่า การปกครองตนเองตามระบบประชาธิปไตย องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจังหวัดพะเยาได้พิจารณาแสวงหาแนวทางการประสานความร่วมมือขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการยกระดับความร่วมมือกันขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเพื่อยกระดับความร่วมมือกันในการขับเคลื่อนการพัฒนาท้องถิ่น โดยรูปแบบการร่วมมืออาจเป็นองค์กรแบบไม่เป็นทางการ เพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาร่วมกันกับส่วนราชการอื่น ๆ ในการรับการสนับสนุนและรับความช่วยเหลือต่าง ๆ ซึ่งในปัจจุบันความร่วมมือดังกล่าวจะเป็นในลักษณะของ “เครือข่าย” ซึ่งมีความสำคัญในการดำเนินงานพัฒนาทั้งในระดับท้องถิ่น และระดับชาติ

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ประกอบด้วย องค์การบริหารส่วนจังหวัด 1 แห่ง, เทศบาลเมือง 1 แห่ง, เทศบาลตำบล 4 แห่ง และองค์การบริหารส่วนตำบล 9 แห่ง รวม 15 แห่ง โดยองค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยาได้ประสานความร่วมมือกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเพื่อเป็นองค์กรประสานความต้องการ ระดมทรัพยากร ระดมความคิด ความร่วมมือจากบุคลากรท้องถิ่นทุกระดับ เพื่อสามารถขับเคลื่อนองค์กรสร้างความเข้มแข็ง ความร่วมมือจากบุคลากรท้องถิ่นทุกระดับ เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นและแก้ไขปัญหาความเดือดร้อนของประชาชนได้มีอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยการใช้แนวทางการประสานความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งความร่วมมือขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะส่งผลดีในการให้บริการกล่าวโดยสรุปคือ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดบริการสาธารณะ ลดข้อจำกัดในการทำงานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับศักยภาพในการจัดบริการสาธารณะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และช่วยลดความเหลื่อมล้ำด้านปริมาณและคุณภาพของบริการสาธารณะที่จัดให้แก่ประชาชนในพื้นที่ต่าง ๆ กัน ทั้งพื้นที่ที่มีความเจริญทางเศรษฐกิจสูง และในเขตชนบทที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจด้อยกว่า ให้ได้รับการบริการสาธารณะที่ทั่วถึงกัน

จากที่มาและความสำคัญของการให้บริการสาธาณะทางด้านโครงสร้างพื้นฐานดังกล่าว จึงเป็นเหตุผลสำคัญที่ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษา เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้ไปใช้ประโยชน์ ในการสร้างแนวทางการประสานความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยาอย่างมีระเบียบแบบแผนและสามารถดำเนินการในเชิงนโยบายอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

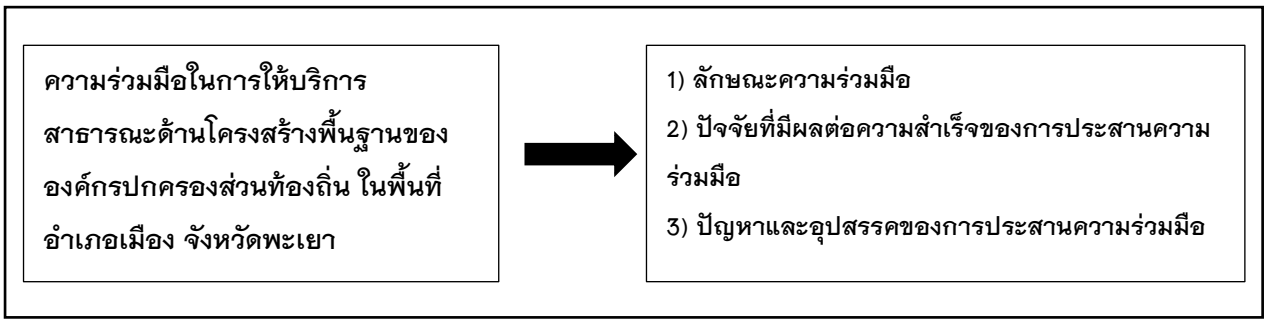
วัตถุประสงค์ในการศึกษา

(1) เพื่อศึกษาลักษณะความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

(2) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

กรอบแนวคิด

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับงานนวิจัยนี้คือ แนวคิดเกี่ยวกับการมีส่วนร่วม แนวคิดความร่วมมือขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ รูปแบบความร่วมมือระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กระบวนการสร้างความร่วมมือ บทบาทหน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ตลอดจนบริบทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา นำมาศึกษารูปแบบการประสานความร่วมมือด้านโครงสร้างพื้นฐานในปัจจุบัน โดยพิจารณากระบวนการสร้างความร่วมมือเพื่อนำไปสร้างเป็นรูปแบบความร่วมมือในอนาคต เพื่อทราบถึงแนวทางการยกระดับความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ดังสรุปในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ โดยมีวิธีวิทยาการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมายและวิธีการเก็บข้อมูล

กลุ่มเป้าหมายในการศึกษาซึ่งเป็นผู้ให้ข้อมูลหลักใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม รวมทั้งสิ้น 19 คน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มที่ 1 บุคลากรในองค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา จำนวน 1 หน่วยงาน ประกอบด้วย ผู้บริหาร (นายก, รองนายก หรือผู้แทน) ปลัด หรือรองปลัด และผู้อำนวยการกองช่าง หรือผู้อำนวยการกองยุทธศาสตร์ หรือหัวหน้าสำนักปลัด รวม 3 คน

กลุ่มที่ 2 บุคลากรในเทศบาลเมืองพะเยา จำนวน 1 หน่วยงานประกอบด้วย ผู้บริหาร (นายก, รองนายก หรือผู้แทน) ปลัด หรือรองปลัด และผู้อำนวยการกองช่าง หรือผู้อำนวยการกองแผนและงบประมาณ หรือหัวหน้าสำนักปลัด รวม 3 คน

กลุ่มที่ 3 บุคลากรในเทศบาลตำบล จำนวน 2 หน่วยงาน ได้แก่ 1) ผู้บริหาร (นายก, รองนายก หรือผู้แทน) ปลัด หรือรองปลัด และ 2) ผู้อำนวยการกองช่าง หรือผู้อำนวยการกองแผนและงบประมาณ หรือหัวหน้าสำนักปลัด รวม 6 คน

กลุ่มที่ 4 บุคลากรในองค์การบริหารส่วนตำบล จำนวน 2 หน่วยงาน ได้แก่ 1) ผู้บริหาร (นายก, รองนายก หรือผู้แทน) ปลัด หรือรองปลัด และ 2) ผู้อำนวยการกองช่าง หรือผู้อำนวยการกองแผนและงบประมาณ หรือหัวหน้าสำนักปลัด รวม 6 คน

กลุ่มที่ 5 บุคลากรในสำนักงานส่งเสริมการปกครองท้องถิ่นจังหวัดพะเยา จำนวน 1 หน่วยงาน คือ ท้องถิ่นอำเภอเมืองพะเยา หรือตัวแทน รวม 1 คน

โดยกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ใช้วิธีการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง โดยมีแนวทางในการสัมภาษณ์ดังแสดงรายละเอียดประเด็นการเก็บข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงประเด็นในการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง

ผู้ให้ข้อมูล	ประเด็นในการสัมภาษณ์
ผู้บริหาร (นายก, รองนายก หรือผู้แทน) จำนวน 6 คน	แนวทางการบริหารการจัดการด้านยุทธศาสตร์และงบประมาณ ในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐาน ของหน่วยงานและการบูรณาการร่วมกับ อปท.อื่น ในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา
ปลัด หรือ รองปลัด จำนวน 6 คน	นโยบายการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐาน และการบริการงบประมาณ
ผู้อำนวยการกองช่าง หรือ ผู้อำนวยการกองยุทธศาสตร์ หรือ หัวหน้าสำนักปลัด จำนวน 6 คน	รูปแบบการจัดการ และการดำเนินการจัดทำบริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐาน
ท้องถิ่นอำเภอเมืองพะเยา หรือตัวแทน จำนวน 1 คน	ความร่วมมือ การบริหารจัดการและแนวทางการบูรณาการระหว่างหน่วยงานในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพะยา

2. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content Analysis) โดยรวบรวมข้อมูลที่ได้รับจากการสัมภาษณ์ นำมาสังเคราะห์ สรุปตามประเด็นข้อคำถามงานวิจัย ความคิดเห็นของผู้ให้ข้อมูลแต่ละส่วน นำมาสังเคราะห์สรุปภาพรวมตามประเด็นที่ศึกษา และวัตถุประสงค์การวิจัย รวมทั้งการวิเคราะห์ร่วมกับแนวคิด ทฤษฎีที่กำหนดไว้ในกรอบการศึกษา

การตรวจสอบข้อมูลใช้การตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (Data source triangulation) เป็นการตรวจสอบโดยพิจารณาแหล่งเวลา แหล่งสถานที่ และแหล่งบุคคลที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ให้สัมภาษณ์ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลเบื้องต้นของผู้ให้สัมภาษณ์ (19 คน)

ข้อมูลทั่วไป		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	15	78.95
	หญิง	4	21.05
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี	7	36.84
	ปริญญาโท	12	63.16
อายุ	อายุเฉลี่ย 51 ปี	อายุมากที่สุด 72 ปี	อายุน้อยที่สุด 41 ปี
ประสบการณ์การทำงาน	เฉลี่ย 24 ปี	มากที่สุด 40 ปี	น้อยที่สุด 10 ปี

ตอนที่ 2 ข้อมูล สรุปตามประเด็นที่ศึกษา และวัตถุประสงค์การวิจัย รวมทั้งการวิเคราะห์ร่วมกับแนวคิดทฤษฎีที่กำหนดไว้ในกรอบการศึกษาดังแสดงรายละเอียดตามแต่ละองค์ประกอบดังนี้

1) องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัดพะเยามีการประสานความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในลักษณะของการขอความอนุเคราะห์ให้องค์การบริหารส่วนจังหวัดให้บริการสาธารณะทางด้านโครงสร้างพื้นฐานโดยแบ่งการประสานความร่วมมือออกเป็น 4 กรณีคือ 1) การประสานความร่วมมือขอความอนุเคราะห์อย่างเป็นทางการ ซึ่งเป็นไปตามแผนการที่วางไว้ในแต่ละปีงบประมาณ ซึ่งทางองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะประสานในรูปของการบรรจุเป็นแผนงบประมาณประจำปี และแผน 5 ปี ที่จะขอความช่วยเหลือจากองค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา เพื่อสนับสนุนงบประมาณ 2) การประสานขอความอนุเคราะห์ในกรณีที่โครงการให้บริการสาธาณะนั้นเกินขีดความสามารถขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โครงการขนาดใหญ่หรือโครงการที่ใช้งบประมาณสูง เช่น ถนนแอสฟัลท์ติกคอนกรีต โครงการขุดลอกขนาดใหญ่ 3) การประสานขอความช่วยเหลือในกรณีเกิดภัยพิบัติ ที่ไม่ได้มีการเตรียมการณ์ล่วงหน้า และเกินกำลังขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น มีความต้องการแก้ไขโดยเร่งด่วน 4) การประสานความร่วมมือในรูปแบบข้อตกลง (MOU) ในการให้บริการด้านสถานะโครงสร้างพื้นฐานกับองค์การบริหารส่วนจังหวัด

ดังคำสัมภาษณ์ที่กล่าวว่า *“เทศบาลได้มีการขอความร่วมมือในการใช้เครื่องจักรกล จากทางอบจ. พะเยาเป็นประจำทุกปีโดยที่อบจ. พะเยาจะให้การอนุเคราะห์และสนับสนุน เครื่องจักรและบุคลากรเพื่อดำเนินการปรับปรุงถนนเข้าสู่พื้นที่การเกษตรและขุดลอกแหล่งน้ำ ให้กับทางเทศบาลซึ่งทางเทศบาลจะรับผิดชอบในส่วนของค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งได้ดำเนินการมาเป็นประจำทุกปี”* (นายกเทศมนตรีเทศบาลตำบลแห่งหนึ่ง ในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา)

“ในปี 2565 ที่ผ่านมาองค์การบริหารส่วนได้ร่วมกับทางองค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา มีการประสานความร่วมมือในรูปแบบข้อตกลง (MOU) เพื่อร่วมกันจัดทำให้บริการด้านสถานะโครงสร้างพื้นฐานร่วมกันโครงการระบบประปาแบบ POC Tank โดยองค์การบริหารส่วนจังหวัดเป็นผู้ดำเนินการจัดหางบประมาณ ควบคุมงานในการก่อสร้าง ตรวจรับงานจ้าง หลังจากนั้นส่งมอบให้องค์การบริหารส่วนตำบลทั้ง 2 โครงการ จำนวน 2 หมู่บ้านคือ หมู่ที่ 1 และ หมู่ที่ 9 ที่ได้ดำเนินการเป็นผู้ดูแลบริหารจัดการในส่วนของระบบประปา ต่อเนื่องจากอบจ. พะเยาซึ่งเป็นการร่วมมือในรูปแบบของข้อตกลง:MOU” (นายกองค์การบริหารส่วนตำบลแห่งหนึ่ง ในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา)

2) การประสานความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยาที่ประสบความสำเร็จคือ การสร้างถนนประเภทต่าง ๆ ไฟฟ้าแสงสว่างระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ งานแหล่งน้ำ ระบบประปา ซึ่งมีกระบวนการติดตามผลการดำเนินงานในส่วนของงานโครงการต่างๆ อย่างเนื่องต่อ และประกาศแจ้งให้ประชาชนทราบถึงผลสัมฤทธิ์ของการบริหารงานของการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานที่ดำเนินการ โดยมีการประเมินผลการดำเนินงานจากหน่วยงานภายนอก ของกรมส่งเสริมการปกครองคือ การประเมินประสิทธิภาพการจัดการสาธารณะท้องถิ่น (Local Performance Assessment: LPA) ขององค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา ซึ่งในปีงบประมาณ 2566 มีผลการประเมินผลงานโครงการที่ประสบความสำเร็จในระดับดีเยี่ยม และมีการวางแผนการดำเนินงานในปีต่อ ๆ ไปอย่างต่อเนื่องในการให้ความร่วมมือประสานงานร่วมกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา โดยได้รับความร่วมมือที่ดี เพราะเมื่อเริ่มมีการประสานงานอย่างเป็นรูปแบบ ส่วนใหญ่แล้วองค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยาสามารถจัดสรรงบประมาณ ในการดำเนินงานเพื่อตอบสนองความต้องการของประชาชนได้ นอกจากนี้ผู้บริหารขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัดพะเยายังมีความสามัคคี และผู้บริหารขององค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยามีภาวะผู้นำ ในการสร้างการเปลี่ยนแปลงและนำการพัฒนาเป็นอย่างดี มีการสร้างความวางใจให้กับเครือข่ายระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดพะเยากับทางองค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา ดังคำสัมภาษณ์ที่กล่าวว่า

“องค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยามีความรู้สึกยินดีและต้องการให้อบจ. เทศบาล อบต. มีการร่วมงานเพื่อขับเคลื่อนการให้บริการด้านโครงสร้างพื้นฐานให้มีประสิทธิภาพ มีความเท่าเทียม เป็นไปตามอำนาจหน้าที่ เพื่อตอบสนองความต้องการของประชาชน ทั้งเรื่องของไฟฟ้าแสงสว่าง แหล่งน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค เพื่อการเกษตร รวมถึงถนนประเภทต่าง ๆ ทางอบจ. ยินดีสนับสนุนทั้งงบประมาณ เครื่องจักร รวมถึงบุคลากรที่เรามี ในทุกพื้นที่ในความรับผิดชอบอย่างดีที่สุด มากที่สุด” (ผู้บริหารระดับสูงขององค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา)

“เทศบาลตำบล มีข้อจำกัดเรื่องเงินงบประมาณการพัฒนาที่มีอยู่ไม่เพียงพอ ก็ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากทาง อบจ. พะเยาซึ่งเป็นพี่ใหญ่ในการสนับสนุนประสานงานโครงการตั้งแต่การบรรจุโครงการเข้าแผนการพัฒนาท้องถิ่น เครื่องจักรมาเป็นอย่างดี รวมถึงสนับสนุนงบประมาณดำเนินงานในส่วนของถนนแอทฟัลท์ติกคอนกรีต ถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก ถนนลูกรัง ถนนหินคลุก รวมถึงขุดลอกแหล่งน้ำ การร่วมมือจัดทำระบบน้ำประปาสะอาด ที่ผ่านก็ได้รับการสนับสนุนมาเป็นอย่างดีซึ่งทางเทศบาลตำบล ยังต้องขอรับการสนับสนุนจากองค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยาในปีต่อ ๆ ไป”(นายกเทศมนตรีเทศบาลตำบลแห่งหนึ่ง ในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา)

3) ปัญหาและอุปสรรคในการประสานความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา มีสาเหตุมาจากโครงการที่ขอรับการสนับสนุนในแต่ละปีมีจำนวนมากไม่สอดคล้องกับงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด ทำให้ไม่เพียงพอต่อการกระจายงบประมาณไปยังองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้อย่างทั่วถึง การได้รับการจัดสรรงบประมาณบางโครงการล่าช้า ซึ่งทางองค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยาได้จัดลำดับความสำคัญ ความจำเป็นของโครงการก่อนหลัง เร่งดำเนินการโครงการที่มีความจำเป็นก่อนกระจายโครงการไปยังทุกพื้นที่อย่างเท่าเทียม และประกาศแจ้งให้ประชาชนทราบถึงเหตุผลของความล่าช้า เพื่อป้องกันและลดปัญหาความขัดแย้งที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น มีการประสานขอรับการสนับสนุนความช่วยเหลือจากหน่วยงานอื่นร่วมด้วยเช่น กระทรวง กรม ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดสรรงบประมาณเพิ่มเติม นอกจากนี้แล้วยังมีการประสานขอความร่วมมือกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยาที่มีแนวเขตติดต่อรอบกว๊านพะเยาในการร่วมมือกันแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม การรักษาความสะอาดในพื้นที่เขตติดต่อกัน เน้นการมีส่วนร่วมของภาคประชาชนในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมโดยรอบกว๊านพะเยา มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีการทำงานที่ต่อเนื่องและยั่งยืน ดังคำสัมภาษณ์ที่กล่าวว่า

“เทศบาลเมืองพะเยา มีพื้นที่ในความรับผิดชอบกว้าง หลายชุมชน แม้จะมีการร่วมมือบูรณาการกับทางส่วนกลาง ส่วนภูมิภาค และส่วนท้องถิ่นด้วยกันเอง ซึ่งมีทั้ง อบจ. เทศบาล อบต.ที่อยู่ในเขตพื้นที่ติดต่อกับเทศบาลเมือง แต่ยังประสบปัญหา ข้อจำกัดของงบประมาณที่ได้รับการสนับสนุนไม่เพียงพอ ไม่ต่อเนื่องในการพัฒนาด้านต่าง ๆ รวมถึงโครงการด้านโครงสร้างพื้นฐานและปัญหาขยะที่ยังประสบปัญหา แม้ว่าจะมีภาคเอกชน ภาคประชาชนมาร่วมทำประชาพิจารณ์ ร่วมเวทีการจัดทำแผนงานร่วมกับทางเทศบาล แต่ก็ยังมีปัญหาในเรื่องของกฎระเบียบ ข้อกฎหมายการใช้พื้นที่ของกว้านพะเยา ปัญหาการของใช้พื้นที่สาธารณะเพื่อใช้เป็นที่บริหารจัดการขยะ” (ผู้บริหารระดับสูงของเทศบาลเมืองพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา)

4) ปัจจัยที่ทำให้การประสานความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่อำเภอเมืองพะเยา ประสบความสำเร็จคือ การให้ความร่วมมือและความสามัคคีผู้นำขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สมาชิกสภาองค์การบริหารส่วนจังหวัด สมาชิกสภาเทศบาล สมาชิกสภาองค์การบริหารส่วนตำบล กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน และผู้นำชุมชน นอกจากนี้แนวทางการบริหารงานที่ชัดเจน การเมืองภายในจังหวัดที่เข้มแข็งมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ไม่แตกแยก มีความสามัคคี ทำให้เกิดการทำงานอย่างเป็นรูปธรรม และร่วมกันขับเคลื่อนงานไปในทิศทางเดียวกัน ตามกฎหมาย อำนาจหน้าที่ เพื่อสร้างความถูกต้องชอบธรรม ดังคำสัมภาษณ์ที่กล่าวว่า *“ในภาพรวมของการประสานความร่วมมือในการให้บริการด้านโครงสร้างพื้นฐานของฐานขององค์กร*

ปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งทางอำเภอได้เป็นผู้ประสานงานร่วมกับทางท้องถิ่นในอำเภอเมือง พะเยา ที่ผ่านมาการประสานความร่วมมือประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี และมีทิศทางการขับเคลื่อนเดียวกันโดยมีผู้ใหญ่ในจังหวัดให้การดูแล เช่น รัฐมนตรีช่วยว่าการฯ ผู้ว่าราชการจังหวัด รวมถึงผู้นำชุมชน ร่วมมือกันขับเคลื่อนการให้บริการสาธารณะกับทางองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นทั้ง อบจ. เทศบาล อบต. มาเป็นอย่างดีและมีเวทีการประชุม พบปะกัน ทั้งแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการอยู่เป็นประจำ ทำให้ลดช่องว่างในการประสานงาน เพิ่มประสิทธิภาพในการร่วมมือให้ดียิ่งขึ้น" (เจ้าพนักงานปกครอง อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา)

สรุปผลและอธิปรายผล

จากวิธีการดำเนินการวิจัยผลการศึกษาสามารถสรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้

1) การประสานความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอเมืองจังหวัดพะเยาทั้ง 4 รูปแบบเป็นกระบวนการสร้างความร่วมมือผ่านการสร้างข้อตกลงร่วมกัน และการสร้างความถูกต้องชอบธรรม โดยมีการปรึกษาหารือร่วมกัน สร้างความเข้าใจที่ถูกต้อง กับทุกองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เดชา พวงงาม และปธาน สุวรรณมงคล (2563) ที่ศึกษาเรื่องการสร้างเครือข่ายการบริหารปกครองแบบร่วมมือกันในการพัฒนาทุนมนุษย์ขององค์การบริหารส่วนจังหวัด ซึ่งพบว่า กระบวนการหรือวิธีการในการสร้างเครือข่ายการบริหารปกครองแบบร่วมมือกันในการพัฒนาทุนมนุษย์ของ อบจ. ประกอบด้วยการจัดให้มีการเจรจาหารือกับทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องอย่างพร้อมหน้า การสร้างความไว้วางใจระหว่างกัน การสร้างความยินยอมพร้อมใจในการทำงานร่วมกันของภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง และการสร้างความเข้าใจของผู้ที่เกี่ยวข้องให้ตรงกัน

2) ผลของการประสานความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยาที่ประสบผลสำเร็จและเกิดประสิทธิภาพตามเป้าหมายของการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานเกิดจากปัจจัยด้านภาวะผู้นำ และการสร้างความไว้วางใจระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ต่อลาภ อรัญวารี (2558) ที่ศึกษาเรื่องรูปแบบการพัฒนาการจัดบริการสาธารณะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน พบว่าปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการจัดบริการสาธารณะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ ปัจจัยด้านการบริหารจัดการที่ดี ปัจจัยด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน ปัจจัยด้านการบริหารมุ่งผลสัมฤทธิ์ ปัจจัยด้านการวางแผนเชิงกลยุทธ์ ปัจจัยด้านสมรรถนะของเจ้าหน้าที่ ปัจจัยด้านทรัพยากรการบริหาร ปัจจัยด้านการวางแผนเชิงกลยุทธ์ และปัจจัยด้านภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลง

3) การจัดสรรงบประมาณให้เพียงพอต่อการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้การให้บริการสาธารณะเป็นไปอย่างทั่วถึงและเท่าเทียม นอกจากนี้การแจ้งให้ประชาชนทราบถึงเหตุผลของความล่าช้า ผ่านทุกช่องทางเช่น สมาชิกสภาองค์การบริหารส่วนจังหวัด สมาชิกสภาเทศบาล สมาชิกสภาองค์การบริหารส่วนตำบล และสื่อสังคมออนไลน์ ในการให้บริการสาธารณะก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการบริหารจัดการความขัดแย้ง และยังเป็นการดึงให้ภาคประชาชนมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฏฐ์ชนนจ์ ภูจอมจิตร (2564) ที่ศึกษาประสิทธิผลการให้บริการประชาชนด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์การบริหารส่วนตำบลพยอม อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่าปัญหาและอุปสรรคที่มีต่อประสิทธิผลการให้บริการประชาชนด้านโครงสร้างพื้นฐาน คือ ประชาชนไม่ค่อยทราบแผนการดำเนินงาน และการมีส่วนร่วมในการประชาคม การใช้งบประมาณยังไม่เหมาะสม

ดังนั้นหน่วยงานจึงควรเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารด้านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานต่างๆลงทางเว็บไซต์และสื่อสังคมให้ทันสมัยตลอดเวลา

4) ปัจจัยหลักแห่งความสำเร็จในการประสานความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่อำเภอเมืองพะเยาคือ การให้ความร่วมมือ ประสานความร่วมมือ และการปฏิบัติหน้าที่ของผู้นำขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สมาชิกสภาองค์การบริหารส่วนจังหวัด สมาชิกสภาเทศบาล สมาชิกสภาองค์การบริหารส่วนตำบล กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน และผู้นำชุมชน อย่างตรงไปตรงมาตามกฎหมาย อำนาจหน้าที่ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้การประสานความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่อำเภอเมืองพะเยาประสบผลสำเร็จ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัชวินธ์ ตันติเวชวาณิชย์ และวสันต์ เหลืองประภัสร์ (2561) ที่ศึกษาการสร้างความร่วมมือขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น บนพื้นที่ภาคตะวันออก: ปัจจัยแห่งความสำเร็จ และสภาพปัญหาอุปสรรค พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการสร้างความร่วมมือมากที่สุดสามลำดับแรกคือ ผู้นำมีวิสัยทัศน์ร่วมกัน บทบาทของหน่วยงานภายนอก และภาวะผู้นำท้องถิ่นแกนกลาง สำหรับสภาพสภาพปัญหาอุปสรรคในระยะสร้างความร่วมมือ ได้แก่ ข้อจำกัดทางกฎหมาย การขาดความรู้และเข้าใจและไม่เห็นความสำคัญของท้องถิ่นบางแห่ง ท้องถิ่นแกนกลางขาดประสบการณ์ โดยมีข้อเสนอแนะเพื่อให้การสร้างความร่วมมือระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นประสบความสำเร็จคือ ออกกฎหมายรองรับโดยเฉพาะรูปแบบนิติบุคคล มีมาตรการกระตุ้นจูงใจและอำนวยความสะดวก สร้างกลไกความร่วมมือระหว่างท้องถิ่นระดับบน-ล่างเพื่อบูรณาการเชิงนโยบายทุกจังหวัด และเน้นใช้มาตรการในการสร้างความร่วมมือกับพื้นที่ชนบท

จากผลการศึกษาข้อแนะนำเพื่อให้การประสานความร่วมมือในการให้บริการสาธารณะด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่อำเภอเมืองพะเยาประสบผลสำเร็จคือ ควรออกกฎหมายรองรับ มีมาตรการสร้างแรงจูงใจและอำนวยความสะดวก สร้างกลไกในการประสานความร่วมมือที่ชัดเจนและเป็นรูปธรรม พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นมากขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนางานด้านโครงสร้างพื้นฐานให้มีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณองค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา สำนักงานท้องถิ่นอำเภอเมืองพะเยา และคณะรัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้การสนับสนุนและความอนุเคราะห์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. (10 ตุลาคม 2567). **ศูนย์ข้อมูลการเลือกตั้งท้องถิ่นแห่งชาติ**. https://nlc.dla.go.th/public/orgInfo01.do

ชัชวินธ์ ตันติเวชวาณิชย์ และวสันต์ เหลืองประภัสร์. (2561). การสร้างความร่วมมือขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นบนพื้นที่ภาคตะวันออก: ปัจจัยแห่งความสำเร็จ และสภาพปัญหาอุปสรรค. **วารสารสหวิทยาการวิทยาลัยสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์**, ปีที่ 16 ฉบับที่ 1, หน้า 91-133.

ชัชวินธ์ ตันติเวชวาณิชย์. (2559). **ความร่วมมือขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเพื่อจัดการบริการสาธารณะ กรณีศึกษา พื้นที่ภาคตะวันออก**. (วิทยานิพนธ์รัฐศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ณัฏฐ์ชนนจ์ ภูจอมจิตร (2564). ประสิทธิผลการให้บริการประชาชนด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์การบริหารส่วนตำบลพยอม อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. **วารสารสหวิทยาการนวัตกรรมปริทรรศน์**, ปีที่ 4 ฉบับที่ 1, หน้า 1–11.

ณัทกวี ศิริรัตน์ และคณะ. (2565). องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น: การบริการสาธารณะ. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี**, ปีที่ 12 ฉบับที่ 1, หน้า 131–142.

เดชา พวงงาม และปธาน สุวรรณมงคล. (2563). การสร้างเครือข่ายการบริหารปกครองแบบร่วมมือกันในการพัฒนาทุนมนุษย์ขององค์การบริหารส่วนจังหวัด. **วารสารสิรินธรปริทรรศน์**, ปีที่ 21 ฉบับที่ 2, หน้า 157–167.

ต่อลาภ อรัญวารี. (2558). **รูปแบบการพัฒนาการจัดบริการสาธารณะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน.** (ดุษฎีนิพนธ์รัฐประศาสนศาสตรดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

มาโนช นามเดช. (2559). **การกำกับดูแลองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น** (พิมพ์ครั้งที่ 1).กรุงเทพฯ: สถาบันพระปกเกล้า.

ศรายุทธ คชพงศ์ และคณะ. (2564). การนำนโยบายสาธารณะไปปฏิบัติขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. **Journal of Modern Learning Development**, ปีที่ 6 ฉบับที่ 5, หน้า 274–288.

สมชัย นันทาภิรัตน์. (2565). องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกับการจัดบริการสาธารณะอย่างมีคุณภาพ. **วารสาร มจร บาฬีศึกษาพุทธโฆสปริทรรศน์**, ปีที่ 8 ฉบับที่ 1, หน้า 114–127.

สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี. (11 ตุลาคม 2540). **รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยฉบับพุทธศักราช 2540**. https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2540/A/055/1.PDF

หอสมุดรัฐสภา. (24 สิงหาคม 2550). **รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยฉบับพุทธศักราช 2550**. https://library.parliament.go.th/th/raththrrmnuuyaehngrachxanacakrithy-chbabthii-18-phuththsakrach-2550

กลไกการตรวจสอบถ่วงดุลการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาของหน่วยงานที่มีอำนาจดำเนินคดีทุจริตและประพฤติมิชอบ

The mechanism of checks and balances in the decision to terminate criminal Proceedings by agencies with the authority to prosecute corruption and misconduct

วุฒิรณพัสษ์ ภูลา[1*]

Wuttironnapat Phoola[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ มุ่งศึกษาถึงกลไกการตรวจสอบถ่วงดุลการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาของหน่วยงานที่มีอำนาจดำเนินคดีทุจริตและประพฤติมิชอบ ระหว่างหน่วยงานที่ทำหน้าที่สอบสวนหรือไต่สวนข้อเท็จจริงและรวบรวมพยานหลักฐานเพื่อพิสูจน์ความผิดหรือความบริสุทธิ์เกี่ยวกับความผิดทางอาญาที่เจ้าหน้าที่ของรัฐถูกกล่าวหาว่ากระทำการทุจริตต่อตำแหน่งหรือหน้าที่ราชการ ได้แก่ คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ, คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ และพนักงานสอบสวน กับองค์กรอัยการ ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีอำนาจพิจารณาสั่งฟ้องหรือสั่งไม่ฟ้องคดีอาญาต่อศาลที่มีเขตอำนาจ จากการศึกษาพบว่า กฎหมายที่ให้อำนาจของแต่ละหน่วยงานข้างต้นมีความแตกต่างกัน ทำให้กลไกการตรวจสอบถ่วงดุลการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาของแต่ละหน่วยงานมีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะในสำนวนคดีทุจริตและประพฤติมิชอบของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ และคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ ซึ่งมีอำนาจในการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาได้โดยไม่ต้องมีการตรวจสอบถ่วงดุลการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญากับ องค์กรอัยการหรือหน่วยงานอื่น ๆ ทำให้ไม่เป็นไปตามหลักการตรวจสอบถ่วงดุลอำนาจกัน อันส่งผลเสียต่อการประกันสิทธิและเสรีภาพของประชาชนในกระบวนการยุติธรรม แตกต่างกับสำนวนทุจริตและประพฤติมิชอบของพนักงานสอบสวนที่ต้องส่งสำนวนการสอบสวนพร้อมความเห็นให้พนักงานอัยการพิจารณา และเมื่อพนักงานอัยการมีคำสั่งไม่ฟ้องแล้วจะต้องส่งสำนวนดังกล่าวพร้อมความเห็นไปยังตำรวจระดับผู้บัญชาการหรือรองผู้บัญชาการตำรวจซึ่งเป็นผู้บังคับบัญชาของพนักงานสอบสวนผู้รับผิดชอบ เป็นผู้มีอำนาจตรวจสอบถ่วงดุลคำสั่งไม่ฟ้องของพนักงานอัยการอีกชั้นหนึ่ง คำสั่งไม่ฟ้องของพนักงานอัยการดังกล่าวจึงจะถือว่าเด็ดขาด และหากมีความเห็นแย้งคำสั่งของพนักงานอัยการ ก็เป็นหน้าที่ของอัยการสูงสุดเป็นผู้พิจารณาชี้ขาดความเห็นแย้งดังกล่าว เมื่ออัยการสูงสุดมีคำสั่งชี้ขาดให้ฟ้องคดีหรือไม่ฟ้องคดี คำสั่งนั้นจึงเป็นอันเด็ดขาด อันเป็นไปตามหลักการตรวจสอบการถ่วงดุลอำนาจกันระหว่างพนักงานสอบสวนกับองค์กรอัยการ ดังนั้น จึงเห็นควรให้มีองค์กรหรือหน่วยงานอื่น ๆ เช่น องค์กรอัยการ เข้าร่วมเป็นกลไกการตรวจสอบถ่วงดุลอำนาจในการสั่งยุติการการดำเนินคดีอาญาของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ และคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ ทั้งนี้ เพื่อให้การดำเนินคดีทุจริต

[1] คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] School of Law, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author: 63034208@up.ac.th

และประพฤติมิชอบมีความโปร่งใส เป็นธรรม และตรวจสอบได้ และเป็นการสร้างความเชื่อมั่นในกระบวนการตรวจสอบการทุจริตกับเจ้าหน้าที่รัฐต่อไป

คำสำคัญ: คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ, คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ, คดีทุจริตและประพฤติมิชอบ, การดำเนินคดีอาญาเจ้าพนักงานของรัฐ

Abstract

This research aims to examine the mechanism of checks and balances in the decision to terminate criminal proceedings by agencies with the authority to prosecute corruption and misconduct, focusing on the relationship between the agencies responsible for investigating or inquiring into facts and gathering evidence to establish the guilt or innocence of public officials accused of corruption in their official duties. These agencies include the National Anti-Corruption Commission (NACC), the Public Sector Anti-Corruption Commission (PACC), and police investigators, as well as the Public Prosecutor's Office, which has the authority to decide whether to prosecute or dismiss criminal cases before the competent court. The study reveals that the laws conferring authority on each of these agencies differ, resulting in variations in the checks and balances mechanisms for terminating criminal proceedings. In particular, with respect to corruption and misconduct cases handled by the NACC and PACC, these agencies have the authority to dismiss criminal proceedings without the need for review or checks by the Public Prosecutor's Office or other agencies. This practice deviates from the principle of checks and balances and adversely affects the protection of citizens' rights and freedoms within the justice process. In contrast, in cases of corruption and misconduct investigated by police officers, the investigation file must be submitted to the Public Prosecutor for review. If the prosecutor decides to dismiss the case, the file, along with the prosecutor's opinion, must be forwarded to the police commander or deputy commander, who has the authority to review the prosecutor's decision. Once the prosecutor's decision is finalized, it becomes conclusive. In cases of disagreement with the prosecutor's decision, the Attorney General is responsible for making a final ruling on whether the case should be prosecuted or dismissed. This procedure adheres to the checks and balances principle between police investigators and the Public Prosecutor's Office. Thus, the research suggests that other entities, such as the Public Prosecutor's Office, should be involved in the checks and balances mechanism for decisions to terminate criminal proceedings by the NACC and PACC. This would enhance the transparency, fairness, and accountability of the prosecution of corruption and misconduct cases, fostering greater public confidence in the process of investigating corruption among public officials.

Keywords: National Anti-Corruption Commission, Public Sector Anti-Corruption Commission, Corruption and Misconduct Cases, Litigation of the government officials alleged criminal

บทนำ

ในปัจจุบัน การป้องกันและปราบปรามการทุจริตเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาของประเทศและความเชื่อมั่นของประชาชนต่อรัฐบาล หน่วยงานที่มีบทบาทสำคัญในการดำเนินการดังกล่าวคือ คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ (ป.ป.ช.) ซึ่งมีหน้าที่หลักในการตรวจสอบและไต่สวนการกระทำผิดที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ของรัฐที่ถูกกล่าวหาว่ากระทำการทุจริตต่อตำแหน่งหรือหน้าที่ราชการ ตามรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2560 แต่คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ ยังไม่สามารถสร้างความเชื่อมั่นกับประชาชนได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ มีคำสั่งยุติคดีนาฬิกายืมเพื่อน ที่แม้ว่าศาลปกครองสูงสุดจะมีคำสั่งให้เปิดเผยข้อมูลคดีนี้ต่อสาธารณะ เพื่อให้ประชาชนได้ตรวจสอบ แต่คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติยังคงไม่เปิดเผยข้อมูลคดีดังกล่าว ทำให้เกิดความกังขาในเรื่องความโปร่งใสของกระบวนการตรวจสอบและการถ่วงดุลอำนาจในการพิจารณาข้อกล่าวหาของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ

การศึกษางานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นไปที่บทบาทของหน่วยงานที่มีอำนาจในการดำเนินคดีอาญากับเจ้าหน้าที่ของรัฐที่ถูกกล่าวหาว่ากระทำการทุจริต ซึ่งเป็นประเภทคดีทุจริตและประพฤติมิชอบ โดยเฉพาะการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาในชั้นการสอบสวนหรือการไต่สวนข้อเท็จจริงของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ (ป.ป.ช.) คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ (ป.ป.ท.) และพนักงานสอบสวน ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีอำนาจและหน้าที่ในการไต่สวนข้อเท็จจริงหรือสอบสวนคดี รวมถึงบทบาทหน้าที่พนักงานอัยการในการพิจารณาสำนวนคดีอาญาของแต่ละหน่วยงานดังกล่าวข้างต้น ตามที่พระราชบัญญัติประกอบรัฐธรรมนูญว่าด้วยการป้องกันและปราบปรามการทุจริต พ.ศ. 2561 พระราชบัญญัติมาตรการของฝ่ายบริหารในการป้องกันและปราบปรามการทุจริต พ.ศ. 2551 ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา และพระราชบัญญัติองค์กรอัยการและพนักงานอัยการ พ.ศ. 2553 รวมถึงระเบียบที่เกี่ยวข้อง ได้ให้อำนาจไว้

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่าแต่ละหน่วยงานมีกระบวนการทำงานที่แตกต่างกันในแต่ละหน่วยงาน ตั้งแต่กระบวนการรับเรื่องกล่าวหา การแจ้งข้อกล่าวหา การแสวงหาข้อเท็จจริง การรวบรวมพยานหลักฐาน และการมีมติชี้มูลความผิด ไม่ชี้มูลความผิด หรือยุติข้อกล่าวหา รวมไปถึงกรณีมีความเห็นควรสั่งฟ้อง หรือเห็นควรสั่งไม่ฟ้อง โดยปัญหาที่พบคือกรณีที่คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ และคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ มีอำนาจในการยุติเรื่องกล่าวหาได้เอง โดยไม่ต้องผ่านการพิจารณาของพนักงานอัยการ ซึ่งการมีอำนาจที่ไม่ถูกตรวจสอบถ่วงดุลเพียงพออาจนำไปสู่การใช้อำนาจโดยมิชอบ ขาดการตรวจสอบจากหน่วยงานอิสระอื่น จนทำให้ประชาชนขาดความเชื่อมั่นในระบบการบริหารงานภาครัฐและกระบวนการยุติธรรม

ดังนั้น งานวิจัยฉบับนี้จะวิเคราะห์บทบาทและกระบวนการทำงานของหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีอำนาจในการป้องกันและปราบปรามการทุจริต พร้อมทั้งนำเสนอข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงความโปร่งใสและประสิทธิภาพในการดำเนินงานของแต่ละหน่วยงาน เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับประชาชนในการดำเนินการตามกฎหมายต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษากลไกการตรวจสอบถ่วงดุลการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาของหน่วยงานที่มีอำนาจดำเนินคดีทุจริตและประพฤติมิชอบ

2. เพื่อเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อแตกต่างการตรวจสอบถ่วงดุลในการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาของหน่วยงานที่มีอำนาจดำเนินคดีทุจริตและประพฤติมิชอบ

3. เพื่อเสนอแนวทางปรับปรุงกลไกการตรวจสอบถ่วงดุลในการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาของหน่วยงานที่มีอำนาจดำเนินคดีทุจริตและประพฤติมิชอบ

สมมุติฐาน

เมื่อมีการแก้ไขกฎหมายให้มีองค์กรอื่นมีอำนาจตรวจสอบการยุติเรื่องกล่าวหาของที่อยู่อำนาจหน้าที่ของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ และคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ จะทำให้การตรวจสอบและถ่วงดุลอำนาจในการสั่งคดีระหว่างองค์กรที่มีหน้าที่ดำเนินคดีทุจริตและประพฤติมิชอบต่าง ๆ เป็นไปโดยมีประสิทธิภาพ และลดข้อครหาในการปฏิบัติหน้าที่ของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ และคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ

วิธีวิทยาการวิจัย

การดำเนินกระบวนการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงเอกสาร (Documentary Research) โดยใช้วิธีการค้นคว้าและวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาวิจัยจากตำราวิชาการและเอกสารทางกฎหมาย ทฤษฎีทางกฎหมาย ตัวบทกฎหมายและระเบียบที่เกี่ยวข้อง รวมถึงข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตที่น่าเชื่อถือ แล้วนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อให้ได้บทสรุปและข้อเสนอแนะต่อไป

ผลการศึกษา

รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2560 มาตรา 234 ได้กำหนดให้คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ (ป.ป.ช.) มีอำนาจดำเนินคดีทุจริตและประพฤติมิชอบเพียงหน่วยงานเดียว แต่ในกรณีจำเป็นจะมอบหมายให้หน่วยงานของรัฐที่มีหน้าที่และอำนาจเกี่ยวข้องกับการป้องกันและปราบปรามการทุจริต คือ คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ (ป.ป.ท.) หรือพนักงานสอบสวน ดำเนินการแทนในเรื่องที่มิใช่เป็นความผิดร้ายแรงหรือที่เป็นการกระทำของเจ้าหน้าที่ของรัฐบางระดับ หรือกำหนดให้พนักงานเจ้าหน้าที่ของหน่วยธุรการของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติเป็นผู้ดำเนินการสอบสวนหรือไต่สวนเบื้องต้นก็ได้ ทั้งนี้ ตามหลักเกณฑ์และวิธีการตามพระราชบัญญัติประกอบรัฐธรรมนูญว่าด้วยการป้องกันและปราบปรามการทุจริต พ.ศ. 2561 โดยผู้วิจัยขอดำเนินการวิเคราะห์เปรียบเทียบกฎหมายและขั้นตอนการดำเนินคดีอาญาทุจริตและประพฤติมิชอบของหน่วยงานที่มีหน้าที่และอำนาจป้องกันและปราบปรามการทุจริต คือ คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ (ป.ป.ช.) คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ (ป.ป.ท.) และพนักงานสอบสวน เพื่อให้การดำเนินคดีทุจริตและประพฤติมิชอบของทั้งสามหน่วยงานดังกล่าวเป็นไปโดยมีการตรวจสอบถ่วงดุลอำนาจกันอย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อเป็นการประกันสิทธิและเสรีภาพของประชาชนต่อไป

1. แนวคิดทฤษฎีการตรวจสอบและถ่วงดุลอำนาจ (Check and Balance)

เป็นหลักการทางการเมืองที่มุ่งเน้นการแบ่งแยกอำนาจของรัฐออกเป็นส่วนต่าง ๆ เพื่อป้องกันการรวมศูนย์อำนาจและลดโอกาสในการใช้อำนาจโดยมิชอบ แนวคิดนี้เป็นกลไกสำคัญในการรักษาความเป็นธรรมในระบบการเมืองและเสริมสร้างความเชื่อมั่นในระบอบประชาธิปไตย โดยหลักการนี้ได้รับการพัฒนาจากแนวคิดของนักปรัชญาชาวฝรั่งเศส มองเตสกิเออ (Montesquieu) ซึ่งเสนอว่าการแยกอำนาจเป็นวิธีที่จะควบคุมและป้องกันการใช้อำนาจอย่างผิดกฎหมาย เพราะอำนาจ เท่านั้นที่จะหยุดยั้งอำนาจ ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญดังนี้

การแบ่งแยกอำนาจ (Separation of Powers)

อำนาจของรัฐถูกแบ่งออกเป็น 3 ฝ่าย ได้แก่ อำนาจนิติบัญญัติ (ออกกฎหมาย), อำนาจบริหาร (บังคับใช้กฎหมาย), และอำนาจตุลาการ (ตีความและพิจารณาคดี) แต่ละฝ่ายจะมีบทบาทและหน้าที่เฉพาะเพื่อไม่ให้ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งมีอำนาจมากเกินไป

การตรวจสอบ (Check)

แต่ละฝ่ายจะมีอำนาจในการตรวจสอบการทำงานของฝ่ายอื่น ๆ เพื่อป้องกันการใช้อำนาจในทางที่ผิด โดยมีการตรวจสอบการทำงานผ่านกลไกต่าง ๆ เช่น ฝ่ายนิติบัญญัติตรวจสอบฝ่ายบริหารผ่านการตั้งกระทู้ถามและการอภิปรายไม่ไว้วางใจ ส่วนฝ่ายตุลาการมีอำนาจตรวจสอบความชอบธรรมของกฎหมายที่ออกโดยฝ่ายนิติบัญญัติ

การถ่วงดุล (Balance)

การกระจายอำนาจเป็นไปอย่างสมดุลโดยแต่ละฝ่ายสามารถถ่วงดุลอำนาจของฝ่ายอื่นได้ เช่น ฝ่ายนิติบัญญัติอาจผ่านกฎหมายที่จำกัดอำนาจบริหาร และฝ่ายบริหารอาจใช้อำนาจยับยั้งกฎหมายบางฉบับของฝ่ายนิติบัญญัติ ส่วนฝ่ายตุลาการมีเพียงอำนาจในการตีความและพิจารณาคดีโดยใช้กฎหมายที่ตราขึ้นจากฝ่ายนิติบัญญัติ ไม่มีอำนาจในการบริหารและไม่มีอำนาจในการตรากฎหมายใช้เอง ซึ่งแต่ละฝ่ายมีอำนาจตรวจสอบการทำงานของฝ่ายอื่น ๆ และถ่วงดุลกันเพื่อให้เกิดความสมดุลและป้องกันการละเมิดสิทธิเสรีภาพของประชาชน

หลักการแบ่งแยกอำนาจจึงเป็นหลักการที่สำคัญในการจัดโครงสร้างภารกิจในรัฐ แนวคิดการตรวจสอบและถ่วงดุลอำนาจเป็นกลไกสำคัญในการสร้างความมั่นคงในระบอบประชาธิปไตย เพื่อป้องกันมิให้มีการใช้อำนาจเกินขอบเขตและเพื่อปกป้องสิทธิเสรีภาพของประชาชน และเมื่อนำหลักการแบ่งแยกอำนาจนี้มาปรับใช้ในการกำหนดอำนาจหน้าที่ของหน่วยงานของรัฐในการป้องกันและปราบปรามการทุจริต โดยแบ่งแยกอำนาจรัฐไปให้องค์กรแต่ละองค์กรที่แตกต่างกันเป็นผู้ใช้อำนาจ ทำให้ไม่มีหน่วยงานใดมีอำนาจรัฐแต่เพียงหน่วยงานเดียว ย่อมทำให้เกิดการตรวจสอบและถ่วงดุลอำนาจกันระหว่างหน่วยงานของรัฐ โดยไม่มีหน่วยงานของรัฐใดหน่วยงานหนึ่งมีอำนาจเบ็ดเสร็จเด็ดขาดส่งผลให้เป็นผลดีต่อการประกันสิทธิและเสรีภาพของประชาชนจากใช้อำนาจของหน่วยงานรัฐ

2. ความหมายและขอบเขตของคดีทุจริตและประพฤติมิชอบ

พระราชบัญญัติจัดตั้งศาลอาญาคดีทุจริตและประพฤติมิชอบ พ.ศ. 2559 มาตรา 3 พระราชบัญญัติประกอบรัฐธรรมนูญว่าด้วยการป้องกันและปราบปรามการทุจริต พ.ศ. 2561 มาตรา 4 พระราชบัญญัติมาตรการของฝ่ายบริหารในการป้องกันและปราบปรามการทุจริต พ.ศ. 2551 มาตรา 4 และประมวลกฎหมายอาญา มาตรา 1 ได้กำหนดบทนิยามของคำว่าคดีทุจริตและประพฤติมิชอบ รวมถึงคำนิยามอื่นที่เกี่ยวข้องไว้ดังนี้

“คดีทุจริตและประพฤติมิชอบ” หมายความว่า คดีดังต่อไปนี้ ไม่ว่าจะมีข้อหาหรือความผิดอื่นที่เกี่ยวข้องกันรวมอยู่หรือไม่ก็ตาม

(1) คดีอาญาที่ฟ้องให้ลงโทษเจ้าหน้าที่ของรัฐในความผิดต่อตำแหน่งหน้าที่ราชการ หรือความผิดต่อตำแหน่งหน้าที่ในการยุติธรรมตามประมวลกฎหมายอาญา ความผิดต่อตำแหน่งหน้าที่หรือทุจริตต่อหน้าที่ตามกฎหมายอื่น หรือความผิดอื่นอันเนื่องมาจากการประพฤติมิชอบ

(2) คดีอาญาที่ฟ้องให้ลงโทษเจ้าหน้าที่ของรัฐหรือบุคคลที่กระทำความผิดฐานฟอกเงินที่เกี่ยวเนื่องกับความผิดตาม (1) หรือกระทำความผิดตามกฎหมายว่าด้วยความผิดเกี่ยวกับการเสนอราคาต่อหน่วยงานของรัฐ กฎหมายว่าด้วยการให้เอกชนรวมลงทุนในกิจการของรัฐ หรือกฎหมายอื่นที่มีวัตถุประสงค์ในการป้องกันและปราบปรามการทุจริตหรือประพฤติมิชอบ

(3) คดีอาญาที่ฟ้องให้ลงโทษบุคคลในความผิดเกี่ยวกับการเรียก รับ ยอมจะรับหรือให้ ขอให้ รับว่าจะให้ทรัพย์สินหรือประโยชน์อื่นใด หรือการใช้กำลังประทุษร้าย ขู่เข็ญ ว่าจะใช้กำลังประทุษร้าย หรือใช้อิทธิพลเพื่อจูงใจหรือข่มขืนใจให้เจ้าหน้าที่ของรัฐกระทำการ ไม่กระทำการ หรือประวิงการกระทำใดตามประมวลกฎหมายอาญาหรือกฎหมายอื่น

(4) คดีอาญาที่ฟ้องขอให้ลงโทษเจ้าหน้าที่ของรัฐหรือบุคคลตามกฎหมายที่กำหนดให้เป็นคดีทุจริตและประพฤติมิชอบ

(5) คดีอาญาที่ฟ้องขอให้ลงโทษบุคคลที่ร่วมกระทำความผิดกับเจ้าหน้าที่ของรัฐหรือบุคคล ตาม (1) ถึง (4) ไม่ว่าในฐานะตัวการ ผู้ใช้ ผู้สนับสนุน หรือผู้สมคบ

(6) คดีเกี่ยวกับการจงใจไม่ยื่นบัญชีแสดงรายการทรัพย์สินและหนี้สินและเอกสารประกอบ หรือจงใจยื่นบัญชีและเอกสารดังกล่าวด้วยข้อความอันเป็นเท็จ หรือปกปิดข้อเท็จจริงที่ควรแจ้งให้ทราบ

(7) คดีร้องขอให้ทรัพย์สินตกเป็นของแผ่นดินเพราะเหตุที่ร่ำรวยผิดปกติหรือมีทรัพย์สินเพิ่มขึ้นผิดปกติ

(8) กรณีที่มีการขอให้ศาลดำเนินกระบวนพิจารณาอย่างหนึ่งอย่างใดก่อนยื่นฟ้องหรือยื่นคำร้องขอตาม (1) ถึง (7) ความตามวรรคหนึ่งมิให้รวมถึง

(1) คดีที่อยู่ในอำนาจของศาลฎีกาแผนกคดีอาญาของผู้ดำรงตำแหน่งทางการเมือง

(2) คดีที่อยู่ในอำนาจของศาลเยาวชนและครอบครัวตามกฎหมายว่าด้วยศาลเยาวชนและครอบครัวและวิธีพิจารณาคดีเยาวชนและครอบครัว

“โดยทุจริต หมายความว่า เพื่อแสวงหาประโยชน์ที่มิควรได้โดยชอบด้วยกฎหมายสำหรับตนเองหรือผู้อื่น”

“ทุจริตต่อหน้าที่” หมายความว่า ปฏิบัติหรือละเว้นการปฏิบัติอย่างใดในตำแหน่งหรือหน้าที่ หรือปฏิบัติหรือละเว้นการปฏิบัติอย่างใดในพฤติการณ์ที่อาจทำให้ผู้อื่นเชื่อว่ามีตำแหน่งหรือหน้าที่ทั้งที่ตนมิได้มีตำแหน่งหรือหน้าที่นั้น หรือใช้อำนาจในตำแหน่งหรือหน้าที่ ทั้งนี้ เพื่อแสวงหาประโยชน์ที่มิควรได้โดยชอบสำหรับตนเองหรือผู้อื่น หรือกระทำการอันเป็นความผิดต่อตำแหน่งหน้าที่ราชการหรือความผิดต่อตำแหน่งหน้าที่ในการยุติธรรมตามประมวลกฎหมายอาญาหรือตามกฎหมายอื่น

“ประพฤติมิชอบ” หมายความว่า การกระทำที่ไม่ใช่ทุจริตต่อหน้าที่ แต่เป็นการปฏิบัติหรือละเว้นการปฏิบัติอย่างใดโดยอาศัยเหตุที่มีตำแหน่งหรือหน้าที่อันเป็นการฝ่าฝืนกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับ คำสั่ง หรือมติของคณะรัฐมนตรีที่มุ่งหมายจะควบคุมดูแลการรับ การเก็บรักษา หรือการใช้เงินหรือทรัพย์สินของแผ่นดิน

“เจ้าพนักงานของรัฐ” หมายความว่า เจ้าหน้าที่ของรัฐ ผู้ดำรงตำแหน่งทางการเมือง ตุลาการศาลรัฐธรรมนูญ ผู้ดำรงตำแหน่งในองค์กรอิสระ และคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ

“เจ้าหน้าที่ของรัฐ” หมายความว่า เจ้าหน้าที่ของรัฐ เจ้าหน้าที่ของรัฐต่างประเทศ และเจ้าหน้าที่ขององค์การระหว่างประเทศ ตามพระราชบัญญัติประกอบรัฐธรรมนูญว่าด้วยการป้องกันและปราบปรามการทุจริตหรือกฎหมาย

ว่าด้วยมาตรการของฝ่ายบริหารในการป้องกันและปราบปรามการทุจริต และให้หมายความรวมถึงเจ้าพนักงานตามประมวลกฎหมายอาญาด้วย

“เจ้าพนักงาน” หมายความว่า บุคคลซึ่งกฎหมายบัญญัติว่าเป็นเจ้าพนักงาน หรือได้รับแต่งตั้งตามกฎหมายให้ปฏิบัติหน้าที่ราชการ ไม่ว่าเป็นประจำหรือครั้งคราว และไม่ว่าจะได้รับค่าตอบแทนหรือไม่

“ผู้ถูกกล่าวหา” หมายความว่า ผู้ซึ่งคณะกรรมการ ป.ป.ช. หรือคณะกรรมการ ป.ป.ท. มีมติให้ดำเนินการไต่สวน ไม่ว่าจะในฐานะตัวการ ผู้ใช้ หรือผู้สนับสนุนในการกระทำความผิดดังกล่าว

จากคำนิยามดังกล่าว สรุปได้ว่าคดีทุจริตและประพฤติมิชอบหมายถึงคดีอาญาที่เกี่ยวข้องกับการกระทำผิดต่อตำแหน่งและหน้าที่ของเจ้าหน้าที่รัฐที่ใช้อำนาจในตำแหน่งหรือหน้าที่ในทางทุจริตหรือประพฤติมิชอบ ซึ่งได้การกระทำความผิดตำแหน่งหน้าที่ราชการหรือตำแหน่งหน้าที่ในการยุติธรรม กระทำการฟอกเงินที่เกี่ยวข้องกับการทุจริต การกระทำผิดในการเสนอราคาต่อหน่วยงานของรัฐหรือร่วมลงทุนกับรัฐ ตลอดจนคดีเกี่ยวกับการร่ำรวยผิดปกติ จงใจไม่ยื่นบัญชีแสดงรายการทรัพย์สินและหนี้สิน และคดีร้องขอให้ทรัพย์สินตกเป็นของแผ่นดินเพราะเหตุร่ำรวยผิดปกติหรือมีทรัพย์สินเพิ่มขึ้นผิดปกติ และรวมถึงบุคคลธรรมดาหรือนิติบุคคลที่ได้เข้ามามีส่วนร่วมกับการกระทำความผิดกับเจ้าหน้าที่ของรัฐ ในฐานะผู้ร่วม ผู้ใช้ หรือผู้สนับสนุน อีกด้วย

4. อำนาจหน้าที่ในการดำเนินคดีอาญาของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ

รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2560 และพระราชบัญญัติประกอบรัฐธรรมนูญว่าด้วยการป้องกันและปราบปรามการทุจริต พ.ศ. 2561 ได้กำหนดให้ คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ (ป.ป.ช.) เป็นองค์กรอิสระ มีอำนาจหน้าที่สำคัญในการดำเนินคดีอาญากับเจ้าหน้าที่ของรัฐกรณีที่ถูกกล่าวหาว่าใช้อำนาจในตำแหน่งหรือหน้าที่กระทำการทุจริตหรือประพฤติมิชอบทุกระดับ ซึ่งเป็นขั้นตอนการดำเนินการแสวงหาข้อเท็จจริงและรวบรวมพยานหลักฐานในชั้นก่อนฟ้องคดี โดยการไต่สวนของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ เริ่มต้นเมื่อมีการกล่าวหาว่าเจ้าหน้าที่ของรัฐ หรือผู้ดำรงตำแหน่งทางการเมืองมีพฤติกรรมที่เข้าข่ายทุจริตหรือร่ำรวยผิดปกติ การกล่าวหาอาจมาจากหลายช่องทาง เช่น การร้องเรียนจากประชาชน การสืบสวนของหน่วยงานภายใน หรือการรายงานของหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง หรือได้รับเรื่องกล่าวหาจากคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ หรือพนักงานสอบสวน รวมถึงกรณีที่มีความปรากฏต่อคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติว่ามีการกระทำความผิดที่อยู่ในอำนาจหน้าที่เกิดขึ้น ก็สามารถเริ่มการไต่สวนได้เอง โดยไม่จำเป็นต้องมีการกล่าวหา แต่ต้องดำเนินการไต่สวนและมีความเห็นหรือวินิจฉัยให้แล้วเสร็จไม่เกิน 2 ปี นับแต่วันเริ่มดำเนินการไต่สวน ซึ่งคำว่า “ความปรากฏต่อคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ” นั้นจะปรากฏด้วยเหตุใดก็ได้ และเมื่อคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติได้รับข้อกล่าวหาแล้วจะมีการตรวจสอบเบื้องต้นว่าข้อกล่าวหานั้นมีข้อมูลหรือรายละเอียดเพียงพอหรือไม่ และความผิดที่กล่าวหานั้นอยู่ในอำนาจและหน้าที่ของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติหรือไม่ หรือเป็นเรื่องที่ห้ามไม่ให้คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ รับไว้พิจารณาหรือไม่ ซึ่งคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ อาจรับเรื่องกล่าวหาไว้ดำเนินการไต่สวนเอง หรือมอบให้หน่วยงานอื่น ได้แก่ คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ หรือพนักงานสอบสวน ดำเนินการแทนก็ได้กรณีรับเรื่องกล่าวหาไว้ดำเนินการไต่สวนข้อเท็จจริง คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ จะแต่งตั้งคณะกรรมการไต่สวนหรือคณะไต่สวนเบื้องต้นเพื่อทำหน้าดำเนินการไต่สวนข้อเท็จจริง ซึ่งเป็นขั้นตอนในการรวบรวมข้อเท็จจริงและพยานหลักฐาน ทั้งพยานบุคคลหรือพยานเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกรณีการกล่าวหาจากฝ่ายผู้กล่าวหาและผู้ถูกกล่าวหา รวมถึงการขอข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นภาครัฐหรือเอกชน เพื่อให้ได้ข้อเท็จจริงที่ถูกต้องตามความเป็นจริงที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นคุณหรือเป็นโทษกับผู้ถูกกล่าวหา และอำนาจดำเนินการไต่สวนได้ทุก

ท้องที่ทั่วราชอาณาจักร กรณีคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติพิจารณาแล้วมีคำสั่งไม่รับเรื่องไว้พิจารณาเนื่องจากเรื่องกล่าวหามีข้อมูลหรือรายละเอียดไม่เพียงพอ หรือความผิดที่กล่าวหาไม่ได้อยู่ในหน้าที่และอำนาจหรือเป็นเรื่องที่ห้ามไม่ให้รับไว้พิจารณา ถ้ามีคำกล่าวหาให้มีหนังสือแจ้งให้ผู้กล่าวหาทราบ และเมื่อการไต่สวนเสร็จสิ้น คณะกรรมการไต่สวนหรือคณะไต่สวนเบื้องต้นจะพิจารณาหลักฐานทั้งหมด และทำรายงานการไต่สวนสรุปความเห็นพร้อมพิจารณาวินิจฉัยความผิดพร้อมเหตุผลและหลักฐานประกอบ เสนอคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ เพื่อพิจารณาลงมติว่าจะมีการดำเนินคดีอาญากับผู้ถูกกล่าวหาต่อไปหรือไม่ อันเป็นการตรวจสอบดุลอำนาจเฉพาะภายในหน่วยงานเดียวกันระหว่างคณะกรรมการไต่สวนหรือคณะไต่สวนเบื้องต้นกับคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ ซึ่งคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติจะมีมติเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับความเห็นของคณะกรรมการไต่สวนหรือคณะไต่สวนเบื้องต้นก็ได้ หรือจะสั่งให้คณะกรรมการไต่สวนหรือคณะไต่สวนเบื้องต้นดำเนินการไต่สวนเพิ่มเติมตามประเด็นที่คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติกำหนดก็ได้ หากเห็นว่าสำนวนการไต่สวนยังมีข้อบกพร่องอยู่ ซึ่งกรณีมีมติว่าข้อกล่าวหามีมูลเป็นความผิดฐานทุจริตต่อหน้าที่หรือกระทำต่อตำแหน่งหน้าที่ราชการ หรือความผิดต่อตำแหน่งหน้าที่ในการยุติธรรมหรือความผิดที่เกี่ยวข้องกัน คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติจะส่งสำนวนการไต่สวน เอกสาร พยานหลักฐาน และความเห็นไปยังอัยการสูงสุด เพื่อดำเนินการฟ้องคดีต่อไป โดยไม่ต้องส่งตัวผู้ถูกกล่าวหาไปพร้อมสำนวนการไต่สวน ส่วนกรณีมีมติว่าข้อกล่าวหาไม่มีมูล สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติจะดำเนินการแจ้งให้ผู้ถูกกล่าวหาทราบภายในไม่เกินสิบห้าวันนับแต่วันที่มติและเปิดเผยเหตุผลให้ประชาชนทราบ เป็นการทั่วไปโดยการลงประกาศในเว็บไซต์ของสำนักงาน ทั้งนี้ คำสั่งข้อกล่าวหาไม่มีมูลให้สั่งยุติเรื่อง คำสั่งดังกล่าวถือเป็นที่สุด ตามรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2560 มาตรา 237 (1)

และเมื่อพนักงานอัยการได้รับสำนวนจากสำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติแล้ว อัยการสูงสุดอาจมีความเห็นหรือคำสั่งได้กรณีดังนี้ 1) กรณีอัยการสูงสุดมีความเห็นรับดำเนินคดีฟ้องให้แจ้งให้คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติส่งตัวผู้ถูกกล่าวหามาฟ้องคดีต่อศาลที่มีเขตอำนาจต่อไป 2) กรณีที่พนักงานอัยการมีความเห็นว่า คดีสำนวนการไต่สวนของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติยังมีข้อไม่สมบูรณ์พอที่จะรับดำเนินคดีได้ให้พนักงานอัยการแจ้งให้คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติทราบ และแต่งตั้งคณะกรรมการร่วมแต่ละฝ่ายเพื่อรวบรวมพยานหลักฐานหาข้อยุติในการดำเนินคดีต่อไป ตามพระราชบัญญัติประกอบรัฐธรรมนูญว่าด้วยการป้องกันและปราบปรามการทุจริต พ.ศ. 2561 มาตรา 93 ประกอบมาตรา 77 ถ้าคณะกรรมการร่วมทั้งสองฝ่ายดำเนินการรวบรวมพยานหลักฐานตามข้อไม่สมบูรณ์แล้ว สามารถหาข้อยุติได้อัยการสูงสุดจะรับดำเนินคดีฟ้องผู้ถูกกล่าวหาต่อศาลที่มีอำนาจต่อไป แต่ถ้าคณะกรรมการร่วมทั้งสองฝ่ายไม่สามารถหาข้อยุติได้ อัยการสูงสุดจะส่งสำนวนการไต่สวน เอกสาร พยานหลักฐาน และความเห็น คืนคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติเพื่อดำเนินการฟ้องคดีเองต่อไป ทั้งนี้ อัยการสูงสุดไม่สามารถมีคำสั่งไม่ฟ้องผู้ถูกกล่าวหาในสำนวนการไต่สวนของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติได้

5. อำนาจหน้าที่ในการดำเนินคดีอาญาของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ

เนื่องจากการที่รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2560 กำหนดให้คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติมีอำนาจหน้าที่ในการป้องกันและปราบปรามการทุจริตของเจ้าหน้าที่ของรัฐในทุกระดับได้นั้น ย่อมทำให้คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติมีเรื่องอยู่ในความรับผิดชอบเป็น

จำนวนมาก ทำให้การพิจารณาเรื่องกล่าวหาต่าง ๆ เกิดความล่าสุดล่าช้า รัฐบาลจึงได้จัดตั้งสำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐขึ้น เพื่อแบ่งเบาภาระงานของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ ตามพระราชบัญญัติมาตรการของฝ่ายบริหารในการป้องกันและปราบปรามการทุจริต พ.ศ. 2551 โดยให้คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ มีอำนาจหน้าที่เช่นเดียวกับคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติในการไต่สวนและวินิจฉัยชี้มูลการดำเนินคดีอาญากับเจ้าหน้าที่ของรัฐที่ถูกกล่าวหาว่ากระทำการทุจริตหรือประพฤติมิชอบ แต่มีความแตกต่างกันที่คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐจะมีอำนาจไต่สวนได้ในเฉพาะกรณีที่ผู้ถูกกล่าวหาซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ของรัฐที่ดำรงตำแหน่งต่ำกว่าผู้บริหารระดับสูงหรือเทียบเท่าลงมา และต้องไม่เป็นผู้บริหารระดับสูง ผู้พิพากษาและตุลาการ พนักงานอัยการ ผู้บริหารท้องถิ่น รองผู้บริหารท้องถิ่น ผู้ช่วยผู้บริหารท้องถิ่น และสมาชิกสภาองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เจ้าหน้าที่ของรัฐในหน่วยงานของศาล รัฐสภา องค์กรตามรัฐธรรมนูญ และองค์กรอิสระจากการควบคุมหรือกำกับของฝ่ายบริหารที่จัดตั้งขึ้นตามรัฐธรรมนูญ เจ้าหน้าที่ของรัฐในสำนักงานป้องกันและปราบปรามการทุจริตภาครัฐ และเจ้าหน้าที่ของรัฐที่ร่วมกระทำความผิดกับบุคคลข้างต้น โดยกระบวนการไต่สวนของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐเริ่มต้นจากการรับเรื่องกล่าวหาร้องเรียนจากประชาชนหรือหน่วยงานภาครัฐ เมื่อมีเหตุอันควรสงสัยว่าเจ้าหน้าที่ของรัฐกระทำการทุจริตในภาครัฐ เมื่อได้รับเรื่องจากพนักงานสอบสวน และเมื่อได้รับมอบจากคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติให้ดำเนินการแทน ซึ่งคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐจะพิจารณาว่าควรรับเรื่องกล่าวหาไว้พิจารณาหรือไม่ หากมีมติรับเรื่องกล่าวหาไว้พิจารณาคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ จะแต่งตั้งคณะอนุกรรมการไต่สวนข้อเท็จจริง หรือพนักงานป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐผู้รับผิดชอบ ซึ่งมีอำนาจดำเนินการไต่สวนข้อเท็จจริงได้ทุกท้องที่ทั่วราชอาณาจักร เพื่อดำเนินการไต่สวนข้อเท็จจริงตามอำนาจหน้าที่ต่อไป หากมีมติไม่รับหรือสั่งจำหน่ายเรื่องกล่าวหา เรื่องกล่าวหาดังกล่าวก็จะยุติไป และเมื่อการแสวงหาข้อมูลและรวบรวมพยานหลักฐานเพื่อที่จะทราบข้อเท็จจริงหรือมูลความผิดเสร็จสิ้นแล้ว คณะอนุกรรมการไต่สวนข้อเท็จจริง หรือพนักงานป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐผู้รับผิดชอบ จะต้องจัดทำสำนวนการไต่สวนข้อเท็จจริง พร้อมความเห็นและเหตุผลในการวินิจฉัยประกอบพยานหลักฐานที่เกี่ยวข้อง เสนอต่อคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ เพื่อพิจารณามีมติว่าจะชี้มูลผู้ถูกกล่าวหาหรือไม่ อันเป็นการตรวจสอบดุลอำนาจภายในหน่วยงานเดียวกันระหว่างคณะอนุกรรมการไต่สวนข้อเท็จจริง หรือพนักงานป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐผู้รับผิดชอบ กับคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ เช่นเดียวกับกรณีของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ ซึ่งคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐจะมีมติเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับความเห็นของคณะอนุกรรมการไต่สวนข้อเท็จจริง หรือพนักงานป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐผู้รับผิดชอบก็ได้ หรือจะสั่งให้คณะอนุกรรมการไต่สวนข้อเท็จจริง หรือพนักงานป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐผู้รับผิดชอบดำเนินการไต่สวนเพิ่มเติมตามประเด็นที่คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐก็ได้ หากเห็นว่าสำนวนการไต่สวนยังมีข้อบกพร่องอยู่ ซึ่งกรณีที่คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ เห็นว่าการกระทำของผู้ถูกกล่าวหามีมูลเป็นความผิดทางอาญาจริง คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐจะส่งสำนวนการไต่สวนข้อเท็จจริง รายงาน เอกสาร และความเห็นของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ ให้พนักงานอัยการที่มีเขตอำนาจพิจารณาดำเนินคดีต่อไป โดยไม่ต้องส่งตัวผู้ถูกกล่าวหาไปพร้อมสำนวนการไต่สวน แต่สำหรับกรณีที่คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ พิจารณาแล้วมีมติว่าข้อกล่าวหาเจ้าหน้าที่ของรัฐผู้นั้นไม่มีมูลหรือให้ข้อกล่าวหาตกไป ต้องแจ้งให้ผู้ถูก

กล่าวหาทราบ ในกรณีที่มีการสั่งพักราชการต้องรีบแจ้งให้ผู้บังคับบัญชาของเจ้าหน้าที่ของรัฐ ผู้นั้นทราบภายในเจ็ดวันนับแต่วันที่มีมติ โดยไม่ต้องเสนอพนักงานอัยการพิจารณาเพื่อมีคำสั่งไม่ฟ้องดังเช่นคดีอาญาทั่วไป

เมื่อพนักงานอัยการได้รับสำนวนจากสำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐแล้ว พนักงานอัยการอาจมีความเห็นหรือคำสั่งได้กรณีดังนี้ 1) กรณีพนักงานอัยการมีความเห็นสั่งฟ้องก็ให้แจ้งให้คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐส่งตัวผู้ถูกกล่าวหามาฟ้องคดีต่อศาลที่มีเขตอำนาจต่อไป 2) กรณีที่พนักงานอัยการมีความเห็นว่า ความเห็นของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐที่ได้รับยังไม่สมบูรณ์พอที่จะดำเนินคดีได้ให้พนักงานอัยการแจ้งให้คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐทราบ เพื่อไต่สวนข้อเท็จจริงเพิ่มเติมโดยให้ระบุข้อที่ไม่สมบูรณ์นั้นให้ครบถ้วนในคราวเดียวกัน ในกรณีจำเป็นคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ จะร่วมกับอัยการสูงสุดตั้งคณะทำงานร่วมกันเพื่อไต่สวนข้อเท็จจริงเพิ่มเติมก็ได้ 3) กรณีที่พนักงานอัยการมีคำสั่งสั่งไม่ฟ้อง แต่คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐมีมติยืนยันให้ฟ้อง ให้ดำเนินการส่งเรื่องให้อัยการสูงสุดวินิจฉัยต่อไป ซึ่งคำวินิจฉัยของอัยการสูงสุดเป็นที่สุด

6. อำนาจหน้าที่ในการดำเนินคดีอาญาของพนักงานสอบสวน

การเริ่มต้นกระบวนการสอบสวนของพนักงานสอบสวนถ้าเป็นความผิดอาญาต่อส่วนตัวพนักงานสอบสวนจะเริ่มการสอบสวนได้ก็ต่อเมื่อผู้เสียหายได้มีการร้องทุกข์ในคดีนั้นก่อน หากเป็นความผิดอาญาต่อแผ่นดินพนักงานสอบสวนจะเริ่มสอบสวนเมื่อมีการกล่าวโทษก็ได้ สำหรับสำนวนคดีทุจริตและประพฤติมิชอบนั้น เมื่อพนักงานสอบสวนได้รับการร้องทุกข์หรือกล่าวโทษแล้ว ให้พนักงานสอบสวนแสวงหาข้อเท็จจริงและรวบรวมพยานหลักฐานเบื้องต้นส่งให้คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ ภายใน 30 วันนับแต่วันที่ได้รับเรื่องร้องทุกข์หรือกล่าวโทษ ซึ่งคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ เมื่อได้รับเรื่องกล่าวหาไว้แล้วเห็นว่าเป็นความผิดไม่ได้อยู่ในอำนาจหน้าที่ของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ หรือเป็นเรื่องที่มีลักษณะไม่ร้ายแรง คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติมีอำนาจพิจารณาคืนสำนวนและมอบหมายให้พนักงานสอบสวนดำเนินการแทนตามพระราชบัญญัติป้องกันและปราบปรามการทุจริต พ.ศ. 2561 มาตรา 61 และ 63 โดยในการสอบสวนคดีทุจริตและประพฤติมิชอบดังกล่าว พนักงานสอบสวนมีอำนาจหน้าที่ดำเนินการสอบสวนตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา และมีอำนาจสอบสวนได้เฉพาะคดีที่มีการกระทำความผิดเกิดในเขตอำนาจการสอบสวนของตน เมื่อพนักงานสอบสวนดำเนินการสอบสวนเสร็จสิ้นตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญาแล้ว พนักงานสอบสวนมีหน้าที่ต้องสำนวนการสอบสวนพร้อมความเห็นควรสั่งฟ้องหรือสั่งไม่ฟ้องไปยังพนักงานอัยการพิจารณาและมีคำสั่งต่อไป ซึ่งกรณีเห็นควรสั่งฟ้องให้ส่งตัวผู้ต้องหาไปยังพนักงานอัยการพร้อมสำนวนการสอบสวนด้วย ตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา มาตรา 143 และ 144 ซึ่งแม้ว่าพนักงานสอบสวนจะมีความเห็นควรสั่งไม่ฟ้องหรือเห็นว่าคดีมีพยานหลักฐานไม่พอฟ้อง พนักงานสอบสวนก็ไม่มีอำนาจในการยุติการดำเนินคดีเองเหมือนคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติและคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ

และเมื่อพนักงานอัยการได้รับสำนวนการสอบสวนจากพนักงานสอบสวนสอบแล้วเสร็จ พนักงานอัยการมีอำนาจในการสั่งคดีตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา มาตรา 143 ในการสั่งสอบสวนเพิ่มเติม สั่งฟ้องหรือสั่ง ไม่ฟ้อง แล้วแต่กรณี 1) กรณีสั่งสอบสวนเพิ่มเติม ให้พนักงานอัยการสอบสวนดำเนินการสอบสวนเพิ่มเติมตามคำสั่งฟ้องของพนักงานอัยการต่อไป 2) กรณีสั่งฟ้องคดี ให้ผู้ต้องหามารายงานตัวต่อพนักงานอัยการเพื่อฟ้องคดีต่อศาลที่มีเขตอำนาจต่อไป 3) กรณีสั่งไม่ฟ้องคดี พนักงานอัยการจะต้องดำเนินการตามมาตรา 145/1 แห่งประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา แล้วแต่กรณี กล่าวคือ ต้องส่งสำนวนพร้อมทั้งความเห็นไปยังผู้บัญชาการตำรวจ

แห่งชาติ รองผู้บัญชาการตำรวจแห่งชาติ ผู้ช่วยผู้บัญชาการตำรวจแห่งชาติ กรณีเป็นสำนวนคดีที่อยู่ในความรับผิดชอบของพนักงานสอบสวนในท้องที่กรุงเทพมหานคร หรือผู้บัญชาการ หรือรองผู้บัญชาการ ซึ่งเป็นผู้บังคับบัญชาของพนักงานสอบสวน กรณีเป็นสำนวนคดีที่อยู่ในความรับผิดชอบของพนักงานสอบสวนในท้องที่ต่างจังหวัด เพื่อให้พิจารณาว่าเห็นชอบด้วยกับคำสั่งไม่ฟ้องคดีของพนักงานอัยการหรือไม่ หากเห็นด้วยกับคำสั่งไม่ฟ้องคดีถือว่าเด็ดขาด แต่หากมีความเห็นแย้งคำสั่งของพนักงานอัยการ ให้ส่งสำนวนพร้อมกับความเห็นแย้งไปยังอัยการสูงสุดเพื่อพิจารณาชี้ขาด ความเห็นแย้งดังกล่าว เมื่ออัยการสูงสุดมีคำสั่งชี้ขาดให้ฟ้องคดีหรือไม่ให้ฟ้องคดี คำสั่งนั้นเป็นอันเด็ดขาด

7. เปรียบเทียบกลไกการตรวจสอบถ่วงดุลการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาของหน่วยงานที่มีอำนาจดำเนินคดีทุจริตและประพฤติมิชอบแต่ละหน่วยงาน ตามแนวคิดทฤษฎีการตรวจสอบและถ่วงดุลอำนาจ (Check and Balance)

เมื่อเปรียบเทียบกลไกการตรวจสอบถ่วงดุลการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาของหน่วยงานที่มีอำนาจดำเนินคดีทุจริตและประพฤติมิชอบ ได้แก่ คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ, คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ และพนักงานสอบสวนแล้ว เห็นได้ว่า สำหรับสำนวนคดีทุจริตและประพฤติมิชอบของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ และคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ การที่คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ และคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ มีอำนาจในการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาได้เองในชั้นไต่สวนข้อเท็จจริง ซึ่งเป็นการใช้อำนาจแต่เพียงหน่วยงานเดียว โดยไม่ต้องผ่านการพิจารณาจากองค์กรอัยการซึ่งเป็นหน่วยงานภายนอกในการเข้าร่วมการตรวจสอบถ่วงดุลอำนาจการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาดังกล่าว ย่อมทำให้คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ และคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐมีอำนาจเสร็จเด็ดขาดในการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญา กรณีกลไกการตรวจสอบถ่วงดุลการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ และคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ จึงไม่เป็นไปตามหลักการตรวจสอบและถ่วงดุลอำนาจระหว่างหน่วยงานของรัฐที่มีอำนาจดำเนินคดีทุจริตและประพฤติมิชอบ อย่างไรก็ดี องค์กรอัยการยังคงมีอำนาจในการสั่งไม่ฟ้องคดีในสำนวนคดีทุจริตและประพฤติมิชอบของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ กรณีที่เห็นว่าผู้ถูกกล่าวหามิได้กระทำความผิดหรือเห็นว่าคดีมีพยานหลักฐานไม่พอฟ้อง โดยพนักงานอัยการจะต้องส่งสำนวนการไต่สวนข้อเท็จจริงพร้อมความเห็นไปยังคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐเพื่อพิจารณาทบทวนคำสั่งให้ดำเนินคดีอาญาตามความเห็นของพนักงานอัยการอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งหากคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐมีมติยืนยันให้ฟ้องก็เป็นอำนาจหน้าที่อัยการสูงสุดวินิจฉัยในการวินิจฉัยชี้ขาดต่อไป ซึ่งคำวินิจฉัยของอัยการสูงสุดเป็นที่สุด อันเป็นการตรวจสอบถ่วงดุลอำนาจกันระหว่างหน่วยงานของรัฐอีกแบบหนึ่ง แตกต่างกับสำนวนคดีทุจริตและประพฤติมิชอบของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ ซึ่งอัยการสูงสุดมีเพียงอำนาจในการสั่งให้ตั้งข้อสมบูรณ์ในคดีเท่านั้น โดยไม่มีกฎหมายให้อำนาจอัยการสูงสุดมีคำสั่งไม่ฟ้องผู้ถูกกล่าวหาได้

ซึ่งแตกต่างกับการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาในสำนวนคดีทุจริตและประพฤติมิชอบของพนักงานสอบสวนที่ต้องส่งสำนวนการสอบสวนพร้อมความเห็นให้พนักงานอัยการพิจารณา และเมื่อพนักงานอัยการมีคำสั่งไม่ฟ้องแล้วจะต้องส่งสำนวนดังกล่าวพร้อมความเห็นไปยังตำรวจระดับผู้บัญชาการหรือรองผู้บัญชาการตำรวจซึ่งเป็นผู้บังคับบัญชาของพนักงานสอบสวนผู้รับผิดชอบ เป็นผู้มีอำนาจตรวจสอบถ่วงดุลคำสั่งไม่ฟ้องของพนักงานอัยการ อีกชั้นหนึ่ง เฉพาะกรณีที่คำสั่งไม่ฟ้องดังกล่าวไม่ใช่คำสั่งของอัยการสูงสุด ตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา

มาตรา 145/1 คำสั่งไม่ฟ้องของพนักงานอัยการดังกล่าว จึงจะถือว่าเป็นคำสั่งเด็ดขาดไม่ฟ้องคดี ซึ่งต้องห้าม มิให้มีการสอบสวนบุคคลเกี่ยวกับบุคคลนั้นในเรื่องเดียวกันนั้นอีก และหากบุคคลผู้มีอำนาจตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา มาตรา 145/1 มีความเห็นแย้งคำสั่งของพนักงานอัยการ ก็จะมีอัยการสูงสุดเป็นผู้มีอำนาจพิจารณาชี้ขาดความเห็นแย้งดังกล่าวต่อไป และเมื่ออัยการสูงสุดมีคำสั่งชี้ขาดให้ฟ้องคดีหรือไม่ฟ้องคดีแล้ว คำสั่งของอัยการสูงสุดนั้นจึงเป็นอันเด็ดขาด กรณีกลไกการตรวจสอบถ่วงดุลการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาของพนักงานสอบสวน จึงเป็นไปตามหลักการตรวจสอบและถ่วงดุลอำนาจระหว่างหน่วยงานของรัฐที่มีอำนาจดำเนินคดีทุจริตและประพฤติมิชอบระหว่างพนักงานสอบสวนกับองค์กรอัยการ

นอกจากนี้ จากการศึกษายังพบว่า ในสำนวนคดีทุจริตและประพฤติมิชอบของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ, คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ และพนักงานสอบสวน ยังมีส่วนที่ความเหมือนกันในเรื่องการตรวจสอบถ่วงดุลอำนาจในการสั่งฟ้องคดีอาญา เนื่องการฟ้องคดีโดยพนักงานอัยการจะต้องผ่านกระบวนการสอบสวนหรือไต่สวนอันเป็นจุดเริ่มต้นในกระบวนยุติธรรมในคดีอาญาจาก คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ, คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ และพนักงานสอบสวน ซึ่งเป็นหน่วยงานของรัฐต่างหน่วยงานกัน ในทางกลับกันคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ กับพนักงานสอบสวน ก็ไม่มีอำนาจหน้าในการฟ้องคดีต่อศาลที่มีเขตอำนาจได้ด้วยตนเองเช่นเดียวกัน อันเป็นไปตามหลักการตรวจสอบและถ่วงดุลอำนาจระหว่างหน่วยงานของรัฐที่มีอำนาจดำเนินคดีทุจริตและประพฤติมิชอบระหว่างคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ และพนักงานสอบสวนกับองค์กรอัยการ แต่ทั้งนี้มีข้อยกเว้นสำหรับคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติที่มีอำนาจฟ้องคดีได้ด้วยตนเองในกรณีอัยการสูงสุดมีคำสั่งให้ตั้งข้อไม่สมบูรณ์และคณะกรรมการร่วมทั้งสองฝ่ายไม่สามารถหาข้อยุติได้ และได้คืนสำนวนการไต่สวนให้คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติดำเนินการฟ้องคดีเอง

สรุปผลและอธิปรายผล

จากการศึกษาพบว่า หน่วยงานที่มีอำนาจในการดำเนินคดีทุจริตและประพฤติมิชอบในประเทศไทย ได้แก่ คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ, คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ, และพนักงานสอบสวน มีขั้นตอนการดำเนินคดีและอำนาจหน้าที่แตกต่างกันในหลายด้าน ตั้งแต่การเริ่มต้นไต่สวน การรวบรวมพยานหลักฐาน และการสั่งยุติการดำเนินคดี รวมไปถึงอำนาจหน้าที่ในการพิจารณาสำนวนการสอบสวนหรือไต่สวนของแต่ละหน่วยงานของพนักงานอัยการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสั่งยุติการดำเนินคดีอาญาของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ และคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ ที่มีอำนาจในการสั่งยุติเรื่องการดำเนินคดีอาญาได้เองโดยไม่ต้องผ่านการพิจารณาของพนักงานอัยการหรือหน่วยงานภายนอกอื่น ๆ ส่งผลให้มีข้อบกพร่องในกลไกการตรวจสอบถ่วงดุลอำนาจกันระหว่างหน่วยงานของรัฐ ซึ่งการที่กฎหมายกำหนดให้คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ และคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ มีอำนาจยุติการดำเนินคดีได้เองโดยเด็ดขาดเช่นนี้ ย่อมส่งผลเสียต่อการประกันสิทธิและเสรีภาพของประชาชนในกระบวนการยุติธรรม และนอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการไต่สวนและรวบรวมพยานหลักฐานของแต่ละหน่วยงานแตกต่างกัน ซึ่งอาจทำให้เกิดความไม่เท่าเทียมในการดำเนินคดีและการคุ้มครองสิทธิของผู้ถูกกล่าวหา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของกลไกการตรวจสอบและถ่วงดุลอำนาจกันระหว่างหน่วยงานของรัฐที่มีหน้าที่และอำนาจป้องกันและปราบปรามการทุจริต ในกระบวนการดำเนินคดีทุจริตและประพฤติมิชอบ ซึ่งการให้อำนาจแก่องค์กรอัยการหรือหน่วยงานอิสระอื่น ๆ เข้ามามีส่วนร่วมในการตรวจสอบและถ่วงดุล

อำนาจการสั่งยุติการดำเนินคดีคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ และคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ อาจช่วยให้กระบวนการยุติธรรมมีความโปร่งใส ลดข้อครหาจากประชาชน และเพิ่มความเป็นธรรมในกระบวนการตรวจสอบการทุจริตมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. เพิ่มกลไกการตรวจสอบถ่วงดุลอำนาจ โดยให้อำนาจองค์กรอัยการหรือหน่วยงานของรัฐอื่น ๆ เข้ามามีหน้าที่เป็นกลไกในการตรวจสอบและทบทวนคำสั่งยุติการดำเนินคดีของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ และคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐเพื่อให้การดำเนินคดีมีความโปร่งใสและเป็นธรรม ลดข้อครหาจากสังคม และสร้างความเชื่อมั่นในกระบวนการตรวจสอบการทุจริตของเจ้าหน้าที่รัฐ

2. ปรับปรุงอำนาจขององค์กรอัยการในการพิจารณาสั่งคดีในสำนวนการสอบสวนหรือการไต่สวนของคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ, คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐ และพนักงานสอบสวน โดยให้มีมาตรฐานการพิจารณาสั่งคดีเดียวกันและมีความสอดคล้องกัน เพื่อให้ผู้ถูกกล่าวหาหรือผู้ต้องหามีสิทธิได้รับการดำนินคดีที่เป็นธรรมและเท่าเทียม โดยไม่ต้องพิจารณาว่าผู้ถูกกล่าวหาหรือผู้ต้องหาดังกล่าวได้ถูกดำเนินคดีอาญาโดยหน่วยงานใด

3. ส่งเสริมความโปร่งใสในการเปิดเผยข้อมูลคดีที่ถูกยุติการดำเนินคดี การเปิดเผยผลการยุติการดำเนินคดีและเหตุผลในการวินิจฉัยอย่างโปร่งใส โดยทำให้ประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูลของสำนวนคดีได้ จะช่วยสร้างความไว้วางใจในกระบวนการยุติธรรมและลดความเคลือบแคลงใจจากสังคม

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากคณาจารย์คณะนิติศาสตร์มหาวิทยาลัยพะเยา ที่กรุณาให้ความรู้ และให้คำแนะนำปรึกษาด้วยความเอาใจใส่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติ ไวกวี อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ที่ได้กรุณาเมตตาให้คำปรึกษาแนะนำเป็นอย่างดี จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง และขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานที่สนับสนุนและให้คำแนะนำในการศึกษาค้นคว้าจนบทความสำเร็จลุล่วงได้ไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา

ประมวลกฎหมายอาญา

พระราชบัญญัติจัดตั้งศาลอาญาคดีทุจริตและประพฤติมิชอบ พ.ศ. 2559

พระราชบัญญัติประกอบรัฐธรรมนูญว่าด้วยการป้องกันและปราบปรามการทุจริต พ.ศ. 2561

พระราชบัญญัติมาตรการของฝ่ายบริหารในการป้องกันและปราบปรามการทุจริต พ.ศ. 2551 และที่แก้ไขเพิ่มเติม

พระราชบัญญัติองค์กรอัยการและพนักงานอัยการ พ.ศ. 2553

ระเบียบคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตในภาครัฐเกี่ยวกับหลักเกณฑ์และวิธีการเกี่ยวกับการไต่สวนข้อเท็จจริง พ.ศ. 2554

ระเบียบคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ ว่าด้วยการตรวจสอบและไต่สวน พ.ศ. 2561

ระเบียบสำนักงานอัยการสูงสุดว่าด้วยการดำเนินคดีของพนักงานอัยการในคดีทุจริตและประพฤติมิชอบ พ.ศ. 2562

รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2560

ธนิต สมร เสนีย์สุทรกุล. (2566). **กลไกการตรวจสอบดุลพินิจคำสั่งไม่อุทธรณ์ ฎีกาของพนักงานอัยการ : ศึกษาเฉพาะกรณีตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา มาตรา 145 และ มาตรา 145/1**. (วิทยานิพนธ์ นิติศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธันยพัฒน์ ประมวลวิทย์. (2565). **ปัญหาการดำเนินคดีซ้ำ : ศึกษากรณีคณะกรรมการ ป.ป.ช. มอบหมายคดีให้พนักงานสอบสวนดำเนินการตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา**. (วิทยานิพนธ์ นิติศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พรภิมล วิชัยพันธ์. (2562). **ปัญหาการฟ้องคดีอาญาทุจริตและประพฤติมิชอบโดยผู้เสียหาย**. (วิทยานิพนธ์ นิติศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สถาพร ภักดีวงศ์. (2563). **การปรับปรุงกระบวนการชั้นเจ้าพนักงานเพื่อความเป็นธรรมในการดำเนินคดีเจ้าพนักงานของรัฐที่ถูกกล่าวหาคดีอาญาเนื่องมาจากการปฏิบัติหน้าที่**. (ดุษฎีนิพนธ์ นิติศาสตรดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

iLaw. **ศาลปกครองสูงสุดชี้ขาด ป.ป.ช.ต้องเปิดเผยข้อมูลคดี นาฬิกายืมเพื่อนของ พล.อ.ประวิตร เพื่อความโปร่งใส**. www.ilaw.or.th. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2567. https://www.ilaw.or.th/articles/6028.

วิทยาศาสตร์สุขภาพ

(Oral Presentation)

ประสิทธิภาพของแปรงสีฟันที่มีด้ามจับเฉพาะสำหรับผู้มีความต้องการพิเศษ: การทดลองทางคลินิก

The efficacy of toothbrushes in special needs patients: A Clinical Trial

สันต์ อนันต์ชนะชัย[1], อัญชลี วัชรักษะ[3,4,5] และ สรนันทร์ จันทรางศุ[2]

Sant Ananchanachai[1], Anjalee Vacharaksa[3,4,5] and Soranun Chantarangsu[2]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบด้ามจับแปรงสีฟันที่ออกแบบต่างกันในการกำจัดคราบจุลินทรีย์อ่อนนิ่มบนฟันของผู้มีความต้องการพิเศษ

ผู้เข้าร่วมการศึกษาเป็นชาย 70 คน ที่มีความบกพร่องทางจิตและร่างกายและแรงบีบมือไม่เป็นปกติ โดยเป็นผู้ป่วยในสถานดูแลระยะยาวสำหรับผู้พิการทางปัญญา ได้รับความยินยอมจากผู้เข้าร่วมและผู้ดูแลก่อนการวิจัย และได้รับคำแนะนำในการแปรงฟันด้วยเทคนิคขยับปัด ผู้เข้าร่วมถูกสุ่มให้ใช้แปรงสีฟันที่มีด้ามจับสองแบบแตกต่างกัน โดยบันทึกดัชนีการสะสมคราบจุลินทรีย์อ่อนนิ่มบนฟันก่อนและหลังการแปรงฟัน และเปรียบเทียบดัชนีดังกล่าวหลังจากการใช้แปรงทั้งสองแบบ

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่ใช้ด้ามจับแบบที่ 1 ซึ่งเป็นด้ามจับทั่วไป มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 1.47±0.56 มีการลดคราบจุลินทรีย์อ่อนนิ่มอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.001) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้ด้ามจับแบบที่ 2 ซึ่งออกแบบมาเฉพาะสำหรับผู้มีความต้องการพิเศษ มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 0.80±0.32

ผลวิจัยแสดงให้เห็นว่าด้ามจับแปรงสีฟันอาจมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดคราบจุลินทรีย์อ่อนนิ่มในช่องปากของผู้มีความต้องการพิเศษ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของการศึกษาคือจำนวนผู้เข้าร่วมที่มีลักษณะเฉพาะและมีจำนวนจำกัด จึงแนะนำให้ทำการศึกษาเพิ่มเติม

คำสำคัญ: การแปรงฟัน, ทันตกรรมผู้สูงอายุ, แรงบีบมือ, คราบจุลินทรีย์, สุขอนามัยในช่องปาก

[1] บริษัท ซี.ยู.เดนท์ อินโนเวชั่น จำกัด กรุงเทพมหานคร 10330

[2] ภาควิชาทันตพยาธิวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

[3] หลักสูตรบัณฑิตศึกษาทันตกรรมผู้สูงอายุและการดูแลผู้ป่วยพิเศษ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

[4] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

[5] หน่วยวิจัยจุลชีววิทยาช่องปากและวิทยาภูมิคุ้มกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

[1] C.U. Dent Innovation Co.,Ltd, Bangkok, 10330

[2] Department of Oral Pathology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

[3] Master of Science Program in Geriatric Dentistry and Special Patients Care, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

[4] Department of Microbiology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

[5] Research Unit on Oral Microbiology and Immunology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

*Corresponding author: sant.a@chula.ac.th

Abstract

Objectives: This study aimed to investigate the different designs of toothbrush handles to improve dental debris removal in special needed patients.

Methods: Seventy mentally handicapped male participants with compromised handgrip strength, who were residents of the long-term facility for disabled persons, were recruited to this study with informed consent. Participants were instructed with modified-Bass technique before they were randomly assigned to brush with either design of toothbrush handle. Before and after brushing, the simplified debris index (DI-S) was recorded and compared between both designs of toothbrush handles.

Results: Participants in group 1 : regular grip (mean ± standard deviation : 1.47±0.56) showed significantly greater plaque reduction compared to group 2 : enhanced grip (mean ± standard deviation : 0.80±0.32), across all tooth categories (p<0.001).

Conclusions: The handle design of toothbrushes may affect plaque removal efficiency in special needs patients. This study may be limited to a small group of mentally handicapped male participants. Further research is required to offer differential designs and address different needs in special patients.

Keywords: Toothbrushing, Geriatric Dentistry, Hand Strength, Plaque, Oral Hygiene

Introduction

The oral health of elderly and people with special needs individuals is a critical concern. People with special needs have unique challenges stemming from difficulties in maintaining proper oral hygiene due to their disability. In Thailand, as in many countries, the aging population and the prevalence of special needs individuals highlight the need for innovative solutions to address oral health problems in these groups. Efficient oral hygiene practice is therefore extremely important for good oral health in people with special needs [1].

Recent studies on oral health in special needs patients underscore the challenges faced by the patients, families, caregivers, and oral health practitioners. In 2020, Institute of Public Health Research, Bangkok, Thailand revealed outcome from a nationwide survey. Approximately 52.2% of Thai elderly individuals had fewer than 20 teeth, with a similar prevalence observed in both males and females. When analyzed by age group, the prevalence of having fewer than the recommended number of teeth was lowest among individuals aged 60-69 years and increased with advancing age. The highest prevalence was observed in those aged 80 years and over, with 68.9% in males and 67.0% in females [1].

Therefore, individuals with disabilities who have compromised hand strength may not be able to hold on to standard toothbrushes effectively [2]. Poor oral hygiene leads to several oral health problems including dental caries and periodontal inflammation. The study by Lee et al. [3] demonstrated that oral health behavior is associated with handgrip strength among adults with sarcopenia. This limitation often leads to suboptimal oral hygiene, contributing to increased risks of dental decay and periodontal diseases.

As a significant issue arises from the handgrip strength on conventional toothbrushes, the new design of toothbrush handle that enhances the handgrip may increase their ability to brush their teeth for oral health

maintenance [4]. From an ergonomic perspective, the optimal handle diameter increases the grip comfort and further increases the performance. When the handle diameter is fitted with the users' hand, it helps lower the risk of muscle fatigue which should be suitable in individuals with less hand strength [5].

In light of these considerations, there is a growing interest in developing toothbrushes with enhanced handles specifically designed for geriatric and special needs populations. These designs aim to improve grip and control, potentially leading to more effective plaque removal. However, the efficacy of such designs in real-world settings, particularly among individuals with various degrees of physical and cognitive impairments, remains understudied.

The present study aims to address this knowledge gap by evaluating the effectiveness of toothbrushes with enhanced handles designed for geriatric and special needs patients in improving oral hygiene compared to conventional toothbrushes. We hypothesized that the group 2, using toothbrushes with enhanced handles, would demonstrate a significant improvement in plaque scores compared to the group 1 using conventional toothbrushes. The enhanced grip design was intended to facilitate better brushing efficiency for patients with compromised handgrip strength.

By conducting this randomized controlled trial in a special needs nursing care facility, we sought to provide empirical evidence on the practical benefits of ergonomic toothbrush designs in a population that could potentially benefit the most from such innovations. The findings of this study could have significant implications for oral health care strategies and product development for geriatric and special needs populations, ultimately contributing to improved oral health outcomes and quality of life for these vulnerable groups.

Objectives

The primary objective of this study was to evaluate the effectiveness of toothbrushes with grooved handles designed for geriatric and special needs patients in improving oral hygiene compared to conventional toothbrushes. The secondary objective was to observe whether the toothbrush handle size is appropriate for people with hand disability.

Materials and Methods

Study Design and Setting

This cross-sectional design, clinical trial study aimed to evaluate the effectiveness of toothbrush handles in improving oral cleanliness among the special needed patients. The study was conducted at Ban Rajawadee (Chai), a long-term care facility in Pakgred, Nonthaburi, Thailand. Ban Rajawadee (Chai), established in 1976 and funded by the Thai government, provides residential care for mentally handicapped males ranging in age from 7 to 60 years who are orphans, homeless, or abandoned children from families. At the time of the study in 2024, the facility was supporting over 600 disabled males.

Participants

Sample Size Calculation

The sample size was calculated using G*Power software based on the plaque score of individuals with syndactyly from a previous study by Kaizer et al. [6]. With an alpha of 0.05 and a power of 0.8, the calculation indicated that a minimum of 33 participants per group (66 participants in total) were required. To account for potential dropouts or errors, we increased the sample size by 5%, resulting in a total of 70 participants (35 per group).

Inclusion and Exclusion Criteria

Participants were recruited based on the following criteria:

Inclusion Criteria:

- Male individuals with documented compromised handgrip strength
- Age over 15 years old

Exclusion Criteria:

- Non-cooperative patients who exhibit uncooperative behavior during dental examinations or oral care activities
- Individuals with severe cognitive impairments that hinder their ability to comprehend and follow basic oral hygiene instructions
- Patients with serious oral health conditions requiring immediate or specialized dental intervention, such as tooth pain, active periodontal disease, acute infections, or uncontrolled caries

Randomization and Blinding

Participants were randomly assigned to group 1 (n=35) using regular-sized, straight handle toothbrushes, or group 2 (n=35) using grooved handle toothbrushes. To ensure equal chances of assignment to either group, each participant was assigned a number corresponding to their name. Computer-generated random numbers were then used for simple randomization to categorize participants into the control and study groups. Due to the nature of the intervention, it was not possible to blind the participants or the researchers to the group assignments.

Intervention

Participants of group 1 used straight handle toothbrushes, while the participants of group 2 used toothbrushes with grooved handles. Both handle designs featured an optimal handle diameter with an o1ff-set angle to increase accessibility into corners of the arch shape (Fig. 1).

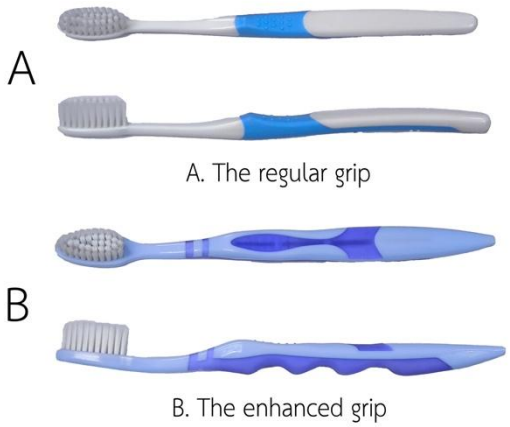


Figure 1. Toothbrush handle design. (A) Group 1: The regular grip design toothbrush. (B) Group 2: The enhanced grip design toothbrush with grooves.

Procedures

All participants were instructed for 10 minutes to properly brush with modified–Bass technique. Participants were then randomly assigned into group 1 or group 2 to brush for 2 minutes using toothbrushes with different designs. To ensure that each participant had an equal chance of being assigned to any group, computer–generated random numbers had been used for simple randomization to categorize participants into the group 1 and the group 2. The assigned numbers were labeled on paper forms (that were used to record scores using simplified debris index (DI–S) [7,8]. Before this procedure, SA and AV calibrated for the assessment and scoring criteria to minimize discrepancies among two researchers. Examples of classifying debris according to the criteria are demonstrated in Fig. 2. Then, a disclosing solution was applied using a small cotton pellet according to a protocol to reveal dental plaque and debris deposits on all remaining teeth. For a before–brushing record, a simplified debris index (DI–S) [7,8] was assessed and recorded by 2 researchers (SA or AV), according to the criteria as described in Tab. 1. Then, all participants were allowed to brush their teeth for 2 minutes as instructed. After brushing, the DI–S of each participant was recorded again (SA or AV). After the study, participants will be instructed to brush again until tooth surfaces were clean of disclosing solution.

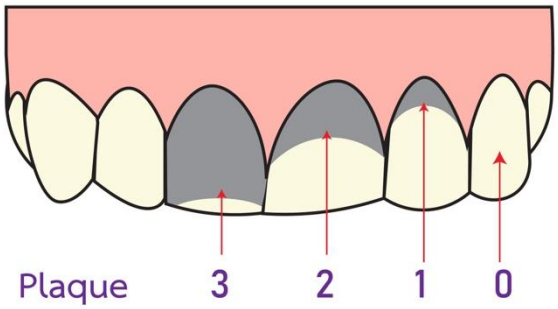


Figure 2. Criteria for scoring debris with DI–S scores5 Score 0: No debris or stain on the surface; Score 1: Soft debris covering less than one third of the tooth surface or presence of extrinsic stains without other debris regardless of surface area covered; Score 2: Soft debris covering more than one third, but not more than two thirds, of the exposed tooth surface; Score 3: Soft debris covering more than two thirds of the exposed tooth surface.

Scoring with a simplified debris index (DI–S)

There were 6 areas to be scored for debris deposits, including the labial surface of lower central incisors; the lingual surface of upper central Incisors; the buccal surface of upper right first molar; the lingual surface of upper left first molar; the buccal surface of lower left first molar; the lingual surface of lower right first molar. If one of the teeth from the list was missing, or if there is a crown or other restoration obscuring a reading, the same surface of nearest neighbor tooth was recorded.

Reliability test

Before starting the experiment, SA and AV were calibrated for evaluating DI–S score by assessing 10 randomly selected participants. Inter–observer reliability among the two researchers and intra–observer reliability of each researcher at an interval of 1 week apart were calculated by weighted kappa coefficients. Weighted kappa coefficients of more than 0.75 will be acceptable as good reliability [9]. Inter–observer reliability was 0.634 (95% CI 0.331 – 0.937) and intra–observer reliability was 1.000 (1.000 – 1.000) and 0.874 (0.717 – 1.031), respectively.

Statistical Analysis

The data was analyzed using IBM SPSS statistical software version 29. The p–value<0.05 is considered a statistically significant difference. Descriptive statistics were reported as mean and standard deviation (SD). The Shapiro–Wilk was used to evaluate normal distribution and the Levene's test was used to evaluate homogeneity of data variances. One–way analysis of covariance (ANCOVA) was used to determine the effect of toothbrush handle designs on post–brushing DI–S scores after controlling for pre–brushing DI–S scores. The difference of pre–brushing DI–S score and mean changes of the DI–S score (pre–brushing – post–brushing) between control and study groups was analyzed using independent t–test. The difference between pre–brushing and post–brushing DI–S score within each group was analyzed using paired t–test.

Ethical consideration

This study was approved by the Human Ethics Committee of the Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University (study code; HREC-DCU 2024-060) prior to its commencement. Informed consent was obtained from the legal guardians of all participants. Voluntary participation was ensured, and individuals who expressed unwillingness or refusal to participate were not recruited. Personal information was not recorded, and patient confidentiality was maintained throughout the study. The research complied with ethical guidelines and regulations governing human subjects' research.

Results

Baseline of debris accumulation assessed by pre-brushing DI-S scores

The pre-brushing DI-S scores collected from participants of both groups were demonstrated (Tab. 1, Fig. 3A). DI-S scores showed no significant difference in anterior region among the participants ($p = 0.146$). However, the posterior region and total DI-S scores of the group 1 were significantly higher than those of the group 2 ($p < 0.001$).

Significant reduction of tooth debris assessed by post-brushing DI-S scores

After accounting for the plaque levels that were present before brushing, there was a statistically significant difference in the plaque scores recorded after brushing between the control and study groups. This was true for the front (anterior), back (posterior), and overall (total) teeth, with p-values of 0.003, <0.001, and <0.001, respectively, indicating strong statistical differences. Interestingly, the plaque scores after brushing were consistently higher in the group 2 (those using the enhanced handle toothbrushes) compared to the group 1 (those using conventional toothbrushes) (see Tab. 1, Fig. 3B).

The effect of toothbrush handle designs according to the mean changes of the DI-S scores

There was a statistically significant difference in mean changes of the plaque scores of anterior, posterior, and total teeth between control and study groups ($p = 0.001$, <0.001, and <0.001, respectively). Mean changes of plaque scores for anterior, posterior and total teeth were higher in the group 1 than those in the group 2 (Tab. 1, Fig. 3C).

Table 1. Comparison of plaque scores at pre-brushing, post-brushing and their differences according to toothbrush type.

Plaque scores	Group 1 (n = 35)	Group 2 (n = 35)	*p*-value
Pre-brushing, mean (SD)			
Anterior teeth	1.73 (0.97)	1.41 (0.81)	0.146[a]
Posterior teeth	2.62 (0.32)	2.14 (0.50)	<0.001[a]
Total	2.32 (0.40)	1.90 (0.46)	<0.001[a]
Post-brushing (after adjustment for pre-brushing plaque scores), mean (SE)			
Anterior teeth	0.38 (0.10)	0.80 (0.10)	0.003[b]

Plaque scores	Group 1 (n = 35)	Group 2 (n = 35)	*p*–value
Posterior teeth	0.85 (0.10)	1.49 (0.10)	<0.001[b]
Total	0.70 (0.08)	1.25 (0.08)	<0.001[b]
Mean change, mean (SD)			
Anterior teeth	1.27 (0.86)	0.69 (0.56)	0.001[a]
Posterior teeth	1.57 (0.67)	0.86 (0.34)	<0.001[a]
Total	1.47 (0.56)	0.80 (0.32)	<0.001[a]

[a]Analyzed using independent *t*–test

[b]Analyzed using one–way ANCOVA analysis

Mean change: Pre–brushing plaque score – Post–brushing plaque score

Abbreviations: SD, standard deviation; SE, standard error

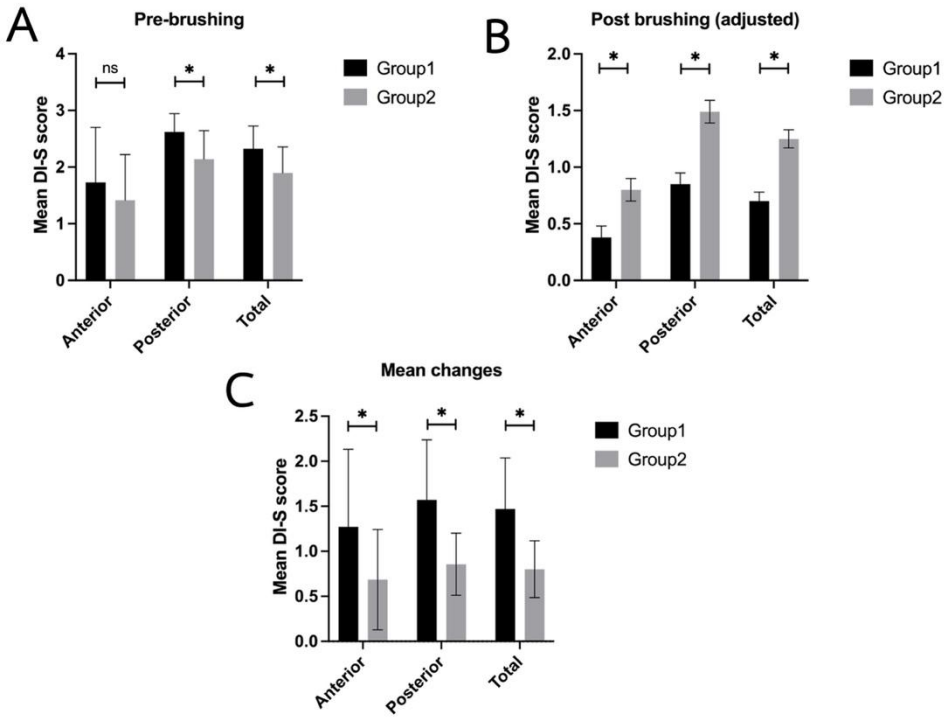


Figure 3. DI–S scores. (A), Pre–brushing; (B), Post–brushing (after adjustment for pre–brushing plaque scores); and (C), Mean changes of pre–brushing – post–brushing plaque scores.

*Statistically significant difference ($p < 0.05$). NS, no significant difference ($p > 0.05$).

The results are presented as mean ± standard deviation in Figure 3A and 3C, and as mean ± standard error in Figure 3B.

Discussion

This clinical study aimed to evaluate the effectiveness of toothbrushes with different handle designs for special needed patients in improving debris removal for better oral hygiene [5]. Regardless of the handle design, a significant reduction of tooth debris was observed after brushing in all groups. However, the results suggested that the toothbrushes with grooved handles did not necessarily improve debris removal. Contrary to our initial hypothesis, the straight handle toothbrushes appeared to be more effective in reducing DI-S scores across anterior and posterior regions. The significant difference in pre-brushing plaque scores between the control and study groups, particularly for posterior region and full mouth, may have influenced the outcomes. Even after accounting for these differences in our analysis, the participants' higher initial plaque levels may have made improvements more apparent.

Several factors may have contributed to this finding. First, is familiarity and habituation [7] to the toothbrush handle. The participants might be more accustomed to straight handle. The introduction of a new design, even if ergonomically enhanced, may have disrupted their established brushing habits and techniques. This disruption could have led to less effective plaque removal in this cross-sectional design study. Future studies might benefit from incorporating a longer adaptation period to allow participants to become familiar with the new toothbrush design. Second, participants demonstrated variations in their hand function and handgrip strength [5]. The grooved handle design might not have adequately addressed the diverse range of hand function limitations present in the study cohort. Third, individual variations in brushing technique [8] could have influenced plaque removal efficacy. Participants of this study may have a wide range of learning capability and cognitive function [3]. Despite standardized instruction, the modified-Bass brushing technique and new handle design could have been a complex task beyond their ability to follow and perform within a short time. The single brushing session design in this study may not have allowed sufficient time for participants to adapt to and fully benefit from the enhanced handle design [10]. A longer-term study with multiple brushing sessions could potentially yield different results as participants become more accustomed to the new design.

These findings highlight the complex nature of oral hygiene practices in special needs populations and underscore the importance of personalized approaches to oral care [11]. The enhanced handle design, while theoretically beneficial, may not have been optimally suited for the specific hand function limitations of our study population [12]. Further refinement of the design, possibly with input from occupational therapists and the participants themselves, could yield more effective results. While the enhanced handle design did not show superior efficacy in this study, it's crucial to note that both toothbrush types resulted in significant plaque reduction. This emphasizes that regular brushing, regardless of toothbrush design, is beneficial for oral health in this population.

Our results also suggest that innovative designs in oral care tools should be thoroughly tested in clinical settings before widespread implementation. The process of developing effective oral hygiene tools for special needs populations may require multiple iterations and close collaboration between dental professionals, engineers, occupational therapists, and the target population. Limitations of this study include its single-center

design, which may limit generalizability to other special needs populations. Additionally, the study's focus on male participants from a specific age range may not fully represent the diverse spectrum of special needs individuals. The single brushing session design, while providing valuable insights, may not capture potential long-term benefits or adaptations to the enhanced handle design.

Future research directions could include longitudinal studies to assess the long-term impact of enhanced handle toothbrushes on oral hygiene in special needs populations. Customized toothbrush designs that can be tailored to individual hand function limitations might be investigated. Qualitative research to understand user experiences and preferences regarding different toothbrush designs in special needs populations. Other alternative oral hygiene tools or techniques that may be more effective for individuals with compromised handgrip strength could be explored in a wider range of special needs populations, including different age groups and both genders.

Conclusions

Brushing resulted in significant plaque reduction regardless of any toothbrush design. This emphasizes the importance of regular brushing in maintaining oral hygiene for individuals with special needs. Toothbrushes with enhanced handles designed for special needed patients did not always demonstrate superior efficacy. These findings underscore the complexity of developing effective oral care tools for special needs populations and highlight the need for continued research and innovation in this area. Ultimately, a personalized approach to oral care, considering individual limitations and preferences, may be the most effective strategy for improving oral health in special needs populations.

Acknowledgements

The authors would like to thank the staff and residents of Ban Rajawadee for their cooperation and participation in this study. We also express our gratitude to the King Mobile Dental Unit for providing personnel, dental equipment, vehicles, and disclosing solutions for the study.

References

1. Aekplakorn W. Health Survey of the Thai Population through Physical Examinations, 6th Round (2019-2020), 1st ed [Internet]. Bangkok: Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital, Mahidol University; 2024 [cited 2024 Oct 5]. Available from: https://www.rama.mahidol.ac.th/commed/th/news/announcement/11062021-1038-th.
2. CURAPROX. Oral health and individuals with disabilities [Internet]. Switzerland: CURAPROX; 2024 [cited 2024 Nov 1]. Available from: https://curaprox.us/blog/post/oral-health-and-individuals-with-disabilities?srsltid=AfmBOopiinj9GSs2oW_krPo3NnIzcrHg1EcrtqZ_j2Qj5bgSuR-K6d9X.
3. Lee JH, Lee SY, Han K, et al. Relationship between oral health behaviour and handgrip strength: a cross-sectional study with 7589 Korean adults. Acta Odontol Scand. 2020;78(6):438-44.

4. Pasiga B. The ability of elderly to clean plaque on full denture prosthesis using toothbrush with special grip design. Int J Dent Med Sci Res. 2018;2(1):22–7.
5. Bhatia V, Bhatia A, Kalra P, et al. Ergonomic evaluation and customized design of toothbrush handle. In: Chakrabarti A, editor. Research into design for communities. Singapore: Springer; 2017. p. 205–17.
6. Kaizer R, Alves P, Tereza G, et al. Comparative analysis of the efficacy of dental plaque removal between manual and powered toothbrushes in individuals with syndactyly. J Craniofac Surg. 2018;29(6):1518–21.
7. Baab DA, Weinstein P. Oral hygiene instruction using a self–inspection plaque index. Community Dent Oral Epidemiol. 1983;11(3):174–9.
8. D'Elia G, Floris W, Marini L, et al. Methods for evaluating the effectiveness of home oral hygiene measures: a narrative review of dental biofilm indices. Dent J (Basel). 2023;11(7):172.
9. Altman DG. Practical statistics for medical research. 1st ed. New York: Chapman & Hall/CRC Press; 1999.
10. Watanabe E, Yamamoto T, Saito M, et al. Dental status and incident falls among older Japanese: a prospective cohort study. BMJ Open. 2018;8(1).
11. Strickland M, Mills S, Dasari B, Markowitz K, Cugini C. Design and initial evaluation of a novel oral hygiene technology for a special needs population: a new way to clean. Dent J (Basel). 2023 Sep 20;11(9):224.
12. Petersen PE, Yamamoto T. Improving the oral health of older people: the approach of the WHO Global Oral Health Programme. Community Dent Oral Epidemiol. 2005;33(2):81–92.

การพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานและประเมินผลลัพธ์การบริบาลทางเภสัชกรรมผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้องเพื่อส่งเสริมการใช้ยาจากสมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน ทดแทนยาแผนปัจจุบัน โรงพยาบาลอุตรดิตถ์

Developing operational processes and evaluating the outcomes of Pharmaceutical care for CKD-associated Pruritus in continuous ambulatory Peritoneal Dialysis Patients to Promote the use of Herbal Cooling Packs for Reducing Itching as a Substitute for Conventional Medicine, Uttaradit Hospital

จิตตะวัน จิตระกูล[1*]

Chittawan Chitrakool[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานและประเมินผลลัพธ์การบริบาลทางเภสัชกรรมผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้อง เพื่อส่งเสริมการใช้ยาจากสมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน ทดแทนยาแผนปัจจุบัน โรงพยาบาลอุตรดิตถ์ เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) เชิงปฏิบัติการแบบปฏิบัติ (Practical action research) รวบรวมข้อมูลไปข้างหน้า (Prospective data collection) กลุ่มเป้าหมายเป็นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง จำนวน 10 คน โดยเลือกแบบเจาะจง ตัวอย่างในการประเมินผลลัพธ์เป็นผู้รับบริการที่งานล้างไตทางหน้าท้อง จำนวน 94 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ paired t-test

ผลการวิจัยพบว่า การบริบาลทางเภสัชกรรมผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้องเป็นการทำงานร่วมกับทีมสหวิชาชีพ ผสมผสานระหว่างการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกเข้ากับการแพทย์แผนปัจจุบัน โดยกระบวนการปฏิบัติงานที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 1) การคัดกรอง/ให้คำปรึกษา 2) การส่งต่อเพื่อสั่งจ่ายสมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อนลดอาการคัน และ 3) การติดตามผลการรักษา ซึ่งการใช้สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ช่วยลดความรุนแรงของอาการคันตามผิวหนัง เพิ่มความชุ่มชื้น และลดการเกาได้ ถือเป็นยาทางเลือกที่แพทย์ใช้ในการรักษาอาการคันของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง ส่งเสริมนโยบายการใช้สมุนไพรทดแทนยาแผนปัจจุบันของกรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก และกระทรวงสาธารณสุข ทำให้ผู้รับบริการมีความรู้ความเข้าใจในการใช้สมุนไพรเพิ่มขึ้น และมีความพึงพอใจในระดับมากต่อการพัฒนาการบริบาลทางเภสัชกรรม

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย คือ ควรติดตามประเมินผลรอบด้านเป็นระยะ ๆ ทั้งผู้รับบริการและผู้ให้บริการ เพื่อทราบถึงความต้องการ และนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาหรือปรับปรุงการให้บริการให้สอดคล้องกับความจำเป็นและความต้องการต่อไป

คำสำคัญ: การบริบาลทางเภสัชกรรม ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้อง สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน

[1] โรงพยาบาลอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000

[1] Uttaradit Hospital, Uttaradit, 53000

* Corresponding author: drchittawan@hotmail.com

Abstract

This research aimed to develop the process of operation and evaluate the results of pharmaceutical care for CKD-associated Pruritus in Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis Patients to Promote the Use of Herbal Cooling Packs for Reducing Itching as a Substitute for Conventional Medicine, Uttaradit Hospital. It was a research and development, practical action research, and prospective data collection. The target group was 10 people involved, selected purposively. The sample for outcome evaluation was 94 people receiving peritoneal dialysis services. The instrument used was a questionnaire. Data were analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, and paired t-test.

The research results found that the provision of pharmaceutical care services for chronic kidney disease patients undergoing peritoneal dialysis is a collaboration of multidisciplinary teams and the integration of Thai traditional medicine and alternative medicine with modern medicine. The developed work processes include 1) screening/consultation, 2) referral to prescribe herbal compresses that cool and reduce heat toxins and reduce itching and 3) treatment follow-up. The use of herbal compresses that cool and reduce heat toxins can reduce the severity of itching on the skin, increase moisture, and reduce scratching. It is considered an alternative medicine that doctors use to treat itching in chronic kidney disease patients. It promotes the policy of using herbs instead of modern medicine of the Department of Thai Traditional and Alternative Medicine and the Ministry of Public Health. It was found that service recipients have increased knowledge and understanding of the use of herbs and are highly satisfied with the development of pharmaceutical care.

The research recommendations are that all aspects of both service recipients and service providers should be monitored and evaluated periodically to identify their needs and use them as guidelines for developing or improving services to be in line with their needs and requirements.

Keywords: Pharmaceutical Care, Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis Patients, Herbal Cooling Packs for Reducing Itching

บทนำ

ปัจจุบันกระทรวงสาธารณสุขได้มีนโยบายส่งเสริมการใช้สมุนไพรไทยในการดูแลสุขภาพของประชาชนทั้งด้านการรักษาพยาบาล การส่งเสริมสุขภาพ และการฟื้นฟูสุขภาพ ซึ่งการบูรณาการการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกเข้ากับการแพทย์แผนปัจจุบัน เป็นการดำเนินงานควบคู่กับนโยบายส่งเสริมการใช้ยาจากสมุนไพรของกระทรวงสาธารณสุข และกรมการแพทย์แผนไทยที่ดำเนินมาอย่างต่อเนื่องในการสนับสนุนให้มีการใช้ยาสมุนไพรทดแทนยาแผนปัจจุบัน ตามเป้าหมายแผนยุทธศาสตร์ชาติ ด้านสาธารณสุข 20 ปี (พ.ศ.2561 – 2580) ประกอบกับกระทรวงสาธารณสุขร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้จัดทำแผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการพัฒนาสมุนไพรไทย ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2560 – 2564) ให้หน่วยงานสื่อสารสร้างความเข้าใจกับบุคลากรทุกระดับให้ความสำคัญในเรื่องการนำศาสตร์การแพทย์อื่นที่ต่างจากการแพทย์แผนปัจจุบันมาใช้เพื่อเป็นทางเลือกในการรักษาและสนับสนุนการพัฒนาภูมิปัญญาไทย สุขภาพวิถีไทย รวมถึงการพยายามผลักดันนโยบายให้เกิดการบูรณาการงานแพทย์แผนไทยเข้าสู่ระบบบริการสาธารณสุขปัจจุบัน โดยส่งเสริมการจัดบริการการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ผสมผสานในระบบบริการสุขภาพ

เพื่อลดการใช้เทคโนโลยีทางการแพทย์ ลดการใช้ยาแผนปัจจุบันและเวชภัณฑ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ ส่งเสริมให้เกิดการพึ่งพาตนเอง และสร้างความมั่นคงของระบบยาของประเทศในอนาคต ช่วยเพิ่มยาสมุนไพรและตำรับยาไทยในระบบบริการให้มีใช้อย่างเพียงพอ มีความหลากหลาย และประชาชนสามารถเข้าถึงได้ง่าย เป็นทางเลือกของผู้ป่วยที่มุ่งหวังให้ประเทศไทยมีการแพทย์หลากหลายระบบ ทั้งการแพทย์แผนปัจจุบัน การแพทย์แผนไทย การแพทย์พื้นบ้าน รวมถึงการแพทย์ทางเลือกอื่นๆ เพื่อเป็นทางเลือกให้กับประชาชนในการเลือกบริการที่สอดคล้องกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และความเชื่อของตนในการบำบัดรักษา ป้องกันโรค และส่งเสริมสุขภาพ นำพาให้ประเทศมีศักยภาพในการจัดการปัญหาสุขภาพที่มีความซับซ้อนได้อย่างเหมาะสม [1]

นอกจากนี้ กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก ได้มีนโยบายไปยังเภสัชกรที่ปฏิบัติงานในหน่วยบริการสุขภาพ เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้ยาสมุนไพรทดแทนยาแผนปัจจุบันในหน่วยบริการสุขภาพ ตลอดจนพัฒนานวัตกรรม และงานวิจัย ตามที่นโยบายที่มุ่งหวังให้มีการขับเคลื่อนงานด้านสมุนไพรและยาไทย ให้มีงานวิจัยและนวัตกรรมที่สามารถใช้เป็นทางเลือกให้กับผู้ป่วยในการรักษา สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจ สร้างความมั่นคงทางยา และลดการนำเข้าวัตถุดิบและยาจากต่างประเทศ โดยกำหนดเป็นชี้วัดของกรมฯ ตั้งแต่ปี 2563 เช่น ร้อยละมูลค่าการใช้ยาสมุนไพรในระบบบริการเพิ่มขึ้น ซึ่งการใช้ยาสมุนไพรทดแทนยาแผนปัจจุบันยังจำเป็นต้องสนับสนุนให้เกิดความรู้ความเข้าใจด้านการใช้ยาแผนไทยแก่บุคลากรทางการแพทย์และประชาชนให้มากขึ้น เพื่อให้เชื่อมั่นในการใช้ยาสมุนไพร เนื่องจากเภสัชกรเป็นบุคลากรทางการแพทย์ที่มีความสำคัญ เป็นบุคลากรที่มีความรู้เรื่องเกี่ยวกับสมุนไพรมากที่สุด ทั้งในด้านของข้อบ่งใช้ ข้อควรระวัง และการติดตามผลการรักษา โดยเฉพาะเภสัชกรที่ปฏิบัติหน้าที่ในโรงพยาบาลจะเกี่ยวข้องกับสมุนไพรในหลายบทบาท ซึ่งการบริบาลทางเภสัชกรรมเป็นงานที่เภสัชกรสามารถใช้ความรู้ความสามารถในการดูแลผู้ป่วยร่วมกับทีมสหวิชาชีพ ทั้งการจ่ายยา และการให้คำแนะนำปรึกษาเรื่องการใช้ยาสมุนไพรแก่ผู้ป่วย [2]

อาการคันที่เกี่ยวข้องกับโรคไตเรื้อรัง (CKD-associated pruritus) เป็นปัญหาทั่วไปของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง [3-4] โดยพบในระยะก่อนฟอกไต (pre-dialysis period) ร้อยละ 15-49 และจะพบมากขึ้นในระยะฟอกไต (during dialysis treatment) ร้อยละ 50-90 [5] ซึ่งการล้างไตทางหน้าท้องแบบต่อเนื่อง (continuous ambulatory peritoneal dialysis; CAPD) พบประมาณร้อยละ 50-64 [6-8] โดยอาการคันอาจเป็นช่วงๆ หรือคงที่ เป็นเฉพาะที่หรือเป็นทั่วร่างกาย คันน้อยจนถึงคันมาก อาจมีผื่นผิวหนังร่วมด้วยหรือไม่ก็ได้ ส่วนใหญ่มักเกิดขึ้นที่หลัง หน้าท้อง ศีรษะ และ/หรือแขน ผิวหนังอาจดูเหมือนปกติหรือแห้ง มีรอยขีดข่วนเล็กน้อยถึงจำนวนมากและ/หรือแผลถลอก [6,8]

อาการคันส่งผลให้เกิดความไม่สุขสบาย ทำให้เสียสมาธิ สร้างความรำคาญในการใช้ชีวิต รบกวนการทำงาน ซึ่งบางคนคันมากจนรบกวนคุณภาพการนอนหลับ ทำให้นอนหลับยากหรือไม่สามารถนอนหลับได้ [9-12] ส่งผลเสียด้านจิตใจ นำไปสู่ภาวะซึมเศร้าและคุณภาพชีวิตลดลง [11] ในผู้ป่วยที่มีการแกะเกามากอาจทำให้เกิดแผลพุพองจากการติดเชื้อแบคทีเรียแทรกซ้อนบริเวณผิวหนัง อาการคันจากการมีเลือดคั่ง และโรคผิวหนังอักเสบเรื้อรัง หรือกลากเรื้อรังตามมาได้ [13-15] ประมาณครึ่งหนึ่งของผู้ป่วยที่ได้รับผลกระทบจะรู้สึกกระวนกระวายหรือหดหู่ โดยอาการคันในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตเพิ่มขึ้น ร้อยละ 17 [13,16] และถ้าอาการคันนานมากกว่า 6 สัปดาห์ ถือว่าเป็นอาการคันเรื้อรังซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย [17]

สาเหตุของอาการคัน ได้แก่ ภาวะพาราไทรอยด์ในเลือดสูงแบบทุติยภูมิ (secondary hyperparathyroidism) ภาวะฟอสเฟตในเลือดสูง การตกผลึกของแคลเซียมฟอสเฟตที่ผิวหนัง ภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก7 หรือภาวะผิวแห้ง (dry skin หรือ xerosis) ซึ่งพบได้ถึงร้อยละ 60-90 ผู้ป่วยมักมีภาวะต่อมเหงื่อและต่อมไขมันฝ่อทำให้เกิดผิวแห้งเป็นขุยและระคายเคือง ทำให้เกิดอาการคันได้ง่าย [18-20] ซึ่งอาการคันนี้ไม่เกี่ยวข้องกับเพศ อายุ เชื้อชาติ ระยะเวลาของการล้างไต หรือสาเหตุของภาวะไตวาย [16,21] การรักษาอาการคัน แพทย์จะพิจารณาการรักษาตามสาเหตุ

ได้แก่ การลดฮอร์โมนพาราไทรอยด์ในซีรัมเพื่อทำให้แคลเซียมหรือฟอสฟอรัสเป็นปกติ เช่น การให้วิตามินดีในการรักษาพาราไทรอยด์ในเลือดสูงแบบทุติยภูมิ การให้ยาจับฟอสเฟตรักษาภาวะฟอสเฟตในเลือดสูง การให้ธาตุเหล็กและฮอร์โมนอีริโทรโพอิตินในการรักษาภาวะโลหิตจาง การให้สารเพิ่มความชุ่มชื้น (emollient) การใช้น้ำยาทำความสะอาดที่ไม่ใช่สบู่ เช่น ครีมซอร์โบลีนหรือน้ำมันเบนซินวันละหลายๆ ครั้งในผู้ป่วยที่มีผิวแห้ง การทำให้ผิวหนังเย็นลง เช่น การเติมเมนทอลและการบูรในสารเพิ่มความชุ่มชื้น [14,19–21] รวมถึงการใช้ยากลุ่ม gabapentin หรือ antihistamine เช่น hydroxyzine [21–22]

จากข้อมูลรายงานผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้อง ประจำปีงบประมาณ 2565 โรงพยาบาลอุตรดิตถ์ พบผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้อง 238 คน โดยผู้ป่วยที่มีอาการคันส่วนใหญ่ใช้เพียงยาแก้แพ้หรือโลชั่นในการรักษาอาการคัน [23] และยังไม่มีกระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลทางเภสัชกรรมในการดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่มีอาการคันตามผิวหนังหลังล้างไตอย่างเป็นรูปธรรม มีเพียงการให้คำแนะนำในการปฏิบัติตนแก่ผู้ป่วยเท่านั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลทางเภสัชกรรมเพื่อส่งเสริมการใช้สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน ซึ่งประกอบด้วยสมุนไพรที่มีฤทธิ์เย็น ได้แก่ ฟ้าทะลายโจร ยาห้าราก และดินสอพอง มีสรรพคุณทางการแพทย์แผนไทยในการปรับหรือลดปริมาณความร้อนในร่างกายให้สมดุล [24] ซึ่งผลิตโดยกลุ่มงานการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก โรงพยาบาลอุตรดิตถ์ และอยู่ในบัญชียาของโรงพยาบาลอุตรดิตถ์ มาใช้ทดแทนหรือเป็นยาทางเลือกของยาแผนปัจจุบัน ในการลดอาการคันในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง เพื่อให้ผู้ป่วยมีทางเลือกในการรักษาเพิ่มเติม ลดผลรบกวนของอาการคันต่อการดำเนินชีวิตของผู้ป่วย ตลอดจนเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานการบริบาลทางเภสัชกรรมผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่มีอาการคันตามผิวหนังที่เหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลทางเภสัชกรรมผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้อง
2. เพื่อประเมินผลลัพธ์การบริบาลทางเภสัชกรรมผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้อง
3. เพื่อส่งเสริมการใช้ยาสมุนไพรทดแทนยาแผนปัจจุบัน
4.

วิธีวิทยาการวิจัย

รูปแบบการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) เชิงปฏิบัติการแบบปฏิบัติ (Practical action research) รวบรวมข้อมูลไปข้างหน้า (Prospective data collection)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. การพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลทางเภสัชกรรมผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้อง

ประชากร เป็นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดบริการคลินิกล้างไตทางหน้าท้อง โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 10 คน ประกอบด้วย อายุรแพทย์โรคไต 2 คน แพทย์แผนไทย 3 คน เภสัชกร 1 คน พยาบาลวิชาชีพ 4 คน

2. การประเมินผลลัพธ์การบริบาลทางเภสัชกรรมผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้อง

ประชากร เป็นผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่รับการล้างไตทางหน้าท้อง ที่มารับบริการที่งานล้างไตทางหน้าท้อง โรงพยาบาลอุตรดิตถ์ ระหว่างเดือนตุลาคม 2564 ถึง กันยายน พ.ศ. 2565 จำนวน 238 คน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ตามเกณฑ์ ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 94 คน

เกณฑ์คัดเข้า (Inclusion criteria) ประกอบด้วย

1. มีอาการคันตามผิวหนังที่เกี่ยวข้องกับโรคไตเรื้อรัง (CKD-associated pruritus)
2. ประเมินอาการคันตามผิวหนังตามการรับรู้ของผู้ป่วย ได้คะแนน อยู่ในช่วง 1 – 10
3. มีสติสัมปชัญญะสมบูรณ์ สามารถพูดและสื่อสารภาษาไทยได้

เกณฑ์คัดออก (Exclusion criteria) ประกอบด้วย

1. ผู้ป่วยที่อยู่ในภาวะวิกฤตหรือไม่สามารถให้ข้อมูลได้
2. ผู้ป่วยที่มีอาการคันตามผิวหนังจากโรคอื่นๆ นอกเหนือจากโรคไตเรื้อรัง ได้แก่
   - โรคทางระบบภายในร่างกาย (systemic disease) รวมถึงอาการคันในภาวะตั้งครรภ์ และอาการคันจากยา
   - อาการคันจากโรคทางระบบประสาท (neurological disease)
   - อาการคันจากสภาวะทางด้านจิตใจ หรือโรคจิตเวช (psychiatric or psychosomatic disease)
   - อาการคันที่มีสาเหตุจากหลายโรค (mixed)
3. ประเมินอาการคันตามผิวหนังตามการรับรู้ของผู้ป่วย พบว่า ไม่คัน หรือได้คะแนน 5D Pruritus = 0
4. ผู้ป่วยไม่มาตามนัด หรือเสียชีวิตระหว่างการเก็บข้อมูล

นิยามศัพท์

1. การบริบาลทางเภสัชกรรม หมายถึง ความรับผิดชอบของเภสัชกรโดยตรงที่มีต่อการดูแลรักษาผู้ป่วยด้วยยา เพื่อให้ได้ผลการรักษาที่ถูกต้องตามต้องการและเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย

2. ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้อง หมายถึง ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง ระยะที่ 4 หรือ 5 อายุ 18 ปีขึ้นไป ที่รับการล้างไตทางหน้าท้อง ที่มารับบริการที่งานล้างไตทางหน้าท้อง โรงพยาบาลอุตรดิตถ์

3. สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน หมายถึง ตำรับยาสมุนไพร ผลิตโดยกลุ่มงานการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก โรงพยาบาลอุตรดิตถ์ และอยู่ในบัญชียาของโรงพยาบาลอุตรดิตถ์ ประกอบด้วย ฟ้าทะลายโจร ยาห้าราก และดินสอพอง บรรจุในซองสำเร็จรูป วิธีการใช้ คือ นำผงสมุนไพรฯ ขนาดพอที่จะใช้ ผสมกับน้ำหรือน้ำสกัดสมุนไพรฤทธิ์เย็น ให้เป็นเนื้อครีม พอกบริเวณที่ต้องการ ทิ้งไว้จนเนื้อครีมแห้ง นาน 1-2 ชั่วโมง หรือเท่าที่รู้สึกสบาย แล้วล้างออกหรือเช็ดออกด้วยผ้าชุบน้ำสะอาด สามารถพอกทาได้ทุก 4-6 ชั่วโมง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลทางเภสัชกรรมผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้อง ประกอบด้วย

1.1 ใช้การวิจัยและพัฒนา (Research and Development) เชิงปฏิบัติการแบบปฏิบัติ (Practical action research) รวบรวมข้อมูลไปข้างหน้า (Prospective data collection) 4 ระยะ ประกอบด้วย

ระยะที่ 1 การวางแผน (Planning) มี 2 ขั้นตอน

- ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาบริบทและสภาพปัญหา ทำการวิเคราะห์สถานการณ์ของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้อง โรงพยาบาลอุตรดิตถ์ นโยบาย แนวปฏิบัติ ของโรงพยาบาล กรมการแพทย์แผนไทย และกระทรวงสาธารณสุขเกี่ยวกับการใช้สมุนไพร และการใช้สมุนไพรทดแทนยาแผนปัจจุบัน และแนวทางการปฏิบัติงาน โดยร่างแนวทางการพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลทางเภสัชกรรม จากการทบทวนกระบวนการปฏิบัติงานรูปแบบเดิม ให้เหมาะสมกับบริบทและสภาพปัญหา ได้แก่ 1) การออกแบบระบบการบริการและรูปแบบ โดยพัฒนากระบวนการให้บริบาลเภสัชกรรมผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่แพทย์สั่งใช้สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน โดยปรับรูปแบบบริการ เพิ่มการสนับสนุนความรู้ในการจัดการสุขภาพตนเอง เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการดูแลรักษาต่อเนื่อง

โดยการมีส่วนร่วมของทีมสุขภาพ 2) การจัดระบบฐานข้อมูลผู้ป่วยที่รับยาสมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน เพื่อติดตามผลการรักษา และค้นหาปัญหาด้านยา โดยใช้โปรแกรม Excel 3) การสนับสนุนการตัดสินใจโดยจัดทำแนวปฏิบัติ/แนวทางการดูแลรักษา ร่วมกับการให้ความรู้ด้านสมุนไพรแก่ทีมสหวิชาชีพเพิ่มเติม 4) การสนับสนุนการจัดการตนเองของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง โดยให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้สมุนไพรในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง และวิธีการจัดการอาการคันที่เหมาะสม และ 5) การจัดบริการเชื่อมโยงระหว่างการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกกับการแพทย์แผนปัจจุบัน

– ขั้นตอนที่ 2 การประชุมสนทนากลุ่ม เพื่อจัดทำแผนเชิงปฏิบัติการ ทีมสหวิชาชีพที่เกี่ยวข้องในการดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังเข้าร่วมประชุมจัดทำแผนเชิงปฏิบัติการ ประกอบด้วย อายุรแพทย์โรคไต 2 คน แพทย์แผนไทย 3 คน เภสัชกร 1 คน พยาบาลวิชาชีพ 4 คน รวม 10 คน ร่วมกันจัดทำกระบวนการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ตามข้อมูลบริบทและสภาพปัญหาของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่พบร่วมกัน และนัดหมายวันเริ่มปฏิบัติการตามกระบวนการ

ระยะที่ 2 การปฏิบัติการ (Action)

– ขั้นตอนที่ 3 สร้างกระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลทางเภสัชกรรม ผู้วิจัยสร้างตามคำแนะนำและข้อเสนอแนะของทีมสหวิชาชีพที่เกี่ยวข้องในการดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง วางแนวทางการบริบาลเภสัชกรรมให้สามารถค้นหาปัญหาของผู้ป่วยได้ครอบคลุมมากขึ้น เตรียมแบบประเมินต่างๆ ที่ใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อใช้ในการประเมินผู้ป่วยตามกระบวนการปฏิบัติงาน

– ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการตามกระบวนการปฏิบัติงานที่พัฒนาขึ้น นำกระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลเภสัชกรรมที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางช่องท้อง ที่คลินิกล้างไตทางช่องท้อง ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2564

ระยะที่ 3 การสังเกตการณ์ (Observation)

– ขั้นตอนที่ 5 ติดตามและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยติดตาม สนับสนุนการดำเนินงาน ให้คำแนะนำ โดยรายงานและบันทึกผลทุกขั้นตอน เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ ประเมินผลก่อนและหลังการศึกษาวิจัย

– ขั้นตอนที่ 6 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล เริ่มเก็บข้อมูลระหว่างเดือนตุลาคม 2564 ถึงกันยายน พ.ศ. 2565 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน และเปรียบคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับการใช้สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน ก่อนและหลังการพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลทางเภสัชกรรม โดยใช้สถิติ Paired t-test

– ขั้นตอนที่ 7 การสังเกตผล ติดตามผล และสรุปผล สังเกตผลการดำเนินงานและผลการประเมินต่างๆ ก่อนการดำเนินการ ระหว่างการดำเนินการ และหลังการดำเนินการ ทำการบันทึกผลทุกขั้นตอน

ระยะที่ 4 การสะท้อนกลับ (Reflection)

– ขั้นตอนที่ 8 ประชุมเพื่อถอดบทเรียน ปัจจัยแห่งความสำเร็จ ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน ดำเนินการประชุมทีมสหวิชาชีพที่เกี่ยวข้องในการดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังหลังได้ผลการศึกษา ทั้งกระบวนการปฏิบัติงานและผลลัพธ์การบริบาลเภสัชกรรม เพื่อค้นหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสั่งใช้สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นฯ ทดแทนยาแผนปัจจุบันของอายุรแพทย์โรคไต และวิเคราะห์ปัญหาหรืออุปสรรคที่ส่งผลต่อการใช้ ในส่วนของประสิทธิภาพการรักษา และความร่วมมือในการใช้ยา โดยผู้วิจัยให้ข้อเสนอแนะแก่ทีมสหวิชาชีพเกี่ยวกับการใช้ยาสมุนไพร ให้คำแนะนำผู้ป่วยเรื่องยาสมุนไพร ค้นหาปัญหา และเสนอแนวทางป้องกันปัญหาที่เกิดจากการใช้ยา เพื่อให้อายุรแพทย์โรคไต ผู้ป่วย และญาติหรือผู้ดูแลมีความมั่นใจในการใช้ยาสมุนไพรทดแทนยาแผนปัจจุบันมากขึ้น

– ขั้นตอนที่ 9 การเผยแพร่ นำเสนอผลการวิจัยและจัดทำแนวทางการสั่งยาสมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน ในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง เสนอต่อประธานองค์กรแพทย์ หัวหน้ากลุ่มงานอายุรกรรม แพทย์อายุรศาสตร์โรคไต และหัวหน้ากลุ่มงานเภสัชกรรม โรงพยาบาลอุตรดิตถ์ และเผยแพร่ประชาสัมพันธ์แก่หน่วยงานภายนอก ได้แก่ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังหรือผู้ป่วยอื่น ๆ ภายนอกโรงพยาบาล รวมถึงเครือข่ายบุคลากรสาธารณสุขอื่น ๆ

1.2 แบบสนทนากลุ่มเพื่อศึกษาสถานการณ์ ความต้องการใช้สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน และแนวทางการจัดบริการการบริบาลเภสัชกรรม โดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity)

2. เครื่องมือที่ใช้ประเมินผลลัพธ์การพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลเภสัชกรรม

2.1 แบบประเมินความพึงพอใจต่อกระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลเภสัชกรรม ในกลุ่มผู้ให้บริการ แบ่งเป็น 5 ด้าน ได้แก่ การออกแบบระบบการบริการ การจัดระบบฐานข้อมูลผู้ป่วย การสนับสนุนการตัดสินใจ การสนับสนุนการจัดการตนเอง และการจัดบริการเชื่อมโยงระหว่างการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกกับการแพทย์แผนปัจจุบัน

2.2 แบบสอบถามและแบบประเมินความพึงพอใจต่อการรับบริการการบริบาลเภสัชกรรม สำหรับผู้ป่วย แบ่งเป็น 5 ส่วน ดังนี้

1) ส่วนที่ 1 แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคลของป่วย จำนวน 4 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษาขั้นสูงสุด และอาชีพ

2) ส่วนที่ 2 แบบทดสอบความรู้เกี่ยวกับการใช้สมุนไพรในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง จำนวน 10 ข้อ ข้อคำถามมีลักษณะข้อคำถามเป็น 2 ตัวเลือก คือ ถูก/ผิด การแปลความหมายคะแนน ระดับความรู้ แบ่งคะแนนอิงเกณฑ์ 3 ระดับ [25] ดังนี้ ความรู้ระดับสูง (ร้อยละ 80.0 ขึ้นไป) ความรู้ระดับปานกลาง (ร้อยละ 60.0–79.9) และความรู้ระดับต่ำ (ต่ำกว่าร้อยละ 60.0)

3) ส่วนที่ 3 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลเภสัชกรรม มีข้อคำถามทั้งหมด 5 ข้อ ลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) มี 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ใช้เกณฑ์การแปลความหมาย [26] ดังนี้

4.51–5.00 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด

3.51–4.50 หมายถึง เห็นด้วยมาก

2.51–3.50 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง

1.51–2.50 หมายถึง เห็นด้วยน้อย

1.00–1.50 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

4) ส่วนที่ 4 แบบประเมินอาการคันตามผิวหนังตามการรับรู้ของผู้ป่วย ดัดแปลงจากแบบประเมินระดับอาการคัน 5D Pruritus scale ของเอลแมนและคณะ [27] และแบบประเมินอาการคันตามผิวหนังตามการรับรู้ของผู้ป่วยของพนัชญา ขันติจิตร [28] ร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมตามกรอบแนวคิดของดอดด์และคณะ [29] เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการตั้งคำถามเพื่อประเมินความรุนแรงของอาการคันตามผิวหนัง เป็นการประเมินระดับความรุนแรงของอาการด้วยมาตรวัดแบบลิเกิต 11 ระดับ ตั้งแต่ 0–10 คะแนน 0 หมายถึง ไม่มีอาการคัน คะแนน 10 หมายถึง อาการรุนแรงมากที่สุด และแปลผลตามเกณฑของริชและคณะ [30] แบงระดับความรุนแรงของอาการคันเป็น 5 ระดับ ดังนี้

0 คะแนน หมายถึง ไม่มีอาการคัน

> 1 ถึง < 4 คะแนน หมายถึง อาการคันรุนแรงเล็กน้อย

≥ 4 ถึง < 7 คะแนน หมายถึง อาการคันรุนแรงปานกลาง

≥ 7 ถึง < 9 คะแนน หมายถึง อาการคันรุนแรงมาก

≥ 9 คะแนน หมายถึง อาการคันรุนแรงมากที่สุด

ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับความเชื่อมั่นของแบบประเมินระดับอาการคัน 5D Pruritus Scale ในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ 0.914 [31]

5) ส่วนที่ 5 แบบประเมินผลรบกวนของอาการคันตามผิวหนัง ดัดแปลงจากแบบประเมินคุณภาพชีวิตผู้ป่วยโรคผิวหนัง (Dermatology Life Quality Index : DLQI) ของฟินเลยและคาน [32] ใช้ประเมินผลรบกวนของอาการคันตามผิวหนังในช่วงสัปดาห์ที่ผ่านมาต่อการดำเนินชีวิตของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังในด้านต่างๆ ประกอบด้วยคำถาม 10 ข้อ ได้แก่ คุณภาพในการนอนหลับ ความรู้สึกอับอายหรือขาดความมั่นใจ การประกอบอาชีพหรือการเรียน การทำกิจกรรมตามปกติ การเลือกเสื้อผ้าสวมใส ผลกระทบจากการรักษา การเข้าสังคมและการทำกิจกรรมในยามว่าง ด้านค่าใช้จ่าย สัมพันธภาพระหว่างคู่สมรส ญาติ และเพื่อนสนิท และการเล่นกีฬาหรือการออกกำลังกาย แบ่งเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ดังนี้

คะแนน 0 หมายถึง ไม่มีผลรบกวนหรือเกี่ยวข้องต่อการใช้ชีวิตเลย

คะแนน 1 หมายถึง มีผลรบกวนหรือเกี่ยวข้องต่อการใช้ชีวิตเพียงเล็กน้อย 1–2 วัน/สัปดาห์

คะแนน 2 หมายถึง มีผลรบกวนหรือเกี่ยวข้องต่อการใช้ชีวิตปานกลาง 2–3 วัน/สัปดาห์

คะแนน 3 หมายถึง มีผลรบกวนหรือเกี่ยวข้องต่อการใช้ชีวิตมาก 3–4 วัน/สัปดาห์

คะแนน 4 หมายถึง มีผลรบกวนหรือเกี่ยวข้องต่อการใช้ชีวิตมากที่สุด มากกว่า 4 วัน/สัปดาห์

การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย

1. ศึกษาแนวคิดทฤษฎี งานวิจัย แนวทางการดำเนินงาน และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง สร้างเครื่องมือให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ และกรอบแนวคิดของการศึกษาวิจัย

2. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ในการตรวจสอบด้านความตรงของเนื้อหา (Content validity) โดยนำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบ ความตรงของเนื้อหา เพื่อหาค่าดัชนี ความสอดคล้อง (Index of consistency: IOC) พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา มีค่ามากกว่า 0.50 ขึ้นไปทุกข้อคำถาม

3. การตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) โดยนำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบแก้ไขไปปรับปรุง ทดลองใช้ (Try out) กับผู้ป่วยที่มีอาการคัน ที่มารับบริการที่กลุ่มงานการแพทย์แผนไทย ซึ่งมีลักษณะของผู้ป่วยคล้ายกัน นำมาวิเคราะห์ความเชื่อมั่นด้วยวิธี Kuder–Richardson (KR–20) [26] ในส่วนของการประเมินความพึงพอใจ ที่มีมาตรวัดแบบ Rating Scale ตรวจสอบความเชื่อมั่นโดยใช้สัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) [33] โดยค่าความเชื่อมั่น (Reliability) เท่ากับ 0.86

4. การตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการประชุมการสนทนากลุ่ม โดยนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วน แยกตามประเด็นปัญหา และทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลเชิงคุณภาพใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis)

2. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. เปรียบคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับการใช้สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน ก่อนและหลังการพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลทางเภสัชกรรม โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอกซ์เซล (Microsoft Excel 2021) ทดสอบทางสถิติ paired t-test

ผลการศึกษา

จากการทบทวนแบบประเมินอาการคันตามผิวหนังตามการรับรู้ของผู้ป่วย และผลรบกวนของอาการคันตามผิวหนังในการดำเนินชีวิต มีการบันทึกข้อมูลสมบูรณ์ จำนวน 202 คน และพบว่ามีอาการคัน จำนวน 94 คน คิดเป็นร้อยละ 46.5 มีรายละเอียดผลการวิจัย ดังนี้

1. **สถานการณ์และสภาพปัญหา** ผลการวิเคราะห์แนวทางปฏิบัติเดิม พบว่า มีปัญหา 3 ด้าน คือ

1.1 ด้านยา พบว่า การรักษาอาการคันตามผิวหนังของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้อง ส่วนใหญ่ใช้เพียงยาแก้แพ้ หรือโลชั่น ในการรักษาอาการคัน

1.2 ด้านผู้ป่วยและญาติผู้ดูแล พบว่า ส่วนใหญ่ผู้ป่วยใช้การเกาบริเวณที่คันในการจัดการอาการคัน มีอาการคันบริเวณหลังและแขนมากที่สุด มีผลรบกวนต่อผู้ป่วยทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์และสังคม ผู้ป่วยที่มีอาการคันจะแจ้งให้แพทย์ทราบในระยะที่อาการคันมีความรุนแรงมากหรือเริ่มลุกลาม และเจตคติของผู้ป่วยหรือญาติเกี่ยวกับการใช้สมุนไพร บางส่วนยังมีความเข้าใจผิดว่า ผู้ป่วยโรคไตควรหลีกเลี่ยงการใช้สมุนไพรทุกชนิด เพราะให้โทษและเป็นอันตรายต่อโรค ทำให้อาการแย่ลง จึงทำให้ผู้ป่วยบางรายปฏิเสธการใช้ยาหรือสมุนไพรในการลดอาการคัน

1.3 ด้านเจ้าหน้าที่ พบว่า เดิมบทบาทเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังยังไม่ชัดเจน มีบทบาทในการจ่ายยาเท่านั้น บทบาทในการให้บริบาลเภสัชกรรมร่วมกับทีมสหวิชาชีพในการให้การดูแลผู้ป่วยยังไม่ชัดเจน ยังไม่มีส่วนร่วมในการจัดการปัญหาด้านยา ยังไม่มีกระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลทางเภสัชกรรมในการดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่มีอาการคันตามผิวหนังหลังล้างไตอย่างเป็นรูปธรรม มีเพียงการให้คำแนะนำในการปฏิบัติตนแก่ผู้ป่วยเท่านั้น

2. **กระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลทางเภสัชกรรม**

จากการทบทวนวรรณกรรม และนำผลการวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์จากขั้นตอนที่ 1 มานำเสนอในการสนทนากลุ่มของทีมสหวิชาชีพ เพื่อร่วมกันพัฒนาแนวทางส่งเสริมการใช้สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคันเพื่อการรักษาอาการคันของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง สรุปให้มีกิจกรรมดำเนินการ ดังนี้

2.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของการปฏิบัติงานการบริบาลทางเภสัชกรรม ได้แก่ 1) เพื่อคัดกรอง ให้ความรู้ และติดตามผู้ป่วยที่เหมาะสมต่อการใช้สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นฯ 2) เพื่อเพิ่มการใช้ยาสมุนไพรเป็นยาทางเลือก ทดแทนยาแผนปัจจุบัน และ 3) สนองตามนโยบายการเพิ่มการใช้สมุนไพร และการใช้สมุนไพรทดแทนยาแผนปัจจุบัน

2.2 กำหนดวันที่ให้บริการ คือ วันจันทร์ – ศุกร์ เวลา 08.30 – 16.30 น. ณ งานล้างไตทางหน้าท้อง

2.3 กำหนดบทบาทหน้าที่ของแต่ละวิชาชีพ ในการดูแลผู้ป่วย 1) แพทย์ มีหน้าที่วินิจฉัยอาการคันตามผิวหนังที่เกี่ยวข้องกับโรคไตเรื้อรัง (CKD-associated pruritus) ของผู้ป่วย และแพทย์สามารถสั่งจ่ายยาสมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน ได้ทุกคน 2) เภสัชกร มีหน้าที่จ่ายยา พร้อมให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้ยาแก่ผู้ป่วย ญาติหรือผู้ดูแล การใช้สมุนไพรเพิ่มเติม เช่น การทำให้ผิวหนังเย็นลง ด้วยการเติมเมนทอลและการบูรลงในสารเพิ่มความชุ่มชื้น

หรือและค้นหาปัญหาด้านยาหลังการใช้ 3) พยาบาล มีหน้าที่ให้การดูแลผู้ป่วยและญาติ และแนะนำวิธีการจัดการอาการคันที่เหมาะสม 4) แพทย์แผนไทย มีหน้าที่ให้ความรู้วิธีให้ผู้ป่วยผ่อนคลาย ลดความเครียดและความวิตกกังวลจากการเจ็บป่วย ซึ่งอาจเป็นสิ่งกระตุ้นอาการคันและอาการไม่สุขสบายต่างๆ แก่ญาติ ตามแนวทางเวชปฏิบัติทางการแพทย์แผนไทย เช่น การทำสมาธิบำบัด SKT

2.4 กระบวนการพัฒนากระบวนการปฏิบัติงาน ประกอบด้วย 1) การออกแบบระบบการบริการและรูปแบบ โดยพัฒนากระบวนการให้บริบาลเภสัชกรรมผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่แพทย์สั่งใช้สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน โดยปรับรูปแบบบริการ สนับสนุนความรู้ ในการจัดการสุขภาพตนเอง เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการดูแลรักษาต่อเนื่อง โดยการมีส่วนร่วมของทีมสุขภาพ คือ การประเมินอาการคันตามการรับรู้ของผู้ป่วยก่อนพบแพทย์ และประเมินผลรบกวนของการคันต่อการดำเนินชีวิตหลังจากแพทย์สั่งใช้สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นฯ 3 เดือน 2) การจัดระบบฐานข้อมูลผู้ป่วย เพื่อติดตามผลการรักษาและค้นหาปัญหาด้านยา โดยการรวบรวมข้อมูลของผู้ป่วยอย่างเป็นระบบ และบันทึกลงในโปรแกรม Excel รวมถึงจัดทำทะเบียนผู้ป่วยที่รับยาสมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน ให้ครบถ้วน เป็นปัจจุบัน 3) การสนับสนุนการตัดสินใจ โดยจัดทำแนวปฏิบัติ/แนวทางการดูแลรักษา ร่วมกับการให้ความรู้ด้านสมุนไพรแก่ทีมสหวิชาชีพเพิ่มเติม เพื่อพัฒนาความรู้ทักษะในการจัดบริการ และมีส่วนร่วมในการดูแลรักษาที่เหมาะสม 4) การสนับสนุนการจัดการตนเองของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง โดยแนะนำวิธีการจัดการอาการคันที่เหมาะสม และ 5) การจัดบริการเชื่อมโยงระหว่างการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกกับการแพทย์แผนปัจจุบัน

2.5 ขั้นตอนการบริการ ประกอบด้วย 1) การคัดกรองอาการคัน/ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการใช้สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน เพื่อการรักษาทางการแพทย์ 2) การส่งต่อเพื่อสั่งจ่ายสมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน ตามเกณฑ์ที่เหมาะสมและดุลยพินิจของแพทย์ และ 3) การติดตามผลการรักษา โดยเภสัชกรจะติดตามผลการรักษาภายหลังการใช้ยา 3 เดือนตามนัดของแพทย์

3. ผลลัพธ์การพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลเภสัชกรรม

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจต่อการพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลเภสัชกรรม ในกลุ่มผู้ให้บริการ (N=10)

ข้อที่	ความพึงพอใจ	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1	การออกแบบระบบการบริการ	4.72	0.64	มากที่สุด
2	การจัดระบบฐานข้อมูลผู้ป่วย	4.50	0.78	มาก
3	การสนับสนุนการตัดสินใจ	4.10	0.48	มาก
4	การสนับสนุนการจัดการตนเอง	4.08	0.45	มาก
5	การจัดบริการผสมผสานระหว่างการแพทย์แผนไทยฯ กับการแพทย์แผนปัจจุบัน	4.27	0.69	มาก
	เฉลี่ย	4.35	0.33	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ความพึงพอใจต่อการพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลเภสัชกรรม ในกลุ่มผู้ให้บริการ โดยรวมอยู่ในระดับมาก (4.35±0.33) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยในระดับมากที่สุด คือ การออกแบบระบบการบริการ (4.72±0.64) รองลงมามีค่าเฉลี่ยระดับมาก คือ การจัดระบบฐานข้อมูลผู้ป่วย (4.50±0.78) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในระดับมาก คือ การสนับสนุนการจัดการตนเอง (4.08±0.45)

ข้อมูลทั่วไป

ผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นเป็นเพศชาย ร้อยละ 45.0 อายุเฉลี่ย 54 ปี ระดับการศึกษาขั้นสูงสุด คือ ระดับประถมศึกษา ร้อยละ 79.6 และส่วนใหญ่ไม่ได้ประกอบอาชีพ ร้อยละ 60.9

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจต่อการพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลเภสัชกรรม ของกลุ่มตัวอย่าง (N=94)

ข้อที่	ความพึงพอใจ	$\bar{x}$	S.D.	การแปลผล
1	สถานที่ให้บริการ	3.94	0.45	มาก
2	เจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ	4.20	0.41	มาก
3	ขั้นตอนการให้บริการ	4.40	0.50	มาก
4	การตอบสนองความต้องการรับบริการ	4.36	0.56	มาก
5	ความสะดวกในการเข้ารับบริการ	4.17	0.46	มาก
	เฉลี่ย	4.21	0.48	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อการพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลเภสัชกรรม โดยรวมอยู่ในระดับมาก (4.21±0.48) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ความพึงพอใจต่อขั้นตอนการให้บริการ (4.40±0.50) รองลงมามีค่าเฉลี่ยระดับมาก คือ การตอบสอนองความต้องการรับบริการ (4.36±0.56) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในระดับมาก คือ สถานที่ให้บริการ (3.94±0.45)

ตารางที่ 3 คะแนนความรู้เรื่องการใช้สมุนไพรในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง เปรียบเทียบก่อนและหลังการพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลเภสัชกรรม (N=94)

ระดับความรู้	ก่อนพัฒนา		หลังพัฒนา	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำ (ตอบถูก 0–5 ข้อ)	53	55.8	16	17.0
ปานกลาง (ตอบถูก 6–7 ข้อ)	30	32.6	58	61.7
สูง (ตอบถูก 8 ข้อขึ้นไป)	11	11.6	20	21.3

จากตารางที่ 3 พบว่า ก่อนการพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลเภสัชกรรม กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนความรู้เรื่องการใช้สมุนไพร อยู่ในระดับต่ำ จำนวน 53 คน คิดเป็นร้อยละ 55.8 มีความรู้ในระดับปานกลาง จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 32.6 และมีความรู้ในระดับสูง จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 11.6 หลังการพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานฯ มีความรู้อยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด จำนวน 58 คน คิดเป็น ร้อยละ 61.7 รองลงมามีความรู้ในระดับสูง จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 21.3 และมีความรู้ระดับต่ำ จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 17.0

ตารางที่ 4 ระดับความรุนแรงของอาการคันตามผิวหนังตามการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่าง เปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็น ถอนพิษร้อน ลดอาการคัน (N=94)

ระดับความรุนแรงของอาการคัน	ก่อนใช้		หลังใช้	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
เล็กน้อย (คะแนน 1-3)	42	44.7	56	59.6
ปานกลาง (คะแนน 4-6)	35	37.2	28	29.8
มาก (คะแนน 7-9)	15	16.0	9	9.6
มากที่สุด (คะแนน ≥ 9)	2	2.1	1	1.1
คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$ ±SD)	6.2±2.42		3.6±3.41	

จากตารางที่ 4 พบว่า ความรุนแรงของอาการคันตามผิวหนังตามการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่าง หลังใช้สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็น ถอนพิษร้อน ลดอาการคัน พบว่า มีระดับความรุนแรงของอาการคันเฉลี่ยลดลง จากระดับปานกลาง (6±2.4) เป็นเล็กน้อย (3±3.4) ($p<0.05$)

ตารางที่ 5 ผลรบกวนของอาการคันตามผิวหนังของกลุ่มตัวอย่าง เปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็น ถอนพิษร้อน ลดอาการคัน

ผลรบกวนของอาการคันตามผิวหนัง	ก่อนใช้	หลังใช้
1. การนอนหลับ	2.33	1.76
2. อับอาย/ขาดความมั่นใจ	1.31	1.21
3. การประกอบอาชีพ/เรียน	1.37	1.11
4. การทำกิจกรรมตามปกติ	0.96	0.49
5. การเลือกเสื้อผ้าสวมใส	1.80	1.12
6. ผลกระทบจากการรักษา	2.04	1.55
7. การเข้าสังคม/กิจกรรมยามว่าง	1.56	1.28
8. ด้านค่าใช้จ่าย	2.35	1.97
9. สัมพันธภาพกับคู่สมรส ญาติ เพื่อนสนิท	0.63	0.53
10. การเล่นกีฬา/ออกกำลังกาย	0.46	0.32
คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$ ±SD)	1.48±0.66	1.13±0.55

จากตารางที่ 5 พบว่า ผลรบกวนของอาการคันตามผิวหนังของกลุ่มตัวอย่างในช่วงสัปดาห์ที่ผ่านมา โดยใช้แบบประเมินคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยโรคผิวหนัง (Dermatology Life Quality Index: DLQI) จำนวน 10 ข้อ (คะแนนที่เป็นไปได้ 0 – 3) พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังใช้สมุนไพรฯ ลดลงเฉลี่ย 0.35 คะแนน โดยก่อนใช้สมุนไพรฯ อาการคันตามผิวหนังมีผลรบกวนต่อการดำเนินชีวิตด้านค่าใช้จ่ายมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ด้านการนอนหลับ ด้านผลกระทบจากการรักษา ด้านการเลือกเสื้อผ้าสวมใส่ ด้านการเข้าสังคมหรือการทำกิจกรรมยามว่าง ด้านปัญหาความอับอายหรือขาดความมั่นใจ ด้านการประกอบอาชีพหรือการเรียน ด้านการทำกิจกรรมตามปกติ ด้านสัมพันธภาพกับคู่สมรส ญาติ และเพื่อนสนิท และด้านการเล่นกีฬาออกกำลังกาย ตามลำดับ

สรุปผลและอธิปรายผล

การพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลเภสัชกรรมผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้อง เป็นการให้บริการผสมผสานระหว่างการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกเข้ากับการแพทย์แผนปัจจุบัน โดยทีมสหวิชาชีพนำข้อมูลที่ได้มาประกอบการสนทนากลุ่ม ปรับกระบวนการปฏิบัติงานร่วมกัน ได้แก่ 1) การออกแบบระบบการบริการโดยพัฒนากระบวนการบริบาลเภสัชกรรม สนับสนุนความรู้ในการจัดการสุขภาพตนเอง เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการดูแลรักษาต่อเนื่อง โดยการมีส่วนร่วมของทีมสหวิชาชีพ 2) การจัดระบบฐานข้อมูลผู้ป่วย โดยการรวบรวมข้อมูลของผู้ป่วยอย่างเป็นระบบ และจัดทำทะเบียนผู้ป่วยให้ครบถ้วน เป็นปัจจุบัน 3) การสนับสนุนการตัดสินใจ โดยจัดทำแนวปฏิบัติ/แนวทางการดูแลรักษา ร่วมกับพัฒนาความรู้ทักษะในการใช้สมุนไพรสำหรับทีมสหสาขาวิชาชีพ 4) สนับสนุนการจัดการตนเอง 5) การจัดบริการเชื่อมโยงการให้บริการของการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกกับการแพทย์แผนปัจจุบัน โดยมุ่งเน้นการใช้สมุนไพรทดแทนยาแผนปัจจุบัน รวมถึงการลดขั้นตอนการทำงาน เพื่อให้ได้ทั้งประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่สูงขึ้น เป็นการดำเนินการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการทำงานอย่างต่อเนื่องผสมผสาน เพื่อให้เจ้าหน้าที่ทำงานง่ายขึ้น ผู้รับบริการสะดวกขึ้น โดยมุ่งเน้นให้ทุกคนมีส่วนร่วม ในการแสวงหาแนวทางใหม่ ๆ เพื่อปรับปรุงวิธีการทำงาน และสภาพแวดล้อมในการทำงานให้ดีขึ้นอยู่เสมอ

การบริบาลเภสัชกรรมในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่พัฒนาขึ้น เป็นการดูแลผู้ป่วย ติดตามความร่วมมือในการใช้ยา ผลข้างเคียง โดยมีกิจกรรมต่าง ๆ ด้านเภสัชกรรมคลินิกเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย คือ ได้ผลการรักษาตามต้องการ ถูกต้องเหมาะสม ปลอดภัย และเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย รวมทั้งการค้นหา ป้องกัน และแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับยานั้น เพื่อนำมาปรับใช้กับการจัดการอาการคันของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังด้วยยา เภสัชกรจะเป็นผู้ประเมินอาการคันตามผิวหนังตามการรับรู้ของผู้ป่วย และประเมินผลรบกวนของอาการคันตามผิวหนังต่อการดำเนินชีวิตของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังในด้านต่าง ๆ ได้แก่ คุณภาพในการนอนหลับ ความรู้สึกอับอายหรือขาดความมั่นใจ การประกอบอาชีพหรือการเรียน การทำกิจกรรมตามปกติ การเลือกเสื้อผ้าสวมใส่ ผลกระทบจากการรักษา การเข้าสังคมและการทำกิจกรรมในยามว่าง ด้านค่าใช้จ่าย สัมพันธภาพระหว่างคู่สมรส ญาติ และเพื่อนสนิท และการเล่นกีฬาและการออกกำลังกาย เพื่อส่งต่อข้อมูลให้แพทย์และทีมสหวิชาชีพในการพิจารณาแนวทางการรักษาที่เหมาะสมต่อไป

นอกจากนี้ การพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลเภสัชกรรมยังเปิดโอกาสให้ทีมสหวิชาชีพที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังได้มีส่วนร่วมในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การจัดทำกระบวนการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของแต่ละคน พิจารณาข้อมูลบริบทและสภาพปัญหาของผู้ป่วยที่พบร่วมกัน เพื่อนำมาพัฒนาแนวทางในการปฏิบัติงาน แก้ไขปัญหา และป้องกันปัญหาของผู้ป่วย เปิดโอกาสให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการคิดริเริ่ม แสดงความคิดเห็นร่วมกำหนดกระบวนการปฏิบัติงาน ร่วมวางแผน ตัดสินใจ และปฏิบัติตามแนวทางหรือระบบที่พัฒนาร่วมกัน รวมถึงร่วมติดตามประเมินผลการรักษาในผู้ป่วยแต่ละราย และนำปัญหาที่พบมาวิเคราะห์และถอดบทเรียนร่วมกัน จนเกิดการพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง และเกิดประโยชน์ต่อผู้ป่วยสูงสุด

จากผลการศึกษาผลลัพธ์การบริบาลทางเภสัชกรรมผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้อง พบว่าประสิทธิภาพในการลดอาการคันของสมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน สามารถลดความรุนแรงของอาการคันตามผิวหนังของกลุ่มตัวอย่างได้ ซึ่งส่วนใหญ่มีระดับความรุนแรงของอาการคันระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง ทั้งนี้ จากการค้นหาปัญหาด้านยาเพิ่มเติม พบสาเหตุมาจาก กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มารับการรักษาหรือแจ้งให้แพทย์ทราบในระยะที่อาการคันเริ่มลุกลามหรือมีความรุนแรงมาก เป็นข้อจำกัดให้ผู้ป่วยส่วนใหญ่ได้รับการรักษาตามอาการ การใช้สมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อนในการรักษาอาการคันตามผิวหนังจึงเป็นการบรรเทาอาการ เพิ่มความชุ่มชื้นและลดการเกาได้ ซึ่งถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่แพทย์สามารถเลือกใช้ในการรักษาอาการคันของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังได้ โดย

เมื่อเภสัชกรทราบปัญหาจึงสามารถค้นหาปัญหา และเสนอแนะแนวทางให้อายุรแพทย์โรคไตทราบ จึงเป็นการเฝ้าระวังและรักษาผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่มีอาการคันได้ตั้งแต่เริ่มมีอาการ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและลดผลรบกวนของอาการคันตามผิวหนังต่อการดำเนินชีวิตของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังในด้านต่าง ๆ ได้มากขึ้น

การพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานการบริบาลทางเภสัชกรรมผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางหน้าท้องโดยส่งเสริมการใช้ยาจากสมุนไพรพอกฤทธิ์เย็นถอนพิษร้อน ลดอาการคัน ทดแทนยาแผนปัจจุบัน โรงพยาบาลอุตรดิตถ์ เป็นการเผยแพร่ความรู้ให้แพทย์และผู้สั่งใช้ยาเกิดความเข้าใจและเชื่อมั่นในการใช้ยาสมุนไพรมากขึ้น และพิจารณาเลือกใช้เป็นยาทางเลือกทดแทนยาแผนปัจจุบัน รวมถึงเป็นการพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานร่วมกันของสหวิชาชีพเพื่อบูรณาการการแพทย์แผนไทยและการแพทย์แผนปัจจุบันเข้าด้วยกัน เป็นโอกาสที่กลุ่มงานการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกได้พัฒนางานด้านเภสัชกรรมแผนไทยและเวชกรรมไทย รวมถึงเป็นการพัฒนาการปฏิบัติงานตามตัวชี้วัดประสิทธิภาพหลัก (KPI) และ service plan สาขาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ผสมผสานตามเป้าหมายการขับเคลื่อนนโยบายตามแผนยุทธศาสตร์ของกรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก [1–2]

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทีมสหวิชาชีพทุกท่านที่มีส่วนร่วมให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และเป็นส่วนสำคัญที่ส่งเสริมให้มีการใช้สมุนไพรทดแทนยาแผนปัจจุบันเพิ่มมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2562). ยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ.2561 – 2580). (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขานุการของคณะกรรมการ ยุทธศาสตร์ชาติ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
2. กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กองพัฒนายาแผนไทยและสมุนไพร. [อินเทอร์เน็ต]. 2563. สืบคนข้อมูลเมื่อวันที่ 6 มีนาคม 2564. ไดจาก https://pr.moph.go.th/online/index/news/300485online/index/eventonline/index/eventonline/index/event.
3. Mathur VS, Lindberg J, Germain M, et al. A longitudinal study of uremic pruritus in hemodialysis patients. Clin J Am Soc Nephrol. 2017; 5:1410–1419. doi: 10.2215/CJN.00100110.
4. Pisoni RL, Wikström B, Elder SJ, et al. Pruritus in hemodialysis patients: International results from the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS). Nephrol Dial Transplant. 2016; 21: 3495–3505. doi: 10.1093/ndt/gfl461.
5. Narita I, Iguchi S, Omori K, Gejyo F. Uremic pruritus in chronic hemodialysis patients. J Nephrol. 2018; 21: 161–165.
6. Pruritus in continuous ambulatory peritoneal dialysis and hemodialysis patients. Perit Dial Int. Cited in PubMed; PMID: 13 Suppl 2: S527–32.
7. Uremic pruritus in patients on hemodialysis or continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD): The role of plasma histamine and skin mast cells. Cited in Clin Nephrol. 1990 Sep; 34(3):136–41.

8. Aramwit, P., & Supasyndh, O. (2015). Uremic Pruritus; Its Prevalence, Pathophysiology and Management. Retrieved from: https://www.intechopen.com/books/updates-in-he modialysis/uremic-pruritus-its-prevalence-pathophysiology-and-Management.
9. ศยามล สุขขา. [อินเทอร์เน็ต]. (2563). สืบคน ข้อมูลเมื่อวันที่ 6 มีนาคม 2564. ไดจาก https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/415/.
10. Rehman, I. U., & Khan, T. (2020). Effect of chronic kidney diseases-associated pruritus on patients' sleep quality, well-being and its management. Progress in microbes & molecular biology. 3(1), 1-6.
11. ศิริณาชค์ ทองเทียม, อรวมน ศรียุกตศุทธ, จงจิต เสน่หา และอัษฎาศ์ ลีฬหวนิชกุล. อิทธิพลของคุณภาพการนอนหลับ ภาวะโภชนาการ และโรคร่วมต่อคุณภาพชีวิตในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังก่อนการบำบัดทดแทนไต. (2559). วารสารพยาบาลศาสตร์. 34(1), 42-52.
12. Al-Jahdali, H. H., Khogeer, H. A., Al-Qadhi, W. A., Baharoon, S., Tamim, H., Al-Hejaili, F. F., Al-Ghamdi, S. M., & Al-Sayyari, A. A. (2016). Insomnia in chronic renal patients on dialysis in Saudi Arabia. Journal of Circadian Rhythms. 8(1), 1-7. doi:10.1186/1740-3391-8-7.
13. Satti, M. Z., et al. (2019). Uremic Pruritus: Prevalence and Impact on Quality of Life and Depressive Symptoms in Hemodialysis Patients. Cureus. 11(7), 1-10.
14. Manenti L. et al. Uraemic pruritus, clinical characteristics, pathophysiology and treatment. Drugs 2019; 69(3), 251-263.
15. อรจุฑา ชัยวนนท์ และ กนกวลัย กุลทนันทน์. อาการคัน Pruritus. [อินเทอร์เน็ต]. สืบคนข้อมูลเมื่อวันที่ 6 มีนาคม 2564. ไดจาก https://www.si.mahidol.ac.th/siriraj_online/thai_version/Health_detail.asp?id=1082
16. Fishbane S, Jamal A, Munera C, Wen W, Menzaghi F; KALM-1 Trial Investigators. A Phase 3 Trial of Difelikefalin in Hemodialysis Patients with Pruritus. N Engl J Med. 2019 Nov 8. doi: 10.1056/NEJMoa1912770. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 31702883.
17. ศรีศุภลักษณ์ สิงคาลวณิช. (2561). Pruritus. Neonatal Skin Disorders. หน้า 12.
18. กิ่งกมล เพชรศรี และ กันตพร ยอดใชย. (2563). อาการคัน ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และการจัดการอาการคันในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง : บทบาทพยาบาล. วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน. ปีที่ 26 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน 2563. 122-131.
19. เพียงจิตต์ ธารไพรสาณฑ์. การรักษาอาการคันในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ดีที่สุดคืออะไร. [อินเทอร์เน็ต]. สืบคนข้อมูลเมื่อวันที่ 6 มีนาคม 2564. ไดจาก https://www.cochrane.org/th/CD011393/RENAL_kaarraksa.
20. Silverberg J.I., Brieva J. A successful case of dupilumab treatment for severe uremic pruritus. JAAD Case Reports 2019; 5(4): 339-341.
21. Hercz D, et al. (2020). Interventions for itch in people with advanced chronic kidney disease. Cochrane Database of Systematic Reviews 2020. Issue 12. Art. No.: CD011393. doi: 10.1002/14651858.CD011393.pub2.

22. Eusebio-Alpapara KMV, Castillo RL, Dofitas BL. Gabapentin for uremic pruritus: a systematic review of randomized controlled trials. Int J Dermatol. 2020 Apr; 59(4): 412-422. doi: 10.1111/ijd.14708. Epub 2019 Nov 28. PMID: 31777066.
23. โรงพยาบาลอุตรดิตถ์. (2565). รายงานการประเมินตนเองของหน่วยงาน (Service Profile) งานล้างไตทางช่องท้อง กลุ่มการพยาบาล โรงพยาบาลอุตรดิตถ์ ประจำปี 2565.
24. หน่วยแพทย์ทางเลือก คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล. สรรพคุณฟ้าทะลายโจร. [อินเทอร์เน็ต]. สืบคนข้อมูลเมื่อวันที่ 6 มีนาคม 2564. ไดจาก https://med.mahidol.ac.th/altern_med/th/km/ 19jun2020-1729.
25. Krejcie RV, Morgan DW. Determining sample size for research activities. Educational and Psychological Measurement 1970; 30:607-10. 5.
26. Kuder GF, Richardson MW. The theory of estimation of test reliability. Psychometrika 1937; 2: 151-60. 6.
27. Elman S, Hynan LS, Gabriel V, Mayo MJ. The 5-D itch scale: a new measure of pruritus. Br J Dermatol. 2018; 162(3): 587–93.
28. พนัชญา ขันติจิตร. (2562). อาการคันตามผิวหนัง กลวิธีการจัดการอาการ และผลลัพธ์ของการจัดการอาการตามการรับรู้ของผู้ป่วยมะเร็งท่อน้ำดี. (การค้นคว้าแบบอิสระพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหิดล.
29. Dodd, M., Janson, S., Facione, N., Faucett, J., Froelicher, E. S., Humphreys, J., et al. (2018). Advancing the science of symptom management. Journal of Advanced Nursing. 33(5), 668-676. doi: 10.1046/j.1365-2648.2001.01697.
30. Verduzco H.A. and Shirazian *S.* (*2020*). Chronic Kidney Disease-Associated Pruritus. New Insights Into Diagnosis, Pathogenesis, and Management. Kidney International Reports. 5 : 1387-1402.
31. Rehman, I. U., & Khan, T. M. (2017). Validity and reliability of the Urdu version of the 5D itching scale to assess pruritus among patients with chronic kidney disease in Pakistan. BMC nephrology. 18(1), 302. doi: 10.1186/s12882-017-0717-0
32. Finlay, A. Y. & Khan, G. K. (1994). Dermatology Life Quality Index (DLQI)-a simple practical measure for routine clinical use. Clinical and Experimental Dermatology. 19(3) : 210-216. Retrieved from: http://www.dermatology.org.uk/ quality/ dlqi/quality-dlqi.html.
33. Cronbach LJ. Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika 1951; 16:297-334.

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและผลของสารสกัดเมล็ดเสาวรสและสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการปกป้องความเป็นพิษของกรดโอเลอิกต่อเซลล์เฮพจีทู

Antioxidant activity and cytoprotective effects of passion fruit seed and roselle extracts against oleic acid toxicity in HepG2 Cells

กชกร ยิ้นเสน[1], วรรณวิภา วุ่นน้อย[1], วิวิศน์ สุทธิธรรมสถิต[2], ศุภิตา ธนะเศวตร[1] และ วนิดา สุขเกษศิริ[1*]
Kodchakon Yinsen[1], Wanwipha Woonnoi[1], Wiwit Suttithumsatid[2], Supita Tanasawet[1], and Wanida Sukketsiri[1*]

บทคัดย่อ

เสาวรสและกระเจี๊ยบแดงเป็นพืชสมุนไพรที่นิยมนำมาใช้ในการรักษาโรคต่าง ๆ ในการแพทย์แผนโบราณในหลาย ๆ ประเทศ โดยในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเมล็ดเสาวรสและสารสกัดกระเจี๊ยบแดง ร่วมทั้งศึกษาผลของสารสกัดต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์เฮพจีทู และเซลล์เฮพจีทูที่ได้รับการชักนำให้เกิดความเป็นพิษด้วยกรดโอเลอิก ผลการทดลองพบว่า คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดทั้งสองเมื่อวัดด้วยวิธี DPPH และ ABTS จากผลการทดลองพบว่าค่า IC_{50} ของสารสกัดเมล็ดเสาวรสด้วยวิธี DPPH และ ABTS อยู่ที่ 3.79 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร และ 3.78 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร ตามลำดับ ส่วนค่า IC_{50} ของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงด้วยวิธี DPPH และ ABTS อยู่ที่ 4.58 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร และ 3.67 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร ตามลำดับ การมีชีวิตรอดของเซลล์เฮพจีทูที่ได้รับสารสกัดเป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่าการได้รับสารสกัดเมล็ดเสาวรสที่ความเข้มข้น 0 ถึง 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร จะไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์เฮพจีทูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร จะมีความเป็นพิษต่อเซลล์ในระดับเล็กน้อย ส่วนสารสกัดกระเจี๊ยบแดงพบว่าไม่มีผลต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยาเมทฟอร์มินที่ความเข้มข้น 2.5 ถึง 5 มิลลิโมลาร์ พบว่ามีผลต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์เฮพจีทู ในขณะที่ยาอะทอร์วาสสแตตินจะไม่มีผลต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ นอกจากนี้ ในเซลล์เฮพจีทูที่ได้รับการชักนำด้วยกรดโอเลอิก พบว่าในกลุ่มที่ได้รับสารสกัดเมล็ดเสาวรส และกลุ่มที่ได้รับสารสกัดเมล็ดเสาวรสร่วมกับสารสกัดกระเจี๊ยบแดงสามารถปกป้องเซลล์จากการได้รับกรดโอเลอิกได้ ซึ่งจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าสารสกัดเมล็ดเสาวรสและสารสกัดกระเจี๊ยบแดงมีความปลอดภัยต่อเซลล์ และสามารถปกป้องเซลล์เฮพจีทูที่ได้รับการชักนำด้วยกรดโอเลอิกซึ่งอาจเป็นผลจากสารทั้ง 2 ชนิดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

คำสำคัญ: เมล็ดเสาวรส, กระเจี๊ยบแดง, การแพทย์ดั้งเดิม, การมีชีวิตรอดของเซลล์

[1] สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90110
[1] สาขาวิชาเภสัชเวทและเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90110
[1] Division of Health and Applied Sciences, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110
[2] Department of Pharmacognosy and Pharmaceutical Botany, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Prince of Songkla University, Songkhla 90110
*Corresponding author: wanida.su@psu.ac.th

Abstract

Passiflora edulis and *Hibiscus sabdariffa* are natural plants recognized for their traditional medicinal uses in various countries. They are known for their roles in treating a range of ailments and promoting overall health. The study aimed to investigate the antioxidant activity of passion fruit seed extract (PFS) and roselle calyx extract (RSE), as well as the effects of PFS and RSE on the viability of HepG2 cells, particularly under conditions of oleic acid (OA)–induced toxicity. Antioxidant activity was measured using DPPH and ABTS assays. The results demonstrated that the IC_{50} value for DPPH radical scavenging was 3.79 mg/mL for PFS and 4.58 mg/mL for RSE, while the IC_{50} values for ABTS radical scavenging were 3.78 mg/mL for PFS and 3.67 mg/mL for RSE. Treatment of HepG2 cells with PFS for 72 hours demonstrated no significant impact on cell viability at concentrations ranging from 0 to 500 µg/mL; however, the highest concentration of PFS exhibited mild toxicity in HepG2 cells. Similarly, treatment with RSE for 72 hours did not adversely affect HepG2 cell viability. Metformin, at concentrations of 2.5 to 5 mM, decreased the viability of HepG2 cells, while atorvastatin had no effect on cell viability. Furthermore, when HepG2 cells were pre–treated with the extracts and/or metformin and atorvastatin, followed by treatment with OA in combination with the extracts and/or metformin and atorvastatin, it was observed that PFS and the combination of PFS+RSE could protect the cells from OA exposure. These findings suggest that PFS and RSE are safe for HepG2 cells and may offer protection against fatty acid–induced injury, likely due to their antioxidant properties.

Keywords: Passion fruit; Roselle; Traditional medicinal; Fatty acid; Cytotoxicity

Introduction

Passion fruit, a member of Passifloraceae family, is found in tropical and subtropical regions. It primarily consists of two species: *Passiflora edulis* f. flavicarpa O. Deg., known for its yellow fruit, and *Passiflora edulis Sims*. Research has demonstrated that *P. edulis* exhibits several beneficial biological activities, including anti–inflammatory, neuroprotective, antidiabetic, and antioxidant effects [1,2]. Additionally, studies have indicated that passion fruit seed extract possesses pharmacological properties such as antioxidant activity, antidiabetic effects and improvements in lipid metabolism [3–5]. The key components identified in *P. edulis* include polyphenols, triterpenes, glycosides, carotenoids, polysaccharides, amino acids, essential oils, and various minerals [2,4].

Hibiscus sabdariffa, commonly referred to as roselle, belongs to the Malvaceae [6]. This plant is rich in various bioactive components, including anthocyanins, flavonoids, and polyphenols [7]. Roselle has a long history of use in traditional medicine due to its recognized health benefits, which include anti–inflammatory effects, liver protection, antioxidant properties, and the ability to lower cholesterol, triglycerides, and blood sugar levels [7–9].

Currently, there is a significant global increase in the use of alternative therapies, particularly those involving natural and herbal medicines that contain phytochemicals. Before the development of natural products, assessing cytotoxicity in cell culture models is crucial for determining the appropriate concentrations for subsequent experiments. Therefore, this study aimed to investigate the *in vitro* antioxidant properties and cytotoxic effects of passion fruit seed extract (PFS) and roselle extract (RSE). Furthermore, the cytoprotective effects of both extracts on HepG2 cells induced by oleic acid (OA) were assessed.

Objective

The aim of this study is to elucidate the antioxidant properties and cytotoxic effects of PFS and RSE. Additionally, the cytoprotective of both extracts were assessed in HepG2 cell induced by OA.

Materials and Methods

Preparation of passion fruit seed extract (PFS) and roselle extract (RSE)

PFS and RSE were extracted according to our previous study by Chusongdam et al. [5]. The PFS and RSE were dissolved in DMSO and then diluted with deionized water to achieve a DMSO concentration of less than 0.1% for use in the cells. All PFS and RSE concentrations were filtered using a Minisart® syringe filter (0.45 µm) and subsequently stored at –20°C.

Antioxidant assay

DPPH (2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl) radical scavenging assay: The DPPH assay is a commonly employed technique for evaluating antioxidant activity. In this method, 0.1 mM DPPH is mixed with PFS and RSE at concentrations of 0, 0.1, 0.5, 1, 2.5, and 5 mg/mL. Vitamin C is used as a standard antioxidant at concentrations of 0, 1, 5, 10, 50, and 100 µg/mL. The resulting mixture is incubated in the dark at room temperature for 30 minutes. Absorbance is then measured using a microplate reader at a wavelength of 517 nm. The percentage of

DPPH radical scavenging activity is calculated using the appropriate formula derived from the absorbance measurements:

DPPH radical scavenging (%) = (Abscontrol – Abssample)/Abscontrol × 100

ABTS (2,2–azino–bis–3–ethylbenzothiazoline–6–sulphonic acid) radical scavenging assay: In this procedure, 90 µL of 0.7 mM ABTS is combined with PFS and RSE at concentrations of 0, 0.1, 0.5, 1, 2.5, and 5 mg/mL. Vitamin C serves as a standard antioxidant at concentrations of 0, 1, 5, 10, 50, and 100 µg/mL. The mixture is incubated in the dark at room temperature for 30 minutes. After incubation, absorbance is measured using a microplate reader at a wavelength of 734 nm. The percentage of ABTS radical scavenging activity is calculated using the appropriate formula derived from the absorbance measurements:

ABTS radical scavenging (%) = (Abscontrol – Abssample)/Abscontrol × 100

Cell culture and cytotoxicity assay

In this study, the human hepatoma HepG2 cell line (ATCC, USA) was maintained in Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM; Gibco, USA) with low glucose (1 g/L). The medium was supplemented with 10% heat–inactivated fetal bovine serum (Gibco, USA), 1% penicillin–streptomycin, and 1% L–glutamine (Gibco, USA). The cells were incubated at 37°C in a humidified environment containing 5% CO_2. For the cytotoxicity assay, HepG2 cells were cultured at a density of 1×10^4 cells per well in a 96–well plate in a 5% CO_2 incubator at 37°C for overnight. Following this, the cells were treated with various concentrations of atorvastatin (0, 0.1, 0.25, 0.5, 1, and 2.5 µM), metformin (0, 0.5, 1, 2.5, and 5 mM), or PFS and RSE at concentrations of 0, 10, 50, 100, 250, 500, and 1000 µg/mL for a duration of 72 hours. Cytotoxicity was assessed using the MTT assay. After treatment, each well received 0.5 mg/mL of MTT solution and was incubated in a 5% CO_2 environment for 2 hours. The resulting formazan crystals were then dissolved in DMSO, and absorbance was measured using a microplate reader at a wavelength of 570 nm.

Cytoprotective assay

The HepG2 cells were seeded in a 96–well plate at a density of 7×10^3 cells/well in low–glucose DMEM and incubated overnight in a 5% CO_2 environment at 37°C. The cells were then pre–treated for 24 hours with 2.5 µM atorvastatin, 1 mM metformin, and/or 100 µg/mL of PFS and RSE. Following this, the cells were treated for an additional 24 hours with the same concentrations of atorvastatin, metformin, PFS, and RSE in high–glucose DMEM (4.5 g/L glucose), along with 0.25 mM OA. After treatment, 0.5 mg/mL of MTT solution was added to each well and incubated for 2 hours in a 5% CO_2 atmosphere. The resulting formazan crystals were dissolved in DMSO, and absorbance was measured at 570 nm using a microplate reader.

Statistical analysis

The results were presented as mean ± standard error of the mean (SEM). Statistical comparisons were conducted using one–way analysis of variance (ANOVA), followed by a post–hoc least significant difference (LSD) test, all performed using SPSS software. A *p* value of less than 0.05 was considered indicative of a statistically significant difference among the experimental groups.

Results and Discussion

In vitro antioxidant activity of PFS and RSE

In this study, the antioxidant activities of PFS and RSE were evaluated using the DPPH and ABTS assays, with results compared to those of vitamin C (Figure 1). The IC_{50} value for the DPPH and ABTS assays of PFS were found to be 3.79 and 3.78 mg/mL, respectively. For RSE, the IC_{50} values were 4.58 mg/mL for DPPH and 3.67 mg/mL for ABTS. In comparison, the IC_{50} values for vitamin C were 4.68 µg/mL for DPPH and 4.38 µg/mL for ABTS. The findings from our study demonstrate that both PFS and RSE exhibit significant antioxidant activity as measured by the DPPH and ABTS assays. In the DPPH assay, PFS showed greater radical scavenging ability compared to RSE; conversely, in the ABTS assay, RSE displayed a higher radical scavenging capacity than PFS (Figure 1A and 1B). However, when compared to vitamin C (Figure 1C), both extracts exhibited lower antioxidant properties. Previous studies have shown that the seeds of the *P. edulis* variety possess antioxidant properties, with IC_{50} values for the DPPH assay ranging from 2.7 to 132.6 and an IC_{50} value of 9.0 mg/mL for the ABTS assay (3). Additionally, this study aligns with previous findings by Sukketsiri et al. [4], which reported that extracts from *P. edulis* seeds at a concentration of 1 mg/mL exhibited radical scavenging effects, achieving a value of 47.47 ± 0.26%. The antioxidant properties observed in our study may be attributed to the high levels of phenolic compounds, flavonoids, and carotenoids present in *P. edulis* seeds [4,10], although these specific compounds were not reported in our study. In earlier studies, the IC_{50} values for the DPPH and ABTS assays of roselle extract were reported to be 4.06 mg/mL and 3.7 mg/mL [11], respectively, which are similar to our findings. roselle extract contains a significant amount of anthocyanins, which contribute to its antioxidant activities [11]. Furthermore, the calyces of roselle extract demonstrate higher antioxidant activity compared to other parts of the plant, such as the seeds, leaves, and stems [12]. Consequently, our study reinforces the antioxidant activity of *P. edulis* seeds and roselle extract.

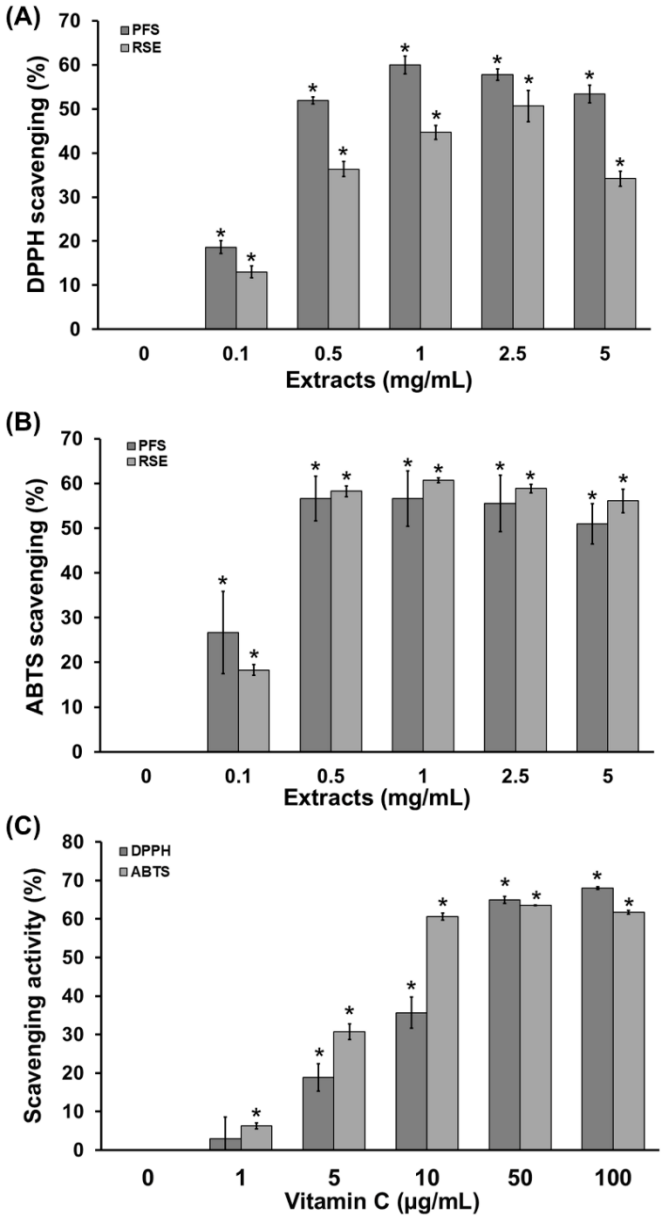


Figure 1 *In vitro* antioxidant activity of PFS and RSE. The results were presented as mean ± SEM (n=3) for the percentage of DPPH and ABTS radical scavenging. (A) DPPH radical scavenging activity of PFS and RSE; (B) ABTS radical scavenging activity of PFS and RSE; and (C) DPPH and ABTS radical scavenging activity of vitamin C. Statistical significance was assessed using LSD post-hoc analysis, with a significance level set at $p < 0.05$ (* indicates comparison to the 0 mg/mL).

Cytotoxicity of PSF, RSE, metformin, and atorvastatin on HepG2 cells

Evaluating the toxicity of natural product extracts or bioactive compounds is essential, particularly regarding their potential use in human health [13]. The MTT assay was used to evaluate the cell viability of HepG2 cells treated with PFS, RSE, metformin, and atorvastatin over a 72-hour period (Figure 2). Figure 2A shows that treatment with PFS at a concentration of 1000 µg/mL significantly reduced the viability of HepG2 cells. In contrast, concentrations of PFS ranging from 10 to 500 µg/mL

did not result in any significant changes in cell viability (Figure 2A). Other *in vitro* studies have indicated that MCF-7 and HSC-3 cell lines also experienced decreased viability when treated with higher concentrations of PFS, specifically at 800 µg/mL for 48 hours [14]. Additionally, it has been reported that the leaves and juice of *P. edulis* extract affect the cell viability of HepG2 cells [15]. Figure 2B illustrates the effect of RSE on the viability of HepG2 cells, showing that concentrations ranging from 10 to 1000 µg/mL did not exhibit any toxicity, indicating that RSE is safe for these cells. Previous studies have shown that RSE does not affect normal human dermal fibroblast (NHDF) and Jurkat T-lymphoblastic leukemia cells [16,17], which is consistent with the findings of our study. Figure 2C indicates that metformin concentrations of 2.5 to 5 mM significantly reduced the viability of HepG2 cells. Tawfik et al. [18] previously reported that metformin did not affect HepG2 cells after 24 hours of treatment, with an IC_{50} value of 44.08 mM for cell viability. Our study may confirm that long-term treatment with metformin reduces the viability of cancer cells, a finding that has been reported in several studies [19,20]. Figure 2D indicates that atorvastatin concentrations ranging from 0.1 to 2.5 µM did not significantly affect the viability of HepG2 cells. However, it has been reported that atorvastatin concentrations between 10 and 100 µM decreased the viability of HepG2 cells after 24 hours [21], and concentrations exceeding 500 µM also impacted cell viability over the same duration [22].

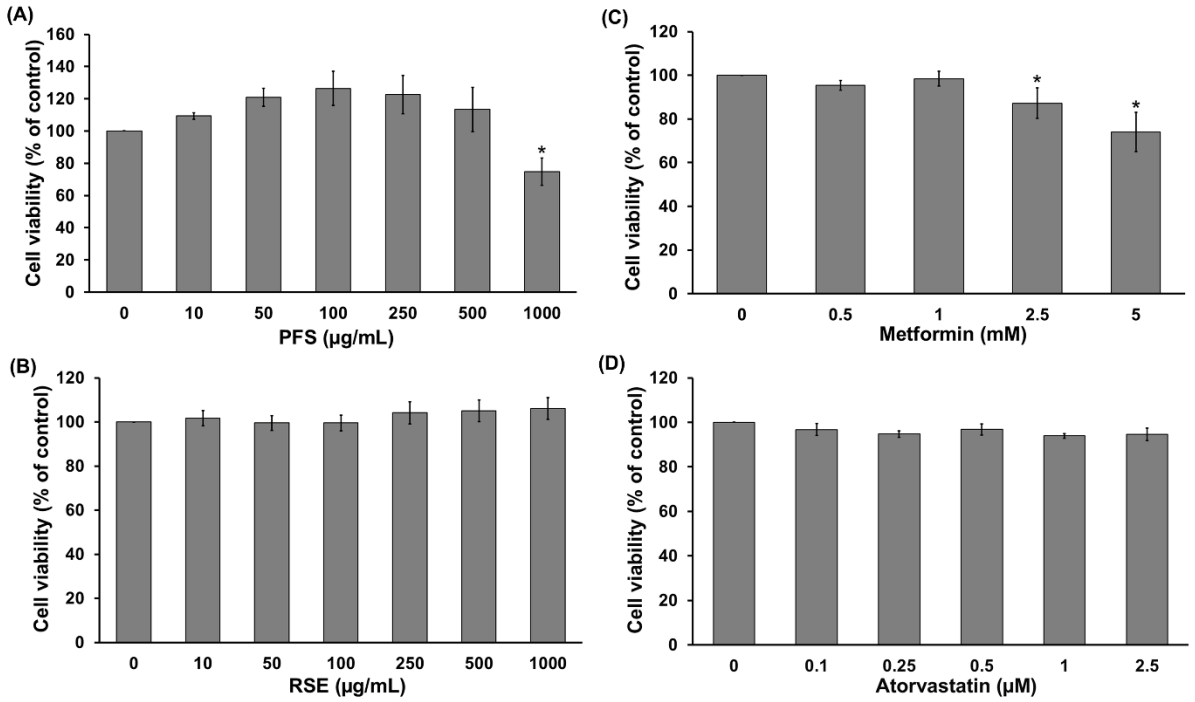


Figure 2 The cytotoxic effects on HepG2 cells were evaluated following treatment with PFS, RSE, metformin, and atorvastatin. (A) PFS; (B) RSE; (C) Metformin; (D) Atorvastatin. The results are expressed as mean ± SEM (n=4). Statistical significance was assessed using LSD post-hoc analysis, with a significance level set at $p < 0.05$ (* indicates comparison to the control group).

The cytoprotective effects of PFS, RSE, metformin, and atorvastatin in oleic acid (OA)–induced HepG2 cells

Various types of dietary fatty acids contribute differently to hepatic lipotoxicity in the development of non–alcoholic fatty liver disease (NAFLD) and insulin resistance [23,24]. Consequently, this study utilized OA to induce injury in HepG2 cells. HepG2 cells were pre–treated for 24 hours with PFS, RSE, metformin, and atorvastatin, either individually or in combination with the extracts. Following this, the cells were treated with OA for an additional 24 hours. The results indicate that the viability of the OA group decreased; however, this change was not statistically significant when compared to the control group (Figure 3). Pre–treatment with PFS and the combination of PFS with RSE significantly improved cell viability in OA–induced HepG2 cells. Conversely, the MET, MET+RSE, and ATOR+RSE groups were unable to protect the cells from the effects of OA (Figure 3). Our results suggest that both extracts provide protection against dietary fatty acids, potentially reducing the toxicity associated with fatty acid–induced hepatocyte injury.

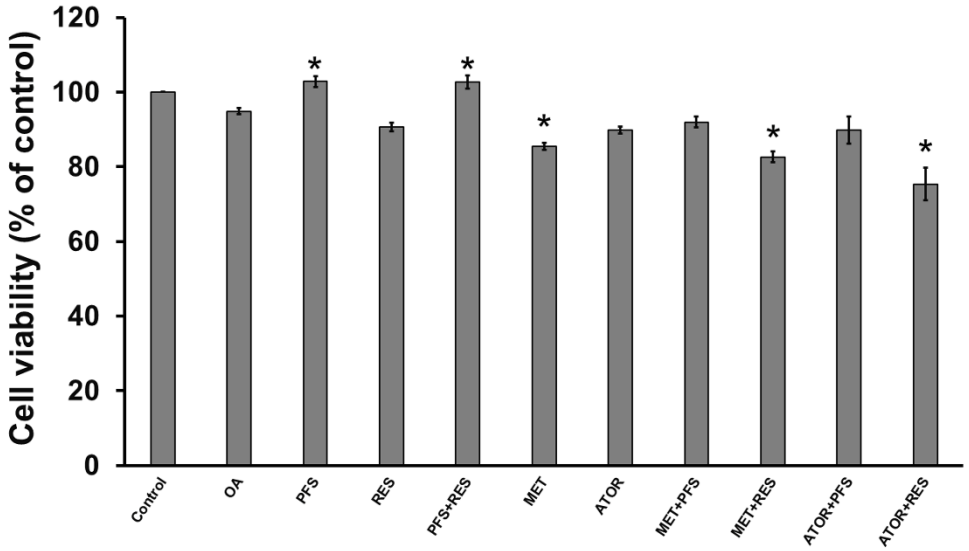


Figure 3 The cytoprotective effects of PFS, RSE, metformin, and atorvastatin in OA–induced HepG2 cells. The results are expressed as mean ± SEM (n=4). Statistical significance was assessed using LSD post–hoc analysis, with a significance level set at $p < 0.05$ (* indicates comparison to the OA group). OA = Oleic acid group, PFS = passion fruit seed extract group with OA, RSE = roselle extract group with OA, PFS+RSE = the combination of PFS with RSE and OA, MET = metformin group with OA, ATOR = atorvastatin group with OA, MET+PFS = the combination of metformin with PSF and OA, MET+RSE = the combination of metformin with RSE and OA, ATOR+PFS = the combination of atorvastatin with PFS and OA, ATOR+RSE = the combination of atorvastatin with RSE and OA

Conclusion

In conclusion, both PFS and RSE demonstrate notable antioxidant activity. The results from the *in vitro* model indicate that concentrations of 10–500 µg/mL for PFS, 10–1000 µg/mL for RSE, 0.5–1 mM for metformin, and 0.1–2.5 mM for atorvastatin are safe for HepG2 cells. Furthermore, only pre-treatment with PFS and the combination of PFS with RSE effectively protect the cells from OA-induced damage in HepG2 cells. For future studies, it would be beneficial to explore the mechanisms underlying the protective effects of PFS and RSE against OA-induced hepatocyte injury. Additionally, investigating the synergistic effects of these extracts with other antioxidants or therapeutic agents could provide insights into potential combined therapies for managing conditions like NAFLD and insulin resistance.

References

[1]. Rai, S., Nagar, JC., Mukim, M. Pharmacological and Medicinal Importance of Passiflora Edulis: A Review. International Journal of Research and Review 2022;9(4):341–9.

[2]. He, X., Luan, F., Yang, Y., Wang, Z., Zhao, Z., Fang, J., Wang, M., Zuo, M., Li, Y. Passiflora edulis: An Insight Into Current Researches on Phytochemistry and Pharmacology. Frontiers in Pharmacology 2020;11.

[3]. Kawakami, S., Morinaga, M., Tsukamoto-Sen, S., Mori, S., Matsui, Y., Kawama, T. Constituent Characteristics and Functional Properties of Passion Fruit Seed Extract. Life 2022;12(1):38

[4]. Sukketsiri, W., Daodee, S., Parhira, S., Malakul, W., Tunsophon, S., Sutthiwong, N., Tanasawet, S., Chonpathompikunlert, P. Chemical characterization of Passiflora edulis extracts and their in vitro antioxidant, anti-inflammatory, anti-lipid activities, and ex-vivo vasodilation effect. Journal of King Saud University-Science 2023;35(1):102431.

[5]. Chusongdam, S., Woonnoi, W., Moolsup, F., Aenglong, C., Chonpathompikunlert, P., Tanasawet S., Saetan, J., Sukketsiri, W. Suppression of Inflammation in Adipocyte-Macrophage Coculture by Passion Fruit Seed Extract: Insights into the p38 and NF-ƘB Pathway. Advance Pharmacological and Pharmaceutical Sciences 2024;(1):7990333.

[6]. Islam, MM. Food and Medicinal Values of Roselle (Hibiscus sabdariffa L. Linne Malvaceae) Plant Parts: A Review Review Article. Journal of Nutrition and Food Sciences 2019;1:1003.

[7]. Prasomthong, J., Limpeanchob, N., Daodee, S., Chonpathompikunlert, P., Tunsophon, S. Hibiscus sabdariffa extract improves hepatic steatosis, partially through IRS-1/Akt and Nrf2 signaling pathways in rats fed a high fat diet, Scientific Reports. 2022;12(1):7022

[8]. Fernández-Arroyo, S., Rodríguez-Medina, IC., Beltrán-Debón, R., Pasini, F., Joven, J., Micol, V., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A. Quantification of the polyphenolic fraction and in vitro antioxidant and in vivo anti-hyperlipemic activities of Hibiscus sabdariffa aqueous extract. Food Research International 2011;44(5):1490–5.

[9]. Huang, TW., Chang, CL., Kao, ES., Lin, JH. Effect of Hibiscus sabdariffa extract on high fat diet–induced obesity and liver damage in hamsters. Food & Nutrition Research 2015;59.

[10]. Sano, S., Sugiyama, K., Ito, T., Katano, Y., Ishihata, A. Identification of the strong vasorelaxing substance scirpusin B, a dimer of piceatannol, from passion fruit (Passiflora edulis) seeds. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2011;59(11):6209–13.

[11]. Wu, HY., Yang, KM., Chiang, PY. Roselle Anthocyanins: Antioxidant Properties and Stability to Heat and pH. Molecules 2018;23(6):1357

[12]. Mohd-Esa, N., Hern, FS., Ismail, A., Yee, CL. Antioxidant activity in different parts of roselle (Hibiscus sabdariffa L.) extracts and potential exploitation of the seeds. Food Chemistry 2010;122(4):1055–60.

[13]. Aenglong, C., Woonnoi, W., Tanasawet, S., Klaypradit, W., Sukketsiri, W. Impact of Time and Enzyme Concentration on Sangyod Rice Bran Hydrolysate: Phytochemicals, Antioxidants, Amino Acids, and Cytotoxicity. Rice 2024;17(1):1–18.

[14]. Sari, LM., Sari, DK., Bustami, A., Gazali, AD., Auerkari, EI. Cytotoxicity and apoptosis activities of passion fruit (Passiflora edulis Sims) seed extract on HSC-2, HSC-3, MCF-7, and HaCaT cell lines. Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research 2024;12(4):660–72.

[15]. Aguillón, J., Arango, SS., Uribe, DF., Loango, N. Citotoxyc and apoptotic activity of extracts from leaves and juice of passiflora edulis. Journal of Liver Research, Disorders & Therapy 2018; 4(2):67-71.

[16]. Awang, N., Aziz, NAA., Meng, CK., Kamaludin, NF., Mohamad, R., Yousof, SAM. Cytotoxic Activity of Roselle (Hibiscus sabdariffa L.) Calyx Extracts against Jurkat T-Lymphoblastic Leukaemia Cells. Journal of Biological Sciences 2019;19(2):137–42.

[17]. Itsarasook, K., Prompamorn, P., Tanghiranrat, J., Chantree, K., Itsarasuk, I. Antioxidant Activities and Cytotoxicity Effect on Normal Human Dermal Fibroblasts of Roselle (Hibiscus sabdariffa L.) Calyces Extracts and W/O/W Emulsion Loaded Extract for Cosmetic Applications. Journal of Food Health and Bioenvironmental Science 2023;16(2):38–48.

[18]. Tawfik, SM., Abdollah, MRA., Elmazar, MM., El-Fawal, HAN., Abdelnaser, A. Effects of Metformin Combined With Antifolates on HepG2 Cell Metabolism and Cellular Proliferation. Frontiers in Oncology 2022;12.

[19]. Binlateh, T., Tanasawet, S., Rattanaporn, O., Sukketsiri, W., Hutamekalin, P. Metformin Promotes Neuronal Differentiation via Crosstalk between Cdk5 and Sox6 in Neuroblastoma Cells. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 2019.

[20]. Hakimee, H., Hutamekalin, P., Tanasawet, S., Chonpathompikunler,t P., Tipmanee, V., Sukketsiri, W. Metformin Inhibit Cervical Cancer Migration by Suppressing the FAK/Akt Signaling Pathway. Asian Pacific Journal of Cancer Prevention 2019;20(12):3539.

[21]. Guo, L., Zheng, J., Zeng, H., Zhang, Z., Shao, G. Atorvastatin potentiates the chemosensitivity of human liver cancer cells to cisplatin via downregulating YAP1. Oncology Letter 2021;21(2).

[22]. Li, LZ., Zhao, ZM., Zhang, L., He, J., Zhang, TF., Guo, JB., Yu, L., Zhao, J., Yuan, XY., Peng, SQ. Atorvastatin induces mitochondrial dysfunction and cell apoptosis in HepG2 cells via inhibition of the Nrf2 pathway. Journal of Applied Toxicology 2019;39(10):1394–404

[23]. Birkenfeld, AL., & Shulman, GI. Non Alcoholic Fatty Liver Disease, Hepatic Insulin Resistance and Type 2 Diabetes. Hepatology 2014;59(2):713.

[24]. Ibrahim, SH., Kohli, R., Gores, GJ. Mechanisms of Lipotoxicity in NAFLD and Clinical Implications. Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition 2011;53(2):131.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัดของผู้สำเร็จการศึกษา 2562 – 2564 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร: กรณีศึกษา

Factors related to results of physical therapy license examination of graduates in 2019–2021, Faculty of Allied Health Naresuan University : Case Study8

ฐิติกัญญารัตน์ บุตรจันทร์จรัส[1*]
Thitikanyarat Butjanjarat[1*]

บทคัดย่อ

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัดของผู้สำเร็จการศึกษาประจำปี 2562–2564 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร กลุ่มตัวอย่างเจาะจงบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาจำนวน 156 คน เครื่องมือ Google From ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือหาค่า IOC ผลค่าความเที่ยงตรงทุกข้อ นำไปทดลอง (try out) เพื่อหา (Reliability) ได้ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.96 ระดับดีมาก และคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร รับรองแบบเร่งรัด เก็บรวบรวมข้อมูลทาง E–mail 3 เดือน วิเคราะห์สถิติหาค่า %และโปรแกรม SPSS โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p \leq 0.05$ และความสัมพันธ์ใช้ค่า Chi– squared test ผลการวิจัยพบว่า บัณฑิตตอบแบบสอบถามคืนมาจำนวน 88 คน (56.40%) ไม่พบผู้ที่สอบไม่ผ่าน ปัจจัยประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนด้านวิชาการ เห็นด้วยอย่างมาก (77.30%) การเตรียมความพร้อมเพื่อสอบใบประกอบอนุญาตประกอบวิชาชีพด้านทัศนติและภาวะทางจิตใจ เห็นด้วยอย่างมาก (87.50%) สรุปผลการวิจัย การตอบแบบสอบถามคืนกลับมาที่ต่ำกว่าปกติตลอดจนไม่มีผู้ที่สอบไม่ผ่าน จึงพบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัดของผู้สำเร็จการศึกษา สาขาวิชากายภาพบำบัด เห็นแนวโน้มบางประเด็นเริ่มมีความสัมพันธ์ ผู้วิจัยให้ข้อเสนอแนะควรรวบรวมแบบสอบถามให้ได้ 80.00% ควรสอบถามช่วงระยะเวลาบัณฑิตสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัดครั้งแรก และควรศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพด้านสหเวชศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

คำสำคัญ: ความสัมพันธ์, ใบประกอบวิชาชีพ, กายภาพบำบัด

[1] สาขากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ สังกัดมหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1] Physical therapy, Faculty of Allied Heaith Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

* Corresponding author: pawineeb@nu.ac.th

Abstract

Factors Related to the Results of the Physical Therapy Professional License Examination of Graduates in 2019–2021, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University. A specific sample of 156 graduates. Google From tool to check the quality of the IOC value search tool. The reliability result of all items was tried out to find the (Reliability) with a reliability level of 0.96, which is very good. The Human Research Ethics Committee, Naresuan University, approved the intensive type. Data was collected via E-mail for 3 months. Statistics were analyzed to find the % and SPSS program, setting the level of statistical significance at $p \leq 0.05$ and the relationship using the Chi-squared test. The research results found that 88 graduates (56.40%) returned the questionnaire. No one failed the exam. Factors of academic teaching efficiency Strongly agree (77.30%) Preparation for the professional license exam in optics and mental health Strongly agree (87.50%) Conclusion of the research results The return of the questionnaire was lower than normal and no one failed the exam. Therefore, it was found that the factors that are related to the results of the physical therapy license examination of the physical therapy graduates showed some trends that started to be related. The researchers suggest that The questionnaire should be collected to 80.00%. The time of the first physical therapy licensing examination of graduates should be inquired, and should study the factors related to the results of the allied health science professional licensing examinations.

Keywords: Relationship, Professional License, Physical Therapy

บทนำ

ตามพระราชบัญญัติวิชาชีพกายภาพบำบัด พ.ศ. 2547 ได้ให้ความหมายของวิชาชีพกายภาพบำบัดไว้ว่า เป็นวิชาชีพที่กระทำต่อมนุษย์เกี่ยวกับการตรวจประเมิน การวินิจฉัย และการบำบัดความบกพร่องของร่างกาย ซึ่งเกิดเนื่องจากภาวะของโรคหรือการเคลื่อนไหวที่ไม่ปกติ การป้องกัน การแก้ไขและการฟื้นฟูการเสื่อมสภาพความพิการของร่างกาย รวมทั้งการส่งเสริมสุขภาพร่างกายและจิตใจ ด้วยวิธีการทางกายภาพบำบัด หรือการใช้อุปกรณ์ทางกายภาพบำบัด ซึ่งเมื่อนักศึกษาสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด จำเป็นต้องดำเนินการผ่านการสอบวัดความรู้เพื่อขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัดตามข้อบังคับสภากายภาพบำบัด ว่าด้วยหลักเกณฑ์การสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด พ.ศ. 2559 โดยสภากายภาพบำบัดดำเนินการจัดสอบความรู้ ซึ่งประกอบด้วย 3 วิชา ได้แก่ รหัส 01 วิชากฎหมายจรรยาบรรณและการบริหารงาน รหัส 02 วิชาเทคนิคและวิธีการทางกายภาพบำบัด และรหัส 03 วิชากายภาพบำบัดในโรคและภาวะต่าง ๆ ซึ่งการประเมินผลสอบความรู้ ผู้สอบจะต้องได้คะแนนไม่น้อยกว่า% 60 ในแต่ละวิชาหรือตามเกณฑ์ที่คณะกรรมการสภาพกายภาพบำบัดกำหนด จึงจะถือว่าสอบผ่านความรู้ตามข้อบังคับ

ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้จัดการเรียนการสอนหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559 โดยได้กำหนดตัวบ่งชี้ผลการดำเนินงานของหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559 คือ %ของนิสิตที่สอบได้ใบประกอบวิชาชีพจากการสอบครั้งแรก % 70 ซึ่งนิสิตสำเร็จการศึกษาจากหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด จะต้องสอบเพื่อขอขึ้นทะเบียนรับใบอนุญาตประประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด และภาควิชากายภาพบำบัด ได้มีการดำเนินงานโครงการเตรียมความ

พร้อมเพื่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพเป็นประจำทุกปีการศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อให้นิสิตได้ทบทวนความรู้ในด้านทฤษฎี ปฏิบัติการและทักษะวิชาชีพ เพื่อเตรียมความพร้อมในการสอบขึ้นทะเบียนใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ สาขาวิชากายภาพบำบัด 2) เพื่อให้นิสิตทราบข้อมูล กำหนดการ รายละเอียดต่าง ๆ และแนวทางในการสอบขึ้นทะเบียนใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ สาขาวิชากายภาพบำบัด และได้มีการเชิญผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ อาจารย์ในภาควิชากายภาพบำบัด และนิสิตรุ่นพี่มาเป็นวิทยากรในการให้ความรู้

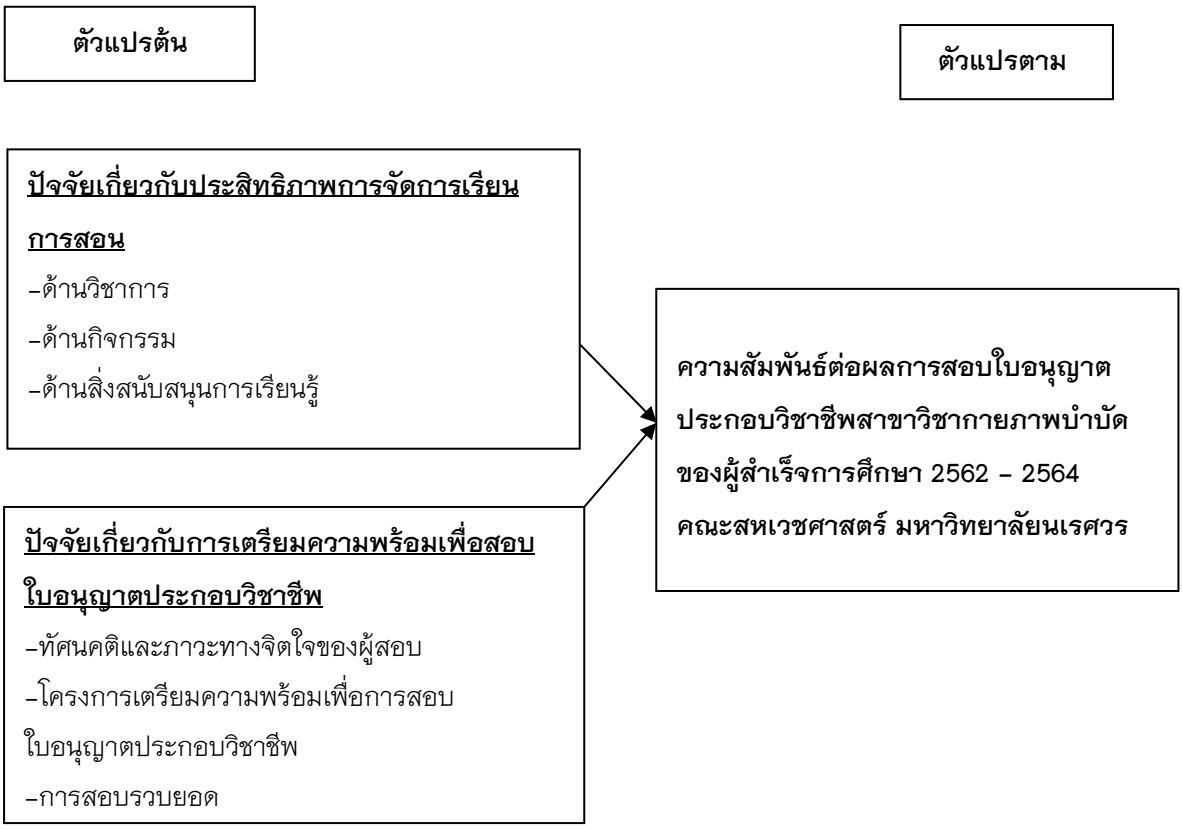
จากผลการสอบขอขึ้นทะเบียนรับใบอนุญาตประประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด ที่ผ่านมาในปีพุทธศักราช 2560 มีผู้ผ่านการสอบ 88.00% ปีพุทธศักราช 2561 ผ่าน 84.00% และปีพุทธศักราช 2562 ผ่าน 86.79% จะเห็นได้ว่า % ของนิสิตที่สอบขอขึ้นทะเบียนรับใบอนุญาตประประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัดมีแนวโน้มลดลง และวิชาที่นิสิตสอบไม่ผ่านนั้นจะเป็นวิชากฎหมายจรรยาบรรณ และการบริหารงาน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากหลายๆ ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น ปัจจัยส่วนตัวของนิสิตเอง ปัจจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน หรือปัจจัยเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมเพื่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ อย่างไรก็ตาม จากรายงานวิจัยของ จตุพร สุทธิวงษ์และเวทสินี แก้วขันตี (2560) ที่ระบุว่าปัจจัยดังกล่าวข้างต้นมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อผลการสอบประมวลความรู้เพื่อขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด ประสบการณ์จากการศึกษาดูงานในแต่ละรายวิชามีส่วนช่วยในการสอบได้ พบว่ามีความสัมพันธ์ต่อผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ใบประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้ที่ต้องการประกอบอาชีพนักกายภาพบำบัดในประเทศไทย การได้รับใบประกอบวิชาชีพนี้ไม่เพียงแค่ยืนยันความรู้และทักษะที่ได้รับการรับรองจากสภากายภาพบำบัด แต่ยังเปิดโอกาสให้พัฒนาตนเองในสายอาชีพอย่างต่อเนื่อง การเตรียมตัวสอบอย่างรอบคอบและมีความรู้ความเข้าใจที่ครบถ้วนจะช่วยให้ผู้ที่สนใจสามารถผ่านการสอบและเป็นนักกายภาพบำบัดที่มีคุณภาพได้อย่างมั่นใจ จากความสำคัญและที่มาดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการสอบความรู้เพื่อขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด ของนิสิตที่สำเร็จการศึกษา ประจำปีการศึกษา 2562-2564 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร : กรณีศึกษา โดยศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนด้านวิชาการ ด้านกิจกรรม ด้านสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ ปัจจัยเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมเพื่อสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ ด้านทัศนคติและภาวะทางจิตใจของผู้สอบ ด้านโครงการเตรียมความพร้อมเพื่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ และการสอบรวบยอด เพื่อเป็นแนวทางพัฒนาผลการสอบที่จะเกิดขึ้นในภายภาคหน้าต่อไปอย่างต่อเนื่อง

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลการสอบความรู้เพื่อขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัดของนิสิตที่สำเร็จการศึกษา สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน



วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณาประเภทหาความสัมพันธ์ (descriptive correlational research) กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง คือ บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในปีพุทธศักราช 2562 -2564 ปีพุทธศักราช 2562 จำนวน 48 คน ปีพุทธศักราช 2563 จำนวน 48 คน ปีพุทธศักราช 2564 จำนวน 60 คน รวมจำนวนทั้งสิ้น 156 คน

วิธีการเข้ากลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัย คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการเจาะจงติดต่อบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ทาง e-mail โดยนำมาจากฐานข้อมูลภาวะการมีงานทำ ประธานรุ่น และระบบศิษย์เก่าคณะสหเวชฯ

การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

ขั้นตอน/วิธีการเก็บข้อมูล

-วิธีการเก็บข้อมูล ด้วยการใช้แบบสอบถามออนไลน์ Google form ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2565 – กันยายน 2565 รวมระยะเวลา 3 เดือน ดังนี้

-ผู้วิจัยปฏิบัติงานบริการการศึกษา ตำแหน่งนักวิชาการศึกษา จะมีข้อมูลของกลุ่มอาสาสมัครจากฐานข้อมูลภาวะการมีงานทำของบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด

-ฐานข้อมูลที่พบ ชื่อ – สกุล เบอร์โทร E-mail และสถานที่ทำงานของกลุ่มอาสาสมัคร

-แจ้งขออนุญาตจากหัวหน้าภาควิชา อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย เพื่อทราบ

-ใช้วิธีการส่งแบบสอบถามออนไลน์ Google form ด้วยการทำ QR Code ให้แก่กลุ่มอาสาสมัคร ทาง

E-mail เพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม – กันยายน 2565 ซึ่งในแบบสอบถามออนไลน์ อธิบายถึงรายละเอียดข้อมูลของโครงการวิจัย วัตถุประสงค์ ประโยชน์ของโครงการวิจัย กับกลุ่มอาสาสมัครและข้อมูลคำอธิบายสำหรับอาสาสมัครในโครงการวิจัย กระบวนการขอความยินยอม และวิธีให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย (การลงลายมือชื่อ) ให้รับทราบเนื่องจากผู้วิจัยใช้วิธีการติดต่อการเก็บรวบรวมข้อมูลจากอาสาสมัครด้วยวิธีออนไลน์

-กลุ่มอาสาสมัครสแกน QR Code เพื่อเข้าไปดำเนินการตอบแบบสอบถามออนไลน์ โดยจะใช้เวลาตอบแบบสอบถามประมาณ 5-10 นาที

-ผู้วิจัยจะกำหนดระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นเวลา 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นจะรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามออนไลน์จากกลุ่มเป้าหมาย มาดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ แบบสอบถามแบบออนไลน์ Google From ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาเองโดยการศึกษาค้นคว้าทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จตุพร สุทธิวงษ์, เวทสินี แก้วขันตี (2560). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลกาสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัดของผู้สำเร็จการศึกษาประจำปี พ.ศ. 2556-2558 คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล : กรณีศึกษา วารสารกายภาพบำบัด สมาคมกายภาพบำบัดแห่งประเทศไทย ปีที่ 39 ฉบับที่ 3(2017) : กันยายน-ธันวาคม 2560 และดำเนินการสร้างแบบสอบถามตั้งชื่อเรื่องตามโครงการวิจัย เรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัด ของผู้สำเร็จการศึกษา ปี พ.ศ. 2562 – 2564 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

โดยแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลทั่วไป จำนวน 4 ข้อ ได้แก่ เพศ เกรดเฉลี่ย ปีที่สำเร็จ รายวิชาที่สอบผ่าน

ตอนที่ 2 ข้อมูลปัจจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน จำนวน 3 ด้าน 1.ด้านวิชาการ 8 ข้อ 2. ด้านกิจกรรม 3 ข้อ 3.ด้านสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ 4 ข้อ

ตอนที่ 3 ข้อมูลปัจจัยเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมเพื่อสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ จำนวน 3 ด้าน 1.ทัศนคติและภาวะทางจิตใจของผู้สอบ 8 ข้อ 2.โครงการเตรียมความพร้อมเพื่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ 5 ข้อ 3.การสอบรวบยอด 3 ข้อ รวมทั้งหมด 3 ตอน

รวมจำนวน 35 ข้อ โดยแบบสอบถามมีลักษณะคำถามแบบปลายปิด มีคำตอบให้เลือกตามระดับความคิดเห็นรูปแบบมาตราส่วนลิเคิร์ต ประกอบด้วยตัวเลือกจำนวน 3 ตัวเลือก ได้แก่ เห็นด้วยอย่างมาก เห็นด้วยปานกลาง ไม่เห็นด้วย และใช้การประเมินผลด้วยการหาค่า % และตอบได้เพียง 1 คำตอบ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัย ได้มีกระบวนการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1. นำแบบสอบถามเสนอ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย และหัวหน้าภาควิชากายภาพบำบัดพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขตามเสนอ

2. ผู้วิจัยเสนอแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย โดยทำบันทึกข้อความขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ดำเนินการตรวจสอบแบบสอบถามด้วยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์ IOC (Index of Item Objective Congruence) ผลที่ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง

ของข้อคำถามจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน รวมจำนวนข้อคำถามจากแบบสอบถาม จำนวน 35 ข้อ ได้คะแนน = 1.00 จำนวน 31 ข้อ ได้คะแนน = 0.60 จำนวน 4 ข้อ ผลข้อคำถามมีค่าความเที่ยงตรงใช้ได้ทุกข้อ

3. เครื่องมือที่ผ่านการตรวจสอบ IOC เรียบร้อย นำไปทดลอง (try out) เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามโดยใช้กับนิสิตชั้นปีที่ 4 จำนวน 40 คน สาขาวิชากายภาพบำบัด ผลการหาค่าความเชื่อมั่นโดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ระดับความเชื่อมั่นของแบบสอบถามเท่ากับ 0.96 ซึ่งถือได้ว่าอยู่ในระดับดีมาก แบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือและนำไปใช้กับกลุ่มอาสาสมัครได้

4. คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ดำเนินการให้การรับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นมาตรฐานสากล ได้แก่ Declaration of Helsinki, The Belmont Report, CIOMS Guideline และ International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice หรือ ICH GCP AF 08-09/5.0 COA NO.054/2022 IRB NO. P1-0005/2565) จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ นั้น คณะกรรมการฯ ได้พิจารณาโครงการวิจัยดังกล่าวแล้ว และ มีมติ รับรอง แบบเร่งรัด (Expedited Review) ดังเอกสารแนบ

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้วิเคราะห์ (Data Analysis and Statistics)

1. วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม วิเคราะห์โดยใช้วิธีการแจกแจงความถี่และหาค่า %

2. วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 19.0 โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p-value ≤ 0.05 โดย

3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยใช้ Chi- squared test

ตัวชี้วัดความสำเร็จ/ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

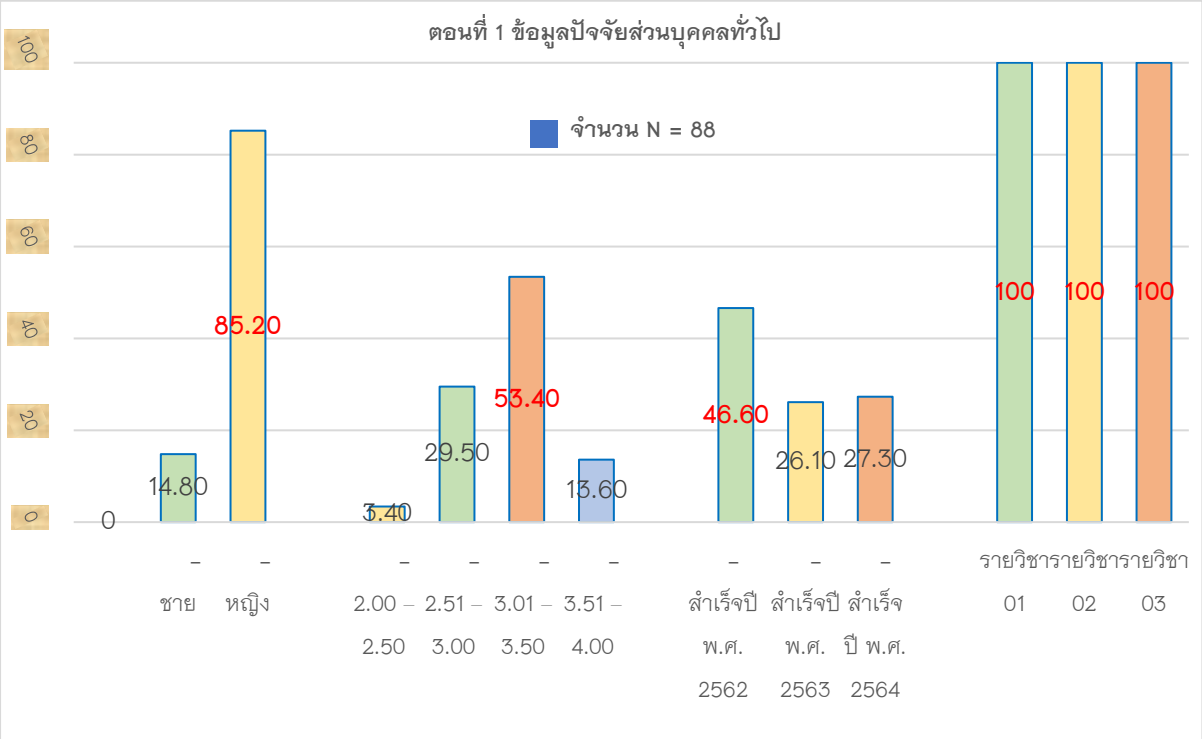
1. ภาควิชากายภาพบำบัดคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ทราบปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบขึ้นทะเบียนใบประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด

2. เพื่อนำผลงานวิจัยสถาบันมาวางแผนในการดำเนินงานโครงการเตรียมความพร้อมในการสอบใบประกอบวิชาชีพ

3. นำปัจจัยที่ได้มาวางแผนในจัดการเรียนการสอนของหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด

ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลทั่วไป



1.1 บัณฑิตสาขาวิชากายภาพบำบัดที่สำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2562 – 2654 รวมทั้งหมด 156 คน ตอบแบบสอบถามคืนกลับมา 88 คน (56.4%) ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง 75 คน (85.2%) และเพศชาย 13 คน (14.8%)

1.2 เกรดเฉลี่ยสะสม (GPA) ตลอดหลักสูตรที่สำเร็จการศึกษาอยู่ระหว่าง 3.01–3.50 มากที่สุด 47 คน (53.4%) รองลงมาเกรดเฉลี่ย 2.51–3.00 26 คน (29.5%) เกรดเฉลี่ย 3.51–4.00 12 คน (13.6%) และเกรดเฉลี่ย 2.00–2.50 3 คน (3.4%) ตามลำดับ

1.3 ปีพุทธศักราช ที่สำเร็จการศึกษา ตอบแบบสอบถามคือปี พ.ศ. 2562 41 คน (46.6%) รองลงมาปี พ.ศ. 2564 24 คน (27.3%) และปี พ.ศ. 2563 23 คน (26.1%)

1.4 รายวิชาที่นิสิตสอบผ่าน บัณฑิตสาขาวิชากายภาพบำบัด 88 คน (100%) เป็นผู้ที่สอบผ่านทั้ง 3 รายวิชา ได้แก่ รายวิชา 01 กฎหมายและจรรยาบรรณ รายวิชา 02 เทคนิคและวิธีการทางกายภาพบำบัด และรายวิชา 03 กายภาพบำบัดในโรค/ภาวะ/กลุ่มอาการ

ตารางที่ 2 ข้อมูลปัจจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน



2.1 ด้านวิชาการ ส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างมาก ได้แก่ ข้อ 2 การจัดการเรียนการสอนของภาควิชา ภาคบรรยาย มีส่วนช่วยการสอบอย่างยิ่ง และข้อ 7 การฝึกงาน/ประสบการณ์จากการฝึกปฏิบัติงาน มีส่วนช่วยการสอบได้ (77.3%) รองลงมาข้อ 4 อาจารย์ผู้สอน มีส่วนอย่างยิ่งต่อการสอบ (73.9%) ข้อ 8. ประสบการณ์จากการศึกษาดูงานในแต่ละรายวิชามีส่วนช่วยการสอบได้ (69.3%) ข้อ 1 หลักสูตรและการเรียนการสอนตามแผนการศึกษามีประสิทธิผลส่งผลให้บัณฑิตสามารถสอบผ่านได้ (65.9%) ข้อ 3 การจัดการเรียนการสอนของภาควิชา ภาคปฏิบัติมีส่วนช่วยการสอบอย่างยิ่ง (64.8%) ข้อ 6 อาจารย์ที่ปรึกษาทางวิชาการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการสอบ (60.2%) และ ข้อ 5 อาจารย์พิเศษมีส่วนอย่างยิ่งต่อการสอบ เห็นด้วยอย่างมากน้อยที่สุด (51.1%) ตามลำดับ

2.2 ด้านกิจกรรม ส่วนใหญ่เห็นด้วยปานกลาง ได้แก่ ข้อ 1 กิจกรรม Open camp AHS NU มีส่วนช่วยสอบอย่างยิ่ง และข้อ 3 กิจกรรมที่ทำกับสหพันธ์นิสิตนักศึกษาแห่งประเทศไทยมีส่วนช่วยการสอบอย่างยิ่ง (56.8) และเห็นด้วยอย่างมาก ข้อ 2 กิจกรรมพี่ช่วยน้องเรียน มีส่วนช่วยการสอบอย่างยิ่ง (55.7%) ตามลำดับ

2.3 ด้านสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ ส่วนใหญ่เห็นด้วยปานกลาง ได้แก่ ข้อ 4 มหาวิทยาลัยมีตำรา/เอกสาร/E-book เพื่อการเตรียมตัวสอบอย่างเพียงพอ เห็นด้วยปานกลาง (69.3) ข้อ 1 มหาวิทยาลัยมีการให้บริหารห้องสมุดที่เพียงพอ (55.7%) ข้อ 2 มหาวิทยาลัยมีการสนับสนุนห้องเรียนและห้องปฏิบัติการที่เพียงพอ (5.4%) และเห็นด้วยอย่างมาก ข้อ 3 มหาวิทยาลัยมีระบบสารสนเทศที่เพียงพอ เช่น คอมพิวเตอร์ เว็บไซต์ในการค้นหาข้อมูล (39.8%) ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ข้อมูลปัจจัยเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมเพื่อสอบใบประกอบอนุญาตประกอบวิชาชีพ



3.1 ด้านทัศนคติและภาวะทางจิตใจของผู้สอน ส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างมาก ได้แก่ ข้อ 2 การสอบเพื่อขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ เป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างยิ่ง (87.5%) ข้อ 6 แรงจูงใจในการเตรียมตัวสอบเป็นสิ่งสำคัญต่อการสอบเป็นอย่างยิ่ง (79.5%) ข้อ 7 ท่านเห็นว่าการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพผ่าน มีส่วนช่วยให้ท่านมีภาวะการมีงานทำได้เร็วขึ้น (73.9%) ข้อ 1 ท่านรู้สึกเครียด หรือวิตกกังวล ต่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด (68.2%) ข้อ 4 การแบ่งรายวิชาออกเป็น 3 รายวิชา ในการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัดของสภาวิชาชีพกายภาพบำบัด มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง (67%) และรองลงมาเห็นด้วยปานกลาง ข้อ 3 ช่วงเวลาในการจัดสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัดของสภาวิชาชีพกายภาพบำบัด มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง (54.5%) ข้อ 8 ท่านคิดว่าสนามสอบมีผลต่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ (42%) ตามลำดับ

3.2 ด้านโครงการเตรียมความพร้อมเพื่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ ส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างมาก ได้แก่ ข้อ 1 โครงการเตรียมความพร้อมเพื่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ สำคัญและจำเป็นต่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด รองลงมามีความคิดเห็นเท่า (75%) ข้อ 2 ท่านได้รับความรู้และมีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นในรายวิชา 01 กฎหมาย จรรยาบรรณ ข้อ 3 ท่านได้รับความรู้และมีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นในรายวิชา 02 เทคนิคและการรักษาทางกายภาพบำบัด ข้อ 5 วิทยากรที่ให้คำแนะนำและถ่ายทอดความรู้มีส่วนช่วยการสอบอย่างยิ่ง (67%) และข้อ 4 ท่านได้รับความรู้และมีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นในรายวิชา 03 กายภาพบำบัดในกลุ่มโรคและอาการ (65.9%) ตามลำดับ

3.3 ด้านการสอบรวบยอด ส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างมาก ได้แก่ ข้อ 1 การสอบรวบยอด มีส่วนช่วยในการเตรียมตัวก่อนการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด (62.5%) ข้อ3 วิธีการสอบรวบยอดมีความเหมาะสม (58%) และข้อ 2 เนื้อหาที่ทำการสอบรวบยอดครอบคลุมเพื่อการเตรียมตัวการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด (56.8%) ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง ปี พ.ศ. ที่สำเร็จ ปี 2526 – 2564 ที่มีต่อผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัดของผู้สำเร็จการศึกษา ปี พ.ศ. 2562 – 2564 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ข้อมูลปัจจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน		
ด้านวิชาการ	**ความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยใช้ Chi-squared test**	**p-value**
1. หลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนตามแผนการศึกษา มีประสิทธิภาพส่งผลให้บัณฑิตสามารถสอบผ่านได้	5.272	0.072
2. การจัดการเรียนการสอนของภาควิชา ภาคบรรยาย มีส่วนช่วยการสอบอย่างยิ่ง	0.714	0.700
3. การจัดการเรียนการสอนของภาควิชา ภาคปฏิบัติ มีส่วนช่วยการสอบอย่างยิ่ง	1.094	0.579
4. อาจารย์ผู้สอน มีส่วนอย่างยิ่งต่อการสอบ	5.523	0.063
5. อาจารย์พิเศษ มีส่วนอย่างยิ่งต่อการสอบ	4.245	0.374
6. อาจารย์ที่ปรึกษาทางวิชาการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการสอบ	4.276	0.370
7. การฝึกงาน/ประสบการณ์จากการฝึกปฏิบัติงาน มีส่วนช่วยการสอบได้	3.978	0.137

ข้อมูลปัจจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน		
ด้านวิชาการ	**ความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยใช้ Chi-squared test**	**p-value**
8. ประสบการณ์จากการศึกษาดูงานในแต่ละรายวิชา มีส่วนช่วยการสอบได้	6.929	**0.031**
ด้านกิจกรรม	**ความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยใช้ Chi-squared test**	**p-value**
1. กิจกรรม Open camp AHS NU มีส่วนช่วยการสอบอย่างยิ่ง	1.844	0.764
2. กิจกรรม พี่ช่วยน้องเรียน มีส่วนช่วยการสอบอย่างยิ่ง	5.374	0.251
3. กิจกรรมที่ทำกับสหพันธ์นิสิตนักศึกษาแห่งประเทศไทย มีส่วนช่วยการสอบอย่างยิ่ง	3.180	0.528
ด้านสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้	**ความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยใช้ Chi-squared test**	**p-value**
1. มหาวิทยาลัยมีการให้บริการห้องสมุดที่เพียงพอ	9.240	0.055
2. มหาวิทยาลัยมีการสนับสนุนห้องเรียน และห้องปฏิบัติการ ที่เพียงพอ	0.327	**0.035**
3. มหาวิทยาลัยมีระบบสารสนเทศที่เพียงพอ เช่น คอมพิวเตอร์ เว็บไซต์ในการค้นหาข้อมูล	8.041	0.090
4. มหาวิทยาลัยมีตำรา/เอกสาร/E-book เพื่อการเตรียมตัวสอบอย่างเพียงพอ	8.559	0.073

ข้อมูลปัจจัยเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมเพื่อสอบใบประกอบอนุญาตประกอบวิชาชีพ		
ทัศนคติและภาวะทางจิตใจของผู้สอบ	**ความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยใช้ Chi-squared test**	**p-value**
1. ท่านรู้สึกเครียด หรือวิตกกังวล ต่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด	3.483	0.480
2.การสอบเพื่อขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ เป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างยิ่ง	0.475	0.789
3. ช่วงเวลาในการจัดสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัดของสภาวิชาชีพกายภาพบำบัด มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง	5.294	0.258
4. การแบ่งรายวิชาออกเป็น 3 รายวิชา ในการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัดของสภาวิชาชีพกายภาพบำบัด มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง	7.979	0.092
5. การสอบผ่าน 3 วิชา ในการสอบครั้งแรกเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง	4.610	0.330
6. แรงจูงใจในการเตรียมตัวสอบ เป็นสิ่งสำคัญต่อการสอบเป็นอย่างยิ่ง	0.048	0.976

ข้อมูลปัจจัยเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมเพื่อสอบใบประกอบอนุญาตประกอบวิชาชีพ

ทัศนคติและภาวะทางจิตใจของผู้สอบ	ความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยใช้ Chi-squared test	p-value
7. ท่านเห็นว่าการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพผ่าน มีส่วนช่วยให้ท่านมีภาวะการมีงานทำได้เร็วขึ้น	6.973	0.137
8.ท่านคิดว่าสนามสอบมีผลต่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ	0.745	0.946
โครงการเตรียมความพร้อมเพื่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ	**ความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยใช้ Chi-squared test**	**p-value**
1. โครงการเตรียมความพร้อมเพื่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสำคัญและจำเป็นต่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด	0.361	0.835
2. ท่านได้รับความรู้และมีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นในรายวิชา 01 กฎหมายจรรยาบรรณ	2.879	0.578
3. ท่านได้รับความรู้และมีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นในรายวิชา 02 เทคนิคและการรักษาทางกายภาพบำบัด	4.830	0.305
4. ท่านได้รับความรู้และมีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นในรายวิชา 03 กายภาพบำบัดในกลุ่มโรคและอาการ	3.149	0.533
5. วิทยากรที่ให้คำแนะนำและถ่ายทอดความรู้ มีส่วนช่วยการสอบอย่างยิ่ง	3.034	0.552
การสอบรวบยอด	**ความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยใช้ Chi-squared test**	**p-value**
1. การสอบรวบยอด มีส่วนช่วยในการเตรียมตัวก่อนการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด	1.102	0.576
2. เนื้อหาที่ทำการสอบรวบยอดครอบคลุมเพื่อการเตรียมตัวการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด	3.223	0.521
3. วิธีการสอบรวบยอดมีความเหมาะสม	4.326	0.364

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยใช้ Chi-squared test จากการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปี พ.ศ. ที่สำเร็จการศึกษา กับ ผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัดของผู้สำเร็จการศึกษา ปี พ.ศ. 2562 – 2564 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลปัจจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน ด้านวิชาการ ด้านกิจกรรม และด้านสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ และข้อมูลเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมเพื่อสอบใบประกอบอนุญาตประกอบวิชาชีพ ด้านทัศนคติและภาวะทางจิตใจของผู้สอบ โครงการเตรียมความพร้อมเพื่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ และการสอบรวบยอด ผลการวิเคราะห์พบว่า มีค่ามากกว่า p-value > 0.05 การศึกษาครั้งนี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามจากผู้ที่ตอบแบบสอบถามคืนกลับมาน้อยก็ยังทำให้มองเห็นแนวโน้มบางประเด็นเริ่มมีความสัมพันธ์

สรุปผลและอธิปรายผล

ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลทั่วไปของบัณฑิตสาขาวิชากายภาพบำบัดที่สำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2562 – 2654 รวมทั้งหมด 156 คน ตอบแบบสอบถามคืนกลับมา 88 คน (56.4%) ซึ่งถือว่าน้อยเนื่องจากอาจจะเป็นเพราะบัณฑิตปฏิบัติงานประจำจึงไม่สะดวกตอบแบบสอบถามและสาเหตุหนึ่งไม่ได้เปิด E-mail และพบว่าเกรดเฉลี่ยสะสม (GPA) ตลอดหลักสูตรที่สำเร็จการศึกษาอยู่ระหว่าง 3.01–3.50 มากที่สุด 47 คน (53.4%) รองลงมาเกรดเฉลี่ย 2.51–3.00 26 คน (29.5%) เกรดเฉลี่ย 3.51–4.00 12 คน (13.6%) และเกรดเฉลี่ย 2.00–2.50 3 คน (3.4%) ตามลำดับ ปีพุทธศักราชที่สำเร็จการศึกษา ตอบแบบสอบถามมากคือปี พ.ศ. 2562 41 คน (46.6%) รองลงมาปี พ.ศ. 2564 24 คน (27.3%) และปี พ.ศ. 2563 23 คน (26.1%) และทั้ง 3 รายวิชา ได้แก่ รายวิชา 01 กฎหมายและจรรยาบรรณ รายวิชา 02 เทคนิคและวิธีการทางกายภาพบำบัด และรายวิชา 03 กายภาพบำบัดในโรค/ภาวะ/กลุ่มอาการ บัณฑิตสาขาวิชากายภาพบำบัด สอบผ่าน (100%)

ปัจจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน <u>ด้านวิชาการ</u> พบว่าส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างมาก ได้แก่ ข้อ 2 การจัดการเรียนการสอนของภาควิชา ภาคบรรยาย มีส่วนช่วยการสอบอย่างยิ่ง และข้อ 7 การฝึกงาน/ประสบการณ์จากการฝึกปฏิบัติงาน มีส่วนช่วยการสอบได้ (77.3%) รองลงมาข้อ 4 อาจารย์ผู้สอน มีส่วนอย่างยิ่งต่อการสอบ (73.9%) ข้อ 8. ประสบการณ์จากการศึกษาดูงานในแต่ละรายวิชามีส่วนช่วยการสอบได้ (69.3%) ข้อ 1 หลักสูตรและการเรียนการสอนตามแผนการศึกษามีประสิทธิผลส่งผลให้บัณฑิตสามารถสอบผ่านได้ (65.9%) ข้อ 3 การจัดการเรียนการสอนของภาควิชา ภาคปฏิบัติมีส่วนช่วยการสอบอย่างยิ่ง (64.8%) ข้อ 6 อาจารย์ที่ปรึกษาทางวิชาการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการสอบ (60.2%) และ ข้อ 5 อาจารย์พิเศษมีส่วนอย่างยิ่งต่อการสอบ เห็นด้วยอย่างมากน้อยที่สุด (51.1%) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามปัจจัยดังกล่าวข้างต้น ไม่มีความสัมพันธ์ต่อผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งไม่สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ จตุพร สุทธิวงษ์และเวทสินี แก้วขันตี (2560) ที่ระบุว่าปัจจัยดังกล่าวข้างต้นมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อผลการสอบประมวลความรู้เพื่อขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด แต่สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ เกศราภรณ์ ชูพันธ์, พนิดา พาลี, และปริศนา ยิ่งราษฎร์สุข (2563) ที่ระบุว่าความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนการสอนของวิทยาลัย ไม่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบความรู้เพื่อรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลและผดุงครรภ์ **<u>ด้านกิจกรรม</u>** พบว่าส่วนใหญ่เห็นด้วยปานกลาง ได้แก่ ข้อ 1 กิจกรรม Open camp AHS NU มีส่วนช่วยสอบอย่างยิ่ง และข้อ 3 กิจกรรมที่ทำกับสหพันธ์นิสิตนักศึกษาแห่งประเทศไทยมีส่วนช่วยการสอบอย่างยิ่ง (56.8) และเห็นด้วยอย่างมาก ข้อ 2 กิจกรรมพี่ช่วยน้องเรียน มีส่วนช่วยการสอบอย่างยิ่ง (55.7%) ตามลำดับและกิจกรรม Open camp AHS NU มีส่วนช่วยการสอบตามลำดับ ทั้งนี้ บัณฑิตเห็นด้วยว่าปัจจัยดังกล่าวมีส่วนช่วยในการสอบในระดับปานกลาง เมื่อศึกษาความสัมพันธ์พบว่าปัจจัยดังกล่าวข้างต้น ไม่มีความสัมพันธ์ต่อผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัด ซึ่งไม่สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ สกาวเดือน โอดมี ศุภวรรณ ธนุภาพรังสรรค์ วราภา สิทธาภิมย์ และชยมน บุญลักษณ์ (2560) ที่ระบุว่าปัจจัยสนับสุนนด้านสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการเตรียมตัวสอบในด้านแหล่งค้นคว้าหาความรู้ มีความสัมพันธ์ต่อการเตรียมความรู้ก่อนสอบขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตฯ เหตุผลว่าที่ไม่สอดคล้องอาจจะเนื่องมาจากช่วงที่บัณฑิตเข้าร่วมกิจกรรมนั้นไม่มีกิจกรรมใดที่จะเสริมสร้างความรู้ในการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ **<u>ด้านสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้</u>** พบว่าข้อที่บัณฑิตมีความเห็นว่ามีส่วนช่วยในการสอบเรียงลำดับจากมากไปน้อยที่สุด ได้แก่ ข้อ 4 มหาวิทยาลัยมีตำรา/เอกสาร/E-book เพื่อการเตรียมตัวสอบอย่างเพียงพอ เห็นด้วยปานกลาง (69.3) ข้อ 1 มหาวิทยาลัยมีการให้บริหารห้องสมุดที่เพียงพอ (55.7%) ข้อ 2 มหาวิทยาลัยมีการสนับสนุนห้องเรียนและห้องปฏิบัติการที่เพียงพอ (5.4%) และเห็นด้วยอย่างมาก ข้อ 3 มหาวิทยาลัยมีระบบสารสนเทศที่เพียงพอ เช่น คอมพิวเตอร์ เว็บไซต์ในการค้นหา

ข้อมูล (39.8%) ตามลำดับสำหรับปัจจัยด้านสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ พบว่าปัจจัยดังกล่าว ไม่มีความสัมพันธ์ต่อผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัด ซึ่งไม่สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ สกาวเดือน โอดมี ศุภวรรณ ธนุภาพรังสรรค์ วราภา สิทธาภิมย์ และชยมน บุญลักษณ์ (2560) ที่ระบุว่าปัจจัยสนับสุนนด้านสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการเตรียมตัวสอบในด้านแหล่งค้นคว้าหาความรู้ มีความสัมพันธ์ต่อการเตรียมความรู้ก่อนสอบขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตฯ เหตุผลว่าที่ไม่สอดคล้องอาจจะเนื่องมาจาก ในช่วงที่บัณฑิตเตรียมการสอบ เป็นช่วงที่บัณฑิตไม่ได้เข้าใช้สิ่งอำนวยความสะดวกดังกล่าว ที่มหาวิทยาลัย โดยเมื่อบัณฑิตสำเร็จการศึกษาในช่วงปลายเดือนมีนาคม บัณฑิตส่วนใหญ่ เตรียมตัวในการสอบจากที่พักของตนเอง จึงมีโอกาสน้อยในการใช้สิ่งอำนวยความสะดวกที่ทางมหาวิทยาลัยจัดให้ อย่างไรก็ตาม บัณฑิตยังคงสามารถใช้เว็บไซต์ในการค้นหาข้อมูล นอกจากนี้ หากมีแหล่งในการเรียนรู้ออนไลน์ให้กับบัณฑิต อาจเป็นส่วนช่วยสนับสนุนให้บัณฑิตสามารถศึกษาด้วยตนเองเพิ่มเติม เพื่อเตรียมความพร้อมในการสอบได้

ข้อมูลปัจจัยเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมเพื่อสอบใบประกอบอนุญาตประกอบวิชาชีพ

ด้านทัศนติและภาวะทางจิตใจของผู้สอบ พบว่าการสอบเพื่อขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพเป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เห็นด้วยอย่างมาก 87.5% แรงจูงใจในการเตรียมตัวสอบเป็นสิ่งสำคัญต่อการสอบเป็นอย่างยิ่ง เห็นด้วยอย่างมาก 79.5% ท่านเห็นว่าการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพผ่าน มีส่วนช่วยให้ท่านมีภาวะการมีงานทำได้เร็วขึ้น เห็นด้วยอย่างมาก 73.9% ท่านรู้สึกเครียด หรือวิตกกังวล ต่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด เห็นด้วยอย่างมาก 68.2% การแบ่งรายวิชาออกเป็น 3 รายวิชา ในการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัดของสภาวิชาชีพกายภาพบำบัด มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง เห็นด้วยอย่างมาก 67.0% การสอบผ่าน 3 วิชา ในการสอบครั้งแรกเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เห็นด้วยอย่างมาก 67.0% ช่วงเวลาในการจัดสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัดของสภาวิชาชีพกายภาพบำบัด มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง เห็นด้วยปานกลาง 54.5% ตามลำดับ สำหรับปัจจัยด้านทัศนติและภาวะทางจิตใจของผู้สอบ พบว่าปัจจัยดังกล่าวไม่มีความสัมพันธ์ต่อผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับกับรายงานวิจัยของ เกศราภรณ์ ชูพันธ์, พนิดา พาลี, และปริศนา ยิ่งราษฎร์สุข (2563) ที่ระบุว่าเจตคติ ไม่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบความรู้เพื่อรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลและผดุงครรภ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ เหตุผลที่ไม่มีความสัมพันธ์นั้นอาจเนื่องมาจากความภาคภูมิใจที่สามารถสอบผ่านการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ เป็นการสร้างชื่อเสียงให้แก่คณะ และเป็นการเพิ่มมาตรฐานวิชาชีพ **โครงการเตรียมความพร้อมเพื่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ** พบว่าโครงการเตรียมความพร้อมเพื่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ สำคัญและจำเป็นต่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด เห็นด้วยอย่างมาก 75.0% ท่านได้รับความรู้และมีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นในรายวิชา 01 กฎหมายจรรยาบรรณ ท่านได้รับความรู้และมีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นในรายวิชา 02 เทคนิคและการรักษาทางกายภาพบำบัด วิทยากรที่ให้คำแนะนำและถ่ายทอดความรู้ มีส่วนช่วยการสอบอย่างยิ่ง เห็นด้วยอย่างมากเท่ากัน 67.0% ท่านได้รับความรู้และมีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นในรายวิชา 03 กายภาพบำบัดในกลุ่มโรคและอาการ เห็นด้วยอย่างมาก 65.9% ตามลำดับสำหรับปัจจัยโครงการเตรียมความพร้อมเพื่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ พบว่าปัจจัยดังกล่าว ไม่มีความสัมพันธ์ต่อผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ วิลัยพร นุชสุธรรม และคณะ (2556) ที่พบว่าการเตรียมความพร้อมในการสอบขอขึ้นทะเบียนรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์ชั้นหนึ่ง ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 เหตุผลการศึกษาครั้งนี้ที่เป็นไปได้ว่า ไม่มีความสัมพันธ์ อาจเป็นเพราะบัณฑิต มีความตระหนักถึงช่วงเวลาในการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ จึงมีความตั้งใจ และมีการใส่ใจเป็นอย่างดี อีกทั้งโครงการหรือกิจกรรมเตรียมความพร้อมเพื่อสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ ยังมีอาจารย์ รุ่นพี่ และวิทยาที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญเป็น

ผู้ถ่ายทอดการให้ความรู้ ส่งเสริม สนับสนุน ถ่ายทอดองค์ความรู้ การทบทวนความรู้ที่เกี่ยวข้องตั้งแต่เรียนมา และมีการเน้นประเด็นสำคัญ ๆ ในการเตรียมความพร้อม และเป็นการจัดในขณะที่บัณฑิตเรียนในภาคการศึกษาปลายหรือชั้นปีสุดท้าย จากเหตุผลดังกล่าวการเตรียมความพร้อมเพื่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ จึงไม่มีความสัมพันธ์ต่อผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัด **ด้านการสอบรวยยอด** พบว่าการสอบรวบยอด มีส่วนช่วยในการเตรียมตัวก่อนการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด เห็นด้วยอย่างมาก (62.5%) วิธีการสอบรวบยอดมีความเหมาะสม เห็นด้วยอย่างมาก (58.0%) และเนื้อหาที่ทำการสอบรวบยอดครอบคลุมเพื่อการเตรียมตัวการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด เห็นด้วยอย่างมาก (56.8%) ตามลำดับ ปัจจัยการสอบรวบยอดดังกล่าว พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ต่อผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งไม่สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ วิลัยพร นุชสุธรรม และคณะ (2556) ที่พบว่าผลการสอบประมวลความรู้ มีความสัมพันธ์กับผลการสอบขอขึ้นทะเบียนรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์ชั้นหนึ่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 นอกจากนี้ยังมีผลงานวิจัยหลายเรื่องที่พบว่า ผลการสอบรวบยอดของสถาบันอุดมศึกษาเอกชน เพียงปัจจัยเดียวที่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพทางการพยาบาลและผดุงครรภ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 งานวิจัยของ สกาวเดือน โอดมี, ศุภวรรณ ธนุภาพรังสรรค์, วราภา สิทธาภิรมย์, ชยมน บุณลักษณ์ วารสารสุขภาพกับการจัดการสุขภาพ ปีที่ 4 ฉบับที่ 1–2 มกราคม–ธันวาคม (2561) ทั้งนี้ เหตุผลที่ไม่สอดคล้องนั้น อาจจะเนื่องมาจากความแตกต่างในการจัดสอบเพื่อให้บัณฑิตได้ประเมินความรู้ความสามารถของตนเองก่อนการสอบขอขึ้นทะเบียนรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพฯ โดยให้บัณฑิตทำข้อสอบเสมือนตามตารางวิเคราะห์ข้อสอบเช่นเดียวกับข้อสอบวัดความรู้ของสภาฯ และจัดสภาพการณ์ให้ใกล้เคียงกับสภาพการณ์การสอบมากที่สุด มีการประกาศผลสอบให้บัณฑิตรับทราบเพื่อให้บัณฑิตประเมินตนเองและปรับปรุงตนเองในรายวิชาที่บัณฑิตทำคะแนนได้น้อยรวมทั้งจัดให้บัณฑิตได้มีการสอบซ้ำอีกจนกว่าจะได้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อให้บัณฑิตมีความเข้าใจเนื้อหาวิชามากขึ้นและมีทักษะในการทำข้อสอบ จากเหตุผลดังกล่าวอาจเป็นเหตุให้บัณฑิตมีความพร้อมและมีความมั่นใจในการสอบ

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ภาควิชากายภาพบำบัด ควรจัดโครงการเตรียมความพร้อมเพื่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ เป็นประจำทุกปีการศึกษา และควรมีวิทยากรและหรืออาจารย์ เป็นวิทยากรบรรยาย เหตุผลที่ต้องจัดทุกปีเนื่องจากนิสิตแต่ละรุ่นนั้น อาจจะมีความรู้ความสามารถ ความพร้อม และความแตกต่างกันทางด้านสติปัญญา การรับรู้ของแต่ละบุคคล

2. ควรมีการรวบรวมข้อสอบเก่า ๆ ไม่เกิน 5 ปี และเปิดโอกาสให้นิสิตฝึกทำข้อสอบร่วมกับหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อเป็นแนวทางส่งเสริมความรู้เพื่อการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด

3. ความรู้ด้านกฎหมาย ควรสอดแทรกเข้ามาในรายวิชาที่เกี่ยวข้องในทุกชั้นปีเพื่อเป็นการสร้างองค์ความรู้เพื่อนำไปใช้ในการสอบต่อไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาปัจจัยความสัมพันธ์ต่อผลการสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพทางด้านสหเวชศาสตร์ เช่น สาขาเทคนิคการแพทย์ สาขารังสีเทคนิค สาขาเทคโนโลยีหัวใจและทรวงอก สาขาทัศนมาตรศาสตร์

2. ควรศึกษาถึงปัจจัยทางด้านอื่น ๆ ที่มีผลกระทบหรือปัญหาอุปสรรค ต่อการสอบใบอนุญาตสอบใบประกอบวิชาชีพ

3. ควรศึกษาเปรียบเทียบการสอบผ่านใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัด โดยศึกษาเปรียบเทียบกับบัณฑิตแต่ละรุ่นและหรือมหาวิทยาลัยอื่น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินรายได้จากคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ขอขอบคุณ ผศ.ดร.กภ.สุวลี นามวงษา อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย รศ.ดร.กภ.กนกวรรณ ศรีสุภรกรกุล รศ.ดร.กภ.ไชยยงค์ จรเกตุ และ อ.กภ.โอปอร์ วีรพันธุ์ อาจารย์ผู้ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ผศ.ดร.กภ.วรุณนภา ศรีโสภาพ ผศ.ดร.กภ.จุฑาลักษณ์ กองสุข อาจารย์แนะนำด้านสถิติ ขอบคุณกลุ่มอาสาสมัครนิสิตชั้นปีที่ 4 และที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งขอขอบคุณบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา สำหรับการช่วยเหลือให้ข้อมูลเพื่องานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กองแผนงาน มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2562-2564). **รายงานภาวะการมีงานทำของบัณฑิตที่สำเร็จปีการศึกษา 2562**- 2564.

เกศราภรณ์ ชูพันธ์, พนิดา พาสี, และปริศนา ยิ่งราษฎ์สุข (2563). **ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบความรู้เพื่อรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลและผดุงครรภ์ของผู้สำเร็จการศึกษาจากวิทยาลัยพยาบาลราชชนี เชียงใหม่ ปีการศึกษา 2560.** *วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและการสาธารณสุขภาคใต้* ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 พฤษาคม-สิงหาคม.

จตุพร สุทธิวงษ์, และเวทสินี แก้วขันตี (2560). ***ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลกาสอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัดของผู้สำเร็จการศึกษาประจำปี พ.ศ. 2556-2558 คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล : กรณีศึกษา*** *วารสารกายภาพบำบัด สมาคมกายภาพบำบัดแห่งประเทศไทย* ปีที่ 39 ฉบับที่ 3 (2017) : กันยายน-ธันวาคม.

ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์. (2559). **หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.**

วิลัยพร นุสุธรรม, ลาวัลย์ สมบูรณ์, เทียมศร ทองสวัสดิ์ และคณะ (2556). **ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบขอขึ้นทะเบียนรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์ชั้นหนึ่งของบัณฑิตคณะพยาบาลศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย.** *พยาบาลสาร*ปีที่ 40 ฉบับพิเศษ มกราคม พ.ศ. 2556.

ระบบทะเบียนออนไลน์ E-Registrar มหาวิทยาลัยนเรศวร (2565) สืบค้น กรกฎาคม 2565 จาก **http://www.reg.nu.ac.th/**

สกาวเดือน โอดมี, ศุภวรรณ ธนุภาพรังสรรค์, วราภา สิทธาภิรมย์, และชยมน บุณลักษณ์. (2561) **ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการสอบขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพทางการพยาบาลและผดุงครรภ์ชั้นหนึ่งของบัณฑิตพยาบาลวิทยาลัยเซนต์หลุยส์.** *วารสารสุขภาพกับการจัดการสุขภาพ* ปีที่ 4 ฉบับที่ 1–2 มกราคม–ธันวาคม 2561.

สภากายภาพบำบัด. (2549). **ข้อบังคับสภากายภาพบำบัด ว่าด้วยหลักเกณฑ์การสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด พ.ศ. 2549.** สภากายภาพบำบัด (2562)

สภากายภาพบำบัด. (2560) **รายงานผลการสอบผู้สอบใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสาขาวิชากายภาพบำบัด.**

วารสารกายภาพบำบัด สมาคมกายภาพบำบัดแห่งประเทศไทย (2564) สืบค้นจาก https://he02.tci-thaijo.org/index.php/tjpt/

การวิ่งเพื่อสุขภาพเพิ่มสมรรถภาพความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจในนักวิ่งเพื่อสุขภาพ

Regular running induced increases of heart rate variability capacity in non-professional runners

พจน์ พงศ์เผ่าพัฒนกุล[1*], สุดารัตน์ มาโต[1] และ วริศรา ศรีสอาด[1]

Pott Pongpaopattanakul[1*], Sudarat Mato[1], Warisara Srisaart[1]

บทคัดย่อ

ค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ (HRV) คือความแตกต่างของระยะเวลาของการเต้นของหัวใจในแต่ละครั้ง การออกกำลังกายเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า HRV เพิ่มระดับระบบประสาทพาราซิมพาเทติกขณะพัก HRV ถูกใช้ในการติดตามระดับความฟิตและการพักฟื้นในกลุ่มนักกีฬาอาชีพ อย่างไรก็ตาม ข้อมูล HRV ในนักวิ่งเพื่อสุขภาพกลับมีอยู่อย่างจำกัด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการวิ่งออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอต่อค่า HRV ในกลุ่มนักวิ่งเพื่อสุขภาพ โดยมีนักวิ่ง 16 คน และอาสาสมัครสุขภาพดี 16 คน เข้ารับการบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจโดยใช้ Holter monitor รายงานผลเป็นค่า HRV ในโดเมนเวลาและความถี่ พร้อมวัดอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตในขณะพัก ขณะบีบมือ-คลายมือ และขณะพักฟื้น ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าในขณะพัก กลุ่มนักวิ่งมีค่า standard deviation of NN interval (SDNN) (74.50 (48.50 – 238.30) ms vs. 170.00 (94.50 – 368.00) ms, P = 0.0415) ค่า low frequency (LF) (0.19 (0.11 – 0.96) vs. 0.58 (0.21 – 2.10), P = 0.0394) และค่า low frequency/ high frequency (LF/HF) (0.86 (0.69 – 1.17) vs. 1.45 (1.07 – 1.57), P = 0.0006) มากกว่าอาสาสมัครสุขภาพดี การบีบมือ-คลายมือเพิ่มอัตราการเต้นหัวใจและความดันโลหิตซิสโทลิกได้ในอาสาสมัครทั้งหมด ในกลุ่มนักวิ่งพบการเปลี่ยนแปลงของค่า PP interval (41.25 ± 76.38 ms vs. 172.60 ± 202.80 ms, P = 0.0216) ที่มากกว่าหลังการบีบมือ-คลายมือ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่า maximum oxygen consumption (VO2 max) และค่า HRV โดยสรุป การวิ่งออกกำลังสม่ำเสมอเพิ่มความสามารถในการปรับเปลี่ยนอัตราการเต้นหัวใจ เพิ่มค่า HRV ในขณะพักและเพิ่มระดับการเปลี่ยนแปลงที่กว้างกว่าเมื่อมีกิจกรรมทางกาย

คำสำคัญ: ค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ, นักวิ่ง, การออกกำลังกายเพื่อฝึกความอดทน

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีหัวใจและทรวงอก คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1] Cardio-Thoracic Technology Department, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, Phitsanulok, 65000

* Corresponding author: pottp@nu.ac.th

Abstract

Heart rate variability (HRV), which reflects the time variation of heartbeats recorded by electrocardiogram (ECG), is influenced by endurance training such as marathon running. This type of training increases resting parasympathetic tone and alters HRV. While HRV is widely used to monitor physical fitness and recovery in professional athletes, data on HRV in recreational runners remain limited. This study investigates the effect of regular running on HRV parameters in non-professional runners. Sixteen runners and sixteen healthy controls underwent ECG recordings using a Holter monitor, with data analyzed for time-domain and frequency-domain indices. Heart rate (HR) and blood pressure (BP) were assessed at baseline, during handgrip exercise (HG), and recovery. At rest, runners exhibited significantly higher standard deviation of NN intervals (SDNN) (74.50 (48.50–238.30) ms vs. 170.00 (94.50–368.00) ms, P = 0.0415), low frequency (LF) power (0.19 (0.11–0.96) vs. 0.58 (0.21–2.10), P = 0.0394), and low frequency/high frequency (LF/HF) ratio (0.86 (0.69–1.17) vs. 1.45 (1.07–1.57), P = 0.0006) compared to controls. HG induced increases in HR and systolic BP in all participants, but runners demonstrated a greater change in PP interval (41.25 ± 76.38 ms vs. 172.60 ± 202.80 ms, P = 0.0216). No significant correlation between maximum oxygen consumption (VO2 max) and HRV parameters was observed. In conclusion, regular running in non-professional runners enhances HRV capacity, characterized by higher resting HRV and greater adaptability during physical activity.

Keywords: Heart rate variability, Runners, Aerobic exercise, Endurance training

Introduction

Heart rate variability (HRV) reflects the heart's ability to adjust its rate in response to ongoing physical activity (PA) (1). It is commonly used as an indirect measure to assess the activity of the autonomic nervous system (ANS), which represents the dynamic interplay between sympathetic and parasympathetic tones that regulate cardiac function (2). Under resting conditions, parasympathetic tone predominates. However, during increased physical activity, such as exercise, parasympathetic withdrawal occurs, followed by an elevation in sympathetic tone to enhance cardiac output (CO) (3).

In sports science, HRV parameters perhaps can serve as key indicators of physical fitness and fatigue monitoring (4, 5). Aerobic training has been shown to positively influence the ANS by increasing resting parasympathetic tone (4, 6). Studies have demonstrated that parasympathetic tone decreases in parallel with a rise in sympathetic tone immediately after marathon or ultramarathon competitions (5, 6). While these ANS alterations typically return to baseline within a short period, they cannot reflect a full recovery of the body (6, 7).

The growing popularity of marathons has led to a dramatic increase in the number of new runners worldwide (8, 9). Most of these individuals are recreational runners, who generally train at lower intensities compared to professional athletes. Despite this, data on HRV changes in recreational runners remain limited. Recently, dynamic handgrip (HG) exercises have been introduced as a potential exercise stressor, demonstrating the ability to increase heart rate (HR) and systolic blood pressure (SBP) (10, 11).

Study objective

Given the limited understanding of HRV responses in non-professional runners, this study aims to evaluate the effects of regular running on HRV parameters at rest and during HG exercise-induced stress in recreational runners.

Materials and method

Study Approval and Consent

The study protocol was reviewed and approved by the Naresuan University Institutional Review Board (COA. 238/2024). Written informed consent was obtained from all participants prior to their involvement. Data collection was conducted at the Cardio-Thoracic Technology Laboratory, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Thailand.

Study Participants

Healthy participants and recreational runners aged 30–45 years were recruited via online invitations on social media platforms.

Inclusion criteria for the runner group:

1. Male gender.
2. Age 30–45 years.
3. Engaged in regular running for at least 8 weeks prior to the study.
4. Running ≥150 minutes per week.
5. Wore an activity tracker during workouts.
6. No history of diabetes mellitus, cardiovascular disease, or other conditions limiting exercise capacity.

Inclusion criteria for the control group:

1. Male gender.
2. Age 30–45 years.
3. Engaged in exercises ≤ 75 minutes per week within the last 8 weeks.
4. No history of conditions limiting exercise capacity.

Hemodynamic Assessments

All measurements were conducted during a single visit. Participants rested in a quiet, private area before measurements. Body weight and height were recorded and used to calculate body mass index (BMI). Blood pressure (BP) was measured twice in a seated position using an automatic BP monitor (Omron Corporation, Kyoto, Japan), and the average value was recorded. Electrodes were placed on the chest wall and connected to a 24-hour Holter monitoring system (BTL-Cardiopoint Holter H300, United Kingdom).

HRV and Handgrip Protocol

Baseline ECG recordings were conducted for 10 minutes, during which HR and HRV indices were established. Participants then performed a bilateral handgrip exercise (HG) using 2-kilogram resistance hand-grippers for 3 minutes. HR and BP were measured immediately at the end of the third minute, and HRV parameters during HG were calculated. After the HG exercise, participants rested for 12 minutes, during which HR and BP were measured again. HRV recovery values were derived from this recovery phase.

ECG data were analyzed using CardioPoint software and reported as frequency-domain parameters:

1. High frequency (HF).
2. Low frequency (LF).
3. Low frequency to high frequency ratio (LF/HF).

Time-domain parameters included:

1. Number of NN intervals differing by >50 ms (NN50).
2. Proportion of NN interval differences >50 ms (pNN50).
3. Root mean square of successive RR interval differences (RMSSD).
4. Standard deviation of NN intervals (SDNN).

Statistical Analysis

Data distribution was assessed using the Shapiro-Wilk test. Normally distributed data were reported as mean ± standard deviation (SD), while non-normally distributed data were presented as median and interquartile range (IQR). Group comparisons were conducted using unpaired t-tests for normally distributed variables and Mann-Whitney U tests for non-normally distributed variables. Categorical variables were reported as counts (percentages) and analyzed using Fisher's exact test. Correlations between VO2 max and HRV parameters were evaluated using Pearson correlation for normal data and Spearman correlation for non-normal data. Statistical analysis was performed using GraphPad Prism 8.0, and a p-value < 0.05 was considered statistically significant.

Results

A total of 16 healthy participants and 16 non-professional runners were enrolled in this study.

Demographics and Training Characteristics

As shown in Table 1, there were no significant differences in demographic characteristics between the two groups, except for a lower resting HR in runners compared to controls (60.25 ± 9.80 bpm vs. 73.75 ± 10.19 bpm, $p < 0.0001$). Runners trained for an average of 270.40 ± 76.69 minutes per week, with four sessions per week covering an average distance of 37.68 km (Table 2).

Table 1. Participant characteristics

Parameters	Control (n = 16)	Runner (n = 16)	P – value
Age (years)	35.63 ± 4.79	37.31 ± 3.89	0.2827
BW (kg)	75.06 ± 12.57	66.5 ± 10.70	0.0467
Height (cm)	170.8 ± 6.61	168.8 ± 5.71	0.3383
BMI (kg/m^2)	25.92 (23.01 – 27.12)	22.63 (21.38 – 25.00)	0.0562
HR (bpm)	73.75 ± 10.19	60.25 ± 9.80	< 0.0001
SBP (mmHg)	118.3 ± 13.53	121.2 ± 15.42	0.5710
DBP (mmHg)	73.28 ± 9.15	79.09 ± 10.38	0.1034
HG (times)	132.3 ± 50.92	143.7 ± 49.37	0.5260

BMI (body mass index), bpm (beat per minute), BW (body weight), cm (centimeters), DBP (diastolic blood pressure), HR (heart rate), kg (kilogram), kg/m^2 (kilometers/square meters), SBP (systolic blood pressure), *P < 0.05

Table 2. Training information

Training data of runners group (8 weeks) (n = 16)	
Running time (minutes/week)	270.40 ± 76.69
Running distance (km/week)	37.68 (22.58 – 62.94)
Running frequency (times/week)	4 (3 – 5)
Maximum oxygen consumption (VO_2 Max)	52.50 (48.50 – 55.50)

km (kilometers)

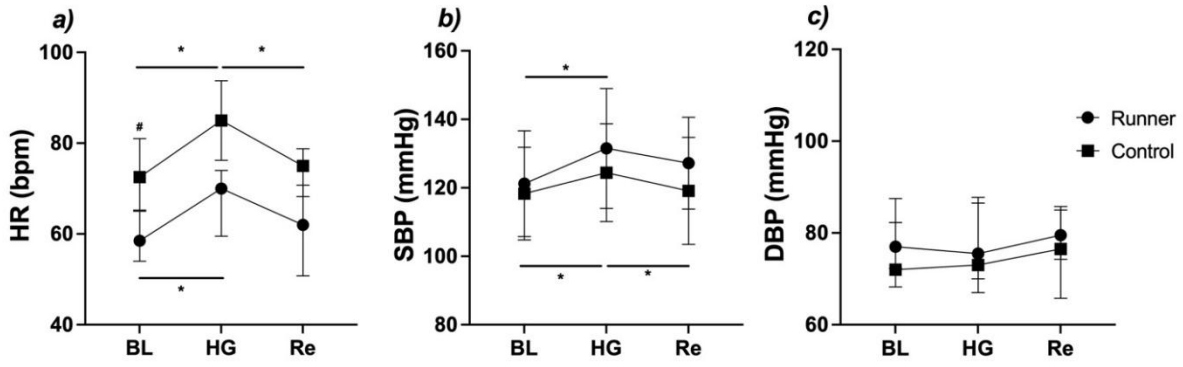


Figure 1. Hemodynamic data of (a) heart rate (b) systolic blood pressure (c) diastolic blood pressure during baseline (BL), hand grip exercise (HG), and recovery (Re) in runner and control participants, *P < 0.05

HRV Parameters at Rest

At rest, runners exhibited significantly higher SDNN (170.00 [94.50–368.00] ms vs. 74.50 [48.50–238.30] ms, p = 0.0415), LF (0.58 [0.21–2.10] vs. 0.19 [0.11–0.96], p = 0.0394), and LF/HF ratio (1.45 [1.07–1.57] vs. 0.86 [0.69–1.17], p = 0.0006) compared to healthy controls (Table 3).

HRV Parameters respond to Handgrip exercise (HG)

HG elicited increases in both HR and SBP in healthy individuals and runners (Figure 1). In the control group, NN50 (70.00 [18.50–231.80] vs. 26.50 [4.50–41.25], P = 0.0311) and HF (0.39 [0.22–0.90] vs. 0.18 [0.06–0.47], P = 0.0400) significantly decreased during HG. However, no significant changes in HRV were observed in runners during HG.

During the recovery phase, NN50 significantly increased in both the control group (26.50 [4.50–41.25] vs. 60.50 [22.50–227.00], P = 0.0012) and the runner group (41.50 [17.25–60.00] vs. 226.00 [48.50–329.80], P = 0.0001) compared to HG. An analysis of HRV changes associated with HG and recovery revealed no significant differences in time–domain (Figure 2) or frequency–domain parameters (Figure 3).

The change in the PP interval during HG was significantly greater in the runner group (41.25 ± 76.38 ms vs. 172.60 ± 202.80 ms, P = 0.0216; Figure 4a). Conversely, no significant differences in PR interval changes were observed (Figure 4b). Furthermore, no correlation was identified between VO_2 max values of runners and HRV indices in this study (Table 4).

Table 3. Heart rate variability (HRV) parameters at rest and during dynamic hand grip exercise (HG)

Parameters	Control (n = 16)			Runner (n = 16)		
	Baseline	HG	Recovery	Baseline	HG	Recovery
SDNN (ms)	74.50 (48.50 – 238.30)	72.50 (48.50 – 270.30)	72.00 (47.00 – 146.80)	170.00 (94.50 – 368.00)*	101.00 (62.50 – 565.00)	136.50 (84.50 – 290.80)*
RMSSD (ms)	76.00 (49.00 – 309.30)	59.00 (27.25 – 276.80)	62.50 (40.50 – 188.50)	175.50 (61.25 – 516.00)	96.00 (45.50 – 773.30)	139.00 (48.50 – 463.30)
NN50	70.00 (18.50 – 231.80)	26.50 (4.50 – 41.25)#	60.50 (22.50 – 227.00)‡	137.00 (74.25 – 193.00)	41.50 (17.25 – 60.00)	226.00 (48.50 – 329.80)‡
pNN50 (%)	9.70 (2.27 – 25.49)	10.39 (1.58 – 21.42)	10.92 (2.55 – 24.32)	22.01 (11.85 – 36.88)	15.56 (8.12 – 28.98)	23.80 (8.92 – 43.77)*‡
HF	0.39 (0.22 – 0.90)	0.18 (0.06 – 0.47)#	0.22 (0.16 – 0.66)	0.52 (0.18 – 1.46)	0.15 (0.06 – 1.48)	0.36 (0.14 – 1.20)
LF	0.19 (0.11 – 0.96)	0.13 (0.06 – 0.44)	0.20 (0.13 – 0.54)	0.58 (0.21 – 2.10)*	0.12 (0.07 – 1.85)*	0.46 (0.16 – 1.80)
LF/HF	0.86 (0.69 – 1.17)	0.98 (0.78 – 1.31)	1.09 (0.77 – 1.40)	1.45 (1.07 – 1.57)*	1.16 (0.75 – 1.47)	1.31 (1.08 – 1.60)

HF (high frequency), LF (low frequency), LF/HF (low frequency / high frequency), ms (millisecond), NN50 (The number of NN interval differencing by > 50 ms), pNN50 (The proportion of NN interval difference > 50 ms), RMSSD (Root mean square of successive RR interval differences), SDNN (standard deviation of NN interval), *P-value < 0.05 compared to Control, #P-value < 0.05 compared to Baseline, ‡P-value < 0.05 compared to HG

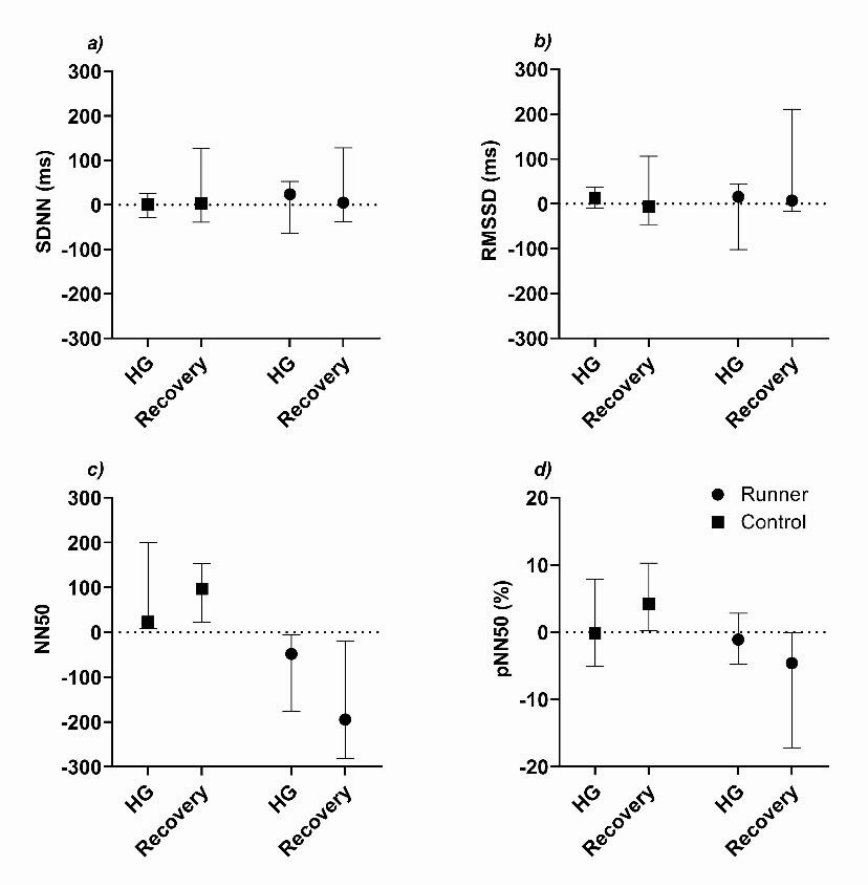


Figure 2. Changes of heart rate variability (HRV) in time domain parameters from baseline to handgrip exercise (HG) and from HG to recovery

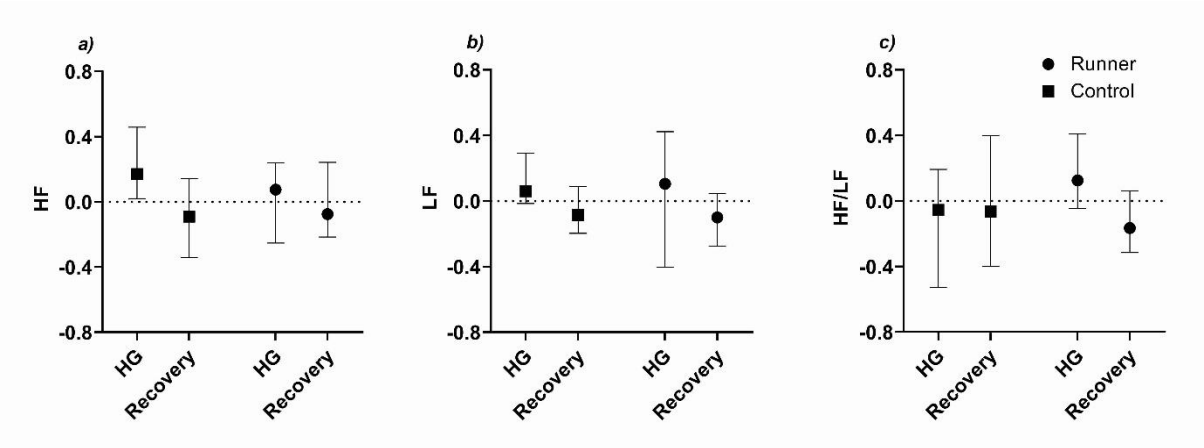


Figure 3. Changes of heart rate variability (HRV) in frequency domain parameters from baseline to handgrip exercise (HG) and from HG to recovery

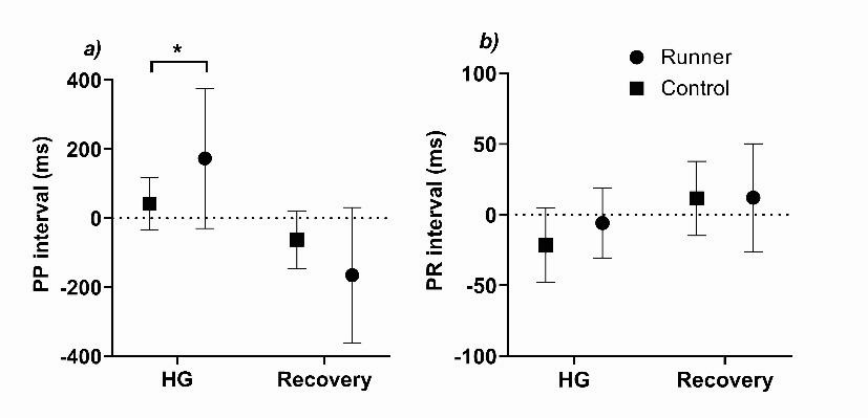


Figure 4. Changes of (a) P–P interval and (b) P–R interval from baseline to handgrip exercise (HG) and from HG to recovery

Table 4. Correlation between VO_2 max and HRV parameters of runner group (n = 14)

Parameters	r	95% CI	P – value
SDNN	0.4324	(–0.1446 – 0.7899)	0.1245
RMSSD	0.4723	(–0.09510 – 0.8081)	0.0907
NN50	–0.0044	(–0.5461 – 0.5399)	0.9901
pNN50	–0.0067	(–0.5477 – 0.5383)	0.9878
HF	0.4506	(–0.1223 – 0.7983)	0.1074
LF	0.4413	(–0.1338 – 0.7940)	0.1163
LF/HF	0.0909	(–0.4756 – 0.6041)	0.7597

HF (high frequency), LF (low frequency), LF/HF (low frequency / high frequency), ms (millisecond), NN50 (The number of NN interval differencing by > 50 ms), pNN50 (The proportion of NN interval difference > 50 ms), RMSSD (Root mean square of successive RR interval differences), SDNN (standard deviation of NN interval)

Discussions

The effects of aerobic training on ANS function were investigated in this study. Results demonstrated higher resting HRV in recreational runners, confirming an enhanced resting parasympathetic tone in trained athletes (3, 4, 12). HRV indices exhibited a broader range of changes in both time–domain and frequency–domain metrics, reflecting a greater capacity to modulate cardiac function during exercise. These adaptations enable the body to meet increased oxygen demands during physical activity by enhancing heart rate and cardiac contractility. The training volume in this study closely aligned with the World Health Organization (WHO) physical activity recommendations, which are associated with reductions in cardiovascular morbidity and mortality (13, 14). Therefore, our findings affirm the health benefits of endurance exercise.

Our study evaluated short–term HRV following light–intensity PA. HRV is widely utilized for monitoring training and recovery status in athletes (4). However, HRV has shown limitations in assessing recovery status after long–distance running due to muscular confounders such as soreness and fatigue (5, 6). With our protocol,

alterations related to HG displayed transient changes in HRV indices during activity, which returned to baseline within a 12-minute recovery period for both healthy individuals and runners. In contrast to our findings, supra-strenuous exercises, such as ultra-marathon running or walking, have been shown to induce parasympathetic suppression, increased sympathetic activity, and a prolonged reduction in HRV lasting from days to weeks post-race (5, 6).

Investigation of the PP and PR intervals during the protocol revealed a wider range of PP intervals in the runner group, indicative of a greater ability to adjust HR via the Sino Atrial (SA) node in endurance-trained athletes (4). Modulation of conduction velocity, as assessed by the PR interval, showed reductions that did not reach statistical significance during HG exercise in either the control or runner groups. These characteristics suggest that HR adjustments are the primary focus of ANS modulation during light-intensity exercise (12).

In this study, no correlation was observed between VO_2 max and HRV parameters. Consistent with previous findings, short-term HRV showed no correlation with cardiorespiratory fitness following submaximal exercise in healthy individuals (15). Cardiac remodeling effects from endurance exercise, such as increased bi-ventricular volume, enlarged left atrial volume, and enhanced diastolic function, may be sufficient to significantly improve cardiovascular fitness in this cohort (8). Thus, an additive effect of ANS modulation may not be necessary (12).

This study had several limitations. First, HRV calculations were not derived from identical durations across stages: five minutes for baseline, three minutes for HG, and twelve minutes for recovery. This variation may have influenced average values. Second, the HRV protocol employed in this study was limited to short-term HRV, which may have been partly affected by respiratory variations regulated by baroreceptor reflexes (1). Third, data were collected from male participants. As HRV was age and gender dependent, study in a larger population, both genders, was required. Finally, HRV measurements were conducted during a single visit, precluding the assessment of training or detraining effects on HRV within individuals.

Conclusion

Regular running enhances HRV function both at rest and during light PA in non-professional runners compared to healthy individuals. Aerobic training increases parasympathetic tone at baseline and allows for a broader range of HRV changes during activity. During HG exercise, the primary target of ANS regulation was HR augmentation, and HRV did not correlate with physical fitness in recreational runners.

Source of Funding

This study was supported by the Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University grant.

References

1. Shaffer F, Ginsberg JP. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. Front Public Health. 2017;5.

2. Lombardi F. Origin of Heart Rate Variability and Turbulence: An Appraisal of Autonomic Modulation of Cardiovascular Function. Front Physiol. 2011;2.
3. Coote JH. Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. Exp Physiol. 2010;95(3):431–40.
4. Bellenger CR, Fuller JT, Thomson RL, Davison K, Robertson EY, Buckley JD. Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta–Analysis. Sports Med. 2016;46(10):1461–86.
5. Paech C, Schrieber S, Daehnert I, Schmidt–Hellinger PJ, Wolfarth B, Wuestenfeld J, et al. Influence of a 100–mile ultramarathon on heart rate and heart rate variability. BMJ Open Sport Exerc Med. 2021;7(2):e001005.
6. Fazackerley LA, Fell JW, Kitic CM. The effect of an ultra–endurance running race on heart rate variability. Eur J Appl Physiol. 2019;119(9):2001–9.
7. Maggioni MA, Rundfeldt LC, Gunga H–C, Joerres M, Merati G, Steinach M. The Advantage of Supine and Standing Heart Rate Variability Analysis to Assess Training Status and Performance in a Walking Ultramarathon. Front Physiol. 2020;11.
8. D'Silva A, Bhuva AN, van Zalen J, Bastiaenen R, Abdel–Gadir A, Jones S, et al. Cardiovascular Remodeling Experienced by Real–World, Unsupervised, Young Novice Marathon Runners. Front Physiol. 2020;11.
9. Zilinski JL, Contursi ME, Isaacs SK, Deluca JR, Lewis GD, Weiner RB, et al. Myocardial Adaptations to Recreational Marathon Training Among Middle–Aged Men. Circ Cardiovasc Imaging. 2015;8(2):e002487.
10. Pongpaopattanakul P, Imerbtham T, Kitimala J, Phatthanawayu S, Kaewkong P. Effects of a dynamic handgrip exercise on left ventricular diastolic functions in diabetes mellitus patients: A preliminary clinical data. Chula Med J. 2022;66(3):283–91.
11. Pongpaopattanakul P, Imerbtham T, Buphasiri N, Sangmanee S, Puangkhum P. Acute Effects of Dynamic Handgrip Exercise on Cardio Ankle Vascular Index in Diabetes Patient. HCU journal. 2022;26 (2):289–99.
12. Herzig D, Asatryan B, Brugger N, Eser P, Wilhelm M. The Association Between Endurance Training and Heart Rate Variability: The Confounding Role of Heart Rate. Front Physiol. 2018;9:756.
13. Bull FC, Al–Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Br J Sports Med. 2020;54(24):1451–62.
14. Lee D–c, Pate RR, Lavie CJ, Sui X, Church TS, Blair SN. Leisure–Time Running Reduces All–Cause and Cardiovascular Mortality Risk. J Am Coll Cardiol. 2014;64(5):472–81.
15. Mongin D, Chabert C, Extremera MG, Hue O, Courvoisier DS, Carpena P, et al. Decrease of heart rate variability during exercise: An index of cardiorespiratory fitness. PLoS One. 2022;17(9):e0273981.

การประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในระดับหลอดทดลองของไมโครแคปซูลที่มีสารสกัดมาตรฐานขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) เป็นสารแกนกลาง

Evaluation of in vitro antioxidant activities of microcapsules contained standardized turmeric extract (*Curcuma longa* L.) as a core material

นูรูลฮูสนา อาแวเล๊าะ[1*], ธรรมรัตน์ แก้วมณี[2] และ ศศิธร ชูศรี[1]

Nurulhusna Awaeloh[1], Thammarat Kaewmanee[2] and Sasitorn Chusri[1]

บทคัดย่อ

ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) เป็นสมุนไพรที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและนิยมใช้เป็นยาทางการแพทย์พื้นบ้านอย่างมาก อย่างไรก็ตามขมิ้นชันมีข้อจำกัดทางเคมีบางประการ เช่น การดูดซึมทางปากต่ำและละลายน้ำได้ไม่ดี เพื่อลดข้อจำกัดในการละลายและการดูดซึมของขมิ้นชัน การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเป้าไปที่การพัฒนาไมโครแคปซูลที่มีสารสกัดมาตราฐานของ *Curcuma longa* นอกจากนี้ ไมโครแคปซูลยังได้รับการประเมินความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อเปรียบเทียบกับสารสารสกัดซึ่งทำหน้าที่เป็นวัสดุหลัก จากการทดสอบไมโครแคปซูลที่มีสารสกัดมาตราฐานของ *Curcuma longa* ทั้ง 6 สูตร พบว่า CM6 มีสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูง (366.90±30.32 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด และ 122.64±5.95 มิลลิกรัมของคาเทชินต่อกรัมของสารสกัด ตามลำดับ) และมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระได้ดี โดยการทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS (IC_{50} = 0.89±0.14 และ 0.54±0.03 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) นอกจากนี้ CM6 ยังแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการเข้าจับและรีดิวซ์โลหะทรานซิชัน (MCA: IC_{50} = 0.17±0.03 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ FRAP: 22.88±1.05 ไมโครโมลาร์ของเฟอร์รัสซัลเฟตต่อไมโครกรัมของสารสกัด ตามลำดับ) คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้เทียบได้กับสารสกัดขมิ้นชัน ดังนั้น ไมโครแคปซูล CM6 จึงสามารถใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติสำหรับการนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรและอาหารเพื่อสุขภาพได้ อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันถึงประสิทธิภาพของการปรับปรุงความความสามารถในการละลายและการดูซึมทางปาก

คำสำคัญ: ขมิ้นชัน, ไมโครแคปซูเลชัน, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

[1] สาขาเทคโนโลยีชีวการแพทย์และสารสนเทศสุขภาพ สำนักวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย 57100

[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดปัตตานี 94000

[1] Biomedical Technology and Health Analytics, School of Health Science, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100

[2] Food Science and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla, Pattani, 94000

*Corresponding author: 6451811004@lamduan.mfu.ac.th

Abstract

Turmeric (*Curcuma longa* L.) is a widely used herbal medicine and a popular traditional household remedy. However, turmeric doses have certain chemical limitations, such as low oral absorption and poor water solubility. To overcome turmeric's solubility and absorption challenges, this study aimed to develop microcapsules containing the standardized extract of *Curcuma longa* L. Furthermore, the obtained microcapsules were evaluated for their antioxidant capacities in comparison with the extract, which serves as a core material. Among six tested microcapsules containing the standardized extract of *Curcuma longa* L., CM6 exhibits high phenolic and flavonoid content (366.90±30.32 mg gallic acid/g of extract and 122.64±5.95 mg catechin/g of extract), and a strong capacity for radical scavenging via DPPH and ABTS assays (IC_{50} = 0.89±0.14 and 0.54±0.03 mg/mL, respectively). CM6 also demonstrates high capacity in binding and reducing transition metals (MCA: IC_{50} = 0.17±0.03 mg/mL and FRAP: 22.88±1.05 µM $FeSO_4$/µg, respectively). These antioxidant properties were comparable to those of *Curcuma longa* extract. Therefore, CM6 microcapsules can possibly be utilized as natural antioxidants for herbal products and functional foods. However, further studies are required to confirm the improvement of its solubility and oral bioavailability.

Keywords: *Curcuma longa*, Microcapsulation, Antioxidant activity

บทนำ

ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) หรือที่รู้จักกันทั่วไปในชื่อ Turmeric ขมิ้นชันจัดอยู่ในวงศ์ขิง (Zingiberaceae) เป็นพืชในกลุ่มพืชเหง้า (WFO, 2022) ขมิ้นชันมีการใช้อย่างแพร่หลายในกลุ่มประเทศเอเชียโดยเฉพาะประเทศอินเดีย ซึ่งมีการนำไปใช้ในอาหาร เครื่องเทศ สีสิ่งทอ เวชสำอาง ตลอดจนด้านการแพทย์ โดยขมิ้นชันจัดเป็นสมุนไพรที่มีการนำไปใช้เป็นยารักษาอาการต่าง ๆ ในทางการแพทย์แผนโบราณของจีน ญี่ปุ่น เกาหลี และอายุรเวท ถูกนำมาใช้เป็นยาต้านการอักเสบเพื่อรักษาอาการต่าง ๆ เช่น อาการจุกเสียด ดีซ่าน อาการปวดฟัน เจ็บหน้าอก ปัญหาเกี่ยวกับกระเพาะอาหารและตับ ปัญหาประจำเดือน และปัสสาวะเป็นเลือด (Aggrawal et al., 2007; Labban, 2014) นอกจากนี้มีการศึกษาวิจัยจำนวนมากถึงศักยภาพของขมิ้นชันในรักษาโรคต่าง ๆ พบว่าสามารถใช้รักษาโรคมะเร็ง โรคหัวใจหลอดเลือด โรคอ้วน การอักเสบ โรคตับ ชะลอวัย รวมไปถึงโรคการเสื่อมของระบบประสาทอีกด้วย (Monroy et al., 2013)

ขมิ้นชันมีสารสำคัญที่หลากหลาย โดยเฉพาะสารในกลุ่มเคอร์คูมินอยด์ซึ่งเป็นสารพฤกษเคมีที่สามารถพบได้มากถึง 1–6% โดยน้ำหนัก ประกอบด้วย เคอร์คูมิน ดีเมทอกซีเคอร์คูมิน บิสดีเมทอกซีเคอร์คูมิน ซิงจีเบอรีนเคอร์คูมินอล ยูจีนอล เตตระไฮโดร์เคอร์คูมิน ไตรเอทิลเคอร์คูมิน เทอร์เมอโรน และเทอร์เมอโรนอล (Aggrawal et al., 2007) ซึ่งเคอร์คูมินเป็นสารสำคัญหลักในขมิ้นชันพบได้ 60–70% รองลงมา คือ ดีเมทอกซีเคอร์คูมินและบิสดีเมทอกซีเคอร์คูมิน 20–27% และ 1–6% ตามลำดับ (Aggrawal et al., 2007; Nelson et al., 2017) และมีการรายงานฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของขมิ้นชันพบว่ามีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงโดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้สูงถึง 1–4% (Akhilender & Thippeswamy, 2002) นอกจากนี้ขมิ้นชันมีคุณสมบัติทางเคมีที่เฉพาะคือ ไม่สามารถละลายได้ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง (Wang et al., 2009) เนื่องจากเป็นสารที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) จึงไม่สามารถละลายได้แต่สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ (Organic solvents) เช่น ไดเมทิลซัลฟอกไซด์ อะซิโตน เอธานอล กรดอะซิติก และน้ำมัน (Sharma et al., 2005) ด้วยคุณสมบัติทางเคมีที่มีข้อจำกัดในด้าน

การละลายของขมิ้นชันทำให้เภสัชจลนศาสตร์ (Pharmacokinetic) ของสารสำคัญที่เข้าสู่ร่างกายนั้นมีข้อจำกัดในด้านการดูดซึมตามมา

จากการศึกษาก่อนหน้าที่มีการศึกษาถึงเภสัชจลนศาสตร์ของขมิ้นชันมีการบ่งชี้ถึงคุณสมบัติการดูดซึมของสารเคอร์คูมินอยด์ พบว่าสามารถดูดซึมทางปากได้ต่ำในทางเดินอาหารและถูกเผาผลาญในลำไส้ โดยเคอร์คูมินจะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายเพียง 60% ภายในระยะเวลา 5 วัน และถูกขับออกทางอุจจาระเกือบ 40% (Ammon & Wahl, 1991; Ravindranath & Chandrakhara, 1980; Sharma et al., 2001) เคอร์คูมินมีการดูดซึมทางปากที่ไม่ดีเนื่องจากว่าละลายได้ไม่ดี เผาผลาญได้เร็ว และโปรไฟล์เภสัชจลนศาสตร์ที่ไม่ดี จึงทำให้มีประสิทธิภาพที่จำกัดเมื่อรับประทานเข้าไปและส่งผลให้มีระดับในพลาสมาและเนื้อเยื่อต่ำ (Anand et al., 2007; Kurita & Makino, 2013) จากข้อจำกัดของเคอร์คูมินผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะลดข้อจำกัดกล่าวดังกล่าวด้วยการพัฒนาสารสกัดขมิ้นชันให้อยู่ในรูปแบบของไมโครแคปซูเลชั่น (Microcapsulation) เนื่องจากเป็นการะบวนการห่อหุ้มสารสำคัญด้วยการห่อหุ้มหรือการฝังตัวในสารห่อหุ้มมีลักษณะคล้ายแคปซูล โดยสามารถป้องกันสารแกนกลางเสื่อมจากสภาวะแวดล้อม เปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพให้มีการการใช้งานได้ง่ายขึ้น เช่น ลดกลิ่นหรือรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ของสารแกนกลาง ช่วยแยกส่วนผสมไม่ให้ทำปฏิกิริยากับสารอื่น และรวมไปถึงช่วยควบคุมการปลดปล่อยของสารแกนกลางให้นานขึ้น (Fang & Bhandari, 2010) เป็นกระบวนการที่ผู้วิจัยต้องการนำมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้เพื่อลดข้อจำกัดในด้านการละลายและการดูดซึมที่ทำได้ต่ำของขมิ้นชัน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อพัฒนาสารสกัดขมิ้นชันให้อยู่ในรูปแบบของไมโคแคปซูลให้มีประสิทธิภาพการละลายและการดูดซึมที่เพิ่มมากขึ้น
2. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระในระดับหลอดทดลองของเคอร์คูมินไมโครแคปซูลกับสารสกัดขมิ้นชันที่ไม่ผ่านกระบวนการไมโครแคปซูล

วิธีการวิจัย

สารสกัดสมุนไพร

สารสกัดขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) จัดซื้อจากบริษัท AP Operations Co.,Ltd. (ชลบุรี, ประเทศไทย) เลขกำกับสินค้า (No. TS13CUL17A) ประกอบด้วยสารเคอร์คูมิน 7.4%

วิธีการดำเนินการ

1. วิธีการห่อหุ้มไมโครแคปซูล

สารสกัดขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) ถูกนำมาเข้าสู่กระบวนการห่อหุ้มไมโครแคปซูเลชั่นด้วยวิธีการทำให้แห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสเปรย์ (Spray dry technique) วัสดุที่ใช้ในการห่อหุ้มในการศึกษาในครั้งนี้คือ มอลโตเดกซ์ทริน (Maltodextrin: MD) (Vicchi Enterprise Co., Ltd. DE) และส่วนผสมกัมอราบิก (Gum Arabic: GA) (Sigma–Aldrich Chemie GmbH Steinheim Germany) ในอัตราส่วน 10:0, 8:2 และ 6:4 (w/w) สารสกัดขมิ้นชันที่ได้มาตรฐานที่ละลายด้วย 95% เอทานอลที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ถูกผสมกับวัสดุผนังในอัตราส่วนปริมาตร 1:1 เพื่อให้ได้อัตราส่วนน้ำหนักแกนกลางต่อผนังที่ 1:10 และ 1:20 และคนผสมกันอย่างต่อเนื่องด้วยเครื่องผสมที่อัตราความเร็ว 100 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นจึงทำการทำให้แห้งด้วยสเปรย์โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสเปรย์ (Minor–mode E, Niro A/S, China) ซึ่งมีอัตราการไหลผ่านเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด 1 มิลลิเมตร ที่ 10 มิลลิลิตรต่อนาที ตัวอย่างถูกนำเข้าที่อุณหภูมิแรกเข้า 140±1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิออกที่ 80±2 องศาเซลเซียส และแรงดันอากาศของคอมเพรสเซอร์ 1–3 บาร์ ผงไมโครแคปซูลที่ได้จะถูกนำเก็บด้วยไซโคลน

ประสิทธิภาพสูงในภาชนะแก้ว และเก็บไว้ในขวดปลอดเชื้อและปิดสนิทจากนั้นนำเก็บในเครื่องดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้องจนกว่าจะมีการวิเคราะห์เพิ่มเติมในขั้นต่อไป

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content assay) โดยวิธี Folin–Ciocaltue's reagent

นำสารสกัดที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 10 ไมโครลิตร เติม Folin–Ciocaltue's reagent ที่ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 100 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ปริมาตร 80 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 90 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความคลื่น 630 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดปฏิกิริยาของสารบนไมโครเพลท โดยใช้กรดแกลลิก (Gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน รายงานค่าในรูปแบบมิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด (mg of gallic acid equivalence (GAE)/g of extract) โดยคำนวนณค่าต่าง ๆ แทนในสมการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารละลายจากกราฟ

$$y = mx + c$$

เมื่อ x คือ ความเข้มข้นของสารสะลายตัวอย่าง

y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

โดย $y = Abs_{sample} - Abs_{blank}$ เมื่อ m และ c คือ ค่าคงที่ที่ได้จากกราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของกรดแกลลิก และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total flavonoid content assay) โดยวิธี Aluminium chloride colorimetry hexahydrate

นำสารสกัดที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เติมโซเดียมไนไตรท์ ($NaNO_2$) ปริมาตร 6 ไมโครลิตร บ่มในที่มืด 6 นาที จากนั้นเติมอะลูมิเนียมคลอไรด์ ($AlCl_3$) ปริมาตร 6 ไมโครลิตร บ่มในที่มืด 6 นาที และเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปริมาตร 40 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดปฏิกิริยาของสารบนไมโครเพลท โดยใช้คาเทชิน (Catechin) เป็นสารมาตรฐาน รายงานค่าในรูปแบบมิลลิกรัมของคาเทชินต่อกรัมของสารสกัด (mg of catechin equivalence (CE)/g of extract) โดยคำนวนณค่าต่าง ๆ แทนในสมการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารละลายจากกราฟ

$$y = mx + c$$

เมื่อ x คือ ความเข้มข้นของสารสะลายตัวอย่าง

y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

โดย $y = Abs_{sample} - Abs_{blank}$ เมื่อ m และ c คือ ค่าคงที่ที่ได้จากกราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารคาเทชิน และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร

3. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

3.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการเข้าจับโลหะทรานซิชันที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Metal chelating activity)

นำสารสกัดละลายใน 95% เอทานอล และเจือจางแบบลำดับ 2 (2-fold serial dilution) จำนวน 7 ความเข้มข้น ให้ได้ความเข้มข้น 1.00-0.02 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในปริมาตร 63 ไมโครลิตร ผสมกับไอร์ออน (II) คลอไรด์ ($FeCl_2$) ที่ความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 6.3 ไมโครลิตร บ่มไว้ในที่มืด 30 นาที และเติมเฟอร์โรซีน (Ferrozine) ที่ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 12.5 ไมโครลิตร บ่มไว้ในที่มืด 10 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 562 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดปฏิกิริยาของสารบนไมโครเพลท และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณค่าความสามารถในการเข้าจับโลหะทรานซิชันที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (IC_{50}) โดยใช้ EDTA เป็นสารต้านอนุมูลอิสระมาตราฐาน

3.2 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH radical scavenging activity)

โดยนำสารสกัดละลายใน 95% เอทานอล ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และสารละลาย DPPH ในเมทานอลที่มีความเข้มข้น 80 ไมโครโมลาร์ ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดปฏิกิริยาของสารบนไมโครเพลท โดยใช้โทรลอกซ์ (Trolox) เป็นสารมาตรฐาน รายงานค่าเป็นความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (IC_{50})

3.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS (ABTS radical scavenging activity)

นำสารสกัดละลายใน 95% เอทานอล ที่ความเข้นข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ใช้ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เติมสารละลาย $ABTS^+$ 200 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 6 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดปฏิกิริยาของสารบนไมโครเพลท โดยใช้โทรลอกซ์ (Trolox) เป็นสารมาตรฐาน และคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS เปรียบเทียบค่าที่ได้กับกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ รายงานค่าเป็นความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (IC_{50})

3.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์โลหะทรานซิชัน (Ferric reducing antioxidant power: FRAP)

นำสารสกัดที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย FRAP ที่เตรียมไว้ 180 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดปฏิกิริยาของสารบนไมโครเพลท โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานจากเฟอร์รัสซัลเฟต (Ferrous sulfate) รายงานผลเป็นค่าความสามารถในการรีดิวซ์โลหะทรานซิชัน (FRAP value) ในรูปแบบโมลาร์ของเฟอร์รัสซัลเฟตต่อไมโครกรัมของสารสกัด ($FeSO_4$ equivalence; μM $FeSO_4$/μg of extract) คำนวณค่าโมลาร์ของเฟอร์รัสซัลเฟตที่เกิดขึ้น โดยการแทนค่าการดูดกลืนแสงลงในสมการเส้นตรงจากการฟมาตรฐาน

$$y = mx + c$$

เมื่อ x คือ ความเข้มข้นของเฟอร์รัสซัลเฟตที่เกิดขึ้นในหน่วยโมลาร์

y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

เมื่อ m และ c คือ ค่าคงที่ที่ได้จากกราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารเฟอร์รัสซัลเฟตและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดขมิ้นชันและเคอร์คูมินไมโครแคปซูล ด้วยวิธีที่แตกต่างกัน โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี One-Way ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Ducan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษา

1. เคอร์คูมินไมโครแคปซูล

การอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry technique) ถูกนำมาใช้ในการผลิตสารสกัดขมิ้นชันในรูปแบบไมโครแคปซูเลชัน เคอร์คูมินไมโครแคปซูลประกอบด้วย 6 สูตร ได้แก่ CM1 CM2 CM3 CM4 CM5 และ CM6 ดังแสดงใน**ตารางที่ 1** ทั้งหกสูตรมีองค์ประกอบและสัดส่วนของวัตถุแกนกลางและวัสดุผนังที่แตกต่างกัน คือ สัดส่วนของสารสกัดต่อวัสดุผนังที่ผสมกันในอัตราส่วนน้ำหนักแกนต่อผนังแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1:10 และ 1:20 โดยวัสดุผนังที่นำมาใช้ในการห่อหุ้มประกอบด้วย มอลโตเดกซ์ทริน (Maltodextrin: MD) และกัมอราบิก (Gum Arabic: GA) ในอัตราส่วน 10:0 8:2 และ 6:4

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของวัสดุผนังและสารเคลือบของเคอร์คูมินไมโครแคปซูล

Treatment code	Ratio of core: wall materials	Concentrate (Core: Coating)
CM1	1:20	MD:GA (10:0)
CM2	1:20	MD:GA (8:2)
CM3	1:20	MD:GA (6:4)
CM4	1:10	MD:GA (10:0)
CM5	1:10	MD:GA (8:2)
CM6	1:10	MD:GA (6:4)

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีที่มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

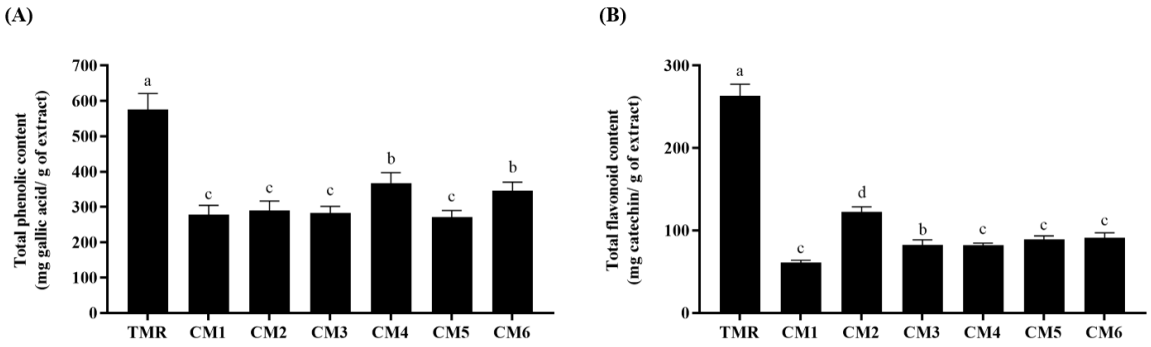
2.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content assay)

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของตัวอย่างเคอร์คูมินไมโครแคปซูลทั้ง 6 สูตร และสารสกัดขมิ้นชัน โดยรายงานค่าในรูปแบบมิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด พบว่าตัวอย่างที่มีปริมาณสารฟีนอลิกสูงที่สุด คือ CM4 รองลงมา คือ CM6 และ CM3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 366.90±30.32, 346.36±24.00 และ 289.79±26.58 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสารสกัดขมิ้นชันที่ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 514.13±50.55 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด ดังแสดงใน**รูปที่ 1A**

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total flavonoid content assay)

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของตัวอย่างเคอร์คูมินไมโครแคปซูลทั้ง 6 สูตร และสารสกัดขมิ้นชัน โดยรายงานค่าในรูปแบบมิลลิกรัมของคาเทชินต่อกรัมของสารสกัด พบว่าตัวอย่างที่มีปริมาณสารฟีนอลิกสูงที่สุด คือ CM2 รองลงมา คือ CM6 และ CM5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 122.64±5.95, 91.14±5.96 และ 89.08±4.23 มิลลิกรัมของคาเทชินต่อกรัมของสารสกัด ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสารสกัดขมิ้นชัน

ที่ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เท่ากับ 185.22±8.87 มิลลิกรัมของคาเทชินต่อกรัมของสารสกัด ดังแสดงใน **รูปที่ 1B**



รูปที่ 1 ปริมาณสารเคมีที่มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดขมิ้นชัน (TMR) และเคอร์คูมินไมโครแคปซูล (CM) ทั้ง 6 สูตร (A) ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และ (B) ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

3. **การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ**

3.1 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยกลไกการป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ความสามารถในการเข้าจับโลหะทรานซิชันที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Metal chelating activity) ของตัวอย่างเคอร์คูมินไมโครแคปซูลทั้ง 6 สูตร และสารสกัดขมิ้นชัน โดยรายงานเป็นค่าการเข้าจับกับโลหะทรานซิชันที่ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าตัวอย่างที่มีความสามารถในการเข้าจับกับโลหะทรานซิชันสูงที่สุด คือ CM2รองลงมา คือ CM4 และ CM5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.06±0.01, 0.07±0.01 และ 0.10±0.02 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสารสกัดขมิ้นชันมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.06±0.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดังแสดงใน**รูปที่ 2A**

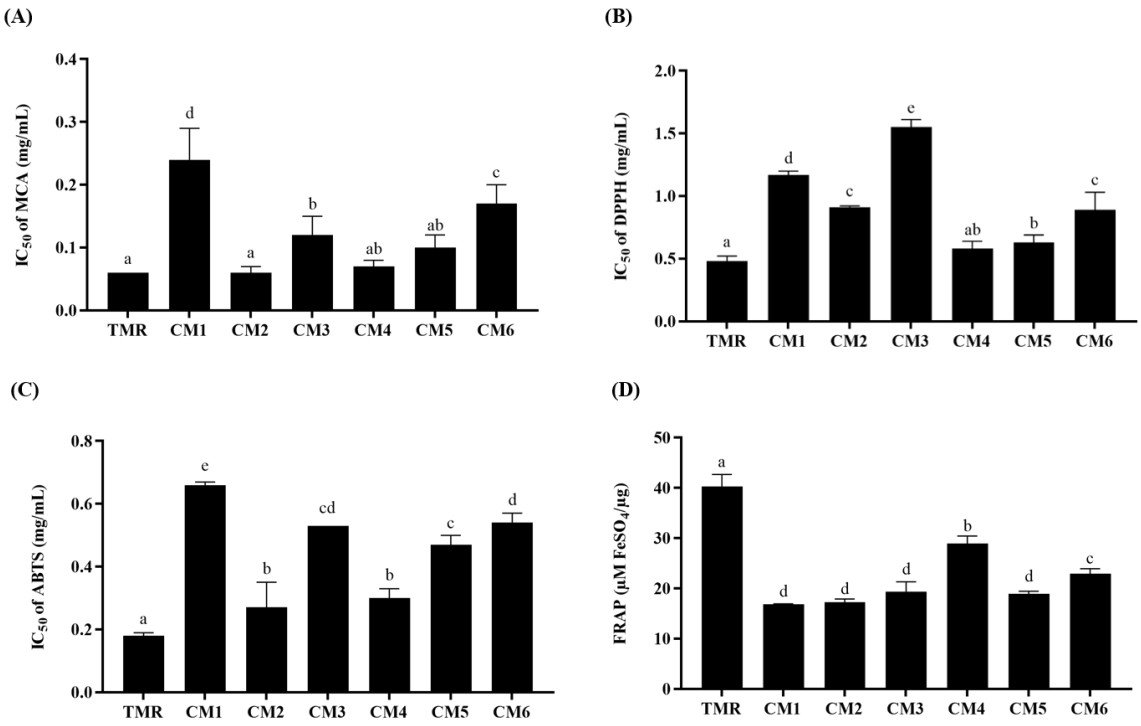
3.2 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยกลไกการถ่ายเทอิเล็กตรอนและไฮโดรเจนอะตอม

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างเคอร์คูมินไมโครแคปซูลทั้ง 6 สูตร และสารสกัดขมิ้นชัน โดยรายงานผลเป็นค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าตัวอย่างที่มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด คือ CM4 รองลงมา คือ CM5 และ CM6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.58±0.06, 0.63±0.06 และ 0.89±0.14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสารสกัดขมิ้นชันมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.42±0.02 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดังแสดงใน**รูปที่ 2B**

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของตัวอย่างเคอร์คูมินไมโครแคปซูลทั้ง 6 สูตร และสารสกัดขมิ้นชัน โดยรายงานผลเป็นค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าตัวอย่างที่มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS สูงที่สุด คือ CM2 รองลงมา คือ CM4 และ CM5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.27±0.08, 0.30±0.03 และ 0.47±0.03 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสารสกัดขมิ้นชันมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.18±0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดังแสดงใน**รูปที่ 2C**

3.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยกลไกการถ่ายเทอิเล็กตรอน

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์โลหะทรานซิชัน (Ferric reducing antioxidant power: FRAP) ของตัวอย่างเคอร์คูมินไมโครแคปซูลทั้ง 6 สูตร และสารสกัดขมิ้นชัน โดยรายงานผลเป็นค่าความสามารถในการรีดิวซ์โลหะทรานซิชัน ในรูปแบบไมโครโมลาร์ของเฟอร์รัสซัลเฟตต่อไมโครกรัมของสารสกัด พบว่าตัวอย่างที่มีความสามารถในการรีดิวซ์โลหะทรานซิชันสูงที่สุด คือ CM4 รองลงมา คือ CM6 และ CM3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 28.95±1.47, 22.88±1.05 และ 19.37±1.93 ไมโครโมลาร์ของเฟอร์รัสซัลเฟตต่อไมโครกรัมของสารสกัด ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสารสกัดขมิ้นชันมีค่าความสามารถในการรีดิวซ์โลหะทรานซิชัน เท่ากับ 30.22±2.27 ไมโครโมลาร์ของเฟอร์รัสซัลเฟตต่อไมโครกรัมของสารสกัด ดังแสดงใน**รูปที่ 2D**



รูปที่ 2 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของของสารสกัดขมิ้นชัน (TMR) และเคอร์คูมินไมโครแคปซูล (CM) ทั้ง 6 สูตร (A) ความสามารถในการเข้าจับโลหะทรานซิชันที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Metal chelating activity) (B) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (C) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS และ (D) ความสามารถในการรีดิวซ์โลหะทรานซิชัน (Ferric reducing antioxidant power: FRAP) รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเนมาตรฐาน

สรุปผลและอธิปรายผล

จากการศึกษาผลของการพัฒนาสารสกัดขมิ้นชันให้อยู่ในรูปแบบของไมโครแคปซูเลชั่น เพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการละลาย เพิ่มการดูดซึม และคุณสมบัติทางเภสัชจลนศาสตร์ของขมิ้นชัน โดยใช้เทคนิคการทำให้แห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสเปรย์ เนื่องจากเป็นเทคนิคที่มีกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน เตรียมได้ง่าย ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำ สามารถทำได้ครั้งละในปริมาณมาก ๆ และในระหว่างกระบวนการอบแห้งวัสดุผนังยังสามารถคงสภาพและมีความเสถียร (Jeyakumari et al., 2016; Gouin, 2004) นอกจากนี้เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมและมีประสิทธิภาพสูงในการนำมาใช้ในกระบวนการห่อหุ้มสารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพจาก

สารสกัดพืช (Dewi et al., 2023) วัสดุผนังที่นำมาเคลือบสารแกนกลางเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญในการเลือกใช้ในการผลิตเนื่องจากอาจทำให้ผิวหรือโครงสร้างของไมโครแคปซูลเกิดการออกซิเดชันของสารแกนกลางดังกล่าวได้ ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้มอลโตเดกซ์ตรินและกัมอารบิกเป็นวัสดุผนังในการเคลือบสารสกัดขมิ้นชัน เนื่องจากมอลโตเดรกซ์ตรินและกัมอราบิกมีการศึกษารองรับถึงประสิทธิภาพในการห่อหุ้มที่ดี จากการศึกษาของ Cam และคณะ (2014) ได้นำสารสกัดจากเปลือกทับทิม (*Punica granatum*) เป็นสารแกนกลางและใช้มอลโตเดรกซ์ตรินเป็นสารห่อหุ้ม อัตราส่วนระหว่างแกนกลางต่อสารห่อหุ้ม 1:1 และ 1:3 ที่อุณหภูมิขาเข้า 160 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการห่อหุ้มไมโครแคปซูลเท่ากับร้อยละ 97.9–98.4 รวมถึงการนำมอลโตเดรกซ์ตรินไปผสมกับกัมอราบิกเป็นตัวเคลือบในอัตราที่แตกต่างกันคือ 10:0 8:2 และ 6:4 โดยห่อหุ้มสารสกัดจากอุ่นแดงในอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 อุณหภูมิขาเข้าที่ 120 140 160 และ 180 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาประสิทธิการห่อหุ้มลักษณะทางสัณฐานวิทยา ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าไมโครแคปซูลที่เคลือบด้วยมอลโตเดรกซ์ตรินต่อกัมอราบิกที่อัตราส่วน 8:2 ที่อุณหภูมิขาเข้า 140 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพดีที่สุด (Tolun et al., 2016)

การศึกษาหาปริมาณสารเคมีที่มีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Total phenolic content และ Total flavonoid content) ของสารสกัดขมิ้นชันในรูปแบบไมโครแคปซูลและไม่ใช่ไมโครแคปซูล โดยวิธี Folin–Ciocauteu และ Aluminium chloride colorimetric assay ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและได้รับการยอมรับในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในตัวอย่างอาหารหรือสารชีวภาพ เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ตรงไปตรงมา ไม่ซับซ้อน และสามารถทำซ้ำได้ (Pérez et al., 2023) ผลการศึกษาพบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่สูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $p<0.05$ จากผลการทดสอบดังกล่าวที่สามารถพบปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดได้ในปริมาณที่สูงนั้น อาจเป็นผลมาจากสารพฤกษเคมีหลักของขมิ้นชัน คือ สารเคอร์คูมินอยด์ ซึ่งเป็นสารสำคัญกลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบในขมิ้นชัน ได้แก่ เคอร์คูมิน ดีเมทอกซีเคอร์คูมิน และบิสดีเมทอกซีเคอร์คูมิน จัดเป็นสารในกลุ่มโพลิฟีนอล (Polyphenol) (Lestari & Indrayanto, 2014) โดยสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารไฟโตเคมีคอลที่สามารถพบได้มากที่สุดในพืช (Jonh et al., 2014; Phong et al., 2022) จะทำปฏิกิริยาป้องกันไม่ให้ไฮโรเปอร์ออกไซด์เกิดการสลายตัวเป็นอนุมูลอิสระ (Maisuthisakul et al., 2007) ในขณะที่สารประกอบฟลาโวนอยด์จัดเป็นสารกลุ่มย่อยที่พบได้มากที่สุดในสารประกอบฟีนอลิกอีกทีหนึ่ง (Jonh et al., 2014) จึงเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ของทั้งสารสกัดขมิ้นชันและเคอร์คูมินไมโครแคปซูลนั้นพบได้น้อยกว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารชีวภาพตามธรรมชาติ เป็นการกำหนดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้ในอนาคต โดยมีวิธีการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในระดับหลอดทดลองมากมาย (Chaves et al., 2020) ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยแบ่งตามกลไกการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพื่อตรวจสอบว่าสารสกัดขมิ้นชันและเคอร์คูมินไมโครแคปซูลจะมีความไวหรือความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระแต่ละชนิดเท่ากันหรือไม่ การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเคอร์คูมินไมโครแคปซูลทั้ง 6 สูตร ประกอบด้วยวิธี MCA DPPH ABTS และ FRAP โดยเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเคอร์คูมินไมโครแคปซูลกับสารสกัดขมิ้นชันที่ไม่ผ่านกระบวนไมโครแคปซูเลชัน การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยกลไกการป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการเข้าจับกับโลหะทรานซิชันที่พบอยู่ในรูปของเฟอร์ไอออน (Fe^{2+}) เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ทำเกิดการสร้างอนุมูลอิสระในร่างกาย โดยเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเฟนตอน (Fenton) เกิดเป็นอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลที่ส่งผลทำลายสารชีวโมเลกุลหรือเกิดความเสียหายของ DNA (Zheng et al., 2008) หากสารต้านอนุมูลอิสระมีความสามารถเป็นตัวเข้าจับกับ

เฟอร์รัสไอออนได้ จะสามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดจากภาวะความเครียดออกซิเดชันได้ จากการศึกษาความสามารถในการเข้าจับกับโลหะทรานซิชัน พบว่าเคอร์คูมินไมโครแคปซูลสูตร 2 (CM2) แสดงฤทธิ์ที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่น

เมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการเข้ายับยั้งอนุมูลอิสระด้วยกลการถ่ายเทอิเล็กตรอนและไฮโดรเจนอะตอม (Mixed-mode based assay) ของเคอร์คูมินไมโครแคปซูลทั้ง 6 สูตร จากการศึกษาพบว่า CM4 และ CM2 แสดงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุดของกลไกการถ่ายเทอิเล็กตรอนและไฮโดรเจนอะตอม (Mixed-mode based assay) เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS ตามลำดับ วิธี DPPH และ ABTS เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่าง ๆ ในการกำจัดอนุมูลอิสระ เนื่องจากวิธีการทดสอบมีความเรียบง่าย รวดเร็ว และความแม่นยำสูง (Nguyen et al., 2021; Ozcelik et al., 2003) DPPH เป็นอนุมูลอิสระสังเคราะห์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลที่ละลายได้ง่ายในไขมัน (Hydrophobic) ทำให้เหมาะสำหรับสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่มีขั้ว ส่วน ABTS เป็นอนุมูลอิสระที่มีโครงสร้างโมเลกุลที่ละลายน้ำและไขมันได้ (Hydrophilic) จึงสามารถศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระที่มีทั้งลักษณะที่มีขั้วและไม่มีขั้ว จึงทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS มีประสิทธิภาพดีกว่าการทดสอบ DPPH ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าการทดสอบความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ $ABTS^{+}$ ที่ 50 เปอร์เซ็นต์มีความสามารถในการยับยั้งที่ดีกว่าการทดสอบด้วยวิธี DPPH ในขณะที่การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยกลไกการถ่ายเถอิเล็กตรอนเพียงอย่างเดียว (Electron transfer-based assay) เมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP พบว่า CM4 เป็นสูตรที่แสดงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุดของกลไกการถ่ายเทอิเล็กตรอนด้วยการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์โลหะทรานซิชันในรูปแบบของเฟอร์ริกไอออนให้อยู่ในรูปของเฟอร์รัสไอออน ซึ่งค่าความสามารถในการรีดิวซ์โลหะทรานซิชันของสูตร CM4 สามารถเทียบเท่ากับความสามารถในการรีดิวซ์โลหะทรานซิชันของสารสกัดขมิ้นชัน

นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดขมิ้นชันที่ผ่านกระบวนการไมโครแคปซูเลชัน ผลการศึกษาพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเคอร์คูมินไมโครแคปซูลมีความใกล้เคียงกับสารสกัดขมิ้นชันที่ไม่ผ่านกระบวนการไมโครแคปซูเลชัน โดยเฉพาะเคอร์คูมินไมโครแคปซูลที่มีการเคลือบด้วยวัสดุผนังมอลโตเดรกตรินและกัมอราบิกในอัตราส่วน 1:10 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีว่าสูตรที่อัตราส่วนวัสดุผนังที่ 1:20 จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าไมโครแคปซูลที่มีสารเคลือบในอัตราส่วนที่น้อยจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีซึ่งสามารถเทียบได้กับสารสกัดขมิ้นชัน

จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่าเคอร์คูมินไมโครแคปซูลสูตร CM6 เป็นสูตรที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่สูงที่สุด อีกทั้งยังมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่สูงและให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีด้วยกลไกการป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ เมื่อทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ความสามารถในการเข้าจับกับโลหะทรานซิชัน และให้ฤทธิ์ที่ดีที่สุดในการต้านอนุมูลอิสระด้วยกลไกการถ่ายเทอิเล็กตรอนและไฮโดรเจนอะตอม เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS รวมไปถึงให้ฤทธิ์ที่ดีในการต้านอนุมูลอิสระด้วยกลไกการถ่ายเทอิเล็กตรอนเพียงอย่างเดียว เมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP เช่นกัน จึงสามารถสรุปได้ว่าเคอร์คูมินไมโครแคปซูลสูตร CM6 เป็นไมโครแคปซูลที่สามารถพัฒนาขมิ้นชันให้มีคุณสมบัติในการละลาย เพิ่มการดูดซึมทางปากที่ดียิ่งขึ้นและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีเทียบเท่ากับสารสกัดขมิ้นชันที่ยังไม่ผ่านกรบวนการไมโครแคปซูลเลชัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง พ.ศ. 2665 โครงการวิจัย 651C5003 เรื่อง “การประเมินฤทธิ์ปกป้องระบบประสาทและฤทธิ์ยืดอายุขัยของอาหารว่างจากแป้งกล้วยน้ำว้าดิบที่มีส่วนผสมของไมโครแคปซูลจากขมิ้นชันในหนอนตัวกลม” และขอขอบคุณสาขาเทคโนโลยีชีวการแพทย์และสารสนเทศสุขภาพ สำนักวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Aggarwal, B. B., Sundaram, C., Malani, N., & Ichikawa, H. (2007). Curcumin: The Indian solid gold. **Adv Exp Med Biol**, 1–75. https://doi.org/10.1007/978-0-387-46401-5_1

Akhilender Naidu, K., & Thippeswamy, N. B. (2002). Inhibition of human low-density lipoprotein oxidation by active principles from spices. **Mol Cell Biochem**, 229(1/2), 19–23. https://doi.org/10.1023/a:1017930708099

Ammon, H., & Wahl, M. (1991). Pharmacology of *Curcuma longa*. **Planta Medica**, 57(01), 1–7. https://doi.org/10.1055/s-2006-960004

Anand, P., Kunnumakkara, A. B., Newman, R. A., & Aggarwal, B. B. (2007). Bioavailability of curcumin: Problems and promises. **Mol Pharm**, 4(6), 807–818. https://doi.org/10.1021/mp700113r

Çam, M., Icyer, N. C., & Erdoğan, F. (2014). Pomegranate peel phenolics: Microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development. **LWT-Food Sci Technol**, 55(1), 117–123.

Chaves, J. O., De Souza, M. C., Da Silva, L. C., Lachos-Perez, D., Torres-Mayanga, P. C., Machado, A. P. D. F., ... & Rostagno, M. A. (2020). Extraction of flavonoids from natural sources using modern techniques. **Front chem**, 8, 507887.

Dewi, E. N., Purnamayati, L., & Kurniasih, R. A. (2023). The effect of different drying methods to the phycocyanin microcapsules using different combination of wall materials. **In AIP Conference Proceeding** (Vol. 2738, No. 1). AIP Publishing.

Fang, Z., & Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols–a review. **Trends Food Sci Technol**, 21(10), 510–523.

Gouin, S. (2004). Microencapsulation. Trends in Food Science & **Technology**, 15(7–8), 330–347. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.10.005

Jeyakumari, A., Janarthanan, G., Chouksey, M. K., & Venkateshwarlu, G. (2016). Effect of fish oil encapsulates incorporation on the physico-chemical and sensory properties of cookies. **J Food Sci Technol**, 53, 856–863.

John, K. M., Thiruvengadam, M., Enkhtaivan, G., & Kim, D. H. (2014). Variation in major phenolic compounds and quality potential of CTC black tea elicited by Saccharomyces cercevisiae and its correlation with antioxidant potential. **Ind Crops Prod**, 55, 289–294.

Kurita, T., & Makino, Y. (2013). Novel curcumin oral delivery systems. Anticancer Research, 33(7), 2807–2821.

Labban, L. (2014). Medicinal and pharmacological properties of Turmeric (*Curcuma longa*): A review. **Int J Pharm Biomed Sci**, 5(1), 17–23.

Lestari, M. L. A. D., & Indrayanto, G. (2014). Curcumin. Profiles of Drug Substances, Excipients and Related Methodology, 113–204. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-800173-8.00003-9

Maisuthisakul, P., Suttajit, M., & Pongsawatmanit, R. (2007). Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. **Food Chem**, 100(4), 1409–1418.

Monroy, A., Lithgow, G. J., & Alavez, S. (2013). Curcumin and Neurodegenerative Diseases. **Bio Factors**, 39(1), 122–132. https://doi.org/10.1002/biof.1063

Nelson, K. M., Dahlin, J. L., Bisson, J., Graham, J., Pauli, G. F., & Walters, M. A. (2017). The Essential Medicinal Chemistry of Curcumin. **J Med Chem**, 60(5), 1620–1637. https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.6b00975

Nguyen, T. T. H., Nguyen, N. T. L., Nguyen, T. T., & Nguyen, H. C. (2023). Enhancement of antioxidant activity and improvement of the bright color of fermented soybean using ergothioneine biosynthesized by Aspergillus oryzae. **Legum Sci**, 5(1), e165.

Ozcelik, B., Lee, J. H., & Min, D. B. (2003). Effects of light, oxygen, and pH on the absorbance of 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl. **J Food Sci**, 68(2), 487–490.

Pérez-Ochoa, M. L., Vera-Guzmán, A. M., Mondragón-Chaparro, D. M., Sandoval-Torres, S., Carrillo-Rodríguez, J. C., Mayek-Pérez, N., & Chávez-Servia, J. L. (2023). Effects of annual growth conditions on phenolic compounds and antioxidant activity in the roots of *Eryngium montanum*. **Plants**, 12(18), 3192.

Phong, H. X., Viet, N. T., Quyen, N. T. N., Van Thinh, P., Trung, N. M., & Ngan, T. T. K. (2022). Phytochemical screening, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activities of four spices commonly used in Vietnamese traditional medicine. Materials Today: Proceedings, 56, 1–5.

Ravindranath, V., & Chandrasekhara, N. (1980). Absorption and tissue distribution of curcumin in rats. **Toxicology**, 16(3), 259–265. https://doi.org/10.1016/0300-483x(80)90122-5

Sharma, R. A., Gescher, A. J., & Steward, W. P. (2005). Curcumin: The story so far. **Eur J Cancer**, 41(13), 1955–1968. https://doi.org/10.1016/j.ejca.2005.05.009

Sharma, R. A., McLelland, H. A., Hill, K. A., Ireson, C. R., Euden, S. A., Manson, M. M., Pirmohamed, M., Marnett, L. J., Gescher, A. J., & Steward, W. P. (2001). Pharmacodynamic and pharmacokinetic study of oral Curcuma extract in patients with colorectal cancer. **Clin Cancer Res**, 7(7), 1894–1900.

The World Flora Online. Curcuma longa L. (n.d.). http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000365771

Tolun, A., Altintas, Z., & Artik, N. (2016). Microencapsulation of grape polyphenols using maltodextrin and gum Arabic as two alternative coating materials: Development and characterization. **J Biotech**, 239, 23–33.

Wang, Y., Lu, Z., Lv, F., & Bie, X. (2009). Study on microencapsulation of curcumin pigments by spray drying. **Eur Food Res Techn**, 229(3), 391–396. https://doi.org/10.1007/s00217-009-1064-6

Zheng, L. F., Dai, F., Zhou, B., Yang, L., & Liu, Z. L. (2008). Prooxidant activity of hydroxycinnamic acids on DNA damage in the presence of Cu (II) ions: mechanism and structure–activity relationship. **Food Chem Toxicol**, 46(1), 149–156.

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการป่วยจากการติดเชื้อไวรัสเดนกีโดยใช้ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

A study of factors affecting the rate of illness caused by Dengue virus: Based on geographic information systems

ชานนท์ นัยจิตร[1*]

Chanon Naijitra[1*]

บทคัดย่อ

โรคไข้เลือดออก ยังคงเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญในประเทศไทยและทั่วโลก มีสาเหตุมาจากการติดเชื้อไวรัสเดงกีผ่านพาหะนำโรค (ยุงลายบ้านและยุงลายสวน) ทำให้เกิดการระบาดในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นประชากร ความเป็นชุมชนเมือง และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การป้องกันโรคที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือการกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลายพาหะ การศึกษาครั้งนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อหาพื้นที่เสี่ยงต่อการระบาดของโรคไข้เลือดออกในจังหวัดปทุมธานี และวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการป่วยจากการติดเชื้อไวรัสเดงกี โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และการวิเคราะห์ข้อมูลการระบาดของโรคในช่วงปี พ.ศ. 2560–2564 ร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความหนาแน่นประชากร และปริมาณขยะตกค้าง

ผลการศึกษาพบว่าไม่สามารถหาพื้นที่เสี่ยงต่อการป่วยอันเนื่องมาจากไวรัสเดนกีได้ การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นปัจจัยเดียวที่มีผลกระทบต่ออัตราการป่วยจากโรคไข้เลือดออก โดยเฉพาะนาข้าว สถานที่ราชการ และแหล่งน้ำที่สร้างขึ้น มีสัมประสิทธิ์การทำนาย (Coefficient of Determination, R^2) เท่ากับ 0.108 0.095 และ 0.090 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05 ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้ในการวางแผนเชิงกลยุทธ์เพื่อควบคุมโรคและจัดสรรทรัพยากรในการป้องกันโรคไข้เลือดออกอย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

คำสำคัญ: การใช้ประโยชน์ที่ดิน, ขยะตกค้าง, ความหนาแน่นประชากร, ระบบสารสรเทศภูมิศาสตร์ โรคไข้เลือดออก

[1] โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดปทุมธานี 12120

[1] Thammasat University Hospital, Pathum Thani, 12120

* Corresponding author: saetwan@tu.ac.th

Abstract

Dengue fever remains an important public health issue in Thailand and worldwide, caused by the dengue virus transmitted through vectors (*Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquitoes). This leads to outbreaks in various areas, particularly those with high population density, urbanization, and changeable land use land cover. The most effective prevention method is the elimination of mosquito breeding sites. This study aims to identify risk areas for dengue fever outbreaks in Pathum Thani Province and analyze factors influencing dengue virus infection rates. Utilizing Geographic Information Systems (GIS) and analyzing disease outbreak data from 2017 to 2021 with other factors such as land use, population density, and waste accumulation.

The results cannot indicate the risk area of illness caused by the dengue virus. The land use is the only factor significantly impacting the infection rates., particularly rice fields, government facilities, and artificial water bodies, with coefficients of determination (R^2) of 0.108, 0.095, and 0.090, respectively, at a significance level of 0.05. The findings from this study can inform strategic planning for disease control and resource allocation to effectively prevent future outbreaks of dengue fever.

Keywords: Dengue fever, Geographic Information Systems, Land use, Population density, Residual waste

บทนำ

โรคไข้เลือดออกเดงกี (Dengue Hemorrhagic Fever, DHF) เป็นโรคติดเชื้อที่มีสาเหตุจากไวรัสเดงกี (Dengue virus: DENV) ซึ่งเป็นไวรัสชนิด single stranded RNA virus จัดอยู่ในกลุ่ม Flaviviridae มีทั้ง 4 serotypes ได้แก่ DENV-1, DENV-2, DENV-3 และ DENV-4 แต่ละสายพันธุ์มี antigen บางชนิดร่วมกัน ส่งผลให้เกิดcross-reaction และ cross-protection ได้ในระยะสั้น ๆ กล่าวคือ เมื่อมีการติดเชื้อจากไวรัสสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่ง ร่างกายจะมีภูมิคุ้มกันถาวร (permanent immunity) ต่อสายพันธุ์นั้น แต่จะมีภูมิคุ้มกันบางส่วน (partial immunity) ต่อสายพันธุ์อื่นในช่วงระยะเวลา 6-12 เดือน (1) พาหะนำโรคในเขตร้อนที่สำคัญในการแพร่เชื้อไวรัสเดงกี คือยุงลายบ้าน *Aedes aegypti* และยุงลายสวน *Aedes albopictus* (2) ในปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยมีอุบัติการณ์ของโรคไข้เดงกี (Dengue Fever: DF), โรคไข้เลือดออกเดงกี (Dengue Hemorrhagic Fever: DHF) และภาวะช็อกจากไข้เลือดออกเดงกี (Dengue Shock Syndrome: DSS) อยู่ที่ 11.75, 4.18, และ 0.11 คนต่อประชากร 100,000 คน โดยพบสูงสุดในภาคกลาง รองลงมาคือ ภาคเหนือ และภาคใต้ ตามลำดับ (3) ปัจจุบันการรักษาโรคไข้เลือดออกเดงกีเป็นการรักษาตามอาการ ยังไม่มียาต้านไวรัสเดงกีโดยเฉพาะ อีกทั้งการให้วัคซีนยังมีประสิทธิภาพต่ำ และมีความเสี่ยงจากการรับวัคซีน จึงไม่เป็นที่นิยมทำให้มีการใช้ในวงจำกัด (4) ดังนั้น การจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อป้องกันการแพร่พันธุ์ของยุงพาหะจึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมการแพร่ระบาดของโรค (5) ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนของยุงลายพาหะและการระบาดของโรคที่สำคัญได้แก่ ลักษณะของชุมชนโดยเฉพาะอย่างยิ่งชุมชนเมือง การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม สภาพอากาศ การท่องเที่ยว ย้ายถิ่น (6) ส่วนการศึกษาอัตราการติดเชื้อ DENV จากมุมมองนักเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ กลับพบว่า ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่ออัตราการติดเชื้อ DENV คือ พื้นที่ทางการเกษตร โดยเฉพาะการเกษตรแบบผสมผสาน ไร่นาสวนผสม และ พื้นที่แบบเหมืองแร่ บ่อขุด (7) การศึกษานี้เป็นข้อมูลเฉพาะจากผู้ที่มารับบริการที่โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติเท่านั้น จึงไม่สามารถสรุปภาพรวมของทั้งจังหวัดได้

จังหวัดปทุมธานีเป็นพื้นที่กึ่งชุมชนเมือง ลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา ส่งผลให้มีน้ำท่วมขังพื้นที่ริมฝั่งแม่น้ำในฤดูฝน (8) พื้นที่ส่วนใหญ่จึงเหมาะสำหรับการเกษตรกรรม สอดคล้องกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบว่าเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ร้อยละ 40.99 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยมีพื้นที่ปลูกข้าวเป็นหลักมากถึงร้อยละ 70.57 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด (7) นอกจากนี้จังหวัดปทุมธานียังเป็นพื้นที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรมมากเป็นอันดับต้น ๆ ของประเทศ มีโรงงานจดทะเบียนกับสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดปทุมธานี ณ สิ้นเดือนมิถุนายน 2567 มากถึง 3,496 แห่ง (9) ส่งผลให้เกิดการจ้างงานจำนวนมากและสร้างรายได้ให้ประชากรในจังหวัดสูงถึง 36,003 บาทต่อครัวเรือนต่อเดือน (10) นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของโรงงานและการขยายตัวทางเศรษฐกิจยังนำมาซึ่งการย้ายเข้าของแรงงานข้ามถิ่น ซึ่งในปี พ.ศ. 2563 ปทุมธานีมีการย้ายเข้าของแรงงานข้ามถิ่นสูงเป็นอันดับสองของประเทศ (11) นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของโครงการที่พักอาศัย โดยในปี พ.ศ. 2564 มีจำนวนบ้านพักอาศัยรวมทั้งสิ้น 660,020 หลัง (12) แม้ว่าการเพิ่มขึ้นของประชากรจะส่งผลดีต่อเศรษฐกิจโดยรวมของจังหวัด แต่ก็ส่งผลให้เกิดขยะมูลฝอยในพื้นที่เพิ่มขึ้นมาก จากข้อมูลระบบสารสนเทศด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนปี พ.ศ. 2562 จังหวัดปทุมธานีมีปริมาณขยะมูลฝอยมากถึง 1,644.44 ตันต่อวัน (13) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการระบาดของเชื้อ DENV ทั้งสิ้น

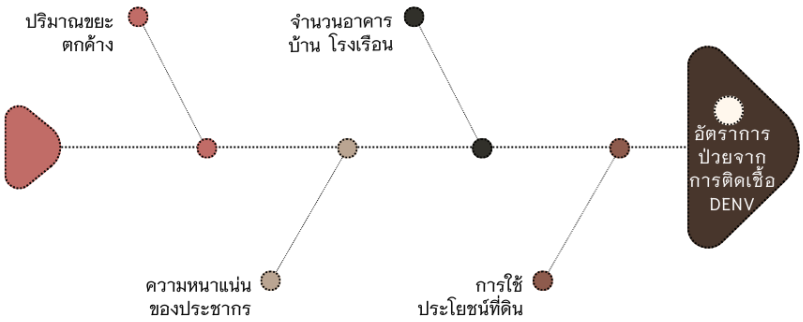
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์บนพื้นผิวโลก โดยอาศัยการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ในการจัดเก็บ วิเคราะห์ และเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่เข้ากับข้อมูลที่อ้างอิงตำแหน่งจริง เพื่อให้สามารถสร้างผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิเคราะห์ที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ (14) สำหรับงานด้านสาธารณสุข การประยุกต์ใช้ GIS มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการวางแผนและการกำหนดนโยบายด้านสุขภาพ ทั้งในด้านระบบบริการ ระบบบริหาร และระบบควบคุมป้องกันโรค โดยเชื่อมโยงข้อมูลด้านสุขภาพกับข้อมูลเชิงพื้นที่มีความชัดเจนยิ่งขึ้น ส่งผลให้สามารถระบุปัจจัยต่างๆ ที่สำพันธ์กับการเกิดโรคได้อย่างแม่นยำมากขึ้น ทั้งนี้การนำ GIS มาใช้ในงานสาธารณสุขกำลังกลายเป็นมาตรฐานที่สำคัญที่องค์กรด้านการแพทย์และสาธารณสุขต้องเรียนรู้และปรับใช้ และคาดว่าจะมีบทบาทที่สำคัญมากยิ่งขึ้นในอนาคต (15)

จากข้อมูลเบื้องต้น ผู้วิจัยมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ร่วมกับข้อมูลการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ในจังหวัดปทุมธานี ระหว่างปี พ.ศ. 2560–2564 เพื่อระบุพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงต่อการระบาดของโรคไข้เลือดออก รวมถึงวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ข้อมูลและผลการวิเคราะห์นี้จะนำไปสู่การพัฒนาการวางแผนเชิงกลยุทธ์ในการควบคุมโรคอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนการจัดสรรทรัพยากรในการป้องกันและลดการแพร่ระบาดของโรคไข้เลือดออกในอนาคตอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อระบุพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดการติดเชื้อไวรัสเดงกี (DENV) ในจังหวัดปทุมธานี
2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออัตราการติดเชื้อไวรัสเดงกี (DENV) ในจังหวัดปทุมธานี

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน



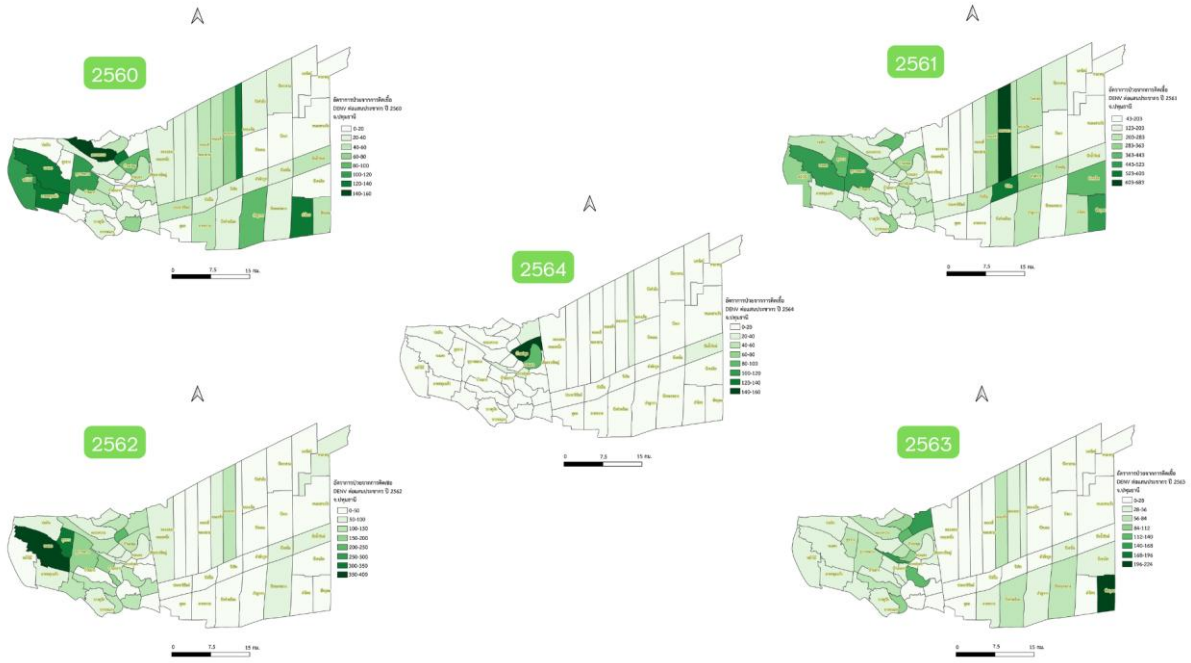
วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงย้อนหลัง (retrospective study) โดยใช้ข้อมูลผู้ป่วยติดเชื้อไวรัสเดงกี (DENV) รายตำบลในจังหวัดปทุมธานี จำนวนทั้งสิ้น 58 ตำบล ระหว่างปี พ.ศ. 2560–2564 ซึ่งรวบรวมและรายงาน โดยสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดปทุมธานีในรูปแบบรายงาน 506 และส่งต่อให้สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข เพื่อการวิเคราะห์เชิงลึก ข้อมูลดังกล่าวได้ถูกนำมาผนวกเข้ากับข้อมูลปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความหนาแน่นของประชากร ปริมาณขยะตกค้าง จำนวนอาคาร บ้านเรือน และการใช้ประโยชน์ที่ดินในจังหวัดปทุมธานี และวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (QGIS เวอร์ชัน 3.38 Grenoble) และสร้างแผนภาพเชิงพื้นที่แสดงอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ของประชากรในพื้นที่ต่าง ๆ เพื่อฉายฉากทัศน์โดยรวมของอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ของประชากรในจังหวัดปทุมธานี และนำเสนอผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ในรูปแบบอัตราค่าเฉลี่ย ในแต่ละปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการติดเชื้อ DENV ในจังหวัดปทุมธานี ด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple linear regression) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ความหนาแน่นของประชากร ปริมาณขยะตกค้าง จำนวนอาคารบ้านเรือน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน กับอัตราการติดเชื้อ DENV

ผลการศึกษา

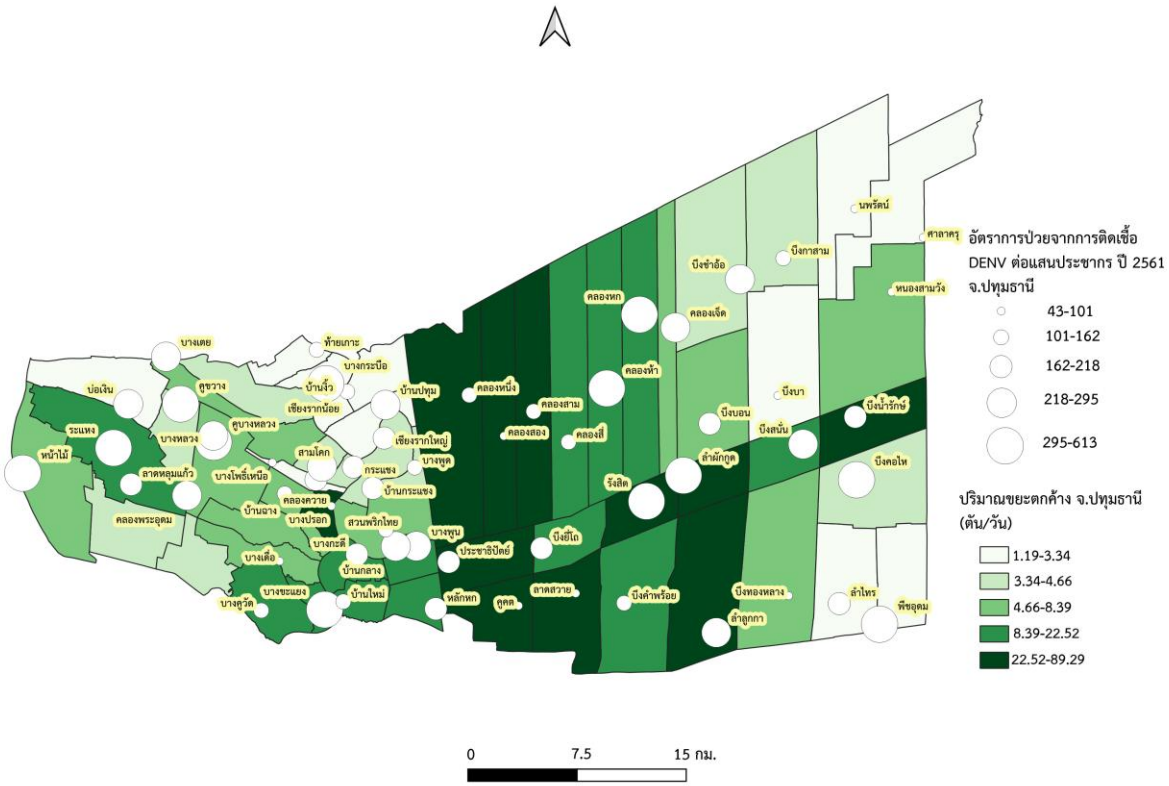
อัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ต่อแสนประชากรในจังหวัดปทุมธานี ระหว่างปี พ.ศ. 2560–2564 พบว่าอัตราการติดเชื้อสูงที่สุดในปี พ.ศ. 2561 โดยพบผู้ป่วยสูงถึง 13,006.89 รายต่อแสนประชากร รองลงมาคือปี พ.ศ. 2562 (4,502.31 รายต่อแสนประชากร) ปี พ.ศ. 2563 (2,762.47 รายต่อแสนประชากร) ปี พ.ศ. 2560 (2,540.11 รายต่อแสนประชากร) และมีอัตราการป่วยต่ำที่สุดในปี พ.ศ. 2564 พบเพียง 587.9 รายต่อแสนประชากร ซึ่งมีอัตราการติดเชื้อต่ำ แตกต่างจากอัตราการติดเชื้อปีก่อนหน้าอย่างเห็นได้ชัด ประมาณ 4–22 เท่า อาจเกิดจากการระบาดของโรคโควิด–19 ซึ่งเป็นโรคอุบัติใหม่ที่มีความรุนแรงสูงในช่วงเวลานั้น (16) ทำให้มีการกักตัวเพื่อควบคุมการระบาด (17) บุคลากรและทรัพยากรทางการแพทย์มุ่งไปที่การรักษาและควบคุมโรคโควิด 19 (18) ประกอบกับประชาชนหวาดกลัวกับสถานการณ์การแพร่ระบาดเนื่องจากโรงพยาบาลและบุคลากรทางการแพทย์ถูกเพ่งเล็งว่าเป็นแหล่งแพร่กะจายของเชื้อไวรัสโคโรนา (Coronavirus) (19) หากอาการไม่ร้ายแรงประชาชนส่วนมากเลือกที่จะรักษาตัวเองที่บ้าน (20) อีกประการหนึ่งช่วงเวลาการระบาดของ DENV และ โควิด 19 ทับซ้อนกันอีกทั้งยังมีอาการแสดง

ของโรคคล้ายคลึงกัน (21) เหตุผลเหล่านี้อาจเป็นสาตุให้มีอัตราการรายงานการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ต่ำกว่าความเป็นจริง ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ในประเทศและของโลกในช่วงเวลาดังกล่าว (22–24) เมื่อพิจารณาพื้นที่พบอัตราการป่วยอันมีสาเหตุจาก DENV สูงสุด พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่มีอัตราการป่วยสูงสุด ในแต่ละปี โดยรายละเอียดดังนี้ ปี 2560 ตำบลคลองควาย อำเภอสามโคก พบ 140–160 คนต่อแสนประชากร ปี 2561 ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง พบ 603–683 คนต่อแสนประชากร ปี 2562 ตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว พบ 350–400 คนต่อแสนประชากร ปี 2563 ตำบลพืชอุดม อำเภอลำลูกกา พบ 196–224 คนต่อแสนประชากร และปี 2564 ตำบลบ้านปทุม อำเภอสามโคก พบ 140–160 คนต่อแสนประชากร โดยอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV จะลดในปีถัดไป แสดงดังภาพที่ 1



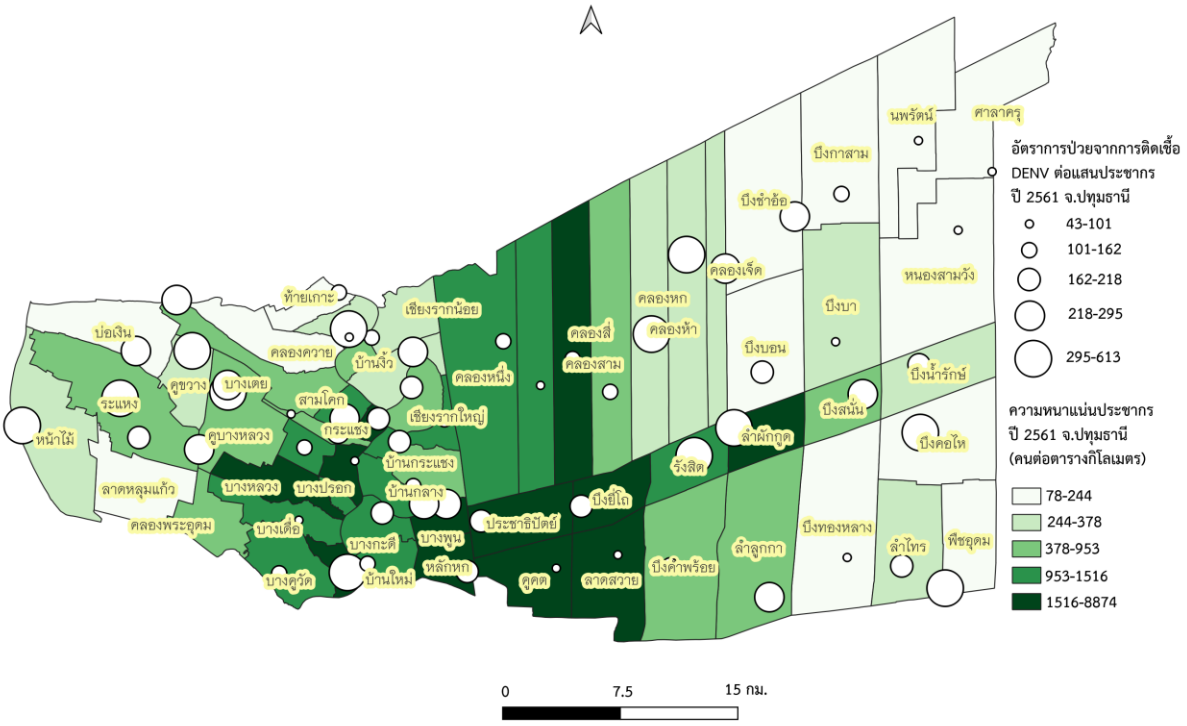
ภาพที่ 1 อัตราการป่วยจากการการติดเชื้อ DENV รายตำบล จังหวัดปทุมธานี ระหว่างปี 2560–2564

การวิเคราะห์อัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV และปริมาณขยะพลาสติกตกค้างในพื้นที่โดยใช้ระบบ GIS อาศัยข้อมูลอัตราการป่วยจาก DENV ในปี พ.ศ. 2561 ซึ่งพบการระบาดสูงที่สุด และข้อมูลปริมาณขยะพลาสติกตกค้าง คำนวณจากปริมาณขยะในพื้นที่รายวันคูณด้วยอัตราขยะตกค้างรายวันของจังหวัดปทุมธานี ซึ่งเท่ากับ 0.56 (13) พบว่าอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ไม่สัมพันธ์กับปริมาณขยะตกค้างในแต่ละพื้นที่ โดยพบว่าอัตราการป่วยจาก DENV สูง (218–295 รายต่อแสนประชากร และ 295–613 รายต่อแสนประชากร) สามารถพบได้ในพื้นที่ที่มีปริมาณขยะตกค้างสูง ปานกลาง และต่ำ ในขณะเดียวกันอัตราการป่วยจาก DENV ที่มีอัตราต่ำ (43–101 รายต่อแสนประชากร) สามารถพบได้ทั้งพื้นที่ที่มีปริมาณขยะตกค้างสูง ปานกลาง และต่ำ เช่นกัน ดังภาพที่ 2



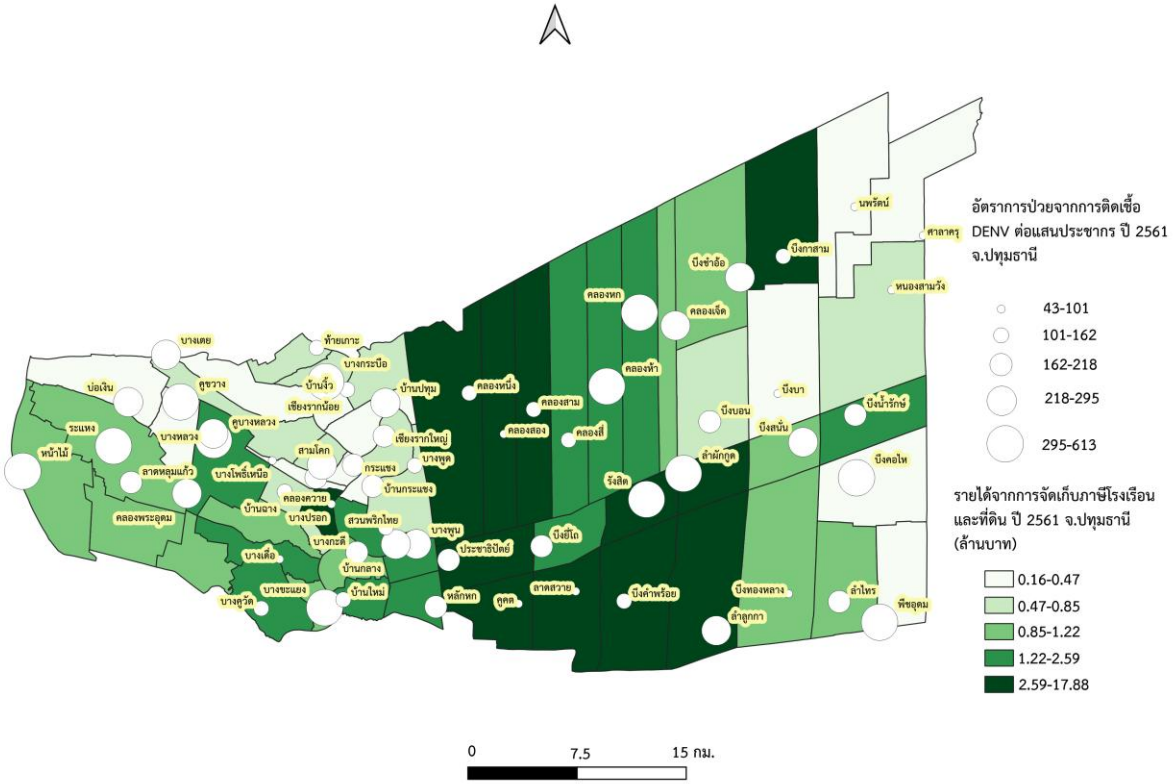
ภาพที่ 2 อัตราการป่วยจาก DENV และปริมาณขยะตกค้างในพื้นที่

การวิเคราะห์อัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ร่วมกับข้อมูลความหนาแน่นประชากรมาจากสถิติจำนวนประชากรและบ้านของสำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง (25) และข้อมูลขนาดพื้นที่จากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะได้ความหนาแน่นของประชากรรายตำบล ด้วย GIS พบว่าอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV สูง 218–295 และ 295–613 คนต่อแสนประชากร สามารถพบได้ทั้งพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นสูง ปานกลาง และต่ำ เช่นเดียวกับอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ต่ำ (43–101 คนต่อแสนประชากร) ที่สามารถพบได้ในทุกระดับของความหนาแน่นประชากร จากผลการศึกษาไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างความหนาแน่นของประชากรกับอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ดังแสดงในภาพที่3



ภาพที่ 3 ความหนาแน่นประชากรกับอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV จ.ปทุมธานี

ความหนาแน่นของอาคาร บ้าน และโรงเรือน ถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่ระบาดของโรค ไข้เลือดออก (26, 27) อย่างไรก็ตามการหาจำนวนอาคาร บ้าน โรงเรือน โดยตรงทำได้ยาก เนื่องจากมีข้อมูลดังกล่าวเพียงบางพื้นที่ไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดในจังหวัดปทุมธานี ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงนำข้อมูลรายได้จากการเก็บภาษีโรงเรือนและที่ดินมาใช้แทนความหนาแน่นของอาคาร (28) ผลการศึกษาด้วย GIS การป่วยในอัตราที่สูง (218–295 และ 295–613 รายต่อแสนประชากร) และอัตราการป่วยในระดับต่ำ (43–101 รายต่อแสนประชากร) กระจายในพื้นที่มีระดับรายได้จากภาษีโรงเรือนและที่ดินทั้งในระดับสูง กลาง และต่ำ ดังแสดงในภาพที่ 4

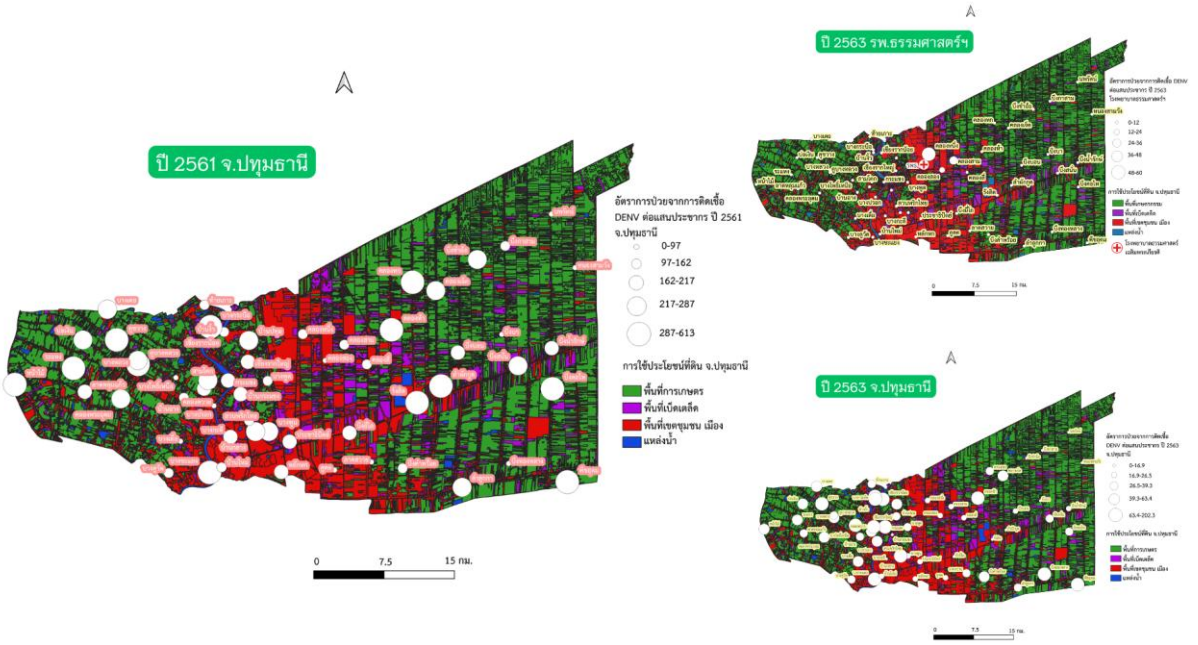


ภาพที่ 4 อัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV และรายได้จากการเก็บภาษีโรงเรือนและที่ดิน จ.ปทุมธานี

การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2564 ของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดปทุมธานี (29) ร่วมกับอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ปี 2561 พบว่าพื้นที่ที่มีการระบาดสูง (217–287 และ 287–263 คนต่อแสนประชากร) ส่วนมากพบในพื้นที่เขตชุมชน เมือง และพื้นที่ทางการเกษตร ดังแสดงในภาพที่ 5 อย่างไรก็ตามด้วยข้อจำกัดในการแสดงผลการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยละเอียดในแผนที่ GIS จึงได้ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดิน จ.ปทุมธานีกับอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น (Simple linear regression) โดยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งการคำนวณได้มาจาก Attribute data ของข้อมูล Shape file การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดปทุมธานีทั้งหมด 23 รายการ โดยตัดข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นสถานีคมนาคม (Communication and utility) ออก เนื่องจากมีค่าเท่ากันทุกตำบล พบว่ามีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพียง 3 รายการเท่านั้นที่มีอิทธิพลต่ออัตราการป่วยจาก DENV ได้แก่ นาข้าว (พื้นที่การเกษตร) สถานที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ (พื้นที่เขตชุมชน เมือง) และ แหล่งน้ำที่สร้างขึ้น (แหล่งน้ำ) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (Coefficient of Determination, R^2) เท่ากับ 0.108 0.095 และ 0.090 ตามลำดับ ที่ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ของจังหวัดปทุมธานี กับข้อมูลอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ที่เข้ามารักษาที่โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ ในปี 2563 ซึ่งเป็นปีแรกที่สามารถสืบค้นข้อมูลการรายงานของโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติได้ (รง.506) พบว่าฉากทัศน์อัตราการระบาดที่ประมวลผลด้วย GIS แสดงแผนที่อัตราการป่วยจากข้อมูลการติดเชื้อ DENV ของโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติพบสูงสุดที่ตำบลคลองหนึ่ง คลองสอง และคลองสาม เท่ากับ 48–60 24–36 และ 36–48 คนต่อแสนปะชากร ตามลำดับ ขณะที่อัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV สูงสุดของจังหวัดปทุมธานี เท่ากับ 39.3–63.4 และ 63.4–202.3 คนต่อแสนประชากร ซึ่งสูงกว่าอัตราการป่วยของโรงพยาบาลธรรมศาสตร์ประมาณ 3 เท่า และเมื่อพิจารณา

ร่วมกับการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่าฉากทัศน์อัตราการป่วยจากข้อมูลการติดเชื้อ DENV ของโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติสูงสุด ในพื้นที่เขตชุมชน เมือง เป็นส่วนใหญ่ ส่วนข้อมูลของจังหวัดปทุมธานี พบอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV สูงสุดทั้งพื้นที่การเกษตร และ พื้นที่เขตชุมชน เมือง แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 อัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

สรุปผลและอธิปรายผล

อัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ต่อแสนประชากรในจังหวัดปทุมธานี ระหว่างปี พ.ศ. 2560–2564 (ภาพที่ 1) พบว่าพื้นที่ที่มีการระบาดสูงสุดในแต่ละปีมีความแตกต่างกัน โดยอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV จะลดในปีถัดไป ซึ่งอาจเกิดจากประสิทธิภาพของระบบเฝ้าระวังการระบาดในแต่ละพื้นที่ เมื่อพบผู้ป่วยติดเชื้อ หน่วยงานด้านสาธารณสุขในพื้นที่จะทำการแจ้งเตือนแก่ภาคีเครือข่าย จากนั้นทีมเฝ้าระวังสืบสวนเคลื่อนที่เร็วจะเข้าสอบสวนเพื่อยืนยันการระบาด หากยืนยันพบการระบาด จะเข้าสู่กระบวนการควบคุมโรค โดยโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล และอาสาสมัครสาธารณสุขในพื้นที่ ซึ่งจะเน้นการกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลายเป็นหลัก โดยดำเนินการควบคุมโรคในระยะเวลา 28 วัน (30) กระบวนการเฝ้าระวังและควบคุมโรคเหล่านี้มีส่วนช่วยในการลดอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ในปีถัดไป ซึ่งแนวโน้มการลดลงของอัตราการป่วยหลังจากปีที่มีการระบาดสูง มีลักษณะคล้ายคลึงกับการระบาดในหลายประเทศในทวีปอเมริกาใต้ เช่น คอสตาริกา บราซิล และนิการากัว (31)

ขยะตกค้างในพื้นที่ โดยเฉพาะขยะพลาสติกที่สามารถเก็บน้ำได้ ถูกระบุว่าเป็นแหล่งเพาะพันธุ์สำคัญของยุงลาย ซึ่งเป็นพาหะนำโรคไข้เลือดออก หากไม่ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม อาจส่งผลให้อัตราการติดเชื้อ DENV เพิ่มขึ้นจากการแพร่ระบาดของยุงลายพาหะได้ (32) แต่อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์อัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV และปริมาณขยะพลาสติกตกค้าง (ภาพที่ 2) แสดงให้เห็นว่าปริมาณขยะตกค้างไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการป่วยจาก DENV สอดคล้องกับการศึกษาในรัฐทมิฬนาฑู ประเทศอินเดีย ซึ่งไม่สามารถยืนยันได้ว่าปริมาณขยะพลาสติกตกค้างมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการระบาดของ DENV (36) ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณของยุงลายพาหะและการระบาดของโรคขึ้นอยู่กับปัจจัยร่วมอีกหลายปัจจัย เช่น เช่น สภาพเศรษฐานะ สิ่งแวดล้อม ความร่วมมือของชุมชน และการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ เป็นต้น (33–36)

จากการวิเคราะห์อัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ร่วมกับข้อมูลความหนาแน่นประชากร (ภาพที่ 3) พบว่าอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ไม่สัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากร สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการแพร่ระบาดของ DENV นั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สภาพเศรษฐานะ สิ่งแวดล้อม ความร่วมมือของชุมชน และการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (33–36) ซึ่งล้วนมีผลต่อการควบคุมแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลายพาหะ นอกจากนี้การศึกษาของ Schmidt และคณะในปี พ.ศ. 2554 ที่ดำเนินการในจังหวัด Kanh Hoa ประเทศเวียดนาม พบว่าพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นในเขตเมืองมีอัตราการระบาดของโรคไข้เลือดออกต่ำกว่าพื้นที่ชนบทที่มีประชากรหนาแน่นน้อยกว่า เนื่องจากระบบควบคุมและป้องกันโรคในเขตเมืองมีประสิทธิภาพมากกว่า (37) ขณะที่การศึกษาของ Sirisena และคณะในปี พ.ศ. 2560 ที่ดำเนินการในประเทศศรีลังกา กลับพบว่าพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรสูงมีอัตราการเกิดโรคไข้เลือดออกสูงกว่าพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรต่ำ (38) เหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการแพร่ระบาดของ DENV ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ไม่สามารถพิจารณาเฉพาะปัจจัยความหนาแน่นประชากรเพียงอย่างเดียวได้

ผลการศึกษาพบว่าอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของอาคารบ้าน โรงเรือน (ภาพที่ 4) ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Nakhapakorn และคณะในปี พ.ศ. 2563 พบว่าการเพิ่มขึ้นของอาคารที่พักอาศัยหลายชั้น 1,000 อาคาร จะเพิ่มอุบัติการณ์การติดเชื้อ DENV โดยเฉลี่ย 2.19 รายต่อประชากร (26) เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Seidahmed และคณะในสิงคโปร์ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนอาคารที่พักอาศัยส่งผลต่อการระบาดของ DENV โดยระบุว่าอาคารที่พักอาศัยหลายชั้น (High–rise housing) มีผลกระทบต่อการแพร่ระบาดของโรคไข้เลือดออกมากกว่าอาคารที่พักอาศัยชั้นเดียวหรือต่ำชั้น (Low–rise housing) โดยอาคารหลายชั้นมีความสามารถในการระบายน้ำที่ต่ำกว่าอาคารชั้นเดียวถึง 4 เท่า ทำให้เกิดน้ำขังและเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงลาย (27) ทั้งนี้ทั้งนั้น อายุของอาคารก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ควรพิจารณาร่วมด้วยเนื่องจากความสามารถในการอุ้มน้ำของอาคารเก่าสูงกว่าอาคารใหม่ ส่งผลให้เกิดน้ำขังและเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงลายพาหะได้ (39) ในบริบทของพื้นที่จังหวัดปทุมธานี พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นอาคารที่พักอาศัยแบบชั้นเดียวหรือมีจำนวนชั้นไม่มาก ซึ่งแตกต่างจากอาคารหลายชั้นที่พบในการศึกษาในสิงคโปร์ และเมืองใหญ่ จึงอาจให้ผลศึกษาที่แตกต่างออกไป

การใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบอัตราการเจ็บป่วยจาก DENV ในอัตราที่สูง (ภาพที่ 5) มีอยู่สองลักษณะได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม และ พื้นที่เขตชุมชนเมือง และเมื่อศึกษาลงในรายละเอียดพบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีอิทธิพลต่ออัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV มีทั้งหมด 3 แบบ ได้แก่ นาข้าว โดยเฉพาะข้าวนาสวน ที่เป็นข้าวซึ่งปลูกในผืนนาอาศัยน้ำจนถึงระยะตั้งท้อง ซึ่งเป็นนาข้าวหลักที่เหมาะกับพื้นที่จังหวัดปทุมธานี (40) ที่มีพื้นที่การผลิตมากสุดในกลุ่มพื้นที่เกษตรกรรมในอัตราส่วนพื้นที่ ร้อยละ 70.56 (29) น้ำที่ขังในนาข้าวมีลักษณะเป็นน้ำนิ่ง เหมาะกับการวางไข่ของยุงลายพาหะ (1) สอดคล้องกับการศึกษาของ Sunaryo, Tri Ramadhani และ Dyah Widiastuti ในจังหวัด Central Java, Indonesia ที่พบว่าอุบัติการณ์ของไข้เลือดออกสูงในพื้นที่ที่ทำนาข้าวลักษณะที่มีการผันน้ำเข้าที่นา (41) นอกจากนี้จังหวัดปทุมธานีเป็นที่ตั้งของสถานที่ราชการ และสถาบันต่าง ๆ จำนวนมาก ทั้งสถาบันการศึกษาภาครัฐและเอกชน หน่วยงานราชการหลายภาคส่วน ทัณฑสถาน ศูนย์วิจัยข้าว พิพิธภัณฑ์ สถาบันทางศาสนา เป็นต้น ซึ่งสถานที่เหล่านี้มีพื้นที่ขนาดใหญ่อาจทำให้เกิดการดูแลไม่ทั่วถึง เกิดน้ำขัง ทำให้กลายเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลายพาหะได้ (1) นอกจากนี้สถานที่ราชการส่วนใหญ่เป็นอาคารสูง ในจำนวนนี้ส่วนหนึ่งเป็นอาคารเก่า ซึ่งล้วนแล้วแต่เอื้อต่อการเพาะพันธุ์ยุงลายทั้งสิ้น (27, 39) ประกอบกับการดูแลไม่ทั่วถึงเป็นผลให้พื้นที่บางส่วน เช่น สวน อาคาร ขาดการดูแลอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งมีส่วนคล้ายบ้าน หรืออาคารที่ถูกร้างที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการติดเชื้อ DENV (42)

การตื้นเขินของคลองรังสิต และคลองสาขานับตั้งแต่ คลอง 1 ถึง คลอง 16 ถูกใช้งานมาอย่างยาวนาน ตั้งแต่ปี พ.ศ.2431 (43) เนื่องจากเศษสวะและวัชพืชที่ทับถม ทำให้ร่องน้ำที่ลึก 3 เมตรตื้นเขินขึ้น กระแสน้ำไหลช้าลง (44) วัชพืชและเศษสวะที่ลอยในคลองเป็นจุดรองรับน้ำฝนที่อาจขังตามใบ หรือกาบใบ ซึ่งเป็นลักษณะของแหล่งที่ยุงลายสามารถวางไข่ได้ (1) นอกจากนี้แหล่งสำรองน้ำเพื่อการเกษตรโดยเฉพาะสวนผลไม้ที่มีอยู่มากถึงร้อยละ 14.21 ของพื้นที่ทางการเกษตรทั้งหมด เป็นรองเพียงนาข้าวเท่านั้น (29) ยังนับเป็นปัจจัยที่เอื้อต่อการเพิ่มจำนวนของยุงลายพาหะด้วย ซึ่งยืนยันได้จากการศึกษาของ Benthem และคณะในปี 2548 ที่ทำการศึกษาภูมิคุ้มกันต่อเชื้อ DENV ของประชากรในภาคเหนือของประเทศไทย พบว่าบ้านเรือนที่อยู่ห่างจากสวนผลไม้ไม่เกิน 7 กิโลเมตร มีอัตราการตรวจพบภูมิคุ้มกันต่อเชื้อ DENV สูงกว่าบ้านเรือนที่อยู่ไกลจากสวนผลไม้ (45)

ผลการศึกษาครั้งนี้อัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV ต่อแสนประชากรในจังหวัดปทุมธานี ระหว่างปี พ.ศ. 2560–2564 พบว่าพื้นที่ที่มีอัตราการระบาดสูงมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละปี โดยในปี พ.ศ. 2560 พบการระบาดสูงสุดที่ตำบลคลองควาย อำเภอสามโคก (140–160 รายต่อแสนประชากร) ในปี พ.ศ. 2561 พบที่ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง (603–683 รายต่อแสนประชากร) ปี พ.ศ. 2562 พบที่ตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว (350–400 รายต่อแสนประชากร) ปี พ.ศ. 2563 พบที่ตำบลพืชอุดม อำเภอลำลูกกา (196–224 รายต่อแสนประชากร) และในปี พ.ศ. 2564 พบการระบาดที่ตำบลบ้านปทุม อำเภอสามโคก (140–160 รายต่อแสนประชากร)

จากการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษาร่วมกัน ได้แก่ ปริมาณขยะตกค้าง ความหนาแน่นของประชากร และจำนวนอาคาร บ้านเรือน พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการป่วยจากการติดเชื้อ DENV อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบพื้นที่การเกษตรและพื้นที่ชุมชนเมืองแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์กับอัตราการป่วยจาก DENV และเมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบนาข้าว สถานที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ และ แหล่งน้ำที่สร้างขึ้นมีอิทธิพลต่ออัตราการป่วยจากการติกเชื้อ DENV โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (Coefficient of Determination, R^2) เท่ากับ 0.108 0.095 และ 0.090 ตามลำดับ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนอัตรากำลัง งบประมาณ และกำหนดนโยบายในการควบคุมและป้องกันโรคที่เกิดจากยุงลายพาหะได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้อาศัยข้อมูลที่รวบรวมจากหลายหน่วยงาน ซึ่งอาจมีข้อจำกัดในด้านความครบถ้วนของข้อมูล เพื่อให้ผลการวิจัยมีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น การศึกษาครั้งต่อไปควรพิจารณาใช้ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์และความน่าเชื่อถือของข้อมูล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีด้วยความร่วมมือจาก คุณกาญจนวรรณ บัวจันทร์ นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ เอื้อเฟื้อข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก จ.ปทุมธานี, ดร.ทนพ.อนุรักษ์ เชื้อมั่ง ที่ปรึกษาด้านสถิติ, รศ.ดร.สุเพชร จิรขจรกุล สำหรับสื่อการเรียน GIS แบบออนไลน์

เอกสารอ้างอิง

1. Division of Vector bourne Diseases. คู่มือวิชาการโรคติดเชื้อเดงกีและโรคไข้เลือดออกเดงกีด้านการแพทย์และสาธารณสุข. กรุงเทพมหานคร: สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค; 2015.

2. Kraemer MUG, Reiner RC, Brady OJ, Messina JP, Gilbert M, Pigott DM, et al. Past and future spread of the arbovirus vectors Aedes aegypti and Aedes albopictus. Nature Microbiology. 2019;4(5):854–63.
3. Department of disease control. National Disease Surveillance (Report 506).
4. Paz-Bailey G, Adams L, Wong JM, Poehling KA, Chen WH, McNally V, et al. Dengue Vaccine: Recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices, United States, 2021. MMWR Recommendations and reports : Morbidity and mortality weekly report Recommendations and reports. 2021;70(6):1–16.
5. Srisawat N, Thisyakorn U, Ismail Z, Rafiq K, Gubler DJ, Committee A-IWDD. World Dengue Day: A call for action. PLoS neglected tropical diseases. 2022;16(8):e0010586.
6. Mwanyika GO, Mboera LE, Rugarabamu S, Ngingo B, Sindato C, Lutwama JJ, et al. Dengue virus infection and associated risk factors in Africa: a systematic review and meta-analysis. Viruses. 2021;13(4):536.
7. ชานนท์ นัยจิตร. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อค้นหาพื้นที่เสี่ยงติดเชื้อไวรัสเดงกี. วารสารเทคนิคการแพทย์. รอตีพิมพ์ 2567.
8. สำนักงานจังหวัดปทุมธานี. ลักษณะภูมิประเทศ 2567 [Available from: http://www2.pathumthani.go.th/index.php/pathumthani-history/2012-09-20-03-55-38.
9. อุตสาหกรรมจังหวัดปทุมธานี. ทำเนียบโรงงาน ปี 67 2567 [Available from: https://pathumthani.industry.go.th/th/3.
10. สำนักงานสถิติจังหวัดปทุมธานี. ตัวชี้วัดที่สำคัญของจังหวัด 2567 [Available from: https://pathumthani.nso.go.th/.
11. เสาวณี จันทะพงษ์, พาทินธิดา สัจจานิจการ. คลื่นแรงงานย้ายถิ่น กับศักยภาพชุมชนท้องถิ่น กรุงเทพมหานคร: กรุงเทพธุรกิจ; 2564 [Available from: https://www.bangkokbiznews.com/business/941667.
12. สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. สถิติจำนวนประชากรและบ้าน ข้อมูลปี 2564 2564 [Available from: https://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statyear/#/TableTemplate/Area/statpop.
13. กรมควบคุมมลพิษ. ระบบสารสนเทศด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน 2562 [Available from: https://thaimsw.pcd.go.th/localgovdetail.php?id=152.
14. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทางการแพทย์และสาธารณสุข [Internet]. วิทยาลัยแพทย์ศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2007 [cited 27/10/2565]. Available from: http://www.cmp.ubu.ac.th/th/detail_article.php?article=00090&=8334956828a8ec0a5d9e924f6e77d8c9.
15. Davenhall WF, Kinabrew C. GIS in Health and Human Services: Springer Handbook of Geographic Information. 2012:557–78. doi: 10.1007/978-3-540-72680-7_29.
16. Nittayasoot N, Suphanchaimat R, Namwat C, Dejburum P, Tangcharoensathien V. Public health policies and health-care workers' response to the COVID-19 pandemic, Thailand. Bull World Health Organ. 2021;99(4):312–8.

17. Malathum K, Malathum P. The covid-19 Pandemic: What we have learned from Thai experiences. Pacific Rim International Journal of Nursing Research. 2020;24(4):431-5.
18. Langkulsen U, Rwodzi DT. Healthcare Resources in the Context of COVID-19 Outbreak—Thailand, 2020. In: Akhtar R, editor. Coronavirus (COVID-19) Outbreaks, Environment and Human Behaviour: International Case Studies. Cham: Springer International Publishing; 2021. p. 63-74.
19. Spruijt I, Cronin A, Udeorji F, Nazir M, Shehu S, Poix S, et al. Respected but stigmatized: Healthcare workers caring for COVID-19 patients. Plos one. 2023;18(7):e0288609.
20. Kazemioula G, Golestani S, Alavi SMA, Taheri F, Gheshlagh RG, Lotfalizadeh MH. Prevalence of self-medication during COVID-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis. Frontiers in public health. 2022;10:1041695.
21. Brady O, Wilder-Smith A. What Is the Impact of Lockdowns on Dengue? Current Infectious Disease Reports. 2021;23(2):2.
22. Tangsathapornpong A, Thisyakorn U. Dengue amid COVID-19 pandemic. PLOS Global Public Health. 2023;3(2):e0001558.
23. Khan S, Akbar SMF, Yahiro T, Mahtab MA, Kimitsuki K, Hashimoto T, Nishizono A. Dengue infections during COVID-19 period: reflection of reality or elusive data due to effect of pandemic. International journal of environmental research and public health. 2022;19(17):10768.
24. Lu X, Bambrick H, Pongsumpun P, Dhewantara PW, Toan DTT, Hu W. Dengue outbreaks in the COVID-19 era: Alarm raised for Asia. PLoS neglected tropical diseases. 2021;15(10):e0009778.
25. สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. สถิติจำนวนประชากรและบ้าน ข้อมูลปี 2561 2561 [Available from: https://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statyear/#/.
26. Nakhapakorn K, Sancharoen W, Mutchimwong A, Jirakajohnkool S, Onchang R, Rotejanaprasert C, et al. Assessment of urban land surface temperature and vertical city associated with dengue incidences. Remote Sensing. 2020;12(22):3802.
27. Seidahmed OME, Lu D, Chong CS, Ng LC, Eltahir EAB. Patterns of Urban Housing Shape Dengue Distribution in Singapore at Neighborhood and Country Scales. GeoHealth. 2018;2(1):54-67.
28. สำนักบริหารการคลังท้องถิ่น กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น. ข้อมูลรายได้ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561 2561.
29. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) 2564 [Available from: https://dinonline.ldd.go.th/.
30. กองโรคติดต่อนำโดยแมลง. แนวทางการดำเนินงานเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคติดต่อนำโดยยุงลาย สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข พ.ศ.25642564.
31. Brathwaite Dick O, San Martín JL, Montoya RH, del Diego J, Zambrano B, Dayan GH. The history of dengue outbreaks in the Americas. Am J Trop Med Hyg. 2012;87(4):584-93.
32. Banerjee S, Aditya G, Saha GK. Household disposables as breeding habitats of dengue vectors: linking wastes and public health. Waste management. 2013;33(1):233-9.

33. Saita S, Maeakhian S, Silawan T. Temporal Variations and Spatial Clusters of Dengue in Thailand: Longitudinal Study before and during the Coronavirus Disease (COVID-19) Pandemic. Tropical medicine and infectious disease. 2022;7(8).
34. Adnan RA, Ramli MF, Othman HF, Asha'ri ZH, Ismail SNS, Samsudin S. The Impact of Sociological and Environmental Factors for Dengue Infection in Kuala Lumpur, Malaysia. Acta tropica. 2021;216:105834.
35. Li C, Wu X, Sheridan S, Lee J, Wang X, Yin J, Han J. Interaction of climate and socio-ecological environment drives the dengue outbreak in epidemic region of China. PLoS neglected tropical diseases. 2021;15(10):e0009761.
36. Mani G, Dhandapani T. Assessment of plastic waste disposal practices and its association with dengue outbreaks: A comparative study between low and high dengue incidence areas in Chengalpattu district, Tamil Nadu. Journal of Krishna Institute of Medical Sciences (JKIMSU). 2023;12(1).
37. Schmidt W-P, Suzuki M, Dinh Thiem V, White RG, Tsuzuki A, Yoshida L-M, et al. Population Density, Water Supply, and the Risk of Dengue Fever in Vietnam: Cohort Study and Spatial Analysis. PLOS Medicine. 2011;8(8):e1001082.
38. Sirisena P, Noordeen F, Kurukulasuriya H, Romesh TA, Fernando L. Effect of Climatic Factors and Population Density on the Distribution of Dengue in Sri Lanka: A GIS Based Evaluation for Prediction of Outbreaks. PLOS ONE. 2017;12(1):e0166806.
39. Chen T-HK, Chen VY-J, Wen T-H. Revisiting the role of rainfall variability and its interactive effects with the built environment in urban dengue outbreaks. Applied Geography. 2018;101:14-22.
40. ถวิลกาล วงคะฮาต. เอกสารทางวิชาการ ขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิชาการการเกษตร 8ว: สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 จังหวัดขอนแก่น; 2564 [Available from: http://lib.doa.go.th/multim/e-book/EB00565.pdf.
41. Ramadhani T, Widiastuti D, editors. Dengue Spatial Distribution and Environment Factor in Banjarnegara District, Central Java Province. 4th International Symposium on Health Research (ISHR 2019); 2020: Atlantis Press.
42. Kenneson A, Beltrán-Ayala E, Borbor-Cordova MJ, Polhemus ME, Ryan SJ, Endy TP, Stewart-Ibarra AM. Social-ecological factors and preventive actions decrease the risk of dengue infection at the household-level: Results from a prospective dengue surveillance study in Machala, Ecuador. PLoS neglected tropical diseases. 2017;11(12):e0006150.
43. ศรัณย์ บุญประเสริฐ. ชีวประวัติของทุ่งรังสิต: จากเนื้อสมัน นาข้าว สาวโรงงาน ถึงนักศึกษา และ เหี้ย 2556 [Available from: https://socanth.tu.ac.th/news/academic-events-updates/biography-of-rangsit/.
44. ภาณุมาศ ทักษณา. "รังสิตประยูรศักดิ์"คลองพระราชทาน": คมชัดลึก; 2553 [Available from: https://www.komchadluek.net/news/78635.
45. Van Benthem BH, Vanwambeke SO, Khantikul N, Burghoorn-Maas C, Panart K, Oskam L, et al. Spatial patterns of and risk factors for seropositivity for dengue infection. Am J Trop Med Hyg. 2005;72(2):201-8.

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี ในตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย

Factors influencing stroke risk behaviors among hypertension patients under aged 60 years old, Ban Suan Subdistrict, Mueang District, Sukhothai Province

ธนวรรณ โลมสนธิ์[1], รุ่ง วงศ์วัฒน์[2], ธนัญพร โพธิ์มะนัด[1], นรีรัตน์ บุระดา[1], รุ่งทิวา น้อยกง[1], วันวิสา เกิดทวี[1] และ อภิญญา อินจันทร์[1]

Thanawan Lomson[1], Rung Wongwat[2*], Tananporn Phomanat[1], Nareerat Burada[1], Rungtiwa Noykong[1], Wanwisa Kerdthawee[1] and Apinya Injan[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาเชิงวิเคราะห์ภาคตัดขวางครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยง ในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี ในตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ศึกษากับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 274 ราย ด้วยการสุ่มอย่างเป็นระบบ เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามที่ผ่านการทดสอบคุณภาพและตรวจสอบแล้ว วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และ การวิเคราะห์ถดถอยแบบพหุคูณ

ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองอยู่ในระดับมาก ร้อยละ 71.5 ($\bar{X}$ = 68.8 S.D. = 7.07) โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงอายุน้อยกว่า 60 ปี ได้แก่ อาชีพ (β = 2.570, p = 0.037) การได้รับข้อมูลข่าวสารจากบุคคลในครอบครัว (β = 0.331, p < 0.001) การได้รับข้อมูลข่าวสารจากสื่อสารมวลชน (β = 0.120, p < 0.001) และการรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติตนในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมอง (β = 0.114, p = 0.042) โดยสามารถทำนายพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี ได้ร้อยละ 36.70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($AdjR^2$ = 0.367, p < 0.05)

คำสำคัญ: พฤติกรรมเสี่ยง, โรคหลอดเลือดสมอง, ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง

[1] คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Bachelor of Public Health, Faculty of Public Health, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

* Corresponding author; rwongwat@yahoo.com

Abstract

This cross-sectional analytical study research aimed to study factors influencing stroke risk behaviors among hypertension patients under aged 60 years old in Ban Suan subdistrict, Mueang district, Sukhothai province. The sample consisted of 274 hypertension patients by systematic random sampling. Data were collected by using a questionnaire, which were verified for its content validity and reliability. The data were analyzed by using descriptive statistics and multiple regression analysis.

The results were found that the majority risk behavior for stroke of samples were at high level with 71.5% ($\bar{X}$ = 68.8, S.D. = 7.07). The factors influenced risk behaviors for stroke occurrence among hypertensive patients under 60 years with statistically significance at the 0.05 level including: career (β = 2.570, p = 0.037), receiving information from family members (β = 0.331, p < 0.001), receiving information from mass media (β = 0.120, p < 0.001), and perceived benefits of preventive actions against stroke (β = 0.114, p = 0.042). The power of these predictors were 36.70% with statistically significance at the 0.05 level (Adjusted R^2 = 0.367, p < 0.05).

Keywords; risk behaviors, stroke, hypertension patients

บทนำ

โรคหลอดเลือดสมองหรือทางการแพทย์เรียกว่า STROKE เป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของโลกเพราะเป็นโรคที่มีความรุนแรงสูงถึงขั้นเสียชีวิตหรืออาจทำให้เกิดความพิการระยะยาวที่ต้องอาศัยความช่วยเหลือจากผู้อื่นตลอดชีวิต ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจและสังคม [1] โดยจากข้อมูลขององค์การอนามัยโลกพบว่าสาเหตุการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมองสูงเป็นอันดับ 2 ในปี 2562 [2] ทั้งนี้จากข้อมูลขององค์กรโรคหลอดเลือดสมองโลกในปี 2563 พบว่า มีผู้ป่วยเป็นโรคหลอดเลือดสมองกว่า 80 ล้านคน ซึ่งพบผู้ป่วยรายใหม่เพิ่มขึ้นถึง 14.5 ล้านคนต่อปี โดย 1 ใน 4 เป็นผู้ป่วยที่มีอายุ 25 ปีขึ้นไป [3] และมีแนวโน้มจำนวนผู้ป่วยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องคาดการณ์ว่าปี 2568 จะมีความชุกของโรคความดันโลหิตสูงทั่วโลกเพิ่มขึ้นถึง 1.56 พันล้านคน [4] ซึ่งสอดคล้องกับกระทรวงสาธารณสุข ระบุว่า โรคหลอดเลือดสมองเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักของการเสียชีวิตและความพิการที่สำคัญทั่วโลกและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง [5]

สถานการณ์ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองของประเทศไทยในปี 2563 – 2566 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โดยพบว่ามีอัตราป่วย เท่ากับ 645.27, 691.11, 731.73 และ 775.68 ต่อแสนประชากรตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับรายงานอัตราป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ของเขตสุขภาพที่ 2 ปี 2563 – 2565 พบว่ามีอัตราป่วย เท่ากับ 743.99 , 836.32 และ 877.64 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ [6] จะเห็นได้ว่าอัตราป่วยในเขตสุขภาพที่ 2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและสูงกว่าระดับประเทศ ในส่วนของรายงานสถานการณ์อัตราป่วยโรคหลอดเลือดสมองในตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัยมีอัตราป่วยต่อแสนประชากรในปี 2563 เท่ากับ 240.48 และในปี 2565 เพิ่มขึ้น เป็น 286.31 [7] ส่วนอัตราป่วยตายโรคหลอดเลือดสมองในตำบลบ้านสวนพบว่า เพิ่มขึ้นจาก 6,382.98 ในปี 2563 เป็น 13,775.51 ต่อแสนประชากร ในปี 2565 จะเห็นได้ว่าใน 2565 ตำบลบ้านสวนนั้นมีอัตราป่วยตายที่สูงกว่าของจังหวัดสุโขทัย (8,326.25ต่อแสนประชากร) เกือบ 2 เท่า [8]

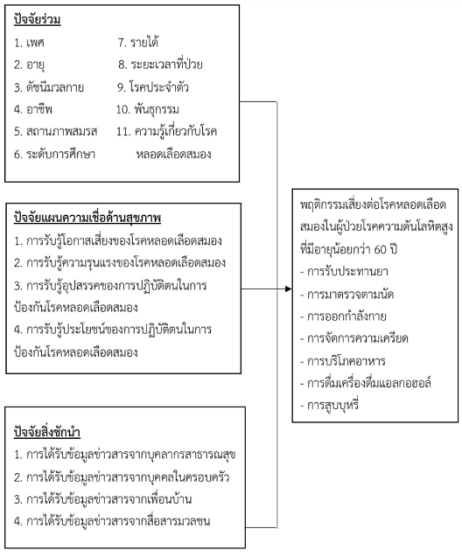
โรคหลอดเลือดสมองมีสาเหตุที่เป็นปัจจัยที่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ ได้แก่ ความดันโลหิตสูง ภาวะนี้จะเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดสมองมีความเสี่ยงประมาณ 3 – 17 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับณีรนุช วรไธสง และคณะ [9] ที่กล่าวว่าปัจจัยที่มีความเสี่ยงสัมพัทธ์สูงกับโรคหลอดเลือดสมอง ได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง (RR 2.76)

โดยความดันโลหิตสูงเป็นภาวะที่สามารถเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองได้เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงในกลุ่มอาการของโรคที่มีความผิดปกติของระบบประสาทที่เกิดขึ้นทันที หรือนานกว่า 24 ชั่วโมง [10] ซึ่งหากต้องการที่จะทำให้ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงเกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพของตนเองได้นั้นจำเป็นต้องมีความเชื่อด้านสุขภาพที่ถูกต้องโดยการเอาใจใส่ในการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสม [11] ตามแนวคิดแบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพ (Health Belief Model) ของ Becker [12] ที่กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพของตนเองนั้น ขึ้นอยู่กับความเชื่อด้านสุขภาพและปัจจัยร่วม และปัจจัยที่ชักนำให้เกิดการปฏิบัติ ผู้วิจัยจึงใช้แนวคิดแบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพมาพัฒนาเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปีในตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาปัจจัยร่วม ปัจจัยแผนความเชื่อด้านสุขภาพ และปัจจัยสิ่งชักนำของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี
2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี
3. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี

กรอบแนวคิด



วิธีการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี ที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นโรคความดันโลหิตสูง ที่ขึ้นทะเบียนที่สถานบริการส่งเสริมสุขภาพในเขตตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย จำนวน 745 คน คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างจากสูตรประมาณค่าสัดส่วนประชากร (Finite population proportion) กรณีทราบจำนวนประชากรโดยใช้สูตรของ Wayne [13] ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53[14] และระดับความคลาดเคลื่อนของการสุ่มร้อยละ 5 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 274 คน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มอย่างเป็นระบบ (Systematic Random Sampling) จากเลขลำดับตามทะเบียนผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่กำหนดไว้ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพในตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย

วิธีการสุ่มตัวอย่าง

1. นำทะเบียนผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง มาเรียงตามลำดับจากน้อยไปมาก
2. จากนั้นนำค่าระยะห่างที่คำนวณได้ (k = 3) มากำหนดช่วงในการสุ่ม
3. ผู้วิจัยกำหนดและตั้งต้นการสุ่มด้วยวิธีการจับฉลาก สำหรับลำดับต่อไปของกลุ่มตัวอย่างจะมีระยะห่างจากลำดับก่อนหน้า 3 หน่วยนับ และดำเนินการสุ่มต่อไปจนได้กลุ่มตัวอย่างครบ 274 คน

เกณฑ์คัดเข้า (Inclusion criteria)

1. เป็นผู้ป่วยที่อยู่ในพื้นที่มาแล้วอย่างน้อย 1 ปี
2. เป็นผู้ที่ไม่มีปัญหาเรื่องการได้ยิน อ่านออก เขียนภาษาไทยได้
3. เป็นผู้ที่สมัครใจ และยินยอมให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมวิจัย

เกณฑ์คัดออก (Exclusion criteria)

1. ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงมีโรคประจำตัวอื่นที่เกี่ยวข้องกับโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด เช่น โรคหัวใจขาดเลือด โรคกล้ามเนื้อหัวใจตาย เป็นต้น
2. เป็นผู้ที่มีความต้องการยกเลิกระหว่างเข้าร่วมดำเนินการวิจัย
3. ผู้ป่วยย้ายออกจากพื้นที่วิจัยในช่วงการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยร่วม ประกอบด้วย 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ลักษณะคำถามเป็นข้อคำถามปลายปิด ให้เลือกตอบและเติมข้อความ ได้แก่ เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย อาชีพ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา รายได้ ระยะเวลาที่ป่วยโรคประจำตัว และพันธุกรรม

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับความรู้โรคหลอดเลือดสมอง ลักษณะคำถามเป็นข้อคำถามปลายปิดให้เลือกตอบ 2 ค่า คือ ใช่ และ ไม่ใช่ ให้ผู้ตอบเลือกตอบได้เพียงข้อ คำตอบที่ถูกต้องให้ 1 คะแนน คำตอบที่ไม่ถูกต้องให้ 0 คะแนน โดยพิจารณาแปลผลเป็น 3 ระดับ ตามเกณฑ์ของ Bloom [15] มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.722 และมีค่าความยากง่าย KR – 20 อยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยแผนความเชื่อด้านสุขภาพ ประกอบด้วย การรับรู้โอกาสเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง การรับรู้ความรุนแรงของโรคหลอดเลือดสมอง การรับรู้อุปสรรคของการปฏิบัติตนในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมอง และการรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติตนในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมอง เป็นแบบประเมินค่าของลิเคิร์ท (Likert Scale) เป็นแบบให้เลือกตอบ 5 ตัวเลือก คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และ

น้อยที่สุด เป็นข้อคำถาเชิงบวก ให้คะแนน 5, 4, 3, 2, 1 และเป็นข้อคำถามเชิงลบ 1, 2, 3, 4, 5 มีการแปลผลเป็น 3 ระดับ ตามเกณฑ์ของเบสท์ [16] มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.805

ตอนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยสิ่งชักนำ ประกอบด้วย การได้รับข้อมูลข่าวสารจากบุคลากรสาธารณสุข การได้รับข้อมูลข่าวสารจากบุคคลในครอบครัว การได้รับข้อมูลข่าวสารจากเพื่อนบ้าน และการได้รับข้อมูลข่าวสารจากสื่อสารมวลชน ลักษณะข้อคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) ซึ่งใช้เกณฑ์ 3 ระดับ คือ ได้รับมาก ได้รับปานกลาง และไม่ได้รับ เป็นข้อคำถาเชิงบวก ให้คะแนน 3, 2, 1 มีการแปลผลเป็น 3 ระดับ ตามเกณฑ์ของเบสท์ [16] มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.914

ตอนที่ 4 แบบสอบถามพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง แบบสอบถามพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง มีครอบคลุมทั้งหมด 7 ด้าน ประกอบด้วย การรับประทานยา การมาตรวจตามนัด การออกกำลังกาย การจัดการความเครียด การบริโภคอาหาร การดื่มแอลกอฮอล์ และการสูบบุหรี่ ลักษณะข้อคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 4 ระดับ คือ ปฏิบัติเป็นประจำ ปฏิบัติบ่อยครั้ง ปฏิบัตินาน ๆ ครั้ง และไม่ปฏิบัติเลย เป็นข้อคำถามเชิงบวก ให้คะแนน 4, 3, 2, 1 และเป็นข้อคำถามเชิงลบ 1, 2, 3, 4 มีการแปลผลเป็น 3 ระดับ ตามเกณฑ์ของเบสท์ [16] มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.714

การควบคุมคุณภาพเครื่องมือ

การตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content validity) โดยนำแบบสอบถามที่สร้างผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือความครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ ตามระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (Index of Item Objective Congruence : IOC) ซึ่งได้ค่า IOC แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลวิจัยอยู่ระหว่าง 0.66 – 1.00 โดยนำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบแก้ไขไปทดลองใช้ (Try-out) กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ที่อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย วิเคราะห์ค่าความยากง่าย (Difficulty) โดยคำนวณค่า KR – 20 และหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) โดยวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด และการวิเคราะห์ถดถอยแบบพหุคูณแบบหลายขั้นตอน

จริยธรรมการวิจัย ได้รับเอกสารรับรองจากคณะกรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัย เลข COA No. 031/2024 IRB No. P2-0050/2567 เมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2567

ผลการศึกษา

ตอนที่ 1 ปัจจัยร่วม ประกอบด้วย 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

ข้อมูลส่วนบุคคล พบว่า ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 65.3 มีอาชีพรับจ้างมากที่สุด ร้อยละ 29.6 มีสถานภาพสมรสมากที่สุด ร้อยละ 67.2 ส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาในระดับประถมศึกษามากที่สุด ร้อยละ 58.0 ส่วนใหญ่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 99.6 ส่วนใหญ่ไม่มีประวัติครอบครัวป่วย ด้วยโรคหลอดเลือดสมอง ร้อยละ 84.3 ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในระหว่าง 45 – 59 ปี ร้อยละ 89.0 โดยเฉลี่ยมีอายุเท่ากับ 53.2 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.3 ส่วนใหญ่มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ในระดับที่เป็นโรคอ้วนระดับ 2 ร้อยละ 38.7 โดยมี

เฉลี่ยดัชนีมวลกาย (BMI) เท่ากับ 26.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.91 ส่วนใหญ่รายได้เฉลี่ย 50,000 – 250,000 บาท ร้อยละ 68.3 โดยมีรายได้เฉลี่ยเท่ากับ 99,852 บาท ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 80,383 และมีระยะเวลาการเจ็บป่วยตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป ร้อยละ 61.7 โดยมีระยะเวลาการป่วยเป็นโรคความดันโลหิตสูง เฉลี่ย เท่ากับ 6.62 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.17

ส่วนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูง

ด้านความรู้เกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูงของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ในตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับความรู้เรื่องโรคหลอดเลือดสมองอยู่ในระดับ ปานกลาง ร้อยละ 51.8 รองลงมา คือ ระดับมาก ร้อยละ 38.0 และระดับน้อย ร้อยละ 10.2 ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง จำแนกตามระดับความรู้

ระดับความรู้เกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูง	จำนวน	ร้อยละ
มาก	104	38.0
ปานกลาง	142	51.8
น้อย	28	10.2

ตอนที่ 2 ปัจจัยแผนความเชื่อด้านสุขภาพและปัจจัยสิ่งชักนำ

ปัจจัยแผนความเชื่อด้านสุขภาพ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับการรับรู้โอกาสเสี่ยงอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 55.5 ด้านการรับรู้การรับรู้ความรุนแรงของโรคหลอดเลือดสมอง อยู่ในระดับมาก ร้อยละ 90.1 ด้านการรับรู้การรับรู้อุปสรรคของการปฏิบัติตนในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมอง อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 51.5 และด้านการรับรู้การรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติตนในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมอง อยู่ในระดับมาก ร้อยละ 66.8

ปัจจัยสิ่งชักนำ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับการได้รับข้อมูลข่าวสารจากบุคลากรสาธารณสุข อยู่ในระดับมาก ร้อยละ 92.0 การได้รับข้อมูลข่าวสารจากบุคคลในครอบครัว อยู่ในระดับมาก ร้อยละ 79.6 การได้รับข้อมูลข่าวสารจากเพื่อนบ้าน ในระดับมาก ร้อยละ 59.9 และการได้รับข้อมูลข่าวสารจากสื่อสารมวลชน อยู่ในระดับมาก ร้อยละ 66.1 ดังรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง จำแนกตามระดับปัจจัยแผนความเชื่อด้านสุขภาพและปัจจัยสิ่งชักนำ

ปัจจัย	จำนวน	ร้อยละ
ระดับการรับรู้โอกาสเสี่ยง		
มาก	119	43.4
ปานกลาง	152	55.5
น้อย	3	1.1
ระดับการรับรู้ความรุนแรง		
มาก	247	90.1
ปานกลาง	26	9.5
น้อย	1	0.4
ระดับการรับรู้อุปสรรค		
มาก	42	15.3
ปานกลาง	141	51.5
น้อย	91	33.2
ระดับการรับรู้ประโยชน์		
มาก	183	66.8
ปานกลาง	88	32.1
น้อย	3	1.1
ระดับการได้รับข้อมูลข่าวสารจากบุคลากรสาธารณสุข		
มาก	252	92.0
ปานกลาง	19	6.9
น้อย	3	1.1
ระดับการได้รับข้อมูลข่าวสารจากบุคคลในครอบครัว		
มาก	218	79.6
ปานกลาง	51	18.6
น้อย	5	1.8
ระดับการได้รับข้อมูลข่าวสารจากเพื่อนบ้าน		
มาก	164	59.9
ปานกลาง	98	35.7
น้อย	12	4.4
ระดับการได้รับข้อมูลข่าวสารจากสื่อสารมวลชน		
มาก	181	66.1
ปานกลาง	79	28.8
น้อย	14	5.1

ตอนที่ 3 พฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง

พฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองเท่ากับ 68.8 (S.D. = 7.07) เมื่อจำแนกตามระดับการปฏิบัติพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองอยู่ในระดับมาก ร้อยละ 71.5 รองลงมา คือ ระดับปานกลาง ร้อยละ 28.1 และระดับน้อย ร้อยละ 0.4 ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงจำแนกตามระดับพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง

ระดับพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง	จำนวน	ร้อยละ
มาก	196	71.5
ปานกลาง	77	28.1
น้อย	1	0.4

$\bar{x}$ = 68.8 S.D. = 7.07 Min = 22 Max = 88

ตอนที่ 5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี

ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณของตัวแปร พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ได้แก่ 1) อาชีพข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ (β = 2.570, p = 0.037) 2) การได้รับข้อมูลข่าวสารจากบุคคลในครอบครัว (β = 0.331, p < 0.001) 3) การได้รับข้อมูลข่าวสารจากสื่อสารมวลชน (β = 0.120, p < 0.001) และ 4) การรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติตนในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมอง (β = 0.114, p = 0.042) โดยตัวแปรทั้ง 4 ตัว สามารถทำนายพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี ร่วมกันได้ร้อยละ 36.70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($AdjR^2$ = 0.367, p < 0.05)

สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

พฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง = 36.377 + 5.383 (อาชีพข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ) + 1.863 (การได้รับข้อมูลข่าวสารจากบุคคลในครอบครัว) + 0.432 (การได้รับข้อมูลข่าวสารจากสื่อสารมวลชน) + 0.234 (การรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติตนในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมอง) ดังรายละเอียดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง

ตัวแปร	b	β	t	p
อาชีพข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	5.383	2.570	2.095	0.037*
การรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติตนในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมอง	0.234	0.114	2.049	0.042*
การได้รับข้อมูลข่าวสารจากบุคคลในครอบครัว	1.863	0.331	5.638	< 0.001**
การได้รับข้อมูลข่าวสารจากสื่อสารมวลชน	0.432	0.120	3.591	< 0.001**
Constant(a) = 36.377, R square = 0.657, Adjusted R square = 0.367, F = 6.660, p < 0.05				

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

วิจารณ์และสรุปผล

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี

จากการศึกษา พบว่า ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงมีอายุน้อยกว่า 60 ปี มีพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองอยู่ในระดับมาก ร้อยละ 71.5 ซึ่งใกล้เคียงกับผลศึกษาของธัญญารัตน์ วงค์ชนะ [17] และอลิสรา อยู่เลิศลบ[18] ที่พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับพฤติกรรมการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองอยู่ในระดับปานกลาง แต่ขัดแย้งกับผลการศึกษาของนพดล คำภิโล [19] ที่พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีพฤติกรรมเสี่ยง ในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองอยู่ในระดับต่ำ

2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี

จากการศึกษา พบว่า ตัวแปรที่ทำการศึกษาทั้งสิ้น 19 ตัวแปร พบปัจจัยที่มีอิทธิพล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จำนวน 4 ตัวแปร ได้แก่ 1) อาชีพข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ 2) การรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติตน ในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมอง 3) การได้รับข้อมูลข่าวสารจากบุคคลในครอบครัว 4) การได้รับข้อมูลข่าวสารจากสื่อสารมวลชน สามารถอภิปรายรายละเอียดได้ดังนี้

สมมติฐานที่ 1 ปัจจัยร่วมมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี จากการศึกษาพบว่า

อาชีพข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ทั้งนี้อธิบายได้ว่า อาชีพหรือลักษณะงานประจำ สามารถส่งผลให้เกิดพฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพ ทั้งนี้อาจเริ่มมาจาก อาชีพข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ เป็นลักษณะการทำงานหรือสภาพแวดล้อมการทำงานมีผลทำให้เกิด ความรู้ทัศนคติ การรับรู้ส่วนบุคคล ทำให้เกิดพฤติกรรมสุขภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของพรภัทรา แสนเหลา และคณะ [20] และนพดล คำภิโล [19] ที่พบว่า อาชีพเป็นปัจจัยเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหลอดเลือดสมองของผู้ป่วยความดันโลหิตสูง

สมมติฐานที่ 2 ปัจจัยแผนความเชื่อด้านสุขภาพมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี จากการศึกษาพบว่า

การรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติตนในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมอง มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงทั้งนี้อธิบายได้ว่า เนื่องจากหากกลุ่มตัวอย่างมีการรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติตนในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองอยู่ในระดับมาก ซึ่งอาจเกิดจากการเข้ารับการรักษา และได้รับคำแนะนำที่มีประโยชน์ในการปฏิบัติตนจากบุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุขอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับการศึกษาของ อณัญญา ลาลุน และ ไพฑูรย์ วุฒิโส [21] และสายสุนี เจริญศิลป์ [11] การรับรู้ประโยชน์มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สมมติฐานที่ 3 ปัจจัยสิ่งชักนำมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี จากการศึกษาพบว่า

การได้รับข้อมูลข่าวสารจากบุคคลในครอบครัว มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง โดยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลข่าวสารจากบุคคลในครอบครัวในระดับมาก อธิบายได้ว่า ครอบครัวมีความสำคัญกับพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีบุคคลในครอบครัวเป็นความไว้วางใจ เป็นที่ปรึกษา และเป็นที่พึ่งทางจิตใจหรือผู้ดูแลในด้านต่าง ๆ อาจเป็นแรงสนับสนุนที่สามารถส่งเสริมให้พฤติกรรมในด้านสุขภาพได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของอลิสรา อยู่เลิศลบ [18],สายสุนี เจริญศิลป์ [11] และดวงธิดา โสดาพรม [22] ที่พบว่า การได้รับข้อมูลข่าวสารจากบุคคลในครอบครัว เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การได้รับข้อมูลข่าวสารจากสื่อสารมวลชน มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ทั้งนี้อธิบายได้ว่า เนื่องจากในปัจจุบันมีการเผยแพร่ข้อมูลความรู้ผ่านช่องทางต่างๆ มากมาย ผ่านทางสื่อสิ่งพิมพ์ออนไลน์ สื่อเทคโนโลยีและสื่อบุคคล ประกอบกับกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลข่าวสารจากสื่อสารมวลชนอยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับอณัญญา ลาลุน และไพฑูรย์ วุฒิโส [21] ที่พบว่า การได้รับข้อมูลข่าวสารมีส่วนร่วมที่สามารถทำนายพฤติกรรมป้องกันโรคหลอดเลือดสมองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้อแสนอแนะ

1. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดและสำนักงานสาธารณสุขอำเภอควรนำข้อมูลผลการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิต่อพฤติกรรมเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง ทั้ง 4 ตัวไปใช้ในกำหนดนโยบายและการวางแผนดำเนินงานในการสร้างเสริมพฤติกรรมเชิงป้องกันโรคหลอดเลือดสมองให้กับประชาชนต่อไป

2. โรงพยาบาลและโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลควรมุ่งเน้นและให้ความสำคัญกับการเสริมสร้างการรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติตนในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมอง การได้รับข้อมูลข่าวสารจากครอบครัว และการได้รับข้อมูลข่าวสารจากสื่อสารมวลชน ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงในต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบคุณกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงทุกท่าน อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านและเจ้าหน้าที่สาธารณสุขประจำโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ที่กรุณาให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. [อินเตอร์เน็ต]. 2565; รณรงค์วันโรคหลอดเลือดสมองโลก หรือวันอัมพาตโลกปี 2565 มุ่งเน้นเสริมสร้างความตระหนักรู้เกี่ยวกับสัญญาณเตือนโรคหลอดเลือดสมองให้กับประชาชนตามหลักการ F.A.S.T และให้เข้าถึงการรักษาพยาบาล ฉุกเฉินอย่างทันท่วงที. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 9 กันยายน 2566. ได้จาก https://pr.moph.go.th.
2. World Health Organization. [Internet]. 2019; The top 10 causes of death. Accessed 2024 September 10. Available from: https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/the-top-10-causes-of-death
3. อารยา พิทักษ์โรจนานนท์. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อระยะเวลาการมารับการรักษาของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเฉียบพลัน ในโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชจอมบึง จังหวัดราชบุร: วารสารวิชาการสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดมหาสารคาม 2563; 8(16): 185-197.
4. อรรถเกียรติ กาญจนพิบูลวงศ์, ภาณุวัฒน์ คำวังสง่า, สุธิดา แก้วทา. รายงานสถานการณ์โรค NCDs เบาหวาน ความดันโลหิตสูง และปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้อง พ.ศ. 2562. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์; 2563.
5. กรมควบคุมโรค. [อินเตอร์เน็ต]. 2566; กรมควบคุมโรค ชวนประชาชนอายุ 35 ปีขึ้นไป ตรวจคัดกรองโรคเบาหวานและความดัน โลหิตสูง เผยพบคนไทย 8 ล้านคน ยังเข้าไม่ถึงระบบคัดกรอง. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 12 กันยายน 2566. ได้จาก https://datariskcom-ddc.moph.go.th/download
6. กระทรวงสาธารณสุข HDC. [อินเตอร์เน็ต]. 2566; อัตราป่วยด้วยโรคหลอดเลือดสมองต่อประชากร. สืบค้นข้อมูลเมื่อ 23 กันยายน 2566. ได้จาก https://pnb.hdc.moph.go.th/hdc/reports/report.php.
7. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุโขทัย. [อินเตอร์เน็ต]. 2566; อัตราป่วยด้วยโรคหลอดเลือดสมองต่อประชากรจังหวัดสุโขทัย อำเภอเมืองสุโขทัย ตำบลบ้านสวน. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 23 กันยายน 2566. ได้จาก https://sti.hdc.moph.go.th.
8. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุโขทัย. [อินเตอร์เน็ต]. 2566; อัตราตายด้วยโรคหลอดเลือดสมองต่อประชากรจังหวัดสุโขทัย อำเภอเมืองสุโขทัย ตำบลบ้านสวน. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 30 กันยายน 2566. ได้จาก https://sti.hdc.moph.go.th.
9. ณีรนุช วรไธสง, อนุวัฒน์ สุรินราช, จิราภรณ์ จำปาจันทร์, ศิริลักษณ์ วงค์เครือสอน, ลัดดาวรรณ บุระเนตร, ดวงกมล พลวงค์ษา และคณะ. ผลของโปรแกรมป้องกันความเสี่ยงโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงที่อาศัยอยู่ในชุมชน: วารสารวิชาการสุขภาพและสิ่งแวดล้อม 2565; 1(1): 206-222.
10. ณฐกร นิลเนตร. ปัจจัยเสี่ยงและการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองในกลุ่มผู้ป่วยความดันโลหิตสูง : วารสารพยาบาลทหารบก 2562; 20(2): 51-57.
11. สายสุนี เจริญศิลป์. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมป้องกันโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยความดันโลหิตอำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2564.
12. Becker MH, Maiman LA, Kirscht JP, Haefner DP, Drachman RH. The health belief model and prediction of dietary compliance: A field experiment. Health Soc Behave 1977; 18(4): 348-366.
13. Wayne WD. Biostatistics: A foundation of analysis in the health sciences (6 th ed.). New York: John Wiley & Sons. 1995.

14. สุทัสสา ทิจะยัง. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคในผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงโรคหลอดเลือดสมอง (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). นครปฐม: มหาวิทยาลัยคริสเตียน. 2557.
15. Bloom BS. A taxonomy of educational objectives: Handbook i the cognitive domain. New York: Longman, Green. 1956.
16. Best JW. Research in Education. (3 rd ed). New Jersey: Prentice hall Inc. 1977.
17.ธัญญารัตน์ วงค์ชนะ. ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่ควบคุมไม่ได้ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.2564.
18. อลิสรา อยู่เลิศลบ. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมป้องกันโรคหลอดเลือดสมองของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี ในพื้นที่จังหวัดตาก (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2566.
19. นพดล คำภิโล. ความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ในโรงพยาบาลแม่ทะ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาบัณฑิต). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2559.
20. พรภัทรา แสนเหลา, สายนาท พลไชยโย, เบญจา สนิทสิงห์, ทศพร ปิ่นแก้ว, ดรุณี ภาระขันธ์. การศึกษาปัจจัยเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหลอดเลือดสมองของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่รับบริการที่โรงพยาบาลชัยภูมิ. วารสารการพยาบาลและการดูแลสุขภาพ 2564; 39(1): 88-97.
21. อณัญญา ลาลุน, ไพฑูรย์ วุฒิโส. ปัจจัยทำนายพฤติกรรมป้องกันโรคหลอดเลือดสมองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนาฝาย จังหวัดชัยภูมิ. วารสารพยาบาล 2563; 70(2). 27-36.
22. ดวงธิดา โสดาพรม. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองในผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยงเขตเทศบาลเมืองอรัญญิก อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2563.

การประชุมวิชาการระดับชาติ
พะเยาวิจัย 14
PHAYAO RESEARCH CONFERENCE

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(Oral Presentation)

การคัดกรองและการตรวจจับจำเพาะไพรเมอร์ด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่ในวิถีการสังเคราะห์สารบาโคไซด์บนพรมมิ *Bacopa monnieri* (L.) Wettst. เพื่อสนับสนุนการวิจัยด้านชีวโมเลกุล

Screening and specific detection primers by polymerase chain reaction in bacoside biosynthesis pathway on *Bacopa monnieri* (L.) Wettst. to support molecular biology research

พัทธนันท์ เขียวเขิน[1*], กวี สุจิปุลิ[2,3] และ เนริสา คุณประทุม[1]

Phatthanan Khiaokhoen[1], Kawee Sujipuli [2,3] and Narisa Kunpratum[1]

บทคัดย่อ

พรมมิเป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณส่งเสริมความจำ เนื่องจากมีสารทุติยภูมิในกลุ่มของไกลโคไซด์ คือ บาโคไซด์ เอ พบมากบริเวณยอด ปัจจุบันมีการนำพรมมิมาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจำนวนมาก จึงต้องคำนึงถึงการผลิตที่รวดเร็ว และสามารถผลิตได้ปริมาณมาก หากมีความจำเพาะของไพรเมอร์ที่ตรวจสอบ จะสามารถลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการผลิต ดังนั้น ความสามารถในการเลือกลำดับโอลิโกนิวคลีโอไทด์ของ DNA สายสั้น ที่สามารถจับกับเป้าหมายที่ต้องการได้จำเพาะ จึงมีความสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีการตรวจจับที่ใช้กรดนิวคลีอิก โดยพรมมิมีวิถีการสังเคราะห์สารบาโคไซด์ที่หลากหลายขั้นตอน จึงควรมีการคัดกรองไพรเมอร์ที่สามารถศึกษาการเพิ่มปริมาณสารบาโคไซด์ในพรมมิ โดยรวบรวมไพรเมอร์ที่เคยมีการศึกษาวิถีการสังเคราะห์สารบาโคไซด์ผ่านวิถีกรดเมวาโลนิกในการเพิ่มปริมาณของบาโคไซด์ จากพรมมิที่ได้จากระบบไฮโดรโปนิกส์ เนื่องจากระบบไฮโดรโปนิกส์ให้ผลผลิตสูงและนิยมใช้ศึกษาการเพิ่มปริมาณสารบาโคไซด์ด้วยตัวกระตุ้น จึงทำการสกัด DNA พรมมิที่ได้จากระบบไฮโดรโปนิกส์และเพิ่มปริมาณ DNA ด้วยเทคนิค PCR ควบคู่กับไพรเมอร์ในวิถีกรดเมวาโลนิก และนำมาตรวจสอบขนาดแบนด์ด้วยเจลอิเล็กโตรโฟไรซิส พบว่า มีขนาดแบนด์ที่แสดงถึงความเจาะจง โดยขึ้นแบนเดียว จากเทคนิค PCR ได้แก่ house-keeping gene (Ubq, 18s), initial steps (AACT), middle steps (FPS, SQS, MVK, bAS), และ late steps (GT1)

คำสำคัญ: การคัดกรอง, วิถีการสังเคราะห์สารบาโคไซด์, วิถีกรดเมวาโลนิค, พรมมิ

[1] Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2] Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[3] Center of Excellence in Research for Agricultural Biotechnology, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

* Correspondence: Phatthanank65@nu.ac.th

Abstract

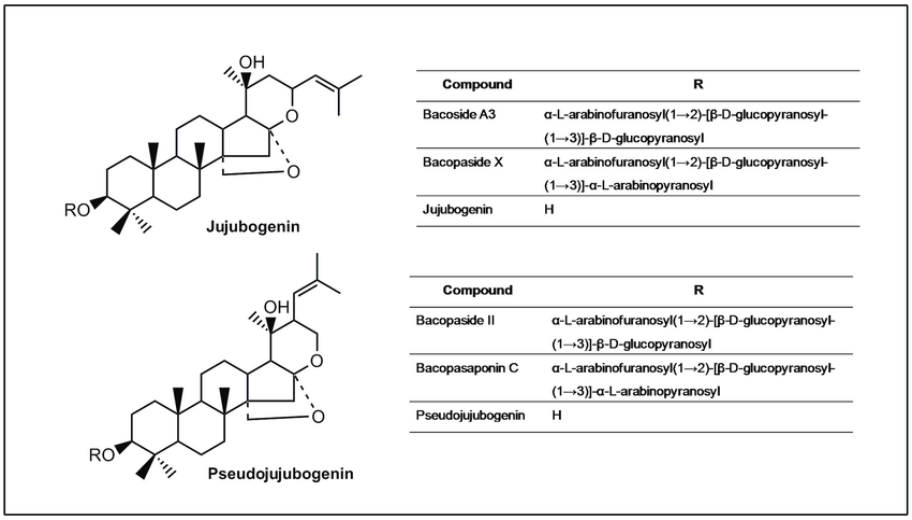
Brahmi is a medicinal herb known for its memory enhancing properties due to the presence of secondary metabolites, particularly glycosides such as bacoside A, which is concentrated in the shoots. Nowadays, Brahmi is widely used in memory-boosting dietary supplements, necessitating fast and large-scale production. The use of specific primers in detection processes can reduce production time and costs. The ability to select short DNA oligonucleotide sequences (primers) that bind exclusively to the target sequence is therefore crucial for developing nucleic acid-based detection technologies. Since the biosynthesis of bacosides in Brahmi involves multiple pathways, screening primers that facilitate the study of bacoside amplification is essential. This involves compiling and evaluating primers previously studied for their role in bacoside biosynthesis, particularly through the mevalonic acid pathway, to verify the amplification of bacoside A. Hydroponically grown Brahmi was used for this study, as hydroponic systems provides higher yields and is often employed to study the enhancement of bacoside content using elicitors. DNA was extracted from hydroponically cultivated Brahmi, and PCR was performed using primers associated with the mevalonic acid pathway. Gel electrophoresis was used to analyze the PCR products, which revealed specific bands indicating primer specificity. Single bands were observed for primers used in the PCR process, including those for housekeeping genes (Ubq, 18s), early steps (AACT), middle steps (FPS, SQS, MVK, bAS), and late steps (GT1).

Keywords: Bacoside biosynthesis, Brahmi, Mevalonic acid pathway, Screening

บทนำ

พรมมิ (*Bacopa monnieri* (L.) Wettst.) เป็นพืชสมุนไพรที่มีคุณค่าทางการแพทย์สูงและเป็นที่รู้จักกันดีในวงการแพทย์แผนโบราณ เช่น การแพทย์อายุรเวท โดยใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสมอง พรมมิมีฤทธิ์เสริมสร้างบำรุงความจำ และลดความเครียด มีต้นกำเนิดมาจากประเทศอินเดีย โดยสามารถพบได้ตามเขตร้อนชื้นหรือบริเวณริมบึงทั่วประเทศไทย (กรกนก อิงคนินันท์, 2561) ในยุคปัจจุบัน ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบสารออกฤทธิ์ที่สำคัญในพรมมิ เช่น บาโคไซด์ (Bacosides) ซึ่งมีผลต่อการทำงานของระบบประสาท และมีศักยภาพในการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์และเภสัชกรรม ซึ่งสารบาโคไซด์มักพบว่ามีการสะสมที่สูงบริเวณยอด และเป็นสารกลุ่มไตรเทอร์พินอยด์ซาโปนิน (triterpenoid saponin) โดยสามารถพบได้ทั้งบาโคไซด์ เอ (bacoside A) และบาโคไซด์ บี (bacoside B) โดยบาโคไซด์ เอ (bacoside A) สามารถจำแนกได้ 2 กลุ่ม จากชนิดของน้ำตาลที่จับกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ที่มีออกซิเจนอยู่ (O-glycoside) ได้แก่ กลุ่มจูจูโบเจนิน (jujubogenin) ประกอบด้วยบาโคไซด์เอ 3 (bacoside A3) บาโคปาไซด์ 10 (bacopaside X) และกลุ่มซูโดจูจูโบเจนิน (pseudojujubogenin) ประกอบด้วยบาโคปาซาโปนิน ซี (bacopasaponin C) บาโคไซด์ 2 (bacoside II) (**ภาพที่ 1**) (กรกนก อิงคนินันท์, 2561; Phrompittayarat et al., 2011; Ramasamy et al., 2015) เนื่องจากบริเวณยอดมีปริมาณของเซลล์พาเรงคิมา (parenchyma) ในปริมาณมาก จึงส่งผลต่อการสะสมของสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ และมีความสอดคล้องกับวิถีการสังเคราะห์สารบาโคไซด์ในวิถีกรดเมวาโลนิก (Mevalonic acid pathway) และวิถีเมทิลเลริธิทอลฟอสเฟส (methylerythritol phosphate pathway) ที่เกิดขึ้นในไซโตพลาสซึม (cytoplasm) (Maneerattanarungroj et al., 2023) โดยไตรเทอร์พินอยด์ซาโปนิน (triterpenoid saponin) มีวิถีเมทิลอิริทริทอลฟอสเฟต (methylerythritol phosphate, MEP) และกรดโมวาโลนิค (mevalonic acid,

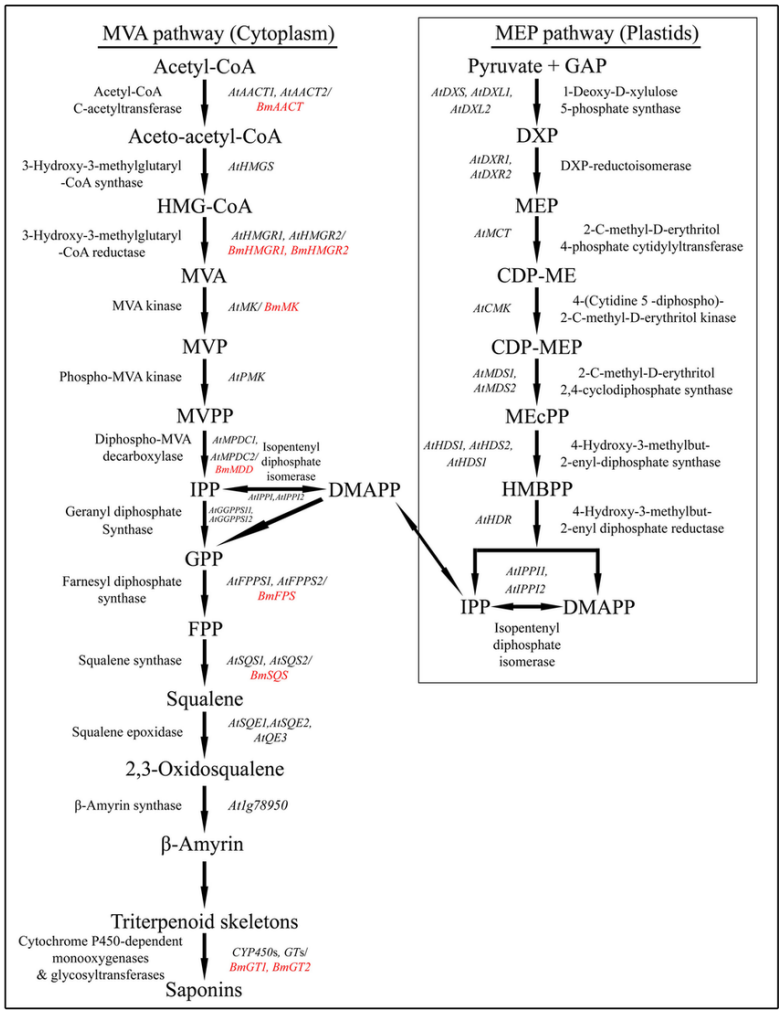
MVA) เป็นตัวกลางในการสังเคราะห์ของพรมมิ โดยมีอะซิทิลโคเอ (acetyl–CoA) เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดมาวาโลเนทได้หลายระยะ จนเป็นไอโซเพนทินิลไดฟอสเฟต (isopentenyl diphosphate, IPP) ซึ่งเมื่อมี IPP ครบสองตัวจะสามารถสร้างสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สควาลีน (squalene) แล้วถูกเปลี่ยนเป็นเบต้าอะไมริน (β–amyrin) ด้วยเบต้าอะไมรินซินเทรส (β–amyrin synthase) เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารซาโปนิน จากกระบวนการดังกล่าวจะถูกควบคุมการแสดงออกโดยยีน *BmAACT* (Acetyl–CoA C–acetyltransferase gene), *BmHMGR* (3–Hydroxy–3–methylglutaryl–CoA reductase), *BmFPS* (farnesyl diphosphate synthase), *BmMVK* (mevalonate kinase), *BmSQS* (squalene synthase), *BmOSC* (oxidosqualene cyclase), *BmbAS* (beta amyrin syn–thase), และ *BmGT1* (glycosyltransferase) (**ภาพที่ 2**) (Niranjana Murthy Hosakatte, 2022) อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของบาโคไซด์จะแตกต่างกันไปในแต่ละภูมิภาคของพืช รวมถึงตามฤดูกาลและลักษณะทางพันธุกรรมของพรมมิ (Phrompittayarat et al., 2011) นอกจากนี้ยังมีการปลูกพรมมิหลากหลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นระบบไฮโดรโปนิกส์หรือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตและปริมาณสารบาโคไซด์ โดยนิยมปลูกพรมมิศึกษาควบคู่ไปกับการศึกษาเพิ่มปริมาณบาโคไซด์ด้วยตัวกระตุ้น (elicitors) ที่หลากหลาย (อุรศรี สูยะศุนานนท์ และคณะ, 2567; Maneeply et al., 2018; Praveen et al., 2009; Rohela et al. 2024) การทำความเข้าใจพื้นฐานทางพันธุกรรมของพืชชนิดนี้เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการวิจัยเพิ่มเติมในระดับชีวโมเลกุลและการพัฒนาทางเทคโนโลยีชีวภาพ หนึ่งในเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการศึกษาทางพันธุกรรมคือ ปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรส (Polymerase Chain Reaction หรือ PCR) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการขยายลำดับดีเอ็นเอที่ต้องการ โดยต้องอาศัยไพรเมอร์ที่จำเพาะเจาะจง ไพรเมอร์เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้การขยายลำดับดีเอ็นเอเป็นไปอย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ (Henry erlich, 1989) การเลือกและคัดกรองไพรเมอร์ที่เหมาะสมจึงเป็นหัวใจสำคัญของงานวิจัยด้านพันธุศาสตร์และชีวโมเลกุล การศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาและคัดกรองไพรเมอร์ที่มีประสิทธิภาพสำหรับพืชพรมมิ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการศึกษาด้านพันธุศาสตร์และการปรับปรุงพันธุ์พืช นอกจากนี้ ยังช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในกลไกทางชีวโมเลกุลของพืชชนิดนี้ โดยเน้นการคัดเลือกไพรเมอร์ที่สามารถขยายลำดับดีเอ็นเอได้อย่างแม่นยำ มีประสิทธิภาพสูง และสามารถใช้ในงานวิจัยต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย



Compound	R
Bacoside A3	α-L-arabinofuranosyl(1→2)-[β-D-glucopyranosyl-(1→3)]-β-D-glucopyranosyl
Bacopaside X	α-L-arabinofuranosyl(1→2)-[β-D-glucopyranosyl-(1→3)]-α-L-arabinopyranosyl
Jujubogenin	H

Compound	R
Bacopaside II	α-L-arabinofuranosyl(1→2)-[β-D-glucopyranosyl-(1→3)]-β-D-glucopyranosyl
Bacopasaponin C	α-L-arabinofuranosyl(1→2)-[β-D-glucopyranosyl-(1→3)]-α-L-arabinopyranosyl
Pseudojujubogenin	H

ภาพที่ 1 โครงสร้างสารบาโคไซด์ (bacoside) ในพรมมิ (*Bacopa monnieri*) (Ramasamy et al., 2015)



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงเส้นทางชีวสังเคราะห์ของ triterpenoid saponin ในพรมมิ (*bacopa monnieri*)

(Niranjana Murthy Hosakatte, 2022)

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. คัดกรองไพรเมอร์ที่เหมาะสมสำหรับพรมมิ
2. ประเมินประสิทธิภาพและความจำเพาะของไพรเมอร์ในกระบวนการ PCR
3. สร้างฐานข้อมูลไพรเมอร์เพื่อใช้ในการวิจัยชีวโมเลกุลและพันธุศาสตร์ในอนาคต

วิธีการวิจัย

1. การสกัดดีเอ็นเอ

นำยอดพรมมิความยาว 5 เซนติเมตร มาบดด้วยโกร่งและไนโตรเจนเหลวจนมีลักษณะคล้ายผงแป้งสีเขียว จากนั้นจึงนำมาสกัด DNA ด้วยชุดสกัด DNA ของ PureDireX Genomic DNA Isolation Kit (Plant) (Column Based) (Bio-Helix, Taiwan) ซึ่งจะประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การทำให้เซลล์แตก (cell lysis), การจับ DNA (DNA Binding), การล้างสิ่งปนเปื้อน (Wash), และการชะล้าง DNA ออกจากคอลัมน์ (DNA Elution) โดยใช้ปริมาณตัวอย่าง 0.05 กรัม ใส่ในหลอด 1.5 มิลลิลิตร แล้วเติม PL buffer ปริมาตร 500 ไมโครลิตร นำไป vortex 1 นาที แล้วบ่มใน

water bath ที่ 75 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที โดยพลิกหลอดไป–มา ทุก 10 นาที เมื่อครบเวลาจึงนำไปปั่นเหวี่ยง 13,000 rpm เป็นระยะเวลา 5 นาที จากนั้นดูดส่วนใสใส่หลอดใหม่ 350 ไมโครลิตร และเติม isopropanol 350 ไมโครลิตร เพื่อตกตะกอน DNA จากนั้น vortex ให้เข้ากัน นำทั้งหมดใส่ในหลอดใหม่ที่ประกอบด้วยพีซีคอลัมน์ (PC column) นำไปปั่นเหวี่ยง 13,000 rpm เป็นระยะเวลา 30 วินาที เทส่วนใสที่ตกลงมาจากคอลัมน์ทิ้ง แล้วจึงเติม wash 1 buffer ปริมาตร 400 ไมโครลิตร นำไปปั่นเหวี่ยง 13,000 rpm เป็นระยะเวลา 30 วินาที เทส่วนใสที่ตกลงมาจากคอลัมน์ทิ้ง แล้วจึงเติม wash 2 buffer ปริมาตร 600 ไมโครลิตร นำไปปั่นเหวี่ยง 13,000 rpm เป็นระยะเวลา 30 วินาที เทส่วนใสที่ตกลงมาจากคอลัมน์ทิ้ง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง 13,000 rpm เป็นระยะเวลา 2 นาที ซึ่งต่อไปจะเป็นขั้นตอนการชะล้าง DNA ออกจากคอลัมน์ โดยจะทำการย้ายคอลัมน์เปล่าไปใส่หลอด 1.5 มิลลิลิตรใหม่ เติมน้ำ 40 ไมโครลิตร นำไปปั่นเหวี่ยง 13,000 rpm เป็นระยะเวลา 2 นาที โดยจะมี DNA อยู่ให้หลอด 1.5 มิลลิลิตร ที่ถูกปั่นเหวี่ยงลงมา จึงทิ้งคอลัมน์ จากนั้นนำ DNA ที่ได้ตรวจวัดคุณภาพและปริมาณ โดยวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 260 และ 280 นาโนเมตรด้วยเครื่อง OPTIZEN™ NanoQ Lite Microvolume Spectrophotometer (SMART SCIENCE, Thailand)

2. เพิ่มปริมาณ DNA ด้วยเทคนิค PCR (Polymerase Chain Reaction)

Primers ที่ใช้ในปฏิกิริยา PCR ในการศึกษานี้มีจำนวน 10 primers ได้แก่ AACT, HMGR, MVK, FPS, SQS, OSC, bAS, GT1, 18s, และ Ubq (**ตารางที่ 1**) ซึ่งเป็น primer ที่อยู่ในวิถีการสังเคราะห์สารบาโคไซด์ผ่านวิถีกรดเมวาโลนิกที่เกิดขึ้นในไซโตพลาสซึม (cytoplasm) จึงทำการวิเคราะห์ทีละคู่ primer (single PCR) โดยนำ DNA ที่ได้มาทำปฏิกิริยา PCR ด้วยน้ำยา PCR ของ OmniPCR Supermix (OnePCR Ultra) โดยปฏิกิริยาทั้งหมดมีปริมาตร 10 ไมโครลิตร ประกอบไปด้วย One PCR ปริมาตร 5 ไมโครลิตร forward–reverse primers อย่างละ 0.5 ไมโครลิตร DNA 1 ไมโครลิตร และน้ำ 3 ไมโครลิตร (**ตารางที่ 2**) ลงในหลอดขนาด 200 ไมโครลิตร จากนั้นนำเข้าเครื่องSimpliamp Thermal Cycle (Gibthai, Thailand) ด้วยสภาวะมาตรฐานของ PCR สำหรับการเพิ่มจำนวน DNA (**ตารางที่ 3**)

ตารางที่ 1 รายการและลำดับ DNA ของไพรเมอร์ในวิถีกรดเมวาโลนิกของพรมมิ

Primers	DNA sequence (5'–3')	Amplicon size (bp)	References
Bm18S–F	GCACGCGCGCTACACCGAAG	182	Vishwakarma et al., 2013a
Bm18S–R	GTCTGTACAAAGGGCAGGGACG		
BmUbq–F	CCGTGGTGGCCTCTGAAT	120	Jeena et al.,2017
BmUbq–R	CGGAACAAAAGTCCAGGCATA		
BmAACT–F	GACTACGGCATGGGAGTTTG	101	Vishwakarma et al., 2013a
BmAACT–R	ATTCCACGCTCAAAACTTTGG		
BmHMGR–F	TGGGTGGTTTCAACGCTCAC	120	Vishwakarma, 2012
BmHMGR–R	CATTGACGGCTTCCATCATTGTG		
BmMVK–F	ATCATACTGGCCGGTGAACAC	109	Kumari et al., 2015
BmMVK–R	CATTTTCAGCTGGAGTGGGG		
BmFPS–F	TGTCCTTAAATCTGAGCTGTTGAAC	121	Vishwakarma,

Primers	DNA sequence (5'–3')	Amplicon size (bp)	References
BmFPS–R	TGACAGACCTCGGTTTAACTTCC		2012
BmSQS–F	TTGCGAGATCCAGCGATCTTTCGT	109	Vishwakarma et
BmSQS–R	TAGCTGTGAGCCCACGTCTCATTT		al., 2015
BmOSC–F	GCATGTGGAATGCACTGCTTCTGT	103	Vishwakarma
BmOSC–R	TGCCTTCGCCACGGAGATTTCTAT		et al., 2013b
BmbAS–F	CCAAGCATAGCCCATGGATGTC	300	Jeena et al.,2017
BmbAS–R	CGAATCCTGTCCAAGCATGA		
BmGT1–F	AAACAGCTCCATTAGCATAGAAAGC	99	Ruby et al., 2014
BmGT1–R	GCCTCTCTCCTAAAGCGGTTG		

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของปฏิกิริยา PCR

องค์ประกอบของปฏิกิริยา	**ปริมาตร** (ไมโครลิตร)
One PCR	5
Forward primer	0.5
Reverse primer	0.5
DNA	1
water	3
total	10

ตารางที่ 3 สภาวะมาตรฐานของ PCR สำหรับการเพิ่มจำนวน DNA

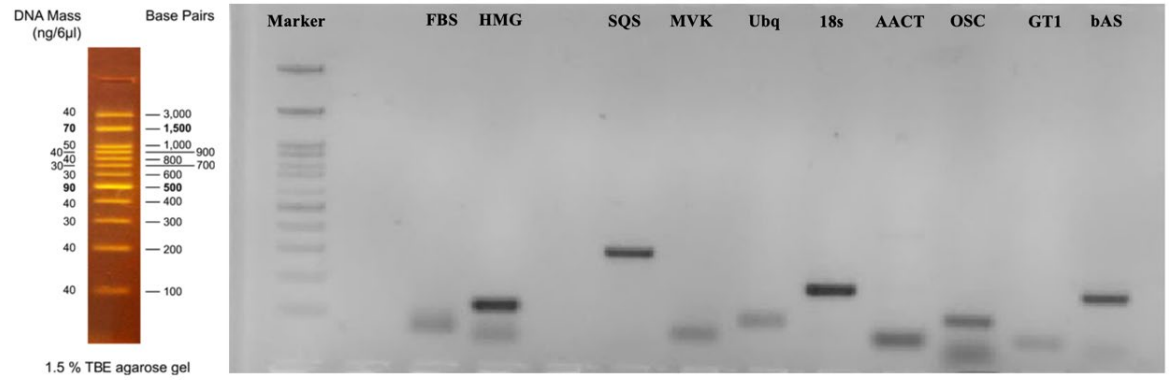
	Steps	Temperature	Time
	Initial denaturation	95 °C	3 min
35 cycles of	Denaturation	95 °C	15 sec
	Annealing	55 °C*	30 sec
	Extension	72 °C	30 sec
	Final extension	72 °C	5 min

3. การตรวจสอบผลด้วยวิธีเจลอิเล็กโตรโฟไรซิส (gel electropholysis)

ทำการเตรียมเจลความเข้มข้น 1.5% โดยชั่ง agarose gel 0.5 กรัมต่อปริมาตร 1X TAE buffer 100 มิลลิลิตร จากนั้นอุ่นด้วยไมโครเวฟที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3 นาที ระหว่างนั้นเตรียมหวีและถาดรองเจล โดยคำนึงถึงจำนวนตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบ จากนั้นนำเจลที่ละลายเข้ากันแล้วมาเติม red safe ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร แล้วเทลงถาดรองเจลที่ประกอบกับหวี รอจนเจลแข็งจึงดึงหวีขึ้นในแนวตรง แล้วนำถาดเจลลงเครื่องสำหรับเจลอิเล็กโตรโฟไรซิส แล้วเท 1X TAE buffer ให้ท่วมเจลโดยให้สูงกว่าผิวเจล 2–3 เซนติเมตร จากนั้นจึงทำการโหลดตัวอย่างลงหลุม หลุมละ 7 ไมโครลิตร พร้อมด้วย marker ขนาด 100–3,000 base pairs (OmniMARK, biohelix) ปริมาตร 5 ไมโครลิตร โดยใช้ 100 V เป็นระยะเวลา 45 นาที จึงนำเจลมาถ่ายภาพด้วยเครื่อง Fotodocumentador SmartView Pro UVCI–1000 (Marca Major Science, Mexico)

ผลการศึกษา

นำ DNA ที่ได้จากการสกัดมาทำปฏิกิริยากับ Primers ดัง**ตารางที่ 1** แบบ single PCR และทำการตรวจสอบผลด้วยวิธีเจลอิเล็กโตรโฟไรซิส (gel electropholysis) แสดงผลเป็น **ภาพที่ 3** ผลการทดลองแสดงให้เห็นแถบ DNA ในตำแหน่งที่แตกต่างกัน โดยไพรเมอร์ที่ใช้ถูกออกแบบมาเพื่อจับกับยีนที่มีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์สารเมตาโบไลต์ทุติยภูมิ (secondary metabolites) ในพรมมิ ซึ่งยีนที่ถูกทดสอบมี ได้แก่ *BmFPS* (Farnesyl pyrophosphate synthase) เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารไอโซพรีนอยด์ *BmHMG* (3–hydroxy–3–methylglutaryl–coenzyme A reductase) เอนไซม์สำคัญใน mevalonate pathway (MVA pathway) *BmSQS* (Squalene synthase) เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารสเตอรอล (steroids) *BmMVK* (Mevalonate kinase) เป็นเอนไซม์ที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์สารไอโซพรีนอยด์ (isoprenoids) ผ่านเส้นทาง mevalonate pathway (MVA pathway) *BmUbq* (Ubiquitin) ยีนอ้างอิง (housekeeping gene) เพื่อใช้เปรียบเทียบการแสดงออกของยีนอื่น *Bm18S* (Ribosomal RNA 18S) ใช้เป็นยีนอ้างอิง (housekeeping gene) เพื่อใช้เปรียบเทียบการแสดงออกของยีนอื่น *BmAACT* (Acetoacetyl–CoA thiolase) เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ไอโซพรีนอยด์ *BmOSC* (Oxidosqualene cyclase) เอนไซม์สำคัญในการสังเคราะห์ไตรเทอร์พีนอยด์ *BmGT1* (Glucosyltransferase) มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มน้ำตาลไปยังโครงสร้างไตรเทอร์พีนอยด์ เพื่อเปลี่ยนเป็นซาโปนิน *BmbAS* (Beta amyrin synthase) เอนไซม์นี้ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนสาร 2,3–oxidosqualene ไปเป็น beta–amyrin ซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์สารกลุ่มซาโปนิน (Bowles et al., 2006; Haralampidis et al., 2002; Niranjana Murthy Hosakatte, 2022; Phillips et al., 2006; Vincken et al., 2007) จากภาพแสดงให้เห็นว่ายีน *Ubq* และ *18S* ซึ่งเป็นยีนอ้างอิง มีแถบดีเอ็นเอที่ชัดเจนแสดงให้เห็นว่า การทดลองสามารถตรวจวัดได้อย่างถูกต้อง ยีน *FBS*, *HMG*, *SQS*, *MVK*, *AACT*, *OSC*, *GT1*, และ *bAS* มีแถบ DNA แต่ความเข้มของแถบแตกต่างกัน แสดงถึงระดับการแสดงออกที่ต่างกัน ซึ่งอาจบ่งบอกถึงการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์สารบาโคไซด์ในสภาวะต่าง ๆ ในแง่มุมของการคัดกรองไพรเมอร์ การใช้ไพรเมอร์ที่เลือกในงานวิจัยนี้แสดงถึงความสามารถในการตรวจจับยีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวสังเคราะห์ของสารสำคัญอย่างบาโคไซด์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการตรวจวัดปริมาณการแสดงออกของยีนในสภาวะการกระตุ้นต่าง ๆ หรือในกระบวนการเพิ่มผลผลิตของสารบาโคไซด์ในพืช



ภาพที่ 3 ผลของ PCR แถวที่ (1) ไพรเมอร์ FBS, (2) ไพรเมอร์ HMG, (3) ไพรเมอร์ SQS, (4) ไพรเมอร์ MVK, (5) ไพรเมอร์ Ubq, (6) ไพรเมอร์ 18s, (7) ไพรเมอร์ AACT, (8) ไพรเมอร์ OSC, (9) ไพรเมอร์ GT1 และ (10) ไพรเมอร์ bAS

อธิปรายและสรุปผลการทดลอง

จากการสกัด DNA พรมมิที่ได้จากระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึก (deep flow technique hydroponic system) ซึ่งเป็นระบบปลูกที่ให้ผลผลิตพรมมิสูงที่สุด (Maneeply et al., 2018) และเพิ่มปริมาณ DNA ด้วยเทคนิค PCR ควบคู่กับไพรเมอร์ในวิถีกรดเมวาโลนิก และนำมาตรวจสอบผลด้วยเจลอิเล็กโตรโฟไรซิส พบว่า มีขนาดแบนที่แสดงถึงความเจาะจง โดยแสดงผลเป็นแบนเดียว จากเทคนิค PCR ได้แก่ *Ubq*, *18s*, *AACT*, *FPS*, *SQS*, *MVK*, *bAS*, และ *GT1* เนื่องจากไพรเมอร์ในวิถีสังเคราะห์สารบาโคไซด์ เป็นวิถีของการสังเคราะห์สารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (secondary metabolite) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับความเครียดในการชักนำการสร้างเพื่อป้องกันตัวเองหรือปรับตัวให้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างไปจากเดิมได้ (Costa et al., 2012) จึงสรุปได้ว่าการคัดกรองไพรเมอร์ที่เหมาะสมสำหรับตรวจวัดหาปริมาณสารบาโคไซด์ได้พรมมิ ได้แก่ *Ubq*, *18s*, *AACT*, *FPS*, *SQS*, *MVK*, *bAS*, และ *GT1* ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการตรวจวัดปริมาณการแสดงออกของยีนในสภาวะการกระตุ้นต่าง ๆ หรือในกระบวนการเพิ่มผลผลิตของสารบาโคไซด์ในพืช

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการศึกษานิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร (Tuition fee Grant for graduate students of the Faculty of Science, Naresuan University)

เอกสารอ้างอิง

กรกนก อิงคนินันท์. (2561). **พรมมิ สมุนไพรบำรุงความจำ.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อุรศรี สูยะศุนานนท์, พัทธนันท์ เขียวเขิน, และเนริสา คุณประทุม (2567). **การพ่นทางใบด้วยไคโตซานกระตุ้นการเจริญ การแตกยอด และสารเมแทบอไลท์ทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในพรมมิที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์.** *Khonkaen Agriculture Journal.*, 52(2), 352–363.

Costa, T., Vieira, R. F., Bizzo, H. R., Silveira, D., & Gimenes, M. A. (2012). **Secondary metabolites**.

Bowles, D., Lim, E.–K., Poppenberger, B., & Vaistij, F. E. (2006). **Glycosyltransferases of lipophilic small molecules.** *Annu. Rev. Plant Biol.*, *57*(1), 567–597.

Erlich, H. A. (1989). *PCR technology* (Vol. 246). Springer.

Haralampidis, K., Trojanowska, M., & Osbourn, A. E. (2002). **Biosynthesis of triterpenoid saponins in plants.** History and Trends in Bioprocessing and Biotransformation, 31–49.

Kumari, U., Vishwakarma, R. K., Sonawane, P., Abbassi, S., & Khan, B. M. (2015). **Biochemical characterization of recombinant mevalonate kinase from Bacopa monniera.** International journal of biological macromolecules, 72, 776–783.

Jeena GS, Fatima S, Tripathi P, Upadhyay S, Shukla RK. (2017). **Comparative transcriptome analysis of shoot and root tissue of Bacopa monnieri identifies potential genes related to triterpenoid saponin biosynthesis.** BMC genomics 18: 1–15.

Maneerattanarungroj, C., Sriwantha, C., Kunpratum, N., & Taratima, W. (2023). **Correlation Investigation of Some Anatomical Characters and Main Bioactive Compounds of Brahmi (*Bacopa monnieri* (L.) Wettst.).** Burapha Science Journal, 1895–1909.

Maneeply, C., Sujipuli, K., & Kunpratum, N. (2018). **Growth of Brahmi *Bacopa monnieri* (L.) Wettst.** by NFT and DFT hydroponic systems and their accumulation of saponin bacosides. *NU. International Journal of Science, 15*, 114–124.

Murthy, H. N. (2022). **Biotechnological production of bacosides from cell and organ cultures of Bacopa monnieri.** Appl Microbiol Biotechnol, 106(5–6), 1799–1811. https://doi.org/10.1007/s00253-022-11834-0.

Phillips, D. R., Rasbery, J. M., Bartel, B., & Matsuda, S. P. (2006). **Biosynthetic diversity in plant triterpene cyclization.** *Current opinion in plant biology*, *9*(3), 305–314.

Phrompittayarat, W., Jetiyanon, K., Wittaya-Areekul, S., Putalun, W., Tanaka, H., Khan, I., & Ingkaninan, K. (2011). **Influence of seasons, different plant parts, and plant growth stages on saponin quantity and distribution in Bacopa monnieri.** Songklanakarin Journal of Science & Technology, 33(2).

Praveen, N., Naik, P. M., Manohar, S. H., Nayeem, A., & Murthy, H. N. (2009). **In vitro regeneration of brahmi shoots using semisolid and liquid cultures and quantitative analysis of bacoside A.** *Acta Physiologiae Plantarum*, *31*, 723–728.

Rohela, G. K., Saini, P., Aziz, D., Rafiq, S., Jogam, P., & Zhang, B. (2024). **Nanoparticles as elicitors and stimulators for plant tissue culture, transgenics, and genome editing: A comprehensive review.** *Industrial Crops and Products*, *222*, 120097.

Seetha Ramasamy, S. R., Chin SekPeng, C. S., Sukumaran, S. D., Buckle, M. J. C., Kiew LikVoon, K. L., & Chung LipYong, C. L. (2015). **In silico and in vitro analysis of bacoside A aglycones and its derivatives as the constituents responsible for the cognitive effects of Bacopa monnieri.**

Vincken, J.–P., Heng, L., de Groot, A., & Gruppen, H. (2007). **Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom.** Phytochemistry, 68(3), 275–297.

Vishwakarma, R. K. (2012). **Isolation, cloning and characterization of terpenoids biosynthesis pathway gene (s) from bacopa monniera.**

Vishwakarma, R. K., Ruby, Singh, S., Sonawane, P. D., Srivastava, S., Kumari, U., Santosh Kumar, R. J., & Khan, B. M. (2013a). **Molecular Cloning, Biochemical Characterization, and Differential Expression of an Acetyl–CoA C–Acetyltransferase Gene (AACT) of Brahmi (Bacopa monniera).** Plant Molecular Biology Reporter, 31(3), 547–557. https://doi.org/10.1007/s11105–012–0523–6

Vishwakarma, R. K., Sonawane, P., Singh, S., Kumari, U., Ruby, & Khan, B. M. (2013b). **Molecular characterization and differential expression studies of an oxidosqualene cyclase (OSC) gene of Brahmi (Bacopa monniera).** Physiology and Molecular Biology of Plants, 19, 547–553.

Vishwakarma, R. K., Patel, K., Sonawane, P., Kumari, U., Singh, S., Ruby, Abbassi, S., Agrawal, D. C., Tsay, H.–S., & Khan, B. M. (2015). **Squalene synthase gene from medicinal herb Bacopa monniera: molecular characterization, differential expression, comparative modeling and docking studies.** Plant Molecular Biology Reporter, 33, 1675–1685.

การใช้ดีเอ็นเอจากสิ่งแวดล้อมเพื่อเปรียบเทียบปริมาณและความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอจากใยแมงมุมท้องปล้องสกุล *Liphistius* Schødte, 1849 (Mesothelae, Liphistiidae)

Using environmental DNA for comparing DNA quantity and purity of segmented spiders silk genus *Liphistius* Schødte, 1849 (Mesothelae, Liphistiidae)

อุทุมพร ปฐมสุริยะพร[1], ชวธัช ธนูสิงห์[1], ณัฐพจน์ วาฤทธิ์[1*], พิมพ์ลภัส ธานีวรรณ[1] และ วรัตถ์ ศิวายพราหมณ์[2]

Uthumporn Pathomsuriyaporn[1], Chawatat Thanoosing[1], Natapot Warrit[1*], Pimlaphat Thaneewan[1] and Varat Sivayyapram[2]

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ดีเอ็นเอจากสิ่งแวดล้อม (Environmental DNA หรือ eDNA) เป็นเทคนิคที่ไม่ก่อให้เกิดการรบกวน โดยใช้ตัวอย่างจากสิ่งแวดล้อม เช่น ดิน น้ำ และอากาศ เพื่อการตรวจหาสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตโดยไม่จำเป็นต้องจับหรือรบกวนสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ซึ่งมีประโยชน์ต่อการศึกษาสิ่งมีชีวิตที่หายากและใกล้สูญพันธุ์ โดยในการศึกษานี้ให้ความสนใจในแมงมุมท้องปล้อง *Liphistius* ที่อาศัยอยู่ในดินด้วยการขุดโพรงดิน มีการสร้างฝาปิดบริเวณปากทางเข้ารังและสร้างเส้นใยแผ่ขยายออกจากปากรังไว้รับแรงสั่นสะเทือน ปัจจุบันแมงมุม *Liphistius* เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์จากการถูกคุกคามพื้นที่อยู่อาศัยโดยมนุษย์ ดังนั้นการใช้เทคนิคดีเอ็นเอจากสิ่งแวดล้อมจึงเหมาะสมต่อการใช้ศึกษาแมงมุมกลุ่มนี้ การศึกษานี้นำใยจากรังของ *Liphistius* ทั้งใยบริเวณฝาปิดและใยรับแรงสั่นสะเทือนมาใช้ในการสกัดดีเอ็นเอ โดยใช้วิธีการสกัดสองแบบได้แก่ spin-column และ phenol-chloroform เพื่อเปรียบเทียบดูว่าใยบริเวณใดและการสกัดแบบใดที่ให้ปริมาณและคุณภาพดีเอ็นเอสูงสุด ผลการศึกษาพบว่าใยบริเวณฝาปิดและใยรับแรงสั่นสะเทือนที่ใช้วิธีสกัดแบบ spin-column ให้คุณภาพของดีเอ็นเอสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่การสกัดแบบ phenol-chloroform ให้ปริมาณดีเอ็นเอสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) ซึ่งผลการศึกษาที่ได้นี้มีประโยชน์ต่อการศึกษาแมงมุมในกลุ่มนี้ในอนาคตโดยไม่จำเป็นที่ต้องมีการเก็บตัวอย่างทุกตัวในธรรมชาติ

คำสำคัญ: เทคนิคดีเอ็นเอจากสิ่งแวดล้อม, แมงมุมท้องปล้อง, ใยบริเวณฝาปิด, ใยรับแรงสั่นสะเทือน

[1]สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดกรุงเทพ 10330

[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหูเป่ย์ เมืองอู่ฮั่น ประเทศจีน

[1] Department of Biology, Faculty of Biology, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

[2]Faculty of Biology, Hubei University, Wuhan City, Hubei, China

*Corresponding author : natapot.w@chula.ac.th

Abstract

Environmental DNA (eDNA) analysis is a non-invasive technique that utilizes environmental samples such as soil, water, and air to detect the genetic material of organisms without the need for capture or disturbance. This methodology is particularly beneficial for studying rare and endangered species, including mesothelae spiders. Mesothelae represents an ancient suborder of spiders restricted primarily to East and Southeast Asia and is characterized by unique morphological traits, such as median spinnerets and segmented abdominal tergites. In Thailand, species within the genus *Liphistius* inhabit burrows and produce a web structure featuring signal lines that radiate from the burrow entrance. Due to their threatened status, conducting population genetics studies on *Liphistius* is challenging. Thus, eDNA techniques hold significant promise for their study. This research examines the efficiency of eDNA extraction from *Liphistius* trapdoors and associated signal lines, comparing two extraction methods: spin-column and phenol-chloroform. Our statistical analyses reveal that the spin-column method provides a significantly higher DNA quality (p-value < 0.05) compared to the phenol-chloroform extraction, which, conversely, yields a greater overall quantity of DNA (p-value < 0.001). These results are expected to enhance future research efforts focused on this specific group.

Keywords: eDNA, Segmented spider, Trapdoor, Signal line

บทนำ

แมงมุมท้องปล้อง (segmented spider) จัดอยู่ในอันดับย่อย mesothelae ซึ่งเป็นแมงมุมที่มีความโบราณที่สุดที่ยังมีชีวิตอยู่ ถูกเรียกว่าเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่ยังมีชีวิต (living fossil) เนื่องจากมีลักษณะสัณฐานที่เหมือนกับตัวอย่างที่พบในซากฟอสซิลยุค Carboniferous และ Cretaceous (Selden, 1996) กล่าวคือบริเวณส่วนท้องยังคงมีการแบ่งเป็นปล้องคล้ายเกล็ดซ้อนกันเรียกว่า tergites และมีอวัยวะสร้างใย (spinneret) อยู่บริเวณกึ่งกลางของส่วนท้อง (Platnick and Gertsch, 1976) แมงมุมกลุ่มนี้จะขุดโพรงอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีลักษณะเป็นคันดิน ที่มีความชัน และ ทุกชนิดจะมีการสร้างฝาปิดทางเข้ารัง (trapdoor) ด้วยการใช้ใยผสมกับดินและวัสดุต่าง ๆ เพื่ออำพราง ปัจจุบันแมงมุมท้องปล้องประกอบไปด้วย 2 วงศ์ ได้แก่วงศ์ Heptathelidae ที่มีการกระจายพันธุ์อยู่ในเอเชียตะวันออก และ วงศ์ Liphistiidae ที่มีการกระจายพันธุ์อยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Natural History Museum Bern, 2024)

แมงมุมท้องปล้องในวงศ์ Liphistiidae มีสมาชิกเพียงสกุลเดียวคือ *Liphistius* ซึ่งมีรายงานการค้นพบจากประเทศไทย เมียนมาร์ ลาว มาเลเซีย เกาะสุมาตรา และแถบตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีน สามารถจำแนกออกจากแมงมุมท้องปล้องสกุลอื่นในวงศ์ Heptathelidae ได้จาก 1) pedipalp ของแมงมุมเพศผู้มีโครงสร้างที่เรียกว่า tibial apophysis 2) อวัยวะสืบพันธุ์ของแมงมุมเพศเมียมีลักษณะคล้ายจานเรียกว่า poreplate และ 3) แมงมุมสกุล *Liphistius* ทุกชนิดมีการสร้างเส้นใยสำหรับรับแรงสั่นสะเทือน (signal lines) แผ่ออกจากปากทางเข้าออกรัง (Platnick et al., 2020) *Liphistius* เป็นแมงมุมที่หายากและมีความสามารถในการกระจายพันธุ์ต่ำ เนื่องจากแมงมุมเพศเมียจะอาศัยอยู่ภายในโพรงดินเกือบตลอดชีวิต ในขณะที่แมงมุมเพศผู้เมื่อโตเต็มวัยจะทิ้งรังไปและออกตามหาตัวเมียเพื่อผสมพันธุ์ นอกจากนี้ *Liphistius* เป็นแมงมุมที่มีวงชีวิตยาวนาน โดยแมงมุมเพศผู้อาจจะต้องใช้เวลามากกว่า 5 ปีในการเจริญสู่วัยเจริญพันธุ์ ปัจจุบันแมงมุมสกุลนี้มีความเสี่ยงที่จะสูญพันธุ์สูงจากการถูกคุกคามพื้นที่อยู่อาศัยโดยมนุษย์ อาจทำให้มีการลดลงของประชากรในวัยเจริญพันธุ์มากเกินไป (Haupt, 2003)

แมงมุมสกุล *Liphistius* มักได้รับความสนใจในด้านการศึกษาทางอนุกรมวิธาน ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการและการกระจายพันธุ์ทางภูมิศาสตร์ เนื่องจากเป็นกลุ่มที่มีความหลากหลายทางชนิดสูง และมีประวัติวิวัฒนาการที่ยาวนาน (Schwendinger, 1999; Ye et al., 2022) ในปัจจุบันมี *Liphistius* ที่ได้รับการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์แล้วมากกว่า 70 ชนิด (Natural History Museum Bern, 2024) โดยในประเทศไทยมีถึง 39 ชนิดที่ได้รับการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ และยังมีอีกหลายชนิดที่ยังไม่ได้รับการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ (Sivayyapram et al., 2023)

แมงมุมสกุล *Liphistius* มีลักษณะสัณฐาณภายนอกที่คล้ายคลึงกัน โดยปกติการศึกษาอนุกรมวิธานจะใช้ลักษณะ pedipalp ของเพศผู้ และอวัยวะสืบพันธุ์ของเพศเมียที่แตกต่างกันในการระบุชนิด แต่อวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียมักมีความแปรผันทั้งภายในชนิดเดียวกัน และระหว่างชนิดสูง (Sivayyapram et al., 2024) ทำให้เกิดปัญหาบ่อยครั้งในการระบุชนิด ในขณะที่แมงมุมเพศผู้มักพบได้น้อยในธรรมชาติ ทำให้ต่อมามีการใช้ข้อมูลทางชีวโมเลกุลเพื่อใช้ในการระบุแทน โดยจากการศึกษาของ Sivayyapram et al. (2023) ซึ่งใช้ข้อมูลลำดับดีเอ็นเอเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ และระบุชนิดของ *Liphistius* ในประเทศไทย พบว่าข้อมูลจากยีน *COI* สามารถใช้ในการระบุชนิดได้ นอกจากนี้ยังมี *Liphistius* หลายชนิดในประเทศไทยที่อาจเป็นสายพันธุ์ซ่อนเร้น (cryptic species)

อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับชีววิทยาด้านอื่น ๆ ของแมงมุมในสกุล *Liphistius* ยังคงมีอยู่น้อยมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลการศึกษาในระดับประชากรเนื่องจากการเก็บตัวอย่างแมงมุมจำนวนมากเพื่อเป็นตัวแทนของประชากรในแต่ละชนิดอาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างประชากรและเพิ่มความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ ในการศึกษานี้จึงมีความสนใจที่จะพัฒนาวิธีการที่เก็บข้อมูลสารพันธุกรรมของ *Liphistius* โดยที่ไม่จำเป็นต้องเก็บตัวอย่างของแมงมุมและส่งผลกระทบต่อการอยู่อาศัยของแมงมุมให้น้อยที่สุดโดยใช้ข้อมูลจากดีเอ็นเอที่หลงเหลืออยู่ในสิ่งแวดล้อม หรือ Environmental DNA (eDNA)

Environmental DNA (eDNA) หมายถึงสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตที่หลงเหลืออยู่ในสิ่งแวดล้อม โดยที่เทคนิคการใช้ดีเอ็นเอจากสิ่งแวดล้อมสามารถใช้เพื่อการศึกษาข้อมูลทางชีววิทยาของสิ่งมีชีวิตโดยที่ไม่จำเป็นต้องจับหรือรบกวนการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ทำให้เทคนิคนี้มีประโยชน์อย่างมากในการศึกษาสิ่งมีชีวิตที่หายากและใกล้สูญพันธุ์ (Ficetola et al., 2008; Thomsen et al., 2012; Barnes and Turner, 2015; Mckee et al., 2015; Xing et al., 2022) อาทิ การใช้ข้อมูลสารพันธุกรรมที่สกัดได้จากดินเพื่อใช้ระบุชนิดของไส้เดือน (Bienert et al., 2012) การใช้ข้อมูลสารพันธุกรรมที่สกัดได้จากน้ำเพื่อศึกษาความหลากหลายของปลา (Thomsen et al., 2012; He et al., 2022; Li et al., 2022) และการใช้ข้อมูลสารพันธุกรรมที่สกัดได้จากใยเพื่อระบุชนิดของแมงมุมในกลุ่ม Araneomorphae ที่อาศัยอยู่ตามกิ่งไม้และใบไม้ หรือ ทำรังในอากาศ (Xu et al., 2015; Blake et al., 2016; Gregoric et al., 2022) อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาที่ใช้ดีเอ็นเอจากสิ่งแวดล้อมที่สกัดจากใยของแมงมุมที่อาศัยในโพรงดินอย่าง *Liphistius* ซึ่งมีปริมาณของดินเจือปนค่อนข้างสูง เนื่องจากใยของแมงมุม *Liphistius* นั้นถูกใช้ในการบุโพรง รวมถึงใช้สร้างฝาปิดทางเข้าออกปากโพรงโดยการนำใยผสมกับดิน ซึ่งปริมาณดินที่เจือปนอาจส่งผลต่อความเข้มข้นและความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอที่สกัดจากใย จากเหตุผลดังกล่าวทำให้วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อที่จะเปรียบเทียบความเข้มข้นและความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอจากสิ่งแวดล้อมที่สกัดได้จากเส้นใยสำหรับรับแรงสั่นสะเทือนและใยจากฝาปิดรังระหว่างวิธี spin-column และ phenol-chloroform extraction

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เปรียบเทียบความเข้มข้นและความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอจากสิ่งแวดล้อมที่สกัดได้จากเส้นใยสำหรับรับแรงสั่นสะเทือนและใยจากฝาปิดรังระหว่างวิธี spin-column และ phenol-chloroform extraction

วิธีวิทยาการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

1. เลี้ยงแมงมุมและตัวอย่างแมงมุมที่ใช้ในการศึกษา

ทำการศึกษาในแมงมุมสกุล *Liphistius* ทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ *L. erawan, L. ornatus* และ *L. tham* ชนิดละ 5 ตัว ซึ่งมีทั้งแมงมุมวัยตัวอ่อนและแมงมุมตัวเต็มวัย โดยแมงมุมทั้งหมดเลี้ยงไว้ที่ห้องปฏิบัติการเลี้ยงแมงมุม ตึกมหามกุฎ (ชั้นที่ 4) ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งภายในห้องจะมีการควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 50-60% และ day light อยู่ที่ 12:12 ชั่วโมง โดยแมงมุมแต่ละตัวจะถูกเลี้ยงอยู่ภายในกล่องพลาสติกขนาดความกว้างและยาว 10 เซนติเมตร สูง 5.5 เซนติเมตร มีวัสดุรองนอนคือดินก้ามปูชนิดละเอียด และในทุกสัปดาห์จะมีการฉีดพรมน้ำเพื่อให้ความชื้นกับดินและเลี้ยงด้วยหนอนนก (yellow mealworm)

2. เก็บใยแมงมุม

ทำการเก็บใยแมงมุมโดยใช้ปากคีบและกรรไกรที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้วด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ ตัดเส้นใยบริเวณที่ใช้ในการรับแรงสั่นสะเทือน (signal lines) ขนาดความยาว 3 เซนติเมตร โดยวัดความยาวจากปากรัง และเส้นใยบริเวณฝาปิดทางเข้ารัง (trapdoor) ขนาด 0.3x0.3 เซนติเมตร ใส่ลงในหลอด microcentrifuge tube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเก็บรักษาอุณหภูมิที่ -20 °C

3. เตรียมสารละลายใยแมงมุม

ทำการเตรียมตัวอย่างใยเพื่อใช้ในการสกัดดีเอ็นเอจากสิ่งแวดล้อม โดยนำเส้นใยที่เก็บมาได้ มาเติม cell lysis buffer ปริมาตร 500 ไมโครลิตร และ proteinase K 10 ไมโครลิตร จากนั้นนำไป incubate ข้ามคืน ที่ 56 °C เมื่อได้ใยที่ผ่านกระบวนการทำปฏิกิริยากับสารละลายแล้ว นำมาแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนละ 200 ไมโครลิตร ลงใน microcentrifuge tube หลอดใหม่เพื่อเตรียมไว้ใช้การสกัดดีเอ็นเอจากสิ่งแวดล้อมสองรูปแบบ

4. สกัดดีเอ็นเอจากสารละลายใยแมงมุม

1.1 สกัดดีเอ็นเอจากสารละลายใยด้วยวิธีการ Spin-column

ทำการสกัดดีเอ็นเอจากสิ่งแวดล้อมด้วยวิธี spin-column โดยใช้ TIANamp Genomic DNA Extraction Kit (TIANGEN, China) จากนั้นทำตามขั้นตอนที่ระบุในชุดสกัด แล้วทำการรักษาสภาพดีเอ็นเอโดยการเติม TE buffer ปริมาตร 50 ไมโครลิตร แล้วจึงเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 °C

1.2 สกัดดีเอ็นเอจากสารละลายใยด้วยวิธีการ Phenol-Chloroform

นำสารละลายใยที่ถูกเตรียมมาเติมสารละลาย PCIA (phenol:chloroform:isoamyl alcohol) อัตราส่วน 25:24:1 ปริมาตร 300 ไมโครลิตร เข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที เพื่อทำให้เกิดการแยกชั้นของสารละลาย จากนั้นดูดของเหลวบริเวณด้านบนมา 300 ไมโครลิตรไปไว้ใน microcentrifuge tube หลอดใหม่ขนาด 1.5 มิลลิลิตร เติม 3 M NaOAc 30 ไมโครลิตร และ absolute ethanol 600 ไมโครลิตร นำไป incubate ที่ -

20 °C ทิ้งไว้ข้ามคืนเพื่อให้ดีเอ็นเอตกตะกอน จากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที เทสารละลายทิ้งแล้วตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีเพื่อให้แห้ง แล้วจากนั้นจึงเติม TE buffer ปริมาตร 50 ไมโครลิตรเพื่อรักษาสภาพของดีเอ็นเอเก็บไว้ที่อุณหภูมิ –20 °C

5. วัดความเข้มข้นและความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอ

ใช้เครื่อง Implen Nanophotometer รุ่น NP80 ในการวัดความเข้มข้นของดีเอ็นเอ (นาโนกรัม/ไมโครลิตร) และความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอ (ดูค่าดูดกลืนแสง ที่ A260/280 ดูการเจือปนของโปรตีน ที่ A260/230 ใช้ดูการเจือปนของสารอนินทรีย์ในดีเอ็นเอ)

6. วิเคราะห์ผลการทดลอง

6.1 เปรียบเทียบความเข้มข้นของดีเอ็นเอระหว่างวิธีการสกัด

เปรียบเทียบความเข้มข้นของดีเอ็นเอที่สกัดได้จากใยทั้งสองบริเวณระหว่างการสกัดแบบ spin–column และ phenol–chloroform โดยใช้สถิติ Mann–Whitney U Test

6.2 เปรียบเทียบความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอระหว่างวิธีการสกัด

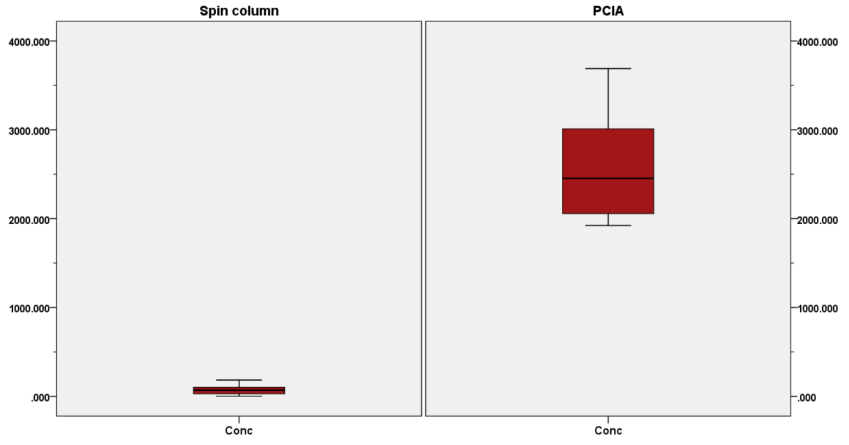
เปรียบเทียบความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอสกัดได้จากใยทั้งสองบริเวณระหว่างการสกัดแบบ spin–column และ phenol–chloroform โดยใช้สถิติ Mann–Whitney U Test

ผลการศึกษา

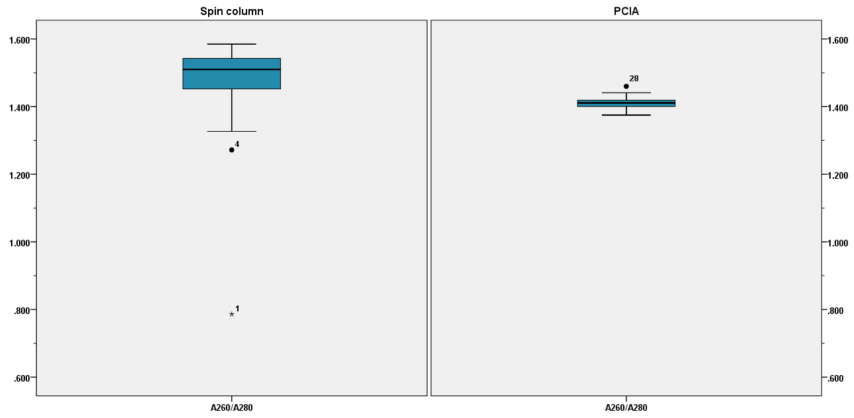
ผลการศึกษาที่ได้จากการนำเส้นใยของแมงมุม *Liphistius* ทั้ง 3 ชนิดคือ *L. erawan*, *L. ornatus* และ *L. tham* ชนิดละ 5 ตัวอย่าง โดยใช้ใยจากทั้งสองบริเวณคือเส้ยใยฝาปิดรังและเส้นใยสำหรับรับแรงสั่นสะเทือนมาสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธีการสกัดทั้งสองแบบคือ spin–column และ phenol–chloroform เพื่อเปรียบเทียบปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอว่าที่ใยตำแหน่งใดและใช้วิธีการสกัดแบบใดที่ให้ผลออกมาดีที่สุดโดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ผลได้ออกมาดังนี้

1. **เปรียบเทียบปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอจากเส้นใยบริเวณฝาปิด**

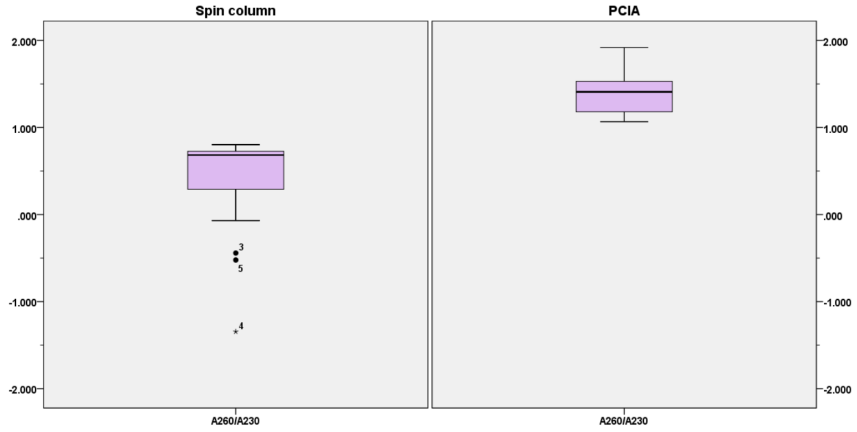
ดีเอ็นเอที่ได้จากการสกัดจากเส้นใยบริเวณฝาปิดรัง (n=15) โดยใช้วิธีการสกัดทั้งสองแบบเมื่อเปรียบเทียบปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอโดยใช้ Mann–Whitney U Test วิเคราะห์ผลพบว่าความเข้มข้นของดีเอ็นเอที่ได้จากการสกัดแบบ spin–column มีค่าเท่ากับ 72.63±55.23 นาโนกรัม/ไมโครลิตร สกัดแบบ phenol–chloroform เท่ากับ 2564.8±570.1 นาโนกรัม/ไมโครลิตร **(กราฟที่ 1)** ค่า A260/280 จากการสกัดทั้งสองวิธีเท่ากับ 1.446±0.2025 และ 1.411±0.02163 ตามลำดับ **(กราฟที่ 2)** และ A260/230 จากการสกัดทั้งสองวิธีมีค่าเท่ากับ 0.3648±0.6498 และ 1.412±0.2879 ตามลำดับ **(กราฟที่ 3)** จะเห็นได้ว่าทั้งค่าความเข้มข้น ค่า A260/280 และ A260/230 ที่ได้จากการสกัดดีเอ็นเอแบบ spin–column แตกต่างจากการสกัดแบบวิธี phenol–chloroform อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(ตารางที่ 1)**



กราฟที่ 1 กราฟกล่องแสดงความเข้มข้นของดีเอ็นเอที่ได้จากการสกัดจากเส้นใยบริเวณฝาปิดซ้ายคือ spin-column และขวาคือ phenol-chloroform



กราฟที่ 2 กราฟกล่องแสดงความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอ (A260/280) ที่ได้จากการสกัดจากเส้นใยบริเวณฝาปิดซ้ายคือ spin-column และขวาคือ phenol-chloroform



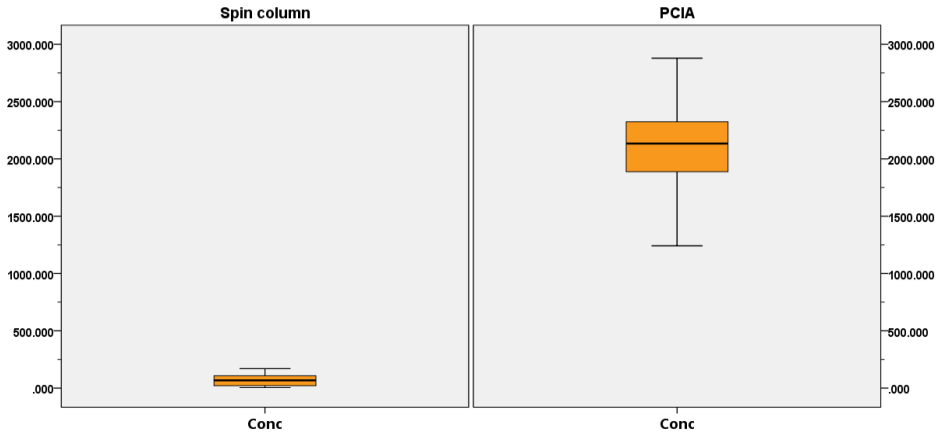
กราฟที่ 3 กราฟกล่องแสดงความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอ (A260/230) ที่ได้จากการสกัดจากเส้นใยบริเวณฝาปิดซ้ายคือ spin-column และขวาคือ phenol-chloroform

Mean ±SD.	Spin-column (n=15)	PCIA (n=15)	P-value
Concentration	72.63±55.23	2564.8±570.1	< 0.001
A260/280	1.446±0.2025	1.411±0.02163	< 0.01
A260/230	0.3648±0.6498	1.412±0.2879	< 0.001

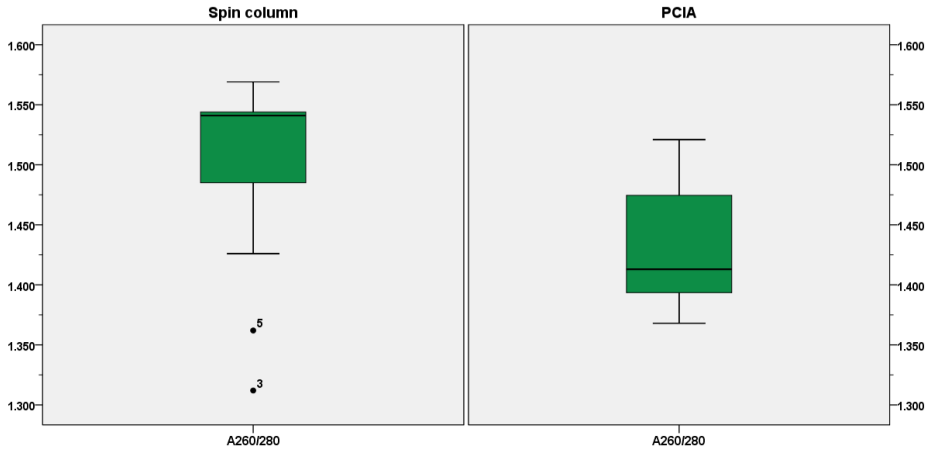
ตารางที่ 1 แสดงความเข้มข้นและปริมาณของดีเอ็นเอที่ได้จากการสกัดจากเส้นใยบริเวณฝาปิด

2. **ปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอจากเส้นใยรับแรงสั่นสะเทือน**

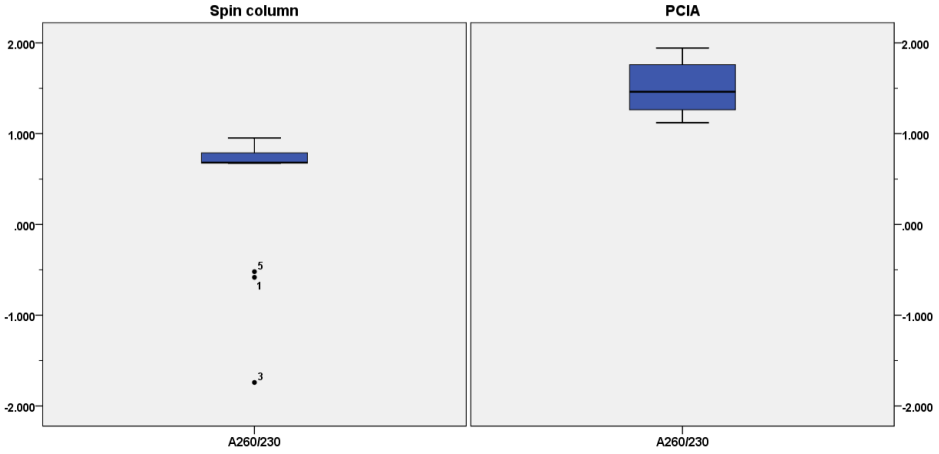
ดีเอ็นเอที่ได้จากการสกัดจากเส้นใยรับแรงสั่นสะเทือน (n=15) โดยใช้วิธีการสกัดทั้งสองแบบเมื่อเปรียบเทียบปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอโดยใช้ Mann-Whitney U Test วิเคราะห์ผลพบว่าความเข้มข้นของดีเอ็นเอที่ได้จากการสกัดแบบ spin-column มีค่าเท่ากับ 65.247±56.207 นาโนกรัม/ไมโครลิตร สกัดแบบ phenol-chloroform เท่ากับ 2078.9±416.06 นาโนกรัม/ไมโครลิตร **(กราฟที่ 4)** ค่า A260/280 จากการสกัดทั้งสองวิธีเท่ากับ 1.4999±0.0764 และ 1.4291±0.0513 ตามลำดับ **(กราฟที่ 5)** และ A260/230 จากการสกัดทั้งสองวิธีมีค่าเท่ากับ 0.4203±0.7611 และ 1.514±0.2876 ตามลำดับ **(กราฟที่ 6)** จะเห็นได้ว่าทั้งค่าความเข้มข้น ค่า A260/280 และ A260/230 ที่ได้จากการสกัดดีเอ็นเอแบบ spin-column แตกต่างจากการสกัดแบบวิธี phenol-chloroform อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(ตารางที่ 2)**



กราฟที่ 4 กราฟกล่องแสดงความเข้มข้นของดีเอ็นเอที่ได้จากการสกัดจากเส้นใยรับแรงสั่นสะเทือนซ้ายคือ spin-column และขวาคือ phenol-chloroform



กราฟที่ 5 กราฟกล่องแสดงความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอ (A260/280) ที่ได้จากการสกัดจากเส้นใยรับแรงสั่นสะเทือนซ้ายคือ spin-column และขวาคือ phenol-chloroform



กราฟที่ 6 กราฟกล่องแสดงความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอ (A260/230) ที่ได้จากการสกัดจากเส้นใยรับแรงสั่นสะเทือนซ้ายคือ spin-column และขวาคือ phenol-chloroform

Mean ±SD.	Spin-column (n=15)	PCIA (n=15)	P-value
Concentration	65.247±56.207	2078.9±416.06	< 0.001
A260/280	1.4999±0.0764	1.4291±0.0513	< 0.05
A260/230	0.4203±0.7611	1.514±0.2876	< 0.001

ตารางที่ 2 แสดงความเข้มข้นและปริมาณของดีเอ็นเอที่ได้จากการสกัดเส้นใยสำหรับรับแรงสั่นสะเทือน

สรุปผลและอธิปรายผล

จากผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นว่าดีเอ็นเอที่ได้จากใยบริเวณฝาปิดนั้นจะให้ปริมาณที่สูงกว่าใยสำหรับรับแรงสั่นสะเทือนทั้งวิธีการสกัดแบบ spin-column และ phenol-chloroform อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่คุณภาพของดีเอ็นเอที่ได้ (A260/280 และ A260/230) มีค่าต่ำกว่าใยสำหรับรับแรงสั่นสะเทือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากว่าใยบริเวณฝาปิดรังมีลักษณะเป็นแผ่นทึบจึงมีความหนาแน่นของเส้นใยมากกว่าโอกาสที่จะสกัดดีเอ็นเอได้ปริมาณจึงสูงกว่าแต่ที่มีความบริสุทธิ์น้อยเป็นเพราะว่าเส้นใยบริเวณนี้เกิดจากการที่แมงมุมใช้ใยเคี้ยวผสมกับดินทำให้มีการปนเปื้อนของดินซึ่งขัดขวางการสกัดดีเอ็นเอที่สกัดได้ (Holben et al., 1988; Tsai and Olson, 1992; Yeates et al., 1998; Haupt, 2003) ต่างจากใยสำหรับรับแรงสั่นสะทือนที่เป็นเส้นใยยื่นยาวออกมาล้อมรอบโพรงดินลักษณะคล้ายรัศมีจึงมีความหนาแน่นน้อยกว่าใยฝาปิดรังทำให้ปริมาณดีเอ็นเอที่ได้น้อยแต่เนื่องจากใยสำหรับรับแรงสั่นสะเทือนไม่ได้เกิดจากการนำใยมาผสมกับดินทำให้คุณภาพของดีเอ็นเอที่ได้จึงสูงกว่า ทั้งนี้ทั้งนั้นการสกัดใยทั้งสองตำแหน่งเมื่อดูค่า A260/280 และ A260/230 ที่ได้จะเห็นได้ว่ามีค่าที่ต่ำจากมาตรฐานที่ยอมรับคือ A260/280 ควรจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 1.8–2.0 ในขณะที่ A260/230 ควรจะมีค่าอยู่ที่ช่วง 2.0–2.2 (Lucena-Aguilar et al., 2016; Gupta, 2019) เป็นเพราะว่าการศึกษาครั้งนี้นำเส้นใยของแมงมุม *Liphistius* ซึ่งเป็นกลุ่มแมงมุม burrow spider คืออาศัยอยู่ในโพรงดินเป็นหลักทำให้เส้นใยที่สร้างมีปริมาณดินปนเปื้อนอยู่ด้วยซึ่งต่างจากการศึกษาก่อนหน้านี้ที่นำใยของแมงมุมที่สร้างใยอยู่ตามอากาศทำให้ใยไม่มีการปนเปื้อนของดินมากเท่ากับของแมงมุม *Liphistius* (Xu et al., 2015; Blake et al., 2016; Gregoric et al., 2022)

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาที่ได้โดยวิเคราะห์จากวิธีการสกัดดีเอ็นเอทั้งสองแบบคือ spin-column และ phenol-chloroform เห็นได้ว่าวิธีสกัดแบบ phenol-chloroform ให้ปริมาณดีเอ็นเอที่สูงมากทั้งใยที่สกัดจากตำแหน่งฝาปิดหรือเส้นใยสำหรับรับแรงสั่นสะเทือนเป็นเพราะวิธีสกัดแบบ phenol-chloroform เป็นการสกัดแบบอินทรีย์ซึ่งอาศัยการแยกชั้นของของเหลวด้วยความมีขั้วและไม่มีขั้วในการสกัดดีเอ็นเอโดยที่ phenol-chloroform ทำหน้าที่จับโปรตีนและไขมันไว้ที่ชั้นสารละลายอินทรีย์ในขณะที่ปั่นเหวี่ยงแล้วดีเอ็นเอจะอยู่ที่สารละลายชั้นบนจึงดูดสารละลายชั้นบนใส่หลอดใหม่และทำการตกตะกอนดีเอ็นเอด้วยการใช้เอทานอลทำให้ดีเอ็นเอที่ได้จึงมีปริมาณที่สูงกว่าวิธี spin-column (Ogram et al., 1987; Khalaf, 2015; Sharma et al., 2023) spin-column เป็นการสกัดแบบ solid phase โดยจะมีชั้น silica membrane ในการช่วยจับดีเอ็นเอเอาไว้แต่จะชะล้างสิ่งสกปรกหรือสารอินทรีย์ออกไปไม่ให้ติดอยู่ที่ชั้น silica membrane ทำให้ดีเอ็นเอที่ได้มีปริมาณน้อยกว่าแต่มีความบริสุทธิ์กว่าวิธี phenol-chloroform ซึ่งอาจมีการปนเปื้อนสารอินทรีย์อื่นมาด้วย (McCormick, 1989; Shin, 2012; Shi et al., 2018; Schmitz et al., 2020)

การศึกษาในครั้งนี้ดำเนินตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้คือการเปรียบเทียบปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอที่สกัดได้จากใยของแมงมุม *Liphistius* โดยใช้ใยตำแหน่งฝาปิดและเส้นใยสำหรับแรงสั่นสะเทือน ในการสกัดระหว่างวิธี spin-column และ phenol-chloroform ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้สามารถเป็นแนวทางในการศึกษาความหลากหลายหรือพันธุศาสตร์ประชากรของแมงมุมกลุ่มนี้โดยที่ไม่ต้องทำร้ายสัตว์ทดลองและลดจำนวนสัตว์ทดลองที่ต้องใช้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยการช่วยเหลือและสนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ณัฐพจน์ วาฤทธิ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.ชวธัช ธนูสิงห์ และขอขอบคุณทุนจากโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.)

เอกสารอ้างอิง

Barnes, M.A. and Turner, C.R. (2015). The ecology of environmental DNA and implications for conservation genetics. **Conservation Genetics**, 17, 1–17.

Bienert, F., De Danieli, S., Miquel, C., Coissac, É., Poillot, C., Brun, J., and Taberlet, P. (2012). Tracking earthworm communities from soil DNA. **Molecular Ecology**, 21, 2017–2030.

Blake, M., McKeown, N. J., Bushell, M., and Shaw, P. W. (2016). DNA extraction from spider webs. **Conservation Genetics Resources**, 8, 219–221.

Ficetola, G. F., Miaud, C., Pompanon, F., and Taberlet, P. (2008). Species detection using environmental DNA from water samples. **Biology Letters**, 4, 423–425.

Gregoric, M., Kutnjak, D., Bacnik, K., Gostincar, C., Pecman, A., Ravnikar, M., and Kuntner, M. (2022). Spider webs as eDNA tool for biodiversity assessment of life's domains. **Molecular Ecology Resources**, 7, 2534–2545

Gupta, N. (2019). DNA extraction and polymerase chain reaction. **Journal of Cytology**, 36(2), 116.

Haupt, J. (2003). The Mesothelae – a monograph of an exceptional group of – spiders (Araneae: Mesothelae). **Zoologica**, 154, 1–102.

He, W., Xu, D., Liang, Y., Ren, L., and Fang, D. (2022). Using eDNA to assess the fish diversity and spatial characteristics in the Changjiang River–Shijiu Lake connected system. **Ecological Indicators**, 139, 1–9.

Holben, W. E., Jansson, J. K., Chelm, B. K., and Tiedje, J. M. (1988). DNA probe method for the detection of specific microorganisms in the soil bacterial community. **Applied and Environmental Microbiology**, 54(3), 703–711.

Khalaf, Y. (2015). DNA and RNA Extraction: Methods and Protocols. **LAP Lambert Academic Publishing**, 11–19.

Li, C., Han, L., Yang, S., Zhang, Y., Tang, F., Jin, W., and Jiang, K. (2022). eDNA assessment of pelagic fish diversity, distribution, and abundance in the central Pacific Ocean. **Regional Studies in Marine Science**, 56, 1–15.

Lucena–Aguilar, G., Sánchez–López, A. M., Barberán–Aceituno, C., Carrillo–Ávila, J. A., López–Guerrero, J. A., and Aguilar–Quesada, R. (2016). DNA source selection for downstream applications based on DNA Quality Indicators analysis. **Biopreservation and Biobanking**, 14(4), 264–270.

McCormick, R. M. (1989). A solid–phase extraction procedure for DNA purification. **Analytical Biochemistry**, 181(1), 66–74.

McKee, A.M., Spear, S.F. and Pierson, T.W. (2015). The effect of dilution and the use of a post–extraction nucleic acid purification column on the accuracy, precision, and inhibition of environmental DNA samples. **Biological Conservation**, 183, 70–76.

Ogram, A., Sayler, G. S., and Barkay, T. (1987). The extraction and purification of microbial DNA from sediments. **Journal of Microbiological Methods**, 7(2–3), 57–66.

Platnick, N. I., and Gertsch, W. J. (1976). **The suborders of spiders: a cladistic analysis (Arachnida, Araneae) (1)**. New York: American Museum of Natural History.

Platnick, N. I., Jocqué, R., Hormiga, G., Raven, R. J., RamıRez, M. J., and Jäger, P. (2020). **Spiders of the World: A Natural History (1)**. United Kingdom: Ivy Press.

Schmitz, T. C., Eren, A. D., Spierings, J., Boer, J. D., Ito, K., and Foolen, J. (2020). Solid–phase silica–based extraction leads to underestimation ofresidual DNA in decellularized tissues. **Xenotransplantation**, 1–7.

Schwendinger, P. J. (1999). Five new Liphistius species (Araneae, Mesothelae) from Thailand. **Zoogica Scripta**, 28, 371–377.

Selden, P.A. (1996). First fossil mesothele spider, from the Carboniferous of France. **Revue Suisse de Zoologie**, 2, 498–499.

Sharma, R., Sharad, S., Minhas, G., Sharma, D. R., Bhatia, K., and Sharma, N. K. (2023). DNA, RNA isolation, primer designing, sequence submission, and phylogenetic analysis. **In Elsevier eBooks**. 197–206.

Shi, R., Lewis, R. S., and Panthee, D. R. (2018). Filter paper–based spin column method for cost–efficient DNA or RNA purification. **PLOS ONE**, 13(12), 1–14.

Shin, J. H. (2012). Nucleic acid extraction techniques. **Springer**, 209–225.

Sivayyapram, V., Kunsete, C., Xu, X., Smith, D. R., Traiyasut, P., Deowanish, S., and Warrit, N. (2023). Molecular phylogeny, biogeography, and species delimitation of segmented spider genus Liphistius (Araneae: Liphistiidae) in Thailand. **Zoological Journal of the Linnean Society**, 149, 1–19.

Sivayyapram, V., Kunsete, C., Xu, X., Smith, D. R., Traiyasut, P., Deowanish, S., Aung, M. M., Ono, H., Li, D., and Warrit, N. (2024). Seven new species of the segmented spider genus Liphistius (Mesothelae, Liphistiidae) in Thailand and Myanmar, **ZooKeys**, 1189, 201–229.

Thomsen, P. F., Kielgast, J., Iversen, L., Møller, P. R., Rasmussen, M., and Willerslev, E. (2012). Detection of a Diverse Marine Fish Fauna Using Environmental DNA from Seawater Samples. **PLOS ONE**, 7, 1–9.

Tsai, Y. L., and Olson, B. H. (1992). Detection of low numbers of bacterial cells in soils and sediments by polymerase chain reaction. **Applied and Environmental Microbiology**, 58(2), 754–757.

Natural History Museum Bern. (2024). **World Spider Catalog**. Retrieved January 4,2024, from http://wsc.nmbe.ch

Xing, Y., Gao, W., Shen, Z., Zhang, Y., Bai, J., Cai, X., Ouyang, J., and Zhao, Y. (2022). A review of environmental DNA field and laboratory protocols applied in fish ecology and environmental health. **Frontiers in Environmental Science**, 10, 1–17.

Xu, C. C. Y., Yen, I. J., Bowman, D., and Turner, C. (2015). Spider Web DNA: A new spin on noninvasive genetics of predator and prey. **PLOS ONE**, 10, 1–10.

Ye, Z., Sivayyapram, V., Li, F., Li, D., and Xu, X. (2022). Three new species of the spider genus Liphistius (Araneae, Mesothelae, Liphistiidae) from Thailand. **ZooKeys**, 1104, 115–128.

Yeates, C., Gillings, M. R., Davison, A. D., Altavilla, N., and Veal, D. A. (1998). Methods for microbial DNA extraction from soil for PCR amplification. **Biological Procedures Online**, 1(1), 40–47.

การวิเคราะห์แคริโอไทป์และการระบุแผนที่โครโมโซมด้วยโพรบไมโครแซทเทลไลท์ของเขียดหลังปุ่ม (*Occidozyga martensii*)

Karyotype analysis and Chromosomal mapping using microsatellite probe of marten's puddle frog (*Occidozyga martensii*)

อินทิรา คำพันธ์[1] นัฐนภา บุกิ่ง[1] สุรเชษฐ เอี่ยมสำอาง[2] กาญจน์ คุ้มทรัพย์[3] สุมาลี พิมพันธุ์[2*]

Intira Komphan[1], Natnapha Buking[1], Surachest Aiumsumang[2], Kan Khoomsab[3] Sumalee Phimphan[2*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นรายงานการศึกษาเซลล์พันธุศาสตร์ระดับโมเลกุลของเขียดหลังปุ่ม (*Occidozyga martensii*) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเครื่องหมายโครโมโซมเพื่อระบุความจำเพาะของเขียดหลังปุ่ม เก็บตัวอย่างในจังหวัดเพชรบูรณ์ เตรียมโครโมโซมจากไขกระดูก โดยทำการศึกษาเทคนิคย้อมสีจิมซ่า เทคนิคย้อม NOR และย้อมสารเรืองแสง ผลการศึกษาพบว่า เขียดหลังปุ่ม มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ = 26 แท่ง และโครโมโซมพื้นฐาน = 52 มีสูตรแคริโอไทป์ดังนี้ = L^{m}_{6} + L^{sm}_{4} +S^{m}_{12} + S^{sm}_{4} พบการติดตำแหน่ง NOR อยู่บนโครโมโซมที่ 3 และการศึกษาเซลล์พันธุศาสตร์ระดับโมเลกุล พบว่ามีการแสดงสัญญาณปรากฏของ $(TA)_{10}$บนโครโมโซมคู่ที่ 2 ในขณะที่ $(CGG)_{10}$ สัญญาณปรากฏบนโครโมโซมคู่ที่ 3 ส่วนการแสดงสัญญาณของ $(CAG)_{10}$ พบว่ามีการกระจายสัญญาณทั่วทั้งจีโนม ลำดับไมโครแซทเทลไลท์ดังนี้ $(CA)_{10}$, $(GC)_{10}$, $(CAA)_{10}$ และ $(CAC)_{10}$ ไม่มีการติดสัญญาณปรากฏให้เห็น

คำสำคัญ: เขียดหลังปุ่ม, แคริโอไทป์, เครื่องหมายโครโมโซม, รูปแบบไมโครแซทเทลไลท์

[1] นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

[2] สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

[3] สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

[1] Bachelor degree, Biology program, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, 67000

[2] Biology program, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, 67000

[3] Education Science Program, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, 67000

*Corresponding author: intira110445@gmail.com, sumalee.phi@pcru.ac.th

Abstract

This research is a report on the molecular genetic study of marten's puddle frog species (*Occidozyga martensii*), aim to investigate chromosomal markers. Samples were collected in Phetchabun Province, and chromosomes were prepared from bone marrow using Giemsa staining, NOR staining techniques, and fluorescence staining. The study found that *Occidozyga martensii* has a diploid chromosome number of 26 pairs and a basic chromosome number of 52, with the karyotype formula as follows = L^{m}_{6} + L^{sm}_{4} +S^{m}_{12} + S^{sm}_{4} The NOR (nucleolus organizer region) was located on chromosome 3. Molecular genetic analysis revealed the presence of a signal for $(TA)_{10}$ on chromosome pair 2, while the $(CGG)_{10}$ signal was found on chromosome pair 3. The $(CAG)_{10}$ was signal distributed throughout the genome. The microsatellite sequences identified were $(CA)_{10}$ $(GC)_{10}$ $(CAA)_{10}$ and $(CAC)_{10}$ with no significant signals observed for these sequences.

Keyword: *Occidozyga martensii*, karyotype, chromosome markers, Chromosomal microsatellite pattern

บทนำ

สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังพวกแรกที่มีขาแทนครีบและเคลื่อนที่ไปอาศัยบนบกได้ ปัจจุบันสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกอยู่ได้ทั้งบนบกและในน้ำ และมักอยู่ในที่ชื้น สัตว์มีกระดูกสันหลังที่ส่วนหนึ่งของชีวิตอยู่ในน้ำ

อีกส่วนหนึ่งอยู่บนบก สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกเป็นสัตว์เลือดเย็น มีกระดูกสันหลังมีประมาณ 3,000 ชนิดรวมกันเป็น Class Amphibia ใช้เวลาส่วนหนึ่งมีชีวิตในน้ำและเกิดเมทามอร์โฟซิสขณะที่เติมโตขึ้น ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะสำคัญของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกตอนเริ่มต้นชีวิตเป็นตัวอ่อน คือลูกอ๊อดจะหายใจทางเหงือก จากนั้นจะมีขางอกออกมาและเริ่มหายใจทางปอด สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกส่วนใหญ่สามารถแลกเปลี่ยนก๊าซ หายใจได้บางชนิดสามารถใช้เหงือกหายใจได้ตลอดชีวิต

สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกจัดอยู่ใน Class Amphibia (8,838 ชนิด), Order Anura (7,783 ชนิด), Family Dicroglossidae (232 ชนิด) แบ่งออกเป็น 2 วงศ์ย่อย ได้แก่ วงศ์ย่อย Dicroglossinae มี 12 สกุล 212 ชนิด และวงศ์ย่อย Occidozyginae 2 สกุล 20 ชนิด ซึ่งเขียดหลังปุ่มจัดอยู่ในวงศ์ Dicroglossidae วงศ์ย่อย Occidozyginae (Amphibian species of the world. 2025)

เขียดหลังปุ่มเป็นสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ ทำหน้าที่ควบคุมแมลงในธรรมชาติ และเป็นตัวชี้วัดสถานการณ์ของสิ่งแวดล้อมที่กำลังเสียสมดุลเปรียบเสมือนมาตราวัดสุขภาพโลก (World health indicator) ชอบอาศัยอยู่ตามแหล่งชุ่มชื้น ขุดโพรงอาศัยอยู่ตามพื้นป่า โดยรอบเป็นแอ่งน้ำขัง บริเวณที่ดินร่วนซุย ซึ่งเขียดหลังปุ่มมีการกระจายตัวที่กว้างขวางทั่วเอเชีย ปัจจุบันสถานภาพเป็นที่น่าวิตกกังวล เนื่องจากผู้คนนิยมบริโภค ทำให้มีราคาสูงและเป็นเหตุให้มีการจับเพื่อการค้าและบริโภคเป็นจำนวนมาก (จารุนันท์. 2019)



ภาพที่ 1 *Occidozy martensii* (scale bar = 1centimeter)

พันธุศาสตร์เซลล์เป็นการศึกษาโครโมโซมซึ่งเป็นหน่วยโครงสร้างที่สำคัญในการถ่ายทอดพันธุกรรมของเซลล์การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซมย่อมมีผลโดยตรงต่อการถ่ายทอดทางพันธุกรรมทำให้เกิดการแสดงออกในสิ่งมีชีวิตในรูปแบบที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญพัฒนาและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต (อมรา. 2546)

อย่างไรก็ตามข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ ธวัช และ อัจฉริยา, 2548 รายงานว่า *Occidozyga martensii* มีโครโมโซม 2n = 26 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 52 ถาวร สุภาพรม และคณะ. 2543 มีการรายงานว่า มีโครโมโซม 2n = 26 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 52 พบเครื่องหมายโครโมโซมปรากฏอยู่บนคู่ที่ 3 ซึ่งข้อมูลการศึกษาทางด้านเซลล์พันธุศาสตร์ (cytogenetics) ยังมีการศึกษาน้อยในประเทศไทย โดยข้อมูลที่ทำการศึกษาในครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาขั้นสูง ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการวิเคราะห์แคริโอไทป์ เครื่องหมายโครโมโซม เพื่อทราบจำนวน รูปแบบของโครโมโซม ลักษณะแคริโอไทป์ และการระบุแผนที่โครโมโซมโดยใช้โพรบไมโครเซทเทลไลท์ ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำมาประกอบการศึกษาด้านความสัมพันธ์ของกบ – เขียดในวงศ์ Dicroglossidae และเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปใช้ประโยชน์ด้านเซลล์อนุกรมวิธาน (cytotaxonomy) สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ การอนุรักษ์พันธุกรรม และยังเป็นประโยชน์ในการศึกษาโครโมโซมของเขียดในประเทศไทยต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. ศึกษาโครงสร้างโครโมโซมของเขียดหลังปุ่ม โดยใช้เทคนิคการย้อมสีจิมซ่า (Giema's staining)
2. ศึกษา chromosome marker โดยใช้เทคนิคการย้อมซิลเวอร์ไนเตรต (Ag–NOR banding technique) และเทคนิคการย้อมสารเรืองแสง (Fluorescence in situ Hybridization)

กรอบแนวคิด

1. การศึกษารูปร่าง ลักษณะ จำนวน ของโครโมโซมเขียดหลังปุ่ม
2. การเตรียมโครโมโซมจากไขกระดูกของเขียดหลังปุ่ม
3. การย้อมสีโครโมโซมด้วยเทคนิคการย้อมสีจิมซ่า (Giema's staining), การย้อมซิลเวอร์ไนเตรต (Ag–NOR banding technique) และการย้อมสารเรืองแสง (Fluorescence in situ Hybridization)
4. การจัดทำแคริโอไทป์ (Karyotype) และอิดิโอแกรม (Idiogram)

สมมุติฐาน

สามารถทราบจำนวน รูปร่างโครโมโซม และรูปแบบของไมโครเซทแทลไลท์ของเขียดหลังปุ่มเพื่อประกอบการศึกษาการจัดจำแนกและวิวัฒนาการทางด้านโครโมโซมของกลุ่มสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกได้

วิธีการศึกษา

1. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างเขียดหลังปุ่มบริเวณภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จำนวน 16 ตัว ตัวผู้ 4 ตัว และตัวเมีย 12 ตัว

2. การเตรียมโครโมโซม

เตรียมโครโมโซมโดยตรง (เลขที่คำขอใบอนุญาตการใช้สัตว์ทดลอง U1 – 04498 – 2559) ดัดแปลงจาก พรวดี ใจเที่ยงธรรม และ อิสสระ ปะทะวัง, 2562 ดังนี้ ฉีดโคลซิซิน ความเข้มข้น 0.1% ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัวอย่าง 100 กรัม ทิ้งไว้เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นผ่าแล้วเลาะเอาส่วนไขกระดูกของขาหลังทั้งสองข้าง ใส่ในจานเพาะเชื้อแล้ว สับละเอียดในสารละลายโพแทสเซียมคลอไลด์ (KCl) 0.075 โมลาร์ ดูดเอาส่วนใสย้ายลงในหลอดปั่นเหวี่ยง (Centrifuge tube) เติม KCl ให้ได้ปริมาตร 7 มิลลิลิตร บ่ม ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลาแล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 2,500 รอบ/นาที เป็นเวลา 6 นาที ดูดเอาส่วนใสข้างบนทิ้ง (Supernatant) ค่อย ๆ เติมน้ำยาตรึงเซลล์ (Canoy'Fixative) ให้ได้ปริมาตร 7 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 2,500 รอบ/นาที เป็นเวลา 6 นาที ดูดเอาส่วนใสข้างบนทิ้ง (Supernatant) (ทำซ้ำ 2 รอบ) จากนั้นค่อยๆเติมน้ำยาตรึงเซลล์ (Canoy'Fixative) ให้ได้ปริมาตร 7 มิลลิลิตร เก็บรักษาเซลล์ในตู้อุณหภูมิ – 20 องศาเซลเซียส (เมื่อทำการศึกษาจำนวนเซลล์ทั้งตัวผู้และตัวเมียแล้วพบว่า ตัวผู้มีจำนวนเซลล์มากกว่าตัวเมีย จึงนำเซลล์ของตัวผู้ไปศึกษาต่อ เนื่องจากเซลล์ของตัวเมียมีจำนวนน้อยไม่เหมาะสมต่อการทำการศึกษาในเทคนิคต่างๆ)

3. การเตรียมสไลด์โครโมโซม

เช็ดสไลด์ให้สะอาดด้วยน้ำยาตรึงเซลล์ นำหลอดตะกอนเซลล์มาปั่นเหวี่ยง เพื่อให้เซลล์ตกตะกอน จากนั้นดูดส่วนใสข้างบนทิ้ง หยดน้ำยาตรึงเซลล์ 1 – 2 หยด ตามด้วยตะกอนเซลล์ 1 – 2 หยด ทำทั้งหมด 20 สไลด์ และนำแผ่นสไลด์วางบน hot plate เพื่อให้เซลล์ยึดติดกับสไลด์ แล้วผึ่งลมให้สไลด์แห้ง ดัดแปลงจาก พิทักษ์ สีดา, 2561

4. การย้อมสีโครโมโซม

4.1 การย้อมสีจิมซ่า (Giema's staining) ย้อมสีโครโมโซมด้วยสีจิมซ่าความเข้มข้น 20% เป็นเวลา 15 นาที แล้วล้างสีออกด้วยน้ำสะอาด ทิ้งไว้ให้แห้งในอากาศ นำไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (พรวดี และ อิสสระ. 2562)

4.2 การย้อมซิลเวอร์ไนเตรต (Ag–NOR banding technique) หยด gelatin 2% ลงบนสไลด์ 1 หยดต่อ 1 หยดเซลล์ ตามด้วย silver nitrate 50% 2 หยดต่อ 1 หยดเซลล์ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ บ่มที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส (Howell et al. 1980)

4.3 การย้อมสารเรืองแสง (Fluorescene in situ Hybridization(FISH)) โดยไมโครแซทเทลไลท์ที่ใช้ได้แก่ $(CA)_{15}$, $(GC)_{15}$, $(TA)_{15}$, $(CAA)_{10}$, $(CAC)_{10}$, $(CAG)_{10}$, และ $(CGG)_{10}$ โดยทำตามวิธีการของ Kubat et al, 2008 and Supiwong et al, 2014 โดยไมโครแซทเทลไลท์เหล่านี้ได้รับการติดฉลากโดยตรงด้วย Cy_3 ที่ปลาย 5' ดัดแปลงจาก Sigma (St. Louis, MO, USA)

5. วิเคราะห์แคริโอไทป์

ทั้ง 3 เทคนิคการย้อม เก็บภาพที่ส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ใช้กำลังขยายวัตถุ 100X การย้อมสี จิมซ่า เก็บภาพเซลล์เมทาเฟสทั้งหมด 20 เมทาเฟส การย้อม NOR 5–10 เมทาเฟส และการย้อม FISH ที่ส่องภายใต้กล้องฟลูออเรสเซนต์ เก็บภาพเมทาเฟส ไมโครแซทเทลไลท์ละ 5–10 เมทาเฟส

วัดความยาวแขนข้างสั้น (Length of shot arm, Ls) แขนข้างยาว (Length of long arm, Ll) ของโครโมโซม ความยาวรวมโครโมโซม (Length of total, LT) หาค่าเฉลี่ย (Mean) ความยาวสัมพัทธ์ (Relative length , RL) ดัชนีเซนโทรเมียร์ (Centromeric index, CI) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) จากนั้นนำไปจัดแคริโอไทป์ โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Levan et al, 1964 และอิดิโอแกรม โดยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CS6 และ Microsoft word

$$\text{ค่า Relative length (RL)} = \frac{\text{ความยาวของโครโมโซมแต่ละแท่ง } (\mathbf{LT})}{\text{ความยาวทั้งหมดของโครโมโซมทุกแท่ง} (\sum \mathbf{LT})}$$

การใช้ค่า RL นี้สามารถช่วยในการจับคู่โครโมโซมได้แน่นอนกว่าการใช้ค่าความยาวของโครโมโซม เพราะค่า RL ของโครโมโซมแต่ละแท่งจะคงที่ในทุก ๆ เซลล์ส่วนค่าความยาวของโครโมโซมจะแตกต่างกันไปในเซลล์แต่ละเซลล์

$$\text{ค่า Centromeric index (CI)} = \frac{\text{ความยาวของแขนโครโมโซมข้างยาว } (\mathbf{LI})}{\text{ความยาวของโครโมโซมแต่ละแท่ง } (\mathbf{LT})}$$

ชนิดของโครโมโซมคำนวณจากค่า Centromeric index (CI) โดยวิเคราะห์ดังนี้ ค่าระหว่าง 0.500 – 0.599 จัดเป็นชนิดเมทาเซนทริก 0.600 – 0.699 จัดเป็นชนิดซับเมทาเซนทริก 0.700 – 0.899 จัดเป็นชนิดอะโครเซนทริก และ 0.900 – 1.000 จัดเป็นชนิดเทโลเซนทริก โดยดัดแปลงจากวิธีของ อลงกลด และคณะ, 2562

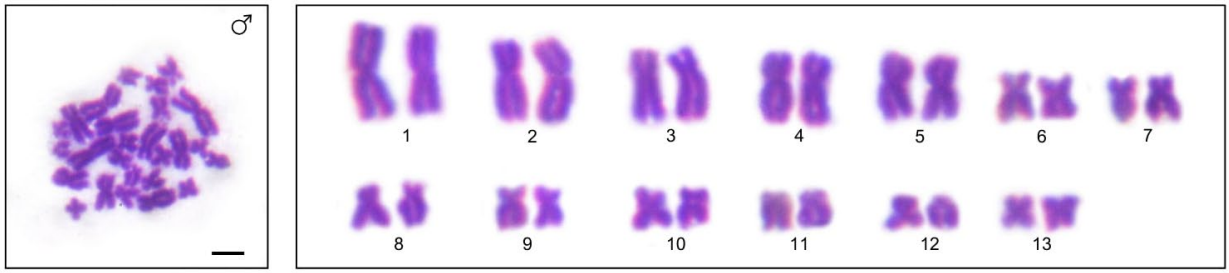
ผลการศึกษา

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเขียดหลังปุ่ม มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ เท่ากับ 26 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน(NF) เท่ากับ 52 (ภาพที่ 2) แคริโอไทป์ประกอบด้วย โครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 6 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง เมทาเซนทริกขนาดเล็ก 12 แท่ง และซับเมทาเซนทริกขนาดเล็ก 4 แท่ง สูตรแคริโอไทป์ = L^{m}_{6} + L^{sm}_{4} +S^{m}_{12} + S^{sm}_{4} ดังตารางที่ 1และอิดิโกรมมาตรฐาน (ภาพที่ 3)

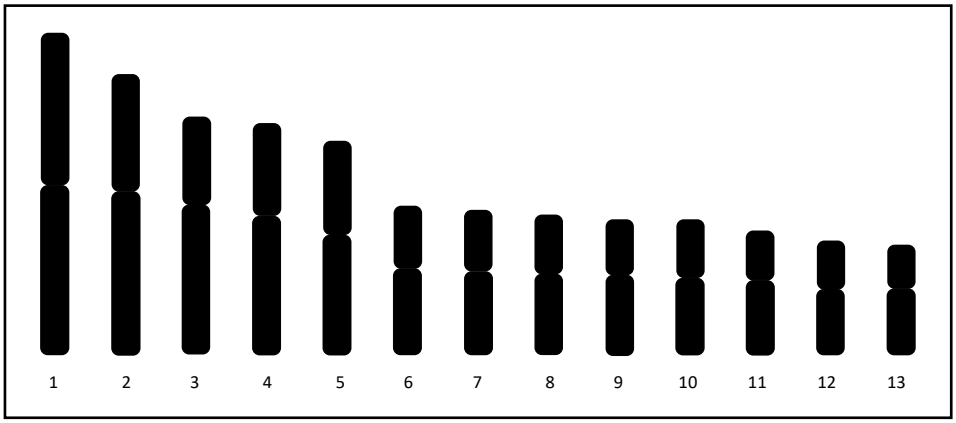
ตารางที่ 1 Karyomorphological details of the marten's puddle frog, *Occidozyga martensii*, 2n = 26

Chro. pairs	Ls (µm)	Ll (µm)	LT (µm)	CI±SD	RL±SD	Chro. size	Chro. type
1	2.387	2.684	4.965	0.541±0.015	0.137±0.017	Large	Metacentric
2	1.846	2.582	4.332	0.596±0.001	0.120±0.012	Large	Metacentric
3*	1.396	2.357	3.674	0.642±0.014	0.102±0.007	Large	Submetacentric
4	1.448	2.197	3.570	0.615±0.006	0.099±0.006	Large	Submetacentric
5	1.481	1.892	3.303	0.573±0.005	0.091±0.004	Large	Metacentric
6	0.985	1.365	2.343	0.583±0.002	0.065±0.003	Small	Metacentric
7	0.967	1.323	2.248	0.589±0.001	0.062±0.004	Small	Metacentric
8	0.927	1.277	2.163	0.590±0.001	0.060±0.005	Small	Metacentric
9	0.882	1.254	2.092	0.599±0.001	0.058±0.005	Small	Metacentric
10	0.918	1.209	2.083	0.580±0.003	0.058±0.006	Small	Metacentric
11	0.782	1.175	1.920	0.612±0.005	0.053±0.007	Small	Submetacentric
12	0.774	1.026	1.770	0.580±0.004	0.049±0.008	Small	Metacentric
13	0.687	1.042	1.695	0.6150.006	0.047±0.009	Small	Submetacentric

Chro. = Chromosome, Ls = shot arm, Ll = long arm, LT = total chromosome length, CI = centromeric index, RL = relative length, *NORs bearing chromosomes (satellite chromosome)

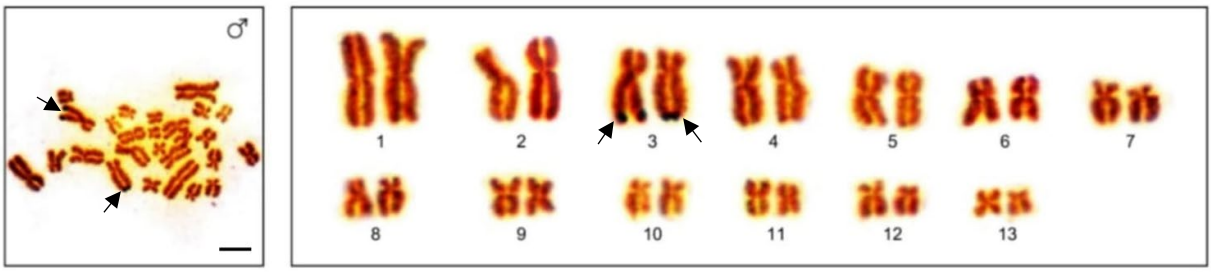


ภาพที่ 2 Metaphase cell and Karyotype of *Occidozyga martensii* 2n = 26 from Giema's staining (scale bar = 10 micrometer)



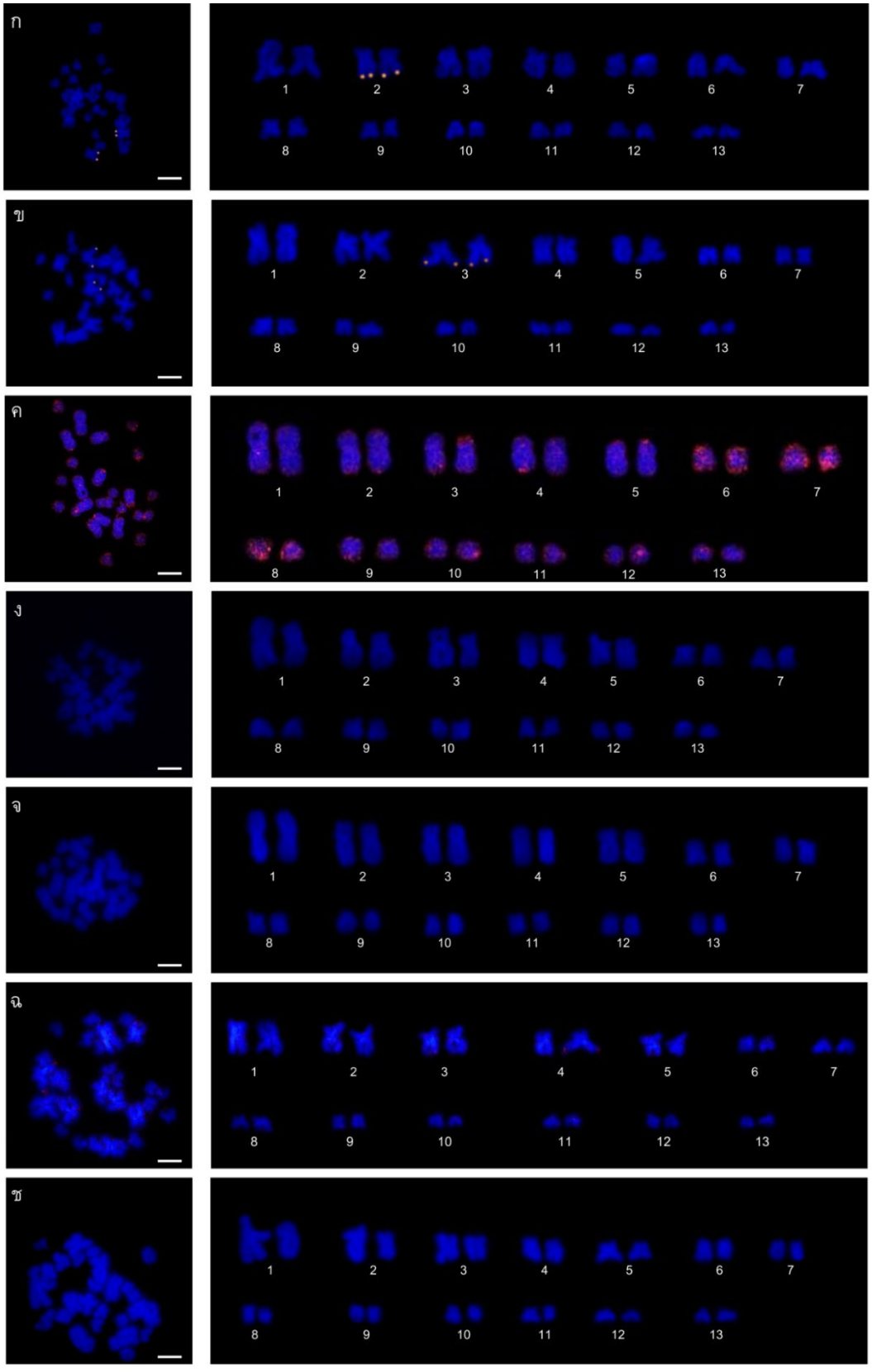
ภาพที่ 3 Idiogram chromosome of of *Occidozyga martensii* 2n = 26

การย้อมซิลเวอร์ไนเตรต ลงบนโครโมโซมโดยจะมีโปรตีนที่สร้างการแสดงออกของยีนจำนวนมากและมีโปรตีนที่ไม่ใช่ฮิสโตนมากกว่าพื้นที่อื่น ๆ บนโครโมโซม ดังนั้น แถบเข้ม (NOR–positive) ตำแหน่ง NOR ของเขียดหลังปุ่ม จะปรากฏตรงบริเวณเทโลเมียร์บนโครโมโซมแขนยาวคู่ที่ 3 (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 Metaphase cell and Karyotype of *Occidozyga martensii* 2n = 26 from Ag–NOR banding technique (scale bar = 10 micrometer)

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเซลล์พันธุศาสตร์ระดับโมเลกุลครั้งแรก โดยใช้เทคนิคการย้อมสารเรืองแสงการแปลตำแหน่ง hybridized ของ microsatellites ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งได้แก่ $(CA)_{15}$, $(GC)_{15}$, $(TA)_{15}$, $(CAA)_{10}$, $(CAC)_{10}$, $(CAG)_{10}$, และ $(CGG)_{10}$ (ภาพที่ 5) บริเวณเฮเทอโรโครมาติก (เทโลเมียร์ เซนโทเมียร์ และในโครโมโซมเพศ) ของจีโนม ซึ่งคาดว่าจะมีดีเอ็นเอซ้ำกันจำนวนมากอยู่ในบริเวณนั้น



ภาพที่ 5 Metaphase cell and Karyotype of *Occidozyga martensii* 2n = 26 from FISH (scale bar = 10 micrometer) ก $(TA)_{15}$, ข $(CGG)_{10}$, ค $(CAG)_{10}$, ง $(CA)_{15}$, จ $(GC)_{15}$, ฉ $(CAA)_{10}$ และ ช $(CAC)_{10}$

วิจารณ์และสรุปผล

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์โครโมโซมของเขียดหลังปุ่ม (*O. martensii*) จาก 20 เซลล์ที่พบโครโมโซมระยะเมทาเฟส โดยเลือกเซลล์ที่มีความชัดเจนมากที่สุด เพื่อนำมาจัดทำแคริโอไทป์และวัดขนาดของโครโมโซม โดยวัดโครโมโซมแขนข้างสั้น (Ls) โครโมโซมแขนข้างยาว (Ll) ความยาวทั้งหมด (LT) และนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อระบุชนิดโครโมโซมซึ่งได้จากค่าดัชนีตำแหน่งเซนโทรเมียร์ และขนาดของโครโมโซมจากค่าความยาวสัมพัทธ์ ซึ่งเขียดหลังปุ่ม พบโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 26 แท่ง ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 6 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง เมทาเซนทริกขนาดเล็ก 12 แท่ง และซับเมทาเซนทริก 4 แท่ง มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 52 สามารถเขียนสูตรแคริโอไทป์ได้ดังนี้ = L^{m}_{6} + L^{sm}_{4} +S^{m}_{12} + S^{sm}_{4} (ภาพที่ 2) และอิดิโอแกรม (ภาพที่ 3)

เมื่อเปรียบเทียบกับเขียดจะนา (*O. lima*) สกุล *Occidozyga* วงศ์ Dicroglossidae ที่ได้มีการรายงานไว้ก่อนหน้านี้ พบว่ามีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 26 แท่ง และโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 52 (Supaprom & Baimai. 2001; Donsakul. 2009; Sonsrin & Pinthong. 2018) (ตารางที่ 2) ซึ่งความสอดคล้องนี้ สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบสำหรับการจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน และเป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาโครโมโซมของเขียดชนิดอื่น ๆ ในประเทศไทยต่อไป

ตารางที่ 2 Review cytogenetic reports of the frog's genus *Occidozyga* from Thailand

Species	2n	Karyotype formula	NF	NOR banded	FISH	Reference
O. martensii	26	14m+12sm	52	2	–	Supaprom & Baimai (2001)
	26	18m+6sm+2a	52	–	–	Donsakul & Rangsiruji (2005)
	26	6m+20sm	52	–	–	Khamdok et al. (2022)
	26	**18m+8sm**	**52**	**2**	**+**	**การศึกษาครั้งนี้**
O. lima	26	12m+14sm	52	–	–	Supaprom & Baimai (2001)
	26	9m+4sm	52	–	–	Donsakul (2009)
	26	16m+10sm	52	2	–	Sonsrin & Pinthong (2018)

การย้อมโครโมโซมแบบ NOR เป็นการย้อมติดบนโครโมโซมส่วนที่มียีนที่สร้าง ribosomal RNA ซึ่งมักจะเป็นรอยคอด secondary constriction และมักจะอยู่ติดกับ nucleolus (nucleolar organizer region) โดยบริเวณที่มียีน ribosomal RNA จะติดสีเข้ม (NOR–positive) ของสารละลาย silver nitrate ส่วนที่ไม่มียีนนี้อยู่จะไม่ติดสี (NOR–positive) ดังนั้น การย้อมแบบนี้จึงเป็นการระบุตำแหน่งของยีนที่สร้าง ribosomal RNA ในการศึกษาครั้งนี้ เขียดหลังปุ่ม พบตำแหน่ง NOR บนโครโมโซมแขนข้างยาวคู่ที่ 3 (ภาพที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Supaprom & Baimai, 2001

ไมโครแซทเทลไลท์หรือการทำลำดับซ้ำแบบง่าย (SSR) คือ โอลิโกนิวคลีโอไทด์ที่มีความยาว 1 – 6 คู่เบส ซึ่งก่อตัวเป็นซ้ำแบบเรียงต่อกันมากเกินไป โดยปกติจะมี 4 ถึง 40 หน่วย (Tautz and Renz. 1984; Ellegren. 2004; Chistiakov et al.2006) ไมโครแซทเทลไลท์มีการกระจายตัวมากมายบนจีโนมยูคาริโอต โดยกระจัดกระจายหรือรวมกลุ่มกันทั้งในยูโครมาตินหรือเฮเทอโรโครมาติน ไมโครแซทเทลไลท์มีรูปแบบการแปรผันของจำนวนซ้ำในระดับสูง (Ellegren, 2004) ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเซลล์พันธุศาสตร์ระดับโมเลกุลครั้งแรก พบว่ามีการแสดงสัญญาณปรากฏของ

$(TA)_{15}$ บนโครโมโซมคู่ที่ 2 บริเวณปลายเทโลเมียร์แขนข้างยาว ในขณะที่ $(CGG)_{10}$ สัญญาณปรากฏบนโครโมโซมคู่ที่ 3 บริเวณปลายเทโลเมียร์แขนข้างยาว ส่วนการแสดงสัญญาณของ $(CAG)_{10}$ พบว่ามีการกระจายสัญญาณทั่วทั้งจีโนม ลำดับไมโครแซทเทลไลท์ดังนี้ $(CA)_{15}$, $(GC)_{15}$, $(CAA)_{10}$ และ $(CAC)_{10}$ ไม่มีการติดสัญญาณปรากฏให้เห็น ไมโครแซทเทลไลท์เหล่านี้อาจใช้เป็นเครื่องหมายโครโมโซม เพื่อสามารถที่จะระบุความจำเพาะของเขียดหลังปุ่มได้ ซึ่งความสอดคล้องนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบสำหรับการจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน และเป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาโครโมโซมในวงศ์ Dicroglossidae ในประเทศไทยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย กราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยแนะนำให้คำปรึกษาและข้อคิดเห็นในการทำวิจัยได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

จารุนันท์ พาภักด์, นพคุณ ภักดีณรงค์ และคมศร เลาห์ประเสริฐ. (2562). พันธุศาสตร์ของเซลล์อึ่งอ่างที่นิยมบริโภคใน จังหวัดกาฬสินธุ์. **การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย (ครั้งที่14) 50 ปี.** มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ‘ผู้มีปัญญา พึงเป็นอยู่เพื่อมหาชน’. หน้า 702 – 710

ถาวร สุภาพรม, ขนิษฐา ทุมมานนท์, ประจักษ์ จันทร์ศรี และ วิสุทธิ์ ใบไม้. (2543). การศึกษาจำนวนโครโมโซมและคาริโอไทป์ของกบบอกหนามและเขียดหลังปุ่ม. **การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย,** ปีที่ 26, หน้า 395.

ธวัช ดอนสกุล และอัจฉริยา รังษิรุจิ. (2548). คาริโอไทป์ของเซลล์ตับในกบภูเขา เขียดบัว เขียดกาญจนบุรี เขียดน้ำนอง และอึ่งเพ้า. **เอกสารการประชุมทางวิชาการ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43 สาขาสัตว์แพทยศาสตร์ สาขาวิทยาศาตร์. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ,** หน้า 554 – 551.

ธวัช ดอนสกุล. (2552). แคริโอไทป์ของเซลล์ตับในสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 7 ชนิดที่พบในประเทศไทย. **ว วิทย เทคโนมมส,** ปีที่ 28 ฉบับที่ 2, หน้า 162 – 170.

นิภาพร คำดก. (2564). การวิเคราะห์แคริโอไทป์ของอึ่งน้ำนอง (*Occidozyga martensii*) อึ่งขาคำ(*Microhyla pulchra*) และอึ่งหลังจุด (*Micryletta inornata*) ด้วยเทคนิคการย้อมสีแบบธรรมดา. **การประชุมวิชาการระดับชาติพิบูลสงครามวิจัย ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, จ.พิษณุโลก 2564,** ปีที่ 7 หน้า 403 – 410.

พิทักษ์ สีดา. (2561). **เซลล์พันธุศาสตร์ของปาดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

พรวดี ใจเที่ยงธรรม และ อิสสระ ปะทะวัง. (2562). การศึกษาแคริโอไทป์ของกบห้วยขาปุ่มเหนือ (*Limnonectes taylori*) ในจังหวัดเชียงใหม่ของประเทศไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.** ปีที่ 39 ฉบับที่ 4, หน้า 355 – 360.

อมรา คัมภิรานนท์. (2546). **พันธุศาสตร์ของเซลล์** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อลงกลด แทนออมทอง กฤษณ์ ปิ่นทอง และอิสสระ ปะทะวัง. (2562). **พันธุ์ศาสร์ระดับเซลล์** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Amphibian Species of the World [Internet]. 2025; Retrieved on 27 January 2025. Obtained from: https://amphibiansoftheworld.amnh.org.

Chistiakov D.A, Hellemans B, Volckaert F.A.M. (2006). Microsatellites and their genomic distribution, evolution, function and applications: a review with special reference to fish genetics. **Aquaculture,** 255, 1 – 29.

Ellegren H. (2004). Microsatellites: simple sequences with complex evolution. **Nature Review Genetics,** 5, 435 – 445.

Howell W.M. and Black D.A. (1980). Controlled silver–staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: a 1–step method. **Experientia,** 36, 1014 – 1015.

Khunapat Sonsrin. (2018). Karyological Analysis of the Rough – Skinned Floating Frog, *Occidozyga lima* (Anura, Dicroglossidae). **Koch Cha Sarn Journal of Science,** 40(1), 13 – 23.

Kubat Z, Hobza R, Vyskot B, Kejnovsky E. (2008). Microsatellite accumulation in the Y chromosome of *silenelatifolia*. **Genome**, 51, 6 – 350.

Levan A, Fredga K and Sandberg A.A. (1964). Nomenclature for centromeric position on chromosomes. **Hereditas,** 52, 20 – 201.

Supiwong W, Liehr L, Cioffi M.B, Chaveerach A, Kosyakova N, Pinthong K, Tanee T, Tanomtong A. (2014) Chromosomal evolution in naked catfishes (Bagridae, Siluriformes): a comparative chromosome mapping study. **Zool Anz**, 253(3), 20 – 316.

Tautz D, Renz M. (1984). Simple sequences are ubiquitous repetitive components of eukaryotic genomes. **Nucleic Acids Res Acids Research**, 12(10), 4127 – 4138.

แบบจำลองการกระจายของกบภูเขา *Limnonectes blythii* (Bouleger, 1920) บริเวณพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย

Distribution modeling of Blyth's Fanged Frog *Limnonectes blythii* (Bouleger, 1920) in southern Thailand

วัชรพงษ์ รังสิวรารักษ์[1], นพดล กิตนะ[2], วิเชฏฐ์ คนซื่อ[2], สุรศักดิ์ ยิ้มประเสริฐ[3] และ ภาณุพงศ์ ธรรมโชติ จรูญโรจน์[1,2*]

Watcharapong Rungsiwararuk[1], Noppadon Kitana[2], Wichase Khonsue[2], Surasak Yimprasert[3] and Panupong Thammachoti Charunrochana[2*]

บทคัดย่อ

กบภูเขา *Limnonectes blythii* เป็นกบที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย มีแหล่งที่อยู่บริเวณลำธารตามแนวเทือกเขาตั้งแต่ภาคเหนือ ภาคตะวันตกจนถึงภาคใต้ อย่างไรก็ตามแหล่งที่อยู่มีแนวโน้มถูกเปลี่ยนแปลงและถูกทำลายให้กลายเป็นพื้นที่ใช้ประโยชน์ของมนุษย์ อีกทั้งในหลายพื้นที่มีการนำกบภูเขามาบริโภค สาเหตุเหล่านี้ส่งผลให้จำนวนประชากรกบภูเขาในธรรมชาติลดลงอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามยังขาดข้อมูลภูมิศาสตร์การกระจายและข้อมูลแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมสำหรับการจัดการพื้นที่และการวางแผนการอนุรักษ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยที่มีกบภูเขาอาศัยอยู่และกำลังดำเนินการวางแผนการอนุรักษ์ในจังหวัดสงขลา การศึกษาพื้นที่การกระจายจึงมีความสำคัญ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของประชากรกบภูเขาในภาคใต้ของประเทศไทย โดยทำการสำรวจกบภูเขาในภาคสนามด้วยวิธีการพบเห็นตัว และการสำรวจตามแนวเส้นสำรวจในพื้นที่ปกปักทรัพยากรในพื้นที่สวนสัตว์สงขลา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการอนุรักษ์กบภูเขา จากนั้นนำพิกัดภูมิศาสตร์จากตัวอย่างอ้างอิงในพิพิธภัณฑสถานธรรมชาติวิทยาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และฐานข้อมูลของศูนย์ข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพระดับโลก (GBIF) ร่วมกับข้อมูลสภาพอากาศจากฐานข้อมูล WorldClim โดยใช้โปรแกรม maximum entropy (MaxEnt) ผลการศึกษาการสร้างแบบจำลองการกระจายกบภูเขา พบว่าประชากรกบภูเขาในภาคใต้ของประเทศไทยมีการกระจายในแถบบริเวณ เทือกเขาภูเก็ต เทือกเขานครศรีธรรมราช และเทือกเขาสันกาลาคีรี ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าที่ราบต่ำ จากผลการศึกษาการสร้างแบบจำลองการกระจายเพื่อทำนายแหล่งอาศัยที่เหมาะสมสามารถใช้ในการประเมินพื้นที่เพื่อจัดการและการอนุรักษ์ได้ในอนาคต

คำสำคัญ: การอนุรักษ์, ขอบเขตการกระจาย, ภูมิอากาศ, สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก, แหล่งที่อยู่

---

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

[2] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

[3] แผนกบำรุงสัตว์ สวนสัตว์สงขลา จังหวัดสงขลา 90000

[1] M.Sc. Program in Zoology, Department of Biology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

[2] Department of Biology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

[3] Department of Animal care, Songkhla Zoo, Songkhla, 90000

*Corresponding author : panupong.th@chula.ac.th

Abstract

Blyth's Fanged Frog *Limnonectes blythii* (Boulenger, 1920) is the largest frog in Thailand, inhabiting in stream from northern western and southern Thailand. However, habitats trends to be reduced and altered. Moreover some areas the frog has over exploitation leading to population decline in several areas. However there is limitation of species distribution in order to plan for conservation. Specialy in southern Thailand where there is a conservation program of the frog have been initiated recently in Songkhla province, therefore distribution range is also important. The objective of this study is to evaluate the suitable habitats and ranges of the Blyth's Fanged Frog population in southern Thailand. Surveys were conducted using visual encounter surveys and strip transects in protected areas within the Songkhla Zoo's resource protection area. Geographic coordinates from reference specimens in Museum of Natural History, Chulalongkorn University and data from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF), combined with climate data from the WorldClim database, were used in the maximum entropy (MaxEnt) program. The results of distribution model reveal that the suitable habitats for the Blyth's Fanged Frog population in southern Thailand are lowland forests along Phuket range, Nakhon Si Thammarat range, and Sankalakhiri range, The distribution model of this species can be used to assess areas for land use and plaing for conservation in future.

Keywords: Amphibian, Climate, Conservation, Distribution range, Habitat

บทนำ

กบภูเขา *Limnonectes blythii* (Boulenger, 1920) (ภาพที่ 1) อยู่ในวงศ์ Dicroglossidae มีลักษณะพิเศษที่เรียกว่าเขี้ยวเทียม 1 คู่ หรือ Odontoid processes บริเวณขากรรไกรล่าง (Emerson and Inger, 1992) ถูกจัดเป็นกบขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย (กัมพล อิศรางกูร ณ อยุธยา และคณะ, 2530) เป็นสัตว์ป่าคุ้มครองตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าพุทธศักราช 2562 แต่เป็นสัตว์ป่าชนิดที่เพาะพันธุ์ได้ ปัจจุบันถูกขึ้นทะเบียนให้เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความเสี่ยงสูญพันธุ์ต่ำ (Least Concern) แต่มีแนวโน้มประชากรลดลงอย่างต่อเนื่อง (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2022) อาศัยในพื้นที่ป่าดิบชื้นและป่าดิบแล้งที่มีแหล่งน้ำลำธารที่ความอุดมสมบูรณ์ตามแนวเทือกเขา (ปิยวรรณ นิยมวัน และคณะ, 2562) พบการกระจายตั้งแต่เทือกเขาถนนธงชัย เทือกเขาตะนาวศรี เทือกเขาภูเก็ต เทือกเขานครศรีธรรมราช ตลอดถึงเทือกเขาสันกาลาคีรี บริเวณคาบสมุทรมลายูภาคใต้ของประเทศไทย (Taylor, 1962; Suwannapoom et al., 2012) จากการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของกบภูเขาเบื้องต้น โดย ชาญศักดิ์ ชาญรัมย์ (2565) พบว่าข้อมูลทางพันธุกรรมของกบภูเขาบริเวณภาคใต้ของประเทศไทยไม่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมและคาดว่าเป็นประชากรเดียวกัน

ภาคใต้ของประเทศไทยตั้งอยู่บริเวณคาบสมุทรมลายู เป็นบริเวณพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง หรือ Hotpot ซึ่งระบบนิเวศทางภาคใต้เมื่อพิจารณาจากสังคมพืช และปริมาณน้ำฝนรายปี ทำให้ระบบนิเวศป่าดิบชื้นในภาคใต้แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ 1.ป่าดิบชื้นแบบไทย (Thai–Type rainforest) และ 2.ป่าดิบชื้นแบบมลายู (Malayan–Type rainforest) ด้วยลักษณะระบบนิเวศที่เป็นป่าดิบชื้นทำให้มีความอุดมสมบูรณ์อย่างยิ่ง (นิกรณ์ สุวรรณการณ์, 2551; ศันสรียา วังกุลางกูรและเสาวลักษณ์ พงษ์ไพจิตร, 2552) จึงเป็นแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของสิ่งมีชีวิตนานาชนิด รวมถึงกบภูเขาอีกด้วย แต่ปัจจุบันพื้นที่ป่าในภาคใต้ของประเทศไทยถูกทำลายอย่างมาก จากการรายงานของ

แหล่งข่าว มูลนิธิสืบนาคะเสถียร (2566) พบว่ามีพื้นที่ป่าในภาคใต้เพียง 24.34% ซึ่งกบภูเขาเป็นหนึ่งในกลุ่มสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกที่กำลังกำลังประสบกับปัญหาการสูญเสียแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่จำเพาะต่อการสืบพันธุ์สร้างรังและวางไข่ อีกทั้งด้วยลักษณะรูปร่างที่มีขนาดใหญ่จึงเป็นเป้าสำคัญที่ถูกนำมาจากระบบนิเวศเพื่อใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ ของมนุษย์ ดังนั้นการศึกษานี้จึงนำข้อมูลปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม มาบูรณาการเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองการกระจาย (Species Distribution Modeling, SDM)

การสร้างแบบจำลองการกระจาย (Species Distribution Modeling, SDM) คือ กระบวนการทางคณิตศาสตร์และสถิติที่ใช้ในการทำนายหรือคาดการณ์การกระจายของของสิ่งมีชีวิตต่างๆ บนพื้นที่หรือภูมิภาค (Peterson et al., 2009) โดยใช้ข้อมูลการปรากฏของสิ่งมีชีวิตที่ศึกษาประกอบด้วยพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่พบสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ และข้อมูลสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการกระจายของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเค็ม ปริมาณน้ำฝน ฯลฯ (Elith et al., 2009) ปัจจุบันมีการศึกษาและวิจัยการสร้างแบบจำลองการกระจายกันอย่างแพร่หลาย เพื่อใช้ในการวิจัยอนุรักษ์เชิงพื้นที่และจัดการสิ่งแวดล้อม (Guisan et al., 2000) ดังนั้นการศึกษานี้จึงใช้วิธีการแบบจำลองการกระจาย ด้วยโปรแกรม Maximum Entropy (MaxEnt) สำหรับคาดการณ์พื้นที่ที่เหมาะสมของกบภูเขาในภาคใต้ของประเทศไทย อีกทั้งเป็นข้อมูลส่งเสริมการเพาะขยายพันธุ์เพื่อปล่อยคืนสู่ธรรมชาติของสวนสัตว์สงขลา สำหรับการอนุรักษ์กบภูเขาที่เสี่ยงต่อการคุกคามและการทำลายแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมโดยมนุษย์

ศูนย์ข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพระดับโลก (Global Biodiversity Information Facility; GBIF) เป็นองค์กรระหว่างประเทศที่รวบรวมข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพจากทั่วโลกผ่านการเข้าถึงฐานข้อมูลที่เปิดให้สาธารณชนใช้งานได้ (open-access) ถูกก่อตั้งขึ้นในปี 2001 GBIF จะทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลการสังเกตและ ข้อมูลตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตจากแหล่งข้อมูลหลากหลายทั่วโลก รวมถึงพิพิธภัณฑ์ทางธรรมชาติ สถาบันวิจัย และฐานข้อมูลทางสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ GBIF จึงจัดเป็นเครือข่ายระดับโลกที่มีเป้าหมายเพื่อจัดหาข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพที่เปิดกว้างและสามารถเข้าถึงได้สำหรับนักเรียน นักศึกษา นักวิจัย หน่วยงานภาครัฐ-เอกชน และประชาชนทั่วไป สามารถเข้าถึงได้อย่างหลากหลาย เพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพทั่วโลก สำหรับการศึกษาวิจัย การอนุรักษ์ การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ รวมถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่มีผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพ ข้อมูลเหล่านี้สามานำไปใช้ในการวิเคราะห์และประเมินในหลากหลายบนความหลากหลายทางชีวภาพ GBIF จึงเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการศึกษาและวิจัยทางชีววิทยา และการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ (https://www.gbif.org) (Yesson et al., 2007; Beck et al., 2013) ซึ่งการรวบรวมข้อมูลของกลุ่มสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกทั่วโลกทั้งหมด 11,212,799 Occurrences และข้อมูลของกบภูเขาถูกบันทึกไว้ทั้งหมด 1,490 Occurrences แบ่งออกเป็น ข้อมูลการเก็บรักษาไว้ในสถาบันวิจัยและพิพิธภัณฑ์ต่าง ๆ จำนวน 1,155 Occurrences และ ข้อมูลจากการสังเกต 238 Occurrences ซึ่งจำนวน Occurrences ข้อมูลเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อสร้างแบบจำลองการกระจายของประชากรกบภูเขาในภาคใต้ของประเทศไทย เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสนับสนุนการเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์เพื่อการอนุรักษ์ ในพื้นที่ปกปักทรัพยากรของสวนสัตว์สงขลา

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

กบภูเขา *Limnonectes blythii* (Boulenger, 1920) เป็นสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย พบการกระจายในเขตเทือกเขาของประเทศพม่า ไทย มาเลเซีย และเกาะสุมาตราของประเทศอินโดนีเซีย และยังมีรายงานการพบที่ประเทศลาวและเวียดนามด้วย ในปัจจุบันประชากรกบภูเขาถูกคุกคามจากการล่าเพื่อนำมาบริโภค และการเปลี่ยนแปลงแหล่งที่อยู่อาศัยที่จำเพาะ ประกอบกับข้อมูลพื้นที่การกระจายทางภูมิศาสตร์และแหล่งที่อยู่ยังไม่แน่ชัดจึงทำให้การวางแผนการอนุรักษ์และเพาะขยายพันธุ์ทำได้ยาก สวนสัตว์สงขลาจึงมีการวิจัยด้านการอนุรักษ์และเพาะขยายพันธุ์กบภูเขา แต่ยังขาดข้อมูลทางด้านแหล่งที่อยู่และการกระจายในพื้นที่ธรรมชาติ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาแหล่งที่อยู่ ในพื้นที่ภาคใต้ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีกบภูเขาอาศัยอยู่ตามธรรมชาติ โดยอาศัยการสร้างแบบจำลองการกระจาย (distribution model) โดยใช้พิกัดทางภูมิศาสตร์ของกบภูเขาร่วมกับข้อมูลปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เพื่อสร้างแผนที่ขอบเขตการกระจายของกบภูเขาและนำมาใช้ในการวางแผนการจัดการพื้นที่เพื่อการอนุรักษ์ และป้องกันการถูกคุกคาม และเพื่อขยายผลในการเพาะขยายพันธุ์กบภูเขาต่อไปในอนาคต

นอกจากนี้การศึกษาที่ผ่านมามีเคยมีงานศึกษาวิจัยเพื่อวางแผนการอนุรักษ์ในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดย ผุสตี ปริยานนท์ และคณะ (2529) และ กัมพล อิศรางกูร ณ อยุธยา และคณะ (2530) Suwannapoom et al. (2012) ศึกษาการกระจายพันธุกรรมของกบภูเขา ในบางพื้นที่ของจังหวัดแม่ฮ่องสอน และ Phimphan et al. (2021) ศึกษาการจำแนกคาริโอโมร์โฟโลยีและการแยกความแตกต่างเชิงเส้นของรูปแบบไมโครแซทเทลไลต์ และไมโอซิส อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าการศึกษากบภูเขาในประเทศไทยที่ผ่านมามุ่งเน้นไปทาง สัณฐานวิทยา ความหลากหลายทางพันธุกรรม โครโมโซม แต่ยังขาดการศึกษาทางด้านนิเวศวิทยาเชิงพื้นที่ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมและการกระจายเชิงพื้นที่ เพื่อใช้ในการวางแผนการอนุรักษ์กบภูเขาในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย

งานวิจัยนี้จึงมีสมมุติฐานว่าแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมต้องเป็นบริเวณพื้นที่ป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากพื้นที่ป่าเป็นทรัพยากรที่สำคัญของกบภูเขาจะต้องประกอบไปด้วยปัจจัยทางกายภาพ ต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นและปริมาณน้ำฝน และปัจจัยทางชีวภาพ ได้แก่ ผู้ล่า และความหลากหลายของอาหารที่มีเพียงพอ ซึ่งปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพเหล่านี้เป็นบทบาทสำคัญในการกำหนดความจำเพาะของกบภูเขาในแหล่งที่อยู่อาศัยนั้น ๆ กำหนดขอบเขตการกระจาย อีกทั้งบริเวณพื้นที่นั้นจำเป็นต้องมีลำธารน้ำไหลที่เหมาะสมต่อการสร้างรังเพื่อสืบพันธุ์วางไข่เพื่อการดำรงชีวิตต่อไป



ภาพที่ 1 กบภูเขาตัวเต็มวัย

วิธีการศึกษา

จริยธรรมการวิจัย

โครงการวิจัยวิจัยนี้ได้ ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการควบคุมดูแลการเลี้ยงและการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ของคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่ 2423016 เมื่อวันที่ 7 เมษายน 2566 ซึ่งการดำเนินการเกี่ยวกับสัตว์ทั้งหมดในงานวิจัยนี้เป็นไปตามขั้นตอนและจริยธรรมการใช้สัตว์ทดลอง และเป็นไปตามกฎระเบียบและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานกับสัตว์ในงานทางวิทยาศาสตร์

พื้นที่ศึกษาและการสำรวจภาคสนาม

ทำการภาคสนามเก็บข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดพังงา จังหวัดกระบี่ จังหวัดสตูล จังหวัดสงขลา และจังหวัดยะลา (ตารางที่ 1 และภาพที่ 2) ในภาคใต้ของประเทศไทย

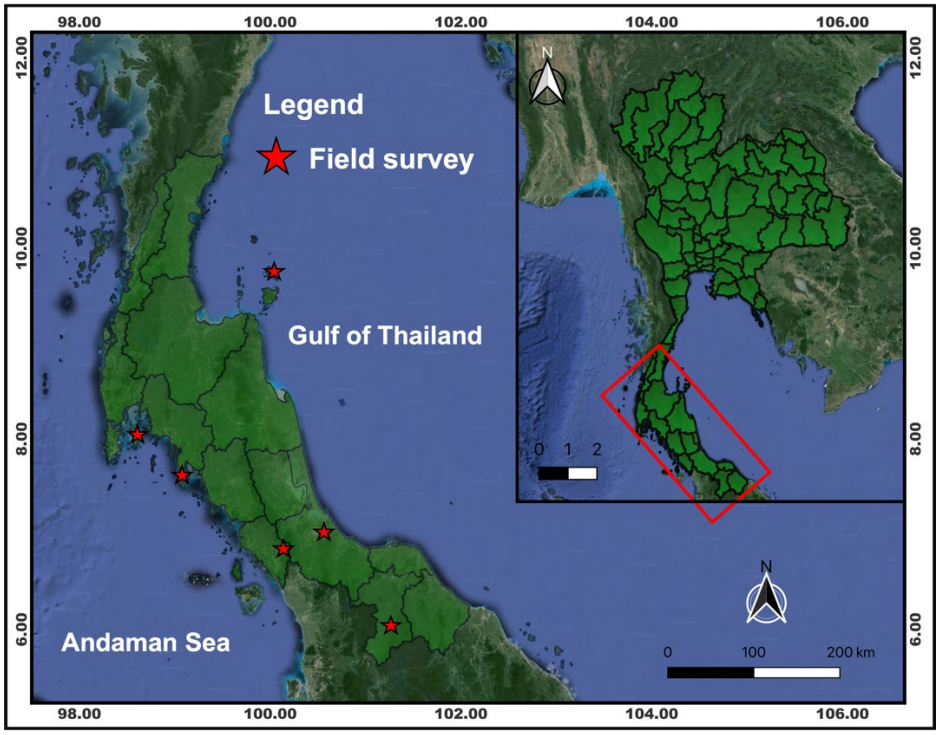
ภาคใต้ของประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 5 ถึง 12 องศาเหนือ และลองติจูดที่ 98 ถึง 103 องศาตะวันออก มีพื้นที่ทั้งหมด 70,715.187 ตารางกิโลเมตร (ทรัพยากรดิน ภาคใต้, 2567) ประกอบไปด้วย 14 จังหวัด มีลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นบริเวณคาบสมุทร มีลักษณะพื้นราบชายฝั่งทะเลขนาบทั้งสองฝั่งทะเลฝั่งอันดามันและทะเลอ่าวไทย มีแนวเทือกเขาทอดตัวเป็นแนวยาวเหนือ–ใต้ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุม 2 ทิศทางคือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้มีฝนตกชุกที่สุด (ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2566) ส่งผลให้บริเวณภาคใต้ร้อนชื้นตลอดทั้งปีจึงเป็นระบบนิเวศป่าดิบที่มีความอุดมสมบูรณ์มากที่สุด (นิกรณ์ สุวรรณการณ์, 2551; คันสรียา วังกุลางกูรและเสาวลักษณ์ พงษ์ไพจิตร, 2552) ปัจจุบันพื้นที่ป่าไม้ในภาคใต้มีทั้งหมด 11,232,880.27 ไร่ ของพื้นที่ภูมิภาค ซึ่งเพิ่มขึ้นมาจากปี 2565 เท่ากับ 8,395.32 ไร่ (มูลนิธิสืบนาคะเสถียร, 2566) แต่อย่างไรก็ตามต้องมีการเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่องของเจ้าหน้าหน่วยพื้นที่อนุรักษ์ (อุทยานแห่งชาติ) ซึ่งในภาคใต้มีพื้นที่อนุรักษ์ (อุทยานแห่งชาติ) ทั้งหมด 38 แห่ง (ศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมอุทยานแห่งชาติ จังหวัดสุราษฎร์ธานี, 2567) เพื่อการอนุรักษ์และคุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของประเทศ

ตารางที่ 1 พิกัดทางภูมิศาสตร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองการกระจาย

ลำดับพิกัดทางภูมิศาสตร์	Latitude	Longtitude	แหล่งที่มา
1.จังหวัดสุราษฎร์ธานี	9.743123041°	100.0605707°	พิพิธภัณฑ์
	9.743123041	100.0605707	พิพิธภัณฑ์
	8.959850665	98.5722	GBIF
2.จังหวัดพังงา	8.054110°	100.0605707°	พิพิธภัณฑ์
	8.695120407	100.0605707	GBIF
	8.99282788	98.5722	GBIF
	8.054110°	98.574408°	พิพิธภัณฑ์
3.จังหวัดกระบี่	7.537932°	99.070107	พิพิธภัณฑ์
	8.258001929	98.84130927	GBIF
	8.256285755	99.50850512	GBIF
4.จังหวัดสตูล	6.726629°	100.162881°	พิพิธภัณฑ์
	6.703268°	100.252425°	GBIF
	6.702771°	100.252144°	GBIF
5.จังหวัดสงขลา	7.135282°	100.606947°	สำรวจในภาคสนาม
	7.055683114°	100.4734577°	GBIF
	7.135282°	100.606947°	สำรวจในภาคสนาม
	7.135498°	100.607002°	สำรวจในภาคสนาม
	7.135833°	100.607139°	สำรวจในภาคสนาม
	7.13586°	100.607094°	สำรวจในภาคสนาม
	7.135914°	100.607148°	สำรวจในภาคสนาม
	7.13604°	100.607293°	สำรวจในภาคสนาม
	7.136067°	100.607275°	สำรวจในภาคสนาม
	7.137937°	100.607771°	สำรวจในภาคสนาม
	7.143374°	100.609718°	สำรวจในภาคสนาม
	7.051775446°	100.1106011°	GBIF
	6.834814487	100.2813864	GBIF
	6.820391116	100.2888789	GBIF
	6.76450844	100.3816172	GBIF
	7.080439606	100.3184942	GBIF
	6.530058399	100.569517	GBIF
	7.055683114	100.4734577	GBIF
	7.135282	100.606947	สำรวจในภาคสนาม
6.จังหวัดยะลา	5.78352°	101.16275°	พิพิธภัณฑ์
	5.780833°	101.163889°	พิพิธภัณฑ์

ลำดับพิกัดทางภูมิศาสตร์	Latitude	Longtitude	แหล่งที่มา
7.จังหวัดนครศรีธรรมราช	8.560706339°	99.70677453°	GBIF
	8.540772982°	99.69586758°	GBIF
	8.615737505°	99.63124415°	GBIF
	8.773147561	99.72477077	GBIF
	8.296822223	99.81273332	GBIF
8.จังหวัดภูเก็ต	7.945634003	98.37830122	GBIF
9.จังหวัดตรัง	7.67222	99.80255	GBIF

สำรวจกบภูเขาในพื้นที่ปกปักทรัพยากรของสวนสัตว์สงขลา โดยสำรวจเดือนละ 1 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ระยะเวลาสำรวจ 2 คืน เป็นเวลา 12 เดือน ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2567 – กุมภาพันธ์ 2568 เพื่อให้ครอบคลุมของทุกฤดูกาลในรอบปี โดยวิธีการสำรวจแบบ strip transect ร่วมกับการสำรวจแบบพบเห็นตัว (visual encounter survey) การสำรวจจะเดินตามแนวลำธารธรรมชาติในพื้นที่ปกปักทรัพยากรในพื้นที่สวนสัตว์สงขลา ความยาวของลำธาร 1.2 กิโลเมตร และแบ่งพื้นที่สำรวจเป็น 2 เส้นทาง แต่ละเส้นทางกำหนดระยะทาง 600 เมตร และกำหนดเขตสำรวจในระยะซ้ายขวา ด้านละ 5 เมตร จากแนวขอบลำธาร เดินสำรวจในเวลากลางคืนตั้งแต่เวลา 19.00 – 22.00 น. เมื่อพบกบภูเขาใช้สวิงหรือมือในการจับ แล้วบันทึกข้อมูลตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วยระบบ Global Positioning System (GPS) แต่อย่างไรก็ตามพิกัดทางภูมิศาสตร์ของกบภูเขาไม่ได้มีเพียงแค่ในพื้นที่ปกปักทรัพยากรของสวนสัตว์สงขลาเพียงอย่างเดียว ซึ่งยังมีข้อมูลที่เก็บไว้ก่อนหน้ามาร่วมทำการวิเคราะห์ด้วย (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แผนที่แสดงขอบเขตภาคใต้ของประเทศไทยและแสดงพื้นที่สำรวจภาคสนาม

การรวบรวมข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์และข้อมูลสภาพอากาศ

ข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์จากการสำรวจภาคสนามในแต่ละพื้นที่โดยการใช้เครื่องกำหนดพิกัดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (global positioning system, GPS) จะบันทึกเมื่อพบเห็นตัวเท่านั้น และข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ของตัวอย่างอ้างอิงใน พิพิธภัณฑสถานธรรมชาติวิทยาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และจากฐานข้อมูลของศูนย์ข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพระดับโลก (Global Biodiversity Information Facility; GBIF) (https://www.gbif.org/) มาร่วมในการวิเคราะห์เพื่อให้การสร้างแบบจำลองการกระจายที่มีความแม่นยำ และนำข้อมูลสภาพอากาศจากฐานข้อมูล WorldClim (https://www.worldclim.org/) มีทั้งหมด 19 ปัจจัย (Bioclimatic variable) และปัจจัยความสูงเหนือระดับน้ำทะเล ข้อมูลสภาพอากาศมีความละเอียด 30 อาร์ควินาที (Fick and Hijmans, 2017) (ตารางที่ 2) จากนั้นนำไฟล์รูปร่าง (Shapefile.shp) จาก map portal (https://www.mapportal.nu.ac.th/) แล้วนำ 19 ปัจจัย ทำการตัดลงบนไฟล์รูปร่างของพื้นศึกษา (พื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย) โดยข้อมูลปัจจัยชีวภูมิอากาศจะถูกสร้างอยู่ในรูปแบบ กริด (GRID) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (raster data) มีขนาดกริด เท่ากับ 1 ตารางกิโลเมตร × 1 ตารางกิโลเมตร ในโปรแกรม Quantum GIS (QGIS) version 3.34.8 (บุญยัง ศรีจันทร์และคณะ, 2566) จากนั้นนำ 19 ปัจจัย ไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ในโปรแกรม R เพื่อลดปัญหาเกิดความซ้ำซ้อนของข้อมูลที่เกิดจากข้อมูลมีสหสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรอิสระมากกว่า 2 ตัว (multicollinearity) เมื่อคำนวณแล้วจากนั้นทำการเลือกปัจจัยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์น้อยกว่า 0.90 ($r^2 < 0.90$) มาทำการศึกษาต่อไป (Jadin et al., 2021)

ตารางที่ 2 ข้อมูลปัจจัยสภาพภูมิอากาศจาก WorldClim

รหัสสภาพภูมิอากาศ	ปัจจัยสภาพภูมิอากาศ 19 ปัจจัย
BIO1	อุณหภูมิเฉลี่ย
BIO2	อุณหภูมิช่วงรายวันเฉลี่ย (ผลต่างรายเดือนเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด)
BIO3	อุณหภูมิคงที่ ((BIO2/BIO7) × 100)
BIO4	อุณหภูมิตามฤดูกาล (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน × 100)
BIO5	อุณหภูมิสูงสุดในเดือนที่อากาศอบอุ่นที่สุด
BIO6	อุณหภูมิต่ำสุดในเดือนที่หนาวที่สุด
BIO7	ช่วงอุณหภูมิรายปี (BIO5–BIO6)
BIO8	อุณหภูมิเฉลี่ยของไตรมาสที่มีฝนตกชุกที่สุด
BIO9	อุณหภูมิเฉลี่ยของไตรมาสที่แห้งแล้งที่สุด
BIO10	อุณหภูมิเฉลี่ยของไตรมาสที่ร้อนที่สุด
BIO11	อุณหภูมิเฉลี่ยของไตรมาสที่หนาวที่สุด
BIO12	ปริมาณน้ำฝนประจำปี
BIO13	ปริมาณน้ำฝนในเดือนที่ฝนตกชุกที่สุด
BIO14	ปริมาณน้ำฝนในเดือนที่แห้งแล้งที่สุด
BIO15	ปริมาณน้ำฝนตามฤดูกาล (สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลง)

รหัสสภาพภูมิอากาศ	ปัจจัยสภาพภูมิอากาศ 19 ปัจจัย
BIO16	ปริมาณน้ำฝนในไตรมาสที่มีฝนตกชุกที่สุด
BIO17	ปริมาณน้ำฝนในไตรมาสที่แห้งแล้งที่สุด
BIO18	ปริมาณน้ำฝนในไตรมาสที่ร้อนที่สุด
BIO19	ปริมาณน้ำฝนในไตรมาสที่หนาวที่สุด

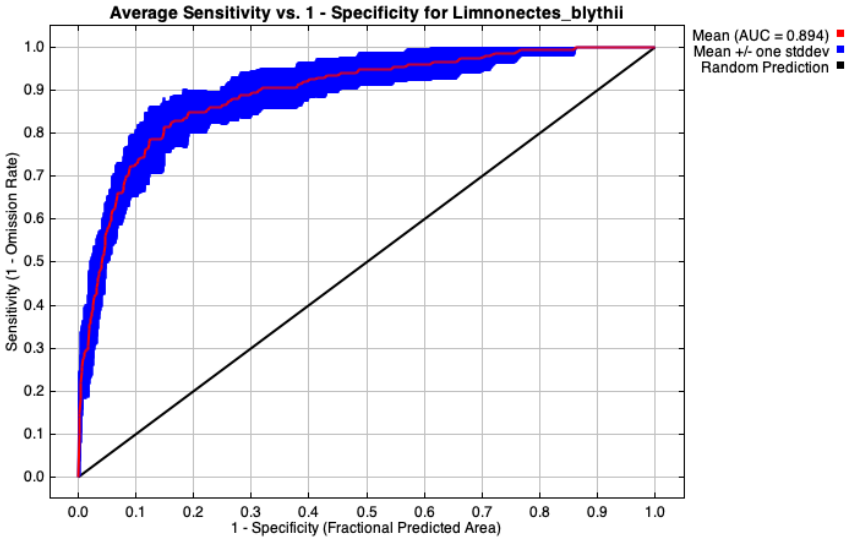
การสร้างแบบจำลองการกระจายของกบภูเขา

นำข้อมูลปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญต่อการปรากฏของกบภูเขามาสร้างแบบจำลองทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Maximum Entropy (MaxEnt) version 3.4.4 (Phillips et al., 2006) ดังนี้ เปลี่ยนแปลงข้อมูลปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้งหมดที่อยู่ในรูปของไฟล์นามสกุล Tiff แปลงเป็นไฟล์นามสกุล American Standard Code for Information Interchange (ASCII) ในโปรแกรม QGIS version 3.34.8 และข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ของกบภูเขาที่อยู่ในรูปไฟล์นามสกุล Excel ส่งออกข้อมูลเป็นไฟล์นามสกุล CSV จากนั้นนำข้อมูลสภาพอากาศและข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์มาสร้างข้อมูลร่วมกันในโปรแกรม MaxEnt กำหนดการแสดงผลในรูปแบบ logistic method และกำหนดตั้งค่าร้อยละที่ใช้ทดสอบโดยการสุ่ม (random test percentage) ที่ร้อยละ 20% และการกำหนดค่าอื่น ๆ กำหนดตามค่า Default ของโปรแกรม MaxEnt และจะใช้การวิเคราะห์ค่า Omission และ Commission rate เพื่อประเมินความแม่นยำและประสิทธิภาพของการสร้างแบบจำลองการการกระจายของโปรแกรม MaxEnt (บุญยัง ศรีจันทร์และคณะ, 2566) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวน 10 ซ้ำ (replication) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการสร้างแบบจำลอง (Wijayathilaka et al., 2018) ให้ได้ค่าความเหมาะสมของแหล่งที่อยู่ จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าที่ของ Omission และ Commission rate ถ้ามีค่าที่ต่ำ แสดงถึงความแม่นยำสูงของการสร้างแบบจำลองการกระจาย และวิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็นของการปรากฏ (probability of presence) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และพิจารณาได้จากสมการ Area Under Curve (AUC) ที่บ่งบอกความน่าเชื่อถือ ถ้าแบบจำลองมีค่า AUC เข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองนี้มีความน่าเชื่อถือมาก (Phillips and Dudík, 2008) จากนั้นนำไฟล์นามสกุล ASCII ที่ได้จากการวิเคราะห์ของโปรแกรม MaxEnt นำเข้าสู่โปรแกรม QGIS เพื่อปรับให้ตรงค่าขีดจำกัดในโปรแกรม QGIS และนำข้อมูลพื้นที่อนุรักษ์ (Protected area) (https://www.protectedplanet.net) (Wijayathilaka et al., 2018) มาร่วมกันวิเคราะห์แหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขา จากนั้นแสดงออกมาเป็นฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์และแผนที่ขอบเขตการกระจายของกบภูเขาในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย

ผลการศึกษา

ประสิทธิภาพแบบจำลองการกระจายของกบภูเขา (Species distribution modeling, SDM)

จากการศึกษาพบว่าแบบจำลองการกระจายของกบภูเขา *L. blythii* ในภาคใต้ของประเทศไทย โดยวิเคราะห์ได้จากกราฟ Receiver Operating Characteristic Curve (ROC) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ความแม่นยำของการสร้างแบบจำลองการกระจายผ่านค่า AUC (Area Under the Curve) พบว่ามีค่า AUC เท่ากับ 0.894 หรือ 89.4% ซึ่งมีค่า AUC เข้าใกล้ 1 มาก แสดงถึงความสามารถในการทำนายได้แม่นยำสูงมากหรือในระดับดีมาก โดยค่า Sensitivity มีค่าสูงเมื่อเทียบกับ 1 – Specificity ทำให้ผลของการสร้างแบบจำลองการกระจายที่ได้มีความเชื่อถือมาก และมีโอกาสที่จะเกิดการทำนายผิดพลาดน้อย (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 กราฟแสดงพื้นที่ใต้เส้นโค้งลักษณะการทำงานของตัวรับ (ROC – AUC) สำหรับแบบจำลอง MaxEnt ที่ใช้ในการกำหนดแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขาในภาคใต้ของประเทศไทย

ปัจจัยชีวภูมิอากาศที่สำคัญ

จากผลการศึกษาตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $r^2 < 0.90$ ถูกเลือกเป็นปัจจัยที่นำมาใช้ในการศึกษา จำนวน 11 ปัจจัย และเมื่อพิจารณาค่าร้อยละความสำคัญของปัจจัย (Percent contribution) ดังนี้ ได้แก่ อุณหภูมิตามฤดูกาล 10.6% (BIO4) อุณหภูมิเฉลี่ยของไตรมาสที่มีฝนตกชุกที่สุด 28.7% (BIO8) อุณหภูมิเฉลี่ยของไตรมาสที่แห้งแล้งที่สุด 2.9% (BIO9) ปริมาณน้ำฝนประจำปี 13.8% (BIO12) ปริมาณน้ำฝนในเดือนที่ฝนตกชุกที่สุด 6.4% (BIO13) ปริมาณน้ำฝนในเดือนที่แห้งแล้งที่สุด 16% (BIO14) ปริมาณน้ำฝนตามฤดูกาล 2.2% (BIO15) ปริมาณน้ำฝนในไตรมาสที่มีฝนตกชุกที่สุด 1.3% (BIO16) ปริมาณน้ำฝนในไตรมาสที่แห้งแล้งที่สุด 3% (BIO17) ปริมาณน้ำฝนในไตรมาสที่ร้อนที่สุด 4.4% (BIO18) และ ปริมาณน้ำฝนในไตรมาสที่หนาวที่สุด 10.5% (BIO19) (ตารางที่ 2) ซึ่งปัจจัยชีวภูมิอากาศทั้ง 11 ปัจจัย เป็นปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญในแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขา

แหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขาในภาคใต้ของประเทศไทย

การสร้างแบบจำลองการกระจาย (Species Distribution Modeling, SDM) เพื่อทำนายแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขา *L. blythii* ในบริเวณพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งใช้ข้อมูลทางพิกัดภูมิศาสตร์ที่รวบรวมจากภาคสนามตัวอย่างอ้างอิงในพิพิธภัณฑสถานธรรมชาติวิทยาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และจากฐานข้อมูลของศูนย์ข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพระดับโลก (Global Biodiversity Information Facility; GBIF) ในพื้นที่ดังกล่าว รวบรวมได้ทั้งหมด 41 จุด ในภาคใต้ (ตารางที่ 2) ซึ่งจุดพิกัดทางภูมิศาสตร์จะช่วยยืนยันความถูกต้องของการสร้างแบบจำลองในการทำนายแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสม โดยนำข้อมูลปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมมาวิเคราะห์ร่วมกัน

จากการสำรวจภาคสนามบริเวณที่พบมักจะอาศัยอยู่ในระบบนิเวศป่าดิบชื้น ตั้งแต่บริเวณหมู่เกาะ ป่าที่ราบต่ำตลอดจนบริเวณเทือกเขาที่มีลำธารน้ำไหล ตลิ่งของลำธารมักจะเป็นหินขนาบสลับซับซ้อน บริเวณพื้นของลำธารจะเป็นกรวดขนาดเล็ก–ใหญ่ มักจะกบภูเขาตัวเต็มวัยอาศัยอยู่บริเวณตลิ่งที่มีความลาดชันหรือมีลักษณะเป็นผาหิน และมักจะพบกบภูเขาวัยอ่อนบริเวณเศษซากใบไม้บริเวณลำธารที่มีน้ำตื้น ๆ เมื่อพบเห็นตัวจะกระโดดลงลำธารทันที สามารถพบได้ในระดับความสูงตั้งแต่ สูง 0 – 1,183 เหนือระดับน้ำทะเล หรือบริเวณที่ราบเชิงเขา ตลอดจนภูเขาสูง ๆ

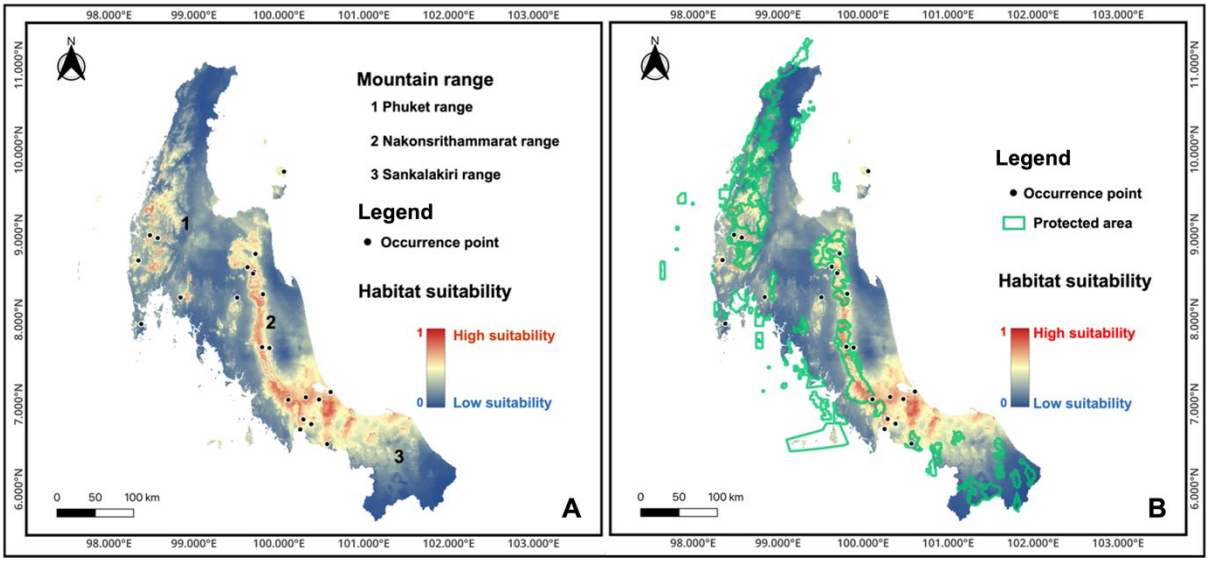
หรือบริเวณตามแนวเทือกเขา ซึ่งพื้นที่เหล่านี้จึงจัดเป็นแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขา เมื่อสร้างแบบจำลองการกระจายพบว่า กบมีแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมปานกลางถึงแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมมากที่สุด ตามแนวเทือกเขาภูเก็ต เทือเขานครศรีธรรมราช และเทือกเขาสันกาลาคีรี

เทือกเขาภูเก็ต (Phuket Range) ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือ (หมายเลข 1) ซึ่งมีแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมตั้งแต่ระดับปานกลางถึงแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมที่สุดของสำหรับกบภูเขา (ภาพที่ 4A) ซึ่งจากการทำนายขอบเขตการกระจายของกบภูเขาในบริเวณเทือกเขาภูเก็ต เทือกเขาภูเก็ตทอดยาวครอบคลุม ในจังหวัดภูเก็ต (จุดสูงสุดอยู่ที่เขานาคเกิด) จังหวัดชุมพร จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดระนอง และจังหวัดพังงา บริเวณฝั่งตะวันตก อย่างไรก็ตาม บริเวณพื้นที่ที่เป็นแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขาตามแนวเทือกเขาภูเก็ต ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่คุ้มครองหรือพื้นที่อนุรักษ์ (ภาพที่ 4B) ซึ่งบริเวณเทือกเขาภูเก็ตมีพื้นที่อุทยานและพื้นที่เขตรักษาหลายแห่ง ซึ่งนอกจากพื้นที่คุ้มครองหรือพื้นที่อนุรักษ์ที่เป็นแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขายังมีบริเวณนอกพื้นที่คุ้มครองหรือพื้นที่อนุรักษ์ เช่น น้ำตกโตนช่องฟ้า น้ำตกแสงทอง และน้ำตกสายรุ้ง ในจังหวัดพังงา และบริเวณแนวชายป่าของพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาพนมเบญจา ในจังหวัดกระบี่

เทือกเขานครศรีธรรมราช (Nakhonsrithammarat Range) บริเวณตอนกลาง (หมายเลข 2) พื้นที่เทือกเขานี้เป็นจุดเด่นของแหล่งที่อยู่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด จากการทำนายขอบเขตการกระจายของกบภูเขาในบริเวณเทือกเขานครศรีธรรมราช เทือกเขานครศรีธรรมราชทอดยาวครอบคลุมในจังหวัดนครศรีธรรมราชซึ่งเป็นจังหวัดหลักที่บริเวณเทือกเขานี้ครอบคลุมมากที่สุด และมีเขาหลวงนครศรีธรรมราชซึ่งเป็นยอดเขาที่สูงที่สุดในบริเวณเทือกเขานี้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี (เกาะสมุยและเกาะพงัน) จังหวัดพัทลุง จังหวัดตรัง จังหวัดกระบี่ จังหวัดสงขลา และจังหวัดสตูล ซึ่งแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขาในบริเวณเทือกเขานครศรีธรรมราช ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่คุ้มครองหรือพื้นที่อนุรักษ์ (ภาพที่ 4B) ซึ่งนอกพื้นที่คุ้มครองหรือพื้นที่อนุรักษ์ก็พบว่าเป็นแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขา เช่น บริเวณพื้นที่ป่าเขาแก้ว อำเภอลานสกา และอำเภอร่อนพิบูลย์ บริเวณพื้นที่ป่าเขาเบญจมาศ อำเภอช้างกลาง ในจังหวัดนครศรีธรรมราช

เทือกเขาสันกาลาคีรี (Sankalakhiri Range) ที่ทอดตัวตามแนวพรมแดนระหว่างไทยกับมาเลเซียทางใต้สุดของประเทศไทย (หมายเลข 3) (ภาพที่ 4A) โดยพื้นที่บริเวณเป็นที่อยู่เหมาะสมปานกลางถึงแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมที่สุด จากการทำนายขอบเขตการกระจายของกบภูเขาในบริเวณเทือกเขาสันกาลาคีรี เทือกเขาสันกาลาคีรีทอดยาวครอบคลุมในจังหวัดสตูล จังหวัดสงขลา จังหวัดยะลา และจังหวัดนราธิวาส ซึ่งแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขาในบริเวณเทือกเขาสันกาลาคีรี แหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขาส่วนใหญ่เป็นพื้นที่คุ้มครองหรือพื้นที่อนุรักษ์ (ภาพที่ 4B) ซึ่งยังพบว่าบริเวณที่ไม่ใช่พื้นที่คุ้มครองหรือพื้นที่อนุรักษ์ที่อยู่ในบริเวณเทือกเขาสันกาลาคีรี เช่น บริเวณเขาคอหงส์ เขารูปช้างบางส่วนที่ไม่ใช่เขตพื้นที่ของสวนสัตว์สงขลา เขาเทียมดา และบริเวณแนวป่าของบริเวณเขาน้ำค้าง ในจังหวัดสงขลา อีกทั้ง บริเวณป่าตามแนวชายแดนไทย–มาเลเซียในจังหวัดยะลา และ แนวป่าบริเวณเขาบูโด จังหวัดนราธิวาส

อย่างไรก็ตามจากการสร้างแบบจำลองการกระจายของกบภูเขาในภาคใต้ของประเทศไทย เพื่อประเมินแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมพบว่า ยังมีพื้นที่ป่าที่สำคัญในบริเวณเทือกเขาภูเก็ต นครศรีธรรมราช และสันกาลาคีรี ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าที่มีความเหมาะสมสำหรับการอยู่อาศัยของกบภูเขา แต่พื้นที่ดังกล่าวยังไม่ได้รับการเป็นพื้นที่อนุรักษ์อีกหลายแห่ง



ภาพที่ 4 A: แผนที่แหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขา B: แผนที่แหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขาในบริเวณพื้นที่คุ้มครองในภาคใต้

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาการสร้างแบบจำลองการกระจายของกบภูเขาในภาคใต้ของประเทศไทยเป็นตามสมมติฐานที่กล่าวไปข้างต้น **"**แหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมต้องเป็นบริเวณพื้นที่ป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากพื้นที่ป่าเป็นทรัพยากรที่สำคัญของกบภูเขาจะต้องประกอบไปด้วยปัจจัยทางกายภาพ ต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณน้ำฝน และปัจจัยทางชีวภาพ ได้แก่ ผู้ล่า และความหลากหลายของอาหารที่มีเพียงพอ ซึ่งปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพเหล่านี้เป็นบทบาทสำคัญในการกำหนดความจำเพาะของกบภูเขาในแหล่งที่อยู่อาศัยนั้น ๆ กำหนดขอบเขตการกระจาย อีกทั้งบริเวณพื้นที่นั้นจำเป็นต้องมีลำธารน้ำไหลที่เหมาะสมต่อการสร้างรังเพื่อสืบพันธุ์วางไข่เพื่อการดำรงชีวิตต่อไป**"**

จากการศึกษาการสร้างแบบจำลองการกระจาย ด้วยโปรแกรม Maximum Entropy (MaxEnt) ที่ใช้ในการทำนายแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขา *L. blythii* แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองการกระจายนี้มีประสิทธิภาพและความแม่นยำที่ดีมากในการทำนาย โดยมีค่า AUC สูงถึง 0.894 ซึ่งมีค่า AUC มากกว่า 0.70 และมีค่าเข้าใกล้ 1 มาก ทำให้เชื่อถือได้ว่าผลการสร้างแบบจำลองที่ได้สามารถนำไปใช้งานในเชิงอนุรักษ์และการจัดการพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Swets, 1988)

การสร้างแบบจำลองการกระจายของกบภูเขาในภาคใต้ของประเทศ ไทยโดยใช้ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานด้านชีวภูมิศาสตร์และการอนุรักษ์ (Elith & Leathwick, 2009) ผลการศึกษาพบว่าแหล่งที่อยู่ที่ที่มีความเหมาะสมมาก (Habitat suitability) สำหรับกบภูเขาอยู่ในบริเวณเทือกเขาตั้งแต่ความสูง 0–1,183 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ที่มีปัจจัยสภาพอากาศทั้งหมด 11 ปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิตามฤดูกาล อุณหภูมิเฉลี่ยของไตรมาสที่มีฝนตกชุกที่สุด อุณหภูมิเฉลี่ยของไตรมาสที่แห้งแล้งที่สุด ปริมาณน้ำฝนประจำปี ปริมาณน้ำฝนในเดือนที่ฝนตกชุกที่สุด ปริมาณน้ำฝนในเดือนที่แห้งแล้งที่สุด ปริมาณน้ำฝนตามฤดูกาล ปริมาณน้ำฝนในไตรมาสที่มีฝนตกชุกที่สุด ปริมาณน้ำฝนในไตรมาสที่แห้งแล้งที่สุด ปริมาณน้ำฝนในไตรมาสที่ร้อนที่สุด และปริมาณน้ำฝนในไตรมาสที่หนาว

ที่สุด (ตารางที่ 1) ซึ่งอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ที่เหมาะสมส่งผลต่อความชื้นที่เหมาะสมอีกด้วย เนื่องจากสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกใช้ผิวหนังในการแลกเปลี่ยนแก๊สจึงมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความชื้น การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิต ซึ่งปัจจัยทางกายภาพจึงสำคัญในแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขา (Walls et al., 2013) เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาก่อนหน้านี้ Wogan et al (2008) และ Inger et al (2017) พบว่ากบภูเขามักจะกระจายในบริเวณพื้นที่ที่มีความสูงและความชื้นสูง ในบริเวณภูเขาที่มีป่าดิบชื้น อย่างไรก็ตามความต้องการปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง เช่น อุณหภูมิและความชื้น รวมถึงแหล่งน้ำลำธารที่มีกรวด หิน และลำธารที่สะอาดไร้สารเคมีปนเปื้อนจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งเหมาะสมต่อการวางไข่และการพัฒนาของลูกอ๊อด (Sridhar and Bickford, 2015) การเปรียบเทียบกับการศึกษาก่อนหน้านี้มีความสอดคล้องกันของความสำคัญของปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการกระจายตัวของกบภูเขา พื้นที่ที่มีความเหมาะสม (Cao et al., 2016) เฉพาะในบริเวณ เทือกเขาภูเก็ต เทือกเขานครศรีธรรมราชและเทือกเขาสันกาลาคีรี ซึ่งเป็นบริเวณที่สภาพอากาศเย็นชื้น อุดมสมบูรณ์ ระบบนิเวศป่าดิบชื้นที่มีฝนตกตลอดทั้งปีและแหล่งต้นน้ำลำธารที่เหมาะสมต่อการสร้างรังเพื่อสืบพันธุ์วางไข่ของกบภูเขา และด้วยลักษณะรูปร่างที่ขนาดใหญ่มีผู้ล่าน้อย อีกทั้งกบภูเขาสามารถกินอาหารได้ทั่วไป ตั้งแต่จำพวกของแมลงตลอดจนสัตว์มีกระดูกสันหลังขนาดเล็ก ทำให้บริเวณดังกล่าวเป็นแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนประชากรได้

การศึกษาครั้งนี้พบว่ากบภูเขาพบมากในบริเวณเทือกเขาภูเก็ต เทือกเขานครศรีธรรมราชเทือก เขาสันกาลาคีรี ซึ่งบริเวณเทือกเขาดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เขตคุ้มครองหรือพื้นที่อนุรักษ์ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kurniati (2001) และ Kurniati (2005–2008) พบมากในอุทยานแห่งชาติ Kerinci Sebla (KSNP) พบที่ระดับความสูงระหว่าง 100–1,200 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และ ในอุทยานแห่งชาติ Bukit Tiga Puluh ที่ระดับความสูง 300 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล บนเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งพื้นที่อนุรักษ์ในเกาะสุมาตรากับพื้นที่อนุรักษ์ภาคใต้ของประเทศไทย ตั้งอยู่บริเวณเขตร้อนชื้น (Tropical zone) เหมือนกันซึ่งเป็นระบบนิเวศป่าดิบชื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก ส่งผลในพื้นที่อนุรักษ์ในภาคใต้ของประเทศไทยกับเกาะสุมาตรา (นิกรณ์ สุวรรณการณ์, 2551) จึงเป็นแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมสำหรับกบภูเขา

อย่างไรก็ตามแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขายังพบนอกเขตพื้นที่คุ้มครองหรือพื้นที่อนุรักษ์ ในบริเวณเทือกเขาภูเก็ต ได้แก่ น้ำตกโตนช่องฟ้า น้ำตกแสงทอง และน้ำตกสายรุ้ง ในจังหวัดพังงา และบริเวณแนวชายป่าของพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาพนมเบญจา บริเวณเทือกเขานครศรีธรรมราช ได้แก่ พื้นที่ป่าเขาแก้ว บริเวณพื้นที่ป่าเขาเบญจมาศ และบริเวณเทือกเขาสันกาลาคีรี ได้แก่ เขาคอหงส์ เขารูปช้างบางส่วนที่ไม่ใช่เขตพื้นที่ของสวนสัตว์สงขลาเขาเทียมดา บริเวณแนวป่าของบริเวณเขาน้ำค้าง บริเวณป่าตามแนวชายแดนไทย–มาเลเซียใน และแนวป่าบริเวณเขาบูโด ดังนั้นควรมีการวางแผนถึงการอนุรักษ์พื้นที่ดังกล่าวซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งของแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขาและรวมถึงแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่ยังคงความหลากหลายทางชีวภาพไว้ ควรที่จะขยายเขตพื้นที่คุ้มครองหรือพื้นที่อนุรักษ์ ในบริเวณที่มีความเหมาะสมสูงซึ่งยังไม่มีสถานการณ์คุ้มครอง ในบางส่วนของเทือกเขาภูเก็ต เทือกนครศรีธรรมราช และเทือกเขาสันกาลาคีรี เป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง และเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าที่หายากหลายชนิด การระบุพื้นที่เหล่านี้เป็นพื้นที่สำคัญ (key biodiversity areas) จากการศึกษาการสร้างแบบจำลองการกระจายของกบภูเขา สามารถช่วยสนับสนุนการวางแผนการอนุรักษ์ในระดับภูมิภาค และช่วยป้องกันความสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ ที่อาจเกิดขึ้นจากการตัดต้นไม้ทำลายป่า การใช้ประโยชน์จากที่ดิน การทำการเกษตร และการขยายตัวของสังคมเมือง (Sodhi et al., 2010) เพื่อลดความเสี่ยงในการสูญเสียแหล่งที่ที่เหมาะสมของกบภูเขาและสัตว์ป่าชนิดอื่น ๆ รวมถึงควรพิจารณาการประโยชน์ใช้จากที่ดินในพื้นที่ที่มี

ความเหมาะสมของความหลากหลายทางชีวภาพสูง ควรจำกัดการขยายตัวของชุมชนและการทำเกษตรกรรมในพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อการอนุรักษ์ (Myers et al., 2000) และการฟื้นฟูสภาพป่าในพื้นที่ที่เคยถูกทำลายให้กลับมาเป็นที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมสำหรับกบภูเขาและสัตว์ป่าอื่น ๆ อีกด้วย (Chazdon, 2008)

สรุปผล

การศึกษาการสร้างแบบจำลองการกระจายของกบภูเขา *L. blythii* ในภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งการสร้างแบบจำลองการกระจายของกบภูเขามีความน่าเชื่อมาก มีค่า AUC เท่ากับ 0.894 พบว่าปัจจัยที่สำคัญมีทั้งหมด 11 ปัจจัย ในบริเวณที่ที่เป็นแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสม คือ เทือกเขาภูเก็ต เทือกเขานครศรีธรรมราช และเทือกเขาสันกาลาคีรี พรมแดนระหว่างประเทศไทยกับประเทศมาเลเซียทางใต้สุดของประเทศ ซึ่งบริเวณนี้ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่คุ้มครองหรือพื้นที่อนุรักษ์ แต่อย่างไรก็ตามพื้นที่ที่อยู่นอกเขตคุ้มครองหรือพื้นที่อนุรักษ์ก็ยังเป็นแหล่งที่อยู่ที่เหมาะสมของกบภูเขา ซึ่งพื้นที่นอกเขตคุ้มครองหรือนอกพื้นที่อนุรักษ์ นี้ก็จัดเป็นพื้นที่สำคัญมีความอุดมสมบูรณ์ที่จะอนุรักษ์ไว้เพื่อความหลากหลายทางชีวภาพ ควรประเมินและพิจารณาให้เป็นพื้นที่คุ้มครองในอนาคต ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการสร้างแบบจำลองการกระจายสามารถนำไปประเมินแหล่งที่อยู่ที่อยู่ที่เหมาะสมของสิ่งมีชีวิตที่ต้องการศึกษาได้อย่างแม่นยำ

ดังนั้นในอนาคตโครงการเพาะขยายพันธุ์กบภูเขาของสวนสัตว์สงขลา เมื่อเพาะขยายพันธุ์ได้สำเร็จควรนำลูกกบภูเขาวัยอ่อนไปปล่อยที่บริเวณเขารูปช้างในพื้นที่สวนสัตว์สงขลาหรือเขารูปช้างนอกพื้นที่สวนสัตว์สงขลา และเขาเทียมดา ซึ่งบริเวณนี้เป็นพื้นที่ที่เหมาะสม และพื้นที่บางส่วนอยู่นอกเขตพื้นที่คุ้มครองหรือพื้นที่อนุรักษ์ ซึ่งกบภูเขาในบริเวณดังกล่าวเป็นชากรเดียวกัน เพื่อป้องกันการเกิดความเป็นพิษทางพันธุกรรม (Genetic pollution) ได้ หากมีการปล่อยควรที่ติดตามประชากรอย่างต่อเนื่องเพื่อป้องกันการถูกคุกคามต่าง ๆ

การศึกษานี้ศึกษาเพียงแค่พื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ในอนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของขอบเขตการกระจายของกบภูเขาทั่วเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพื่อให้ทราบถึงขอบเขตการกระจายของกบภูเขาของแต่ละประชากรในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ควบคู่กับการศึกษาทางพันธุกรรมเพื่อการอนุรักษ์กบภูเขาได้อย่างถูกต้อง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) สนองพระราชดำริโดย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนสนับสนุนสำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยาคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์สำหรับทำการศึกษา และขอขอบคุณสวนสัตว์สงขลา องค์การสวนสัตว์ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ศึกษา

เอกสารอ้างอิง

กัมพล อิศรางกูร ณ อยุธยา, นงเยาว์ จันทร์ผ่อง และ ธีรวรรณ นุตประพันธุ์. (2530). **การศึกษาทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาคของกบภูเขา (*Rana blythii* Boulenger).** การสัมมนาเรื่องสัตว์ป่าเมืองไทย, ครั้งที่ 8 ฉบับที่ 17, หน้า 1–10.

ชาญศักดิ์ ชาญรัมย์. (2566). **ความหลากหลายทางพันธุกรรมและการแปรผันทางสัณฐานของกบภูเขา *Limnonectes blythii* (Boulenger, 1920).** (โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิกรณ์ สุวรรณการณ์. (2551). **ความหลากหลายชนิดพันธุ์นกในป่าโต๊ะเทพและควนหินลับ อำเภอสะบ้าย้อย จังหวัดสงขลา.** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญยัง ศรีจันทร์, ปิยะพิศ ขอนแก่น, มณฑล นอแสงศรี และ ต่อลาภ คำโย. (2566). **การประเมินถิ่นที่อาศัยที่เหมาะสมของกวางผา (*Naemorhedus griseus*) ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ด้วยแบบจำลองแมกซ์เซน.** วารสารวนศาสตร์ไทย, ปีที่ 42 ฉบับที่ 1, หน้า 94–107.

ปิยวรรณ นิยมวัน, ไพรวัลย์ ศรีสม และ ปริญญา ภวังค์คะนันทน์. (2562). **สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกของประเทศไทย.** (พิมพ์ครั้งที่ 1 หน้า 250–251). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ภาพพิมพ์.

ผุสตี ปริยานนท์, กัมพล อิศรางกูร ณ อยุธยา, นงเยาว์ จันทร์ผ่อง, ธีรวรรณ นุตประพันธุ์, อารมณ์ รัศมิทัต, กิ่งแก้ว วัฒนเสริมกิจ, วีณา เมฆวิชัย และ วิโรจน์ ดาวฤกษ์. (2529). **รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาชีววิทยากบภูเขา (เขียดแลว) เพื่อเป็นแนวทางการอนุรักษ์พันธุ์.** รายงานผลการวิจัยเงินทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทรัพยากรดิน ภาคใต้. (2567). **ส่วนมาตรฐานการสำรวจจำแนกดินและที่ดินสำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.** สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กันยายน 2567, จาก ttp://osl101.ldd.go.th/soilgr_man/south/gen_south.htm#general

มูลนิธิสืบนาคะเสถียร. (2566). **สถานการณ์ป่าไม้ไทยและสิ่งแวดล้อมไทย.** สืบค้นเมื่อวันที่ 8 กันยายน 2567, จาก https://www.seub.or.th/bloging/work/2014–113/

ศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมอุทยานแห่งชาติ จังหวัดสุราษฎร์ธานี. (2567). **อุทยานแห่งชาติแห่งชาติในภาคใต้.** สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กันยายน 2567, จาก http://www.npic–surat.com/web/index.php

ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. (2566). **ลมมรสุม.** สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กันยายน 2567, จาก https://tmd.go.th/info/subpage–info

ศันสรียา วังกุลางกูร และ เสาวลักษณ์ พงษ์ไพจิตร. (2552). **รายงานการวิจัยโครงการสำรวจความหลากหลายของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลาน บนหมู่เกาะตะรุเตา จังหวัดสตูล.** มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Beck, J., Ballesteros–Mejia, L., Nagel, P., & Kitching, I. J. (2013). **Online solutions and the "Wallacean shortfall": what does GBIF contribute.?** Diversity and Distributions, 19(8), 1043–1050.

Cao, L., Meng, X., Deng, W., & Yao, Y. (2016). **Key biodiversity areas in China: state of the nation.** PLoS One, 11(12), e0167012.

Chazdon, R. L. (2008). **Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands.** Science, 320(5882), 1458–1460.

Elith, J., & Leathwick, J. R. (2009). **Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time.** Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 40, 677–697.

Emerson, S. B., & Inger, R. F. (1992). **The comparative ecology of voiced and voiceless Bornean frogs.** Journal of Herpetology, 482–490.

Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). **WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas.** International Journal of Climatology, 37(12), 4302–4315.

Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). **Predictive habitat distribution models in ecology.** Ecological Modelling, 135(2–3), 147–186.

Inger, R. F., Voris, H. K., & Karns, D. R. (2017). **Ecological structure of a herpetological assemblage in Bornean tropical forest.** Biotropica, 19(3), 229–243.

IUCN SSC Amphibian Specialist Group. (2022). ***Limnonectes blythii* : The IUCN Red List of Threatened Species 2022.** Available from: https://www.iucnredlist.org/species/222337463/114716689 [2024, September 12]

Jadin, R. C., Orlofske, S. A., Jezkova, T., & Blair, C. (2021). **Single–locus species delimitation and ecological niche modelling provide insights into the evolution, historical distribution and taxonomy of the Pacific chorus frogs.** Biological Journal of the Linnean Society, 132(3), 612–633.

Kurniati, H. (2001). **Keanekaragaman dan kelimpahan jenis herpetofauna Taman Nasional Bukit Tiga Puluh, Riau, Sumatra: Daerah Camp Granit, Desa Siambul dan Desa Rantau Langsat.** Laporan teknik. Proyek Inventarisasi dan Karakterisasi Sumberdaya Hayati. Pusat Penelitian Biologi–LIPI.

Kurniati, H. (2005–2008). **Biodiversity and natural history of amphibians and reptiles in Kerinci Seblat National Park, Sumatra, Indonesia.** Research Center for Biology–LIPI.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). **Biodiversity hotspots for conservation priorities.** Nature, 403(6772), 853–858.

Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez–Meyer, E., Nakamura, M., & Araújo, M. B. (2011). **Ecological niches and geographic distributions. Princeton University Press.**

Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). **Maximum entropy modeling of species geographic distributions.** Ecological Modelling, 190(3–4), 231–259.

Phillips, S. J., & Dudik, M. (2008). **Modeling of species distributions with MaxEnt: New extensions and a comprehensive evaluation.** Ecography, 31(2), 161–175.

Phimphan, S., Aiumsumang, S., Tanomtong, A., & Jantarat, S. (2021). **Karyomorphological delineation and linear differentiation of microsatellite patterns, and meiosis in giant Asian river frog (*Limnonectes blyhii*) from Thailand.** The Nucleus, 64, 249–254.

Sodhi, N. S., Posa, M. R., Lee, T. M., Bickford, D., Koh, L. P., & Brook, B. W. (2010). **The state and conservation of Southeast Asian biodiversity.** Biodiversity and Conservation, 19(2), 317–328.

Sridhar, V. V., & Bickford, D. (2015). **Oviposition site selection in the Malayan Giant Frog (*Limnonectes blythii*) in Singapore: conservation implications.** Asian Herpetological Research, 6, 184–188.

Suwannapoom, C., Wongkham, W., Sitasuwan, N., Phalaraksh, C., Kunpradid, T., Osathanunkul, M., & Chomdej, S. (2012). **Genetic structure and diversity of the Giant Frog (*Limnonectes blythii*) in northern Thailand.** Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 4(19), 2564–2568.

Suwannapoom, C., Wongkham, W., Sitasuwan, N., Osathanunkul, M., & Chomdej, S. (2012). **Evaluation of Hatchery Stock of Giant Frog (*Limnonectes blythii*) in Thailand.** International Journal of Animal and Veterinary Advances, 4(2), 147–150.

Swets, J. A. (1988). **Measuring the accuracy of diagnostic systems.** Science, 240(4857), 1285–1293.

Taylor, E. H. (1962). **The amphibian fauna of Thailand.** University of Kansas Scientific Bulletin, 43, 265–599.

Walls, S. C., Barichivich, W. J., & Brown, M. E. (2013). **Drought, deluge and declines: The impact of precipitation extremes on amphibians in a changing climate.** Biology, 2(1), 399–418.

Wijayathilaka, N., Senevirathne, G., Bandara, C., Rajapakse, S., Pethiyagoda, R., & Meegaskumbura, M. (2018). **Integrating bioacoustics, DNA barcoding and niche modeling for frog conservation–The threatened balloon frogs of Sri Lanka.** Global Ecology and Conservation, 16, e00496.

Wogan, G. O., Meik, J. M., Nyári, Á. S., Furey, N. M., & Mulcahy, D. G. (2008). **Deep history of population structure in Southeast Asian forest frogs: Vicariance and lineage loss during Pleistocene climate change.** Molecular Ecology, 17(3), 625–638.

Yesson, C., Brewer, P. W., Sutton, T., Caithness, N., Pahwa, J. S., Burgess, M., Gray, W. A., White, R. J., Jones, A. C., Bisby, F. A., & Culham, A. (2007). **How global is the global biodiversity information facility?.** PLoS One, 2(11), e1124.

เซลล์พันธุศาสตร์ระดับโมเลกุลของกบนา (*Hoplobatrachus rugulosus*) และกบหนอง (*Fejervaya limnocharis*)

Molecular cytogenetic of rugosed frog (*Hoplobatrachus rugulosus*) and rice frog (*Fejervaya limnocharis*)

นัฐนภา บุกิ่ง[1], อินทิรา คำพันธ์[1], สุรเชษฐ เอี่ยมสำอาง[2], กาญจน์ คุ้มทรัพย์[3] และ สุมาลี พิมพันธุ์[2*]

Natnapha Buking[1], Intira Komphan[1], Surachest Aiumsumang[2], Kan Khoomsab[3] and Sumalee Phimpan[2*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นรายงานการศึกษาเซลล์พันธุศาสตร์ระดับโมเลกุลของกบนา (*Hoplobatrachus rugulosus*) และกบหนอง (*Fejervaya limnocharis*) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเครื่องหมายโครโมโซม เก็บตัวอย่างภายใน จังหวัดเพชรบูรณ์ เตรียมโครโมโซมจากไขกระดูก โดยใช้เทคนิคย้อมสีจิมซ่า เทคนิคย้อม NOR และย้อมสารเรืองแสง ผลการศึกษาพบว่า กบนา มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ เท่ากับ 26 แท่ง และโครโมโซมพื้นฐาน เท่ากับ 52 มีสูตรแคริโอไทป์ดังนี้ $= L^{m}_{4} + L^{sm}_{6} + S^{m}_{6} + S^{sm}_{10}$ พบการติดตำแหน่ง NOR อยู่บนโครโมโซมที่ 9, กบหนอง มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ เท่ากับ 26 แท่ง และโครโมโซมพื้นฐาน เท่ากับ 52 มีสูตรแคริโอไทป์ดังนี้ $= L^{m}_{2} + L^{sm}_{8} + M^{sm}_{14} + S^{sm}_{2}$ พบการติดตำแหน่ง NOR อยู่บนโครโมโซมที่ 8 และการศึกษาเซลล์พันธุศาสตร์ระดับโมเลกุล พบว่าในโพรบ $(GC)_{15}$ ของกับนามีการแสดงสัญญาณปรากฏทั่วจีโนม ส่วนกบหนองมีการแสดงสัญญาณปรากฏบนโครโมโซมคู่ที่ 4 และโพรบ $(CGG)_{10}$ ของกบนาไม่มีการแสดงสัญญาณปรากฏ ส่วนกบหนองมีการแสดงสัญญาณปรากฏบนโครโมโซมคู่ที่ 7

คำสำคัญ: กบนา, กบหนอง, แคริโอไทป์, เครื่องหมายโครโมโซม, รูปแบบไมโครเซทเทลไลท์

[1] นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

[2] สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

[3] สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

[1] Bachelor degree, Biology program, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, 67000

[2] Biology program, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, 67000

[3] Education Science Program, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, 6700

*Corresponding author: natnapa561326@gmail.com, sumalee.phi@pcru.ac.th

Abstract

This research presents a molecular cytogenetic study of the Rugosed frog (*Hoplobatrachus rugulosus*) and the Rice frog (*Fejervarya limnocharis*). Samples were collected in Phetchabun Province. Chromosomes were prepared from bone marrow using Giemsa staining, NOR staining, and fluorescence staining techniques. The result of this study in the Rugosed Frog has a diploid chromosome number of 26 and a fundamental number of 52, with the following karyotype formula: $L^{m}_{4} + L^{sm}_{6} + S^{m}_{6} + S^{sm}_{10}$ The NOR location was identified on chromosome 9. For the Rice frog, the diploid chromosome number is 26, with a fundamental chromosome number of 52, and the karyotype formula is $L^{m}_{2} + L^{sm}_{8} + M^{sm}_{14} + S^{sm}_{2}$ The NOR location was found on chromosome 8. The molecular cytogenetic analysis revealed that the probe $(GC)_{15}$ in the Rugosed Frog frog showed signals throughout the genome, whereas in the Rice frog, signals were detected on chromosome pair 4. The probe $(CGG)_{10}$ showed no signals in the Rugosed Frog, but detected on chromosome pair 7 in the Rice frog.

Keyword: *Hoplobatrachus rugulosus*, *Fejervaya limnocharis*, karyotype, chromosome markers, Chromosomal microsatellite pattern

บทนำ

กบนา (*Hoplobatrachus rugulosus*) และกบหนอง (*Fejervaya limnocharis*) ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้เป็นสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกจัดอยู่ใน Class Amphibia (8,838 ชนิด), Order Anura (7,783 ชนิด), Family Dicroglossidae (232 ชนิด), Subfamily Dicroglossinae (212 ชนิด)ซึ่งกบนาและกบหนองจัดอยู่ในวงศ์ Dicroglossidae วงศ์ย่อย Dicroglossinae (Amphibian species of the world, 2025)

กบนา (*H. rugulosus*) มีขนาดตัวใหญ่ ผิวหนังลำตัวด้านหลังมีตุ่ม ด้านหลังมีสีน้ำตาลอมเขียวหรือสีน้ำตาลเหลือง สีที่ด้านข้างลำตัวจางกว่าด้านหลัง มีจุดสีเข้มกระจายอยู่บนหลัง ด้านท้องมีสีขาว ใต้คางเป็นสีเทามีจุดหรือขีดสีดำกระจาย ขาหน้าและขาหลังค่อนข้างสั้น นิ้วเท้าหน้าไม่มีพังผืดระหว่างนิ้ว นิ้วเท้าหลังมีพังผืด (ธัญญา จั่นอาจ, 2546) พื้นที่อาศัยสามารถพบได้ในฤดูฝนจะอาศัยตามแหล่งน้ำขัง เช่น ทุ่งนา บ่อเก็บน้ำ โดยกลางวันจะหลบอาศัยอยู่ใต้น้ำหรือใต้กอหญ้า ส่วนเวลากลางคืนจะออกหากิน

กบหนอง (*F. limnocharis*) มีขนาดตัวเล็กถึงปานกลาง ลำตัวและส่วนปลายของหัวเรียว ผิวหนังลำตัวมีตุ่มเรียงตัวเป็นแถวตามความยาวลำตัว มีรอยพับของผิวหนังเหนือแผ่นเยื่อแก้วหู เส้นบนหลังในแนวกลางตัวจากปลายปากถึงรูก้นมีความแปรผัน บางตัวเป็นเส้นเล็กสีครีม บางตัวเป็นแถบกว้างสีครีม (ธัญญา จั่นอาจ, 2546) อาศัยตามพื้นที่ใกล้แหล่งน้ำ และปรับตัวอาศัยอยู่ได้ดีในพื้นที่มีลักษณะหลากหลายที่มีความชุ่มชื้น เช่น ใต้ขอนไม้ ในโพรงไม้ ใต้ก้อนหิน ในซอกหิน ใต้กองใบไม้ที่กองทับถมอยู่บนพื้นล่างของป่า สำหรับกบนาและกบหนองจัดอยู่ในวงศ์ (Dicroglossidae) มีประโยชน์ต่อมนุษย์ทางตรงและทางอ้อม นอกจากนั้นยังช่วยในการกำจัดแมลง ทำให้เกิดสมดุลตามธรรมชาติในระบบนิเวศ การศึกษาสัตว์เหล่านี้ในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นการศึกษารวบรวมเพื่อจัดจำแนกโดยใช้ลักษณะลวดลาย สีสัน และลักษณะทางสัณฐานวิทยาเป็นหลักปัจจุบันได้มีการนำเอาความรู้ด้านพันธุศาสตร์ของเซลล์ (cytogenetics) โดยเฉพาะเกี่ยวกับโครโมโซมและแคริโอไทป์ด้านชีวเคมี วิทยาภูมิคุ้มกัน ตลอดจนชีววิทยาระดับโมเลกุลเข้ามาช่วยใน

การจัดจำแนก ทำให้ข้อผิดพลาดด้านอนุกรมวิธานลดน้อยลง โดยเฉพาะสัตว์ที่มีรูปร่างลักษณะ ลวดลาย สีสันภายนอกคล้ายคลึงกัน ซึ่งแคริโอไทป์จะช่วยบ่งบอกถึงความแตกต่างของสัตว์แต่ละชนิดได้ การศึกษาด้านพันธุศาสตร์ของเซลล์ ในสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในประเทศไทยยังมีค่อนข้างน้อย เนื่องจากในประเทศไทยมีความหลากหลายของกบ เขียด อึ่งอ่าง และคางคกเป็นจำนวนมาก แต่มีการศึกษาค่อนข้างน้อย ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาแคริโอไทป์ของกบนาและกบหนอง ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านเซลล์อนุกรมวิธาน (cytotaxonomy) และศึกษาความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของกบ เขียด อึ่งอ่าง และคางคกต่อไปได้

อย่างไรก็ตามข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ Donsakul, 2009 รายงานว่า กบนามีโครโมโซม 2n เท่ากับ 26 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 52 Patawang, 2012 มีการรายงานว่ากบหนองมีโครโมโซม 2n เท่ากับ 26 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 52 พบเครื่องหมายโครโมโซมปรากฏอยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 6 และมีระบบโครโมโซมเพศเป็น XY แต่ยังไม่มีการรายงานการใช้เทคนิค Fluorescence in situ Hybridization ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการวิเคราะห์แคริโอไทป์ เครื่องหมายโครโมโซม เพื่อทราบจำนวนรูปแบบของโครโมโซม ลักษณะแคริโอไทป์ และแผนที่โครโมโซมของไมโครแซทเทลไลท์ ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำมาประกอบการศึกษาด้านความสัมพันธ์ของกบในวงศ์ Dicroglossidaae และเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปใช้ประโยชน์ด้านเซลล์อนุกรมวิธาน (cytotaxonomy) และยังเป็นประโยชน์ในการศึกษาโครโมโซมของกบในประเทศไทยต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. ศึกษาโครงสร้างโครโมโซมของกบนา (*H. rugulosus*) และกบหนอง (*F. limnocharis*) โดยใช้เทคนิคการย้อมสีจิมซ่า (Giema's staining)
2. ศึกษาเครื่องหมายโครโมโซม โดยใช้เทคนิคการย้อมซิลเวอร์ไนเตรต (Ag–NOR banding technique) และเทคนิคการย้อมสารเรืองแสง (Fluorescence in situ Hybridization)
3. ศึกษาเปรียบเทียบจำนวน การจัดแคริโอไทป์ (Karyotype) และอิดิโอแกรม (Idiogram)

กรอบแนวคิด

1. การศึกษารูปร่าง ลักษณะ จำนวน ของโครโมโซมกบนา (*H. rugulosus*) และกบหนอง (*F. limnocharis*)
2. การเตรียมโครโมโซมโดยใช้ส่วนไขกระดูกของกบนา (*H. rugulosus*) และกบหนอง (*F. limnocharis*)
3. การย้อมสีโครโมโซมด้วยเทคนิคการย้อมสีจิมซ่า (Giema's staining), การย้อมซิลเวอร์ไนเตรต (Ag–NOR banding technique) และการย้อมสารเรืองแสง (Fluorescence in situ Hybridization)
4. การจัดแคริโอไทป์ (Karyotype) และอิดิโอแกรม (Idiogram)

สมมุติฐาน

สามารถทราบจำนวน รูปร่างโครโมโซม และรูปแบบของไมโครแซทเทลไลท์ที่นำมาศึกษา เพื่อนำมาจัดแคริโอไทป์ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลประกอบการจัดจำแนกและวิวัฒนาการด้านโครโมโซมของสัตว์กลุ่มนี้ได้

วิธีการศึกษา

1. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างกบนาและกบหนองบริเวณภายในจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ตัวอย่างกบนา 5 ตัว และกบหนอง 5 ตัว

2. การเตรียมโครโมโซม

เตรียมโครโมโซมโดยตรง โดยใช้ส่วนไขกระดูกของตัวอย่าง (เลขที่คำขอใบอนุญาตการใช้สัตว์ทดลอง U1-04498-2559) ดัดแปลงจาก พรวดี และอิสสระ, 2562 ดังนี้ ฉีดโคลซิซินความเข้มข้น 0.1% ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัวอย่าง 100 กรัม ทิ้งไว้เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างมาผ่าแล้วเลาะเอาส่วนเฉพาะไขกระดูกของขาหลังทั้งสองข้าง แล้วนำไปสับให้ละเอียดในสารละลายโพแทสเซียมคลอไลด์ (KCl) 0.075 โมลาร์ ดูดเอาเฉพาะส่วนใสย้ายลงในหลอดปั่นเหวี่ยง (Centrifuge tebe) จากนั้นเติม KCl ให้ได้ปริมาตร 7 มิลลิลิตร บ่ม ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลาแล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 2,500 รอบ/นาที เป็นเวลา 6 นาที ดูดเอาเฉพาะส่วนใสข้างบนทิ้ง (Supernatant) จากนั้นค่อยๆเติมน้ำยาตรึงเซลล์ (Canoy' Fixative) ให้ได้ปริมาตร 7 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 2,500 รอบ/นาที เป็นเวลา 6 นาที ดูดเอาเฉพาะส่วนใสข้างบนทิ้ง (Supernatant) (ทำซ้ำ 3 รอบ) จากนั้นค่อยๆ เติมน้ำยาตรึงเซลล์ (Canoy' Fixative) ให้ได้ปริมาตร 7 มิลลิลิตร แล้วนำไปเก็บรักษาเซลล์ในตู้อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

3. การเตรียมสไลด์โครโมโซม

โดยนำสไลด์มาเช็ดให้สะอาดด้วยน้ำยาตรึงเซลล์ แล้วนำหลอดตะกอนเซลล์มาปั่นเหวี่ยง เพื่อให้เซลล์ตกตะกอน จากนั้นดูดเอาเฉพาะส่วนใสข้างบนทิ้ง หยดน้ำยาตรึงเซลล์ 1-2 หยด ตามด้วยตะกอนเซลล์ 1-2 หยด ทำทั้งหมด 20 สไลด์ และนำแผ่นสไลด์ที่หยดแล้ววางบน hot plate เพื่อให้เซลล์ยึดติดกับสไลด์ แล้วผึ่งลมให้สไลด์แห้ง ดัดแปลงจาก พิทักษ์, 2561

4. การย้อมสีโครโมโซม

การย้อมสีจิมซ่า (Giema's staining) ย้อมสีโครโมโซมด้วยสีจิมซ่าความเข้มข้น 20% เป็นเวลา 15 นาที โดยนำไปล้างออกด้วยน้ำสะอาด จากนั้นทิ้งไว้ให้แห้งในอากาศ แล้วนำไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (พรวดี และอิสสระ, 2562) การย้อมซิลเวอร์ไนเตรต (Ag-NOR banding technique) หยดเจลาติน 2% ลงบนสไลด์ 1 หยด ตามด้วยซิลเวอร์ไนเตรต 50% 2 หยด จากนั้นปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ บ่มที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส (Howell et al. 1980) การย้อมสารเรืองแสง (Fluorescene in situ Hybridization (FISH)) โดยไมโครเซทเทลไลท์ที่ใช้ ได้แก่ $(GC)_{15}$ และ $(CGG)_{10}$ โดยทำตามวิธีการของ Kubat et al, 2008, Supiwong et al, 2014 โดยไมโครเซทเทลไลท์เหล่านี้ได้รับการติดฉลากโดยตรงด้วย Cy_3 ที่ปลาย 5' ดัดแปลงจาก Sigma (St. Louis, MO, USA)

5. วิเคราะห์แคริโอไทป์

หาค่าเฉลี่ย ความยาวแขนข้างสั้นของโครโมโซม (Ls) แขนข้างยาว (Ll) ความยาวรวมของโครโมโซม (LT) ความยาวสัมพัทธ์ (RL) ดัชนีตำแหน่งเซนโทรเมียร์ (CI) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) จากนั้นนำไปจัดแคริโอไทป์และอิดิโอแกรม โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Levan et al, 1964 โดยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CS6 และ Microsoft word โดยเลือกเซลล์ในระยะเมทาเฟสที่มีการกระจายดีไม่ซับซ้อนทับกัน และนับจำนวนโครโมโซมได้ครบเท่ากับจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ถ่ายภาพเซลล์ที่เลือกไว้โดยใช้เลนส์วัตถุกำลังขยาย 100 เท่า ใช้รูปถ่ายที่ได้ในการจับคู่โครโมโซมคู่เหมือน (homologous chromosome) จากนั้นวัดค่าความยาวของแขนโครโมโซมข้างยาวและค่าความยาวของแขนโครโมโซมข้างสั้น นำค่าที่ได้มาคำนวณหาความยาวของโครโมโซมแต่ละแท่ง โดยคำนวณจากค่า Relative length (RL)

ค่า Relative length (RL) = $\frac{\text{ความยาวของโครโมโซมแต่ละแท่ง } (LT)}{\text{ความยาวทั้งหมดของโครโมโซมทุกแท่ง } (\sum LT)}$

การใช้ค่า RL นี้สามารถช่วยในการจับคู่โครโมโซมได้แน่นอนกว่าการใช้ค่าความยาวของโครโมโซม เพราะค่า RL ของโครโมโซมแต่ละแท่งจะคงที่ในทุก ๆ เซลล์

ชนิดของโครโมโซมคำนวณจากค่า Centromeric index (CI) โดยวิเคราะห์ดังนี้ ค่าระหว่าง 0.500–0.599 จัดเป็นชนิดเมทาเซนทริก 0.600–0.699 จัดเป็นชนิดซับเมทาเซนทริก 0.700–0.899 จัดเป็นชนิดอะโครเซนทริก 0.900–1.000 จัดเป็นชนิดเทโลเซนทริก โดยดัดแปลงจากวิธีของ อลงกลด และคณะ, 2562

ค่า Centromeric index (CI) = $\frac{\text{ความยาวของแขนโครโมโซมข้างยาว } (LI)}{\text{ความยาวของโครโมโซมแต่ละแท่ง } (LT)}$

ผลการศึกษา

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่ากบนา มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ (2n) เท่ากับ 26 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน(NF) เท่ากับ 52 แคริโอไทป์ประกอบด้วย โครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 6 แท่ง เมทาเซนทริกขนาดเล็ก 6 แท่ง และซับเมทาเซนทริกขนาดเล็ก 10 แท่ง สูตรแคริโอไทป์ = L^{m}_{4} + L^{sm}_{6} + S^{m}_{6} + S^{sm}_{10} ส่วนกบหนองมีจำนวนโครโมโซมดพลอยด์ (2n) เท่ากับ 26 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 52 แคริโอไทป์ประกอบด้วย โครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 2 แท่ง ซับเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ 8 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดกลาง 14 แท่ง และซับเมทาเซนทริดขนาดเล็ก 2 แท่ง สูตรแคริโอไทป์ = L^{m}_{2} + L^{sm}_{8} + M^{sm}_{14} + S^{sm}_{2} และอิดิโอแกรมมาตรฐาน

ตารางที่ 1 Karyomorphological details of the *H.rugulosus* 2n = 26

Chro.pairs	Ls (μm)	Ll (μm)	LT (μm)	CI±SD	RL±SD	Chro. size	Chro. type
1	1.990	2.476	4.466	0.554±0.015	0.140±0.182	L	Metacentric
2	1.448	2.345	3.793	0.618±0.003	0.119±0.011	L	Submetacentric
3	1.292	2.137	3.428	0. 623±0. 005	0.108±0.009	L	Submetacentric
4	1.259	1.965	3.224	0.609±0.001	0.101±0.007	L	Submetacentric
5	1.183	1.762	2.945	0.5980.002	0. 093±0. 005	L	Metacentric
6	0.777	1.348	2.125	0. 634±0. 008	0.067±0.003	S	Submetacentric
7	0.739	1.190	1.930	0.617±0.003	0.061±0.005	S	Submetacentric
8	0.718	1.092	1.811	0.603±0.001	0.057±0.006	S	Submetacentric
9*	0.652	1.134	1.786	0. 635±0. 008	0. 056±0. 006	S	Submetacentric

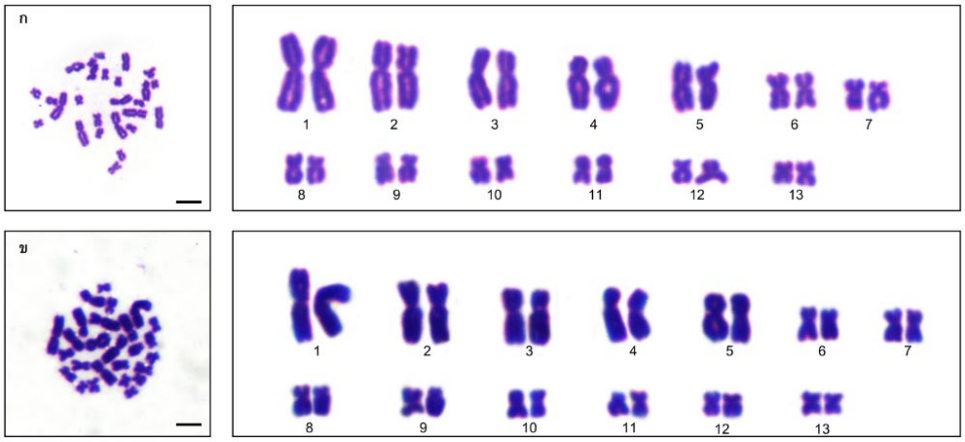
Chro.pairs	Ls (μm)	Ll (μm)	LT (μm)	CI±SD	RL±SD	Chro. size	Chro. type
10	0.664	1.023	1.687	0. 606±0. 000	0.053±0.007	S	Submetacentric
11	0.656	0.975	1.631	0. 598±0. 002	0.051±0.008	S	Metacentric
12	0.624	0.929	1.553	0. 598±0. 002	0. 049±0. 008	S	Metacentric
13	0.592	0.822	1.414	0.581±0.007	0.044±0.010	S	Metacentric

Chro. = Chromosome, Ls = shot arm, Ll = long arm, LT = total chromosome length, CI = centromeric index, RL = relative length, *NORs bearing chromosomes (satellite chromosome)

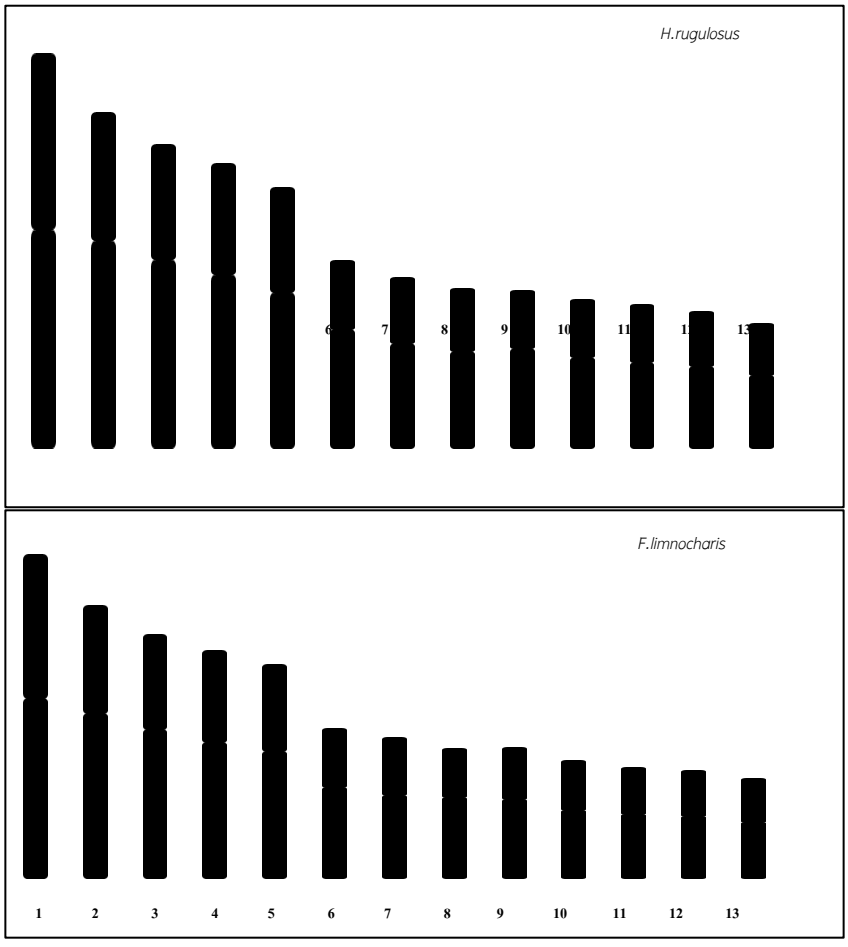
ตารางที่ 2 Karyomorphological details of the *F.limnocharis*, 2n = 26

Chro. pairs	Ls (μm)	Ll (μm)	LT (μm)	CI±SD	RL±SD	Chro. size	Chro. type
1	1.761	2.205	3.760	0.586±0.010	0.142±0.004	L	Metacentric
2	1.318	2.017	3.209	0.629±0.003	0.121±0.010	L	Submetacentric
3	1.161	1.819	2.820	0.645±0.007	0.1060.014	L	Submetacentric
4	1.122	1.672	2.658	0.629±0.003	0.100±0.016	L	Submetacentric
5	1.064	1.560	2.505	0.623±0.001	0.094±0.018	L	Submetacentric
6	0.723	1.113	1.751	0.636±0.005	0.066±0.026	M	Submetacentric
7	0.711	1.016	1.653	0.615±0.001	1.088±0.020	M	Submetacentric
8*	0.601	0. 993	1.519	0.654±0.010	0.057±0.029	M	Submetacentric
9	0.629	0.975	1.542	0.632±0.003	0.058±0.028	M	Submetacentric
10	0.611	0. 835	1.374	0.608±0.003	0.052±0.030	M	Submetacentric
11	0.573	0.787	1.302	0.604±0.005	0.049±0.031	M	Submetacentric
12	0.558	0.765	1.263	0.606±0.004	0.048±0.031	M	Submetacentric
13	0.532	0. 692	1.154	0.600±0.006	0.044±0.032	S	Submetacentric

Chro. = Chromosome, Ls = shot arm, Ll = long arm, LT = total chromosome length, CI = centromeric index, RL = relative length, *NORs bearing chromosomes (satellite chromosome)

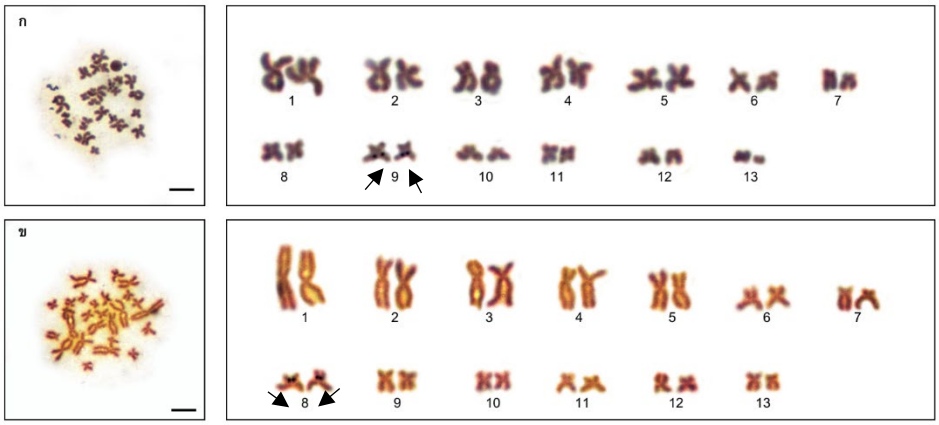


ภาพที่ 1 Metaphase cell and Karyotype of (ก) *H.rugulosus* and (ข) *F.limnocharis* 2n = 26 from Giema's staining (scale bar = 10 micrometer)



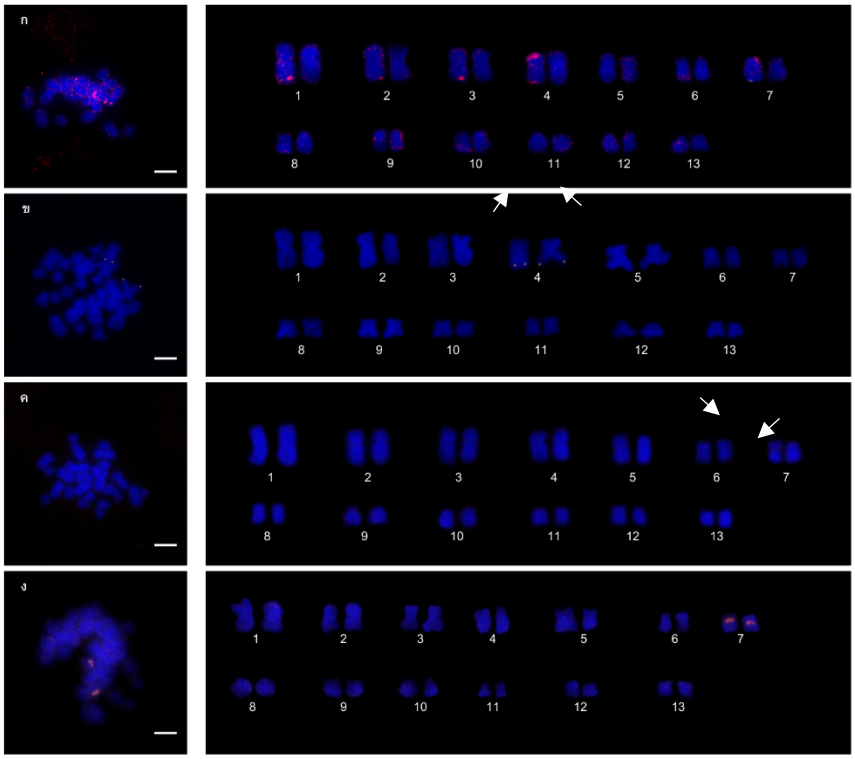
ภาพที่ 2 Idiogram chromosome of of *H.rugulosus* and *F.limnocharis* 2n = 26

การย้อมซิลเวอร์ไนเตรต ลงบนโครโมโซมโดยจะมีโปรตีนที่สร้างการแสดงออกของยีนจำนวนมากและมีโปรตีนที่ไม่ใช่ฮิสโตนมากกว่าพื้นที่อื่นๆ บนโครโมโซม ดังนั้นแถบเข้ม (NOR-positive) ตำแหน่ง NOR ของกบนาจะปรากฏตรงบริเวณเซนโทเมียร์บนโครโมโซมคู่ที่ 9 และกบหนองจะปรากฏบริเวณเซนโทเมียร์บนโครโมโซมคู่ที่ 8 (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 Metaphase cell and Karyotype of (ก) *H.rugulosus* and (ข) *F.limnocharis*, 2n = 26 from Ag–NOR banding technique (scale bar = 10 micrometer)

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเซลล์พันธุศาสตร์ระดับโมเลกุลครั้งแรกโดยใช้เทคนิคการย้อมสารเรืองแสง (Fluorescene in situ Hybridization(FISH)) การแปลตำแหน่ง hybridized ของ microsatellites ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งได้แก่โพรบ $(GC)_{15}$ และ $(CGG)_{10}$ บริเวณเฮเทอโรโครมาติก (เทโลเมียร์ เซนโทเมียร์ และในโครโมโซมเพศ) ของจีโนม ซึ่งคาดว่าจะมีดีเอ็นเอซ้ำกันจำนวนมากอยู่ในบริเวณนั้น



ภาพที่ 4 Metaphase cell and Karyotype of *H.rugulosus* and *F.limnocharis* 2n = 26 from FISH (scale bar = 10 micrometer) ก *H.rugulosus* $(GC)_{15}$, ข *F.limnocharis* $(GC)_{15}$, ค *H.rugulosus* $(CGG)_{10}$, ง *F.limnocharis* $(CGG)_{10}$

วิจารณ์และสรุปผล

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์โครโมโซมของกบนา (*H.rugulosus*) และกบหนอง (*F.limnocharis*) ชนิดละ 10 เมทาเฟส โดยเลือกเซลล์ที่มีความชัดเจนมากที่สุด เพื่อนำมาจัดทำแคริโอไทป์และวัดขนาดของโครโมโซมโดยวัดโครโมโซมแขนข้างสั้น (Ls) โครโมโซมแขนข้างยาว (Ll) ความยาวทั้งหมด (LT) และนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อระบุชนิดโครโมโซมซึ่งได้จากค่าดัชนีตำแหน่งเซนโทรเมียร์ และขนาดของโครโมโซมจากค่าความยาวสัมพัทธ์ ซึ่งกบนาพบว่ามีจำนวนโครโมโซม 2n เท่ากับ 26 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 52 แคริโอไทป์ ประกอบด้วย โครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 6 แท่ง เมทาเซนทริกขนาดเล็ก 6 แท่งและซับเมทาเซนทริกขนาดเล็ก 10 แท่ง สูตรแคริโอไทป์ = $L^{m}_{4} + L^{sm}_{6} + S^{m}_{6} + S^{sm}_{10}$ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาแคริโอไทป์โดยเตรียมโครโมโซมจากเซลล์ของตับ ซึ่งสรุปได้ว่ากบนา กบหลังไพล กบหนอง เขียดจะนา อึ่งลายและปาดบ้านมีโครโมโซม 2n เท่ากับ 26 แท่ง เท่ากัน (Donsakul, 2009) ส่วนกบหนองมีจำนวนโครโมโซม 2n เท่ากับ 26 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 52 แคริโอไทป์ประกอบด้วย โครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 2 แท่ง ซับเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ 8 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดกลาง 14 แท่ง และซับเมทาเซนทริกขนาดเล็ก 2 แท่ง สูตรแคริโอไทป์ = $L^{m}_{2} + L^{sm}_{8} + M^{sm}_{14} + S^{sm}_{2}$ และอิดิโอแกรมมาตรฐาน (ภาพที่ 2 *F.limnocharis*) สอดคล้องกับรายงานการศึกษาที่เกี่ยวกับกบหนองก่อนหน้านี้ (Supaprom et al, 1991) (Fangying et al, 1994) (Supaprom and Baimai, 2004)(Qiang et al. 2007) (Donsakul, 2009) (Djong et al, 2011) มีการศึกษาโครโมโซมเพศครั้งแรก โดยใช้เทคนิค Giem'sa พบว่า โครโมโซม X เป็นเมทาเซนทริกขนาดเล็ก และโครโมโซม Y เป็นซับเมทาเซนทริกขนาดเล็ก (Isara Patawang et al, 2012) (Surachest Aiumsumang et al, 2023) พบว่ากบหนองมีโครโมโซม 2n เท่ากับ 26 แท่ง

ซึ่งความสอดคล้องนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบสำหรับการจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน และเป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาโครโมโซมของกบชนิดอื่น ๆ ในประเทศไทยต่อไปและการศึกษาในอนาคตควรมีการเพิ่มเทคนิคการย้อมสีโครโมโซมด้วยเทคนิคอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อตรวจหาเอกลักษณ์ของแคริโอไทป์ของกบ เอกลักษณ์เฉพาะของโครโมโซมเพศ เช่น เทคนิคการย้อมสีแบบซี (C–banding) เทคนิคการย้อมสีแบบจี (G–banding)

ตารางที่ 2 Review cytogenetic reports of the frog's family Ranidae from Thailand

Species	2n	Karyotype formula	NF	Sex Chro.	NOR banded	FISH	Locality	References
Fejervarya limnocharis	26	16m+10sm	52	–	6p(SCR)	–	Ubonratchathani, Thailand	Supaprom *et al.* (1991)
	26	20m+6sm	52	–	6, 7p	–	Fujian, China	Fangying *et al.* (1994)
	26	16m+10sm	52	–	6p(SCR)	–	Amnatchareon, Thailand	Supaprom and Baimai (2004)
	26	22m+4sm	52	–	6p	–	Jiangcheng, China	Qiang *et al.* (2007)
	26	24m+2sm	52	–	6p	–	Gejiu, China	Qiang *et al.* (2007)
	26	20m+6sm	52	–	6p	–	Luchun, China	Qiang *et al.* (2007)
	26	18m+6sm+2a	52	–	–	–	Saraburi, Thailand	Donsakul (2009)
	26	18m+6sm	52	–	7p	–	Honshu, Japan	Djong *et al.* (2011)
	26	12m+ 10sm+ 2a +XY	52	XY	6p(CR)	–	Khon Kaen, Thailand	Isara Patawang *et al.* (2012)

Species	2n	Karyotype formula	NF	Sex Chro.	NOR banded	FISH	Locality	References
	26	14m + 10sm+ 2a	52	–	–	–	Phetchabun, Thailand	Surachest Aiumsumang *et al.* (2023)
	26	**2m + 24sm**	**52**	**–**	**8p**	**+**	**Phetchabun, Thailand**	**การศึกษาครั้งนี้**
Hoplobatrachus rugulosus	26	10m+3sm	52	–	–	–	Nakhon Nayok, Thailand	Donsakul (2009)
	26	**10m + 16sm**	**52**	**–**	**9p**	**+**	**Phetchabun, Thailand**	**การศึกษาครั้งนี้**

การย้อมโครโมโซมแบบ NOR เป็นการย้อมติดบนโครโมโซมส่วนที่มียีนที่สร้าง ribosomal RNA ซึ่งมักจะเป็นรอยคอด secondary constriction และอยู่ติดกับ nucleolus (nucleolar organizer region) โดยบริเวณที่มียีน ribosomal RNA จะติดแถบสีเข้ม (NOR – positive) ของสารละลาย silver nitrate ในการศึกษาครั้งนี้ กบนาพบตำแหน่ง NOR บนโครโมโซมคู่ที่ 9 และกบหนองพบตำแหน่ง NOR บนโครโมโซมคู่ที่ 8 ซึ่งเป็นการการรายงานผลครั้งแรก (ภาพที่ 3)

ไมโครแซทเทลไลท์หรือการทำลำดับซ้ำแบบง่าย (SSR) คือโอลิโกนิวคลีโอไทด์ที่มีความยาว 1–6 คู่เบส ซึ่งก่อตัวเป็นซ้ำแบบเรียงต่อกันมากเกินไป โดยปกติจะมี 4 ถึง 40 หน่วย (Tautz and Renz, 1984; Ellegren, 2004; Chistiakov et al, 2006) ไมโครแซทเทลไลท์มีการกระจายตัวบนจีโนมยูคาริโอต โดยจะกระจายหรือรวมกลุ่มกันทั้งในยูโครมาตินหรือเฮเทอโรโครมาติน

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเซลล์พันธุศาสตร์ระดับโมเลกุลครั้งแรก พบว่าในโพรบ $(GC)_{15}$ ของกบนามีการแสดงสัญญาณปรากฏทั่วจีโนม ส่วนกบหนองมีการแสดงสัญญาณปรากฏบนโครโมโซมคู่ที่ 4 และโพรบ $(CGG)_{10}$ ของกบนาไม่มีการแสดงสัญญาณปรากฏ ส่วนกบหนองมีการแสดงสัญญาณปรากฏบนโครโมโซมคู่ที่ 7 ไมโครแซทเทลไลท์เหล่านี้อาจใช้เป็นเครื่องหมายโครโมโซมในกบนาและกบหนองได้ ซึ่งความสอดคล้องนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบสำหรับการจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน และเป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาโครโมโซมในวงศ์ Dicriglossidae ในประเทศไทยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษา ที่ได้ชี้แนะแนวทางและการปรึกษาในการทำงานวิจัยตลอดจนช่วยตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องของโครงงานวิจัยเล่มนี้ให้สำเร็จไปโดยสมบูรณ์ เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องของผู้วิจัยที่คอยดูแลให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุด ไม่ว่ากำลังกาย กำลังใจ และทุนทรัพย์แก่ผู้วิจัยเสมอมา ขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนทั้งในสาขาวิชาชีววิทยาและนอกเหนือที่ไม่ได้เอ่ยนามที่คอยให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือเสมอมาจนสามารถทำรายงานฉบับนี้ได้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

ธัญญา จั่นอาจ. (2546). **สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในเมืองไทย** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: บริษัทด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.

ธวัช ดอนสกุล. (2552). **แคริโอไทป์ของเซลล์ตับในสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 7 ชนิดที่พบในประเทศไทย.** ว วิทยเทคโน มมส, ปีที่ 28 ฉบับที่ 2, หน้า 162 – 170.

พิทักษ์ สีดา. (2561). **เซลล์พันธุศาสตร์ของปาดในภาคในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

พรวดี ใจเที่ยงธรรม และ อิสสระ ปะทะวัง. (2562). **การศึกษาแคริโอไทป์ของกบห้วยขาปุ่มเหนือ (*Limnonectes taylori*) ในจังหวัดเชียงใหม่ของประเทศไทย.** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ปีที่ 39 ฉบับที่ 4, หน้า 355 – 360.

อลงกลด แทนออมทอง กฤษณ์ ปิ่นทอง และอิสสระ ปะทะวัง. (2562). **พันธุ์ศาสร์ระดับเซลล์** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Amphibian Species of the World [Internet]. 2025; Retrieved on 30 January 2025. Obtained from: https://amphibiansoftheworld.amnh.org.

Chistiakov D.A, Hellemans B, Volckaert F.A.M. (2006). **Microsatellites and their genomic distribution, evolution, function and applications: a review with special reference to fish genetics.** Aquaculture, 255, 1 – 29.

Djong, II. T.. Matsui, M., Kuramoto, M., Nishioka, M., and Sumida, M. (2011). **A new species of the *Fejervarya limnocharis* complex from Japan (Anura, Dicroglossidae).** Zoological science, 28, 922 – 929.

Ellegren H. (2004). **Microsatellites: simple sequences with complex evolution.** Nature Review Genetics, 5, 435 – 445.

Fangying C, Kewen Z, Huan W and Yutang L. (1994). **An analysis of the karyotype of Rana linurochara Boie.** Chinese Wildlife, 6, 40 – 44.

Howell W.M. and Black D.A. (1980). **Controlled silver–staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: a 1–step method.** Experientia, 36, 1014 – 1015.

Isara Patawang. (2012). **The Identification of Sex–Chromosomes and Karyological Analysis of Rice Frog, *Fejervarya limnocharis* (Anura, Ranidae) from Northeast Thailand.** Cytologia, 79(2), 141 – 150.

Kubat Z, Hobza R, Vyskot B and Kejnovsky E. (2008). **Microsatellite accumulation in the Y chromosome of Silene latifolia.** Genome, 51, 350 – 356.

Levan A, Fredga K and Sandberg A.A. (1964). **Nomenclature for centromeric position on chromosomes.** Hereditas, 52, 20 – 201.

Qiang F.U., Feng–lian L.I. and Wei Z. (2007). **Karyotypic comparisons Rama lammocharis among throc regions.** Sichuan J Zool, 26, 316 – 323.

Supiwong W, Liehr L, Cioffi M.B, Chaveerach A, Kosyakova N, Pinthong K, Tanee T, Tanomtong A. (2014) **Chromosomal evolution in naked catfishes (Bagridae, Siluriformes): a comparative chromosome mapping study.** Zool Anz, 253(3), 20 – 316.

Supaprom T, Chathaisong N, and Hormark N. (1991). **The chromasome complements and karyotypes of Rana erythraca Schlegel and Rana limnocharis Gravenhorst.** 17th Congress on Science and Technology of Thailand, Khon Kaen University, 450 – 451.

Supaprom, T. and Baimai, A. (2004). **Mitotic karyotypes of ten species of Ranid frogs (Anura; Ranidae) from Thailand.** Amphib – reptile 25: 104 – 111

Surachest Aiumsumang. (2023). **Standardized Chromosome Pattern of Some Amphibians in Phetchabun Province.** KKU SCIENCE JOURNAL, 53(3), 306 – 313.

Tautz D, (1984). **Renz M Simple sequences are ubiquitous repetitive components of eukaryotic genomes.** Nucleic Acids Res Acids Research, 12(10), 4127 – 4138.

การศึกษาแนวความคิดผู้บริโภคในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม

Study on consumer ideas in the development of artificial meat products

โสภิต พุดแจงงาม[1], อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์[1*], โสภิดา วิศาลศักดิ์กุล[1] และ สุนัน ปานสาคร[2]
Sopit Pudjangngam[1], Orawan Oupathumpanont[1], Sopida Wisansakkul[1] and Sunan Parnsakhorn[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยเพื่อศึกษาแนวคิดของผู้บริโภคในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริโภคทั่วไปที่มีอายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป จำนวน 100 คน ในเขตพื้นที่ตำบลชะแมบ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ข้อมูลประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุอยู่ระหว่าง 30–39 ปี การศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับ อนุปริญญา/ปวส. รายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 10,001 – 20,000 บาท ข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติ พบว่า เหตุผลที่ผู้บริโภคเปลี่ยนมาบริโภคเนื้อสัตว์เทียมเนื่องจากผู้บริโภคให้ความสำคัญด้านสุขภาพ ช่วงเวลาที่นิยมบริโภคเนื้อสัตว์เทียมคือเทศกาลเจ ความถี่ในการบริโภคจะอยู่ในช่วง 5–6 ครั้งต่อเดือน โดยซื้อเนื้อสัตว์เทียมมาทำรับประทานเองที่บ้าน วัตถุดิบที่ผู้บริโภคนำมาประกอบอาหารคือโปรตีนเกษตร สถานที่ที่ควรจำหน่ายเนื้อสัตว์เทียม คือห้างสรรพสินค้า ข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียมพบว่า รูปแบบของเนื้อสัตว์เทียมที่ผู้บริโภคต้องการคือเนื้อปลา ปัญหาทางสุขภาพจากการบริโภคเนื้อสัตว์เทียมคือ โรคอ้วน สิ่งที่ผู้บริโภคต้องการให้พัฒนาคือควรปรับเนื้อสัมผัสให้เหมือนเนื้อสัตว์ เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้านใยอาหารจากถั่วขาวและหัวปลี วิธีการประกอบอาหารจากเนื้อสัตว์เทียมที่ผู้บริโภคนิยมคือการนึ่ง และบรรจุผลิตภัณฑ์ควรเป็นแบบถุงสูญญากาศ ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อเนื้อสัตว์เทียม ผู้บริโภคให้ความสำคัญด้านผลิตภัณฑ์เรื่องรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการมากที่สุด จากผลการสำรวจข้อมูลที่ได้นำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค มีต่อเนื้อสัตว์เทียมโดยเฉพาะเนื้อปลาเทียมต่อไป

คำสำคัญ: เนื้อสัตว์เทียม, หัวปลี, ถั่วขาว

[1] คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1] Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University Of Technology Thanyaburi, Pathumthani 12110

[2] Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani 12110

*Corresponding author: orawan_ormutt.ac.th, sopit_p@mail.rmutt.ac.

Abstract

The study aims to explore consumer perspectives in the development of plant-based meat products. The sample group consists of 100 general consumers aged 20 years and above, residing in Wang Noi District Phra Nakhon Si Ayutthaya Province. The data consists of four parts: Demographic Information: The majority of consumers are female, aged between 30-39 years, with most having an associate degree or vocational diploma. The average monthly income ranges from 10,001 to 20,000 baht. Behavioral and Attitudinal Data: The primary reason consumers switch to plant-based meat is their concern for health. The peak time for consuming plant-based meat is during the vegetarian festival. The frequency of consumption is about 5-6 times a month, with consumers typically purchasing plant-based meat to cook at home. The main ingredient used for cooking is plant protein, and the preferred retail location for plant-based meat is shopping malls. Guidance for Developing Meat Analogue Products: The preferred type of meat analogue was fish analogue. Health concerns related to consuming meat analogues included obesity. Consumers requested improvements in texture to resemble real meat, and an increase in nutritional value, particularly with fiber from white beans and banana blossoms. The most popular cooking methods were steaming, and packaging should be in vacuum-sealed bags. The most important factors for consumers when choosing meat analogue products were taste and nutritional value. Factors Influencing Purchase Decisions: Consumers prioritize taste and nutritional value when choosing plant-based meat products. The survey results will be used to develop products that align with consumer preferences, particularly for plant-based fish.

Keywords: Plant-Based Meat, Banana blossom, White kidneys

บทนำ

ตลาดผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม (*Plant-Based Meat*) ของไทย ในปี 2566 คาดว่าจะมีมูลค่า 1,560 ล้านบาท ขยายตัวจากปี 2565 ร้อยละ 9.7 และในตลาดต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่ตลาดอาหารวีแกนเติบโตเร็วที่สุดแห่งหนึ่งของโลกรองลงมาจากประเทศจีน เนื่องจากมีกลุ่มผู้บริโภควีแกน (*Veganism)*ในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่เพิ่มขึ้นถึง 20 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 6 ของประชากรทั้งประเทศ เพิ่มขึ้นจากช่วงปี 2560-2565 โดยเพิ่มขึ้นจากกระแสการให้ความสำคัญทางสุขภาพ [1] รวมทั้งทัศนคติการใส่ใจสิ่งแวดล้อมและสวัสดิภาพของสัตว์ (*Animal- Welfare*) การเลี้ยงสัตว์ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน [2] ปัญหาของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียมและโปรตีนเกษตรที่ผลิตอยู่ในปัจจุบันมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่มาก เนื่องจากมีการใช้แป้งถั่วเหลือง จึงส่งผลทำให้เนื้อสัตว์เทียม ที่ผลิตจากแป้งถั่วเหลืองมีคาร์ไฮเดรตมาก โดยในเนื้อเทียม 100 กรัม มีปริมาณโปรตีน เท่ากับ 49.76 กรัม ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 40.86 กรัม [3] ซึ่งถือว่าเนื้อสัตว์เทียมมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง เมื่อเทียบกับปริมาณโปรตีนและใยอาหารที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์เทียม ถ้าบริโภคเนื้อสัตว์เทียมหรือโปรตีนเกษตมากเกินไปจะทำให้ร่างกายได้รับปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง อาจจะส่งผลทำให้ร่างกายมีส่วนของพลังงานที่เหลืออยู่มาก ก็จะ แปรสภาพเป็นไขมันและสามารถทำให้เกิดโรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคไตและหลอดเลือด ซึ่งเนื้อสัตว์เทียมที่วางจำหน่ายในปัจจุบันทำมาจากพืชประมาณร้อยละ 95 และมีส่วนผสมอื่นที่ไม่ใช่พืชประมาณร้อยละ 5 นิยมผลิตออกมาในรูปแบบต่างๆ เช่น เนื้อเบอร์เกอร์ ไส้กรอก หรือจะเป็นเนื้อหมูจากพืช รวมถึงอาหารทะเล ในการแปรรูปเนื้อสัตว์เทียมที่มีความหลายหลาย เกิดจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี รวมถึงองค์

ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์อาหาร ที่ทำให้ผู้ประกอบการสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติ รูปลักษณ์ เนื้อสัมผัส และกลิ่นรสได้ใกล้เคียงเนื้อสัตว์ยิ่งขึ้น แต่ปัจจัยทางด้านเทคโนโลยียังไม่สามารถที่จะตอบโจทย์ความต้องการทางด้านสุขภาพ ให้กับผู้บริโภคที่ต้องการลดปัญหาทางสุขภาพที่เกิดจากการบริโภคเนื้อสัตว์เทียม เพื่อตอบสนองความต้องการที่แท้จริงของผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคเนื้อสัตว์เทียมเพื่อสุขภาพ ดังนั้น การศึกษาแนวคิดของผู้บริโภคก่อนการพัฒนาจึงมีความสำคัญในการพัฒนาเนื้อสัตว์เทียมใน อานาคต [4] ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม ต่อความต้องการของผู้บริโภค เพื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค

วิธีการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบผสาน (Mixed methods research) ซึ่งเป็นวิธีการดำเนินเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณมาบูรณาการร่วมกับการวิจัย และได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตามรหัส Exp 67/67 เมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2567 ดำเนินการตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังต่อไปนี้

การศึกษาแนวคิดของผู้บริโภคในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสุ่มประชากรที่นับได้แน่นอน (Finite population) คือกลุ่ม ประชากรที่มีอายุตั้งแต่ 20 – 60 ปี โดยใช้ตารางสำเร็จของทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane, 1973) ซึ่งเป็นตารางที่ใช้หาขนาดกลุ่มตัวอย่างเพื่อประมาณค่าสัดส่วนประชากร ในการศึกษาแนวคิดของผู้บริโภคจำนวน 100 คน โดยใช้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างความคลาดเคลื่อนร้อยละ ± 10 ในเขตพื้นที่ตำบลชะแมบ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยข้อมูลสำนักงานสถิติแห่งชาติ ได้รายงานว่า มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 5,267 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ บุคคลทั่วไปที่มีอายุตั้งแต่ 20–60 ปี 100 คน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายโดย การแจกแบบสอบถามให้กับบุคคลทั่วไป คือ ประชากรในตลาดวังน้อย

ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์

โดยเป็นการหาข้อมูลสูตรจากแหล่งข้อมูลงานวิจัย หนังสือ อินเทอร์เน็ตและเอกสารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ทำการศึกษา ในเรื่องของเนื้อเทียมในครั้งนี้ คือ ผลิตภัณฑ์เนื้อปลาเทียม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนในการสำรวจแนวคิดของผู้บริโภค เช่น พฤติกรรม กลุ่มเป้าหมายและปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นเพื่อนำมากำหนดคำถามให้ครอบคลุมในการสำรวจผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย เพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบต่อไป

การออกแบบเครื่องมือสำรวจ

การออกแบบสอบถาม ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยในการซื้อของผู้บริโภค โดยออกแบบคำถามให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการในการศึกษาครั้งนี้ การออกแบบสอบถามเพื่อสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาเทียม โดยแบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์

ส่วนที่ 4 ข้อมูลด้านปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจ ปัจจัยที่ทำการศึกษามี 4 ด้านประกอบด้วย

เสนอให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินและตรวจสอบแบบสอบถาม

หลังจากออกแบบสอบถามจำเป็นต้องนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบประเมินพิจารณาความเที่ยงตรงความเหมาะสมและความถูกต้องของเนื้อหา จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านโดยประเมินด้วยวิธี *Index of Item Objective* Congruence (IOC) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาระดับค่าดัชนีของข้อคำถามที่ได้จากการคำนวณจากสูตรที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 – 1.00 โดยมีรายละเอียดเกณฑ์การพิจารณาดังนี้ IOC ตั้งแต่ 0.50 – 1.00 มีค่าความเที่ยงตรงใช้ได้ ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ต้องปรับปรุงยังใช้ไม่ได้ [6] เพื่อให้ได้คำถามที่มีความสมบูรณ์และตรงตามวัตถุประสงค์ที่สุด

ปรับปรุงแบบสอบถาม

เมื่อผ่านการประเมินและตรวจสอบแบบสอบถามแล้วก็ดำเนินการปรับปรุงแบบสอบถามตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

สำรวจแนวคิดของผู้บริโภค

สำรวจผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย ทำการสำรวจโดยดำเนินการสำรวจแจกแบบสอบถามไปยังกลุ่มเป้าหมาย คือ บุคคลทั่วไปที่มีอายุ 20 – 60 ปี จำนวน 100 คน ในเขตจังหวัดพื้นที่ ตำบลชะแมบ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา หลังจากนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม

วิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผล

เก็บข้อมูลการสำรวจจากแบบสอบถามเรียบร้อยแล้ว จึงดำเนินการบันทึกข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาคำนวนในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ *SPSS* (*Statistical Package for the Social Science for Windows*) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ประกอบด้วย ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ สถิติไคสแควร์ (Chi-Square) สำหรับนำข้อมูลนี้เป็นแนวทางในการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์

จากการศึกษาข้อมูลทางประชากรศาสตร์ผู้บริโภคในการตอบแบบสอบถามในเขตพื้นที่ อำเภอวังน้อยจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 100 คน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 57.00 มีช่วงอายุส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 30-39 ปี คิดเป็นร้อยละ 35.00 ระดับการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถามใหญ่ อยู่ในระดับอนุปริญญา/ปวส. คิดเป็นร้อยละ 62.00 การประกอบอาชีพของผู้ตอบแบบสอบถามใหญ่เป็นพนักงานบริษัทเอกชน คิดเป็นร้อยละ 45 และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ที่ 10,001-20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 38.00 จากการศึกษาข้อมูล ด้านเพศ ด้านอายุ ด้านระดับการศึกษา ด้านอาชีพ และด้านรายได้ ข้อมูลดังกล่าวมีผลต่อการซื้อสินค้าและกำลังการซื้อสินค้าของผู้บริโภค จากข้อมูลข้างต้น จึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้ เพศหญิงมากกว่าเพศชายซึ่งหมายถึงผู้บริโภคที่เป็นเพศหญิงจะตัดสินใจซื้อสินค้าจากประโยชน์ที่ได้รับ แตกต่างจากเพศชายที่ซื้อสินค้าเพื่อตอบสนองความต้องการเพียงเท่านั้น และจากข้อมูลของการศึกษาของช่วงอายุ พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่อยู่ระหว่างช่วงอายุระหว่าง 30-39 ปี ซึ่งเป็นช่วงแนวโน้มที่ให้ความสำคัญทางสุขภาพมากที่สุดในช่วงปี 2564-2566 ที่ผ่านมา และข้อมูลด้านระดับของการศึกษา ด้านอาชีพและด้านรายได้ของผู้บริโภค ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้มีผลต่อการกำหนดทิศทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องให้กับผู้บริโภค รวมถึงการกำหนดราคาของสินค้าเพื่อการวางจำหน่าย [1] ดังแสดงในตารางที่ 1

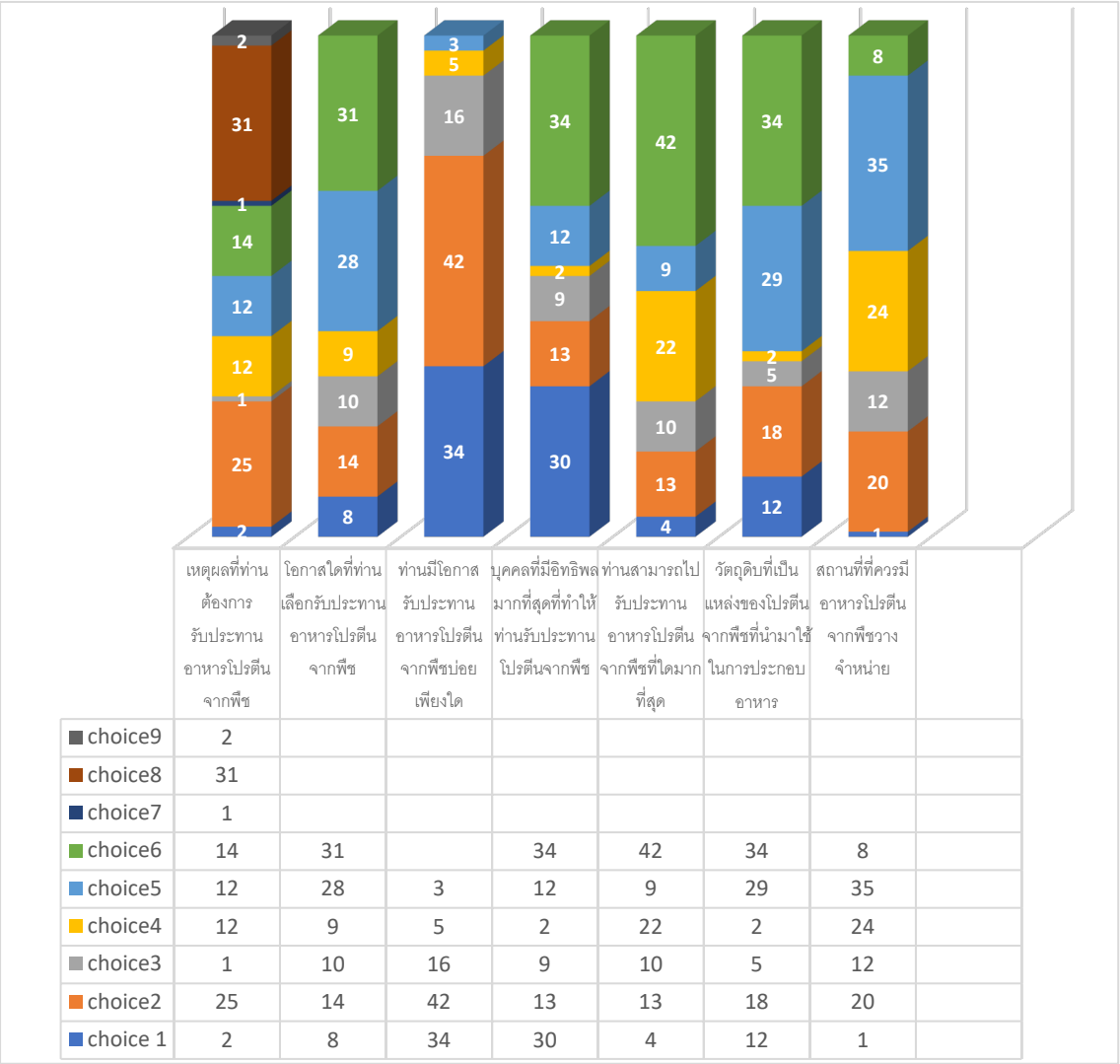
ตารางที่ 1 ผลการสำรวจข้อมูลทางประชากรศาสตร์ (N=100 คน)

ข้อมูลทางประชากรศาสตร์	ความถี่	ร้อยละ
1. เพศ		
(1) ชาย	43	43.00
(2) หญิง	57	57.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
2. อายุ		
(1) 20-29 ปี	31	31.00
(2) 30-39 ปี	35	35.00
(3) 40-49 ปี	28	28.00
(4) 50-59 ปี	6	6.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00

3. ระดับการศึกษา		
(1) ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น	3	3.00
(2) มัธยมศึกษาตอนต้น	2	2.00
(3) มัธยมศึกษาตอนปลาย/ ปวช.	8	8.00
(4) อนุปริญญา/ปวส.	62	62.00
(5) ปริญญาตรี	23	23.00
(6) สูงกว่าปริญญาตรี	2	2.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
4. อาชีพ		
(1) นักเรียน / นักศึกษา	7	7.00
(2) ข้าราชการ/ รัฐวิสาหกิจ	22	22.00
(3) พนักงานบริษัทเอกชน	45	45.00
(4) ธุรกิจส่วนตัว	2	2.00
(5) รับจ้าง / ทั่วไป	5	5.00
(6) พ่อบ้าน / แม่บ้าน	9	9.00
(7) อื่นๆ (โปรดระบุ)	10	10.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน		
(1) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท	9	9.00
(2) 10,001 – 20,000 บาท	38	38.00
(3) 20,001 – 30,000 บาท	18	18.00
(4) 30,001 – 40,000 บาท	27	27.00
(5) 40,001 – 50,000 บาท	6	6.00
(6) มากกว่า 50,000 บาท	2	2.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม

จากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 2



	เหตุผลที่ท่านต้องการรับประทานอาหารโปรตีนจากพืช	โอกาสใดที่ท่านเลือกรับประทานอาหารโปรตีนจากพืช	ท่านมีโอกาสรับประทานอาหารโปรตีนจากพืชบ่อยเพียงใด	บุคคลที่มีอิทธิพลมากที่สุดที่ทำให้ท่านรับประทานโปรตีนจากพืช	ท่านสามารถไปรับประทานอาหารโปรตีนจากพืชที่ใดมากที่สุด	วัตถุดิบที่เป็นแหล่งของโปรตีนจากพืชที่นำมาใช้ในการประกอบอาหาร	สถานที่ที่ควรมีอาหารโปรตีนจากพืชวางจำหน่าย	
choice9	2							
choice8	31							
choice7	1							
choice6	14	31		34	42	34	8	
choice5	12	28	3	12	9	29	35	
choice4	12	9	5	2	22	2	24	
choice3	1	10	16	9	10	5	12	
choice2	25	14	42	13	13	18	20	
choice 1	2	8	34	30	4	12	1	

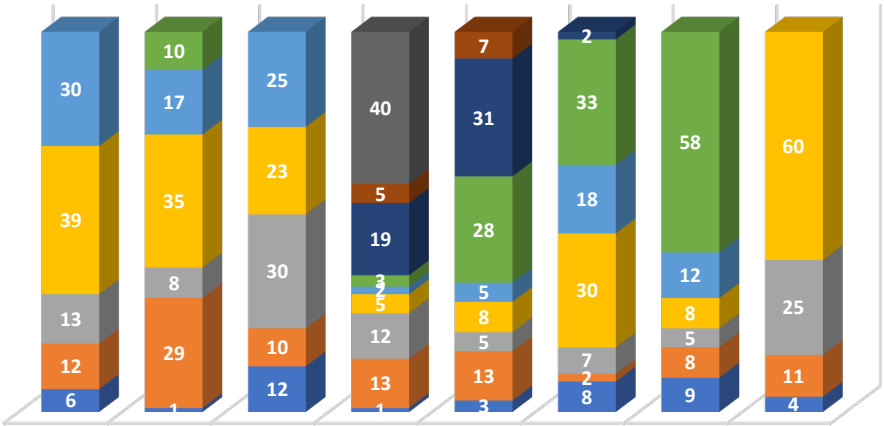
ภาพที่ 2 การสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม

จากภาพที่ 2 การสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม พบว่า เหตุผลที่ผู้บริโภคต้องการรับประทานอาหารเนื้อสัตว์เทียมส่วนใหญ่เพื่อต้องการมีสุขภาพที่ดี คิดเป็นร้อยละ 31.00 เนื่องจากเนื้อสัตว์เทียมประกอบไปด้วยเส้นใยอาหารประเภทเซลลูโลส มีไขมันต่ำและเป็นแหล่งของวิตามินแร่ธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในพืช [7] ผู้บริโภคให้ความนิยมบริโภคเนื้อสัตว์เทียมสูงสุดในช่วง เทศกาลเจ คิดเป็นร้อยละ 31.00 ที่นิยมบริโภคในช่วงเทศกาลกินเจเนื่องจากการรับประทานอาหารที่ปราศจากเนื้อสัตว์ มีความเป็นมาและพื้นฐานของแนวคิดที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นวิถีชีวิตความเชื่อ หลักศาสนา ตลอดถึงอุดมการณ์ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคของแต่ละบุคคลเพื่อการดูแลสุขภาพ เช่น การรับประทานแบบ “วีแกน”(*Vegan*) และ “มังสวิรัติ”(*Vegetarian*) เป็นต้น [2] ความถี่ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ มีโอกาสในการรับประทานอาหารเนื้อสัตว์เทียมอยู่ที่ 5-6 ครั้งต่อเดือน คิดเป็น

ร้อยละ 42 ซึ่งความถี่ดังกล่าวในการบริโภคเนื้อสัตว์เทียมสอดคล้องกับข้อมูลทางการตลาดที่ขยายตัวอย่างรวดเร็วในปี 2566 ของกลุ่มผู้บริโภคที่รับประทานอาหารเนื้อสัตว์เทียม เช่น ผู้บริโภคที่บริโภควีแกน หรือมังสวิรัติ หรือ Plant-Based Food จึงเป็นอีกหนึ่งตลาดที่มีความน่าสนใจในมุมมองของนักการตลาดในปัจจุบัน [1] และจากโลกในปัจจุบันที่มีข้อมูลทางสุขภาพให้สืบค้นผ่านช่องทางอินเตอร์เน็ตอย่างแพร่หลายจึงทำให้ผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมารับประทานผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียมด้วยตนเองสูงขึ้น คิดเป็นร้อยละ 34 สถานที่ที่ผู้บริโภคนิยมไปรับประทานอาหารเนื้อสัตว์เทียมส่วนใหญ่ คือผู้บริโภคจะทำรับประทานเอง ที่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 42 ในการเลือกใช้วัตถุดิบที่ผู้บริโภคนำมาประกอบอาหารส่วนใหญ่ผู้บริโภคนิยมใช้โปรตีนเกษตร คิดเป็นร้อยละ 34 สถานที่ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการให้มีผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียมวางจำหน่ายมากที่สุด คือห้างสรรพสินค้าคิดเป็นร้อยละ 35

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม

จากการสำรวจข้อมูลเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 3



	ถ้ามีการพัฒนาโปรตีนจากพืชท่านคิดว่าควรเป็นเนื้อสัตว์ชนิดใด	ถ้ารับประทานโปรตีนจากพืชจะพบปัญหาด้านใด	ถ้ามีการพัฒนาโปรตีนจากพืชรูปแบบเนื้อสัตว์ควรพัฒนาด้านใดมากที่สุด	การพัฒนาโปรตีนจากพืชในรูปแบบเนื้อสัตว์ควรเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ	ท่านคิดว่าพืชชนิดใดมีความเหมาะสมในการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนจากพืช	ถ้ามีผลิตภัณฑ์โปรตีนจากพืชท่านคิดว่าจะนำไปประกอบอาหารประเภทใด	บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับอาหารโปรตีนจากพืช	ขนาดบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมควรมีปริมาณเท่าไร
choice9				40				
choice8				5	7			
choice7				19	31	2		
choice6		10		3	28	33	58	
choice5	30	17	25	2	5	18	12	
choice4	39	35	23	5	8	30	8	60
choice3	13	8	30	12	5	7	5	25
choice2	12	29	10	13	13	2	8	11
choice1	6	1	12	1	3	8	9	4

ภาพที่ 3 ข้อมูลเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม

จากภาพ 3 การสำรวจข้อมูลเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม พบว่า รูปแบบของเนื้อสัตว์เทียมที่ผู้บริโภคต้องการให้มีการพัฒนาสูงสุดคือเนื้อปลา คิดเป็นร้อยละ 39 จากการบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียมทำให้ผู้บริโภคส่วนใหญ่พบกับปัญหาทางสุขภาพหลายด้าน ปัญหาที่พบมากที่สุดคือโรคอ้วน คิดเป็นร้อยละ 35 ซึ่งในกระบวนการผลิตเนื้อสัตว์เทียมจะใช้ถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบหลักจึงทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง เมื่อเทียบกับปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในพืช ถ้าบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม หรือโปรตีนเกษตมากเกินไปจะทำให้ร่างกายได้รับปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง อาจจะส่งผลทำให้ร่างกายมีส่วนของพลังงานเหลืออยู่มาก เมื่อพลังงานส่วนที่เหลืออยู่มากก็จะแปรสภาพเป็นไขมันสะสมทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคอ้วน ไขมันอุดตันในเส้นเลือด และโรคเบาหวาน เป็นต้น [4] ส่วนของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียมผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการให้พัฒนาด้านเนื้อสัมผัสให้ใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 30 ด้านของการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียมในอนาคตที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการให้มีการพัฒนาเพิ่มขึ้น คือคุณค่าทางโภชนาการด้านใยอาหารคิดเป็นร้อยละ 40 พืชที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสนใจ ควรที่จะนำมาทำการพัฒนาเป็นเนื้อสัตว์เทียมสูงเป็นลำดับที่หนึ่ง คือถั่วขาว คิดเป็นร้อยละ 31 รองลงมาคือหัวปลี คิดเป็นร้อยละ 28 เนื่องจากในหัวปลีประกอบด้วยใยอาหารและสารสำคัญกลุ่มฟีโนลิก เช่น แอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดการการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดและหัวใจ มะเร็ง เบาหวาน และกระเพาะอาหาร เป็นต้น [10] วิธีการปรุงอาหารโปรตีนที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมใช้ในการประกอบอาหารสูงสุดคือนำไปการนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 33 การประกอบอาหารด้วยวิธีการนำไปนึ่งจะช่วยรักษาวิตามินและแร่ธาตุที่อาจสูญเสียไปในน้ำด้วยวิธีการนำไปต้ม และวิธีการนึ่งยังช่วยลดปริมาณแคลอรีที่เกิดจากการประกอบอาหารด้วยวิธีการผัดหรือทอด [12] ในการประกอบอาหารบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับต่อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียมที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการให้บรรจุด้วยถุงสูญญากาศ คิดเป็นร้อยละ 58 การบรรจุด้วยถุงสูญญากาศช่วยป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารโดยการยับยั้งการเจริญเติบของแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต [11] และผู้บริโภคส่วนใหญ่เห็นว่าน้ำหนักสุทธิของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียมที่เหมาะสม ควรบรรจุต่อหนึ่งแพ็คคือ 250 กรัม คิดเป็นร้อยละ 60

ส่วนที่ 4 ข้อมูลด้านปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อ

การสำรวจข้อมูลด้านปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์โปรตีนจากพืช ประกอบไปด้วย 4 ด้าน ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านบรรจุภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 2–5 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความสำคัญในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาเทียมด้านผลิตภัณฑ์ (N=100 คน)

ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์	$\bar{X}$ ± S.D.	ระดับความสำคัญ
1. รสชาติของผลิตภัณฑ์	4.81 ± 0.44	มากที่สุด
2. คุณค่าทางโภชนาการ	4.48 ± 0.70	มาก
3. ลักษณะปรากฏใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์	4.42 ± 0.62	มาก
4. เนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์	4.48 ± 0.69	มาก
5. ผลิตภัณฑ์มีให้เลือกหลายขนาด (ปริมาณ)	4.47 ± 0.59	มาก
6. ผลิตภัณฑ์มี อย. ฉลากระบุส่วนผสม/วิธีบริโภค/วันเดือนปี ที่ผลิตและหมดอายุ	4.27 ± 0.82	มาก
รวม	4.50 ± 0.67	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคมีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาเทียมด้านผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญคือ รสชาติของผลิตภัณฑ์ ในระดับสำคัญมากที่สุด เนื่องจากในปัจจุบันอาหารมีรสชาติที่แตกต่างกันออกไปและยังมีรสชาติสังเคราะห์เพิ่มเข้ามา เพื่อเป็นการตอบสนองกับความต้องการของผู้บริโภคและรวมไปถึงรสชาติจะปรับเปลี่ยนไปตามรสนิยมของผู้บริโภค เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับความพึงพอใจและถูกใจรสชาติ [5]

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความสำคัญในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาเทียมด้านราคา (N=100 คน)

ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์	$\bar{X}$ ± S.D.	ระดับความสำคัญ
1. ราคาเหมาะสมกับปริมาณ	4.51 ± 0.64	มากที่สุด
2. ราคาเหมาะสมกับคุณภาพ	4.52 ± 0.69	มากที่สุด
3. มีป้ายแสดงราคาที่แสดงชัดเจนบนบรรจุภัณฑ์	3.90 ± 0.70	มาก
4. ราคาไม่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล	3.63 ± 0.66	มาก
รวม	4.14 ± 0.78	มาก

หมายเหตุ : ± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคมีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาเทียมด้านราคาพบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญคือ ราคาเหมาะสมกับปริมาณและราคาเหมาะสมกับคุณภาพ ในระดับสำคัญมากที่สุด เพราะปริมาณกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะทำให้ลูกค้าตัดสินใจได้ง่าย โดยผู้บริโภคจะเปรียบเทียบระหว่างคุณภาพของผลิตภัณฑ์กับปริมาณเพื่อเทียบกับราคา ถ้าคุณค่าผลิตภัณฑ์นั้นสูงกว่าราคาผู้บริโภคก็จะตัดสินใจเลือกซื้อ [6]

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความสำคัญในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาเทียมด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (N=100 คน)

ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์	$\bar{X}$ ± S.D.	ระดับความสำคัญ
1. สถานที่จำหน่ายใกล้บ้าน	4.30 ± 0.78	มาก
2. มีตัวแทนจำหน่าย	4.08 ± *0.90*	มาก
3. บริการสั่งซื้อผ่านอินเตอร์เน็ต	3.91 ± 0.70	มาก
4. ร้านสะดวกซื้อ	3.93 ± 0.77	มาก
5. ห้างสรรสินค้า/ซุปเปอร์มาร์เก็ต	4.51 ± 0.66	มากที่สุด
รวม	4.14 ± 0.80	มาก

จากตารางที่ 4 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคมีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาเทียมด้านช่องทางการจัดจำหน่ายพบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญ คือ ห้างสรรสินค้า/ซุปเปอร์มาร์เก็ต ในระดับสำคัญมากที่สุด เพราะผู้บริโภคได้รับความสะดวกสบายในด้านการเดินทาง สามารถพบเห็นและมีความสะดวกต่อการซื้อ [8]

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความสำคัญในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาเทียมด้านบรรจุภัณฑ์ (N=100 คน)

ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์	$\bar{X}$ ± S.D.	ระดับความสำคัญ
1. บรรจุภัณฑ์ที่มีความสวยงาม	4.46 ± 0.78	มาก
2. บรรจุภัณฑ์มีคุณภาพ สามารถช่วยยืดอายุของผลิตภัณฑ์ได้	4.52 ± 0.66	มากที่สุด
3. บรรจุภัณฑ์สามารถปกป้องผลิตภัณฑ์ได้	3.70 ± 1.01	มาก
4. บรรจุภัณฑ์สะดวกต่อการขนส่ง	4.45 ± 0.69	มาก
5. บรรจุภัณฑ์บอกข้อมูลผลิตภัณฑ์ได้ครบถ้วนชัดเจน	4.48 ± 0.59	มาก
6. บรรจุภัณฑ์มีข้อมูลโภชนาการ	4.61 ± 0.51	มากที่สุด
7. บรรจุภัณฑ์มีความชัดเจนของข้อความ	4.17 ± 0.87	มาก
รวม	4.34 ± 0.79	มาก

จากตารางที่ 5 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคมีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาเทียมด้านช่องทางการจัดจำหน่ายพบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญ คือ บรรจุภัณฑ์มีคุณภาพสามารถช่วยยืดอายุของผลิตภัณฑ์ได้ และบรรจุภัณฑ์มีข้อมูลโภชนาการ ผู้บริโภคให้ระดับสำคัญมากที่สุด เนื่องจากบรรจุภัณฑ์อาหาร มีข้อมูลโภชนาการจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใส่ใจสุขภาพหรือผู้สูงวัย เพราะจะช่วยให้ทราบถึงชนิดและปริมาณสารอาหารที่จะได้รับจากการบริโภคอาหารนั้นๆ ทำให้เลือกบริโภคอาหารได้ตรงตามภาวะโภชนาการของแต่ละบุคคลและสามารถเปรียบเทียบซื้อผลิตภัณฑ์อาหารยี่ห้อที่ให้ประโยชน์มากที่สุด บรรจุภัณฑ์ยังมีหน้าที่ช่วยในการรักษาอาหารในระหว่างการขนส่ง นอกจากนี้ในบางบรรจุภัณฑ์อาหาร ถูกออกแบบให้ถนอมอาหารเพื่อที่จะทำให้อาหารภายในตัวบรรจุภัณฑ์ไม่เกิดการเน่าเสียได้อย่างรวดเร็ว [9]

การทดสอบสมมติฐานงานวิจัย

ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ที่ส่งผลต่อปัจจัยการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาเทียม

ผลการทดสอบความสัมผัสระหว่างข้อมูลทางประชากรศาสตร์ที่ส่งผลต่อปัจจัยการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาเทียม ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลประชากรศาสตร์ ต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาเทียม

ข้อมูลส่วนบุคคล	ค่าสถิติ	การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม			
		ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์	ปัจจัยด้านราคา	ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย	ปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์
เพศ	Chi-Square	11.5	32.7	7.5	18.0
	Sig.	0.003*	0.001*	0.622	0.001*
อายุ	Chi-Square	8.0	12.9	9.1	10.6
	Sig.	0.001*	0.632	0.589	0.552
ระดับการศึกษา	Chi-Square	11.6	14.2	7.1	14.9
	Sig.	0.425	0.695	0.588	0.239
อาชีพ	Chi-Square	14.8	12.3	10.3	18.1
	Sig.	0.120	0.001*	0.292	0.197
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	Chi-Square	17.4	9.9	11.8	13.6
	Sig.	0.520	0.001*	0.525	0.566

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 6 พบว่าข้อมูลทางประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพและรายได้เฉลี่ยต่อเดือนมีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาเทียม ของผู้ตอบแบบสอบถาม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เพศ พบว่า ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Chi-Square = 11.5, Sig. = 0.003) มีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านราคา (Chi-Square = 32.7, Sig. = 0.001) และ ปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ (Chi-Square = 18.0, Sig. = 0.001 ความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อเนื้อปลาเทียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ในปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Chi-Square = 7.5, Sig. = 0.622) ไม่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อเนื้อปลาเทียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อายุ พบว่า ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Chi-Square = 8.0, Sig. = 0.001) มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อเนื้อปลาเทียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านราคา (Chi-Square = 12.9, Sig. = 0.632) ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Chi-Square = 9.1, Sig. = 0.589) และ ปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ (Chi-Square = 10.6, Sig. = 0.552) ไม่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อเนื้อปลาเทียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ระดับการศึกษา พบว่า ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Chi-Square = 11.6, Sig. = 0.425) ปัจจัยด้านราคา (Chi-Square = 14.2, Sig. = 0.695) ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Chi-Square = 7.1, Sig. = 0.588) และ ปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ (Chi-Square = 14.9, Sig. = 0.239) ไม่มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อเนื้อปลาเทียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อาชีพ พบว่า ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Chi-Square = 14.8, Sig. = 0.120) ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Chi-Square = 10.3, Sig. = 0.292) และ ปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ (Chi-Square = 18.1, Sig. = 0.197) ไม่มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อเนื้อปลาเทียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่เมื่อพิจารณาในด้านราคา พบว่า ปัจจัยด้านราคา (Chi-Square = 12.3, Sig. = 0.001) มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อเนื้อปลาเทียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

รายได้เฉลี่ยต่อเดือน พบว่า ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Chi-Square = 17.4, Sig. = 0.520) ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Chi-Square = 11.8, Sig. = 0.525) และ ปัจจัยด้านบรรจุภัณฑ์ (Chi-Square = 13.6, Sig. = 0.566) ไม่มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อเนื้อปลาเทียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่เมื่อพิจารณาในด้านราคา พบว่า ปัจจัยด้านราคา (Chi-Square = 9.9, Sig. = 0.001) มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจซื้อเนื้อปลาเทียม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาแนวคิดของผู้บริโภคในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม ในการสำรวจข้อมูล พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ช่วงอายุส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 30-39 ปี ระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับอนุปริญญา/ปวส. อาชีพส่วนใหญ่เป็นพนักงานบริษัทเอกชน รายได้ส่วนใหญ่เฉลี่ยต่อเดือนของอยู่ในช่วง 10,001-20,000 บาท ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่นิยมบริโภคโปรตีนเกษตรและโปรตีนที่มาจากพืช เนื่องจากให้ความสำคัญทางด้านสุขภาพเพราะเนื้อสัตว์เทียมประกอบไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ และผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ยังต้องการให้เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้านใยอาหารลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม เพื่อลดภาวะโรคอ้วนจากการบริโภคโปรตีนจากพืชในปัจจุบัน ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็นถ้าในอนาคตมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม ควรเป็นเนื้อปลาเทียมมากที่สุดเนื่องจากในตลาดปัจจุบันยังมีผลิตภัณฑ์ที่เป็นเนื้อปลาเทียมวางจำหน่ายยังไม่หลากหลายสำหรับเป็นทางเลือกให้กับผู้ตอบแบบสอบถาม พืชที่ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้ความสนใจที่จะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียม คือ ถั่วขาว รองลงมาคือ หัวปลี ผู้ตอบแบบสอบถามยังให้ความสำคัญทางด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์ และบรรจุภัณฑ์ต้องเหมาะสมในการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลข้างต้นจึงมีแนวคิดที่จะทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อปลาเทียม โดยเป็นการนำพืชที่มีใยอาหาร เช่น ถั่วขาวและหัวปลี เพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการด้านใยอาหารและช่วยลดปัญหาภาวะโรคอ้วนที่เกิดจากการบริโภคผลิตภัณฑ์โปรตีนจากพืชที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดตรสูง เป็นการสร้างความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์โปรตีนจากพืช และเพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคตลอดจนถึงตอบสนองความต้องการทางด้านสุขภาพที่แท้จริงให้กับผู้บริโภค

กิจกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีคหกรรมมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ สถานที่ และสารเคมีสำหรับการทดลองวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. โครงการศึกษาตลาด. อาหารวีแกน (*Vegan*). เพื่อรองรับการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารไทยภายใต้แผนงานโครงการพัฒนาศูนย์อัจฉริยะอุตสาหกรรมอาหาร ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562.
2. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. สวัสดิภาพสัตว์ : ความสำคัญ มาตรการ และกระแสนิยม ด้านสวัสดิภาพสัตว์ทั่วโลก. วารสารเพื่อการเตือนภัยสินค้าเกษตรและอาหาร, ปีที่ 13 รายไตรมาส เดือนกรกฎาคม–สิงหาคม 2564 EARLYWARNING.
จาก https://warning.acfs.go.th/th/e-magazine/?page=68#book/page1
3. วีรยา ศรีอิทธิยาเวทย์. การปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของเนื้อเทียม โดยเสริมแป้งถั่วขาวและแป้งแก่นตะวันม. ปริญญาคหกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2562.
4. ฉัตรภา หัตถโกศล. รวมพลังขยับกาย สร้างสังคมไทยไร้พุง. บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชนชุดโครงการเครือข่ายคนไทยไร้พุง. ราชวิทยาลัยอายุรแพทย์แห่งประเทศไทย. คณะสาธารณสุขศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหิดล. 2555.
5. ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ. การบริหารการตลาดยุคใหม่. กรุงเทพฯ: ดวงกมลสมัย. 2538.
6. H. E. Huff, and F. Hsieh, Texture and Chemical Characteristics of Soy Protein Meat Analog Extruded at High Moisture, Journal of Food Science, 2000. volume 65, Sect. 264–269.
7. Oluba, P. K. Production of meat analogue from non-meat product. Journal of Food Science, 2005,10(4),311–313.
8. วันดี นาศร. ปัจจัยส่วนประสมททางการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสื่อเครือข่ายสังคมออนไลน์ของผู้บริโภคในเขตภาษีเจริญ. ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต.สาขาการตลาด คณะบริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยสยาม. กรุงเทพมหานคร. 2558.
9. สุมิตรา ศรีวิบูลย์. เครื่องหมายรับรองคุณภาพ: โอกาสทางการตลาดสำหรับวิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อม. วารสารนักบริหาร. 2561. ปีที่ 38 ฉบับที่ 1 หน้าที่ 11–21.
10. รอมลี เจะดอเลาะ. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาปลีกล้วยหินปราศจากน้ำตาลเพื่อสุขภาพ. คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.2565.
11. Food Network Solution (อินเทอร์เน็ต). 2567; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2567. ได้จาก https://www.foodnetworksolution.com /wiki/word/0847/vacuum-packaging
12. KOBACH (อินเทอร์เน็ต). 2567; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 11 ตุลาคม 2567. ได้จากhttps://kobachjs.com/th/

การวิเคราะห์เปรียบเทียบวิธีการสร้างคุณลักษณะในการทำนายภาวะความดันโลหิตสูงในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 โดยใช้เทคนิคป่าสุ่ม

A comparative analysis of feature engineering methods for hypertension prediction in ype–II diabetes patients using the random forest technique

ก้องชัย รัตนพันธ์[1], นุชจรินทร์ อินต๊ะหล้า[1*], ฐาปนา บุญชู[1] และ วสันต์ อัครธนวัฒน์[2]

Gongchai Rattanapant[1], Nuchjarin Intalar[1*], Thapana Boonchoo[1] and Wasan Akarathanawat[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองสำหรับการทำนายการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 (T2DM) โดยใช้เทคนิค Random Forests และเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยคุณลักษณะที่แตกต่างกัน ประกอบด้วยชุดคุณลักษณะแบบดั้งเดิม (Original Features) ชุดคุณลักษณะแบบ Recursive Feature Elimination (RFE) และชุดคุณลักษณะแบบ Principal Component Analysis (PCA) โดยใช้ข้อมูลผู้ป่วยจำนวน 7,979 ชุดข้อมูล จากระบบฐานข้อมูลเวชระเบียนกลางของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย ตั้งแต่ปี 2014 – 2023 ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลผู้ป่วย T2DM จำนวน 4,895 ชุดข้อมูล และข้อมูลผู้ป่วย T2DM ที่มีภาวะความดันโลหิตสูง จำนวน 3,084 ชุดข้อมูล จากการทดลองพบว่า คุณลักษณะแบบ RFE ทำให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่า Precision 71.60% Recall 92.60% F1–score 80.80% และ ROC 78.30% โดยใช้เวลาในการประมวลผล 89 มิลลิวินาที จากการวิจัยนี้พบว่าการใช้ชุดคุณลักษณะแบบ RFE เป็นตัวเลือกที่เหมาะสม โดยมีคุณลักษณะที่สำคัญ ได้แก่ ดัชนีมวลกาย อายุ ค่าความดันโลหิตตัวบน ไตรกลีเซอร์ไรด์ ไขมัน LDL

คำสำคัญ: การเรียนรู้ของเครื่อง, การทำนายโรคความดันโลหิตสูง, ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2

[1] ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) จังหวัดปทุมธานี 12120

[2] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านโรคหลอดเลือดสมองแบบครบวงจร โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10240

[1] Computer Science Faculty of Science and Technology, Thammasat University Rangsit Campus, Pathum Thani 12120

[2] Chulalongkorn Stroke Center of Excellence King Chulalongkorn Memorial Hospital, The Thai Red Cross Society Bangkok 10240

* Corresponding author : njrin@tu.ac.th

Abstract

This research to develops a model for predicting the occurrence of hypertension in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM) using the Random Forests technique. We compare the performance of the model using different feature sets, including the Original Features, Recursive Feature Elimination (RFE), and Principal Component Analysis (PCA). The study uses 7,979 patient records from the centralized database system of King Chulalongkorn Memorial Hospital, Thai Red Cross Society, covering data from 2014 to 2023. This includes 4,895 T2DM cases and 3,084 T2DM cases with hypertension. The experiments revealed that the RFE feature set provided the highest model performance, achieving a precision of 71.60%, recall of 92.60%, F1-score of 80.80%, and ROC of 78.30%, with a processing time of 89 milliseconds. The most important feature are body mass index, age, systolic blood pressure, triglycerides, and LDL cholesterol.

Keywords: Machine learning, Hypertension predicting, Type 2 diabetes patients

บทนำ

ภาวะความดันโลหิตสูง เป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่สามารถนำไปสู่ภาวะโรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งมีผลกระทบอย่างยิ่งต่อคุณภาพชีวิตและการเสียชีวิตของผู้ป่วย (World Health Organization, 2023) โดยเฉพาะผู้ป่วยที่มีภาวะโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ซึ่งมีความเสี่ยงในการเกิดภาวะความดันโลหิตสูงมากกว่าคนทั่วไป ดังนั้นการป้องกันภาวะการเกิดโรคความดันโลหิตสูงในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 จึงเป็นสิ่งสำคัญในการวางแผนการรักษาและการป้องกันภาวะแทรกซ้อนต่างๆ (World Health Organization, 2006)

การพัฒนาแบบจำลองการทำนายผลที่แม่นยำนั้น ต้องการข้อมูลที่มีคุณภาพและการเลือกคุณลักษณะที่เหมาะสม ปัจจุบันพบว่าการสร้างแบบจำลองยังคงประสบปัญหาหลายประการ ได้แก่ การมีข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ (missing values) การมีคุณลักษณะที่ไม่สัมพันธ์กับผลลัพธ์ (irrelevant features) และการมีคุณลักษณะที่สัมพันธ์กันสูง (multicollinearity) ซึ่งอาจส่งผลให้แบบจำลองไม่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การใช้ข้อมูลที่มีจำนวนคุณลักษณะมากเกินไป อาจทำให้แบบจำลองมีความซับซ้อนและเกิดการ overfitting ได้ง่าย (Ying, 2019)

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์เปรียบเทียบวิธีการสร้างคุณลักษณะ (feature engineering) ที่แตกต่างกันในการทำนายภาวะความดันโลหิตสูงในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 โดยใช้เทคนิค Random Forests ซึ่งเป็นหนึ่งในอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง (Oanh & Tung, 2022) เทคนิคที่ใช้ในการสร้างคุณลักษณะประกอบด้วย การเลือกคุณลักษณะแบบ Recursive Feature Elimination (RFE) การลดมิติด้วย Principal Component Analysis (PCA) และการใช้ชุดคุณลักษณะดั้งเดิม โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลในการทำนายผล และค้นหาวิธีการสร้างคุณลักษณะที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุด

แม้ว่าที่ผ่านมาจะมีการศึกษาเรื่องการทำนายภาวะความดันโลหิตสูงในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 อยู่บ้าง (Zaizar-Fregoso et al., 2023) แต่ยังขาดการศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการสร้างคุณลักษณะ (feature engineering) ในบริบทของการใช้ Random Forests เพื่อพัฒนาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด การศึกษาในด้านนี้จะช่วยเติมเต็มช่องว่างที่สำคัญในงานวิจัย และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการเลือกเทคนิคการสร้างคุณลักษณะที่เหมาะสม

ดังนั้นการศึกษานี้จะช่วยให้ได้ข้อมูลที่มีประโยชน์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของโมเดลการทำนาย และเพิ่มความแม่นยำในการทำนายภาวะความดันโลหิตสูงในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการดูแลผู้ป่วยและการวางแผนป้องกันภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อสร้างแบบจำลองในการทำนายการเกิดโรคความดันโลหิตสูงในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ใช้คุณลักษณะต่างกันในการทำนายผล การเกิดโรคความดันโลหิตสูงในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

Oanh & Tung (2022) สร้างแบบจำลองทำนายผลโรคความดันโลหิตสูงที่เป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญของโรคหัวใจและหลอดเลือด โดยใช้ข้อมูลประชากรที่อาศัยอยู่ภาคตะวันตกเฉียงเหนือของเวียดนาม ปี 2019–2020 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 2,509,000 ชุดข้อมูล มีจำนวน 11 คุณลักษณะ ประกอบด้วย อายุ, เพศ, ความดันโลหิตตัวล่าง, ความดันโลหิตตัวบน, ระดับน้ำตาลในเลือด, ค่ายูเรีย, ค่าครีอะตินิน, ค่าคอเลสเตอรอล, ค่าไตรกลีเซอไรด์, SGOT (ค่าการทำงานของตับ) และ SGPT (ค่าการทำงานของตับ) เป็นต้น โดยใช้ 10 fold พบว่าวิธีการ Random Forests ดีที่สุด คือ Precision 73.63% Recall 72.46% และ F1 72.39% การศึกษานี้ใช้ Random Forests กับข้อมูลขนาดใหญ่และมีความแม่นยำปานกลาง โดยมี Precision และ Recall อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการพยากรณ์ที่สมดุล โดยปัจจัยที่สำคัญ คือ อายุ, คอเลสเตอรอล, ไตรกลีเซอไรด์, ยูเรียและครีอะตินิน

Islam et al. (2022) สร้างแบบจำลองทำนายผลการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ของประชากร บังกลาเทศ ตั้งแต่ปี 2017–2018 เนปาลปี 2016 และอินเดีย 2015–2016 รวมทั้งหมด 818,603 ชุดข้อมูล มีคุณลักษณะประกอบด้วย อายุ, ดัชนีมวลกาย,การศึกษา, ปัจจัยทางสังคมและเศรษฐกิจ, ประวัติการรักษาโรคความดันโลหิต, ผลการวินิจฉัย, และประวัติการใช้ยา โดยใช้ 10 fold พบว่าเทคนิค XGBoost ดีที่สุดคือ Precision 90.00% Recall 100% และ F1 95.00% การศึกษานี้ใช้ XGBoost และได้ผลลัพธ์ที่มี Precision และ Recall สูงแสดงถึงความสามารถในการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพและพบว่าปัจจัยที่สำคัญต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูง คือ อายุและดัชนีมวลกาย

Kurniawan et al. (2023) สร้างแบบจำลองการทำนายความเสี่ยงความดันโลหิตสูง โดยใช้ข้อมูลประชากรชาวอินโดนีเซียปี 2014–2015 อายุ 15 ปีขึ้นไป จำนวน 30,320 ชุดข้อมูล มีคุณลักษณะ ประกอบด้วย อายุ, เพศ, การศึกษา, การจ้างงาน, การสูบบุหรี่, โรคเบาหวาน, คอเลสเตอรอล, ความเครียด, ความดันโลหิตสูง, การออกกำลังกาย, ดัชนีมวลกาย, ความดันโลหิตตัวบน และความดันโลหิตตัวล่าง โดยแบ่งชุดฝึกสอน 5 fold พบว่าแบบจำลอง Logistic Regression ดีที่สุด คือ Precision 87.80% Recall 89.60% F1 87.70% และ ROC 82.90% ยังพบว่าเพศหญิงมีความเสี่ยงที่จะเป็นโรคความดันโลหิตสูงมากกว่าเพศชาย (14.40% ต่อ 9.90%) ผู้ที่ไม่สูบบุหรี่มีความเสี่ยงต่อโรคความดันโลหิตสูงมากกว่าผู้ที่สูบบุหรี่ (13.20% ต่อ 9.90%) ส่วนค่าดัชนีมวลกายและการออกกำลังกาย มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูงอย่างมีนัยสำคัญ

Zaizar–Fregoso et al. (2023) สร้างแบบจำลองทำนายภาวะแทรกซ้อนของโรคอื่นในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 โดยใช้ข้อมูลปี 2011–2016 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 63,776 คน โดยมีคุณลักษณะสำคัญ เช่น การรักษาด้วยเมตฟอร์มิน, โภชนาการ, ดัชนีมวลกาย, อายุ, ความดันโลหิต, ระดับน้ำตาลในเลือด, ระดับน้ำตาลเฉลี่ยสะสมในเลือด และการสูบบุหรี่ โดยฝึกสอน 5 fold พบว่าวิธีการ XGBoost ดีที่สุดคือ Specificity 73.66%, Recall 75.15% และ ROC 84.10%

จากการศึกษานี้ XGBoost ได้ผลลัพธ์ที่สมดุล โดยมีค่า Specificity และ Recall ที่ใกล้เคียงกัน และยังพบว่าผู้ป่วยเบาหวานที่มีค่าความดันโลหิตตัวล่างมากกว่า 70 ความดันโลหิตตัวบนมากกว่า 120 และมีดัชนีมวลกายมากกว่า 32 ถือว่ามีความเสี่ยงที่จะเกิดภาวะแทรกซ้อนของโรคได้

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง การใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องพยากรณ์ผลโรคความดันโลหิตสูงและโรคเบาหวาน สรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิจัยของวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

Author	Participants	Method	Precision	Recall	ROC
Oanh & Tung (2022)	2,509,000	Random Forests	73.63%	72.46%	–
Islam et al. (2022)	818,603	XGBoost	90.00%	100.00%	95.00%
Kurniawan et al. (2023)	30,320	Logistic Regression	88.10%	89.80%	82.90%
Zaizar–Fregoso et al. (2023)	63,776	XGBoost	–	75.15%	84.10%

จากการตารางที่ 1 พบว่าเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่ใช้ในงานวิจัยแต่ละเทคนิค มีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน การเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสมกับคุณลักษณะของข้อมูล รวมถึงขนาดกลุ่มตัวอย่างสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์ได้ นอกจากนี้ ค่า Precision, Recall และ ROC ที่แตกต่างกันในแต่ละงานวิจัยยังแสดงถึงความสามารถในการพยากรณ์ที่หลากหลาย ตามคุณลักษณะของข้อมูลที่ใช้

อย่างไรก็ตามจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า มีคุณลักษณะที่สำคัญและมีความสัมพันธ์กับปัจจัยที่ส่งผลต่อสุขภาพ คือ อายุ, เพศ, ดัชนีมวลกาย และค่าความดันโลหิต เป็นต้น ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ใช้บ่อยที่สุด เป็นปัจจัยสำคัญในการประเมินความเสี่ยงของโรค ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำมาเป็นคุณลักษณะต้นแบบในการศึกษาดังตารางที่ 2

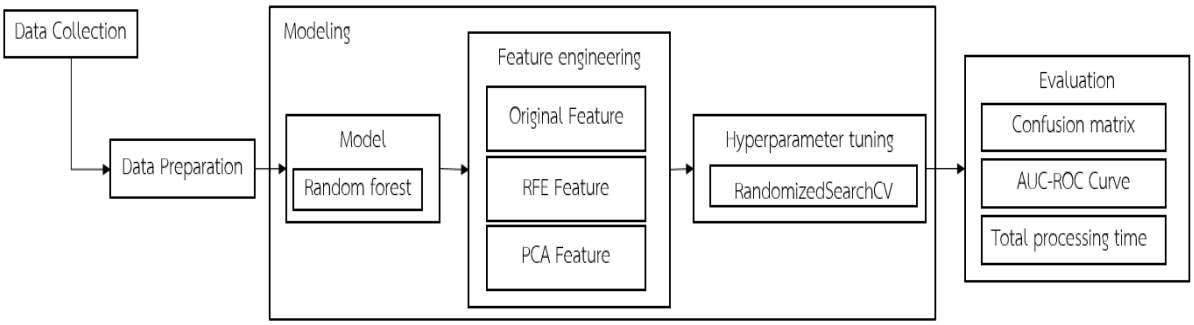
ตารางที่ 2 คุณลักษณะที่เหมือนกันจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

Author	Age	Sex	Weight	height	BMI	Hypertension	Cholesterol	Triglyceride	Creatinine	HBA1C	Smoking
Oanh & Tung (2022)	✓	✓				✓	✓	✓	✓		
Islam et al. (2022)	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓	
Kurniawan et al. (2023)	✓	✓			✓	✓		✓			✓
Zaizar–Fregoso et al. (2023)	✓		✓		✓	✓				✓	✓
Proposed method	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

งานวิจัยนี้ใช้แบบจำลอง Random Forests อยู่ในกลุ่มการเรียนรู้แบบถุงจำแนก (Bagging) ซึ่งใช้เทคนิคการตัดสินใจแบบกลุ่ม โดย Oanh & Tung (2022) ได้ศึกษาการทำเหมืองข้อมูลเพื่อพัฒนาและทดลองโมเดลการเรียนรู้ด้วยเครื่องในการใช้ทำนายผล โรคความดันโลหิตสูงที่เป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญของโรคหัวใจและหลอดเลือด โดยใช้ข้อมูลประชาการที่อาศัยอยู่ภาคตะวันตกเฉียงเหนือของเวียดนาม ที่มีขนาดใหญ่จำนวนประมาณ 2.509 ล้านชุดข้อมูล พบว่า Random Forests ประสิทธิภาพที่สุด มีความน่าเชื่อถือ (Naderalvojoud & Hernandez–Boussard, 2023)

วิธีวิทยาการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยจะพัฒนาแบบจำลอง Random Forests โดยใช้เครื่องมือ Google colab เตรียมข้อมูลด้วย Mysql Database System และ Excel ประมวลผลด้วยภาษา Python และ SQL Command โดยใช้ชุดคำสั่งหรือเครื่องมือของ Scikit-Learn หรือเครื่องมืออื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย

1. การรวบรวมข้อมูล (Data Collection) เกณฑ์กำหนดในการคัดเลือกข้อมูลจากฐานข้อมูลของโรงพยาบาล ประกอบด้วยประชากรกลุ่มเป้าหมาย เพศชายและหญิง อายุ 20–100 ปี เป็นข้อมูลผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และข้อมูลผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีภาวะแทรกซ้อนโรคความดันโลหิตสูง ตั้งแต่ปี 2014–2023 ประกอบด้วย 30 คุณลักษณะ ดังแสดงในตารางที่ 3 จากการคัดเลือกพบว่ามีข้อมูลดิบ 47,058 ชุดข้อมูล โดยข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยทั้งหมดผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในคน จากสำนักงานจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย COA No. 0621/2024 และ IRB No. 0015/67

ตารางที่ 3 คุณลักษณะที่ใช้ในงานวิจัย

คุณลักษณะ	ความหมาย	ค่าปกติ	หน่วย
Sex	เพศ	–	ชาย/หญิง
Age	อายุ	–	ปี
Smoking	สูบบุหรี่	–	สูบ/ไม่สูบ
Drinking	ดื่มสุรา	–	ดื่ม/ไม่ดื่ม
Employment	อาชีพ	–	–
Married	สถานภาพการสมรส	–	–
FPG	ค่าน้ำตาลในเลือด	70–90	mg/dL
Lipid-TG	ไตรกลีเซอร์ไรด์	<150	mg/dL
LDL	ไขมัน LDL	< 130	mg/dL
HDL	ไขมัน HDL	>50	mg/dL
BUN	การทำงานของไต	6–24	mg/dL

คุณลักษณะ	ความหมาย	ค่าปกติ	หน่วย
eGFR	ค่ากรองเลือดของไต	–	mL/min/1.73 m^2
CREATINIE	ค่ากรองของเสียของไต	ชาย=0.70–1.20, หญิง=0.5–1.00	mg/dL
SGPT	ค่าความเสียหายในเซลล์ตับ	0–40	U/L
SGOT	ค่าวินิจฉัยภาวะโรคตับ	5–35	U/L
HBA1C	ค่าน้ำตาลสะสม	4.0–5.6	%
AGAP	ค่าความสมดุลของเกลือแร่	135–145	mEq/L
eAG	ค่าเฉลี่ยกลูโคสโดยประมาณ	–	%
SODIUM	ค่าโซเดียม	136–145	mEq/L
POTASSIUM	ค่าโพแทสเซียม	3.4–4.5	mEq/L
CHLORIDE	ค่าคลอไรด์	95–105	mEq/L
DIOXIDE	ค่าคาร์บอเนต	22–29	mEq/L
Weight	น้ำหนัก	–	kg
Height	ส่วนสูง	–	cm^2
BMI	ดัชนีมวลกาย	18.15–22.90	–
RR	อัตราการหายใจ	25–35	min
BT	อุณหภูมิร่างกาย	35.4–37.4	°C
HBPN	ความดันโลหิตตัวบน	120–129	mmHg
LBPN	ความดันโลหิตตัวล่าง	80–84	mmHg
ICD10	รหัสโรค E110–E119 และ I10–I15	–	–

2. การเตรียมข้อมูล (Data Preparation) ประกอบด้วยขั้นตอน การทำความสะอาดข้อมูล โดยประมวลผลในฐานข้อมูล MySQL Database System เพื่อตรวจสอบแก้ไขข้อมูลที่ผิดพลาด หรือ ค่าว่าง (Null) แก้ไขข้อมูลซ้ำซ้อน (Duplicate) แก้ไขข้อมูลผิดพลาด (Error) โดยเทียบกับประวัติเวชระเบียนล่าสุด พบว่ามีข้อมูลไม่สมบูรณ์และได้ตัดออก 39,070 ชุดข้อมูล คงเหลือจำนวน 7,979 ชุดข้อมูล โดยแบ่งเป็นข้อมูลผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีภาวะแทรกซ้อนโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 4,895 ชุดข้อมูล และ ข้อมูลผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ไม่เป็นโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 3,084 ชุดข้อมูล

การแปลงข้อมูล (Data Transformation) เพื่อสร้างคุณลักษณะแทน (Dummies) ให้มีความเหมาะสมตรงตามคุณลักษณะที่เป็นจริง โดยประกอบด้วย 5 ลักษณะคือ เพศ, สูบบุหรี่, ดื่มสุรา, สถานภาพการสมรสและอาชีพ จากคุณลักษณะเดิม 30 คุณลักษณะ เมื่อผ่านกระบวนการแปลงข้อมูลเพิ่มขึ้นเป็น 47 คุณลักษณะ

การแบ่งข้อมูล เพื่อป้องกันข้อมูลทดสอบรั่วไหล (Data Leakage) จึงแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน คือ เป็นชุดฝึกสอนแบบจำลอง (Training set) 55.00% ชุดปรับจูนแบบจำลอง (Validation set) 25.00% และชุดทดสอบแบบจำลอง (Testing set) 20.00%

3. การสร้างแบบจำลอง (Modeling) ใช้เทคนิค Random Forests ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้แนวคิดนำต้นไม้ตัดสินใจหลายๆ ต้น มาร่วมกันแล้วสุ่มจำแนกประเภท ซึ่งประกอบไปด้วยโหนด (Node) โดยแต่ละโหนดจะถูกเชื่อมด้วยกิ่ง (Branch) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่เลือกหรือเงื่อนไขที่ใช้ตัดสินใจ และสิ้นสุดตรงใบ (Leaf) คือคำตอบหรือกลุ่มที่เลือก (Class) เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบและตัดสินใจแบบโหวตรวม (Speiser, Miller, Tooze & Ip, 2019) โดยกำหนดให้ F(x) คือผลโหวตที่คำนวณได้ของต้นไม้ทั้งหมดในแบบจำลอง $f_i(x)$ คือผลการทำนายของต้นไม้ตัดสินใจต้นที่ i ที่อยู่ใน N ซึ่งเป็นต้นไม้ทั้งหมด (Awad & Fraihat, 2023) ดังสมการที่ (1)

$$F(x)=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} f_i(x) \quad (1)$$

โดย Random Forests มีพารามิเตอร์ที่สำคัญ ซึ่งงานวิจัยนี้จะกำหนดค่าไว้ในรูปแบบชุดพารามิเตอร์ (Parameter Grid) เพื่อใช้ปรับจูนแบบจำลอง ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ชุดพารามิเตอร์ที่ใช้ปรับจูนแบบจำลอง

Parameters	Values
criterion	gini, entropy
max_features	sqrt, log2
max_leaf_nodes	40, 50, 60, 70, 80
min_samples_split	50, 60, 70, 80
n_estimators	100, 200, 300, 400
max_depth	5, 10, None

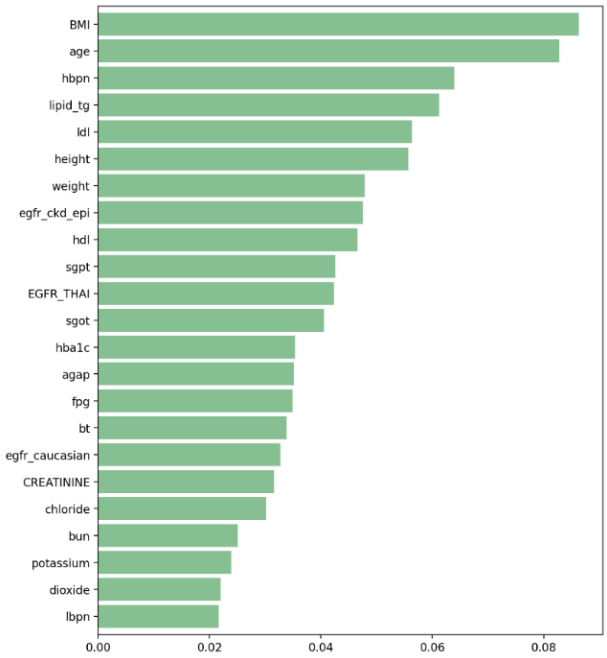
จากตารางที่ 4 พารามิเตอร์ criterion เป็นพารามิเตอร์กำหนดวิธีวัดประสิทธิภาพการสร้างโหนด max_features เป็นพารามิเตอร์กำหนดจำนวนคุณลักษณะสูงสุด ที่สามารถสุ่มตัวอย่างออกมาใช้สร้างโหนด max_leaf_nodes คือพารามิเตอร์กำหนดจำนวนโหนดใบสูงสุดที่สามารถสร้างได้ min_samples_split คือพารามิเตอร์กำหนดจำนวนขั้นต่ำการแยกโหนด n_estimators คือพารามิเตอร์กำหนดจำนวนต้นไม้สูงสุดที่ใช้โหวต max_depth คือพารามิเตอร์กำหนดค่าชั้นความลึกของต้นไม้ตัดสินใจ

ในงานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายผลแบบจำลอง ด้วยคุณลักษณะของข้อมูล 3 แบบ คือ แบบดั้งเดิม (Original features), Recursive Feature Elimination (REF) และ Principal Component Analysis (PCA)

3.1 การคัดเลือกคุณลักษณะดั้งเดิม (Original features) คือการใช้คุณลักษณะแบบเดิมไม่ตัดคุณลักษณะใดออก โดยยังคงคุณลักษณะตามเดิมจากการทบทวนวรรณกรรมและอายุรแพทย์ใช้วินิจฉัยวางแผนการรักษา ซึ่งแสดงในตารางที่ 3 เมื่อผ่านขั้นตอนการเตรียมข้อมูล (Data Preparation) มีคุณลักษณะทั้งหมด 47 คุณลักษณะ

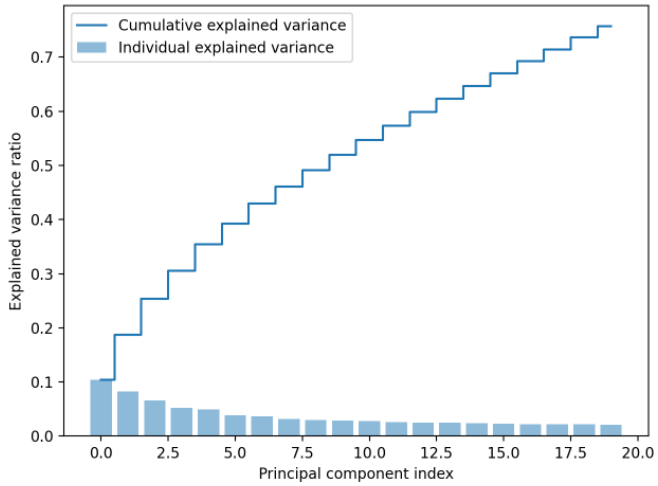
3.2 การคัดเลือกคุณลักษณะด้วยเทคนิค Recursive Feature Elimination (RFE) เนื่องจากคุณลักษณะของข้อมูลที่เก็บรวบรวมมา มีจำนวนมากและอาจมีคุณลักษณะที่ไม่มีความสำคัญ ดังนั้นเทคนิค RFE จะช่วยคัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญที่มีความเกี่ยวข้องกัน โดยที่เทคนิค Random Forest Classifier สามารถใช้คุณสมบัติ RFE ซึ่งใช้เป็นตัวต้นแบบประมาณค่า (Estimator instance) ในการคัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญได้ โดยงานวิจัยนี้กำหนดพารามิตเตอร์ n_estimators เท่ากับ 300 ซึ่งเป็นค่ากำหนดจำนวนต้นไม้สูงสุดที่ใช้โหวต และใช้ชุดข้อมูลฝึกสอน

แบบจำลอง (Training set) ในการประมวลผลคัดเลือกคุณลักษณะ จากการประมวลผลพบว่ามีคุณลักษณะสำคัญทั้งหมด 23 คุณลักษณะ ตามตัวอย่างในรูปที่ 2



รูปที่ 2 คุณลักษณะที่คัดเลือกด้วยเทคนิค RFE

3.3 การคัดเลือกคุณลักษณะด้วยเทคนิค Principal Component Analysis (PCA) เป็นการคัดเลือกด้วยวิธีกลั่นกรองข้อมูลเพื่อลดมิติของคุณลักษณะที่ซ้ำซ้อน ทำให้ข้อมูลมีความกระชับแต่ยังคงคุณสมบัติที่สำคัญของคุณลักษณะไว้ (Ricciardi et al., 2020) ซึ่งจะส่งผลทำให้การฝึกสอนโมเดลใช้เวลาน้อยลง จากการประมวลผล โดยตั้งระดับค่าลักษณะเฉพาะ Eigenvalue 90.00% ด้วยข้อมูลฝึกสอนแบบจำลอง (Training set) ได้คุณลักษณะ 20 คุณลักษณะ ตาม Component index ในรูปที่ 3



รูปที่ 3 คุณลักษณะที่คัดเลือกด้วยเทคนิค PCA

3.4 การค้นหาแบบสุ่ม (RandomizedSearchCV) มีหลักการทำงานแบบวนซ้ำ โดยใช้พารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้ามาประมวลผลแบบสุ่มข้อมูล (Bergstra & Bengio, 2012) ประกอบด้วยพารามิเตอร์ Estimator คือชุดพารามิเตอร์แบบจำลอง params_grid คือชุดพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ใช้ปรับจูนแบบจำลอง CV คือชุดพารามิเตอร์การตรวจสอบแบบไขว้ (k-Fold cross validation) ส่วน verbose คือชุดพารามิเตอร์แสดงผลลัพธ์ในการปรับจูน โดยกำหนดค่าเป็น 1 เพื่อพิมพ์รายละเอียดผลลัพธ์ และ n_jobs คือชุดพารามิเตอร์ตั้งค่าการใช้ทรัพยากรในการประมวลผล ซึ่งกำหนดค่าเป็น -1 เพื่อใช้ทรัพยากรสูงสุด

4. การประเมินผล (Evaluation) ผู้วิจัยใช้วิธี K-fold Cross Validation ในการตรวจสอบหาค่าความคลาดเคลื่อน ข้อผิดพลาดหรือความเอียงของข้อมูลที่ใช้ในการทำนายผล โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่ม K กลุ่ม เริ่มจากกลุ่มที่ 1 เป็นข้อมูลชุดทดสอบ (Testing set) และข้อมูลชุดที่เหลือเป็นชุดฝึกสอน (Training set) จากนั้นจะส่งข้อมูลชุดนี้ไปฝึกสอนโมเดล สลับข้อมูลไปเรื่อยๆ จนถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ วิธีการนี้จะทำให้โมเดลเรียนรู้ได้ครอบคลุมทุกส่วนของข้อมูล ทั้งในชุดฝึกสอนและชุดทดสอบ ซึ่งมีประสิทธิภาพป้องกันข้อมูลมีความเอียงหรือเบ้ ซึ่งอาจทำให้โมเดลทำนายผลไม่มีประสิทธิภาพได้ อีกทั้ง K-fold Cross Validation ทำให้เราสามารถเปรียบเทียบและตัดสินใจเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลได้ (Nti, Nyarko-Boateng & Aning, 2021)

หลังจากนั้นผู้วิจัยใช้เทคนิค Confusion Matrix วัดประสิทธิภาพแบบจำลอง โดยงานวิจัยนี้จะวัดประสิทธิภาพด้วยค่า Recall สมการที่ (2), ค่า Precision สมการที่ (3), และค่า F1-score สมการที่ (4)

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \tag{2}$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \tag{3}$$

$$\text{F1-Score} = 2 \times \frac{\text{Recall} \times \text{Precision}}{\text{Recall} + \text{Precision}} \tag{4}$$

TP คือ True Positive ผลที่ทำนายถูกต้องว่าป่วยเป็นโรคความดันโลหิตสูง

TN คือ True Negative ผลที่ทำนายถูกต้องว่าไม่ป่วยเป็นโรคความดันโลหิตสูง

FP คือ False Positive ผลที่ทำนายผิดว่าป่วยเป็นโรคความดันโลหิตสูง

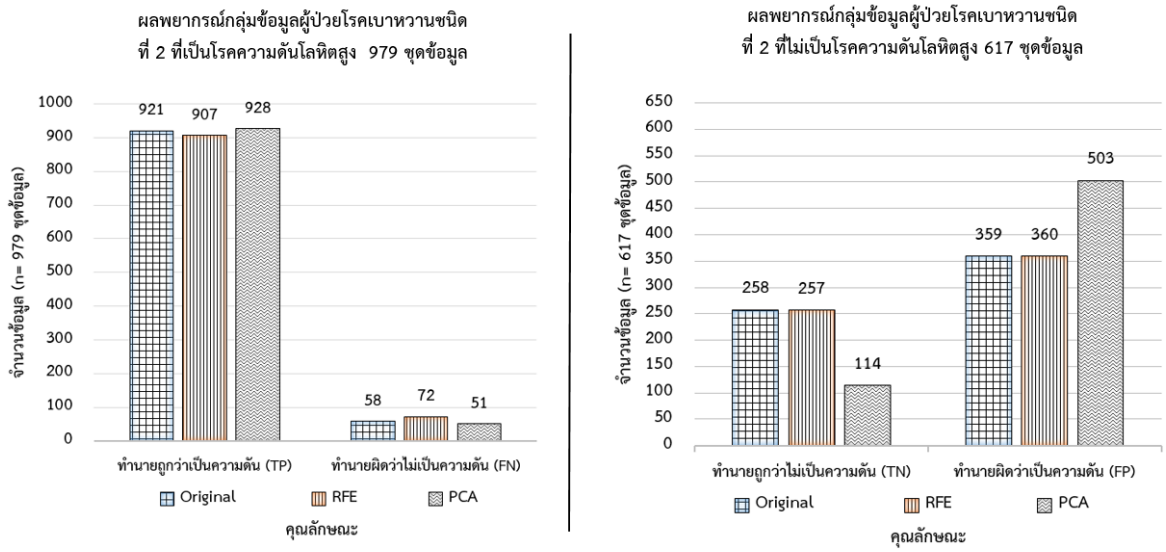
FN คือ False Negative ผลที่ทำนายผิดว่าไม่ป่วยเป็นโรคความดันโลหิตสูง

นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้ค่า ROC จากพื้นที่ใต้กราฟ (Area Under an ROC Curve: AUC) ในการสรุปผลของการจำแนกประเภท สามารถใช้วัดความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ที่เราสนใจ True Positive Rate และ False Positive Rate ซึ่งเป็นอีกหนึ่งเทคนิคที่ใช้วัดประสิทธิภาพของโมเดล (Ren et al., 2023)

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการพยากรณ์ด้วยวิธี Recursive Feature Elimination (REF) เพื่อคำนวณหาค่าน้ำหนักของแต่ละคุณลักษณะพบว่า ดัชนีมวลกายและอายุมีค่าน้ำหนักมากที่สุดคือ 0.08 ส่วนค่าความดันโลหิตตัวบนและไตรกลีเซอร์ไรด์มีน้ำหนัก 0.06 ไขมัน LDL และส่วนสูงมีน้ำหนัก 0.05 ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่มีความสำคัญในการจำแนกข้อมูลได้ดีที่สุดของแบบจำลอง

ผลการทดสอบเทคนิค Random Forests ด้วยชุดทดสอบแบบจำลอง (Testing set) ซึ่งประกอบด้วยชุดข้อมูลที่มีคุณลักษณะแตกต่างกัน 3 คุณลักษณะ คือ แบบดั้งเดิม(Original features), แบบ Recursive Feature Elimination (REF) และแบบ Principal Component Analysis (PCA) เมื่อประมวลผลเสร็จสิ้นได้ผลลัพธ์ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผลทำนายของเทคนิค Random Forests

จากรูปที่ 4 ผลทำนายด้วยชุดคุณลักษณะดั้งเดิม (Original Features) ประกอบด้วย 47 คุณลักษณะ พบว่าในกลุ่มข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (True Positive Class) โมเดลทำนายผลถูก TP เท่ากับ 921 ชุดข้อมูล ทำนายผลผิด FN เท่ากับ 58 ชุดข้อมูล และในกลุ่มข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ไม่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (True Negative Class) ทำนายผลถูก TN เท่ากับ 258 ชุดข้อมูล ทำนายผลผิด FP เท่ากับ 359 ชุดข้อมูล

ผลทำนายด้วยชุดคุณลักษณะแบบ REF ประกอบด้วย 23 คุณลักษณะ พบว่ากลุ่มข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (True Positive Class) โมเดลทำนายผลถูก TP เท่ากับ 907 ชุดข้อมูล ทำนายผลผิด FN เท่ากับ 72 ชุดข้อมูล และในกลุ่มข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ไม่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (True Negative Class) ทำนายผลถูก TN เท่ากับ 257 ชุดข้อมูล ทำนายผลผิด FP เท่ากับ 360 ชุดข้อมูล

ผลทำนายด้วยชุดคุณลักษณะแบบ PCA ประกอบด้วย 20 คุณลักษณะ ในกลุ่มข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (True Positive Class) โมเดลทำนายผลถูก TP เท่ากับ 928 ชุดข้อมูล ทำนายผลผิด FN เท่ากับ 51 ชุดข้อมูล ส่วนกลุ่มข้อมูลของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ไม่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (True Negative Class) โมเดลทำนายผลถูก TN เท่ากับ 114 ชุดข้อมูล ทำนายผลผิด FP เท่ากับ 503 ชุดข้อมูล ซึ่งได้ผลสรุปประสิทธิภาพของแบบจำลองดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยใช้ชุดคุณลักษณะที่แตกต่างกัน

Feature Engineering Techniques	No. Of Feature	Total Processing Time (ms)	Precision	Recall	F1–score	ROC
Original Features	47	776	72.00%	94.10%	81.50%	79.90%
RFE Features	23	89	71.60%	92.60%	80.80%	78.30%
PCA Features	20	40	64.80%	94.80%	77.00%	68.10%

จากตารางที่ 5 ประสิทธิของผลทำนายด้วยคุณลักษณะแบบดั้งเดิม (Original Features) ประกอบด้วย 47 คุณลักษณะ ใช้ระยะเวลาในการประมวลผล 799 มิลลิวินาที มีค่า Recall 94.10% แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถทำนายผลการเกิดโรคความดันโลหิตสูงได้อย่างแม่นยำในกลุ่มข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (True Positive Class) ส่วนค่า Precision 72.00% ซึ่งมีค่าปานกลาง โดยจะเห็นได้ว่ากลุ่มข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ไม่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (True Negative Class) แบบจำลองทำนายค่าผิดพลาดไปเล็กน้อยเมื่อเทียบกับข้อมูลจริง แต่เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมด้วยค่า F1–score และ ROC พบว่าแบบจำลองมีค่าค่อนข้างสูงคือ 81.50% และ 79.90% ซึ่งแสดงว่าแบบจำลองสามารถทำนายผลได้ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพโดยใช้คุณคุณลักษณะดั้งเดิม

ประสิทธิของผลทำนายด้วยคุณลักษณะแบบ RFE ประกอบด้วย 23 คุณลักษณะ ใช้เวลา 89 มิลลิวินาที ผลทำนายกลุ่มข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (True Positive Class) พบว่าค่า Recall 92.60% มีค่าลดลงเล็กน้อยจากคุณลักษณะแบบดั้งเดิม ส่วนผลทำนายกลุ่มข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ไม่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (True Negative Class) โดยค่า Precision 71.60% ซึ่งมีค่าลดลงเล็กน้อยเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมด้วยค่า F1–score และ ROC พบว่ามีค่า 80.80% และ 78.30% ตามลำดับ โดยที่ค่า ROC มีค่าน้อยกว่าผลจำแนกด้วยคุณลักษณะแบบดั้งเดิม แต่ก็ยังถือว่าแบบจำลองสามารถทำนายผลได้ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพ

ประสิทธิของผลทำนายด้วยคุณลักษณะแบบ PCA ซึ่งมีคุณลักษณะลดลงเหลือ 20 คุณลักษณะ ทำให้ระยะเวลาในการประมวลผลลดลงเหลือ 40 มิลลิวินาที โดยที่ค่า Recall ยังสูงคือ 94.80% เห็นได้ว่าแบบจำลองทำนายผลได้อย่างแม่นยำในกลุ่มข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (True Positive Class) แต่กลุ่มข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ไม่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (True Negative Class) มีค่า Precision น้อยกว่าวิธี RFE คือ 64.80% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมด้วยค่า F1–score และ ROC แบบจำลองมีค่าน้อยที่สุดคือ 77.00% และ 68.10% ตามลำดับ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลอง Random Forests กับงานของ Oanh & tung (2022) ดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่าประสิทธิของผลทำนายด้วยคุณลักษณะแบบ RFE ค่า Recall มีประสิทธิภาพสูงกว่าคือ 92.60% ต่อ 72.46% แสดงให้เห็นว่า ผลทำนายกลุ่มข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (True Positive Class) การทำนายผลมีความถูกต้องสูงกว่า ส่วนค่า Precision มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 71.60% ต่อ 73.63% แสดงว่าการทำนายผลกลุ่มข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ไม่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (True Negative Class) มีความผิดพลาดใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย F1–score พบว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าคือ 80.80% ต่อ 72.39%

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคนิค Random Forests กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Author	Features	Participants	Precision	Recall	F1-score	ROC
Oanh & tung (2022)	11	2,509,000	73.63%	72.46%	72.39%	–
Proposed method	23	7,979	71.60%	92.60%	81.00%	78.30%

สรุปผลและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มุ่นเน้นการพัฒนาแบบจำลองเพื่อทำนายผล การเกิดภาวะความดันโลหิตสูงในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่นำไปสู่ภาวะโรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งมีผลกระทบอย่างมากต่อคุณภาพชีวิตและการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรของผู้ป่วย (นพรัตน์, พิศณุชัย & กริชสม, 2022) โดยวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองในการทำนายการเกิดโรคความดันโลหิตสูงในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 และเพื่อเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ใช้คุณลักษณะที่ต่างกันในการทำนายผล ประกอบด้วยคุณลักษณะแบบดั้งเดิม, RFE และ PCA พบว่าการลดมิติของข้อมูลมีผลทำให้ประสิทธิภาพการประมวลผลดีขึ้น แต่ก็ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำนายผลของแบบจำลองลดลงเช่นกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ตามการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะแล้ว การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของข้อมูลแบบ RFE ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแบบจำลองเพียงเล็กน้อย โดยมีค่า ROC เท่ากับ 78.30% ส่วนการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของข้อมูลแบบ PCA ส่งผลให้ประสิทธิภาพของแบบจำลองลดลงอย่างมาก คือมีค่า ROC เท่ากับ 68.10%

ผลการคัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญของแบบจำลองด้วยวิธี RFE พบว่า ดัชนีมวลกาย, อายุ, มีค่าน้ำหนักความสำคัญมากกว่า 0.8 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Oanh & tung (2022) และ Islam et al. (2022) ส่วน ค่าความดันโลหิตตัวบน, ไตรกลีเซอร์ไรด์, ไขมัน LDL มีค่าน้ำหนักมากกว่า 0.5 ตามลำดับ

ผลการทดสอบแบบจำลองทั้ง 3 วิธี พบว่าคุณลักษณะแบบ RFE เป็นทางเลือกที่ดีที่สุด เนื่องจากสามารถทำนายผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่ระยะเวลาประมวลผลเร็วขึ้นกว่าคุณลักษณะดั้งเดิม และยังคงคุณค่าของคุณลักษณะข้อมูลไว้เหมือนเดิม แต่ถ้าต้องการผลการทำนายที่แม่นยำที่สุด ก็ควรเลือกใช้คุณลักษณะดั้งเดิม

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ยังไม่ได้พิจารณาข้อมูลอื่นที่แพทย์ผู้เชี่ยวชาญใช้เป็นข้อมูลร่วมวินิจฉัยโรค เช่น ประวัติการใช้ยา ประวัติการเจ็บป่วยในครอบครัว (Family history) ประวัติทางโภชนาการ เป็นต้น ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่แพทย์ใช้ประกอบการวินิจฉัย

แม้ว่าผลทำนายด้วยคุณลักษณะดั้งเดิม, REF และ PCA จะมีประสิทธิภาพในการทำนายผลได้อย่างแม่นยำในกลุ่มข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (True Positive Class) แต่ในกลุ่มข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ไม่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (True Negative Class) มีค่าค่อนข้างต่ำคือ ผลทำนายผิดว่าเป็นโรคความดันโลหิตสูงเกินกว่า 25% ของข้อมูลจริง ดังนั้นอาจต้องศึกษาเทคนิคหรือคุณลักษณะอื่นที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบพระคุณข้อมูลจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านโรคหลอดเลือดสมองแบบครบวงจร โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

เอกสารอ้างอิง

นพรัตน์ นนท์ศิริ, พิศณุชัย จิตวณิชกุล, & กริชสม กันธา. (2022). **การจำแนกข้อมูลเพื่อวินิจฉัยความเสี่ยงการเป็น โรคเบาหวานโดยใช้เทคนิควิธีแบบร่วมกันตัดสินใจและวิธีเลือกคุณลักษณะเด่นไปข้างหน้า.** วารสาร วิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี มหาวิทยาลัย ราชภัฏ อุดรธานี, 10(2), 107–122.

World Health Organization. (2023). **Global report on hypertension: the race against a silent killer.** World Health Organization.

World Health Organization. (2006). **Definition and diagnosis of diabetes mellitus and intermediate hyperglycaemia: report of a WHO/IDF consultation.**

Ying, X. (2019). An overview of overfitting and its solutions. In *Journal of physics: Conference series* (Vol. 1168, p. 022022). IOP Publishing.

Speiser, J. L., Miller, M. E., Tooze, J., & Ip, E. (2019). **A comparison of random forest variable selection methods for classification prediction modeling.** Expert systems with applications, 134, 93–101.

Awad, M., & Fraihat, S. (2023). **Recursive feature elimination with cross-validation with decision tree: Feature selection method for machine learning-based intrusion detection systems.** Journal of Sensor and Actuator Networks, 12(5), 67.

Ricciardi, C., Valente, A. S., Edmund, K., Cantoni, V., Green, R., Fiorillo, A., ... & Cesarelli, M. (2020**). Linear discriminant analysis and principal component analysis to predict coronary artery disease.** Health informatics journal, 26(3), 2181–2192.

Naderalvojoud, B., & Hernandez-Boussard, T. (2023). **Improving machine learning with ensemble learning on observational healthcare data.** In AMIA Annual Symposium Proceedings (Vol. 2023, p. 521). American Medical Informatics Association.

Oanh, T. T., & Tung, N. T. (2022). **Predicting Hypertension Based on Machine Learning Methods: A Case Study in Northwest Vietnam.** Mobile Networks and Applications, 27(5), 2013–2023.

Zaizar-Fregoso, S. A., Lara-Esqueda, A., Hernández-Suarez, C. M., Delgado-Enciso, J., Garcia-Nevares, A., Canseco-Avila, L. M., ... & Delgado-Enciso, I. (2023). **Using Artificial Intelligence to Develop a Multivariate Model with a Machine Learning Model to Predict Complications in Mexican Diabetic Patients without Arterial Hypertension (National Nested Case-Control Study): Metformin and Elevated Normal Blood Pressure Are Risk Factors, and Obesity Is Protective.** Journal of Diabetes Research, 2023.

Kurniawan, R., Utomo, B., Siregar, K. N., Ramli, K., Besral, B., Suhatril, R. J., & Pratiwi, O. A. (2023). **Hypertension prediction using machine learning algorithm among Indonesian adults.** *IAES* International Journal of Artificial Intelligence, 12(2), 776.

Islam, S. M. S., Talukder, A., Awal, M., Siddiqui, M., Umer, M., Ahamad, M., ... & Maddison, R. (2022). **Machine learning approaches for predicting hypertension and its associated factors using population-level data from three south asian countries.** Frontiers in Cardiovascular Medicine, 9, 762.

Ren, L., Zhang, H., Seklouli, A. S., Wang, T., & Bouras, A. (2023). **Stacking-based multi-objective ensemble framework for prediction of hypertension.** Expert Systems with Applications, 215, 119351.

Nti, I. K., Nyarko-Boateng, O., & Aning, J. (2021). **Performance of machine learning algorithms with different K values in K-fold CrossValidation.** International Journal of Information Technology and Computer Science, 13(6), 61-71.

Bergstra, J., & Bengio, Y. (2012). **Random search for hyper-parameter optimization.** Journal of machine learning research, 13(2).

การจำแนกความรู้สึกของนักศึกษาด้วยเทคนิคเหมืองข้อความ

Sentiment classification of student feedback using text mining

วรรณชล พิณพรม[1*], ณภพ พลเสน[1], สุธิดา ชัยชมชื่น และ อุกฤษฐ์ฐิวัฒน์ พิมพ์พา[1]

Wannachol Pinprom[1*], Napop Ponsen[1], Suthida Chaichomchuen and Aukkritthawat Phimpha[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาการสร้างโมเดลการจำแนกความรู้สึกจากระบบประเมินการเรียนการสอนด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อความ เนื่องจากการจัดการศึกษาในมหาวิทยาลัยจะเปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นแก่อาจารย์ผู้สอนหลังจากได้สอนจบลงในภาคเรียนนั้นแล้ว ผ่านระบบประเมินการเรียนการสอนที่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนการประเมินการสอน 5 ด้าน ได้แก่ ด้านแผนการสอน อุปกรณ์การสอนและสถานที่ ด้านอาจารย์ผู้สอน ด้านวิธีการสอน และ ผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา และ ส่วนการแสดงความคิดเห็นอิสระ ในส่วนการแสดงความคิดเห็นนี้สามารถนำมาวิเคราะห์ความรู้สึกแฝงเพื่อที่จะทราบความรู้สึกของผู้เรียนได้ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลความคิดเห็นนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในปีการศึกษา 2563-2565 จำนวน 34,451 ข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำแนกความรู้สึก โดยใช้โมเดลการทำเหมืองข้อความ 3 รูปแบบ คือการถดถอยโลจิสติก การสุ่มป่าไม้ และ อัลกอริทึมโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน จากการสร้างแบบจำลองการจำแนกความรู้สึกจากระบบประเมินการเรียนการสอน โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อความ พบว่า โมเดลการสุ่มป่าไม้มีความแม่นยำสูงสุดที่ 86% โมเดลการถดถอยโลจิสติก มีความแม่นยำ 85% และโมเดลโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน มีความแม่นยำ 82%

คำสำคัญ: การจำแนกความรู้สึก, ระบบประเมินการเรียนการสอน, การทำเหมืองข้อความ, การประมวลผลภาษาธรรมชาติ

[1] ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

[1] Computer Education, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

* Corresponding author : wannachol.pinprom@gmail.com

Abstract

Studying the creation of sentiment classification models from the teaching evaluation system with text-mining technique. After learning, students can send Feedback to instructors to develop more effective teaching patterns. There are two types of evaluation. The first one is a score on specification topic such as Suitable room, Teaching, material used in teaching etc. The second is a student's comment section for teachers that can tell the emotional state of students and can be applied with sentiment analysis. The data that was analyzed was King Mongkut's University of Technology North Bangkok student's comment Since 2020 to 2022 there have been 34,451 Record implement with three algorithms is Logistic Regression, Random Forest and Convolutional Neural Network. From summarizing the sentiment analysis classification model using the text mining technique, it was found that the Logistic Regression model has 0.86 percent accuracy. Random Forest has 0.85 percent accuracy and Convolutional Neural Network have 0.82 percent accuracy respectively.

Keywords: Sentiment classification, Text mining, Evaluation system, Natural language processing

บทนำ

การจัดการศึกษาในมหาวิทยาลัยมีการให้ความรู้จากอาจารย์ผู้สอน พร้อมกับเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถให้ข้อเสนอแนะ แก่อาจารย์ผู้สอนหลังจากสิ้นสุดภาคการศึกษา โดยผ่านระบบประเมินการเรียนการสอน ซึ่งมีการประเมิน 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นแบบประเมินที่ประกอบด้วยคำถามด้านต่าง ๆ ได้แก่ แผนการสอน อุปกรณ์การสอน สถานที่ ความสามารถของอาจารย์ วิธีการสอน และผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา ส่วนที่สอง คือ ส่วนแสดงความคิดเห็น ซึ่งผู้เรียนสามารถให้คำแนะนำหรือติชมเกี่ยวกับการสอนของอาจารย์ ในส่วนนี้สามารถนำความคิดเห็นมาวิเคราะห์เพื่อทราบถึงความพึงพอใจของผู้เรียนได้

ระบบการประเมินอาจารย์มีความสำคัญต่อการพัฒนาการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก ข้อมูลความคิดเห็นจากนักศึกษาจะช่วยให้มหาวิทยาลัยสามารถปรับปรุงคุณภาพการศึกษาและประสิทธิภาพการสอน เพิ่มโอกาสให้อาจารย์ได้พิจารณาผลงานและดำเนินการพัฒนาให้ดีขึ้น ซึ่งนำไปสู่ประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีคุณภาพสำหรับนักศึกษา ดังนั้น ระบบการประเมินอาจารย์จึงมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมระบบการศึกษาให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น (Survey Slash, 2566) และผลจากการประเมินจะถูกส่งต่อให้ผู้บริหารนำไปปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอน

การวิเคราะห์ความรู้สึก เป็นการนำเทคนิคการประมวลผลภาษาธรรมชาติ มาใช้ในการวิเคราะห์และจำแนกความรู้สึกทั้งในระดับเอกสาร ประโยค หรือคุณลักษณะของวัตถุ โดยสามารถวิเคราะห์ความคิดเห็นที่มีต่อสินค้าและบริการต่าง ๆ และการทำเหมืองความคิดเห็น เพื่อสกัดข้อมูลความคิดเห็นเฉพาะเจาะจง นำไปสกัดคุณลักษณะและส่วนประกอบของวัตถุที่ผู้ใช้แสดงความคิดเห็น เพื่อพิจารณาว่าความคิดเห็นนั้นแสดงออกในเชิงบวก เชิงลบ หรือเป็นกลาง (พิศิษฐ์ บวรเลิศสุธี & วรภัทร ไพรีเกรง, 2565)

การทำเหมืองข้อความเป็นเทคนิคทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับค้นหาองค์ความรู้ในข้อความจำนวนมาก โดยอาศัยหลักการทางสถิติ วิธีการเรียนรู้ของเครื่อง การประมวลผลเอกสาร การประมวลผลข้อความ และการประมวลผลภาษาธรรมชาติ ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้จากการทำเหมืองข้อความสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายขึ้นอยู่

กับวัตถุประสงค์ (วรรณวิภา วงศ์วิไลสกุล, 2557) เช่น การสรุปเนื้อหาของเอกสารข้อความและการจำแนกประเภทของเอกสารข้อความ

เพื่อให้โมเดลใช้งานได้จริงและแม่นยำ จำเป็นต้องมีการป้อนข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อให้อัลกอริทึมได้เรียนรู้ฝึกฝน และวิเคราะห์ชุดข้อมูล เพื่อตรวจสอบและค้นหารูปแบบหรือผลลัพธ์ที่ต้องการตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เมื่อกระบวนการเสร็จสิ้น ผลลัพธ์ที่ได้จากอัลกอริทึมจะถูกนำมาเปรียบเทียบและปรับแต่งให้เหมาะสมโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในวิจัยนี้ ผู้จัดทำได้นำชุดข้อมูลความคิดเห็นของนักศึกษาเพื่อนำมาจำแนกความรู้สึก โดยทำการวิเคราะห์ความรู้สึกจากความคิดเห็นในระบบประเมินการเรียนการสอน เช่น จำแนกความคิดเห็นเชิงบวกและเชิงลบ และประเมินประสิทธิภาพของโมเดลด้วยค่าความแม่นยำ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อทำความเข้าใจความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนการสอนผ่านการวิเคราะห์ความรู้สึก จากข้อมูลความคิดเห็นในระบบประเมินการเรียนการสอน การใช้การวิเคราะห์ความรู้สึกนี้จะช่วยให้สามารถจำแนกความคิดเห็นออกเป็นเชิงบวก เชิงลบ ได้อย่างเป็นระบบ
2. เพื่อให้เห็นถึงผลลัพธ์และประสิทธิภาพการสอนของอาจารย์ผู้สอนผ่านมุมมองของนักศึกษา การประเมินผลลัพธ์นี้จะช่วยให้เข้าใจว่าการเรียนการสอนนั้นสอดคล้องกับความคาดหวังของนักศึกษาหรือไม่
3. เพื่อระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน เช่น ด้านสถานที่ อุปกรณ์การสอน หรือการจัดเตรียมการสอน โดยการวิเคราะห์ปัญหาเหล่านี้จะช่วยให้เห็นถึงปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของการเรียนการสอน
4. เพื่อสร้างรายงานสรุปผลการประเมินอาจารย์ในลักษณะที่สามารถส่งต่อให้ผู้บริหารหรือหัวหน้าภาควิชาได้ โดยข้อมูลนี้จะช่วยเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอน

วิธีวิทยาการวิจัย

รวบรวมข้อมูลความคิดเห็นของนักศึกษา

ข้อมูลที่นำมาใช้ในโครงงานนี้คือข้อมูลความคิดเห็นในระบบประเมินการเรียนการสอนของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือจากสำนักคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ตั้งแต่ปีการศึกษา 2563 ถึง 2565 จำนวน 34,451 ข้อมูล มีเพียงความคิดเห็นจากนักศึกษาโดยไม่มีการระบุรายละเอียดต่าง ๆ ที่ระบุถึงตัวบุคคล และนำไปตรวจสอบและประมวลผลด้วยการลบข้อมูลซ้ำ ลบข้อมูลที่กล่าวถึงตัวบุคคล

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลความคิดเห็นของนักศึกษา

ความคิดเห็นของนักศึกษา
- สื่อการสอนอ่านยากมากมองไม่เห็น มองไม่เห็นภาพ อยากให้มีรูป 3 มิติประกอบในการอธิบาย
- อยากให้อาจารย์ลงรายละเอียดมากกว่านี้ และแจ้งคะแนนให้นักศึกษาทราบ
- ควรสื่อสารกันด้วยภาษาไทยนอกเวลาการสอน และควรลดแบบฝึกหัดให้น้อยลงเนื่องจากตามงานอื่นไม่ทันแล้ว
- สอนได้ดีเยี่ยมครับเข้าใจเนื้อหาเป็นอย่างดี มากประสบการณ์เป็นอย่างยิ่ง ขอบคุณครับ

การเตรียมชุดข้อมูล

การทำความสะอาดข้อมูล

หมายถึงการล้างเอาเครื่องหมายหรืออักขระที่ไม่มีประโยชน์ตอนการประมวลผลออกไป อีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการประมวลผลของโมเดล (วรรณพงษ์ ภัททิยไพบูลย์, 2563)

ลบข้อมูลซ้ำ

การลบข้อมูลที่ซ้ำกันออกให้เหลือเพียงชุดข้อมูลเดียว เพื่อช่วยลดการทำงานซ้ำซ้อนและลดจำนวนข้อมูลที่ให้ผลลัพธ์เหมือนกัน

ตารางที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลซ้ำ

ความคิดเห็นของนักศึกษา
– อาจารย์สอนดีมากครับ
– อาจารย์สอนดีมากครับ
– อาจารย์สอนดีมากครับ

ลบข้อมูลที่กล่าวถึงตัวบุคคล สาขา คณะ

เพื่อไม่ให้ชื่อของ บุคคล สาขา และ คณะถูกใช้ในการประมวลผล จึงลบข้อมูลที่ถูกกล่าวถึงออก เนื่องจากข้อมูลมีความเกี่ยวข้องกับข้อมูลส่วนบุคคลจึงต้องได้รับการปกป้องข้อมูลในส่วนนั้นๆ ซึ่งเป็นพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลเพื่อป้องกันการละเมิดข้อมูลส่วนบุคคลของทุกคน (PDPA PRO, 2565)

การจำแนกความรู้สึก

หลังจากทำความสะอาดข้อมูลเพื่อให้ได้คุณภาพแล้ว จึงไปวิเคราะห์ และ จำแนกความรู้สึกของความคิดเห็นจาก อารมณ์ ความรู้สึก จากรูปประโยคและสร้างกลุ่มของความรู้สึก (กิตติศักดิ์ กิตติธานุสรณ์, 2563) โดยจำแนกเป็นเชิงบวก เชิงลบ หรือเป็นกลาง

ตารางที่ 3 ตัวอย่างข้อมูลซ้ำ

ความคิดเห็นของนักศึกษา	ความรู้สึก
ก็ดีครับ	Neutral
อาจารย์สอนดีมากครับ	Positive
สื่อการสอนอ่านยากมาก	Negative

หลังจากจำแนกและนับจำนวนเพื่อทราบปริมาณข้อมูลในแต่ละความรู้สึก โดยแบ่งเป็นความรู้สึกเชิงบวก 18,108 ข้อมูลความรู้สึกเชิงลบ 10,528 ข้อมูล และ ความรู้สึกเป็นกลาง 1,073 ข้อมูล โดยมีจำนวนทั้งหมด 29,709 ข้อมูล จากการแบ่งชุดข้อมูลจะเห็นได้ว่าความรู้สึกเป็นกลางมีจำนวนข้อมูลน้อย จึงได้นำข้อมูลความรู้สึกเป็นกลางออกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโมเดล และหากนำไปประมวลผลต่ออาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการทำนายผลความรู้สึกเป็นกลาง

การสุ่มตัวอย่าง

กระบวนการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างได้รับการออกแบบเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของประชากรอย่างเหมาะสม โดยแบ่งการสุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 รูปแบบหลัก ได้แก่

1. การสุ่มตัวอย่างโดยไม่ใช้หลักความน่าจะเป็น (Nonprobability Sampling)
2. การสุ่มตัวอย่างโดยใช้หลักความน่าจะเป็น (Probability Sampling)

สำหรับการวิจัยนี้ เลือกใช้วิธี การสุ่มตัวอย่างโดยใช้หลักความน่าจะเป็น โดยเลือกวิธี การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (Systematic Sampling) (Enablesurvey , 2565) ซึ่งเริ่มต้นจากการกำหนดความรู้สึกของข้อความ (Sentiment) และจัดกลุ่มข้อความตามประเภทของความรู้สึก จากนั้นจึงดำเนินการสุ่มตัวอย่างโดยเลือกข้อมูลเป็นลำดับ เช่น การเลือกข้อมูลจากแถวที่ 1 ถึงแถวที่ 10 และดำเนินการเช่นนี้ต่อไปจนกว่าจะได้กลุ่มตัวอย่างที่ครบถ้วนตามจำนวนที่กำหนด

การแบ่งชุดข้อมูล

แบ่งชุดข้อมูลเป็น 2 ส่วน เพื่อใช้สร้างโมเดลในการทำนายเป็นขั้นตอนสำคัญในการทำการเรียนรู้ของเครื่อง หากไม่แบ่งข้อมูลออกมาเป็น 2 ชุด ตัวโมเดลก็จะไม่เกิดการเรียนรู้จากข้อมูล และไม่สามารถนำมาใช้ได้จริง (สหชัย งามชัยภูมิ, 2563) โดยแบ่งเป็นชุดข้อมูลฝึก 80% และ ชุดทดสอบ 20%

ตารางที่ 4 จำนวนความรู้สึกในแต่ละชุดข้อมูล

ข้อมูล	ความรู้สึก		รวม
	Positive	Negative	
ชุดฝึก	15,243	7,665	22,908
ชุดทดสอบ	2,864	2,864	5,728

การตัดคำ

การตัดคำในภาษาไทยนั้นมีความซับซ้อนเนื่องจากตัวภาษาไทยนั้นพิมพ์ต่อกันไม่เหมือนกับภาษาอังกฤษที่มีการเว้นวรรคคำต่อคำ จึงใช้ไลบรารี่ของ PythaiNLP โดยใช้ newmm เป็นเครื่องมือในการช่วยตัดคำ (Surapong Kanoktipsatharporn , 2562)

การตัดคำฟุ่มเฟือย

คือคำในภาษาไทยที่ลบออกแล้วความรู้สึก หรือ รูปประโยค และสิ่งที่ต้องการสื่อไม่เปลี่ยนแปลงไป อีกทั้งการลบคำฟุ่มเฟือยยังช่วยให้โมเดลทำนายได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (วรรณพงษ์ ภัททิยไพบูลย์ , 2563) เช่น คำว่า “ก็ จะ ครับ ค่ะ”

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการลบคำฟุ่มเฟือย

Text	Stop word
อาจารย์ดีมากคอยดูนักศึกษาตลอดการสอน	อาจารย์ ดีมาก ดู นักศึกษา ตลอด การสอน
สอนไม่เข้าใจเลย ใช้คำก็ยากอธิบายไม่เข้าใจ	สอน ไม่ เข้าใจ ใช้ คำ ยาก อธิบาย ไม่ เข้าใจ
สอนดีมีกิจกรรมให้เล่นตลอด สนุกมากครับ	สอน ดี มี กิจกรรม ให้ เล่น ตลอด สนุก มาก

การแปลงประโยคเป็นตัวเลข

การแปลงคำให้เป็นตัวเลขที่ไม่ซ้ำกัน โดยการใช้โมเดล Word2Vec คือการเปลี่ยนบริบทของข้อความให้กลายเป็นตัวเลขและนำไปสร้างเป็น Bag-of-word ที่ใช้เก็บคำเมื่อเจอคำที่เคยประมวลผลไปแล้วจะแปลงเป็นตัวเลขเดียวกัน (อรรถพล ธำรงรัตนฤทธิ์, 2562)

ตารางที่ 6 ตัวอย่างคำศัพท์ที่แปลงเป็นตัวเลข

Text	Vector
อาจารย์	6454
อารมณ์เสีย	6471
น่ารัก	3747
ใจดี	8413

การประเมินค่าความแม่นยำ

เพื่อประเมินประสิทธิภาพของโมเดลและการวัดประสิทธิภาพโมเดลจะใช้ตัววัดประสิทธิภาพดังนี้

ค่าความแม่นยำ คือ การวัดความถูกต้องของการพยากรณ์โดยพิจารณาทุกกลุ่ม

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

ค่าความถูกต้อง คือ การวัดความแม่นยำของข้อมูลโดยพิจารณาแยกทีละกลุ่ม

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

การวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ของโมเดลโดยพิจารณาแยกทีละกลุ่ม

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

F1-Score คือค่าเฉลี่ยแบบ Harmonic mean ระหว่างค่าความถูกต้อง (Precision) และการวัดความครอบคลุม (Recall) ของการพยากรณ์ของโมเดล โดยพิจารณาแยกทีละกลุ่ม ซึ่งเป็นตัวชี้วัดเดียวที่ใช้ในการวัดความสามารถของโมเดลได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ชานนท์ วรโชติสืบตระกูล, 2565)

$$F1 = \frac{2 * Percision * Recall}{Precision + Recall}$$

โดยค่า TP คือ ค่าที่เป็น เชิงบวก และโมเดลทำนายได้ เชิงบวก

FP คือ ค่าที่เป็น เชิงบวก และโมเดลทำนายได้ เชิงลบ

TN คือ ค่าที่เป็น เชิงลบ และโมเดลทำนายได้ เชิงลบ

FN คือ ค่าที่เป็น เชิงลบ และโมเดลทำนายได้ เชิงบวก

การสร้างโมเดลจำแนกความรู้สึก

การเลือกวิธีการสร้างโมเดลเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการพัฒนาโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โดยขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลและเป้าหมายของการวิเคราะห์ ในงานวิจัยนี้ ได้เลือกโมเดล 3 วิธี ได้แก่ Logistic Regression, Random Forest และ Convolutional Neural Networks (CNNs) เนื่องจากแต่ละวิธีมีจุดเด่นและข้อดีที่เหมาะสมกับข้อมูลและวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์

การถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรเชิงพหุ (Multivariate Analysis) ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าหรือพยากรณ์โอกาสของเหตุการณ์ที่จะเกิดหรือไม่เกิด โดยอยู่ภายใต้อิทธิพลของตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ซึ่งตัวแปรตาม (Dependent Variable) ของแบบจำลองโลจิสติกต้องเป็นตัวแปรแบบทวินาม (Dichotomous Variable) เช่น “เกิด” กับ “ไม่เกิด” หรือ “เสี่ยง” กับ “ไม่เสี่ยง” (กาญจน์เขจร ชูชีพ, 2561)

สมการพื้นฐานของ Logistic Regression:

$$P(Y=1) = \frac{e^{(b_0+b_1X_1+b_2X_2+\cdots+b_kX_k)}}{1+e^{(b_0+b_1X_1+b_2X_2+\cdots+b_kX_k)}}$$

โดยที่ P(Y=1) คือความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

b_0 คือค่าคงที่

$X_1,\ldots,X_k$ คือค่าของตัวแปรอิสระ

Logistic Regression มีความเรียบง่าย ตีความผลลัพธ์ได้ง่าย และใช้ทรัพยากรต่ำ เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปร

การสุ่มป่าไม้ (Random Forest) เป็นเทคนิคการสร้างโมเดลด้วยวิธีการ Decision tree ขึ้นมาหลาย ๆโมเดลอย่างสุ่ม จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้ของแต่ละโมเดลมารวมกัน แล้วนับจำนวนผลลัพธ์ที่มีจำนวนซ้ำกันมากที่สุด เพื่อสกัดออกมาเป็นผลลัพธ์สุดท้าย ซึ่งข้อดีของ Random forest คือ การให้ผลการทำนายที่แม่นยำและเกิดปัญหา overfitting น้อย มีความยืดหยุ่นสูงสามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งในงาน Classification และ Regression สามารถวิเคราะห์ความสำคัญของฟีเจอร์ (Feature Importance) เพื่อเลือกฟีเจอร์ที่สำคัญที่สุดสำหรับโมเดลได้ (เมธาพร ผ่องยิ่ง, 2565)

โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks)เป็นโมเดลที่ได้รับความนิยมในงานด้านการประมวลผลภาพ จะถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการประมวลผลข้อความ ด้วยการแปลงอินพุตที่เป็นข้อความให้มีลักษณะโครงสร้างข้อมูลที่คล้ายคลึงกับข้อมูลภาพ (ณัฐโชติ & สัจจาภรณ์, 2562) จะช่วยให้สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นไปเปรียบเทียบกับโมเดลอื่นๆ เพื่อศึกษาและประเมินว่าโมเดลที่มีจุดเด่นในการจำแนกภาพจะสามารถให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าหรือเทียบเคียงได้กับโมเดลที่ถูกออกแบบมาเพื่อการจำแนกข้อความโดยเฉพาะหรือไม่

หลังจากการทำความสะอาดข้อมูลให้มีประสิทธิภาพแล้ว นำข้อมูลจากชุดฝึกไปฝึกให้กับทั้ง 3 ขั้นตอนวิธี คือ การถดถอยโลจิสติก การสุ่มป่าไม้ และ โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน ด้วยการนำข้อมูลชุดฝึกจำนวน 22,908 ข้อมูล และ นำข้อมูลชุดทดสอบจำนวน 5,728 ข้อมูลมาประเมินประสิทธิภาพของโมเดล

ผลการศึกษา

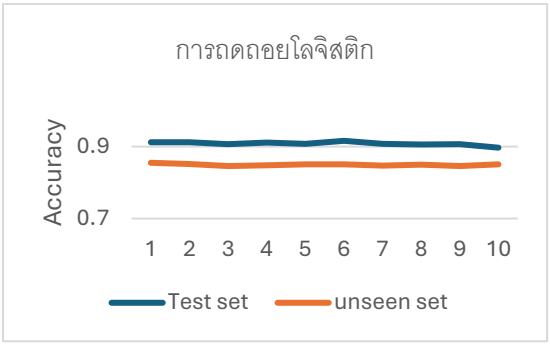
การเลือกชุดข้อมูล

มีการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเลือกชุดข้อมูลด้วยการแบ่งสัดส่วนระหว่างชุดฝึก (Train) และชุดทดสอบ (Test) ในรูปแบบ 80:20, 70:30 และ 60:40 เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าความแม่นยำ (Accuracy) และประสิทธิภาพของโมเดล โดยพบว่าการใช้สัดส่วน 80:20 ให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างจากสัดส่วนอื่นเพียงเล็กน้อยในระดับทศนิยมสามตำแหน่งเมื่อวัดจากค่าความแม่นยำ

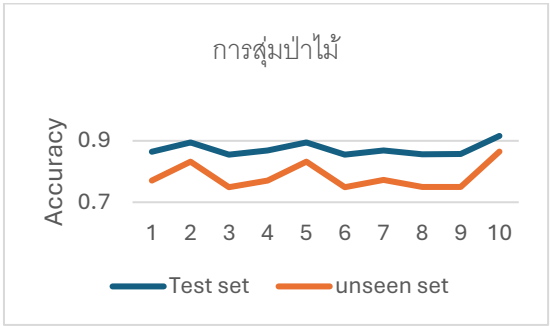
ในกรณีของข้อมูลที่เป็นชุดฝึก ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าโมเดล CNNs มีค่าความแม่นยำสูงสุดในทุกสัดส่วน ขณะที่ Random Forest มีค่าความแม่นยำใกล้เคียงกับ CNNs และ Logistic Regression ตามมาเป็นอันดับสุดท้าย อย่างไรก็ตาม เมื่อทดสอบกับ ชุดข้อมูลใหม่ (Unseen Data) Random Forest กลับแสดงผลลัพธ์ที่เสถียรที่สุดในทุกสัดส่วน โดยค่าความแม่นยำลดลงเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ CNNs มีค่าความแม่นยำลดลงชัดเจน โดยเฉพาะในกรณีของสัดส่วน 80:20 และ 70:30

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าการใช้สัดส่วน 80:20 เป็นตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวิจัยนี้ เนื่องจากให้ความสมดุลที่ดีระหว่างการฝึกและการทดสอบ ช่วยให้โมเดลมีข้อมูลสำหรับการเรียนรู้เพียงพอ และยังคงมีข้อมูลทดสอบที่มากพอในการประเมินผลลัพธ์อย่างน่าเชื่อถือ การเปลี่ยนไปใช้สัดส่วนอื่น เช่น 70:30 หรือ 60:40 มีผลเพียงเล็กน้อยต่อค่าความแม่นยำของข้อมูลที่เคยเห็น แต่ในข้อมูลที่ไม่เคยเห็น Random Forest ยังคงเสถียรที่สุดในทุกกรณี ขณะที่ CNNs อาจต้องการข้อมูลฝึกมากกว่านี้เพื่อรักษาประสิทธิภาพ.

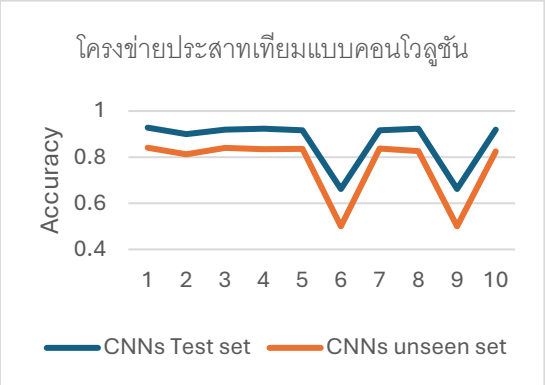
เมื่อทำการฝึกฝนโมเดลด้วยข้อมูลชุดฝึกแล้วหลังจากนั้นจึงนำข้อมูลชุดทดสอบ และ นำไปปรับใช้งานจริงกับชุดข้อมูลใหม่ 10 ครั้ง และได้ผลลัพธ์ตามแผนภูมิ ที่ 1 – 3 โดยในแกน Y คือค่าความแม่นยำ และ แกน X คือรอบของการทดสอบ



แผนภูมิที่ 1 ค่าความแม่นยำของ โมเดลการถดถอยโลจิสติก ทั้ง 10 ครั้ง



แผนภูมิที่ 2 ค่าความแม่นยำของ โมเดลการสุ่มป่าไม้ ทั้ง 10 ครั้ง



แผนภูมิที่ 3 ค่าความแม่นยำของ โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันทั้ง 10 ครั้ง

ค่าความแม่นยำที่ดีที่สุดของแต่ละโมเดล

โมเดล Logistic Regression มีค่าความแม่นยำโดยรวม (Accuracy) อยู่ที่ **91%** โดยในกลุ่มข้อมูล Negative มีค่าความถูกต้อง (Precision) เท่ากับ 0.86 และ ค่าความถูกต้องของแต่ละกลุ่ม (Recall) เท่ากับ 0.88 แสดงถึงความสามารถในการจำแนกข้อมูลในระดับปานกลาง ขณะที่กลุ่ม Positive มีค่า Precision และ Recall เท่ากันที่ 0.94 แสดงถึงความแม่นยำและครอบคลุมที่ดีเยี่ยม ค่า ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง (F1-Score) ในกลุ่ม Negative อยู่ที่ 0.87 และในกลุ่ม Positive อยู่ที่ 0.93 ในขณะที่โมเดล Random Forest มีค่าความแม่นยำสูงสุดในตารางที่ **92%** โดยในกลุ่ม Negative ค่า Precision อยู่ที่ 0.90 และ Recall อยู่ที่ 0.84 ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการจำแนกข้อมูลที่ดีในระดับหนึ่ง ขณะที่กลุ่ม Positive มีค่า Precision อยู่ที่ 0.92 และ Recall สูงถึง 0.95 สะท้อนถึงการทำนายข้อมูลในกลุ่มนี้ได้อย่างยอดเยี่ยม ค่า F1-Score ในกลุ่ม Negative อยู่ที่ 0.87 และในกลุ่ม Positive อยู่ที่ 0.94 แสดงถึงความสมดุลที่ดีระหว่าง Precision และ Recall สำหรับ Convolutional Neural Networks (CNNs) ซึ่งมีค่าความแม่นยำเท่ากับ **92%** เช่นเดียวกับ Random Forest โดยในกลุ่ม Negative ค่า Precision เท่ากับ 0.89 และ Recall เท่ากับ 0.86 ซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงกับ Random Forest แต่ต่ำกว่าเล็กน้อย ส่วนกลุ่ม Positive มีค่า Precision เท่ากับ 0.93 และ Recall เท่ากับ 0.95 เช่นเดียวกับ Random Forest โดยมีค่า F1-Score ในกลุ่ม Negative และ Positive เท่ากับ 0.87 และ 0.94 ตามลำดับ สะท้อนถึงความสามารถในการจัดการข้อมูลที่ซับซ้อนได้ดีเยี่ยมตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าความแม่นยำที่ดีที่สุดที่ใช้ชุดข้อมูลฝึก

Model	Evaluation	Precision	Recall	F1-score
Logistic Regression	Negative	0.86	0.88	0.87
	Positive	0.94	0.94	0.93
	Accuracy			**0.91**
Random Forrest	Negative	0.90	0.84	0.87
	Positive	0.92	0.95	0.94
	Accuracy			**0.92**
CNNs	Negative	0.89	0.86	0.87
	Positive	0.93	0.95	0.94
	Accuracy			**0.92**

ผลจากการทดสอบกับชุดข้อมูลใหม่ (Unseen Data) ในตารางที่ 8 พบว่า Logistic Regression มี Accuracy ที่ 85%, โดยสามารถจำแนกข้อมูลในกลุ่ม Negative ได้ดี (Precision 0.87, F1-score 0.85) และในกลุ่ม Positive มีความสามารถในการทำนายได้ดี (Recall 0.87).Random Forest แสดงผล Accuracy ที่ดีที่สุดที่ 86%, โดยการทำนายในกลุ่ม Negative มี Precision สูงถึง 0.91 และในกลุ่ม Positive มี Recall 0.92 ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำในการทำนายได้ดีเยี่ยม Convolutional Neural Networks (CNNs) มี Accuracy ต่ำสุดที่ 82%, แต่แสดงความสามารถในการจำแนกข้อมูลในกลุ่ม Negative และ Positive ในระดับที่ค่อนข้างสมดุล F1-score 0.82 ในทั้งสองกลุ่ม

ตารางที่ 8 ค่าความแม่นยำที่ดีที่สุดที่ใช้ชุดข้อมูลใหม่

Model	Evaluation	Precision	Recall	F1-score
Logistic Regression	Negative	0.87	0.83	0.85
	Positive	0.84	0.87	0.85
	Accuracy			**0.85**
Random Forrest	Negative	0.91	0.81	0.86
	Positive	0.83	0.92	0.87
	Accuracy			**0.86**
CNNs	Negative	0.84	0.80	0.82
	Positive	0.81	0.84	0.82
	Accuracy			**0.82**

การทดสอบกับข้อความ

ตารางที่ 9 ตัวอย่างข้อความที่นำไปทดสอบในแต่ละโมเดล จำนวน 10 ข้อความ

ข้อความ	Logistic Regression	Randon Forrest	CNNs
อาจารย์สอนดีมากครับ แต่บางครั้งยังอธิบายไม่ชัดเจน	Positive	Positive	Positive
อาจารย์มีความรู้เยอะมาก แต่บางครั้งท่านก็พูดเร็วเกินไป ตามไม่ทัน	Negative	Negative	Negative
สไตล์การสอนของอาจารย์ยอดเยี่ยมครับ แต่ว่า อาจารย์ไม่ค่อยให้โอกาสนักเรียนพูดครับ	Positive	Negative	Positive
อุปกรณ์การเรียนเข้าแลปไม่พร้อม ได้ไม่ครบทุกคน	Negative	Negative	Negative
สอนดีมากๆ เข้าใจง่าย ไม่ไปเร็วเกิน คอยสอบถามนักศึกษาทุกคน ดีมากครับอยากเรียนอีกด้วยเลย	Positive	Positive	Positive
ตรงต่อเวลา	Positive	Positive	Negative
ทำสไลดให้อ่านง่ายหน่อยครับ	Negative	Negative	Negative
เนื้อหาการสอบค่อนข้างให้ตรงกับเนื้อหาเกินไป	Negative	Negative	Negative
ชอบที่อาจารย์เป็นกันเอง เนื้อหาไม่ได้ยากง่ายจนเกินไป ชอบที่ อจ. ให้ทำงานกันเป็นกลุ่ม	Positive	Positive	Positive
ในการเรียนมีความกดดันมาก	Negative	Positive	Positive

สรุปผลและอธิปรายผล

ในการสร้างโมเดลการจำแนกความรู้สึกจากระบบประเมินการเรียนการสอนด้วยการทำเหมืองข้อความ ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นแบ่งออกเป็นเชิงบวกและเชิงลบ โดยมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลสามประเภท ได้แก่ โมเดลการถดถอยเชิงเส้น, โมเดลการสุ่มป่าไม้, และโมเดลโครงข่ายประสาทคอนโวลูชัน

ผลการทดสอบเปรียบเทียบพบว่า โมเดลการสุ่มป่าไม้มีค่าความถูกต้องสูงที่สุดที่ร้อยละ 86 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถของโมเดลในการจำแนกความคิดเห็นได้อย่างแม่นยำโดยมีจุดเด่นคือความสามารถในการจัดการกับข้อมูลที่มีลักษณะหลากหลายและความซับซ้อนโดยไม่เกิดปัญหา Overfitting ซึ่งเป็นผลมาจากกฎของจำนวนมาก (Law of Large Numbers) ที่ช่วยลดผลกระทบจากการเรียนรู้เกินจำเป็น นอกจากนี้ โมเดลสุ่มป่าไม้ยังใช้ความสุ่มในลักษณะที่เหมาะสม เช่น การสุ่มฟีเจอร์และการ Bagging ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำและลดความสัมพันธ์ระหว่างตัวพยากรณ์แต่ละต้น (Breiman, 2001) การที่โมเดลนี้สามารถประมวลผลข้อมูลที่มีลักษณะหลากหลายและความซับซ้อนได้ดี ถือเป็นข้อได้เปรียบที่ช่วยให้การวิเคราะห์ความคิดเห็นมีความแม่นยำยิ่งขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับโมเดลอื่น โมเดลการถดถอยเชิงเส้นมีความแม่นยำต่ำกว่าเนื่องจากไม่สามารถจัดการกับความสัมพันธ์เชิงซ้อนของข้อมูลได้อย่างเหมาะสม ขณะที่โมเดลโครงข่ายประสาทคอนโวลูชัน แม้จะมีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลเชิงลำดับได้ดี แต่ยังมีข้อจำกัดจากความต้องการขนาดข้อมูลที่คงที่ ทำให้เกิดปัญหาเมื่อต้องจัดการข้อมูลที่มีความยาวและรูปแบบที่หลากหลาย

ข้อจำกัด

1. ขอบเขตข้อมูลที่ใช้ฝึกนั้นเป็นข้อมูลมาจากระบบประเมินการเรียนการสอนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือเท่านั้น อาจไม่ครอบคลุมความคิดเห็นจากกลุ่มผู้ใช้งานอื่นๆ
2. ภาษาและรูปแบบการเขียนความคิดเห็นส่วนใหญ่ใช้ภาษาที่ไม่เป็นทางการ มีคำสะกดผิด คำย่อ และสัญลักษณ์พิเศษ ซึ่งอาจลดความแม่นยำของการจำแนกความคิดเห็น
3. โมเดลทำนายผลได้เพียงสองคลาส คือ ความรู้สึกเชิงบวกและความรู้สึกเชิงลบ ทำให้ไม่สามารถจับความซับซ้อนของความคิดเห็นที่มีความรู้สึกกลางหรือหลากหลายได้

ข้อเสนอแนะ

1. เพิ่มระดับการจำแนกความรู้สึกในหลายระดับ เช่น ความรู้สึกเชิงบวก, ความรู้สึกเชิงลบ, ความรู้สึกที่เป็นกลาง
2. ควรปรับสมดุลข้อมูลเพื่อให้โมเดลมีความแม่นยำมากขึ้นและอาจจะช่วยลดข้อการทำนายผลที่ผิดพลาดไปทางคลาสที่มีข้อมูลเยอะกว่า
3. เพิ่มการแก้ไขคำผิดให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มความแม่นยำของโมเดลในการจัดการกับความคิดเห็นที่หลากหลาย

ปัญหาที่พบ

การประมวลผลภาษาของโมเดล Convolutional Neural Networks หรือ โมเดลโครงข่ายประสาทคอนโวลูชัน เป็นโมเดลที่ต้องการขนาดข้อมูลที่คงที่ ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคเมื่อข้อมูลมีความหลากหลายทั้งในด้านความยาวและความสั้นของข้อความ การปรับปรุงข้อมูลเพื่อให้เข้ากับฟิลเตอร์ของโมเดลอาจนำไปสู่การสูญเสียข้อมูลและทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในผลลัพธ์ ส่งผลให้โมเดลนี้อาจไม่เหมาะสมกับการใช้งานในระยะยาว (Puja Chaudhury and Matteo Zangani, 2024)

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำงานวิจัยเรื่อง การจำแนกความรู้สึกของนักศึกษาด้วยเทคนิคเหมืองข้อความ ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำอย่างดียิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษา ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธิดา ชัยชมชื่น ที่ได้ให้คำแนะนำอันทรงคุณค่า อันเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำงานวิจัยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา และ ขอขอบคุณ อาจารย์อุกฤษฐิวัฒน์ พิมพ์พา ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคและขั้นตอนการทำเหมืองข้อความ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนางานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กาญจน์เขจร ชูชีพ. (2561). **Remote Sensing Technical Note No. 5.** สืบค้นจาก https://forest-admin.forest.ku.ac.th/304xxx/?q=system/files/book/5%282018%29%20Logistic%20Regression.pdf

กิตติศักดิ์ กิตติธานุสรณ์. (2563). **การจำแนกประเภทข่าวด้วยวิธีการเรียนรู้ด้วยเครื่อง.** มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชานนท์ วรโชติสืบตระกูล. (2565). **การเปรียบเทียบสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทคอนโวลูชัน 3 มิติโดยการจำแนกโรคหลอดเลือดสมองจากภาพการฉายรังสีเอกซเรย์สมอง.** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิศิษฐ์ บวรเลิศสุธี & วรภัทร ไพรีเกรง. (2565). ตัวแบบการวิเคราะห์ความรู้สึกทางอารมณ์สำหรับจำแนกประเภทบทความแนะนำสินค้าออนไลน์. **Journal of Engineering and Digital Technology (JEDT),** 10(1), 73.

วรรณพงษ์ ภัททิยไพบูลย์. (2563). **ทำความสะอาดข้อความภาษาไทยเบื้องต้นง่าย ๆ ก่อนนำไปทำ AI.** สืบค้นจาก https://python3.wannaphong.com/2020/02/ai.html

วรรณวิภา วงศ์วิไลสกุล. (2557). เหมืองข้อความและการประยุกต์ใช้. **วารสารปัญญาภิวัฒน์**, 4(ฉบับพิเศษ), 158.

สหชัย งามชัยภูมิ. (2563). **กระบวนการแบบผสมผสานเพื่อการจำแนกความรู้สึกแบบข้อความสั้น**. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อรรถพล ธำรงรัตนฤทธิ์. (2562). **การหา Word Embedding ด้วย word2vec**. สืบค้นจาก https://attapol.github.io/compling/slides/word_embedding_classifier.pdf.

อ.ดร.ณัฐโชติ พรหมฤทธิ์และอ.ดร.สัจจาภรณ์ ไวจรรยา . (2562). **Sentiment Analysis using CNN.** https://blog.pjjop.org/sentiment-analysis-using-cnn/.

เมธาพร ผ่องยิ่ง .(2565) **การจำแนกการเป็นโรคเบาหวานโดยใช้เทคนิค Machine learning.** มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Breiman, L. (2001). **Random Forests**. Machine Learning, 45(1), 5–32.

Chaudhury, P., & Zangani, M. (2024). **What are the advantages and disadvantages of CNN over ANN for natural language processing?** สืบค้นจาก https://www.linkedin.com/advice/0/what-advantages-disadvantages-cnn-over.

Enablesurvey. (2565). **การสุ่มตัวอย่าง (sampling) คืออะไร? วิธีการสุ่มตัวอย่างงานวิจัย มีกี่แบบ ประเภท**. สืบค้นจาก https://www.enablesurvey.com/article-detail/5e098336-686a-4fbd-88b1-cc80636f5d80/sampling.

Kanoktipsatharporn, S. (2562). **Training Set คืออะไร ทำไมเราต้องแยกชุดข้อมูล Train / Test Split เป็น Training Set, Validation Set และ Test Set ใน Machine Learning**. สืบค้นจาก https://www.bualabs.com/archives/532/what-is-training-set-why-train-test-split-training-set-validation-set-test-set/.

Kanoktipsatharporn, S. (2563). **Python ตัดคำภาษาไทย ด้วย PyThaiNLP API ตัดคำ Word Tokenize ภาษาไทย ตัวอย่างการตัดคำภาษาไทย อัลกอริทึม deepcut, newmm, longest, pyicu, attacut – PyThaiNLP ep.2.** สืบค้นจาก https://www.bualabs.com/archives/3740/python-word-tokenize-pythainlp-example-algorithm-deepcut-newmm-longest-python-pythainlp-ep-2/.

PDPA PRO. (2565). **สรุป PDPA คืออะไร ฉบับเข้าใจง่าย พร้อมแนะแนว.** สืบค้นจาก https://pdpa.pro/blogs/in-summary-what-is-pdpa.

PradyaSin. (2562). **Random Forest คืออะไร.** สืบค้นจาก https://medium.com/@pradyasin/random-forest-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3-74d2a0af3d7.

Survey Slash. (2566). **ระบบประเมินอาจารย์.** สืบค้นจาก https://www.surveyslash.com/article/23/teacher-assessment.

การพัฒนาตัวประมาณแบบอัตราส่วน สำหรับค่าเฉลี่ยประชากร โดยใช้ข้อมูลที่ทราบค่าจากตัวแปรช่วยจำนวนสองตัว ภายใต้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย

Development of ratio estimators for the population average utilizing known information from two auxiliary variables under simple sampling

ณภัทณ์จันทร์ ด่านสวัสดิ์[1*] และ เอกภพ เกตุสมบูรณ์[1]

Napattchan Dansawad[1*] and Ekkaphop Ketsombun[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาตัวประมาณแบบอัตราส่วน สำหรับประมาณค่าเฉลี่ยประชากร โดยใช้ข้อมูลที่ทราบค่าจากตัวแปรช่วยจำนวนสองตัว ซึ่งตัวประมาณดังกล่าวจะครอบคลุมตัวประมาณของ Cochran [1] Sisodia และ Dwivedi [2] Upadhyaya และ Singh [3] Singh และ Tailor [4] Singh และคณะ [5] Yan และ Tian [6] Subramani และ Kumarpandiyan [7] Jerajuddin และ Kishun [8] Singh และ Agnihotri [9] Gupta และ Yadav [10] และ Sabo และคณะ [11] โดยคุณสมบัติที่สำคัญบางประการของตัวประมาณ เช่น ค่าความเอนเอียง ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด จะถูกนำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้ และผู้วิจัยจะเปรียบประสิทธิภาพของตัวประมาณที่นำเสนอกับตัวประมาณอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด จากการพิจารณาจากค่าร้อยละประสิทธิภาพสัมพัทธ์ ซึ่งผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ พบว่า ตัวประมาณที่นำเสนอประสิทธิภาพดีกว่าตัวประมาณอื่น ๆ ภายใต้สถานการณ์เดียวกัน

คำสำคัญ: ตัวประมาณแบบอัตราส่วนร่วมกับผลคูณ, ค่าเฉลี่ยประชากร, การสำรวจตัวอย่าง, ความเอนเอียง, ร้อยละประสิทธิภาพสัมพัทธ์

Abstract

This research involves the development of ratio estimators for the population average utilizing known information from two auxiliary variables under simple random sampling. This estimator will cover the estimators of Cochran [1], Sisodia and Dwivedi [2], Upadhyaya and Singh [3], Singh and Tailor [4], Singh *et al.* [5], Yan and Tian [6], Subramani and Kumarpandiyan [7], Jerajuddin and Kishun [8], Singh and Agnihotri [9], Gupta and Yadav [10], and Sabo *et al.* [11]. The research presents important properties of the new estimators, such as bias, mean squared error (MSE), and minimum mean squared error (MMSE), and compares their performance with relevant estimators by considering the percentage relative efficiency (PRE). The comparison results indicate that the new estimator outperforms others in similar situations.

[1] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140

[1] Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

*Corresponding author : napattchan.dan@kmutt.ac.th

Keywords: Ratio-cum-product estimator, Population mean, Sample survey, Bias, Mean squared error

บทนำ

นักสถิติหลายท่าน เช่น Cochran [1] Sisodia และ Dwivedi [2] Upadhyaya และ Singh (1999) Singh และ Tailor [4] Singh และคณะ [5] Yan และ Tian [6] Subramani และ Kumarpandiyan [7] และ Jerajuddin และ Kishun [8] นิยมนำข้อมูลที่ทราบค่าจากตัวแปรช่วย (Auxiliary Variable: X) เช่น ค่าควอไทล์ (Quartile: Q_x) ค่าเดไซล์ (Decile: D_x) ค่าเปอร์เซ็นไทล์ (Percentile: P_x) ค่าขนาดตัวอย่าง (Sample Size: n) ค่ามัธยฐาน (Median: M_d) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: σ_x) เป็นต้น มาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของตัวประมาณที่สร้างขึ้น โดยประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นของตัวประมาณต่าง ๆ นั้น จะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรช่วย X กับตัวแปรที่สนใจศึกษา (Study Variable: Y) กล่าวคือ ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรช่วย X กับตัวแปรที่สนใจศึกษา Y เป็นไปในทิศทางเดียว ตัวประมาณแบบอัตราส่วน (Ratio Estimator) จะเป็นตัวประมาณที่มีความเหมาะสมสำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่สนใจศึกษาจากประชากร ในขณะที่ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรช่วย X กับตัวแปรที่สนใจศึกษา Y เป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม ตัวประมาณแบบผลคูณ (Product Estimator) จะเป็นตัวประมาณที่มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมมากที่สุด

ภายใต้วิธีการเลือกตัวอย่างสุ่มแบบง่ายแบบไม่ใส่คืน (Simple random sampling without replacement: SRSWOR) Cochran [1] ได้นำเสนอตัวประมาณแบบอัตราส่วนแบบดั้งเดิมขึ้นเป็นคนแรก โดยพัฒนามาจากตัวประมาณ $\bar{y}$ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียง (Unbiased Estimator) โดยตัวประมาณ $\bar{y}$ ดังกล่าว เกิดจากการเลือกตัวอย่างขนาด n จากประชากรขนาด N และเมื่อต้องการประมาณค่าเฉลี่ยประชากร (Population Mean: $\bar{Y}$) ของตัวแปรที่สนใจศึกษา Y จะต้องประมาณด้วยค่าเฉลี่ยตัวอย่าง (Sample Mean: $\bar{y} = \sum_{i=1}^{n} y_i / n$) นอกจากนี้ยังมีนักสถิติอีกหลายท่านได้พัฒนาตัวประมาณที่นำเสนอโดย Cochran [1] โดยใช้ข้อมูลจากตัวแปรช่วย X ในการสร้างตัวประมาณในรูปแบบอัตราส่วน สำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากร โดยรายละเอียดต่าง ๆ ของตัวประมาณแต่ละตัวแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวประมาณแบบอัตราส่วน และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

ลำดับที่	ตัวประมาณ	ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย
1	$\bar{y} = \sum_{i=1}^{n} y_i / n$ Sample mean	$MSE(\bar{y}) = \lambda \bar{Y}^2 C_y^2$
2	$\bar{Y}_1 = \bar{y}\left(\frac{\bar{X}}{\bar{x}}\right)$ Cochran [1]	$MSE(\bar{Y}_1) = \lambda \bar{Y}^2 \left(C_y^2 + C_x^2 \theta_1 (\theta_1 - 2K)\right)$
3	$\bar{Y}_2 = \bar{y}\left(\frac{\bar{X} + C_x}{\bar{x} + C_x}\right)$ Sisodia และ Dwivedi [2]	$MSE(\bar{Y}_2) = \lambda \bar{Y}^2 \left(C_y^2 + C_x^2 \theta_2 (\theta_2 - 2K)\right)$
4	$\bar{Y}_3 = \bar{y}\left(\frac{\bar{X} + \rho_{yx}}{\bar{x} + \rho_{yx}}\right)$ Singh และ Tailor [4]	$MSE(\bar{Y}_3) = \lambda \bar{Y}^2 \left(C_y^2 + C_x^2 \theta_3 (\theta_3 - 2K)\right)$
5	$\bar{Y}_4 = \bar{y}\left(\frac{\bar{X} + \beta_2(x)}{\bar{x} + \beta_2(x)}\right)$ Singh และคณะ [5]	$MSE(\bar{Y}_4) = \lambda \bar{Y}^2 \left(C_y^2 + C_x^2 \theta_4 (\theta_4 - 2K)\right)$
6	$\bar{Y}_5 = \bar{y}\left(\frac{\bar{X} + \beta_1(x)}{\bar{x} + \beta_1(x)}\right)$ Yan และ Tian [6]	$MSE(\bar{Y}_5) = \lambda \bar{Y}^2 \left(C_y^2 + C_x^2 \theta_5 (\theta_5 - 2K)\right)$

ลำดับที่	ตัวประมาณ	ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย
7	$\bar{Y}_6 = \bar{y}\left(\frac{\bar{X}+M_d}{\bar{x}+M_d}\right)$ Subramani และ Kumarpandiyan [7]	$MSE(\bar{Y}_6) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_6(\theta_6-2K)\right)$
8	$\bar{Y}_7 = \bar{y}\left(\frac{\bar{X}+n}{\bar{x}+n}\right)$ Jerajuddin และ Kishun [8]	$MSE(\bar{Y}_7) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_7(\theta_7-2K)\right)$
9	$\bar{Y}_8 = \bar{y}\left(\frac{\bar{X}C_x+\beta_2(x)}{\bar{x}C_x+\beta_2(x)}\right)$ Upadhyaya และ Singh [2]	$MSE(\bar{Y}_8) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_8(\theta_8-2K)\right)$
10	$\bar{Y}_9 = \bar{y}\left(\frac{a\bar{X}+b}{a\bar{x}+b}\right)$ Singh และ Agnihotri [9]	$MSE(\bar{Y}_9) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_9(\theta_9-2K)\right)$
11	$\bar{Y}_{10} = \bar{y}\left[\alpha+(1-\alpha)\left(\frac{\bar{X}}{\bar{x}}\right)\right]$ Singh และคณะ [12]	$MSE(\bar{Y}_{10}) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_{10}\left[\begin{matrix}\theta_{10}-2K+\alpha^2\\+2\alpha K-2\alpha\theta_{10}\end{matrix}\right]\right)$
12	$\bar{Y}_{11} = \bar{y}\left[\alpha+(1-\alpha)\left(\frac{\bar{X}+n}{\bar{x}+n}\right)\right]$ Gupta และ Yadav [10]	$MSE(\bar{Y}_{11}) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_{11}\left[\begin{matrix}\theta_{11}-2K+\alpha^2\\+2\alpha K-2\alpha\theta_{11}\end{matrix}\right]\right)$
13	$\bar{Y}_{12} = \bar{y}\left[\alpha+(1-\alpha)\left(\frac{\bar{X}\rho_{yx}+n}{\bar{x}\rho_{yx}+n}\right)\right]$ Sabo และคณะ [11]	$MSE(\bar{Y}_{12}) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_{12}\left[\begin{matrix}\theta_{12}-2K+\alpha^2\\+2\alpha K-2\alpha\theta_{12}\end{matrix}\right]\right)$

เมื่อ $\lambda = \frac{(1-f)}{n}$, $f = \frac{n}{N}$, $K = \frac{\rho_{yx}C_y}{C_x}$, $C_y = \frac{S_y}{\bar{Y}}$, $C_x = \frac{S_x}{\bar{X}}$, $\theta_1 = \frac{\bar{X}}{\bar{X}} = 1$, $\theta_2 = \frac{\bar{X}}{\bar{X}+C_x}$, $\theta_3 = \frac{\bar{X}}{\bar{X}+\rho_{yx}}$,

$\theta_4 = \frac{\bar{X}}{\bar{X}+\beta_2(x)}$, $\theta_5 = \frac{\bar{X}}{\bar{X}+\beta_1(x)}$, $\theta_6 = \frac{\bar{X}}{\bar{X}+M_d}$, $\theta_7 = \frac{\bar{X}}{\bar{X}+n}$, $\theta_8 = \frac{\bar{X}C_x}{\bar{X}C_x+\beta_2(x)}$, $\theta_9 = \frac{a\bar{X}}{a\bar{X}+b}$,

$\theta_{10} = \frac{\bar{X}}{\bar{X}} = 1 = \theta_1$, $\theta_{11} = \frac{\bar{X}}{\bar{X}+n} = \theta_7$, $\theta_{12} = \frac{\bar{X}\rho_{yx}}{\bar{X}\rho_{yx}+n}$

โดยที่ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากรซึ่งเป็นตัวแปรช่วย X

$\bar{y}$ คือ ค่าเฉลี่ยตัวอย่างของตัวแปรที่สนใจศึกษา Y

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยตัวอย่างของตัวแปรช่วย X

C_y คือ สัมประสิทธิ์การแปรผันของประชากรของตัวแปรที่สนใจศึกษา Y

C_x คือ สัมประสิทธิ์การแปรผันของประชากรของตัวแปรช่วย X

ρ_{yx} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากรระหว่างตัวแปร Y และ X

$\beta_1(x)$ คือ สัมประสิทธิ์ความเบ้ของประชากรของตัวแปรช่วย X

$\beta_2(x)$ คือ สัมประสิทธิ์ความโด่งของประชากรของตัวแปรช่วย X

a และ b คือ ฟังก์ชันหรือค่าคงที่ใด ๆ ที่สนใจศึกษา

จากตัวประมาณแบบอัตราส่วนต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาตัวประมาณแบบอัตราส่วน สำหรับค่าเฉลี่ยประชากร โดยใช้ข้อมูลที่ทราบค่าจากตัวแปรช่วยจำนวนสองตัว ภายใต้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายแบบไม่ใส่คืน โดยจะนำเสนอตัวประมาณแบบอัตราส่วนขึ้นมาใหม่ที่จะครอบคลุมตัวประมาณที่ถูกนำเสนอโดย Cochran [1] Sisodia และ Dwivedi [2] Upadhyaya และ Singh [3] Singh และ Tailor [4] Singh และคณะ

[5] Yan และ Tian [6] Subramani และ Kumarpandiyan [7] Jerajuddin และ Kishun [8] Singh และ Agnihotri [9] Gupta และYadav [10] และ Sabo และคณะ [11] นอกจากนี้ผู้วิจัยจะศึกษาถึงคุณสมบัติที่สำคัญบางประการของตัวประมาณที่นำเสนอขึ้นมาใหม่ เช่น ค่าความเอนเอียง ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด และจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณที่นำเสนอและตัวประมาณอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ทั้งในทางทฤษฎีและการประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริง ภายใต้สถานการณ์เดียวกัน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อนำเสนอตัวประมาณแบบอัตราส่วน สำหรับค่าเฉลี่ยประชากร โดยใช้ข้อมูลที่ทราบค่าจากตัวแปรช่วยจำนวนสองตัว ภายใต้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายแบบไม่ใส่คืน

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณที่นำเสนอกับตัวประมาณอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยพิจารณาจากค่าร้อยละประสิทธิภาพสัมพัทธ์

วิธีดำเนินการวิจัย

จากตัวประมาณต่าง ๆ ดังที่กล่าวข้างต้นในตารางที่ 1 ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาและนำเสนอตัวประมาณแบบอัตราส่วน สำหรับค่าเฉลี่ยประชากร โดยใช้ข้อมูลที่ทราบค่าจากตัวแปรช่วยจำนวนสองตัว ภายใต้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายแบบไม่ใส่คืน โดยมีรูปแบบของตัวประมาณดังนี้

$$\bar{Y}_{13} = \bar{y}\left[\alpha + (1-\alpha)\left(\frac{a\bar{X}+b}{a\bar{x}+b}\right)\right] \tag{1}$$

เมื่อ α คือ ค่าคงที่ใด ๆ ที่จะทำให้ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ $\bar{Y}_{13}$ มีค่าต่ำที่สุด ในการคำนวณค่าความเอนเอียง ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุดของตัวประมาณ $\bar{Y}_{13}$ จากสมการที่ (1) ผู้วิจัยจะทำการจัดรูปแบบของตัวประมาณ $\bar{Y}_{13}$ ให้อยู่ในพจน์ความคลาดเคลื่อน (Error Terms) โดยกำหนดให้ $\bar{y} = \bar{Y}(1+e_0)$ และ $\bar{x} = \bar{X}(1+e_1)$ เมื่อ $E(e_0) = E(e_1) = 0$, $E(e_0^2) = \lambda C_y^2$, $E(e_1^2) = \lambda C_x^2$, และ $E(e_0 e_1) = \lambda \rho C_y C_x$ นั่นคือจากสมการที่ (1) จะสามารถจัดสมการ ให้อยู่ในพจน์ของค่าคลาดเคลื่อนได้ดังนี้

$$\bar{Y}_{13} = \bar{Y}(1+e_0)\left[\alpha + (1-\alpha)(1+\theta_9 e_1)^{-1}\right] \tag{2}$$

และจากสมการที่ (2) ผู้วิจัยจะใช้อนุกรมเทย์เลอร์ในการกระจายสมการ ทั้งนี้พจน์ที่ยกกำลังมากกว่า 2 ขึ้นไปจะถูกกำหนดให้เป็นค่าคลาดเคลื่อนจากการตัดปลาย (Truncation Error) ซึ่งพจน์ดังกล่าวจะลู่เข้าสู่ศูนย์ในทางทฤษฎี นั่นคือจากสมการที่ (2) จะได้ดังสมการที่ (3) ดังนี้

$$\bar{Y}_{13} = \bar{Y}\left[1 - \theta_9 e_1 + \theta_9^2 e_1^2 + \alpha\theta_9 e_1 - \alpha\theta_9^2 e_1^2 + e_0 - \theta_9 e_0 e_1 + \alpha\theta_9 e_0 e_1\right] \tag{3}$$

จากสมการที่ (3) สามารถหาค่าความเอนเอียง และค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ $\bar{Y}_{13}$ ได้ตามลำดับดังนี้

$$Bias(\bar{Y}_{13}) \cong \lambda(1-\alpha)\theta_9 \bar{Y} C_x^2\left[\theta_9 - K\right] \tag{4}$$

และ

$$MSE(\bar{Y}_{13}) \cong \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + \theta_9 C_x^2(1-\alpha)\left[\theta_9(1-\alpha) - 2K\right]\right) \tag{5}$$

โดยที่สมการที่ (5) ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจะมีค่าต่ำที่สุดเมื่อแทนค่า α ด้วย

$$\alpha = \frac{\theta_9 - K}{\theta_9} = \alpha_{opt} \tag{6}$$

และเมื่อแทนค่า α_{opt} จากสมการที่ (6) ลงในสมการที่ (5) จะได้ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุดของตัวประมาณ $\bar{Y}_{13}$ ดังนี้

$$MMSE(\bar{Y}_{13}) = \lambda \bar{Y}^2 C_y^2 (1-\rho_{yx}^2) \quad (7)$$

ผลการวิจัย

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างตัวประมาณที่นำเสนอขึ้นมาใหม่ $\bar{Y}_{13}$ กับตัวประมาณอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องดังแสดงในตารางที่ 1 ผู้วิจัยจะเปรียบเทียบทางทฤษฎี และการประยุกต์จากข้อมูลจริง โดยผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ แสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณทางทฤษฎี

– ผู้วิจัยจะพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยและค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด โดยตัวประมาณที่นำเสนอขึ้นมาใหม่ $\bar{Y}_{13}$ จะมีประสิทธิภาพดีกว่าตัวประมาณอื่น ๆ เมื่อเงื่อนไขต่าง ๆ ที่แสดงดังตารางที่ 2 เป็นจริง

ตารางที่ 2 เงื่อนไขต่าง ๆ ที่แสดงว่าตัวประมาณ $\bar{Y}_{13}$ จะมีประสิทธิภาพดีกว่าตัวประมาณอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ลำดับที่	การเปรียบเทียบ	เงื่อนไข
1	$MSE(\bar{Y}_{13}) < MSE(\bar{y})$	$\rho_{yx} > \theta_9(1-\alpha)\frac{C_x}{2C_y}$
2	$MSE(\bar{Y}_{13}) < MSE(\bar{Y}_i);\ i=1,2,...,9$	$\rho_{yx} > \frac{[\theta_9(1-\alpha)+\theta_i]C_x}{2C_y}$
3	$MSE(\bar{Y}_{13}) < MSE(\bar{Y}_i);\ i=10,...,12$	$\rho_{yx} > \frac{[\theta_9^2(1-\alpha)^2-\theta_i^2-\theta_i\alpha^2+2\alpha\theta_i^2]C_x}{2(1-\alpha)C_y[\theta_9-\theta_i]}$
4	$MMSE(\bar{Y}_{13}) < MSE(\bar{y})$	$\rho_{yx} > 0$
5	$MMSE(\bar{Y}_{13}) < MSE(\bar{Y}_i);\ i=1,2,...,9$	$\rho_{yx} < \frac{C_x\theta_i}{C_y}$
6	$MMSE(\bar{Y}_{13}) < MSE(\bar{Y}_i);\ i=10,...,12$	$\rho_{yx} < \frac{\theta_i C_x^2[\theta_i(1-2\alpha)+\alpha^2]}{C_y[2\theta_i C_x(1-\alpha)-\rho_{yx}C_y]}$

2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณโดยการประยุกต์จากข้อมูลจริง

– ผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลจริงจำนวน 2 ชุด โดยข้อมูลชุดที่ 1 เก็บรวบรวมโดย วรวลัญช์ พูลสวัสดิ์ [13] ซึ่งเป็นข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณขยะที่จัดเก็บได้ในแต่ละหมู่บ้านในพื้นที่รับผิดชอบขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองนมวัว อำเภอลาดยาว จังหวัดนครสวรรค์ (หน่วย: ตัน) ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2563 ถึงเดือนมีนาคม 2566 โดยกำหนดให้ปริมาณขยะที่ถูกจัดเก็บ (หน่วย: ตัน) เป็นตัวแปรที่สนใจศึกษา Y และจำนวนครัวเรือนในแต่ละหมู่บ้าน (หน่วย: ครัวเรือน) เป็นตัวแปรช่วย X รายละเอียดต่าง ๆ ของข้อมูลแสดงดังนี้

$N=37,\quad n=15,\quad \bar{Y}=73.3707,\quad \bar{X}=532.0000,\quad \rho_{yx}=0.6585,\quad C_x=10.8376,\quad C_y=12.7633,$

$\beta_1(x)=0.2619,\quad \beta_2(x)=-1.9158,\quad S_y=9.3645,\quad S_x=57.6489,\quad M_d=502.0000$

ในขณะที่ข้อมูลชุดที่ 2 เป็นข้อมูลปริมาณผลผลิตลำไยที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดเชียงราย ระหว่างปี พ.ศ. 2557 ถึง ปี พ.ศ. 2564 ซึ่งเก็บรวบรวมโดย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [14] โดยกำหนดให้ปริมาณผลผลิตลำไย (หน่วย: ตัน) เป็นตัวแปรที่สนใจศึกษา Y และพื้นที่ที่ใช้ในการปลูก (หน่วย: ไร่) เป็นตัวแปรช่วย X ข้อมูลลักษณะประชากรแสดงดังนี้

$N = 144,\quad n = 70,\quad \bar{Y} = 3984.0714,\quad \bar{X} = 9608.1714,\quad \rho_{yx} = 0.9682,\quad C_x = 130.2381,\quad C_y = 118.9505,$

$\beta_1(x) = 2.2745,\quad \beta_2(x) = 6.4327,\quad S_y = 4739.0736,\quad S_x = 12513.4962,\quad M_d = 5403.5000$

ทั้งนี้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณ จะพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยและค่าร้อยละประสิทธิภาพสัมพัทธ์ จากสมการที่ (8) ดังต่อไปนี้

$$PRE(\bar{Y}_i) = \frac{MSE(\bar{y}^*)}{MSE(\bar{Y}_i)};\ i = 1, 2, \ldots, 13 \qquad (8)$$

โดยผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณต่าง ๆ จากการประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริงแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณต่างๆ ภายใต้ประชากรที่ศึกษาจากข้อมูลชุดที่ 1 และข้อมูลชุดที่ 2 เมื่อพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าร้อยละประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (PRE)

ข้อมูลชุดที่ 1			ข้อมูลชุดที่ 2		
ตัวประมาณ	**MSE**	**PRE**	**ตัวประมาณ**	**MSE**	**PRE**
$\bar{y}$	34,761.70	100.00	$\bar{y}$	1,648,762,449.99	100.00
$\bar{Y}_1$	20,954.25	165.89	$\bar{Y}_1$	129,736,116.29	1,270.86
$\bar{Y}_2$	20,739.49	167.61	$\bar{Y}_2$	126,530,565.29	1,303.05
$\bar{Y}_3$	20,940.37	166.00	$\bar{Y}_3$	129,690,041.10	1,271.31
$\bar{Y}_4$	20,995.27	165.57	$\bar{Y}_4$	129,430,911.47	1,273.86
$\bar{Y}_5$	20,948.72	165.94	$\bar{Y}_5$	129,627,951.20	1,271.92
$\bar{Y}_6$	21,397.48	162.46	$\bar{Y}_6$	221,150,204.17	745.54
$\bar{Y}_7$	20,664.40	168.22	$\bar{Y}_7$	123,971,263.46	1,329.96
$\bar{Y}_8$	20,958.00	165.86	$\bar{Y}_8$	129,733,764.55	1,270.88
$\bar{Y}_{10}$	19,890.47	174.77	$\bar{Y}_{10}$	103,762,739.19	1,588.97
$\bar{Y}_{11}$	19,717.93	176.29	$\bar{Y}_{11}$	103,432,256.13	1,594.05
$\bar{Y}_{12}$	19,726.61	176.22	$\bar{Y}_{12}$	103,437,067.04	1,593.98
$\bar{Y}_{13}$	**19,690.47**	**176.54**	$\bar{Y}_{13}$	**103,262,739.19**	**1,596.67**

สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาตัวประมาณแบบอัตราส่วน สำหรับประมาณค่าเฉลี่ยประชากร โดยใช้ข้อมูลที่ทราบค่าจากตัวแปรช่วยจำนวนสองตัว ภายใต้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายแบบไม่ใส่คืน พบว่า ตัวประมาณที่นำเสนอขึ้นมาใหม่มีครอบคลุมตัวประมาณต่าง ๆ ทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 1 และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณที่นำเสนอขึ้นมาใหม่กับตัวประมาณอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด พบว่า ในทางทฤษฎี ตัวประมาณที่นำเสนอขึ้นมาใหม่ จะมีประสิทธิภาพดีกว่าตัวประมาณอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เมื่อเงื่อนไขต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2 เป็นจริง ในขณะที่การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณต่าง ๆ โดยการประยุกต์จากข้อมูลจริง ดังตารางที่ 3 พบว่า เมื่อพิจารณาภายใต้ข้อมูลที่ทำการศึกษาชุดเดียวกัน ค่า MSE และ PRE ของตัวประมาณแต่ละตัว มีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยตัวประมาณแบบอัตราส่วนที่นำเสนอขึ้นมาใหม่ $\bar{Y}_{13}$ เป็นตัวประมาณเดียวที่มีค่า MSE ที่ต่ำที่สุด และมีค่า PRE ที่สูงที่สุด ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า ตัวประมาณแบบอัตราส่วนที่นำเสนอขึ้นมาใหม่ $\bar{Y}_{13}$ เป็นตัวประมาณที่มีประสิทธิภาพดีกว่าตัวประมาณอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทุกตัว

เอกสารอ้างอิง

1. Cochran WG. The estimation of the yields of the cereal experiments by sampling for the ratio of grain to total produce. J Agric Sci. 1940; 30: 262–275.
2. Sisodia BVS, Dwivedi VK. A modified ratio estimator using coefficient of variation of auxiliary variable. Jour Ind Soc Ag Statistics. 1981; 33: 13–18.
3. Upadhyaya LN, Singh HP. Use of transformed auxiliary variable in estimating the finite population mean. Biom J. 1999; 41: 627–636.
4. Singh HP, Tailor R. Use of known correlation coefficient in estimating the finite population mean. Stat Transit. 2003; 6: 555–560.
5. Singh HP, Tailor R, Kakaran MS. An estimator of population mean using power transformation. *Journal of* Ind Soc Ag Statistics. 2004; 58(2): 223–230.
6. Yan Z, Tian B. Ratio method to the mean estimation using coefficient of skewness of auxiliary variable. Commun Comput Inf Sci. 2010; 106: 103–110.
7. Subramani J, Kumarpandiyan G. New modified ratio estimation of population mean when median of auxiliary variable is known. Pak J Stat Oper Res. 2013; 2: 137–145.
8. Jerajuddin M, Kishun J. Modified ratio estimators for population mean using size of the sample, selected from population. IJSRSET. 2016; 2(2): 10–16.
9. Singh HP, Agnihotri N. A general procedure of estimating population mean using auxiliary information in sample surveys. Stat Trans New Ser. 2008; 9(1): 71–87.
10. Gupta RK, Yadav SK. Improved estimation of population mean using information on size of the sample. Am J Math Stat. 2018; 8(2): 27–35.

11. Sabo SA, Musa IZ, Kibiya YI. Developed ratio estimator for estimating population mean from a finite population using sample size and correlation. IJRASET. 2020; 8(5): 904–911..
12. Singh HP, Rathour A, Solanki RS. An improvement over regression method of estimation. Statistica. 2012; 72(4): 415–429.
13. วรวลัญช์ พูลสวัสดิ์ [อินเทอร์เน็ต]. 2566; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 12 เมษายน 2566. ได้จาก https://www.nongnomwua.go.th/ file_subject/20230411_131606.pdf
14. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร[อินเทอร์เน็ต]. 2566; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 12 เมษายน 2566. ได้จาก https://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดลำไย/TH-TH

การประเมินการมีส่วนร่วมของนักเรียนในห้องเรียนออนไลน์ผ่านการวิเคราะห์สัญญาณสมองด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง

Evaluating student engagement in online classrooms through EEG signal analysis with machine learning techniques

กิตติธัชพล ปิมปา[1] และ กุลจิรา กิ่งไพร[1*]

Kittitachpol Pimpa[1] and Kunjira Kingphai[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจของผู้เรียนในชั้นเรียนออนไลน์โดยใช้ข้อมูลสัญญาณสมอง (EEG) และเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดล Convolutional Neural Network และ Decision Tree ข้อมูล EEG ได้จากชุดข้อมูลสาธารณะบน Kaggle ซึ่งเก็บจากผู้ทดลอง 8 คนขณะดูวิดีโอการเรียนการสอน 11 คลิป หลังการดูวิดีโอ ผู้ทดลองตอบแบบสอบถามเพื่อประเมินความเข้าใจ ผลการประเมินถูกบันทึกในรูปแบบ Binary Labels (0 = ไม่เข้าใจ, 1 = เข้าใจ) ข้อมูล EEG ดิบถูกกรองสัญญาณเพื่อลด Noise และขจัด Artifact ด้วย Independent Component Analysis ก่อนแปลงข้อมูลด้วย Continuous Wavelet Transform เพื่อสร้าง Scalogram ซึ่งป้อนเข้าสู่โมเดล CNN สำหรับการจำแนกประเภท ผลการทดลองแสดงว่า CNN มีค่า Accuracy 81% ซึ่งสูงกว่า Decision Tree ที่ให้ Accuracy 64.4% จากผลการทดลองยืนยันว่า CNN มีศักยภาพสูงในการวิเคราะห์ข้อมูล EEG ที่ซับซ้อน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการเรียนการสอนออนไลน์ เช่น การติดตามความเข้าใจผู้เรียนแบบเรียลไทม์ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดด้านขนาดข้อมูลและอุปกรณ์ EEG ยังคงต้องพัฒนาในอนาคตเพื่อสนับสนุนการใช้งานจริงในบริบทการศึกษา

คำสำคัญ: การเรียนรู้เชิงลึก, โครงสร้างประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน, การวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (EGG)

[1] สาขาสถิติประยุกต์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50180

[1] Applied Statistics, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50180

*Corresponding author : kunjira@g.cmru.ac.th

Abstract

This study aims to develop a model for analyzing learners' comprehension levels in online classrooms using EEG signals and to compare the performance of Convolutional Neural Network (CNN) and Decision Tree models. The EEG data was obtained from a public Kaggle dataset, collected from 8 participants while watching 11 educational videos. After each video, participants answered comprehension questions, with results recorded as binary labels (0 = not understood, 1 = understood). Raw EEG data underwent signal filtering to reduce noise and artifact removal using Independent Component Analysis (ICA). The filtered signals were then transformed using Continuous Wavelet Transform (CWT) to generate Scalograms, which were fed into the CNN for classification. Experimental results showed that the CNN achieved an accuracy of 81%, outperforming the Decision Tree, which had an accuracy of 64.4%. The results confirm that CNN is highly capable of handling complex EEG data by effectively extracting spatiotemporal features from Scalograms. This highlights the potential of EEG and CNN integration in online education systems, such as real-time comprehension tracking and personalized learning design. However, limitations related to small dataset size and EEG equipment constraints indicate the need for further development to enhance applicability in real-world educational environments.

Keywords: Deep learning, Convolutional neural structure, Electroencephalography (EGG)

บทนำ

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิทัลและการพัฒนาเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ได้เปลี่ยนแปลงกระบวนการเรียนรู้และการสอนในยุคปัจจุบันอย่างลึกซึ้ง โดยเฉพาะในบริบทของการศึกษาออนไลน์ ซึ่งกลายเป็นรูปแบบการเรียนรู้สำคัญหลังการระบาดของโควิด-19 อย่างไรก็ตาม ความท้าทายที่สำคัญยังคงอยู่ที่การประเมินการมีส่วนร่วม (Engagement) ของผู้เรียนในห้องเรียนออนไลน์ ซึ่งมีความซับซ้อนมากขึ้นจากการขาดปฏิสัมพันธ์ทางกายภาพ การอาศัยเพียงข้อมูลเชิงสังเกต เช่น การตอบคำถามหรือการส่งงานอาจไม่เพียงพอในการสะท้อนระดับความตั้งใจหรือการมีส่วนร่วมที่แท้จริงของผู้เรียน [1] ด้วยเหตุนี้ การนำข้อมูลทางชีวภาพ เช่น สัญญาณสมอง (Brain Signals) มาวิเคราะห์ร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) จึงได้รับความสนใจในฐานะวิธีการใหม่ที่มีศักยภาพในการตรวจสอบและประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียนได้อย่างแม่นยำและเป็นระบบ [2]

ในระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล เทคโนโลยีการเรียนรู้ออนไลน์ เช่น MOOCs (Massive Open Online Courses) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญ โดย MOOCs ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากสื่อออนไลน์ได้ทุกที่ทุกเวลา และช่วยเพิ่มโอกาสการเข้าถึงการศึกษาในวงกว้าง [3] อย่างไรก็ตาม MOOCs ยังประสบปัญหาด้านการรักษาระดับการมีส่วนร่วมของผู้เรียน เนื่องจากผู้เรียนในรูปแบบนี้มักเผชิญกับความยากลำบากในการมีสมาธิ ความเบื่อหน่าย หรือการหลุดออกจากระบบ (Dropout) ก่อนสำเร็จหลักสูตร [4] การใช้ข้อมูลทางสัญญาณสมองร่วมกับเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของ MOOCs ได้โดยการตรวจสอบความสนใจและความตั้งใจของผู้เรียนในแต่ละช่วงของบทเรียน ทำให้สามารถปรับเนื้อหาหรือวิธีการสอนได้แบบเรียลไทม์ตามระดับความพร้อมของผู้เรียน [5]

สัญญาณสมอง ซึ่งได้มาจากอุปกรณ์ตรวจวัดทางประสาทวิทยาศาสตร์ เช่น อิเล็กโทรเอนเซฟาโลกราฟี (Electroencephalography: EEG) เป็นข้อมูลที่สะท้อนถึงการทำงานของสมองในรูปแบบของคลื่นไฟฟ้าในช่วงเวลาต่าง ๆ คลื่นสมองสามารถแบ่งออกได้เป็นช่วงคลื่นหลัก เช่น Delta, Theta, Alpha, Beta และ Gamma ซึ่งแต่ละช่วงมีความสัมพันธ์กับสถานะทางจิตวิทยา เช่น สมาธิ ความผ่อนคลาย หรือความตื่นตัว [6] เทคนิค EEG ช่วยให้สามารถเก็บข้อมูลเหล่านี้ได้แบบเรียลไทม์ (Real-time) และเมื่อผสานกับการวิเคราะห์ด้วยโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง เช่น การจำแนกประเภท (Classification) หรือการทำนาย (Prediction) ทำให้สามารถสร้างแบบจำลองที่เชื่อมโยงสัญญาณสมองกับระดับการมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [7]

การบูรณาการเทคโนโลยีดังกล่าวเข้ากับแพลตฟอร์ม MOOCs สามารถช่วยเสริมสร้างประสบการณ์การเรียนรู้แบบปรับตัว (Adaptive Learning) ที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน ตัวอย่างเช่น หากระบบสามารถตรวจจับได้ว่าผู้เรียนสูญเสียสมาธิระหว่างการบรรยายใน MOOCs ระบบสามารถแนะนำการพักเบรก การย่อเนื้อหา หรือการปรับเปลี่ยนรูปแบบกิจกรรมได้ทันที นอกจากนี้ยังช่วยลดอัตราการหลุดออกจากระบบการเรียน (Dropout Rate) และเพิ่มความสำเร็จในการศึกษาผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ [8]

ความสำคัญของการวิจัยนี้จึงอยู่ที่การนำสัญญาณสมองและเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องมาช่วยปรับปรุงคุณภาพของการศึกษาออนไลน์ในศตวรรษที่ 21 ไม่ว่าจะเป็นในบริบทของห้องเรียนออนไลน์แบบดั้งเดิมหรือ MOOCs การวิจัยดังกล่าวไม่เพียงแต่มีศักยภาพในการประเมินระดับการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในเชิงลึก แต่ยังช่วยพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนให้มีความยืดหยุ่น เหมาะสมกับยุคดิจิทัล และตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น [9] การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์และออกแบบระบบที่ใช้สัญญาณสมองร่วมกับการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่นำไปสู่การปรับปรุงรูปแบบการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนและยกระดับคุณภาพการศึกษาในอนาคต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. พัฒนาโมเดลเพื่อจำแนกระดับความเข้าใจของผู้เรียนจากสัญญาณ EEG โดยใช้ Continuous Wavelet Transform (CWT) และ Convolutional Neural Network (CNN)

2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดล CNN และ Decision Tree ในการวิเคราะห์ข้อมูล EEG

3. นำเสนอแนวทางการประเมินความเข้าใจของผู้เรียนในชั้นเรียนออนไลน์ที่แม่นยำและสามารถประยุกต์ใช้ได้จริง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการเรียนรู้ออนไลน์ ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางสำคัญของกระบวนการจัดการศึกษาความสำเร็จในระบบการเรียนการสอนด้วยอีเลิร์นนิ่งขึ้นอยู่กับการวางแผน การออกแบบ การประเมินผล และการสร้างสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอีเลิร์นนิ่งไม่ได้มีความหมายเฉพาะกับผู้เรียนเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมไปถึงผู้สอนบุคลากรฝ่ายสนับสนุน และสถาบันการศึกษา การจัดระบบอีเลิร์นนิ่งที่ดีจึงควรคำนึงถึงทุกกลุ่มที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่ตอบสนองความต้องการของผู้เรียนในยุคดิจิทัล

1. การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)

การเรียบรู้เชิงลึกนั้นเป็นแนวทางที่จำลองการทำงานของโครงข่ายประสาท (Neural Network) ในสมองของมนุษย์ โดยเป็นการพัฒนาต่อยอดจากการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โครงสร้างของ Deep Learning ประกอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมที่มีหลายชั้น (Multi-layer Neural Networks) ซึ่งแต่ละชั้นจะทำหน้าที่แตกต่างกัน เริ่มจากชั้นรับข้อมูล (Input Layer) ซึ่งนำข้อมูลเข้ามาเพื่อการประมวลผล จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังชั้นซ่อนเร้น (Hidden Layer) ซึ่งทำหน้าที่แปลงและสกัดข้อมูล และสุดท้ายผลลัพธ์จะถูกส่งออกจากชั้นส่งออก (Output Layer)

หนึ่งในโครงสร้างที่ได้รับความนิยมคือโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks: CNN) ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อการประมวลผลข้อมูลเชิงภาพ CNN ประกอบด้วยชั้นคอนโวลูชัน (Convolution Layer) ที่ช่วยสกัดคุณลักษณะสำคัญ เช่น รูปทรงหรือขอบวัตถุ ชั้นพลูลิ่ง (Pooling Layer) ที่ช่วยลดขนาดของข้อมูล และชั้น Fully Connected Layer ที่เชื่อมต่อข้อมูลทั้งหมดเข้าด้วยกันก่อนแสดงผลลัพธ์ การใช้ CNN ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์ภาพหรือข้อมูลที่ซับซ้อน เช่น สัญญาณสมอง (EEG) [1]

2. การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองด้วย Emotiv Epoc X

Emotiv Epoc X เป็นอุปกรณ์วัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalography: EEG) ที่พัฒนามาเพื่อตรวจจับและบันทึกสัญญาณสมองผ่านระบบไร้สาย โดยมีขั้วบันทึกจำนวน 14 ช่อง (Channels) และ Sampling Frequency ที่ 128 Hz อุปกรณ์นี้มีข้อดีคือขนาดเล็ก พกพาสะดวก และเหมาะสำหรับการใช้งานในงานวิจัยที่ต้องการความยืดหยุ่น อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์นี้ยังมีข้อจำกัด เช่น จำนวนขั้วบันทึกน้อยกว่าหมวก EEG-cap headset แบบมาตรฐาน และสัญญาณอาจถูกรบกวนจากการเคลื่อนไหวของดวงตาหรือการกระพริบตา (Eye Movement Artifact) [2] การใช้งาน Emotiv Epoc X ในงานวิจัยจึงเหมาะสำหรับการศึกษาที่ต้องการอุปกรณ์ต้นทุนต่ำและสามารถประยุกต์ใช้ได้ในหลากหลายบริบท

3. โมเดลต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

โมเดล Decision Tree เป็นเทคนิคที่จำลองกระบวนการตัดสินใจแบบลำดับชั้น (Hierarchical Decision-making) โดยมีโครงสร้างคล้ายต้นไม้ที่ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่ Node ซึ่งจะแสดงถึงจุดที่เกิดการตัดสินใจ โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทย่อยคือ Parent Node และ Child Node Parent Node คือต้นทางของการแยกข้อมูล และ Child Node คือผลลัพธ์ที่ได้จากการแยกข้อมูล ส่วนประกอบสุดท้ายของต้นไม้ตัดสินใจคือ Leaf Node จะแสดงถึง จุดสิ้นสุดของกระบวนการตัดสินใจ

โมเดลนี้มีข้อดีคือเข้าใจง่ายและสามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบภาพที่ชัดเจนเหมาะสำหรับการจัดกลุ่มข้อมูลมีลักษณะซับซ้อน แต่ก็มีข้อจำกัด เช่น มีความไวต่อข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และอาจเกิด Overfitting หากโครงสร้างต้นไม้ซับซ้อนเกินไป [3] โมเดล Decision Tree ถูกนำมาใช้ร่วมกับข้อมูลสัญญาณสมองเพื่อตรวจสอบระดับการมีส่วนร่วมของผู้เรียน โดยสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ

วิธีวิทยาการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ระดับความเข้าใจของผู้เรียนในชั้นเรียนออนไลน์ผ่านการประมวลผลสัญญาณสมอง (EEG) โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ร่วมกับโมเดล Convolutional Neural Network (CNN) และเปรียบเทียบกับวิธีการพื้นฐานอย่าง Decision Tree ขั้นตอนดำเนินการวิจัยได้รับการปรับปรุงให้ครอบคลุมตั้งแต่การเก็บข้อมูล การเตรียมข้อมูล ไปจนถึงการวิเคราะห์ผลลัพธ์ พร้อมการกล่าวถึงข้อจำกัดและการเปรียบเทียบผลลัพธ์อย่างชัดเจน

1. ชุดข้อมูล

ข้อมูล EEG ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้มาจากเว็บไซต์ Kaggle โดยใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากผู้ทดลองจำนวน 8 คน ซึ่งได้รับชมวิดีโอการสอนออนไลน์จำนวน 11 คลิป วิดีโอแต่ละคลิปถูกออกแบบให้มีเนื้อหาแตกต่างกันเพื่อกระตุ้นการตอบสนองทางสมองที่หลากหลาย หลังการรับชมวิดีโอแต่ละคลิป ผู้ทดลองจะตอบคำถามเพื่อประเมินระดับความเข้าใจของเนื้อหา

ในการจัดการข้อมูล ได้มีการจัดกลุ่มข้อมูล EEG ตามตัวระบุของผู้ทดลอง (subject_id) และตัวระบุวิดีโอ (video_id) เพื่อให้สามารถแยกข้อมูล EEG ออกเป็นชุด ๆ ดังนี้

- นักเรียนคนที่ 1: ดูวิดีโอ 1 และ 2
- นักเรียนคนที่ 2: ดูวิดีโอ 3 และ 4
- นักเรียนคนที่ 3: ดูวิดีโอ 5
- นักเรียนคนที่ 4: ดูวิดีโอ 6
- นักเรียนคนที่ 5: ดูวิดีโอ 7
- นักเรียนคนที่ 6: ดูวิดีโอ 8
- นักเรียนคนที่ 7: ดูวิดีโอ 9
- นักเรียนคนที่ 8: ดูวิดีโอ 10 และ 11

ผลการประเมินระดับความเข้าใจของผู้ทดลองจะถูกบันทึกในรูปแบบ Binary Labels ดังนี้

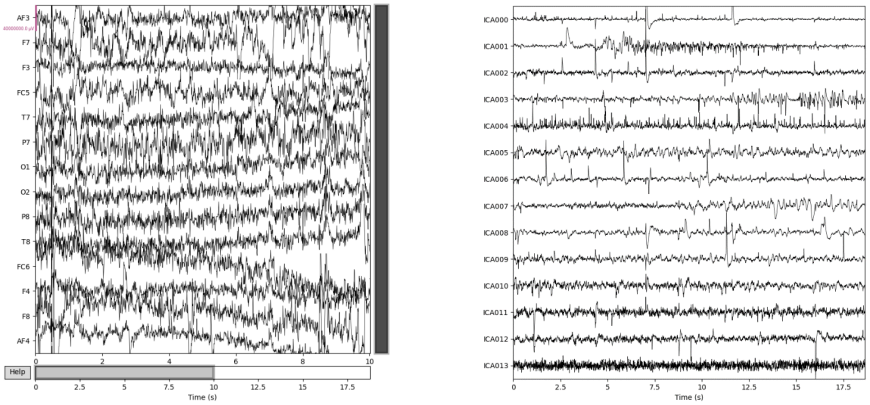
- 0: ไม่เข้าใจหรือรู้สึกสับสน
- 1: เข้าใจเนื้อหา

ข้อมูลนี้นั้นเป็นข้อมูลที่สามารถดาวน์โหลดได้จากแหล่งข้อมูลออนไลน์ ซึ่งถือว่าเป็นผลดีต่อผู้ที่มีข้อจำกัดในด้านการเก็บข้อมูล แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลชุดนี้ยังมีข้อจำกัดคือ ขนาดของชุดข้อมูลยังค่อนข้างเล็ก (ผู้ทดลอง 8 คน และ 11 วิดีโอ) ซึ่งอาจส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ในการนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทที่กว้างขึ้น

3. การเตรียมข้อมูล

3.1 การกรองสัญญาณ EEG

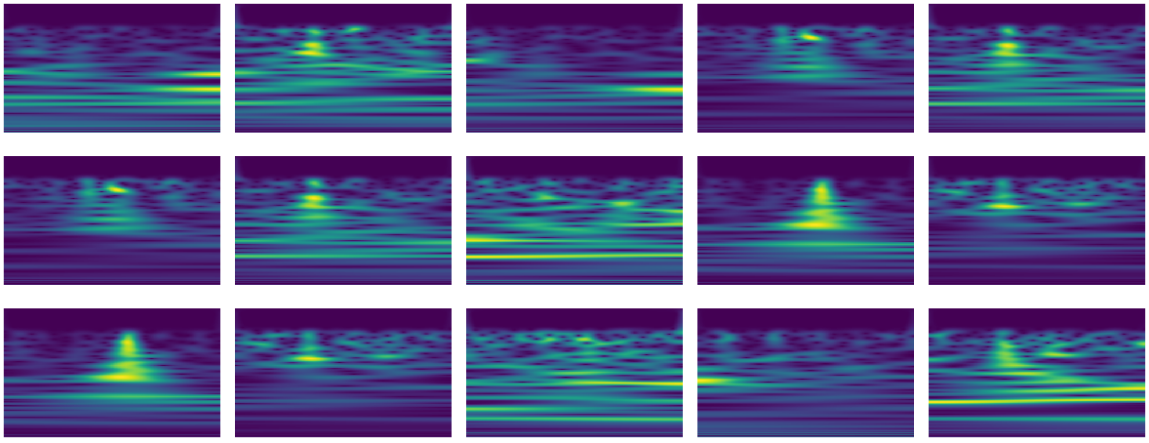
ข้อมูล EEG ดิบที่ได้รับจาก Kaggle มักมีสัญญาณรบกวน (Noise) เช่น สัญญาณรบกวนทางกายภาพจากการกระพริบตาหรือการกรอกลูกตาไปมา (Electroretinography: ERG) การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ (Electromyography: EMG) และการเต้นของหัวใจ (Electrocardiogram: ECG/EKG) ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิด Noise หรือเรียกอีกอย่างว่า Artifact ซึ่งอาจลดความแม่นยำในการวิเคราะห์ เพื่อจัดการปัญหานี้ได้ดำเนินการโดยใช้ Band-pass Filter เพื่อตัดสัญญาณความถี่ที่ไม่เกี่ยวข้องและเทคนิค Independent Component Analysis (ICA) เพื่อตรวจจับและกำจัด Artifact ที่เกิดจาก Noise และลดผลกระทบต่อสัญญาณ ผลลัพธ์หลังการกรองสัญญาณแสดงความคมชัดของสัญญาณ EEG ที่ปรับปรุงแล้ว แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กราฟเปรียบเทียบสัญญาณ EEG ก่อนและหลังการทำ ICA

3.2 การแปลงข้อมูล EEG

สัญญาณ EEG ที่ผ่านการกรอง Artifact แล้วจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบของ Continuous Wavelet Transform (CWT) เพื่อสร้าง Scalogram ซึ่งเป็นภาพที่แสดงการกระจายพลังงานของสัญญาณในเชิงเวลาและความถี่ Scalogram มีข้อดีคือสามารถช่วยให้โมเดล CNN สกัดคุณลักษณะเชิงพื้นที่ (Spatial) และเชิงเวลา (Temporal) ได้อย่างแม่นยำ



รูปที่ 2 ภาพ Scalogram หลังการแปลงสัญญาณด้วย CWT

จาก รูปที่ 2 การทำ CWT สามารถอธิบายได้ดังนี้ ในแต่ละ Scalogram แสดงการกระจายพลังงานของสัญญาณ EEG ในมิติของเวลา (แกน x) และความถี่ (แกน y) บริเวณที่มีพลังงานสูง (สีสว่าง เช่น สีเขียว) แสดงถึงช่วงเวลาที่สัญญาณสมองมีกิจกรรมเด่นในช่วงความถี่เฉพาะ ความแตกต่างของพลังงานในภาพ Scalogram บ่งชี้ถึงการตอบสนองของสมองในสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น ระดับความสนใจหรือความเข้าใจของผู้ทดลองขณะดูวิดีโอ ช่วงเวลาที่มีกิจกรรมเด่นชัด เช่น บริเวณสีสว่างอาจสัมพันธ์กับช่วงที่ผู้ทดลองแสดงความเข้าใจหรือสนใจในเนื้อหามากขึ้น

Scalogram นั้นทำให้ CNN สามารถเรียนรู้คุณลักษณะสำคัญที่ซ่อนอยู่ในข้อมูล EEG ได้ดีขึ้น โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความถี่ของสัญญาณ โดยภาพเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายในสัญญาณ EEG ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการจำแนกระดับความเข้าใจของผู้เรียน

3.3 การจำแนกประเภทและวัดประสิทธิภาพ

1. การจำแนกประเภทหรือประเมินระดับความเข้าใจของนักเรียนนั้น จะทำโดยใช้โมเดล Decision Tree ในการทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้น และใช้โมเดล Convolutional Neural Network (CNN) ซึ่งมีความซับซ้อนสูงกว่า โดย CNN สามารถสกัดคุณลักษณะเชิงลึกที่สำคัญจาก Scalogram ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การวัดประสิทธิภาพของโมเดล

ประสิทธิภาพของโมเดลวัดจาก ค่า Accuracy
ซึ่งจะใช้ในการวัดความแม่นยำของโมเดลในการจำแนกระดับความเข้าใจของผู้เรียน

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$$

โดย

TP คือค่าที่พยากรณ์ถูกต้องเชิงบวก
TN คือค่าที่พยากรณ์ถูกต้องเชิงลบ
FP คือค่าที่พยากรณ์ผิดพลาดเชิงบวก
FN คือค่าที่พยากรณ์ผิดพลาดเชิง

ผลการศึกษา

จากการทดสอบโมเดล Decision Tree สำหรับการจำแนกข้อมูลสัญญาณ EEG พบว่าโมเดลนี้ให้ค่า Accuracy ที่ 64.4% ซึ่งบ่งบอกถึงความแม่นยำในระดับปานกลาง ทั้งนี้เมื่อใช้โมเดล Convolutional Neural Network (CNN) ที่ผ่านการเตรียมข้อมูลด้วย Continuous Wavelet Transform (CWT) ก่อนป้อนเข้าสู่โมเดล พบว่า CNN ให้ค่า Accuracy สูงถึง 81% ซึ่งสูงกว่า Decision Tree อย่างชัดเจน
แสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีกว่าในการจำแนกระดับความเข้าใจของผู้เรียนจากสัญญาณ EEG

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าโมเดล CNN มีความเหมาะสมและประสิทธิภาพสูงในการจัดการกับข้อมูล EEG ที่ซับซ้อน เนื่องจากสามารถสกัดคุณลักษณะเชิงลึกได้ดีกว่าโมเดลพื้นฐานอย่าง Decision Tree ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนพอสำหรับงานนี้ เทคนิค CWT ที่ใช้ร่วมกับ CNN ช่วยแปลงข้อมูล EEG ให้อยู่ในรูปแบบของ scalogram ทำให้โมเดลสามารถมองเห็นลักษณะเชิงเวลาและความถี่ของสัญญาณ EEG ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการจับการตอบสนองของสมองในแต่ละช่วงการเรียนรู้ CNN จึงสามารถเรียนรู้ลักษณะเฉพาะของสัญญาณได้อย่างแม่นยำ และทำให้เกิดประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลความเข้าใจของผู้เรียนในชั้นเรียนออนไลน์ได้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผลและอธิปรายผล

ด้วยความแม่นยำของ CNN ที่สูงกว่าโมเดลดั้งเดิม การประยุกต์ใช้โมเดลนี้ในระบบการเรียนออนไลน์ช่วยให้สามารถติดตามและประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียนได้แบบเรียลไทม์ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการสร้างระบบการศึกษาดิจิทัลที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการและสภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างต่อเนื่องและแม่นยำเหตุผลที่ CNN มีความแม่นยำสูงกว่า Decision Tree นั้นเนื่องจาก CNN ถูกออกแบบมาเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงเวลาได้อย่างลึกซึ้ง โดย Scalogram ที่สร้างจาก CWT ช่วยให้ CNN สกัดคุณลักษณะสำคัญที่เกี่ยวข้องกับระดับความเข้าใจของผู้เรียนได้อย่างแม่นยำ นอกจากนั้น โครงสร้างของ CNN ซึ่งมีหลายชั้น (Multi-layer) เช่น Convolutional Layers และ Pooling Layers ช่วยในการดึงข้อมูลที่ซับซ้อนออกมาจาก Scalogram ในขณะที่ Decision Tree มีความเรียบง่ายและไม่สามารถจัดการกับข้อมูลที่ซับซ้อนได้ในระดับนี้ ในขณะที่ Decision Tree นั้น

เหมาะกับข้อมูลที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นหรือมีลักษณะที่เข้าใจง่าย แต่ข้อมูล EEG ซึ่งมีลักษณะเป็น Time-series และมีความผันผวนสูงในมิติของเวลาและความถี่จำเป็นต้องใช้โมเดลที่ซับซ้อนกว่าสำหรับการวิเคราะห์

ปัจจัยที่อาจมีผลต่อประสิทธิภาพของโมเดล คือ คุณภาพของสัญญาณ EEG แม้จะมีการกรองด้วย Band-pass Filter และการใช้ ICA เพื่อลด Noise แต่การใช้อุปกรณ์ Emotiv Epoc X ซึ่งมีจำนวน Channel และ Sampling Rate ต่ำกว่า EEG-cap headset มาตรฐานอาจลดคุณภาพของสัญญาณที่ได้ นอกจากนั้นขนาดของชุดข้อมูลซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่มตัวอย่างเพียง 8 คน และวิดีโอ 11 คลิป อาจทำให้โมเดลขาดความสามารถในการ Generalize ข้อมูลใหม่ หากเพิ่มจำนวนผู้ทดลองและวิดีโอที่มีความหลากหลายจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์รวมถึงความแตกต่างของพฤติกรรม เช่น ความสนใจ ความเหนื่อยล้า หรืออารมณ์ของผู้ทดลอง อาจมีผลต่อสัญญาณ EEG

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

1. งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเพียง 8 คน ซึ่งอาจจำกัดความสามารถในการสรุปผลและการนำไปใช้งานจริง ดังนั้น ในอนาคต ควรดำเนินการขยายขนาดชุดข้อมูลและพัฒนาโมเดลให้เหมาะสมกับการใช้งานมากยิ่งขึ้น อีกทั้ง เพิ่มความหลากหลายของวิดีโอที่ใช้ในงานทดลอง เพื่อให้โมเดลสามารถเรียนรู้และ Generalize ข้อมูลได้ดีขึ้น

2. พัฒนาโมเดลให้เหมาะสำหรับการใช้งานจริง โดยลดเวลาการประมวลผล Scalogram และเพิ่มประสิทธิภาพของ CNN เพื่อรองรับการใช้งานแบบเรียลไทม์ในระบบการเรียนการสอนออนไลน์

3. วิเคราะห์ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อสัญญาณ EEG และศึกษาผลกระทบของปัจจัยด้านอารมณ์ หรือความเหนื่อยล้าต่อสัญญาณ EEG เพื่อพัฒนาโมเดลที่สามารถแยกแยะลักษณะเหล่านี้ได้อย่างแม่นยำ

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยี EEG และโมเดล CNN ในการพัฒนาระบบการศึกษาออนไลน์ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถปรับปรุงประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียนและสนับสนุนการพัฒนาการศึกษาในยุคดิจิทัลต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Bangkok Pattaya Hospital. (n.d.). การตรวจ EEG: การวัดคลื่นไฟฟ้าของสมอง. Bangkok Pattaya Hospital. https://bangkokpattayahospital.com/th/health-articles-th/neuroscience-th/eeg-th/
2. กันต์, ท. มาทำนายการเรียนออนไลน์จากคลื่นสมอง (EEG) กันเถอะ. Medium. 2022, https://medium.com/@guntee12123/มาทำนายการเรียนออนไลน์จากคลื่นสมอง-eeg-กันเถอะ-distance-learning-eeg-classification-262317834 74b
3. Madyanomar. EEG data in a distance learning environment [ข้อมูลชุด]. Kaggle. 2021. https://www.kaggle.com/datasets/madyanomar/eeg-data-distance-learning-environment?resource=download
4. ปิยะวรรณ, พ. การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน. วารสารการศึกษาผู้ใหญ่. 2021. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/eduthu/article/view/262340/180331
5. สมชาย, ส. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในกระบวนการเรียนการสอน. วารสารการศึกษาและเทคโนโลยี. 2020. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/ectiard/article/view/250499/170120
6. สมศักดิ์, ส. การศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาการเรียนการสอนออนไลน์ (รายงานวิจัย). 2563. https://buuir.buu.ac.th/bitstream/1234567890/3821/3/2563_319.pdf

7. สมศรี, ส. การพัฒนาการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท). 2563. http://ir-ithesis.swu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/1698/1/gs631130111.pdf
8. แห้ง, ด. Decision tree: Part 01. Medium. 2021. https://datascihaeng.medium.com/decision-tree-part01-47ef24539fba
9. จักษ์ฤทธิ์, ดร. การจัดการการเรียนรู้ออนไลน์. 2020. https://slc.mbu.ac.th/wp-content/uploads/2020/06/การจัดการเรียนรู้ออนไลน์-ดร.จักรกฤษณ์-โพด.pdf

การออกแบบและสร้างชุดแม่พิมพ์แบบต่อเนื่องเพื่อขึ้นรูปลวดลายบนแผ่นพลาสติก

Design and Making Progressive Die for Forming Plastic sheet Workpiece

เชษฐ อุทธิยัง[1*], วัชรินทร์ สิทธิเจริญ[1], นทีชัย ผัสดี[1] และ ธีรวัฒน์ แสงกาศ[1]

Chet Uthiyoung[1*], Watcharin Sitticharoen[1], Nateechai Pudsdee[1] and Teerawat Sangkas [1]

บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์กดตัดชิ้นงานพอลิไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) เพื่อใช้ทดแทนการทำงานการแกะสลักชิ้นงานพอลิไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) ด้วยการใช้ฝีมือคนในการขึ้นรูปชิ้นงาน. ชิ้นงานมีขนาดความกว้าง 66 มิลลิเมตร ความยาว 114 มิลลิเมตร และความหนา 1 มิลลิเมตร. ผลการทดลองพบว่า สามารถกดตัดชิ้นงานให้มีลวดลายตามที่ออกแบบไว้. ชิ้นงานมีลวดลายที่เหมือนกัน. ต้องการผลิตชิ้นงาน 1 ชิ้น แบบเดิมใช้เวลาในการผลิต 29 นาที แบบใช้ชุดแม่พิมพ์ใช้เวลา 3.3 นาที ทำให้เวลาลดลง 88.62 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : แม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง, พอลิไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี)

Abstract

Design and making of progressive die for cutting polyvinyl chloride (PVC) pieces to replace the work of carving polyvinyl chloride (PVC) pieces by using human skill in shaping the pieces. The workpiece has a width of 66 mm. a length of 114 mm. and a thickness of 1 mm. The results of the experiment found that can piercing and blanking the workpiece to have the pattern as designed. The work has the same pattern. Want to produce 1 piece. Traditional production takes 29 minutes. The using a progressive die takes 3.3 minutes, reducing the time by 88.62 percent.

Keywords: Progressive die, Polyvinylchloride (PVC)

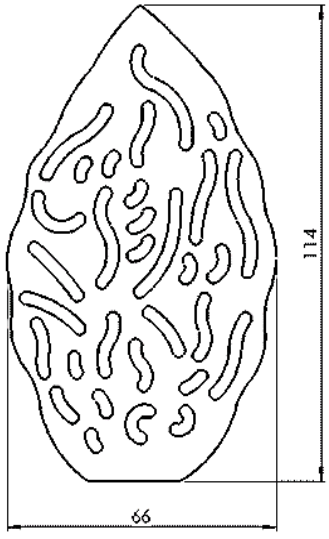
[1] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiangmai 50300

*Corresponding author : chet_tde@hotmail.com

บทนำ

แม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง (Progressive Die) ที่นำใช้ในงานปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่น จะช่วยในการผลิตชิ้นงานที่มีรูปทรงที่เหมือนกัน และได้จำนวนทีละมาก ๆ แม่พิมพ์โลหะนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ในครัวเรือน อุตสาหกรรมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเครื่องใช้ไฟฟ้า คอมพิวเตอร์ เครื่องมือแพทย์ เป็นต้น การออกแบบแม่พิมพ์โลหะให้มีขนาดเหมาะสมกับขนาดชิ้นงานก็มีความจำเป็นต่อต้นทุนการผลิต การพัฒนาโดยใช้แม่พิมพ์แบบต่อเนื่องปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง (สมชาย เอี่ยมเจริญ, 2546) การเปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิตด้วยใช้แม่พิมพ์แบบต่อเนื่องและกรรมวิธีแบบเดิมในการปั๊มชิ้นส่วนเครื่องประดับตุ้มหูที่ทำด้วยโลหะเงิน (กันเกรา รุ่งหิรัญ และคณะ, 2550) การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์โดยออกแบบแผ่นงานหลายรูปแบบเพื่อให้ประหยัดวัสดุได้มากกว่าเดิม (ปริญญา ศรีสัตยกุล และยอดนภา เกษเมือง, 2562) การใช้แม่พิมพ์แบบต่อเนื่องขึ้นรูปชิ้นส่วนหัวเข็มขัดนิรภัยที่อุณหภูมิสูงซึ่งเป็นเหล็กกล้าทนแรงดึงสูงโดยสถานีที่ 1 จะทำการเจาะรูและตัดขอบงาน สถานีที่ 2 จะทำการพับ (Ken–ichiro Mori et., 2017) การประเมินต้นทุนสำหรับกระบวนการปั๊มสเตเตอร์ของชิ้นส่วนมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อกำหนดสถานีการปั๊มโดยแม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง (J. Zhang and D. Spath, 2019) จากร้านค้าที่ผลิตชุดโคมไฟจะทำการแกะสลักโดยการใช้ฝีมือคนในการขึ้นรูปใช้ระยะเวลาในการผลิตค่อนข้างนานกว่าจะได้ชิ้นงานหนึ่งชิ้น โดยใช้เวลาในการผลิต 29 นาทีต่อชิ้น ขั้นตอนผลิตชิ้นงานแกะสลักชิ้นงานพอลิไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) ด้วยมือคน ผลจากการขึ้นรูปมักเกิดขนาดและลักษณะของรูปทรงแม่พิมพ์ไม่เท่ากัน เนื่องจากการใช้ฝีมือคนอาจทำให้ลักษณะแม่พิมพ์การแกะสลักโคมไฟเกิดความเสียหายได้ง่าย รวมไปถึงลักษณะของชิ้นงานที่ได้แต่ละชิ้นมีความแตกต่างกัน ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้น จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะใช้ชุดแม่พิมพ์แบบต่อเนื่องเพื่อช่วยในการผลิตแทนการเกาะสลักด้วยมือคน โดยได้ทำการออกแบบและสร้างชุดแม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง โดยการใช้ชุดแม่พิมพ์กดตัดชิ้นงานพอลิไวนิลคลอไรด์ ดังภาพที่ 1 จะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีรูปร่างลวดลายได้เหมือนกัน และสามารถเพิ่มผลผลิตโดยการใช้ชุดแม่พิมพ์



ภาพที่ 1 แบบชิ้นงานใบโพธิ์โคมไฟ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

วัสดุ อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

แม่พิมพ์แบบต่อเนื่องเป็นแม่พิมพ์ปั๊มโลหะแผ่นที่ทำการกดตัดขึ้นรูปชิ้นงานหลายขั้นตอนในชิ้นงานเดียวกัน โดยแยกตามขั้นตอนกดตัดก่อนและหลังไว้ตามลำดับ ใช้ผลิตชิ้นงานที่มีปริมาณมาก รูปร่างเหมือนกัน ขนาดเท่ากัน ในลักษณะการทำงานของแม่พิมพ์จะใช้เจาะรู (Piercing) เพื่อได้ขนาดรูตามที่กำหนด หรือใช้กดตัดขอบ (Blanking) เพื่อนำส่วนที่กดตัดออกหรือแผ่นชิ้นงานนำไปใช้งาน ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง (ชาญชัย ทรัพยากร และคณะ, 2552) (วารุณี และพงศ์พันธ์, 2552) จากแบบชิ้นงาน ดังภาพที่ 1 โดยออกแบบแผ่นงานจะได้สถานีการทำงาน 3 สถานี ดังภาพที่ 2 โดยสถานีที่ 1 งานเจาะรู สถานีที่ 2 งานเจาะรู สถานีที่ 3 งานกดตัดขอบ คำนวณหาระยะป้อนแผ่นงานมีค่า 83 มิลลิเมตร คำนวณระยะช่องว่างระหว่างพันช์กับดาย 2 ด้าน มีค่า 0.014 มิลลิเมตร คำนวณแรงทั้งหมดที่ใช้ในการกดตัด มีค่า 39.62 กิโลนิวตัน พันช์กับดายใช้เหล็กกล้า SCM440 ชุบแข็ง 55–56 HRC การหาระยะป้อนแผ่นงาน ได้จากการนำช่วงความกว้างของแผ่นงานที่ถูกกดตัดออก บวกกับค่าช่วงเผื่อระหว่างชิ้นงานต่อชิ้นงาน

การหาค่าระยะช่องว่างระหว่างพันช์กับดาย

$$C = 0.005\ (t)\ \sqrt{\frac{\tau u}{10}}$$

C = ค่าระยะช่องว่างระหว่างพันช์กับดาย 1 ด้าน (มิลลิเมตร)

t = ความหนาของแผ่นงาน (มิลลิเมตร)

τu = ความเค้นเฉือนของแผ่นงาน (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)

การหาค่าแรงที่ใช้ในการกดตัด

$$F = \tau u \times L \times t$$

F = แรงกดตัด (นิวตัน)

τu = ความเค้นเฉือนของแผ่นงาน (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)

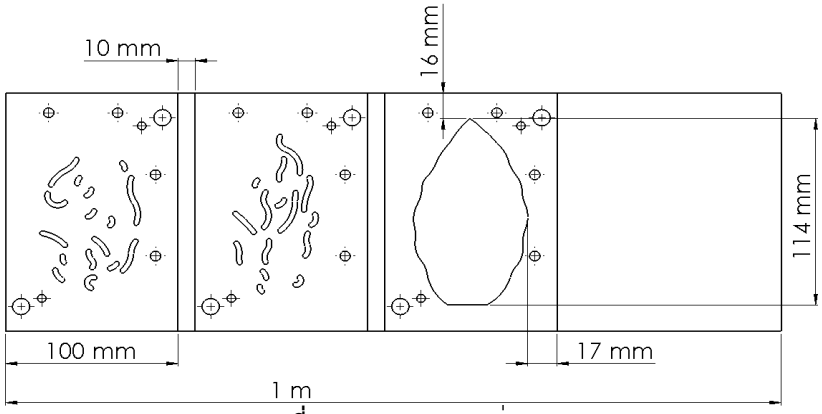
L = ความยาวเส้นรอบรูป (มิลลิเมตร)

t = ความหนาของแผ่นงาน (มิลลิเมตร)

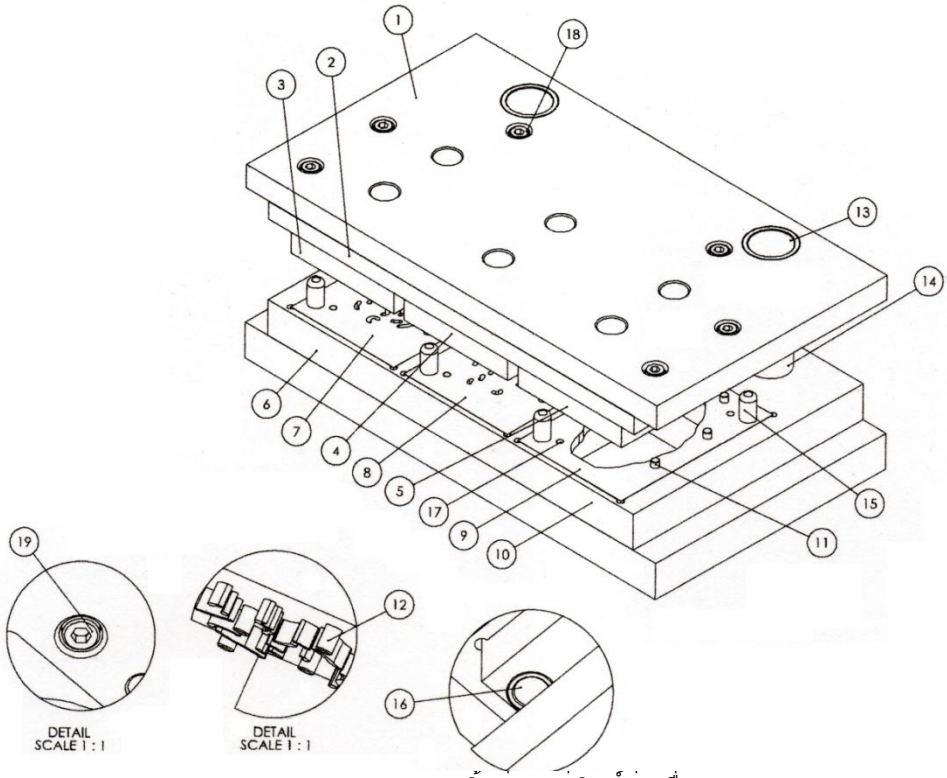
ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ต่อเนื่อง ซึ่งจะทำการออกแบบแผ่นงาน ตามด้วยการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆในชุดแม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง ออกแบบและเขียนแบบชุดแม่พิมพ์แล้วดำเนินการสร้างแม่พิมพ์ตามแบบ โดยใช้เครื่องมือกลอัตโนมัติ (CNC) และเครื่องมือกลพื้นฐาน ในส่วนการสร้างดายจะใช้เครื่องตัดโลหะด้วยลวดไฟฟ้า (Wire cut) แล้วทำการประกอบชิ้นส่วนชุดแม่พิมพ์ ติดตั้งชุดแม่พิมพ์บนเครื่องเพรสทดสอบให้ได้ชิ้นงานที่ต้องการทั้งมีการแก้ไขที่ชุดแม่พิมพ์ไม่สมบรูณ์เกิดปัญหา

แม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง ดังภาพที่ 3 ชิ้นส่วนแม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง ดังภาพที่ 3 (ก) หมายเลขที่ 1 พันช์โฮเดอร์ หมายเลข 2 พันช์ซับพอท หมายเลข 3 พันช์ 1 หมายเลข 4 พันช์ 2 หมายเลข 5 พันช์ 3 หมายเลข 6 ดายซับพอท หมายเลข 7 ดาย 1 หมายเลข 8 ดาย 2 หมายเลข 9 ดาย 3 หมายเลข 10 ดายโฮเดอร์ หมายเลข 11 สต๊อบเปอร์ หมายเลข 12 สตริปเปอร์ หมายเลข 13 ไกด์บูช หมายเลข 14 ไกด์โพรส หมายเลข 15 ซับพอทไกด์โพรส หมายเลข 16 ซับพอทไกด์บูช หมายเลข 17 สกรูหัวฝัง 1 หมายเลข 18 สกรูหัวฝัง 2 หมายเลข 19 สกรูหัวฝัง 3 วัสดุชิ้นงานเป็นแผ่น

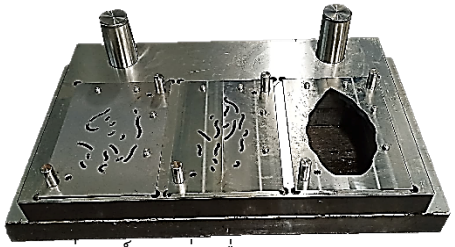
พลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) ความหนา 1 มิลลิเมตร โดยเตรียมแผ่นงานพลาสติกฯ มีขนาดกว้างxยาว 146x1,000 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องเพรสแมคคานิกส์ 800 กิโลนิวตัน นำชุดแม่พิมพ์แบบต่อเนื่องไปติดตั้งบนเครื่องเพรส ดังภาพที่ 4 ทำการกดตัด จำนวน 45 ชิ้น บันทึกผลการทดลอง ตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน ตามจุดที่กำหนด



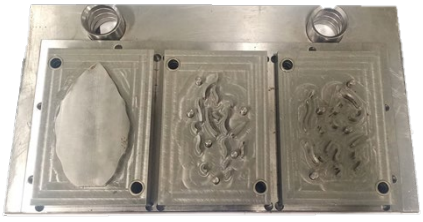
ภาพที่ 2 การออกแบบแผ่นงาน



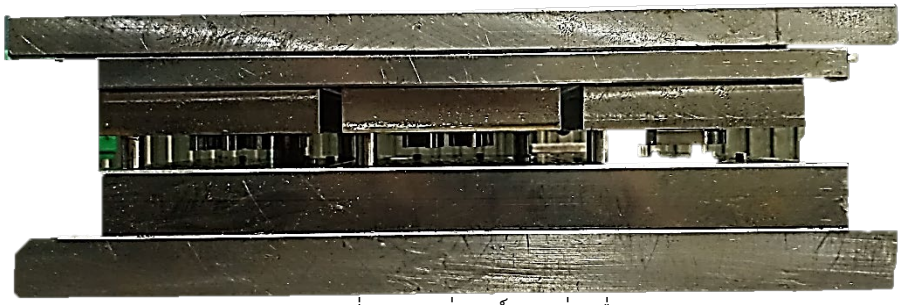
(ก) แบบชิ้นสวนแม่พิมพ์ต่อเนื่อง



(ข) แม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง (ชุดดาย)



(ค) แม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง (ชุดพันช์)

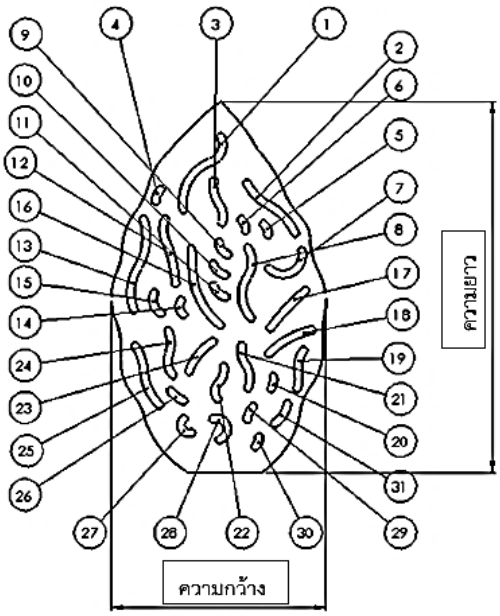


ภาพที่ 3 ชุดแม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง



(ก) การติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องเพรส (ข) การปรับตั้งค่าที่หน้าจอ (ค) เครื่องเพรส

ภาพที่ 4 การติดตั้งชุดแม่พิมพ์แบบต่อเนื่องบนเครื่องเพรส



ภาพที่ 5 แสดงจุดตรวจวัดขนาด

จากภาพที่ 5 โดยจุดที่จะทำการตรวจวัดรูชิ้นงาน และวัดความกว้าง ความยาว มี 31 จุด ชิ้นงานพอลิไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี)

ผลการศึกษา

ผลการทดลองใช้แม่พิมพ์แบบต่อเนื่องกดตัดชิ้นงาน

ในการทดลองใช้เครื่องเพรส โดยกำหนดความเร็วขึ้น–ลง ที่ 30 เมตรต่อนาที จะได้ชิ้นงานภาพที่ 6 ชิ้นงานไม่มีครีบ สามารถกดตัดชิ้นงานได้ ใช้เวลาในการผลิตชิ้นงาน 1 ชิ้น เท่ากับ 3.3 นาที ซึ่งประกอบด้วยเวลาเตรียมงาน เวลากดตัดชิ้นงาน เวลาตรวจสอบชิ้นงาน



ภาพที่ 6 ชิ้นงานที่ได้ผ่านการกดตัดด้วยชุดแม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง

ผลการวัดขนาดความกว้าง ความยาว

วัดขนาดความกว้างความยาว จำนวน 10 ชิ้น จะใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์แบบดิจิทัล 0.01 มิลลิเมตร กำหนดค่าพิกัดความเผื่อ ± 0.15 มิลลิเมตร ผลการวัดขนาดดังตารางที่ 1

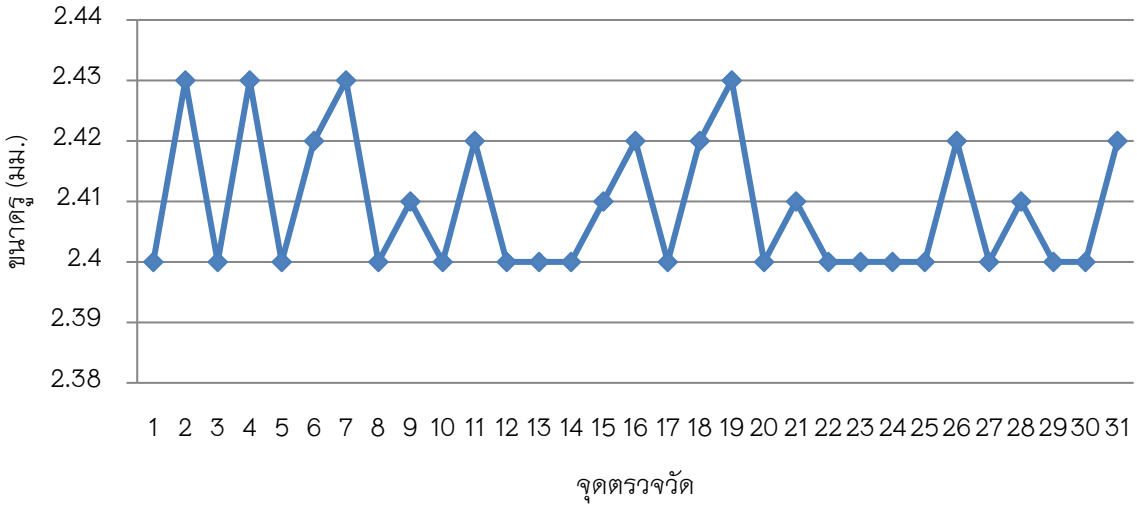
ตารางที่ 1 ผลบันทึกการวัดขนาดความกว้าง ความยาว

ชิ้นที่	กว้าง 66 (มม.)	ยาว 114 (มม.)
1	66.05	114.10
2	66.06	114.12
3	66.05	114.11
4	66.06	114.12
5	66.07	114.10
6	66.06	114.12
7	66.05	114.10
8	66.06	114.11
9	66.07	114.10
10	66.06	114.11
ค่าเฉลี่ย	66.059	114.109

ผลการวัดขนาดความกว้างมีค่า 66.05 ถึง 66.07 มิลลิเมตร ได้ขนาดที่มากกว่าค่าที่กำหนดคือ 66 มิลลิเมตร ส่วนขนาดความยาวมีค่า 114.10 ถึง 114.12 มิลลิเมตร มีค่ามากกว่าขนาดที่กำหนดคือ 114 มิลลิเมตร ชิ้นงานกดตัดได้เป็นไปตามขนาดที่กำหนดไว้ ไม่ส่งผลต่อการผลิตชิ้นงาน

ผลการวัดขนาดตามจุดต่างๆ ของชิ้นงาน

วัดขนาดความกว้างของรู ลวดลายบนชิ้นงาน มี 31 ลวดลาย ตามจุดที่กำหนด ดังภาพที่ 5 ใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์แบบดิจิทัล 0.01 มิลลิเมตร ผลการวัดขนาดรูดังภาพที่ 7



รูปที่ 7 ค่าเฉลี่ยวัดขนาดรูตามจุดต่าง ๆ

การวัดตรวจสอบขนาดรูตามจุดต่าง ๆ ค่าเฉลี่ยขนาดรู ลวดลายบนชิ้นงาน มีค่า 2.4 ถึง 2.43 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าแตกต่างไม่มากนัก ไม่ส่งผลต่อการผลิตชิ้นงาน

วิจารณ์และสรุปผล

การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง เพื่อทำการกดตัดชิ้นงานพอลิไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) เพื่อนำไปใช้ประกอบกับโคมไฟ สามารถกดตัดชิ้นงานให้มีลวดลายตามที่กำหนดไว้ ชิ้นงานไม่มีครีบเนื่องจากเป็นพลาสติก ช่องว่างระหว่างพันช์และดายมีความเหมาะสม แผ่นปลดงานในชุดแม่พิมพ์สามารถปลดงานออกได้ ชิ้นงานไม่ติดกับพันช์ สามารถนำชุดแม่พิมพ์มาช่วยในการผลิตชิ้นงานแทนคนได้ ใช้เวลาในการผลิตชิ้นงาน 1 ชิ้น เท่ากับ 3.3 นาที ลดเวลาในการผลิต 88.62 เปอร์เซ็นต์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง และงบประมาณในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ชาญชัย ทรัพยากร และคณะ, (2552). **การออกแบบแม่พิมพ์, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).** พิมพ์ครั้งที่ 10.

ปริญญา ศรีสัตยกุลและยอดนภา เกษเมือง. 2562. **การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแผงยึดหลอดไฟรถยนต์.** วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มิถุนายน. หน้า 26-33.

วารุณี เปรมานนท์ และพงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์, (2552). **งานขึ้นรูปโลหะ**. สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น, พิมพ์ครั้งที่ 4.

สมชาย เอี่ยมเจริญ. 2548. **การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โดยการพัฒนาและใช้แม่พิมพ์ต่อเนื่องกรณีศึกษา: บริษัทไทยโปรแกสซีพดายส์ จำกัด อำเภอบางพลีใหญ่ จังหวัดสมุทรปราการ**. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชมงคล ปีที่ 2 ฉบับที่ 4 กรกฎาคม-ธันวาคม 2546, หน้า 20-26.

Jing Zhang and Dieter Spath. **Progressive die cost estimation based on lamination design and production scenario in the electric traction motor application.** Procedia Manufacturing 39, (2019), pp 635-644.

Ken-ichiro Mori, Tomoyoshi Maeno, Masato Sakagami, Masanori Ukai and Yuki Agatsuma. **2-stage progressive-die hot stamping of ultra-high strength steel parts using resistance heating**. Procedia Engineering 207, (2017), pp 681-686.

ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคระบบทางเดินอาหารด้วยอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพของน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp.

Inhibitory effects of biosynthesis silver nanoparticles using extracellular fluid from *Streptomyces* sp. against some gastrointestinal tract pathogens

วริศรา วิฉายา[1*], กันณพัทธ ภูแข่งหมอก[1], อัจฉรียา ชมเชย[1] และ วรางคณา เขาดี[2]

Warissara Wichaya[1*], Kannapat Phukangmok[1], Atchareeya Chomchoei[1] and Warangkhana Khaodee[2]

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพจากน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp. โดยศึกษาระยะเวลาของน้ำเลี้ยงเซลล์ในวันที่ 5 10 และ 15 กับความเข้มข้นของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$) ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ (1 mM) และ 5 มิลลิโมลาร์ (5 mM) ที่มีผลต่อการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ โดยบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในสภาวะไม่มีแสง เป็นเวลา 3 วัน พบว่า ทุกตัวอย่างน้ำเลี้ยงเซลล์สามารถรีดิวซ์ให้เกิดการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโน โดยสารละลายมีการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้ำตาล สารละลายอนุภาคซิลเวอร์นาโนที่เติมสารละลาย 1 mM $AgNO_3$ สามารถดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเลต (UV) ได้ค่าความยาวคลื่นสูงสุดในช่วง 430–450 นาโนเมตร และที่ความเข้มข้น 5 mM $AgNO_3$ สามารถดูดกลืนแสง UV ได้ค่าความยาวคลื่นสูงสุดในช่วง 460–500 นาโนเมตร เมื่อนำสารละลายอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพมาทดสอบฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคระบบทางเดินอาหารในคน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ *Bacillus cereus* , *Enterococcus faecalis* , *Staphylococcus aureus* , *Listeria ivanovii* และ *Escherichia coli* ด้วยวิธี disc diffusion method บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวได้ โดยเชื้อ *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria ivanovii* และ *Escherichia coli* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เท่ากับ 13.7, 27.0, 21.3, 19.8 และ 14.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ, เชื้อแบคทีเรียก่อโรคระบบทางเดินอาหาร

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Master of Science, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, 50300

[2] Chemistry Department, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, 50300

*Corresponding author : waris13596@gmail.com

Abstract

This study investigates the biosynthesis of silver nanoparticles using the cell-free supernatant of *Streptomyces* sp. by examining the effect of supernatant age (5, 10, and 15 days) and silver nitrate ($AgNO_3$) concentrations (1 mM and 5 mM) on nanoparticle formation. The biosynthesis was carried out at 30°C in the absence of light for 3 days. It was observed that the cell-free supernatant from all tested ages successfully reduced silver ions to synthesize silver nanoparticles, indicated by the solution turning yellow-brown. At 1 mM $AgNO_3$, the silver nanoparticle solution exhibited maximum UV absorption in the range of 430-450 nm, while at 5 mM $AgNO_3$, the absorption peak was within 460-500 nm. The antibacterial activity of the biosynthesized silver nanoparticles was tested against five strains of human gastrointestinal pathogenic bacterial—*Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria ivanovii*, and *Escherichia coli*—using the disc diffusion method, incubating at 37°C for 24 hours. The results showed that the silver nanoparticles effectively inhibited all tested bacteria. The inhibition zone diameters for *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria ivanovii*, and *Escherichia coli* were significantly different ($P<0.01$), measuring 13.7, 27.0, 21.3, 19.8, and 14.0 mm, respectively.

Keywords: Biosynthesis silver nanoparticles, Pathogenic bacteria in the digestive system

บทนำ

ปัจจุบันอนุภาคนาโนเริ่มเข้ามามีบทบาทในชีวิตของมนุษย์มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นด้านอุตสาหกรรมและสิ่งทอ ด้านการแพทย์และสาธารณสุข ซึ่งอนุภาคนาโนเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กอยู่ในช่วง 1-100 นาโนเมตร มีคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพที่แตกต่างไปจากอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากอนุภาคที่มีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวสัมผัสสูง สามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ดี (กานต์พิมล และรินา, 2560 อ้างจาก Wang et al., 2006) อนุภาคนาโนถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น อนุภาคนาโนไททาเนียมออกไซด์ ถูกนำไปรวมกับเส้นใยผ้า ทำให้สามารถทำความสะอาดได้เอง และป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต อนุภาคทองคำนาโน ใช้เป็นเซ็นเซอร์ตรวจวัดโลหะหนัก หรือ อนุภาคซิลเวอร์นาโนถูกนำไปเคลือบอุปกรณ์ทางการแพทย์ เพื่อป้องกันแบคทีเรีย เป็นต้น (กานต์พิมล และรินา, 2560 อ้างจาก Montazer and Seifollahzadeh, 2011) ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา อนุภาคนาโนทางชีวภาพมีการนำมาประยุกต์ เนื่องจากมีความปลอดภัยมากกว่าการสังเคราะห์ทางเคมีที่มีการตกค้างสารเคมีในสิ่งแวดล้อมได้ โดยเฉพาะการนำอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพมาใช้ประโยชน์ (Shanmugaiah et al., 2015)

อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพได้รับความสนใจในปัจจุบันเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ จึงถูกนำมาใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น เสื้อผ้า เครื่องมือทางการแพทย์ เครื่องใช้ภายในบ้าน เครื่องสำอาง เป็นต้น (กานต์พิมล และรินา, 2560) ซึ่งการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนสามารถทำได้หลายวิธี แต่นิยมใช้วิธีการทางชีวภาพในการสังเคราะห์ เพราะต้นทุนต่ำและใช้เวลาน้อย อีกทั้งยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วยเช่นกัน มักนิยมใช้เชื้อจุลินทรีย์ชักนำให้เกิดการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโน เช่น แอคติโนแบคทีเรียที่พบได้ทั่วไปในดิน โดยเฉพาะกลุ่มของ *Streptomyces* sp. เป็นแอคติโนแบคทีเรียชนิดหนึ่งสามารถชักนำให้เกิดการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโน เพราะเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ และ

อนุภาคซิลเวอร์นาโนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นนั้นสามารถมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ก่อโรคบางชนิดได้ (Shanmugaiah et al., 2015)

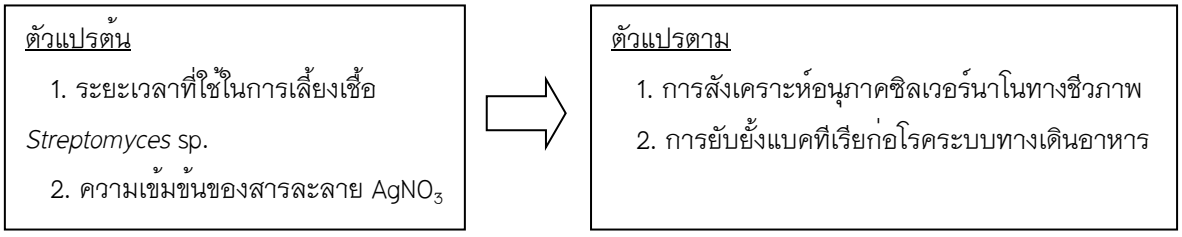
จากข้อมูลที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพของแอคติโนแบคทีเรีย *Streptomyces* sp. และทดสอบฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคระบบทางเดินอาหาร เพื่อนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาระยะเวลาของน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp. และความเข้มข้นของสารละลาย $AgNO_3$ ต่อการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ และศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคระบบทางเดินอาหารของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

งานวิจัยนี้ได้กำหนดสมมุติฐาน คือ ระยะเวลาของน้ำเลี้ยงเซลล์และความเข้มข้น $AgNO_3$ ที่ระดับต่าง ๆ มีผลต่อการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพได้แตกต่างกัน และอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพของน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp. สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคระบบทางเดินอาหารได้ โดยมีกรอบแนวคิด ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

1. วัสดุอุปกรณ์

งานวิจัยนี้มีวัสดุอุปกรณ์ ได้แก่

เชื้อจุลินทรีย์ : เชื้อ *Streptomyces* sp. จากวิธีการเตรียมของ อรนภา (2559) และเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคระบบทางเดินอาหาร 5 สายพันธุ์ ได้แก่ *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria ivanovii* และ *Escherichia coli* จากบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง จังหวัดเชียงใหม่

อาหารเลี้ยงเชื้อ : อาหารเลี้ยงเชื้อ Starch casein agar (SCA) , International Streptomyces Project 2 (ISP–2) และ Nutrient agar (NA) ยี่ห้อ Himedia

สารเคมี : สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ Silver nitrate ($AgNO_3$), Potassium Nitrate (KNO_3), Ethanol (C_2H_5OH), Casein II, Magnesium Sulfate Heptahydrate ($MgSO_4.7H_2O$), Dipotassium hydrogen phosphate (K_2HPO_4), Sodium chloride (NaCl), Calcium carbonate ($CaCO_3$), Iron (II) Sulfate Heptahydrate ($FeSO_4.7H_2O$), Soluble starch, Deionized water, Yeast extract, Malt extract, Glucose และ Agar

วัสดุและอุปกรณ์ : จานเพาะเชื้อ, บีกเกอร์, ขวดรูปชมพู่, ขวดดูแรน, กระบอกตวง, กรวยกรอง, ปิเปตต์, ไมโครปิเปตต์, หลอดเซนติฟิว, หลอดทดลอง, ไมโครปิเปตต์ทิป, กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1, ห่วงถ่ายเชื้อ, ไม้พันสำลี, ปากคีบ และที่เจาะหลุม

2. วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

2.1 การเลี้ยงเชื้อ *Streptomyces* sp.

เลี้ยงเชื้อบนอาหาร SCA และบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เจาะโคโลนีด้วยที่เจาะหลุมขนาด 5 มิลลิลิตร ย้ายไปเลี้ยงใน ISP–2 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร และเขย่าที่ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน โดยเก็บตัวอย่างทุก 5 วัน กรองน้ำเลี้ยงเซลล์ด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 และปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อนาที 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วเก็บน้ำเลี้ยงเซลล์ไว้ที่ –20 องศาเซลเซียส

2.2 การสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโน (ดัดแปลงจาก Abdeen et al., 2014)

ทำแห้งน้ำเลี้ยงเซลล์ด้วยเครื่อง Freeze–dryer และละลายกลับด้วยน้ำปราศจากไอออน 30 มิลลิลิตร เตรียมสารละลาย $AgNO_3$ ความเข้มข้น 1 mM และ 5 mM แล้วผสมกับน้ำเลี้ยงเซลล์ในอัตราส่วน 1:1 แล้วบ่มในสภาวะไม่มีแสง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน สังเกตการเปลี่ยนสีของสารละลายจากสีเหลืองจางเป็นสีเหลืองน้ำตาล แสดงถึงการเกิดอนุภาคซิลเวอร์นาโน

2.3 การศึกษาการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเลต (UV) ของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ

นำสารละลายอนุภาคซิลเวอร์นาโนมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV–Vis spectrophotometer ยี่ห้อ Biochrom เพื่อหาค่าดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300–700 นาโนเมตร

2.4 การศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคระบบทางเดินอาหารของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ

ทำการเตรียมเชื้อแบคทีเรียก่อโรคระบบทางเดินอาหารที่ใช้ทดสอบ (ตามวิธีของสุธิตา, 2560) เลี้ยงแบคทีเรียแต่ละสายพันธุ์บน NA ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ได้โคโลนีเดี่ยว จากนั้นเตรียมเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรียในความเข้มข้น 1.5×10^8 CFU/mL โดยใช้สารละลาย NaCl 0.85% นำไปวัดค่าความขุ่นที่มีความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ให้มีค่าดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.1 ± 0.02 เพื่อปรับปริมาณเซลล์ตั้งต้นประมาณ 1.5×10^8 CFU/ml (เฉลิมพล และสวรรยา, 2560) และจากนั้นได้ทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคระบบทางเดินอาหาร 5 สายพันธุ์ ได้แก่ *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria ivanovii* และ *Escherichia coli* ด้วยวิธี disc diffusion method โดยใช้ไม้พันสำลีจุ่มเซลล์แขวนลอยแล้วป้ายบนจาน NA ปิเปตต์สารละลายซิลเวอร์นาโนที่สังเคราะห์ได้ ยาปฏิชีวนะ Chloramphenicol (0.5 mg/mL) และสารควบคุม (ISP–2 ผสม $AgNO_3$) ลงบน paper disc ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร แล้ววางบนจานเพาะเชื้อบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งเชื้อ (inhibition zone) เป็นหน่วยมิลลิเมตร

2.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

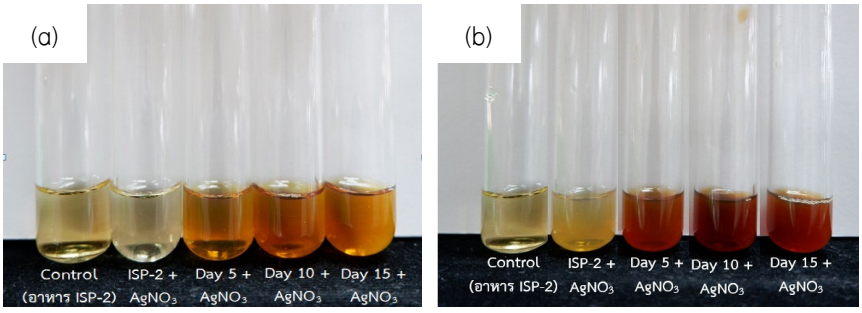
นำข้อมูลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) จากนั้นทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

(One–Way ANOVA) แล้วทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยใช้การทดสอบ Duncan's new multiple range test ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics

ผลการศึกษา

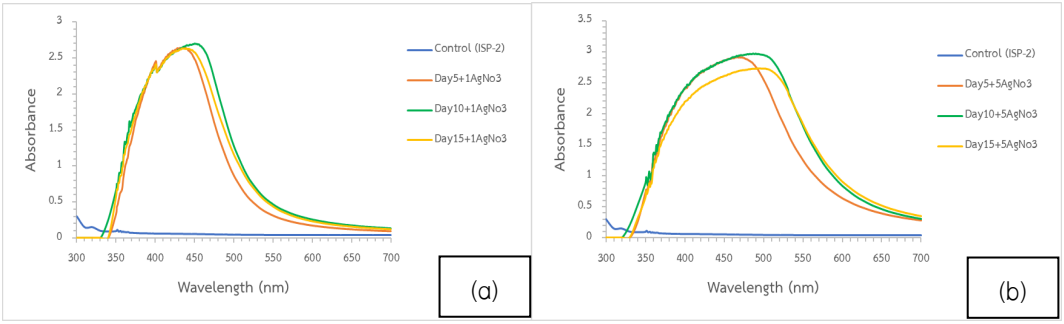
ผลการศึกษาการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพจากน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp.

จากการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพของน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp. โดยศึกษาระยะเวลาของน้ำเลี้ยงเซลล์ในวันที่ 5 10 และ 15 กับความเข้มข้นของสารละลาย $AgNO_3$ ที่ 1 mM และ 5 mM มีผลต่อการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ พบว่า ตัวอย่างน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp. ทุกตัวอย่างมีการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ โดยสารละลายมีการเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองน้ำตาล(yellowish–brown color) หลังเติมสารละลาย $AgNO_3$ เมื่อบ่มในสภาวะไม่มีแสงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แสดงว่า น้ำเลี้ยง *Streptomyces* sp. สามารถรีดิวซ์ให้เกิดการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพได้ โดยระยะเวลาของน้ำเลี้ยงเซลล์และความเข้มข้นสารละลาย $AgNO_3$ ให้สีของสารละลายอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพที่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นจะเห็นว่าที่ความเข้มข้น 5 mM $AgNO_3$ (ภาพที่ 2b) จะมีสีเข้มกว่า 1 mM $AgNO_3$ (ภาพที่ 2a) และที่ความเข้มข้นเดียวกัน ตัวอย่างน้ำเลี้ยงเซลล์ให้ความเข้มสีที่ค่อนข้างเหมือนกันเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนสีของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพที่ความเข้มข้น 1 mM $AgNO_3$ (a) และ 5 mM $AgNO_3$ (b) ในวันที่ 5 10 และ 15

การเปลี่ยนสีของสารละลายเป็นคุณสมบัติของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพที่เกิดการสังเคราะห์แสดงถึงการเกิดปรากฏการณ์เชิงแสง (surface plasmon resonance, SPR) โดยสามารถวิเคราะห์ผลจากการวัดค่าดูดกลืนแสง UV ด้วยเครื่อง UV–Vis spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 300 – 700 นาโนเมตร จากน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp. ในวันที่ 5, 10 และ 15 พบว่า สารละลายอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพที่เติมสารละลาย 1 mM $AgNO_3$ สามารถดูดกลืนความยาวคลื่นสูงสุดในช่วง 430–450 นาโนเมตร (ภาพที่ 3a) ส่วนตัวอย่างของสารละลายอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพที่เติมสารละลาย 5mM $AgNO_3$ สามารถดูดกลืนความยาวคลื่นสูงสุดในช่วง 460–500 นาโนเมตร (ภาพที่ 3b)



ภาพที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าดูดกลืนแสง UV ของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพของน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp. ที่ความเข้มข้น 1 mM $AgNO_3$ (a) และ 5 mM $AgNO_3$ (b)

ผลการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคระบบทางเดินอาหารของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ

จากการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคระบบทางเดินอาหารของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพที่สังเคราะห์ด้วยน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp. โดยทดสอบกับแบคทีเรีย 5 สายพันธุ์ ได้แก่ *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria ivanovii* และ *Escherichia coli* ด้วยวิธี disc diffusion method บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า แบคทีเรียทั้ง 5 สายพันธุ์ ถูกยับยั้งด้วยอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ ซึ่งประสิทธิภาพการยับยั้งของแบคทีเรียแต่ละชนิดนั้นมีความแตกต่างกัน โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งของเชื้อแบคทีเรียทดสอบแต่ละเชื้อด้วยอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ (ตารางที่ 1)

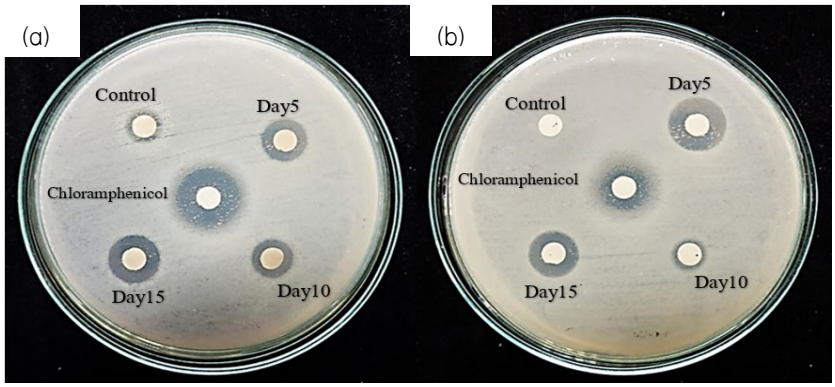
ตารางที่ 1 ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารด้วยอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ

อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ	**บริเวณยับยั้ง** (inhibition zone) (mm)				
	Bacillus cereus	***Enterococcus faecalis***	***Staphylococcus aureus***	***Listeria ivanovii***	***Escherichia coli***
D5+1mM $AgNO_3$	$13.3^{ab} \pm 2.1$	$19.0^{d} \pm 0.5$	$21.3^{a} \pm 0.6$	$16.3^{a} \pm 3.2$	$11.8^{cd} \pm 0.3$
D10+1mM $AgNO_3$	$10.5^{b} \pm 1.8$	$24.7^{bc} \pm 1.0$	$18.8^{ab} \pm 1.6$	$13.8^{a} \pm 4.0$	$11.7^{cd} \pm 0.6$
D15+1mM $AgNO_3$	$13.7^{ab} \pm 1.5$	$27.0^{a} \pm 0.0$	$21.3^{a} \pm 0.6$	$17.0^{a} \pm 1.0$	$11.3^{d} \pm 0.6$
D5+5mM $AgNO_3$	$11.8^{ab} \pm 0.3$	$25.3^{b} \pm 0.6$	$20.2^{ab} \pm 0.8$	$19.8^{a} \pm 2.5$	$14.0^{b} \pm 0.0$
D10+5mM $AgNO_3$	$9.8^{b} \pm 1.3$	$23.7^{c} \pm 0.6$	$18.0^{b} \pm 0.5$	$16.0^{a} \pm 3.5$	$13.0^{bc} \pm 0.0$
D15+5mM $AgNO_3$	$12.7^{ab} \pm 0.6$	$25.3^{b} \pm 0.6$	$20.2^{ab} \pm 1.0$	$18.5^{a} \pm 1.8$	$12.7^{cd} \pm 0.3$
Chloramphenicol (0.5 mg/ml)	$15.7^{a} \pm 2.1$	$19.3^{d} \pm 0.6$	$17.5^{b} \pm 1.5$	$20.3^{a} \pm 0.6$	$17.2^{a} \pm 1.0$

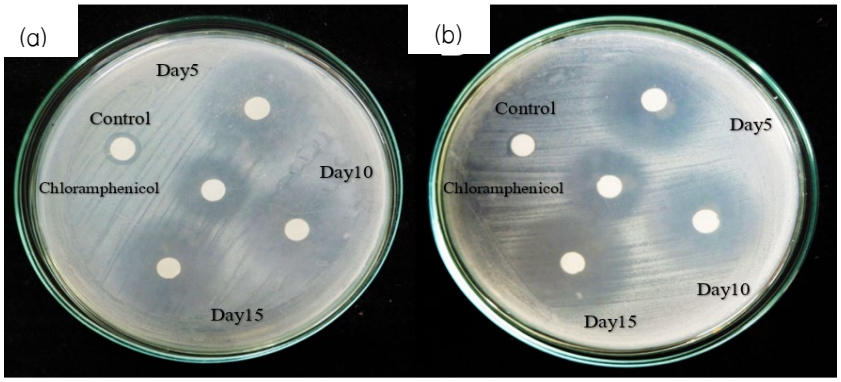
*หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษต่างกันในคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 5 สายพันธุ์ ด้วยอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพที่สังเคราะห์จากน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp. เปรียบเทียบกับฤทธิ์การยับยั้งของยาปฏิชีวนะ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ Chloramphenicol (0.5 mg/ml) พบว่า ระยะเวลาของน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp. กับความเข้มข้นของสารละลาย $AgNO_3$ ไม่มีผลต่อฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *Bacillus cereus* และ *Listeria ivanovii* โดยมีฤทธิ์การยับยั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) (ตารางที่ 1) แต่ระยะเวลาของน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp. กับความเข้มข้นของสารละลาย $AgNO_3$ มีผลต่อฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Enterococcus faecalis, Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* โดยมีฤทธิ์การยับยั้งที่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งแสดงลักษณะวงใสของการยับยั้ง (ภาพที่ 4–8) ส่วนผลของเชื้อ *Escherichia coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบมีลักษณะของผนังเซลล์แตกต่างจากแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์ที่เป็นแบคทีเรียแกรมบวก พบว่า บริเวณยับยั้งของ *Escherichia coli* ยังมีการเจริญของเชื้ออยู่ โดยอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพอาจมีประสิทธิภาพในการยับยั้งต่ำหรือเชื้อสามารถเจริญต่อหลังจากเกิดบริเวณยับยั้งแล้ว (ภาพที่ 8)

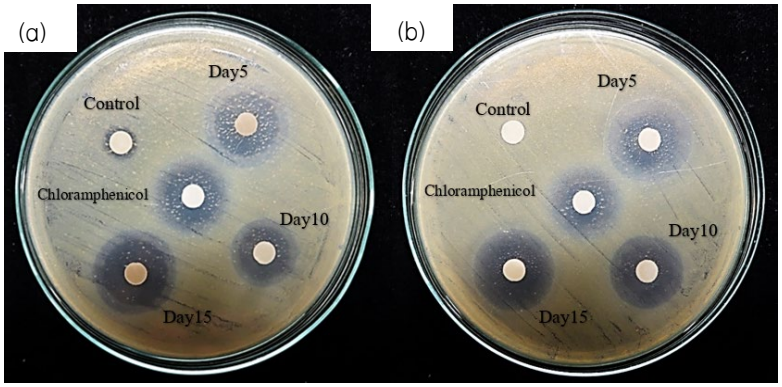
นอกจากนี้ อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพมีฤทธิ์ยับยั้งเทียบเท่ากับ Chloramphenicol โดยอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพมีฤทธิ์ยับยั้ง *Enterococcus faecalis* ได้มากกว่า Chloramphenicol (0.5 mg/ml) และตัวอย่างชุดควบคุมอาหาร ISP–2 ที่ผสมกับสารละลาย $AgNO_3$ (ตารางที่ 1 และภาพที่ 5) ซึ่งสารละลาย $AgNO_3$ มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย เนื่องจากสารละลาย $AgNO_3$ มีการแตกตัวเป็น Ag^+ ซึ่งสามารถเข้าไปจับกับผนังเซลล์ได้ โดยที่ความเข้มข้น 5 mM $AgNO_3$ มีการแตกตัวของ Ag^+ มาก ส่งผลให้สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีกว่าที่ 1 mM $AgNO_3$ จึงทำให้เกิดบริเวณยับยั้งได้ แต่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าสารละลายอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ



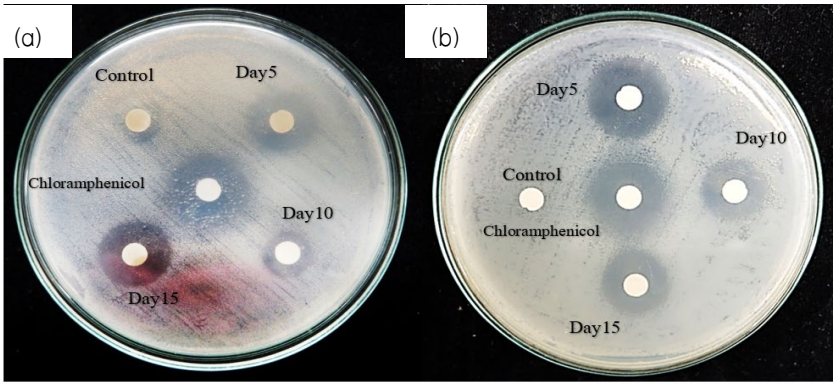
ภาพที่ 4 ลักษณะบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) ของ *Bacillus cereus* ที่ความเข้มข้น 5 mM $AgNO_3$ (a) และ 1 mM $AgNO_3$ (b) ในวันที่ 5 10 และ 15



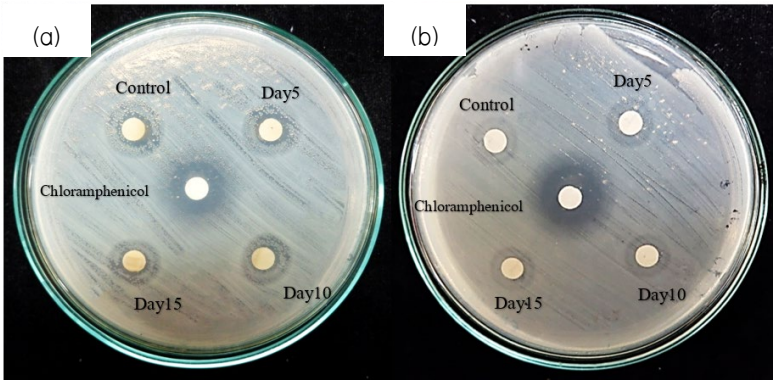
ภาพที่ 5 ลักษณะบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) ของ *Enterococcus faecalis* ที่ความเข้มข้น 5 mM $AgNO_3$ (a) และ 1 mM $AgNO_3$ (b) ในวันที่ 5 10 และ 15



ภาพที่ 6 ลักษณะบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) ของ *Staphylococcus aureus* ที่ความเข้มข้น 5 mM $AgNO_3$ (a) และ 1 mM $AgNO_3$ (b) ในวันที่ 5 10 และ 15



ภาพที่ 7 ลักษณะบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) ของ *Listeria ivanovii* ที่ความเข้มข้น 5 mM $AgNO_3$ (a) และ 1 mM $AgNO_3$ (b) ในวันที่ 5 10 และ 15



ภาพที่ 8 ลักษณะบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) ของ *Escherichia coli* ที่ความเข้มข้น 5 mM $AgNO_3$ (a) และ 1 mM $AgNO_3$ (b) ในวันที่ 5 10 และ 15

สรุปผลและอธิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพจากน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp. พบว่า ระยะเวลาของน้ำเลี้ยงเซลล์ไม่มีผลต่อการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ แต่ความเข้มข้นของสารละลาย $AgNO_3$ มีผลต่อการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ โดยความเข้มข้น 5 mM $AgNO_3$ มีผลทำให้สีของสารละลายอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพมีสีเข้มกว่า 1 mM $AgNO_3$ เมื่อนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง UV พบว่าสารละลายอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพที่เติมสารละลาย 1 mM $AgNO_3$ สามารถดูดกลืนแสง UV ที่ความยาวคลื่นสูงสุดในช่วง 430–450 นาโนเมตร และสารละลายที่เติมสารละลาย 5 mM $AgNO_3$ สามารถดูดกลืน แสง UV ที่ความยาวคลื่นสูงสุดในช่วง 460–500 นาโนเมตร และอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพที่สังเคราะห์จาก น้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp. สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 5 สายพันธุ์ ได้แก่ *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria ivanovii* และ *Escherichia coli* โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เท่ากับ 13.7, 27.0, 21.3, 19.8 และ 14.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพจากน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp. พบว่า ตัวอย่างน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp. ทุกตัวอย่างมีการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ โดยสารละลายมีการเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองน้ำตาล (yellowish–brown color) หลังเติมสารละลาย $AgNO_3$ เมื่อบ่มในสภาวะไม่มีแสงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แสดงว่า น้ำเลี้ยง *Streptomyces* sp. สามารถรีดิวซ์ให้เกิดการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพได้ มีการสนับสนุนจากงานวิจัยของ Devi et al. (2013) ที่รายงานว่าเอนไซม์ nitrate reductase ซึ่งเป็น extracellular enzyme ที่สร้างและปล่อยออกมาภายนอกเซลล์จุลินทรีย์ สามารถรีดิวซ์ซิลเวอร์ไอออน Ag^+ กลายเป็น Ag^0 จึงชักนำให้เกิดการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ ซึ่งระยะเวลาของน้ำเลี้ยงเซลล์และความเข้มข้นสารละลาย $AgNO_3$ ให้สีของสารละลายอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพที่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นจะเห็นว่าที่ความเข้มข้น 5 mM $AgNO_3$ จะมีสีเข้มกว่า 1 mM $AgNO_3$ และที่ความเข้มข้นเดียวกัน ตัวอย่างน้ำเลี้ยงเซลล์ให้ความเข้มสีที่ค่อนข้างเหมือนกันเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า

ค่าดูดกลืนแสง UV เลื่อนไปยังช่วงคลื่นที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Saminathan (2015) ที่รายงานว่า การเพิ่มความเข้มข้นของ $AgNO_3$ ทำให้การดูดกลืนแสงของอนุภาคนาโนเพิ่มขึ้นและสเปคตรัมการดูดกลืนเลื่อนไปทางขวา ซึ่งเป็นผลจากเอนไซม์ที่เป็นโปรตีนจากเซลล์จับกับ $AgNO_3$ โดยจะเกิดปฏิกิริยา reduction เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลาย $AgNO_3$ จะเห็นได้ว่าจากการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย $AgNO_3$ จาก 1 mM เป็น 5 mM ทำให้ค่าดูดกลืนแสงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก UV–Vis เป็นเทคนิคที่ใช้ศึกษาการฟอร์มหรือการสังเคราะห์สารคอลลอยด์อนุภาคซิลเวอร์นาโน ซึ่งสังเกตได้จากการเกิดปรากฏการณ์เชิงแสงของสารคอลลอยด์อนุภาคซิลเวอร์นาโน จะแสดงถึงความสัมพันธ์กับขนาดของอนุภาค รูปร่างของอนุภาคและค่าการกระจายตัวของขนาดอนุภาค ถ้าสเปคตรัมมีลักษณะแคบจะบ่งชี้ถึงการกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่เล็กและถ้าสเปคตรัมมีลักษณะกว้างจะบ่งชี้ถึงการกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (ศรินยา, 2557 อ้างจาก Poorathinthodiyil et al., 2003) แสดงว่าความเข้มข้นของ $AgNO_3$ มีผลต่อขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ

จากผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 5 สายพันธุ์ ด้วยอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพที่สังเคราะห์จากน้ำเลี้ยงเซลล์ *Streptomyces* sp. พบว่า เชื้อ *Bacillus cereus*, และ *Listeria ivanovii* มีฤทธิ์การยับยั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.01$) แสดงว่า ระยะเวลาของน้ำเลี้ยงเซลล์กับความเข้มข้นของสารละลาย $AgNO_3$ ไม่มีผลต่อฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 สายพันธุ์ แต่เชื้อ *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* พบว่าอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพมีฤทธิ์การยับยั้งที่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งแสดงลักษณะวงใสของการยับยั้ง ส่วนผลของเชื้อ *Escherichia coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบมีลักษณะของผนังเซลล์แตกต่างจากแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิดที่เป็นแบคทีเรียแกรมบวก พบว่า บริเวณยับยั้งของ *Escherichia coli* ยังมีการเจริญของเชื้ออยู่ โดยอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพอาจมีประสิทธิภาพในการยับยั้งต่ำหรือเชื้อสามารถเจริญต่อหลังจากเกิดบริเวณยับยั้งแล้ว ซึ่งการยับยั้งแบคทีเรียด้วยอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพมีการให้เหตุผลว่า อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพเมื่อสัมผัสกับผนังเซลล์จะสามารถแพร่ผ่านเข้าไปในเซลล์ของแบคทีเรียจะแตกตัวให้ Ag^+ ซึ่งจะไปจับผนังเซลล์แบคทีเรียที่หมู่ Thiol (–SH) และ Ag^+ จะทำให้โปรตีนเปลี่ยนสภาพ ซึ่งส่งผลให้การควบคุมการขนส่งสารเข้าและออกจากเซลล์ผิดปกติ โดยอาจทำให้เซลล์แตก จากการที่ Ag^+ สามารถแทรกเข้าสู่เซลล์ได้จะทำให้ดีเอ็นเอ ซึ่งประกอบด้วยฟอสฟอรัสเป็นสำคัญเกิดการรวมตัวและสูญเสียความสามารถในการเพิ่มจำนวน ดังนั้นแบคทีเรียจึงไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ และ Ag^+ ยังสามารถจับกับโปรตีนที่สำคัญอื่น ๆ เช่น โปรตีนที่เกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ ส่งผลให้เซลล์ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติและแบคทีเรียก็ตายในที่สุด (อรปรีณ์, 2557)

เอกสารอ้างอิง

กานต์พิมล กรไก และรินา ภัทรมานนท์. (2560). **อนุภาคเงินนาโนสังเคราะห์ด้วยสารสกัดจากพืชและความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์.** วารสารวิทยาศาสตร์ มข., 45(1), 34–52.

เฉลิมพล แก้วใจ และสวรรยา พงศ์ปริตร. (2560). **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำลายแบคทีเรียด้วยความร้อนสูงจากแผ่นเซรามิคกับตะเกียงบุนเซนในห้องปฏิบัติการทางการแพทย์.** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 25(4), 649–655.

ศรินยา โพธิ์แดง. (2557). **การสังเคราะห์อนุภาคเงินนาโนจากเปลือกผลไม้ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท).** มหาวิทยาลัยศิลปากร, บัณฑิตวิทยาลัย.

สุธิตา ธานี. (2560). **ฤทธิ์การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคของอนุภาคซิลเวอร์นาโนที่สังเคราะห์ด้วยสารละลายภายในเซลล์ (Intracellular fluid) จากเชื้อราเอนโดไฟท์.** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

อรนภา ณรงค์ศรี. (2559). **การยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืชด้วยอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพที่ชักนำด้วยเชื้อแอคติโนมัยซีท.** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

อรปรีณ์ กูลศิริศรีตระกูล. (2557). **ผลของอนุภาคเงินขนาดนาโนและซิลเวอร์ไนเตรตต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของถั่วเขียว (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) พันธุ์ชัยนาท 72 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม.

Abdeen, S., Geo, S., Sukanya, Praseetha, P.K. and Dhanya, R.P. (2014). **Biosynthesis of silver nanoparticles from actinomycetes for therapeutic applications.** International Journal of Nano Dimension. 5(2): 155–162.

Devi, T. P., Kulanthaivel, S., Kamil, D., Borah, J. L., Prabhakaran, N., & Srinivasa, N. (2013). **Biosynthesis of silver nanoparticles from *Trichoderma* species.** Indian Journal of Experimental Biology, 5(1), 543–547.

Saminathan, K. (2015). **Biosynthesis of silver nanoparticles using soil Actinomycetes *Streptomyces* sp..** International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 4(3): 1073–1083.

Shanmugaiah, V., Harikrishnan, H., Sal–Habi, N., Shine, K., Khaled, J. M., Balasubramanian, N., and Shyamkumar, R. (2015). **Facile synthesis of silver nanoparticles using *Streptomyces sp.*** VSMGT1014 and their antimicrobial efficiency. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 10(1), 179–187.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมคุณค่าจากกล้วยดิบ: กรณีศึกษา วิสาหกิจชุมชนนามว้า

Development of cereal granola product enriched with raw banana: A case study of the Namwa Community Enterprise

หฤทัยรัตน์ จันต๊ะคาด[1], พชิรา พงค์ตาลูน[2*], ธนพล หล่าสกุล[2], ชมพูนุท พ่วงทรัพย์สิน[3] และ ภูวิชญ์ สุวรรณ์รุ่งโรจน์[4]

Harutairat Jantakard[1], Phachira Pongtaloon[2*], Tanaphol Lasakul[2]. Chomphunut Phuangsubsin[3] and Phuwit Suwanrungroj[4]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบของวิสาหกิจชุมชนนามว้า มุ่งสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการโดยรวมของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียน นักศึกษา และกลุ่มผู้รักสุขภาพ โดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ และออกแบบผลิตภัณฑ์ การเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการของผู้บริโภคนำมาซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อสินค้าชุมชน 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ รูปแบบ และความสะดวกในการรับประทานผลิตภัณฑ์ ข้อมูลผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ และรสชาติ พร้อมกับปัจจัยรองอีก 20 ปัจจัย ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นคะแนนความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ และเทคนิคสำคัญสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย เทคนิคการบรรจุ เทคนิคข้อมูลผลิตภัณฑ์ เทคนิคคุณค่าของผลิตภัณฑ์ และเทคนิคคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ผลการทดสอบการยอมรับของกลุ่มเป้าหมาย พบว่าผลิตภัณฑ์กราโนล่าที่พัฒนาขึ้นได้รับการยอมรับอย่างสูง โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยถึงร้อยละ 88.89 สะท้อนให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์นี้มีศักยภาพในการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การพัฒนาผลิตภัณฑ์, การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ, บ้านคุณภาพ, กล้วยน้ำว้า

[1] สาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงราย 57120

[2] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงราย 57120

[3] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม 73170

[4] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จังหวัดนนทบุรี 11120

[1] Department of Logistics Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Rai 57120

[2] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Rai 57120

[3] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Mahidol University, Nakhon Pathom 73170

[4] School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120

*Corresponding author: sputnik.kp@gmail.com

Abstract

This study aims to develop a crispy granola cereal product enriched with unripe Namwa banana for the Namwa Community Enterprise, targeting consumer groups such as students, university students, and health-conscious individuals. The Quality Function Deployment (QFD) technique was employed as a tool to analyze and design a product that meets the needs of the target market. Consumer requirement data collection identified four main factors influencing community product purchase decisions: packaging, product form and convenience, product information, and product flavor, along with 20 additional secondary factors. The analysis results highlight the importance scores of each factor and key techniques for product development, including packaging methods, product information techniques, product value enhancements, and product feature optimizations. Sensory acceptance tests revealed high acceptance among target consumers, with satisfaction scores averaging 88.89%. This outcome demonstrates the product's potential to effectively meet consumer demands and expectations.

Keywords: Product development, Quality function deployment, House of quality, Musa ABB cv. Kluai 'Namwa'

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก ตั้งแต่ช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดไวรัสโคโรน่า-19 การเติบโตของธุรกิจสวนทางกับสภาพการแข่งขันในประเทศ และต่างประเทศ ซึ่งทวีคูณความรุนแรงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง รัฐบาลเร่งกระตุ้นเศรษฐกิจของประเทศผ่านนโยบายต่าง ๆ เพื่อแก้ไขวิกฤตเศรษฐกิจ ลดจำนวนประชากรยากจน เพิ่มคุณภาพชีวิตที่เป็นสุขให้กับประชากรในประเทศ โดยเน้นการส่งเสริมธุรกิจชุมชน หรือวิสาหกิจชุมชน ให้มีรายได้สามารถพึ่งพาตนเองได้ ตลอดจนการสนับสนุนจากองค์กรต่าง ๆ ทั้งภาครัฐ และภาคเอกชน ด้านกระบวนการผลิต และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอกลักษณ์ของชุมชน เพื่อจำหน่าย และกระจายรายได้เข้าสู่ชุมชน [1] จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจจังหวัดเชียงราย พ.ศ. 2566 – 2570 ในประเด็นการพัฒนาที่ 3 เรื่อง การพัฒนาเศรษฐกิจสร้างสรรค์ด้านการค้า การลงทุน การบริการ และโลจิสติกส์ เพื่อการสนับสนุนการส่งเสริมการเพิ่มจำนวนผู้ประกอบการ/(Small and Medium Enterprises: SMEs) เศรษฐกิจสร้างสรรค์ [2] วิสาหกิจชุมชนกรณีศึกษาในครั้งนี้เป็นสมาชิกเดิมของวิสาหกิจชุมชนกล้วยตากแม่ลาว ที่ก่อตั้งมาอย่างยาวนานในจังหวัดเชียงราย ตั้งแต่ พ.ศ. 2540 มุ่งแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร คือ กล้วยน้ำว้าของเกษตรกรรายย่อยในท้องถิ่นโดยคนในชุมชน ซึ่งในปี พ.ศ. 2563 นางลำดวน อุดกลิ้ง พร้อมสมาชิกได้ก่อตั้งกลุ่มวิสาหกิจชุมชนนามว้าขึ้น โดยมีความมุ่งมั่นแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกล้วยน้ำว้าของจังหวัดเชียงรายให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเอกลักษณ์ มีความหลากหลายทางรสชาติ และมีคุณภาพ ให้กับผู้บริโภคทั้งใน และต่างประเทศ

วิสาหกิจชุมชนนามว้า เลขทะเบียน 6-57-16-02/1-0099 ตั้งอยู่เลขที่ 102 หมู่ 2 ตำบลจอมหมอกแก้ว อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย ก่อตั้งโดย นางลำดวน อุดกลิ้ง พร้อมด้วยสมาชิกกลุ่ม จำนวน 15 คน ซึ่งสมาชิกกลุ่มทุกคนล้วนเป็นคนในชุมชนที่มีประสบการณ์ และความเชี่ยวชาญในการผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกล้วยเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกล้วย เป็นอุตสาหกรรมระดับชุมชน ที่ใช้วัตถุดิบ และแรงงานในท้องถิ่นเป็นหลัก ตลอดจนมีการดำเนินกิจกรรมที่ใส่ใจ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงได้รับรองจากกระทรวงอุตสาหกรรม เป็นอุตสาหกรรมสีเขียว (Green Industrial) เลขที่ GI(E) 1-2316/2567 อีกทั้ง วิสาหกิจชุมชนนามว้าได้รับการรับรอง

เครื่องหมายรับรองอาหาร และยา (อย.) จากสำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยา (อย.) เลขที่ใบอนุญาต 57-2-06341 วิสาหกิจชุมชนนามว้าผู้ผลิต และจำหน่ายผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าแปรรูป อาทิเช่น กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบ กล้วยอบ กล้วยหนึบ และกล้วยดิบแผ่นอบกรอบผสมน้ำผึ้ง เป็นต้น โดยมีการวางจำหน่ายในร้านค้าชุมชน ร้านสินค้า OTOP ร้านขายของฝากภายในจังหวัดเชียงราย และร้านค้าปลีกสมัยใหม่ รวมถึงจำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์เพื่อสร้างรายได้ให้กับสมาชิกวิสาหกิจชุมชน ตลอดจนสามารถกระจายรายได้สู่เกษตรกรรายย่อยในชุมชนซึ่งเป็นผู้จัดจำหน่ายวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตให้กับวิสาหกิจชุมชน

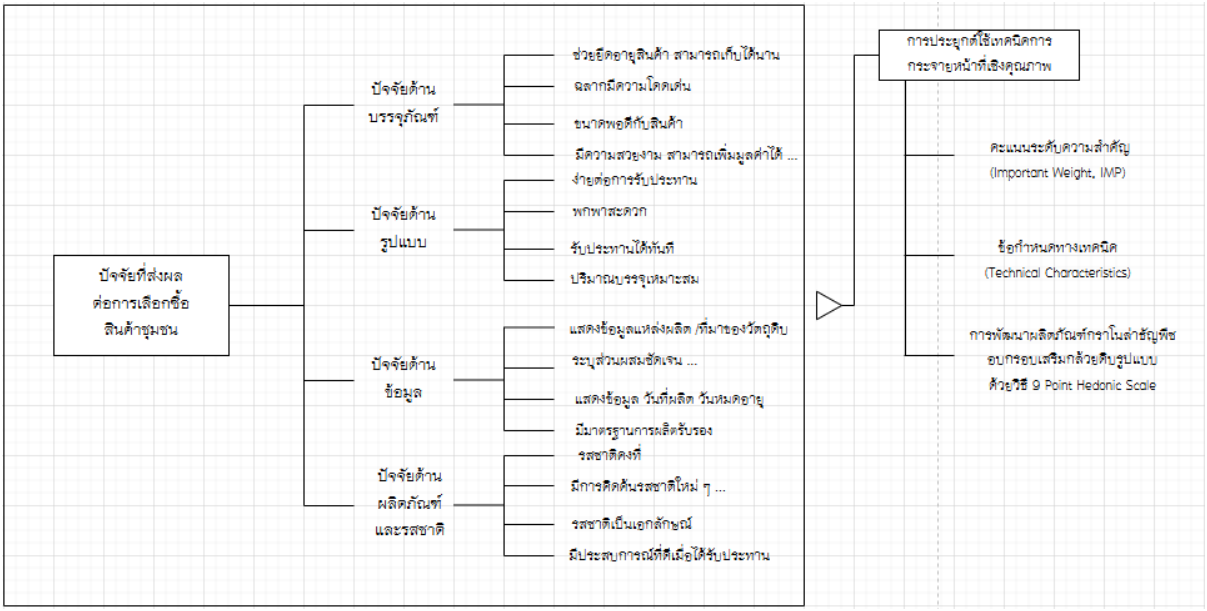
กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคที่สามารถเก็บไว้ได้นาน และให้พลังงานสูง ตลอดจนเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปของวิสาหกิจชุมชนที่ใช้วัตถุดิบผลไม้พื้นเมืองอบแห้งของจังหวัดเชียงรายหลากหลายชนิด ได้แก่ กล้วย ลิ้นจี่ สับปะรดภูแล และสตรอว์เบอร์รี่ นำมาผสมให้เข้ากันกับธัญพืช 5 ชนิด คือ ข้าวโอ๊ต เมล็ดทานตะวัน เมล็ดฟักทอง เม็ดมะม่วงหิมพานต์ งาขี้ม่อน และใช้ความหวานจากน้ำผึ้งธรรมชาติของกลุ่มเครือข่ายผู้ผลิตน้ำผึ้งในจังหวัดเชียงราย โดยกราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบของวิสาหกิจชุมชนได้ใช้กล้วยน้ำว้าเป็นวัตถุดิบสำคัญ 2 แบบ คือ แผ่นกล้วยดิบ และกล้วยหนึบ เพื่อให้เกิดเนื้อสัมผัสที่หลากหลายในทุกคำที่รับประทาน แผ่นกล้วยดิบเป็นการนำกล้วยน้ำว้าดิบมาหั่น/ฝานบาง ๆ แล้วนำไปตากให้แห้ง มีสรรพคุณทางยา สามารถบรรเทาอาการท้องเสีย อาการปวดท้องจุกเสียด เนื่องจากกล้วยดิบมีสารสำคัญ ได้แก่ สารแทนนิน และ สาร Sitoindoside ซึ่งมีผลช่วยบรรเทาอาการกรดไหลย้อน [3-4]

คณะผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญ และมีความสนใจพัฒนาผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบรูปแบบใหม่ร่วมกับวิสาหกิจชุมชนนามว้าเพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคจากเดิมที่เป็นชนิดถ้วยเป็นรูปแบบใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย กล่าวคือ นักศึกษาในมหาวิทยาลัยตามแผนธุรกิจ และทิศทางการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชน อีกทั้ง ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนพร้อมทั้งสมาชิกมีความสนใจขยายฐานลูกค้าสู่ต่างจังหวัดมากยิ่งขึ้น ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดเป้าหมายการศึกษาในครั้งนี้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบของวิสากิจชุมชนนามว้าที่สามารถตอบสนองความต้องการโดยรวมของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบของวิสาหกิจชุมชนนามว้าที่สามารถตอบสนองความต้องการโดยรวมของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย

กรอบแนวคิด



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการศึกษา

วิธีการศึกษา

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลผลิตภัณฑ์และสำรวจตลาดผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบ

กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับแรงบันดาลใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามจุดที่เจ็บปวด (Pain Point) กล่าวคือ เป็นปัญหาของผู้บริโภคต่อการรับประทานอาหารเช้าซึ่งเป็นมื้อที่เร่งรีบแต่เป็นมื้อที่สำคัญ หากรับประทานมากเกินไปก็จะทำให้อืดอัดได้ อีกทั้งการค้นหาร้านอาหารเช้าในชั่วโมงเร่งด่วนก็เป็นเรื่องที่ยากลำบากและไม่ทันเวลา ตลอดจนผู้บริโภคบางรายที่ต้องการควบคุมน้ำหนักก็ต้องการมองหาสิ่งที่มีประโยชน์ รับประทานง่าย อิ่มท้องได้นาน เพื่อลดความอยากอาหาร ยิ่งไปกว่านั้นหากพิจารณาถึงพฤติกรรมและ วิถีชีวิตของผู้บริโภคในปัจจุบัน พบว่า ผู้บริโภคหันมาตระหนักถึงเรื่องสุขภาพมากยิ่งขึ้น มุ่งบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่า สะอาด และ ปลอดสารเคมี แต่ยังคงให้ความสำคัญกับรสชาติ จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับกล้วยดิบแสดงให้เห็นว่ากล้วยดิบเป็นแป้งที่ทนทานต่อการย่อย (Resistant Starch) เมื่อรับประทานแล้วจึงทำให้รู้สึกอิ่มท้องได้นาน อีกทั้งยังมีฤทธิ์ช่วยป้องกัน และรักษาระบบทางเดินอาหาร รักษาโรคกระเพาะอาหาร โรคกรดไหลย้อนและโรคท้องเสีย จากประโยชน์ที่มากมายของกล้วยดิบนำมาสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ของวิสาหกิจชุมชน โดยการผสมและเพิ่มเติมรสชาติให้สามารถรับประทานได้ง่าย สามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนมื้อเช้า หรือของทานเล่นที่มีทั้งคุณประโยชน์ และความอร่อย มีความเป็นธรรมชาติ ปลอดภัย ไร้สารเติมแต่ง อีกทั้งใช้วัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิตแบบธรรมชาติ นอกจากนี้ วิสาหกิจชุมชนมีกลยุทธ์ในการดำเนินธุรกิจเพื่อสร้างข้อได้เปรียบในสถานการณ์การแข่งขันที่สูง กล่าวคือ การให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม การทำธุรกิจที่ไม่เอารัดเอาเปรียบ และการมีส่วนร่วมรับผิดชอบต่อสังคม

แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยแรกเริ่มวิสาหกิจชุมชนได้จำหน่ายผลิตภัณฑ์เป็นแผ่นกล้วยดิบในรูปแบบดั้งเดิม ไม่มีการเพิ่มรสชาติใด ๆ ซึ่งในท้องตลาดเรียกว่า กล้วยแผ่น RS (Resistant Starch) ภายหลังการสำรวจทางการตลาด พบว่า ผู้บริโภคหลายท่านแจ้งว่าแผ่นกล้วยดิบค่อนข้างทานยาก ส่งผลให้ผู้บริโภคไม่เกิดการซื้อซ้ำ

วิสาหกิจชุมชนจึงได้ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้สามารถทานได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยนำวัตถุดิบที่มีประโยชน์มาผสมร่วมกันเป็นผลิตภัณฑ์กราโนล่า และใช้น้ำผึ้งแท้ในการให้ความหวาน ซึ่งกราโนล่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่วิสาหกิจชุมชนคิดค้นร่วมกับสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดเชียงราย โดยมีแนวคิดที่ว่า “คำเดียว เที่ยวทั่วเชียงราย” ดังนั้นจึงได้ใช้ผลไม้พื้นเมืองของเชียงราย ได้แก่ ลิ้นจี่ สับปะรดภูแล สตรอว์เบอร์รี่ และธัญพืช ประกอบด้วย ข้าวโอ๊ต เมล็ดทานตะวัน เมล็ดฟักทอง เม็ดมะม่วงหิมพานต์ งาขี้ม่อน รวมถึง แผ่นกล้วยดิบ และกล้วยหนึบ ใช้ความหวานจากน้ำผึ้งธรรมชาติของกลุ่มเครือข่ายผู้ผลิตน้ำผึ้งในจังหวัดเชียงราย ผสมรวมกันในผลิตภัณฑ์ โดยเริ่มวางจำหน่ายมาแล้วเป็นระยะเวลากว่า 3 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2565 ซึ่งผลการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายมีความต้องการให้เพิ่มทางเลือกของผลิตภัณฑ์ซึ่งจากเดิมมีการจำหน่ายเป็นรูปแบบถ้วยเท่านั้น ประเด็นดังกล่าวนำมาซึ่งแนวคิดในการพัฒนากราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบรูปแบบแท่ง (กราโนล่าบาร์) ที่สามารถฉีกทานได้ง่าย ไม่หกเลอะเทอะ พกพาสะดวก สำหรับการศึกษาในครั้งนี้

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดประชากรและขนาดกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย

ประธานวิสาหกิจชุมชนพร้อมทั้งสมาชิกวิสาหกิจชุมชนนามว้ามีความต้องการขยายฐานลูกค้าสู่กลุ่มนักศึกษาในมหาวิทยาลัย และกลุ่มผู้รักสุขภาพ เนื่องจากเป็นผู้ที่ต้องการพลังงานในช่วงเช้าและระหว่างวัน ดังนั้นกลุ่มประชากรสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย จึงใช้ในการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม (Sample Size) ด้วยสมการของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% ดังนี้ $n = N/(1+Ne^2)$ โดยที่ n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้ N คือ จำนวนประชากรทั้งหมดที่จะศึกษา และ e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ [5] จากข้อมูลสถิตินักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย พบว่า ประชากร หรือนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย ทั้งสิ้น 1,468 คน ข้อมูล ณ วันที่ 12 มิถุนายน 2567 คณะผู้วิจัยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ เท่ากับ 0.10 เมื่อนำค่ามาแทนในสมการสามารถคำนวณได้ดังนี้ $n = 1,468/(1+1,468*0.10^2) = 94$ คน ซึ่งเป็นขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาระดับความสำคัญของปัจจัยจากผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายสำหรับการออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกล้วยน้ำว้า กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนนามว้า โดยเลือกใช้วิธีการสำรวจข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) ซึ่งเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบตามสบายจากนักศึกษา จำนวน 100 ราย จากการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถาม 100 ราย พบว่าเป็นผู้ที่ใส่ใจสุขภาพ และมีแนวโน้มที่จะสนใจผลิตภัณฑ์กราโนล่า 20 ราย อีกทั้ง คณะผู้วิจัยได้วางแผนการสำรวจข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสัมภาษณ์แบบเผชิญหน้า (Face to Face)

ขั้นตอนที่ 3 การสำรวจความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบ

การสำรวจความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบของวิสาหกิจชุมชนนามว้า จากการสัมภาษณ์ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบสอบถาม กลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย จำนวน 100 ราย ตามขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลดังรายละเอียดในขั้นตอนที่ 2 ด้วยการใช้คำถามปลายเปิด แล้วจัดกลุ่มความต้องการของผู้บริโภค ด้วยแผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity Diagram) นำมาซึ่งปัจจัยความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบ

ขั้นตอนที่ 4 การออกแบบแบบสอบถามปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบ

จากขั้นตอนที่ 3 นำมาซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบที่ได้จากการรวบรวมและจัดหมวดหมู่ความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบของวิสาหกิจชุมชนนามว้า นำไปสู่การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบแท่ง (กราโนล่าบาร์) ทั้งสิ้น 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่ 1) ด้านบรรจุภัณฑ์ 2) ด้านรูปแบบและความสะดวกในการรับประทานผลิตภัณฑ์ 3) ด้านข้อมูลผลิตภัณฑ์ และ 4) ด้านผลิตภัณฑ์และรสชาติ [6–20] โดยมีรายละเอียดปัจจัยรอง ดังนี้

1) ด้านบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ 1.1) ช่วยยืดอายุสินค้า สามารถเก็บได้นาน 1.2) ฉลากมีความโดดเด่น 1.3) ขนาดพอดีกับสินค้า 1.4) มีความสวยงาม สามารถเพิ่มมูลค่าได้ สามารถสื่อสารถึงผลิตภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสม และ 1.5) ปกป้องผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี 2) ด้านรูปแบบและความสะดวกในการรับประทานผลิตภัณฑ์ ได้แก่ 2.1) ง่ายต่อการรับประทาน 2.2) พกพาสะดวก 2.3) รับประทานได้ทันที 2.4) ปริมาณบรรจุเหมาะสม และ 2.5) มีการผลิตตามคำสั่งซื้อ มีปริมาณให้เลือกหลายขนาด ทั้งค้าปลีกและค้าส่ง 3) ด้านข้อมูลผลิตภัณฑ์ ได้แก่ 3.1) แสดงข้อมูลแหล่งผลิต/ที่มาของวัตถุดิบ 3.2) แสดงข้อมูลกรรมวิธีผลิต และระบุส่วนผสมชัดเจน 3.3) แสดงข้อมูล วันที่ผลิต วันหมดอายุ 3.4) มีมาตรฐานการผลิตรับรอง และ 3.5) แสดงข้อมูลประโยชน์ที่ได้รับและคุณค่าทางโภชนาการ 4) ด้านผลิตภัณฑ์และรสชาติ ได้แก่ 4.1) รสชาติคงที่ 4.2) มีการคิดค้นรสชาติใหม่ ๆ สร้างความหลากหลายของรสชาติอยู่เสมอ 4.3) รสชาติเป็นเอกลักษณ์ 4.4) มีประสบการณ์ที่ดีเมื่อได้รับประทาน และ 4.5) มีการรับประกันรับคืน หรือเปลี่ยนสินค้า หากเกิดปัญหา

คณะผู้วิจัยได้ออกแบบแบบสอบถามจากปัจจัยรองทั้งสิ้น 20 ปัจจัย เพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามจากการสัมภาษณ์ระบุระดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบ จาก 5 ระดับ กล่าวคือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และ น้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 5 การตรวจสอบความสอดคล้องของแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ

แบบสอบถามจากขั้นตอนที่ 4 ถูกใช้เสนอแก่ผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการพิจารณาให้คะแนนความสอดคล้องระหว่างคำถามกับวัตถุประสงค์ หรือเนื้อหาของงานวิจัย ที่จะนำมาสู่การสร้างความน่าเชื่อถือของแบบสอบถาม ซึ่งประกอบไปด้วยข้อคำถามที่ตรงประเด็นกับเนื้อหาที่สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ และแสดงผลลัพธ์ได้ตามวัตถุประสงค์ ตลอดจนการสร้างความมั่นใจว่าผู้ตอบแบบสอบถามจะสามารถทำแบบสอบถามได้อย่างเข้าใจก่อนนำไปใช้สำรวจกับกลุ่มตัวอย่าง โดยการประเมินจะมีเกณฑ์ในการพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถาม ดังนี้ ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ และให้คะแนน –1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดไม่ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ แล้วนำผลคะแนนที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่า (Item Objective Congruence Index: IOC) ตามสมการ IOC = $\sum R/N$ โดยที่ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง $\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และ N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ เกณฑ์คัดเลือกค่า IOC ดังนี้ 1) ค่า IOC = 1.00 เลือกใช้ 2) ค่า IOC = 0.50 – 0.99 พิจารณาปรับปรุงเนื้อหา และ 3) ค่า IOC = ต่ำกว่า 0.50 ให้ตัดทิ้ง [21] ซึ่งผลการคำนวณแสดงให้เห็นว่าข้อคำถามทั้งหมดสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้นำทุกปัจจัยหลัก และปัจจัยรองแสดงเป็นข้อคำถามในแบบสอบถามเพื่อใช้รวบรวมข้อมูลระดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบจากกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 6 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ระดับความสำคัญ

การเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ระดับความสำคัญ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสอบถามกลุ่มตัวอย่างนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย ทั้งสิ้น 100 ราย ตามขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม ดังรายละเอียดในขั้นตอนที่ 2 ของแบบสอบถาม เพื่อหาค่าคะแนนความสำคัญ (Important Rating: IMP) ของความต้องการในแต่ละปัจจัยต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบ เมื่อได้ข้อมูลปัจจัยความต้องการของผู้บริโภค และค่าคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัยต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชเสริมกล้วยดิบ แล้วนำเข้าสู่บ้านคุณภาพ (House of Quality: HOQ) บริเวณผนังด้านซ้ายของบ้านถัดจากข้อมูลปัจจัยความต้องการของผู้บริโภคที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบ ที่จะนำไปสู่การพิจารณาข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical Characteristics) และ แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในท้ายที่สุด

ขั้นตอนที่ 7 การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ

คณะผู้วิจัยทำการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ ด้วยบ้านคุณภาพ (House of Quality: HOQ) โดยเริ่มจากการนำข้อมูลความต้องการของลูกค้า (Voice of Customer) ที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบสอบถามในขั้นตอนที่ 3 นำมาสู่การจัดเรียงข้อมูลความต้องการของลูกค้าในขั้นตอนที่ 4 และค่าคะแนนระดับความสำคัญ (Important Rating: IMP) ของความต้องการในแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบในขั้นตอนที่ 6 เพื่อเข้าสู่ตัวบ้านคุณภาพ จากนั้นคณะผู้วิจัยจะแปลงความต้องการของผู้บริโภคสู่การระบุข้อกำหนดเชิงเทคนิคร่วมกับตัวแทนของวิสาหกิจชุมชนนามว้า จำนวน 4 ท่าน ได้แก่ ลำดวน อุดกลิ้ง (ประธานวิสาหกิจชุมชน) ภูวิชญ์ สุวรรณ์รุ่งโรจน์ (ที่ปรึกษาวิสาหกิจชุมชน) ชนากานต์ สุวรรณ์รุ่งโรจน์ (ที่ปรึกษาวิสาหกิจชุมชน) และชมพูนุท พ่วงทรัพย์สิน (ที่ปรึกษาวิสาหกิจชุมชน) ซึ่งข้อกำหนดทางเทคนิค หรือองค์ประกอบคุณภาพ เป็นการแปลงความต้องการของผู้บริโภคเป็นข้อกำหนดเชิงเทคนิคของผลิตภัณฑ์ ตลอดจน การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของปัจจัยความต้องการของผู้บริโภคกับข้อกำหนดเชิงเทคนิคในส่วนของตัวบ้าน โดยคณะผู้วิจัยกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ 4 รูปแบบ แทนคะแนน 4 ระดับ ดังนี้ ข้อกำหนดเชิงเทคนิค ที่มีความสัมพันธ์กันมาก = 9 สัมพันธ์กันปานกลาง = 3 สัมพันธ์กันน้อย = 1 และไม่สัมพันธ์กันเลย = 0 จากนั้นเรียงระดับความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อในส่วนของฐานบ้าน ซึ่งได้ มาจากการคำนวณระดับความสำคัญของแต่ละข้อกำหนดเชิงเทคนิค เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป [22–23]

ขั้นตอนที่ 8 การพัฒนาผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบรูปแบบใหม่

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบรูปแบบแท่ง (กราโนล่าบาร์) จำนวน 20 ราย ด้วยการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจากขนาดกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายซึ่งมักซื้อ/รับประทานผลิตภัณฑ์กราโนล่าเป็นประจำจากการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถาม 100 ราย พบว่าเป็นผู้ที่ใส่ใจสุขภาพ และมีแนวโน้มที่จะสนใจผลิตภัณฑ์กราโนล่า 20 ราย โดยทำการประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9–Point Hedonic Scale) กำหนดให้ 9 คือ ชอบมากที่สุด 8 คือ ชอบมาก 7 คือ ชอบปานกลาง 6 คือ ชอบเล็กน้อย 5 คือ เฉย ๆ 4 คือ ไม่ชอบเล็กน้อย 3 คือ ไม่ชอบปานกลาง 2 คือ ไม่ชอบมาก และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด [22–23] จากนั้นคณะผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ผลจากการทดสอบการยอมรับ

ทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบรูปแบบใหม่ หรือรูปแบบแท่ง (กราโนล่าบาร์) เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายต่อไป

ผลการศึกษา

คณะผู้วิจัยคำนวณหาค่าคะแนนความสำคัญ (Important Rating: IMP) ของความต้องการในแต่ละปัจจัยต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบ รหัส A-1 ถึง A-20 ภายหลังจากการสัมภาษณ์ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย ทั้งสิ้น 100 ราย ตามขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม ดังตารางที่ 1 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าทุกปัจจัยรองมีค่าเฉลี่ยมากกว่าเท่ากับ 3.95 คะแนน หมายถึง มีความต้องการมาก ซึ่งปัจจัยที่แสดงความต้องการของลูกค้ามากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์นั้นง่ายต่อการรับประทาน (A-6) ที่ ค่า (Important Rating: IMP) เท่ากับ 4.90 จากนั้นคณะผู้วิจัยทำการระบุข้อกำหนดทางเทคนิคโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกตัวแทนผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนนามว่า จำนวน 4 ท่านได้แก่ ลำดวน อุดกลิ้ง (ประธานวิสาหกิจชุมชน) ภูวิชญ์ สุวรรณ์รุ่งโรจน์ (ที่ปรึกษาวิสาหกิจชุมชน) ชนากานต์ สุวรรณ์รุ่งโรจน์ (ที่ปรึกษาวิสาหกิจชุมชน) และชมพูนุท พ่วงทรัพย์สิน (ที่ปรึกษาวิสาหกิจชุมชน) นำมาซึ่งข้อกำหนดเชิงเทคนิคใน 5 มิติ ได้แก่ การบรรจุ ฉลากสินค้า ข้อมูลผลิตภัณฑ์ คุณค่าของผลิตภัณฑ์ และคุณลักษณะของสินค้า ทั้งสิ้น 27 เทคนิค โดยใช้รหัส B-1 ถึง B-27 ดังตารางที่ 2 อีกทั้งคณะผู้วิจัยและตัวแทนผู้ประกอบการร่วมกันกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดเชิงเทคนิค ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ปัจจัยความต้องการของผู้บริโภคและค่าคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัย

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	IMP	รหัส
บรรจุภัณฑ์	ช่วยยืดอายุสินค้า สามารถเก็บได้นาน	4.65	A1
	ฉลากมีความโดดเด่น	3.95	A2
	ขนาดพอดีกับสินค้า	4.50	A3
	มีความสวยงาม สามารถเพิ่มมูลค่าได้ สามารถสื่อสารถึงผลิตภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสม	4.35	A4
	ปกป้องผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี	4.65	A5
รูปแบบและความสะดวกในการรับประทานผลิตภัณฑ์	ง่ายต่อการรับประทาน	4.90	A6
	พกพาสะดวก	4.80	A7
	รับประทานได้ทันที	4.80	A8
	ปริมาณบรรจุเหมาะสม	4.75	A9
	มีการผลิตตามคำสั่งซื้อ มีปริมาณให้เลือกหลายขนาด ทั้งค้าปลีกและค้าส่ง	4.00	A10
ข้อมูลผลิตภัณฑ์	แสดงข้อมูลแหล่งผลิต /ที่มาของวัตถุดิบ	4.40	A11
	แสดงข้อมูลกรรมวิธีผลิต และระบุส่วนผสมชัดเจน	4.65	A12
	แสดงข้อมูล วันที่ผลิต วันหมดอายุ	4.65	A13
	มีมาตรฐานการผลิตรับรอง	4.70	A14
	แสดงข้อมูลประโยชน์ที่ได้รับ และคุณค่าทางโภชนาการ	4.45	A15
ด้านผลิตภัณฑ์และรสชาติ	รสชาติคงที่	4.15	A16
	มีการคิดค้นรสชาติใหม่ ๆ สร้างความหลากหลายของรสชาติอยู่เสมอ	4.10	A17
	รสชาติเป็นเอกลักษณ์	4.05	A18
	มีประสบการณ์ที่ดีเมื่อได้รับประทาน	4.35	A19
	มีการรับประกัน รับคืน หรือเปลี่ยนสินค้า หากเกิดปัญหา	4.65	A20

ตารางที่ 2 ข้อกำหนดเชิงเทคนิค

ข้อกำหนดเชิงเทคนิค		รหัส	ข้อกำหนดเชิงเทคนิค		รหัส
การบรรจุ	การบรรจุแบบแยกชิ้น	B-1	**ข้อมูลผลิตภัณฑ์**	ผู้ผลิตและจัดจำหน่าย	B-17
	ซองอลูมิเนียมฟอยล์	B-2		ราคา พร้อมระบุหน่วยบาท	B-18
	ซองใส	B-3		การเลือกใช้รูปแบบตัวอักษรที่อ่านง่าย	B-19
	ถุงซิปล็อค ขยายข้าง ฐานเรียบตั้งได้ ใส/ขุ่น	B-4	**คุณค่าของผลิตภัณฑ์**	การเลือกใช้วัตถุดิบหลักจากท้องถิ่น	B-20
	การบรรจุด้วยเครื่องซีล	B-5		การผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	B-21
	การบรรจุด้วยเครื่องซีลสุญญากาศ	B-6		กระบวนการผลิตได้การรับรองมาตรฐาน	B-22
ฉลากสินค้า	การเลือกใช้ข้อความที่เด่นและจำง่าย	B-7	**คุณลักษณะของสินค้า**	ลักษณะปรากฏ	B-23
	การเลือกใช้สีที่ดึงดูดสายตา	B-8		สี	B-24
	ขนาดและรูปทรงที่เหมาะสม	B-9		กลิ่น	B-25
	ภาพและกราฟิกมีคุณภาพ	B-10		รสชาติ	B-26
ข้อมูลผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์ และตราสินค้า	B-11		เนื้อสัมผัส	B-27
	เลขสารบบอาหาร เครื่องหมาย อย.	B-12			
	คุณค่าทางโภชนาการ	B-13			
	น้ำหนักของสินค้า	B-14			
	ส่วนประกอบ	B-15			
	วันที่ผลิตและวันหมดอายุ	B-16			

No.	IMP	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20	B21	B22	B23	B24	B25	B26	B27
A1	4.65	9	9	3	9	9	9			3							3				3	9	9					
A2	3.95	3	9	9	9			9	9		9	9	1							9				9				
A3	4.50	9	9	9	9	9	9			9					9									9				
A4	4.35	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9								9		3	3	9				
A5	4.65	9	9	9	9	9	9			9														9				
A6	4.90	9	9	9	9	9	9			9					9									9	9	9	9	9
A7	4.80	9	9	9	9	9	9			9					9									9		9		
A8	4.80	9	9	9	9	9	9			9					9									9	9	9	3	3
A9	4.75	9	9	9	9	9	9			9					9									9				
A10	4.00	9				9	9											9	9				9					
A11	4.40	3						9	9		3			3		9				9	9	9	9	9	9	9	9	9
A12	4.65	3						9	9		9			3		3				9	1	3	9	9	9	9	9	9
A13	4.65	3						9	9		9			1		1	9			9		1	9	9	9	9	9	9
A14	4.70	3				9	9						9			1	3			3	1	9	9	9	9	9	9	9
A15	4.45	3						9	9		9			9		3				9	3	9	9	9	9	9	9	9
A16	4.15		9	9		3	3									9	3				9	9	3		9	9	9	9
A17	4.10															9		9			9	9	3		9	9	9	9
A18	4.05															9		3			9	9	9		9	9	9	9
A19	4.35	9	3	3	3	9	9	3	9	3	3					9	9	3	9	3	9	9	9	9	9	9	9	9
A20	4.65						9										3	9					9	1	9	9	9	9
Technical Priority		492. 15	422. 55	394. 65	385. 20	466. 50	508. 35	251. 10	277. 20	321. 75	224. 70	74. 70	46. 25	71. 85	252. 90	226. 10	135. 45	139. 95	75. 15	265. 20	226. 10	345. 30	438. 75	615. 75	441. 45	527. 85	455. 85	455. 85
Ranking		4	9	10	11	5	3	17	14	13	19	23	25	24	16	18	21	20	22	15	18	12	8	1	7	2	6	6

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดเชิงเทคนิค

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงเทคนิคการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค โดยคณะผู้วิจัยเริ่มจากการพิจารณาเทคนิค 10 อันดับแรก ดังนี้ เทคนิคลักษณะปรากฏ (B23) เป็นเทคนิคที่ควรให้ความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากมีคะแนนสูงสุด คือ 615.75 คะแนน รองลงมา คือ เทคนิคกลิ่น (B25) การบรรจุด้วยเครื่องซีลสุญญากาศ (B6) การบรรจุแบบแยกชิ้น (B1) การบรรจุด้วยเครื่องซีล (B5) รสชาติ และเนื้อสัมผัส (B26 และB27) สี (B24) กระบวนการผลิตได้การรับรองมาตรฐาน (B22) ซองอลูมิเนียมฟอยล์ (B2) และซองใส (B3) มีคะแนนเท่ากับ 527.85 คะแนน 508.35 คะแนน 492.15 คะแนน 466.50 คะแนน 455.85 คะแนน 441.45 คะแนน 438.75 คะแนน 422.55 คะแนน และ 394.65 คะแนน ตามลำดับ ที่จะนำมาซึ่งแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบรูปแบบแท่ง (กราโนล่าบาร์) สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ดังนี้

ข้อกำหนดเชิงเทคนิคซึ่งควรให้ความสำคัญ ได้แก่ การบรรจุ ข้อมูลผลิตภัณฑ์ คุณค่าของผลิตภัณฑ์ และคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ คณะผู้วิจัยสามารถสรุปแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในแต่ละเทคนิค ดังนี้ เทคนิคการบรรจุ เกี่ยวข้องกับชนิดบรรจุภัณฑ์ และวิธีการบรรจุสินค้า บรรจุภัณฑ์ควรเป็นแบบแยกชิ้นซึ่งอาจเป็นซองใส หรือซองอลูมิเนียมฟอยล์ เมื่อบรรจุสินค้าลงซองควรเลือกวิธีการผนึกปิดซองด้วยเครื่องซีลเพื่อป้องกันอากาศ และสิ่งสกปรกเข้าสู่สินค้า หรือเครื่องซีลสุญญากาศเพื่อช่วยรักษาคุณภาพของสินค้า และป้องกันการเสื่อมสภาพของสินค้าภายใน สำหรับการศึกษาในครั้งนี้คณะผู้วิจัยร่วมกับผู้ประกอบการระดมความคิด และสรุปแนวทางการพัฒนาเทคนิคการบรรจุผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบรูปแบบแท่ง (กราโนล่าบาร์) แบบแยกชิ้นด้วยซองใส และการบรรจุด้วยเครื่องซีล อีกทั้ง เทคนิคข้อมูลผลิตภัณฑ์ เกี่ยวข้องกับ การแสดงเลขสารบบอาหาร เครื่องหมาย อย. บนบรรจุภัณฑ์ซึ่งเป็นข้อมูลที่จำเป็นแก่ผู้บริโภค สำหรับการศึกษาในครั้งนี้คณะผู้วิจัยร่วมกับผู้ประกอบการได้ยื่นจดทะเบียนอาหารเป็นที่เรียบร้อยแล้วในวันที่ 25 ตุลาคม 2567 เลขสารบบอาหาร 57-2-06341-6-0008 ชื่ออาหาร กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบชนิดแท่ง (Granola Bar with Raw Banana) ประเภทอาหารพร้อมปรุงและอาหารสำเร็จรูปที่พร้อมบริโภคทันที ได้แก่ อาหารสำเร็จรูปที่พร้อมบริโภคทันที ชนิดอาหารผลิตภัณฑ์ขนมอบ สำหรับเทคนิคคุณค่าของผลิตภัณฑ์ เกี่ยวข้องกับ กระบวนการผลิตได้การรับรองมาตรฐานเพื่อสร้างความมั่นใจด้านคุณภาพของสินค้าให้แก่ผู้บริโภค โดยคณะผู้วิจัยได้เสนอแนวทางดังกล่าว แก่ผู้ประกอบการเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการขอรับรองมาตรฐานต่อไป ท้ายที่สุด เทคนิคคุณลักษณะของสินค้า เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ซึ่งปัจจัยทั้งหมดนี้ล้วนสำคัญและมีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค เทคนิคเหล่านี้มีส่วนช่วยเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีมูลค่าเพิ่ม และเป็นที่น่าเชื่อถือในด้านความปลอดภัย และการตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบรูปแบบแท่ง (กราโนล่าบาร์) โดยทำการประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) จากผู้ทดสอบ 20 ราย แบ่งเป็นเพศชาย ร้อยละ 50 เพศหญิง ร้อยละ 50 และ อายุระหว่าง 18 ปี – 20 ปี ร้อยละ 25 อายุระหว่าง 21 ปี – 25 ปี ร้อยละ 75 พบว่า คุณลักษณะที่ 1 ลักษณะปรากฏ มีคะแนนค่าเฉลี่ย เท่ากับ 6.90 หรือประมาณ 7 คะแนน หมายถึง ชอบปานกลาง คุณลักษณะที่ 2 สี มีคะแนนค่าเฉลี่ย เท่ากับ 6.50 หรือประมาณ 7 คะแนน หมายถึง ชอบปานกลาง คุณลักษณะที่ 3 กลิ่น มีคะแนนค่าเฉลี่ย เท่ากับ 6.20 หรือประมาณ 6 คะแนน หมายถึง ชอบเล็กน้อย คุณลักษณะที่ 4 รสชาติ มีคะแนนค่าเฉลี่ย เท่ากับ 7.70 หรือประมาณ 8 คะแนน หมายถึง ชอบมาก และคุณลักษณะที่ 5 เนื้อสัมผัส มีคะแนนค่าเฉลี่ย เท่ากับ 6.80 หรือประมาณ 7 คะแนน หมายถึง ชอบปานกลาง ตลอดจนความชอบโดยรวม มีคะแนนค่าเฉลี่ย เท่ากับ 7.70 หรือประมาณ 8 คะแนน หมายถึง ชอบมาก นำมาสู่แนวทางการพัฒนาสูตร

ของผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งสำคัญ และจำเป็นต้องพัฒนาอย่างต่อเนื่องในคุณลักษณะด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบรูปแบบแท่ง (กราโนล่าบาร์) ตลอดจนผู้ทดสอบเสนอเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเพิ่มทางเลือกของสินค้าแบบหวานน้อย และการเพิ่มสูตรที่หลากหลายยิ่งขึ้นด้วยการใช้ผลไม้อบแห้งชนิดอื่น ๆ ทำให้เกิดรสชาติใหม่ ๆ เป็นต้น

สรุปผลและอธิปรายผล

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบของวิสาหกิจชุมชนนามว้า ซึ่งเป็นการวิจัย และพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่จะสามารถตอบสนองต่อความต้องการโดยรวมของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายร่วมกับวิสาหกิจชุมชนนามว้าด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) โดยเริ่มจากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านบรรจุภัณฑ์ ด้านรูปแบบ และความสะดวกในการรับประทานผลิตภัณฑ์ ด้านข้อมูลผลิตภัณฑ์ และด้านผลิตภัณฑ์และรสชาติ จากนั้นทำการระบุข้อกำหนดเชิงเทคนิคที่สอดคล้องกับปัจจัยความต้องการของผู้บริโภค ตลอดจนนำไปสู่การหาความสัมพันธ์เพื่อสร้างบ้านคุณภาพ (House of Quality: HOQ) จากการเก็บรวบรวมข้อมูลระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ สามารถคำนวณค่าคะแนนความสำคัญ (Important Rating: IMP) โดยปัจจัยรองที่มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสำคัญมากที่สุด คือ ง่ายต่อการรับประทาน (A6) ที่ 4.90 คะแนน ปัจจัยรอง ทั้ง 20 ปัจจัยถูกนำมาใช้ในการพิจารณาระบุข้อกำหนดเชิงเทคนิคเพื่อหาระดับความสำคัญของข้อกำหนดเชิงเทคนิค ผลการศึกษาแสดงเทคนิคที่สำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย 10 อันดับแรก ได้แก่ เทคนิคการบรรจุ ข้อมูลผลิตภัณฑ์ คุณค่าของผลิตภัณฑ์ และคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในแต่ละเทคนิค ดังนี้ เทคนิคการบรรจุ เกี่ยวข้องกับชนิดบรรจุภัณฑ์และวิธีการบรรจุสินค้า บรรจุภัณฑ์ควรเป็นแบบแยกชิ้นซึ่งอาจเป็นซองใส หรือซองอลูมิเนียมฟอยล์ เมื่อบรรจุสินค้าลงซองควรเลือกวิธีการผนึกปิดซองด้วยเครื่องซีลเพื่อป้องกันอากาศ และสิ่งสกปรกเข้าสู่สินค้า หรือเครื่องซีลสุญญากาศเพื่อช่วยรักษาคุณภาพของสินค้า และป้องกันการเสื่อมสภาพของสินค้าภายใน สำหรับการศึกษาในครั้งนี้คณะผู้วิจัยร่วมกับผู้ประกอบการระดมความคิดและสรุปแนวทางการพัฒนาเทคนิคการบรรจุผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบรูปแบบแท่ง (กราโนล่าบาร์) แบบแยกชิ้นด้วยซองใสและการบรรจุด้วยเครื่องซีล เทคนิคข้อมูลผลิตภัณฑ์ เกี่ยวข้องกับการแสดงเลขสารบบอาหาร เครื่องหมาย อย. บนบรรจุภัณฑ์ซึ่งเป็นข้อมูลที่จำเป็นแก่ผู้บริโภค สำหรับการศึกษาในครั้งนี้คณะผู้วิจัยร่วมกับผู้ประกอบการได้ยื่นจดทะเบียนอาหารเป็นที่เรียบร้อย เทคนิคคุณค่าของผลิตภัณฑ์ เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต ได้การรับรองมาตรฐานเพื่อสร้างความมั่นใจด้านคุณภาพของสินค้าให้แก่ผู้บริโภค โดยคณะผู้วิจัยได้เสนอแนวทางดังกล่าวแก่ผู้ประกอบการเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการขอรับรองมาตรฐาน (Good Manufacturing Practice: GMP) ต่อไป และสุดท้าย เทคนิคคุณลักษณะของสินค้าเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ด้วยการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบรูปแบบแท่ง (กราโนล่าบาร์) โดยภาพรวมแล้วผู้ทดสอบซึ่งเป็นผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายชอบผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นเป็นอย่างมากที่ 8 คะแนน จากคะแนนเต็ม 9 คะแนน และจำเป็นที่จะต้องพัฒนาอย่างต่อเนื่องในด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีคะแนนอยู่ที่ 6 คะแนน อีกทั้งผู้ทดสอบได้เสนอเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเพิ่มทางเลือกของสินค้าแบบหวานน้อย และการเพิ่มสูตรที่หลากหลายยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ปัจจัยความต้องการของผู้บริโภค ข้อกำหนดเชิงเทคนิค ตลอดจน ค่าคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัย ซึ่งได้ทำการรวบรวมไว้ในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะถูกนำไปใช้สำหรับการศึกษาอื่น ๆ ที่มีบริบทเหมือนและใกล้เคียงกัน อีกทั้งหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นเสมือนแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบของวิสาหกิจชุมชนนามว้าที่สามารถตอบสนองความต้องการโดยรวมของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย นำไปสู่การทบทวนและวางแผนการดำเนินงานอย่างเป็นรูปธรรมได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิสาหกิจชุมชนนามว้า เลขที่ 102 หมู่ 2 ตำบลจอมหมอกแก้ว อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กราโนล่าธัญพืชอบกรอบเสริมกล้วยดิบรูปแบบแท่ง (กราโนล่าบาร์) ตลอดจนให้ความร่วมมือต่อการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ซึ่งสามารถตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย อีกทั้งขอขอบคุณผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างเป็นอย่างยิ่งที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล จนกระทั่งการศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. วิมล เทียกทุม, หทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ, ธรรม์ณชาติ วันแต่ง. **การลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตกล้วยอบไส้มะขามของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดเพชรบูรณ์.** วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการไทย (Thai Industrial Engineering Network Journal) [อินเทอร์เน็ต]. ก.ค.–ธ.ค. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 15 ก.พ. 2567]; เล่มที่ 2:78–85. เข้าถึงได้จาก: https://ph02.tcithaijo.org/index.php/ienj/article/view/246511/168448
2. สำนักงานศึกษาธิการจังหวัดเชียงราย. [อินเทอร์เน็ต]. เชียงราย: สำนักงานจังหวัดเชียงราย; 2566. แผนพัฒนาเศรษฐกิจจังหวัดเชียงราย พ.ศ. 2566 – 2570; [เข้าถึงเมื่อ 15 ก.พ. 2567]. เข้าถึงได้จาก: https://cri.moe.go.th/manage/download/files/D1_w8QbC7E93010TueJul2023.pdf
3. Kapook.com. [อินเทอร์เน็ต]. [ม.ป.ท.]: health.kapook; [ม.ป.ป]. **กล้วยน้ำว้า สรรพคุณไม่ธรรมดาเป็นผลไม้มีฤทธิ์เป็นยาที่ควรกินให้ได้ทุกวัน**: [เข้าถึงเมื่อ 16 ก.พ. 2567]. เข้าถึงได้จาก: https://health.kapook.com/view225512.html
4. กองพัฒนาศักยภาพผู้บริโภค. [อินเทอร์เน็ต]. [ม.ป.ท.]: กองพัฒนาศักยภาพผู้บริโภค; [ม.ป.ป]. **กล้วยดิบแก้กรดไหลย้อนได้จริงหรือ**: [เข้าถึงเมื่อ 16 ก.พ. 2567]. เข้าถึงได้จาก: https://dis.fda.moph.go.th/detail-checkSureShare?id=837
5. Yamane, Taro. Statistics an introductory analysis. New York Harper & Row; 1973.
6. ขวัญชนก เกิดทิพย์. **การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการพัฒนาขนมเมอแรงค์เพื่อสุขภาพ** [สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2561.
7. จิรเดช เอกธำรง. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่นมข้าว** [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2562.
8. ณัฐวุฒิ แสงกาศนีย์. **การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้ม** [สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2565.

9. เทวัญ บุภักดี และผกามาศ ผจญแกล้ว. **การออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ชุมชน ประเภทขนมเปี๊ยะโดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ.** วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้ และเทคโนโลยี 2565;2(1):72-84.
10. พงศกร ศรีบรรจง. **การปรับปรุงคุณภาพกะปิและบรรจุภัณฑ์สำหรับผู้ผลิตพื้นบ้าน** [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2561.
11. พิรานันท์ วัฒนชัย. **การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตสตรอว์เบอร์รี่คิวบ์แช่แข็งด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ** [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. เชียงใหม่:มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2562.
12. ลัทธพล บุญดิษฐ์สถาพร. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ท็อปปิ้งซอสเสาวรสสูตรลดน้ำตาล** [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2563.
13. วิรพร โกษาแสง และ เดชรัตน์ สุขกำเนิด. **แนวทางการพัฒนาระบบการเลี้ยงโคขุนของ วิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงโคขุนบ้านฮางโฮง ตำบลธาตุเชิงชุม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร.** วารสาร มจร การพัฒนาสังคม 2567;9(2):237-250.
14. Dewi, S. K., Putri, A. R. C., & Rahmawatie, L. **The implementation of quality function deployment (QFD) method to improve pasteurized milk product quality**. Industria Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri 2020;9(1):64-72.
15. Frunză, G., & Pop, I. M. **Product design in food industry, application of QFD methodology for improvement of chocolate quality.** Lucrări Ştiinţifice 2021;64(1): 63-68.
16. Haslinah, A., Mutmainnah, A., & Jalil, I. Z. **Product development analysis of dragon fruit praline chocolate by using Quality Function Deployment (QFD) method.** Proceedings of the AIP Conference; 2023.
17. Phoonsup, K., Napisateachasit, N., Inpapien, W., Leelakaweewong, W., Kositchaimongkol, S., & Pipatpaiboon, M. **Product development by using Quality Function Deployment Technique (QFD): a case study of coconut milk ice-cream (SMEs product).** Proceeding of the National & International Conference; 2021.
18. Rujito, H., Utami, M. M. D., Riskiawan, H. Y., Hermanuadi, D., & Retnowati, N. **Product design of kolang kaling grass jelly drink through the application of quality function deployment method (case study in meru betiri national park, banyuwangi district).** Proceeding of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 2020.
19. Saragih, L. L., Simarmata, E., Aloina, G., Tarigan, U. P., Ramadhani, V. B., & Ginting, S. E. **Product development of canned fish using SWOT and quality function deployment (QFD).** Proceeding of the AIP conference; 2020.
20. Wang, T. Y., Hsiao, H. I., & Sung, W. C. **Quality function deployment modified for the food industry: an example of a granola bar.** Food science & nutrition 2019;7(5):1746-1753.

21. พิศิษฐ ตัณฑวณิช, และ พนา จินดาศรี. **ความหมายที่แท้จริงของค่า IOC.** Journal of Educational Measurement Mahasarakham University 2561;24(2):3–12.

22. จุฬาลักษณ์ โรจนานุกูล, สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์, ชาตรี หอมเขียว และ ซูไฮดี สนิ. **การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD) ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ตำบลทอนหงส์อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช** [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย; 2561.

23. ปิยพร มานะกิจ และ สุวัฒน์ งามดี. **การปรับปรุงกระบวนการรายงานข้อมูลตัวชี้วัดโดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ** [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2561.

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์ ด้วยกระบวนการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

Development of learning achievement on cell division through stop-motion animation-based learning for Mathayom 3 students

จินตนา อุทังไข[1], อักษรา ลักษณะ[1], ภานุพัฒน์ ชัยวร[1*] และ ประพิณ ขอดแก้ว[2]

Jintana Autangkhai[1], Aksara Laksara[1], Panupat Chaiworn[1*] and Prapin Khodkeaw[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยกระบวนการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุดการเคลื่อนไหว และ 2) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบการเคลื่อนที่หยุด การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนเชียงคำวิทยาคม จังหวัดพะเยา จำนวน 70 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบค่าที (t-test)

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน = 6.77, หลังเรียน = 14.99) แสดงให้เห็นว่าสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ภาพเคลื่อนไหวแบบหยุดการเคลื่อนไหวช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ 2) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$= 4.56, S.D. = 0.55) โดยเฉพาะในด้านที่สื่อการเรียนรู้ทำให้เข้าใจเรื่องการแบ่งเซลล์ได้ดียิ่งขึ้น ($\bar{x}$= 4.68, S.D. = 0.47)

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการใช้ภาพเคลื่อนไหวแบบหยุดการเคลื่อนไหวเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างความเข้าใจในกระบวนการแบ่งเซลล์และสามารถเพิ่มความพึงพอใจในการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, การแบ่งเซลล์, ภาพเคลื่อนไหวแบบหยุดการเคลื่อนไหว, ความพึงพอใจในการเรียนรู้

[1] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Chiang Mai Rajabhat University. Chiang Mai Province 50300

[2] Department of Physics and General Sciences, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University. Chiang Mai Province 50300

[3] Department of Mathematics and statistics, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University. Chiang Mai Province 50300

*Corresponding author: prapink@g.cmru.ac.th , Panupat_cha@g.cmru.ac.th

Abstract

The objectives of this research were 1) Improve learning achievement in cell division for Mathayom 3 students through the learning process using stop-motion animation. 2) Study students' satisfaction with the learning process using stop-motion animation. This research was an experimental study. The sample consisted of 70 Mathayom 3 students from Chiang Kham Wittayakhom School, Phayao, selected by Stratified random sampling method. The research measuring tools a learning achievement test and a student satisfaction questionnaire. The data were analyzed using mean ($\bar{X}$), standard deviation (S.D.), and t-test.

The results showed that 1) The students' post-test learning achievement was significantly higher than their pre-test scores at the .05 level (pre-test mean = 6.77, post-test mean = 14.99), indicating that the use of stop-motion animation effectively enhanced learning achievement. 2) The students' satisfaction with the learning process was at the highest level ($\bar{X}$= 4.56, S.D. = 0.55), particularly in terms of improving their understanding of cell division through animation ($\bar{X}$ = 4.68, S.D. = 0.47).

The research results finding that stop-motion animation is an effective tool for enhancing understanding of cell division processes and significantly increases students' satisfaction with their learning experience.

Keywords: Learning achievement, Cell division, Stop-motion animation, Learning satisfaction

บทนำ

วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีบทบาทสำคัญในการสร้างความรู้และพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ ซึ่งเชื่อมโยงกับการดำรงชีวิตและเทคโนโลยีที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกปัจจุบันและอนาคต โดยการเรียนวิทยาศาสตร์ช่วยเสริมสร้างเจตคติที่ดี ความอยากรู้อยากเห็น และการคิดวิเคราะห์เชิงวิจารณ์ ทั้งนี้ การจัดการเรียนรู้ที่ใช้สื่อการสอนที่หลากหลายและสอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียนสามารถกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมและเห็นความเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับชีวิตจริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) โดยเฉพาะการใช้สื่อการเรียนรู้แบบภาพเคลื่อนไหวที่ช่วยให้เกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งและเข้าถึงความรู้ได้ง่าย (Poohkay and Szabo, 1995)

การแบ่งเซลล์เป็นหัวข้อสำคัญในหน่วยการเรียนรู้พันธุกรรม รายวิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เนื้อหาเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ทั้งแบบ ไมโทซิส (mitosis) และ ไมโอซิส (meiosis) เป็นกระบวนการที่จำเป็นสำหรับการเข้าใจเรื่องการสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ซึ่งถือเป็นรากฐานสำหรับการศึกษาด้านชีววิทยาในระดับที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม เนื้อหาเหล่านี้มีลักษณะซับซ้อน เป็นนามธรรม และเต็มไปด้วยศัพท์ทางเทคนิค ทำให้นักเรียนจำนวนมากประสบปัญหาในการเข้าใจ โดยเฉพาะในเรื่องการทำงานและบทบาทของ โครโมโซม ในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์ (Smith et al., 2021)

จากการสำรวจนักเรียนโรงเรียนเชียงคำวิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพะเยา ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถอธิบายขั้นตอนการแบ่งเซลล์ได้อย่างถูกต้องและมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับบทบาทของโครโมโซมในกระบวนการไมโทซิสและไมโอซิส สอดคล้องกับการศึกษาในระดับสากลที่แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับกระบวนการทางชีววิทยานี้ (Johnson & Taylor, 2020) รวมถึงผลการวิจัยในประเทศไทยที่ชี้ว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องกระบวนการแบ่งเซลล์

เช่น งานของ สุธิดา พรหมสุทธิ์ (2563) ที่พบว่ามีนักเรียนเพียง 45% ที่สามารถอธิบายขั้นตอนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสได้อย่างถูกต้อง

วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้สื่อเทคโนโลยีช่วยสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนมากขึ้น เช่น การใช้ ภาพเคลื่อนไหวแบบหยุดการเคลื่อนไหว (Stop-motion animation) ช่วยให้นักเรียนสามารถเห็นภาพขั้นตอนการแบ่งเซลล์ได้ชัดเจน และการลงมือปฏิบัติจริงในการสร้างแอนิเมชันสามารถเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และความเข้าใจเชิงลึกในเนื้อหา (Garcia & Quinn, 2022) นอกจากนี้ งานวิจัยของ ปิยพร สุนทรส (2564) ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้สื่อภาพเคลื่อนไหวช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการมีส่วนร่วมของนักเรียนในชั้นเรียนอย่างมีนัยสำคัญ

การเรียนรู้ผ่านกระบวนการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุดการเคลื่อนไหว ยังช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง ทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และเสริมสร้างการเรียนรู้อย่างลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนเชียงคำวิทยาคม อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา จำนวน 420 คน

ตารางที่ 1 ประชากร

ห้อง	เพศชาย	เพศหญิง	รวม
ม.3/1	16	15	31
ม.3/2	19	17	36
ม.3/3	17	17	34
ม.3/4	20	16	36
ม.3/5	18	22	40
ม.3/6	16	24	40
ม.3/7	14	26	40
ม.3/8	12	28	40
ม.3/9	20	20	40
ม.3/10	11	25	36
ม.3/11	13	16	29
ม.3/12	10	8	18
รวม	186	234	420

ตาราง 2 ผลการเรียน รายวิชาวิทยาศาสตร์ ม.2 ปีการศึกษา 2566

ผลการเรียน	จำนวน (คน)
3.5 – 4.00 (ดีเยี่ยม)	56
3.00 – 3.49 (ดี)	78
2.5 – 2.99 (พอใช้)	105
2.00 –2.49 (ปานกลาง)	65
1.50 – 1.99 (อ่อน)	41
1.00 – 1.49 (อ่อนมาก)	40
ต่ำกว่า 1.00 (ต้องปรับปรุง)	35

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช่ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนเชียงคำวิทยาคม อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา จำนวน 70 คน ซึ่งกลุ่มทดลองได้จากการสุ่มแบบแบ่งเป็นชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) (บุญเรียง ขจรศิลป์.2556) เป็นการสุ่มแบบกลุ่มโดยใช้ผลการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นหน่วยสุ่ม

ตารางที่ 3 กลุ่มตัวอย่าง

ผลการเรียน	จำนวน (คน)
3.5 – 4.00 (ดีเยี่ยม)	10
3.00 – 3.49 (ดี)	10
2.5 – 2.99 (พอใช้)	10
2.00 –2.49 (ปานกลาง)	10
1.50 – 1.99 (อ่อน)	10
1.00 – 1.49 (อ่อนมาก)	10
ต่ำกว่า 1.00 (ต้องปรับปรุง)	10
รวม	**70**

3. กลุ่มทดลองที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มทดลองที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนเชียงคำวิทยาคม อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา จำนวน 70 คน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) เป็นการสุ่มแบบกลุ่มโดยใช้ผลการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นหน่วยสุ่ม เป็นการสุ่มมาจากประชากรที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

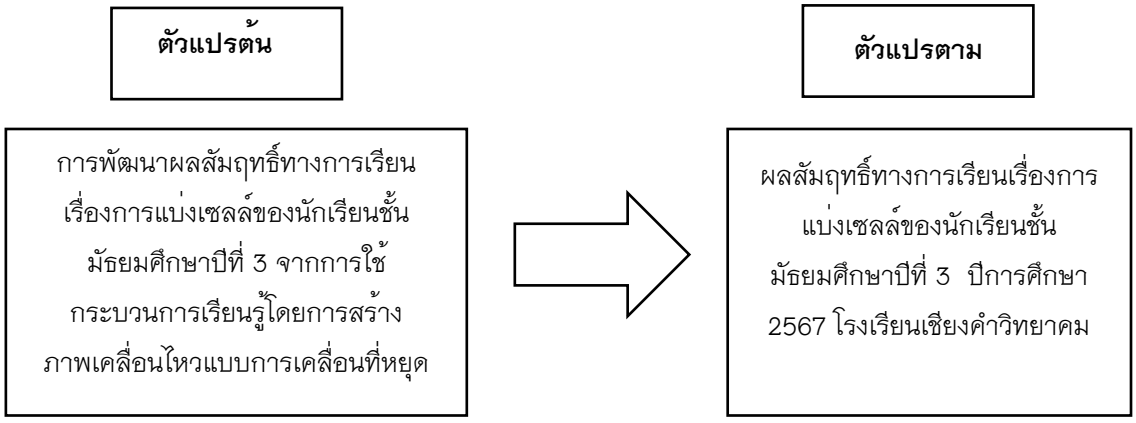
– แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการแบ่งเซลล์ ด้วยกระบวนการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเชียงคำวิทยาคม ปีการศึกษา2567 จำนวน 5 แผน

	ชื่อแผน	จำนวนชั่วโมง
1.	การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิต	1
2.	การแบ่งเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์	1
3.	การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	1
4.	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	1
5.	Stop motion กับการแบ่งเซลล์	1

เครื่องมือในการเก็บข้อมูล

- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์ รายวิชาวิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว23101 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบบทดสอบปรนัยแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ
- แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้เรื่องการแบ่งเซลล์ ด้วยกระบวนการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเชียงคำวิทยาคม

กรอบแนวคิดการวิจัย



เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการแบ่งเซลล์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 5 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์ รายวิชาวิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว23101 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบบทดสอบปรนัยเรื่องการแบ่งเซลล์แบบเลือกตอบ (Multiple Choice) ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และแบบสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหว เรื่อง การแบ่งเซลล์ ประกอบการจัดการเรียนรู้

การสร้างและวิเคราะห์เครื่องมือ

1. การสร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก ใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน เรื่องการแบ่งเซลล์ โดยแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีตัวเลือกที่ถูกเพียงคำตอบเดียว จำนวน 20 ข้อ ทำถูกได้ข้อละ 1 คะแนน ทำผิด ไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 2 ข้อ ได้ 0 คะแนน มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1.1 ศึกษาหลักการ แนวคิด และวิธีการสร้างแบบทดสอบที่ดี วิธีหาความเที่ยงตรงความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ การเขียนข้อสอบ และการวิเคราะห์ข้อสอบจากตำราและงานวิจัย ต่าง ๆ

1.2 สร้างแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้คลอบคลุมจุดประสงค์ของการเรียนรู้

1.3 แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validit) ความคลอบคลุมข้อมูลเนื้อหา ความถูกต้องเหมาะสมความสมบูรณ์ของข้อคำถาม ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบทดสอบกับจุดประสงค์ของการวัด โดยนำค่าที่คำนวนได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน –1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

1.4 วิเคราะห์ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม ของแบบทดสอบกับจุดประสงค์ของการวัด (IOC) คำนวณได้โดยใช้สูตร ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

1.5 นำแบบทดสอบที่ผ่านการวิเคราะห์ความสอดคล้อง IOC จำนวน 20 ข้อ นำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และนำไปทดลองใช้ทดสอบกับกลุ่มทดสอบ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 รายวิชาวิทยาศาสตร์ 5 โรงเรียนเชียงคำวิทยาคม จำนวน 70 คนซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) เป็นการสุ่มแบบกลุ่มโดยใช้ผลการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นหน่วยสุ่ม เป็นการสุ่มแบบเดียวกันกับกลุ่มตัวอย่างโดยข้อที่ถูกให้ 1 คะแนน ทำผิด ไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 2 ข้อ ได้ 0 คะแนน

1.6 นำคะแนนทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบรายข้อโดยวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (R) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป คัดเลือกเฉพาะข้อคำถามที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20 –0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

1.7 คัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่มีค่าสมบูรณ์สอดคล้องตามจำนวนที่ต้องการใช้จริง คือจัดทำแบบทดสอบฉบับสมบูรณ์ แล้วนำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง ทั้งก่อนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 รายวิชาวิทยาศาสตร์ 5 โรงเรียนเชียงคำวิทยาคม จำนวน 70 คนซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) เป็นการสุ่มแบบกลุ่มโดยใช้ผลการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นหน่วยสุ่ม

2. การสร้างและหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการแบ่งเซลล์ โดยหาจากกลุ่มทดลอง ที่ได้มาจากกระบวนการสุ่มแบบเดียวกับกลุ่มตัวอย่าง โดยการหา E1/E2 ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 การหาประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการแบ่งเซลล์ ด้วยกระบวนการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเชียงคำวิทยาคม

ตารางที่ 4 ผลการหาประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการแบ่งเซลล์ ด้วยกระบวนการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเชียงคำวิทยาคม

แบบทดสอบระหว่างเรียน			**แบบทดสอบหลังเรียน**			**ประสิทธิภาพ**
คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	E_1	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	E_2	E_1/E_2
20	16.03	80.14	20	17.04	85.21	80.14 / 85.21

จากตารางที่ 4 พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการแบ่งเซลล์ ด้วยกระบวนการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเชียงคำวิทยาคม มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80.14 / 85.21

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่จัดการเรียนรู้โดยการใช้กระบวนการเรียนรู้โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบการเคลื่อนที่หยุด

2. เมื่อสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ต่อการจัดการเรียนรู้โดยโดยการใช้กระบวนการเรียนรู้โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบการเคลื่อนที่หยุดประกอบการจัดการเรียนรู้แล้วนำค่าไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์สัมบูรณ์ (Absolute Criteria) (บุญชุ่ม ศรีสะอาด 2543) ซึ่งแบ่งคะแนนเป็นช่วงๆ แต่ละช่วงมีความหมายดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.50 – 5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.50 – 4.49 หมายถึง ระดับมาก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.50 – 3.49 หมายถึง ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.50 – 2.49 หมายถึง ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.49 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบโดยการหาค่าความเที่ยงตรงตามโครงสร้างของแบบทดสอบ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้การวิเคราะห์ความยากง่าย การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้แบบทดสอบของKuder & Richardson, (1937) ได้แก่ สถิติที่ใช้ในการหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) สถิติที่ใช้หาค่าความยากง่าย สถิติที่ใช้ในการหาค่าอำนาจจำแนก (D) และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้ t-test Dependent Variables

2. สถิติที่ใช้วิเคราะห์ผลจากแบบประเมินคุณภาพและแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ต่อการจัดการเรียนรู้เรื่องการแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยกระบวนการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุด ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)

ผลการศึกษา

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน วิชา วิทยาศาสตร์ เรื่องการแบ่งเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการใช้กระบวนการเรียนรู้โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบการเคลื่อนที่หยุด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุดการเคลื่อนไหว พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในแต่ละกลุ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ในกลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับ ดีเยี่ยม (3.5–4.00) พบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการเรียนการสอนอยู่ที่ 8.20 คะแนน และหลังการเรียนการสอนเพิ่มขึ้นเป็น 18.00 คะแนน โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงจาก 1.23 เป็น 0.82 สะท้อนให้เห็นถึงพัฒนาการที่ชัดเจนและความสม่ำเสมอในการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มนี้ ในกลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับ ดี (3.00–3.49) คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอยู่ที่ 7.60 และเพิ่มขึ้นเป็น 15.10 หลังการเรียนการสอน นักเรียนที่มีผลการเรียนระดับ พอใช้ (2.50–2.99) คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอยู่ที่ 6.90 และหลังการเรียนการสอนเพิ่มขึ้นเป็น 15.20 โดยมีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในด้านคะแนนเฉลี่ย สำหรับกลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับ ปานกลาง (2.00–2.49) คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอยู่ที่ 6.60 และเพิ่มขึ้นเป็น 14.70 หลังการเรียนการสอน นักเรียนที่มีผลการเรียนระดับ อ่อน (1.50–1.99) พบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอยู่ที่ 5.80 และหลังการเรียนการสอนเพิ่มขึ้นเป็น 14.70 ส่วนนักเรียนที่มีผลการเรียน อ่อนมาก (1.00–1.49) คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอยู่ที่ 6.40 และเพิ่มขึ้นเป็น 13.50 นักเรียนที่มีผลการเรียน ต่ำกว่า 1.00 (ต้องปรับปรุง) คะแนนเฉลี่ยก่อนการเรียนการสอนอยู่ที่ 5.90 และหลังการเรียนการสอนเพิ่มขึ้นเป็น 13.70 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลรวม พบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการเรียนการสอนของนักเรียนทั้งหมดอยู่ที่ 6.77 และหลังการเรียนการสอนเพิ่มขึ้นเป็น 14.99 แสดงถึงการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน วิชา วิทยาศาสตร์ เรื่องการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการใช้กระบวนการเรียนรู้โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบการเคลื่อนที่หยุด

กลุ่ม	การทดสอบ	n	$\bar{x}$	SD	∑D	$\bar{d}$	t
3.5 – 4.00 (ดีเยี่ยม)	ก่อนเรียน	10	8.20	1.23	98	9.80	20.00
	หลังเรียน	10	18.00	0.82			
3.00 – 3.49 (ดี)	ก่อนเรียน	10	7.60	1.17	75	7.50	18.69
	หลังเรียน	10	15.10	1.20			
2.5 – 2.99 (พอใช้)	ก่อนเรียน	10	6.90	1.20	83	8.30	24.78
	หลังเรียน	10	15.2	1.48			
2.00 –2.49 (ปานกลาง)	ก่อนเรียน	10	6.60	1.58	81	8.10	16.81
	หลังเรียน	10	14.70	1.34			
1.50 – 1.99 (อ่อน)	ก่อนเรียน	10	5.80	1.14	89	8.90	14.29
	หลังเรียน	10	14.70	1.42			
1.00 – 1.49 (อ่อนมาก)	ก่อนเรียน	10	6.40	0.97	71	7.10	12.53
	หลังเรียน	10	13.50	1.96			
ต่ำกว่า 1.00 (ต้องปรับปรุง)	ก่อนเรียน	10	5.90	1.20	78	7.80	18.73
	หลังเรียน	10	13.70	1.49			
รวม	ก่อนเรียน	70	6.77	1.43	82	8.20	40.80
	หลังเรียน	70	14.99	1.94			

นอกจากนั้นผู้วิจัยได้ศึกษาผลระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้เรื่องการแบ่งเซลล์ ด้วยกระบวนการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเชียงคำวิทยาคม พบว่า ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจ ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.56, S.D. = 0.55) เมื่อพิจารณาลำดับของค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อยเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่ 4 การเรียนรู้ผ่านการสร้าง stop-motion ทำให้เข้าใจเรื่องการแบ่งเซลล์ได้ดียิ่งขึ้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.68, S.D. = 0.47) รองลงมาคือ ข้อที่ 10 รูปแบบการจัดการเรียนรู้น่าสนใจ เหมาะสมกับเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.65, S.D. = 0.48) และ ข้อที่ 7 รู้สึกมั่นใจในการอธิบายขั้นตอนของการแบ่งเซลล์ (mitosis/meiosis) หลังจากทำ กิจกรรมการเรียนรู้ ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.63, S.D. = 0.56) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้เรื่องการแบ่งเซลล์ ด้วยกระบวนการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเชียงคำวิทยาคม

หัวข้อประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. สนุกและเพลิดเพลินกับการทำกิจกรรม	4.60	0.63	มากที่สุด
2. เนื้อหาเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ซับซ้อนน้อยลงหลังจากทำกิจกรรม	4.33	0.47	มาก
3. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น	4.58	0.50	มากที่สุด
4. การเรียนรู้ผ่านการสร้าง stop-motion ทำให้เข้าใจเรื่องการแบ่งเซลล์ได้ดียิ่งขึ้น	4.68	0.47	มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ความคิด	4.58	0.55	มากที่สุด
6. ทักษะด้านการใช้เทคโนโลยี (ถ่ายภาพ ตัดต่อ) ได้รับการพัฒนา	4.53	0.55	มากที่สุด
7. รู้สึกมั่นใจในการอธิบายขั้นตอนของการแบ่งเซลล์ (mitosis/meiosis) หลังจากทำ กิจกรรมการเรียนรู้	4.63	0.49	มาก
8. ระยะเวลาในการทำกิจกรรมเหมาะสมกับเนื้อหา	4.58	0.59	มากที่สุด
9. มีการวัดผลและประเมินผลที่เหมาะสม	4.45	0.64	มากที่สุด
10. รูปแบการจัดการเรียนรู้น่าสนใจ เหมาะสมกับเนื้อหา	4.65	0.48	มากที่สุด
ภาพรวมของการประเมิน	**4.56**	**0.55**	**มากที่สุด**

วิจารณ์และสรุปผล

ผลการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ด้วยกระบวนการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุดเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเชียงคำวิทยาคม อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา มีประเด็นสำคัญที่ควรนำมาอภิปรายผล ดังต่อไปนี้

1. จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องการแบ่งเซลล์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุดการเคลื่อนไหว (stop-motion animation) พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอยู่ที่ 6.77 คะแนน และหลังเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 14.99 คะแนน แสดงให้เห็นว่าสื่อการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเคลื่อนไหวช่วยส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนในหัวข้อที่มีความซับซ้อน เช่น กระบวนการแบ่งเซลล์ ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ผู้เรียนมักมีความเข้าใจผิดหรือสับสนในลำดับขั้นตอนต่างๆความสำเร็จนี้อาจเกิดจากการที่ภาพเคลื่อนไหวแบบหยุดการเคลื่อนไหวช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นกระบวนการแบ่งเซลล์ในรูปแบบที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Negara (2017) ที่แสดงให้เห็นว่าการใช้สื่อมัลติมีเดียและภาพเคลื่อนไหวในการเรียนรู้เชิงวิทยาศาสตร์ช่วยเพิ่มความเข้าใจและจดจำเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งการที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ซ้ำได้ตามความต้องการในรูปแบบของสื่อภาพเคลื่อนไหวยังช่วยให้เกิดการทบทวนความรู้และเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สอดคล้อง

กับงานวิจัยของ Mayer (2020) ที่ระบุว่าการใช้สื่อที่ผสมผสานทั้งภาพและเสียงในกระบวนการเรียนการสอนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ในเนื้อหาที่ซับซ้อนการที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตินี้จึงแสดงให้เห็นว่าสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ภาพเคลื่อนไหวแบบหยุดการเคลื่อนไหวมีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างการเรียนรู้ และสามารถลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการจดจำลำดับขั้นตอนในกระบวนการแบ่งเซลล์ได้เป็นอย่างดี

2. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้เรื่องการแบ่งเซลล์ด้วยกระบวนการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุด (Stop–Motion Animation) แสดงให้เห็นว่าความพึงพอใจของนักเรียนอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.56, S.D. = 0.55) ซึ่งบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของวิธีการสอนนี้ในการสร้างความสนใจและกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนเมื่อพิจารณารายละเอียดจากตารางที่ 6 พบว่าค่าเฉลี่ยที่สูงที่สุดในด้านการเรียนรู้ผ่านการสร้าง Stop–Motion ช่วยให้เข้าใจเรื่องการแบ่งเซลล์ได้ดียิ่งขึ้น ($\bar{x}$ = 4.68, S.D. = 0.47) แสดงถึงความสำเร็จในการใช้เทคนิคนี้ในการทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจขั้นตอนและกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ได้อย่างชัดเจน การสร้างภาพเคลื่อนไหวช่วยให้เนื้อหาที่ซับซ้อนสามารถสื่อสารได้อย่างเข้าใจง่ายและมีความน่าสนใจ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาอื่น ๆ ที่ระบุว่า การใช้สื่อการเรียนรู้ที่มีความหลากหลายสามารถเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาได้ (López et al., 2020; Zhang et al., 2023) นอกจากนี้ ค่าเฉลี่ยที่สูงในด้านที่รูปแบบการจัดการเรียนรู้น่าสนใจและเหมาะสมกับเนื้อหา ($\bar{x}$ = 4.65, S.D. = 0.48) บ่งบอกถึงความสำคัญของการเลือกใช้สื่อการเรียนรู้ที่ตรงตามความสนใจและความต้องการของนักเรียน การที่นักเรียนรู้สึกว่าสื่อที่ใช้มีความน่าสนใจและเหมาะสม ทำให้พวกเขามีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น ซึ่งส่งผลดีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Meyer et al., 2022) และนักเรียนยังรู้สึกมั่นใจในการอธิบายขั้นตอนของการแบ่งเซลล์ (mitosis/meiosis) หลังจากทำกิจกรรมการเรียนรู้ ($\bar{x}$ = 4.63, S.D. = 0.56) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ภาพเคลื่อนไหวไม่เพียงแต่ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น แต่ยังส่งผลดีต่อการพัฒนาทักษะการสื่อสารและการนำเสนอความรู้ของนักเรียนอีกด้วย (Arias et al., 2021)

โดยรวมแล้ว ผลการวิจัยนี้ยืนยันถึงประสิทธิภาพของการใช้ภาพเคลื่อนไหวแบบหยุดในการจัดการเรียนรู้เรื่องการแบ่งเซลล์ โดยช่วยสร้างความเข้าใจ ความสนใจ และความมั่นใจในการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีคุณภาพในระดับมัธยมศึกษา

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรขยายกลุ่มตัวอย่างไปยังโรงเรียนอื่น ๆ หรือต่างจังหวัดเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน การศึกษาในกลุ่มที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หรือกลุ่มนักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้แตกต่างกัน สามารถให้ข้อมูลที่มีความหลากหลายมากขึ้น
2. ควรมีการศึกษาความแตกต่างระหว่างการเรียนรู้ด้วยภาพเคลื่อนไหวแบบหยุดและวิธีการเรียนรู้แบบดั้งเดิมเพื่อดูว่าแต่ละวิธีมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนในลักษณะใด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยกระบวนการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบหยุด สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณการสนับสนุนของ คณาจารย์ในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และโรงเรียนเชียงคำ จังหวัดพะเยา ที่ให้การสนับสนุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง (References)

บุญเรียง ขจรศิลป์. (2534). **วิธีวิจัยทางการศึกษา.** (พิมพ์ครั้งที่ 3). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา.

ปิยพร สุนทรส. (2564). **การใช้สื่อภาพเคลื่อนไหวเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาชีววิทยา.** วารสารวิทยาศาสตร์ศึกษา, 9(1), 23–31.

สุธิดา พรหมสุทธิ์. (2563). **การวิเคราะห์ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับกระบวนการแบ่งเซลล์ในนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.** วารสารการศึกษาและวิทยาศาสตร์, 12(3), 42–54.

Garcia, R., & Quinn, L. (2022). **Utilizing stop-motion animation to enhance student comprehension of cellular processes.** International Journal of Science Education, 44(6), 865–881. https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1962984

Johnson, R., & Taylor, M. (2020). **Misconceptions in meiosis: A review of student errors in secondary education.** Journal of Biological Education, 54(2), 112–120. https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1635687

Mayer, R. E. (2020). **Multimedia Learning.** Cambridge University Press.

Negara, R. (2017). **The Effect of Static and Animated Multimedia in Learning Cellular Processes.** Journal of Educational Technology, 12(4), 45–55.

Smith, P., Reynolds, T., & Fisher, K. (2021). **Understanding mitosis and meiosis: A longitudinal study of student conceptions and errors.** Cell Biology Education, 20(4), 305–314. https://doi.org/10.1187/cbe.20-04-0060

การพัฒนาข้าวเกรียบเสริมโปรตีนจากแหล่งโปรตีนทางเลือกและโปรตีนจากถั่วลันเตา

Development of protein-enriched crispy chips from alternative protein sources and pea protein

กฤติยา เขื่อนเพชร[1*], สุธีรา วัฒนกุล[1], ชริดา ภาคาทรัพย์[1], รวิพร พลพืช[1] และ ภมรเดช โตวรวิรัตน์[1]

Krittiya Khuenpet[1*], Suteera Vatthanakul[1], Charida Pakasap[1], Rawiporn Polpued[1] and Phamorndech Tovaravirat[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตข้าวเกรียบเสริมโปรตีน โดยทดลองเติมแหล่งโปรตีนทางเลือกจากแมลงและพืช 4 ชนิด ได้แก่ แมงสะดิ้งผง ดักแด้ผง สาหร่ายไกผง และสาหร่ายพวงองุ่นผง ชนิดละร้อยละ 14.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด พบว่าการเติมแมงสะดิ้งผงส่งผลให้ข้าวเกรียบมีการพองตัวอย่างสม่ำเสมอและมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด (ร้อยละ 7.45±0.90) จากนั้นทำการปรับสูตรเพิ่มปริมาณโปรตีนโดยแปรปริมาณแมงสะดิ้งผงที่ร้อยละ 14.5, 17 และ 20 ร่วมกับการเติมโปรตีนจากถั่วลันเตาร้อยละ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด พบว่าข้าวเกรียบที่เพิ่มปริมาณแมงสะดิ้งผงเป็นร้อยละ 17 ร่วมกับโปรตีนจากถั่วลันเตาร้อยละ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น 1.5 เท่า และมีค่าความแข็งไม่แตกต่างกับข้าวเกรียบสูตรที่เติมแมงสะดิ้งร้อยละ 14.5 อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) การใช้น้ำมันที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วินาที เพียงพอต่อการทอดแผ่นข้าวเกรียบดิบที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร โดยผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณโปรตีน 14.20±0.05 กรัม/100 กรัม และมีปริมาณความชื้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวเกรียบ

คำสำคัญ: ข้าวเกรียบ, ดักแด้, แมงสะดิ้ง, สาหร่ายไก, สาหร่ายพวงองุ่น

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จังหวัดปทุมธานี 12120

[1] Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology Thammasat University, Rangsit Centre, Pathum Thani 12120

*Corresponding author : krittiya23@tu.ac.th

Abstract

The objectives of this research were to formulate and develop a production of protein– fortified chips. Four types of alternative protein sources from insects and plants including cricket powder, silkworm pupae powder, Kai algae powder, and sea grapes powder were added in formulas individually at 14.5% of recipe total weight. The results show that the addition of cricket powder in a formula provided the maximum protein content (7.45±0.90 %db). In order to increase more protein content, three level of cricket powder at 14.5, 17 and 20% of recipe total weight were mixed with 5% pea protein of recipe total weight and added in chip formulas. It was found that the developed chips which contained 17% cricket powder and 5% pea protein of recipe total weight had 1.5 times more protein content and the hardness was not significantly different from chips contain 14.5% cricket powder. According to process development, the suitable condition for protein–enriched chips production was to fry 1 mm thickness of raw protein–fortified chips in oil at 180°C for 10 seconds. The final product has protein content of 14.20±0.05 g/100 g and moisture content is in accordance with Thai community product standard for crispy chips products.

Keywords: Crispy chips, Silkworm pupae, Cricket, Kai algae, Sea grapes

บทนำ

ข้าวเกรียบจัดเป็นขนมขบเคี้ยวที่มีลักษณะเป็นแผ่นบาง พอง และกรอบ ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตามข้าวเกรียบมีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมหลัก ทำให้คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบ 100 กรัม จะประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรต 62.8 กรัม และมีโปรตีนเพียง 6.8 กรัม (เพลินใจ, 2546) ทำให้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบ เช่น การเสริมเนื้อปลานิล ปลาดุก และปลาทู เป็นต้น (อดิศรา และณฐมน, 2555; โซเฟีย และคณะ, 2561) ในปัจจุบันจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการแสวงหาแหล่งโปรตีนทางเลือก ซึ่งแมลงและพืชเป็นแหล่งของโปรตีนทางเลือกที่น่าสนใจเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีขั้นตอนการเลี้ยงและขยายพันธุ์ที่ไม่ยุ่งยากและซับซ้อน (สุปาณี, 2550) นอกจากนี้การเกิดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID–19) ทำให้โรงงานฆ่าสัตว์ต้องปิดตัวลงชั่วคราว รวมไปถึงเกิดการกักตุนอาหาร ส่งผลให้เนื้อสัตว์ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งในประเทศสหรัฐอเมริกาเนื้อสัตว์ทางเลือกได้รับความนิยมและมียอดขายกว่า 5.3 ล้านในระยะเวลาเพียง 8 สัปดาห์ (Krungthai compass, 2020) จากสถานการณ์ในปัจจุบันจึงเป็นโอกาสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากแหล่งโปรตีนทางเลือกเพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้นของผู้บริโภค

แหล่งโปรตีนจากแมลงที่น่าสนใจ ได้แก่ แมงสะดิ้ง และดักแด้ ซึ่งแมงสะดิ้งเป็นแมลงชนิดหนึ่งจำพวกจิ้งหรีดนิยมเลี้ยงเพื่อบริโภคเป็นอาหาร เนื่องจากมีโปรตีนสูง (ร้อยละ 59.7 ของน้ำหนักแห้ง) (อรนุช และคณะ, 2561) ในต่างประเทศมีงานวิจัยที่นำโปรตีนจากแมลงจำพวกจิ้งหรีดมาเสริมคุณค่าทางโภชนาการให้แก่อาหาร เช่น ขนมปัง และคุกกี้ เป็นต้น (Terry และคณะ, 2017; Osimani และคณะ, 2018) ดักแด้ เป็นแมลงอีกชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างสูงโดยมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 38.9 ของน้ำหนักแห้ง (อรนุช และคณะ, 2561) และสามารถบริโภคได้หลากหลายรูปแบบ เช่น นำไปคั่ว นึ่ง ต้ม หรือบรรจุกระป๋อง (สุปาณี, 2550) นอกจากนี้ amino acid score หรือค่าที่ใช้ประเมินคุณภาพโปรตีนและปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนของดักแด้มีค่าสูงถึง 100 ซึ่งบ่งบอกว่าโปรตีนจากดักแด้เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพในระดับดีมาก ในขณะที่แมงสะดิ้งมี amino acid score เท่ากับ 68.7 ซึ่งมีค่า

มากกว่า amino acid score ของแมลงกินได้อย่างตั๊กแตน ตัวอ่อนของต่อ แมลงกินูน และแมลงป่อง ดังนั้นจึงคัดเลือกใช้แหล่งโปรตีนจากแมงสะดิ้ง และจิ้งหรีด เนื่องจากมีคุณภาพของโปรตีนอยู่ในระดับดีถึงดีมาก (Chongchaithet, 2004)

สำหรับแหล่งโปรตีนจากพืชที่น่าสนใจ ได้แก่ สาหร่ายไก ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 20.6 ของน้ำหนักแห้ง (กัญญา และคณะ, 2550) มีหลายงานวิจัยที่นำสาหร่ายไกมาแปรรูปหรือนำมาเสริมคุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น นำมาแปรรูปเป็นสาหร่ายไกแผ่น หรือนำสาหร่ายไกมาเสริมโปรตีนในคุกกี้ และเยลลี่ เป็นต้น (ชรินรัตน์, 2552; Steinrut และ Poonpol, 2016) สาหร่ายพวงองุ่น เป็นสาหร่ายทะเลสีเขียว (green algae) หรือมีชื่อสามัญว่า Sea Grapes หรือ Green caviar เนื่องจากมีเม็ดกลมและเป็นช่อคล้ายพวงองุ่นหรือคล้ายไข่ปลาคาเวียร์ สาหร่ายพวงองุ่นมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 12.49 ของน้ำหนักแห้ง และมีหลายงานวิจัยนำสาหร่ายพวงองุ่นมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น ปลายอ และชาสมุนไพร (สถิตพงษ์, 2560; พิชญอร และวิชมณี, 2563)

โปรตีนจากถั่วลันเตา หรือ pea protein เป็นโปรตีนจากพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดย pea protein จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ pea protein isolate มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 80 และ pea protein concentrate มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 47 (Johanna, 2013) โปรตีนจากถั่วลันเตาสามารถย่อยได้ง่าย และพบสารก่อภูมิแพ้น้อยกว่าโปรตีนจากพืชชนิดอื่น เช่น โปรตีนถั่วเหลือง (Lu และคณะ, 2019) อย่างไรก็ตามโปรตีนจากถั่วลันเตามีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นถั่ว กลิ่นเหม็นเขียว กลิ่นหญ้า รวมไปถึงกลิ่นเหม็นหืน (Youssef และคณะ, 2020) ด้วยเหตุนี้โปรตีนจากถั่วลันเตาจึงมีข้อจำกัดในการนำไปใช้ในปริมาณสูง เนื่องจากกลิ่นเหล่านี้อาจส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

สภาวะในการผลิตข้าวเกรียบเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของข้าวเกรียบ โดยในขั้นตอนการทอดหากข้าวเกรียบมีความหนาเกินไปจะส่งผลให้ข้าวเกรียบเกิดการพองตัวได้น้อย และหากข้าวเกรียบมีความหนาน้อยเกินไป จะทำให้ข้าวเกรียบเกิดการไหม้ได้ง่าย (ลักษณา และคณะ, 2556) นอกจากนี้หากอุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดต่ำเกินไปจะส่งผลให้ข้าวเกรียบไม่สามารถเกิดการพองตัว เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำมันไม่สูงพอที่จะทำให้น้ำกลายเป็นไอได้อย่างรวดเร็ว และยังส่งผลให้ข้าวเกรียบทอดที่ได้มีลักษณะอมน้ำมันซึ่งเป็นลักษณะของข้าวเกรียบที่มีคุณภาพไม่ดี (เพลินใจ, 2546)

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้แหล่งโปรตีนทางเลือกจากแมลงและพืชต่อคุณภาพของข้าวเกรียบ
2. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบเสริมโปรตีนทางเลือก

วิธีวิทยาการวิจัย

วัตถุดิบ

แป้งมันสำปะหลัง ยี่ห้อปลามังกร เกลือป่น ยี่ห้อปรุงทิพย์ พริกไทยป่น ยี่ห้อไร่ทิพย์ จาก บริษัทไร่ธัญญะจำกัด กระเทียม จากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี น้ำตาลทราย ยี่ห้อมิตรผล บริษัทน้ำตาลมิตรผล จำกัด แมงสะดิ้งและดักแด้แช่แข็ง ตราขวัญใจฟาร์มจิ้งหรีด บริษัทแลนฟาร์มฮัก จำกัด จังหวัดพิษณุโลก สาหร่ายไกสด จากกลุ่มแปรรูปอาหารจากสาหร่ายน้ำจืด จังหวัดน่าน สาหร่ายพวงองุ่นสด จากฟาร์มสาหร่ายพวงองุ่น บ้านทะเลมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร โปรตีนจากถั่วลันเตา (pea protein isolate; ปริมาณโปรตีนร้อยละ 82$\pm$2 ของน้ำหนักแห้ง) จากบริษัท Emsland Group

การเตรียมวัตถุดิบ

นำแมงสะดิ้ง ดักแด้ สาหร่ายไก และสาหร่ายพวงองุ่น มาอบแห้งในตู้อบลมร้อนแบบถาด (ยี่ห้อ PML tray dryer รุ่น CD-1 ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง จนกระทั่งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 8$\pm$1 นำมาบดเป็นผงละเอียดโดยใช้เครื่องบดอาหารที่ความเร็วต่ำ และร่อนผ่านตะแกรงร่อนแป้งขนาด 40 เมช เก็บผงตัวอย่างรักษาในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์เพื่อรอการนำไปใช้งาน

การเตรียมข้าวเกรียบ

นำแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 70 มาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน นำส่วนแรกมาผสมกับน้ำร้อนร้อยละ 13 เพื่อให้แป้งสุกบางส่วน จากนั้นนำส่วนผสมที่เหลือ ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังอีกครึ่งหนึ่ง น้ำตาลทรายร้อยละ 4.5 เกลือร้อยละ 2 พริกไทยร้อยละ 2 กระเทียมร้อยละ 6.5 และโมโนโซเดียมกลูตาเมตร้อยละ 2 นวดผสมเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นปั้นเป็นแท่งขนาด 100 กรัม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4 เซนติเมตร และยาวประมาณ 10 เซนติเมตร นำไปนึ่งในลังถึงที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง และนำแท่งข้าวเกรียบนึ่งไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นหั่นเป็นแผ่นบาง และอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำข้าวเกรียบดิบไปทอดในน้ำมันอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-10 วินาที ได้เป็นข้าวเกรียบทอดพร้อมรับประทาน (ดัดแปลงจาก อดิศรา และณฐมน, 2555)

คัดเลือกชนิดของแหล่งโปรตีนทางเลือกที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น พบว่าข้าวเกรียบทั่วไปมักมีปริมาณโปรตีนอยู่ที่ประมาณร้อยละ 10-16 ขณะที่ข้าวเกรียบเสริมโปรตีนจะมีการเพิ่มปริมาณโปรตีนให้สูงขึ้น โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 20-40 (Gangola และคณะ, 2022) นอกจากนี้ ข้าวเกรียบกุ้งทางการค้ามักเติมผงกุ้งในปริมาณร้อยละ 14 เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยไม่กระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ความกรอบและการพองตัวหลังการทอด จากการทดลองเบื้องต้นโดยผสมแหล่งโปรตีน ในปริมาณร้อยละ 29 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด พบว่าข้าวเกรียบมีลักษณะเหนียว ไม่พองตัวอย่างเหมาะสมหลังการทอด ซึ่งอาจเกิดจากการเติมแหล่งโปรตีนในปริมาณที่สูงเกินไป ทำให้โครงสร้างของข้าวเกรียบไม่สามารถพองตัวได้ดี จึงได้ปรับลดปริมาณแหล่งโปรตีนลงเหลือร้อยละ 14.5 ซึ่งเป็นระดับเริ่มต้นในการเสริมโปรตีน ทำการทดลองผลิตข้าวเกรียบ 4 สูตร โดยใช้แหล่งโปรตีนจากแมลง ได้แก่ แมงสะดิ้งผง และดักแด้ผง แหล่งโปรตีนจากพืช ได้แก่ สาหร่ายไกผง และสาหร่ายพวงองุ่นผง ปริมาณร้อยละ 14.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด นำข้าวเกรียบที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิประมาณ 180 องศาเซลเซียส 10 วินาที ไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพ และเคมี

พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมโปรตีน

พัฒนาสูตรข้าวเกรียบเสริมโปรตีน โดยทำการทดลองเพิ่มปริมาณแหล่งโปรตีน 3 ระดับร่วมกับการใช้โปรตีนจากถั่วลันเตาที่ร้อยละ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด จากนั้นนำข้าวเกรียบที่ผ่านการทอดไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพ และเคมี

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบเสริมโปรตีน

ศึกษาสภาวะในการผลิต 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ ได้แก่ ความหนาของข้าวเกรียบดิบก่อนทอด 1 และ 2 มิลลิเมตร อุณหภูมิในการทอด 180 และ 200 องศาเซลเซียส และเวลาในการทอด 10 และ 15 วินาที จากนั้นนำข้าวเกรียบที่ผ่านการทอดไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพ และเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

1. วัดค่าสี (L*,a*,b*) ด้วยเครื่องวัดสี (ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น CX2687 ประเทศสหรัฐอเมริกา)
2. ปริมาณความชื้น ด้วยวิธี AOAC method 934.01 (2000)
3. ปริมาณน้ำอิสระ ด้วยเครื่องวัด Water activity (ยี่ห้อ AQUA LAB รุ่น CX2 ประเทศสหรัฐอเมริกา)
4. วัดค่าความแข็ง (hardness) ด้วยเครื่อง texture analyzer (ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA.XT2 ประเทศอังกฤษ) ตามวิธีของ Suwimon และคณะ (2007)
5. ปริมาณโปรตีน (AOAC method 991.20, 2000)
6. องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สุดท้าย วิเคราะห์โดย สถาบันอาหาร ได้แก่ ปริมาณความชื้น (AOAC, 2016) คาร์โบไฮเดรตและพลังงานทั้งหมด ด้วยวิธี Method of analysis for nutrition labelling (1993) ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณเส้นใย ปริมาณโซเดียม และปริมาณเถ้า ด้วยวิธี AOAC (2016)

การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

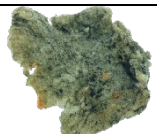
การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวเกรียบใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) โดยทุกขั้นตอนทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำผลการทดลองไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการศึกษา

คัดเลือกชนิดของแหล่งโปรตีนทางเลือกที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ

คัดเลือกชนิดของโปรตีน ได้แก่ แมงสะดิ้งผง ดักแด้ผง สาหร่ายไกผง สาหร่ายพวงองุ่นผง โดยทดลองเติมลงในข้าวเกรียบร้อยละ 14.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ลักษณะปรากฏและค่าสี (L*,a*,b*) ของข้าวเกรียบที่เติมแหล่งโปรตีนที่แตกต่างกัน 4 ชนิดแสดงดังตารางที่ 1 จากผลการทดลองพบว่าข้าวเกรียบที่เติมแหล่งโปรตีนจากแมลง ได้แก่ แมงสะดิ้งผงและดักแด้ผงจะมีลักษณะสีเหลืองน้ำตาล โดยจะมีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 47.73–53.90, 7.95–9.19 และ 17.04–28.51 ในขณะที่ข้าวเกรียบที่เติมแหล่งโปรตีนจากพืช ได้แก่ สาหร่ายไกผง และสาหร่ายพวงองุ่นผง จะมีลักษณะออกไปทางสีเขียวถึงเขียวเข้ม โดยจะมีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 31.91–44.39, 4.38–16.34 และ 2.87–19.42 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ลักษณะปรากฏและค่าสี (L*,a*,b*) ของข้าวเกรียบที่เติมแหล่งโปรตีนที่แตกต่างกัน 4 ชนิด

ตัวอย่าง / ค่าสี	แมงสะดิ้งผง	ดักแด้ผง	สาหร่ายไกผง	สาหร่ายพวงองุ่นผง
				
L*	$47.73^{b} \pm 0.36$	$53.90^{a} \pm 0.21$	$31.91^{d} \pm 0.08$	$44.39^{c} \pm 0.52$
a*	$9.19^{b} \pm 0.02$	$7.95^{c} \pm 0.31$	$4.38^{d} \pm 0.09$	$16.34^{a} \pm 0.13$
b*	$17.04^{c} \pm 0.30$	$28.51^{a} \pm 0.23$	$2.87^{d} \pm 0.22$	$19.42^{b} \pm 0.18$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าความแข็ง และปริมาณโปรตีนของข้าวเกรียบที่เติมแหล่งโปรตีนที่แตกต่างกัน 4 ชนิด พบว่าข้าวเกรียบทอดที่เติมแหล่งโปรตีนทั้ง 4 ชนิดมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.47–1.84 ของน้ำหนักแห้ง ข้าวเกรียบทอดที่เติมแหล่งโปรตีนจากพืชมีปริมาณน้ำอิสระสูงกว่าข้าวเกรียบทอดที่เติมโปรตีนจากแมลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ข้าวเกรียบทอดที่เติมสาหร่ายพวงองุ่นผงมีค่าความแข็งสูงที่สุด (7.60 ± 7.47 kg_{force}) ในขณะที่ข้าวเกรียบทอดที่เติมดักแด้ผงมีค่าความแข็งน้อยที่สุด (1.02 ± 0.15 kg_{force}) โดยข้าวเกรียบทอดที่เติมแมงสะดิ้งผงมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด รองลงมาคือข้าวเกรียบทอดที่เสริมดักแด้ผง สาหร่ายไกผง และสาหร่ายพวงองุ่นผง ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าความแข็ง และปริมาณโปรตีนของข้าวเกรียบที่เติมแหล่งโปรตีนที่แตกต่างกัน 4 ชนิด

สูตร	ปริมาณความชื้น^{ns} (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ	ค่าความแข็ง (kg_{force})	ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)
แมงสะดิ้งผง	1.84 ± 0.10	$0.402^{b}\pm0.008$	$1.30^{c}\pm0.39$	$7.45^{a}\pm0.90$
ดักแด้ผง	1.55 ± 0.23	$0.400^{b}\pm0.037$	$1.02^{c}\pm0.15$	$6.61^{a}\pm0.18$
สาหร่ายไกผง	1.49 ± 0.10	$0.440^{ab}\pm0.031$	$5.47^{b}\pm4.41$	$4.95^{b}\pm1.04$
สาหร่ายพวงองุ่นผง	1.47 ± 0.65	$0.455^{a}\pm0.004$	$7.60^{a}\pm7.47$	$1.52^{c}\pm0.07$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)
ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมแหล่งโปรตีนทางเลือกร่วมกับโปรตีนจากถั่วลันเตา

พัฒนาสูตรข้าวเกรียบเสริมโปรตีนโดยทดลองใช้โปรตีนถั่วลันเตา (pea protein isolate) ซึ่งเป็นอาหารทางเลือกที่มีโปรตีนทัดเทียมกับการรับประทานโปรตีนจากสัตว์ (Johanna, 2013) มีไขมันต่ำ ใยอาหารสูง และเป็นแหล่งของกรดอะมิโนจำเป็น ได้แก่ อาร์จีนีน ไลซีน และกลูตามิก (Puchaiwattananon, 2020) อย่างไรก็ตาม pea protein isolate มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ การใส่โปรตีนถั่วลันเตาในปริมาณที่สูงกว่าร้อยละ 5 จะส่งผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัส (Youssef และคณะ, 2020) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงทำการพัฒนาสูตรข้าวเกรียบโดยแปรปริมาณแมงสะดิ้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 14.5, 17 และ 20 และเสริมด้วยโปรตีนจากถั่วลันเตาสูตรละร้อยละ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ลักษณะปรากฏและค่าสี (L*,a*,b*) ของข้าวเกรียบที่เสริมโปรตีนจากถั่วลันเตาร่วมกับการเติมแมงสะดิ้งผงที่ระดับแตกต่างกันแสดงดังตารางที่ 3 จากผลการทดลองพบว่าปริมาณแมงสะดิ้งผงที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อค่าสีแดง (a*) อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เมื่อปริมาณแมงสะดิ้งผงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3 ลักษณะปรากฏและค่าสี (L*,a*,b*) ของข้าวเกรียบที่เสริมโปรตีนจากถั่วลันเตาร่วมกับการเติมแมงสะดิ้งผงที่ระดับแตกต่างกัน

แมงสะดิ้งผง (ร้อยละ) / ค่าสี	14.5	17	20
			
L*	49.61^{a}±0.21	46.54^{b}±0.19	43.69^{c}±0.17
a* ^{ns}	5.15±0.06	5.18±0.26	5.25±0.10
b*	20.69^{c}±0.24	21.53^{b}±0.05	25.04^{a}±0.63

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าความแข็ง และปริมาณโปรตีนของข้าวเกรียบที่เสริมโปรตีนจากถั่วลันเตาและเติมแมงสะดิ้งผงในระดับต่าง ๆ จากการทดลองพบว่า ปริมาณแมงสะดิ้งผงที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตาม การเพิ่มแมงสะดิ้งผงทำให้ปริมาณน้ำอิสระ ค่าความแข็ง และปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากการศึกษาพบว่า การเพิ่มแมงสะดิ้งผงจากร้อยละ 14.5 เป็น 17 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด และเสริมโปรตีนถั่วลันเตาร้อยละ 5 ทำให้ข้าวเกรียบยังคงพองตัวได้ดี และค่าความแข็ง (hardness) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับสูตรที่เติมแมงสะดิ้งร้อยละ 14.5 ($p > 0.05$) นอกจากนี้ การเพิ่มแมงสะดิ้งเป็นร้อยละ 17 และเสริมโปรตีนถั่วลันเตาร้อยละ 5 ยังช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนของข้าวเกรียบประมาณ 1.5 เท่า ดังนั้น จึงเลือกสูตรนี้ไปศึกษาสภาวะในการผลิตต่อไป

ทั้งนี้ ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบที่ได้ทั้งหมดมีค่าสูงกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวเกรียบ (มผช.) ซึ่งกำหนดไม่เกินร้อยละ 4 โดยค่าความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 5.15–5.25 ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานกำหนด ปัญหานี้อาจเกิดจากความชื้นสูงในข้าวเกรียบดิบ ทำให้การทอดไม่สามารถลดความชื้นได้ต่ำพอ อีกทั้งการเติมโปรตีนจากแมงสะดิ้งและถั่วลันเตาอาจส่งผลต่อโครงสร้างของแป้ง ทำให้ข้าวเกรียบไม่พองตัวดีหลังการทอด ดังนั้น จึงนำไปสู่การทดลองเพิ่มเติม เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบ โดยจะศึกษาเกี่ยวกับความหนาของแผ่นข้าวเกรียบดิบ อุณหภูมิ และระยะเวลาในการทอด

ตารางที่ 4 ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าความแข็ง และปริมาณโปรตีนของข้าวเกรียบที่เสริมโปรตีนจากถั่วลันเตาร่วมกับการเติมแมงสะดิ้งผงที่ระดับแตกต่างกัน

แมงสะดิ้งผง (ร้อยละ)	ปริมาณความชื้น^{ns} (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ	ค่าความแข็ง (kg_{force})	ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)
14.5	5.15±0.06	0.425^{b}+0.005	1.68^{a}±0.26	8.27^{b}±1.52
17	5.18±0.26	0.440^{a}+0.004	1.92^{a}±0.83	11.48^{ab}±0.77
20	5.25±0.10	0.432^{b}+0.002	2.33^{b}±0.58	13.45^{a}±0.89

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบเสริมโปรตีน

นำข้าวเกรียบสูตรที่ได้จากการทดลองที่ 2 ได้แก่ ข้าวเกรียบสูตรที่เติมแมงสะดิ้งร้อยละ 17 และโปรตีนจากถั่วลันเตาร้อยละ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดมาศึกษาสภาวะในการผลิต พบว่าข้าวเกรียบที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร ที่สภาวะการทอดที่ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 และ 15 วินาที และที่สภาวะการทอดที่ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วินาที มีค่าความ สว่าง (L*) อยู่ในช่วง 36.68 – 38.68 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าความสว่าง (L*) ของข้าวเกรียบในสภาวะอื่นๆ ที่จะมีค่า อยู่ในช่วง 41.78 – 46.33 สอดคล้องกับภาพถ่ายของข้าวเกรียบ ซึ่งเห็นได้ว่าข้าวเกรียบทั้ง 3 สภาวะดังกล่าวมีสีออกน้ำตาลเข้ม ในขณะที่ข้าวเกรียบในสภาวะอื่นๆ มีลักษณะพองและมีสีเหลืองน้ำตาล (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ลักษณะปรากฏและค่าสี (L*,a*,b*) ของข้าวเกรียบเสริมโปรตีนจากถั่วลันเตาร่วมกับผงแมงสะดิ้งที่ผลิตในสภาวะที่แตกต่างกัน

สภาวะในการผลิต	ลักษณะปรากฏ	L*	a*	b*
1mm180°C10s		$41.98^{d}\pm0.08$	$6.77^{b}\pm0.02$	$21.49^{ab}\pm0.20$
1mm180°C15s		$41.78^{d}\pm0.01$	$7.67^{a}\pm0.12$	$23.45^{a}\pm4.91$
1mm200°C10s		$43.76^{c}\pm0.42$	$5.08^{f}\pm0.03$	$16.85^{cd}\pm0.20$
1mm200°C15s		$44.63^{b}\pm0.01$	$5.98^{e}\pm0.07$	$19.19^{bc}\pm0.20$
2mm180°C10s		$36.68^{g}\pm0.36$	$6.46^{c}\pm0.10$	$21.77^{ab}\pm0.35$
2mm180°C15s		$37.08^{f}\pm0.15$	$6.32^{d}\pm0.06$	$20.97^{ab}\pm0.09$
2mm200°C10s		$38.68^{e}\pm0.13$	$4.15^{g}\pm0.07$	$15.89^{d}\pm0.08$
2mm200°C15s		$46.33^{a}\pm0.08$	$3.89^{h}\pm0.02$	$15.31^{d}\pm0.07$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)
mm หมายถึง มิลลิเมตร °C หมายถึง องศาเซลเซียส s หมายถึง วินาที

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และค่าความแข็งของข้าวเกรียบแมงสะดิ้งผสมโปรตีนจากถั่วลันเตาหลังทอด จากผลการทดลองพบว่าข้าวเกรียบทุกทรีทเมนต์ที่มีสภาวะในการผลิตที่แตกต่างกันมีปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และค่าความแข็งอยู่ในช่วงร้อยละ 1.50–1.78, 0.325–0.366 และ 0.92–13.34 kg_{force} ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าความแข็ง และปริมาณโปรตีนของข้าวเกรียบเสริมโปรตีนจากถั่วลันเตาร่วมกับผงแมงสะดิ้งที่ผลิตในสภาวะที่แตกต่างกัน

สภาวะในการผลิต	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ	ค่าความแข็ง (kg_{force})
1mm180°C10s	$1.78^{a}\pm0.08$	$0.366^{a}\pm0.001$	$0.92^{c}\pm0.49$
1mm180°C15s	$1.58^{cd}\pm0.21$	$0.347^{c}\pm0.003$	$3.74^{bc}\pm4.91$
1mm200°C10s	1.50^{d} 0.05	$0.365^{a}\pm0.001$	$0.93^{c}\pm0.22$
1mm200°C15s	$1.72^{ab}\pm0.02$	$0.333^{d}\pm0.003$	$1.36^{c}\pm1.66$
2mm180°C10s	$1.69^{ab}\pm0.03$	$0.325^{d}\pm0.002$	$13.34^{a}\pm11.02$
2mm180°C15s	$1.65^{bc}\pm0.02$	$0.349^{bc}\pm0.007$	$10.67^{a}\pm9.12$
2mm200°C10s	$1.54^{d}\pm0.42$	$0.356^{b}\pm0.003$	$8.56^{ab}\pm10.57$
2mm200°C15s	$1.65^{bc}\pm0.01$	$0.326^{d}\pm0.010$	$3.46^{bc}\pm2.03$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)
mm หมายถึง มิลลิเมตร °C หมายถึง องศาเซลเซียส s หมายถึง วินาที

องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ข้าวเกรียบแมงสะดิ้งผสมโปรตีนจากถั่วลันเตา 100 กรัม ให้พลังงาน 450 กิโลแคลอรี่ โดยผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้น 2.82 กรัม โปรตีน 14.2 กรัม คาร์โบไฮเดรต 60.6 กรัม ไขมัน 16.8 กรัม เส้นใย 1.9 กรัม เถ้า 5.57 กรัม และโซเดียม 1,872 มิลลิกรัม

สรุปผลและอธิปรายผล

คัดเลือกชนิดของแหล่งโปรตีนทางเลือกที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ

ข้าวเกรียบที่เติมแมงสะดิ้งผงและดักแด้ผงจะมีสีเหลืองน้ำตาล เนื่องจากรงควัตถุส่วนใหญ่ที่พบในแมงสะดิ้งและดักแด้คือเมลานิน ซึ่งจะให้สีออกเหลืองน้ำตาลไปจนถึงสีดำ (Chatsuwan และคณะ, 2018) ในขณะที่ข้าวเกรียบที่เติมสาหร่ายไกผงและสาหร่ายพวงองุ่นผงมีสีเขียวเข้มปนน้ำตาล เนื่องจากในสาหร่ายจะประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีเขียว เมื่อคลอโรฟิลล์ได้รับความร้อนจะทำให้โครงสร้างเปลี่ยนแปลง โดยอะตอมแมกนีเซียมที่อยู่ตรงกลางวงแหวนพอร์ไพรินจะหลุดออกและถูกแทนที่ด้วยอะตอมของไฮโดรเจน ทำให้สีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเขียวมะกอกไปจนถึงสีเขียวอมน้ำตาล (วิชมณี และพิชญอร, 2562) ดังนั้นการใช้ผงแมลงและสาหร่ายมาเป็นวัตถุดิบทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบหลักจะมีสีของผลิตภัณฑ์สุดท้ายตามวัตถุดิบแหล่งโปรตีนที่ใช้ (Gustafson, 2016)

ข้าวเกรียบทอดที่ใช้สาหร่ายไกผง และสาหร่ายพวงองุ่นผง มีปริมาณน้ำอิสระสูงกว่าข้าวเกรียบที่ใช้แมงสะดิ้งผง และดักแด้ผง เนื่องจากโครงสร้างผนังเซลล์ของสาหร่ายไกและสาหร่ายพวงองุ่นมี cellulose เป็นองค์ประกอบ (Steinrut และ Poonpol, 2016; พิชญอร และวิชมณี, 2563) ซึ่งเป็นเส้นใยชนิดไม่ละลายน้ำที่มีคุณสมบัติในการจับน้ำได้ดี (หยาดฝน, 2558) และองค์ประกอบส่วนใหญ่ของแมลงเป็นโปรตีน และไม่มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่สามารถจับน้ำได้ (González และคณะ, 2019) จึงส่งผลให้ข้าวเกรียบทอดที่มีส่วนผสมของแหล่งโปรตีนจากพืชมี

ปริมาณน้ำอิสระมากกว่าข้าวเกรียบทอดที่มีส่วนผสมของแหล่งโปรตีนจากแมลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ในสาหร่ายไกและสาหร่ายพวงองุ่นมีปริมาณเส้นใยประมาณร้อยละ 21.20 และ 17.5 (เมธัส, 2557; du Preez, 2020) ซึ่งเส้นใยเหล่านี้สามารถขัดขวางการเกิดโพรงอากาศและรูพรุนในโครงสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก (วราศรี และคณะ, 2561) ส่งผลให้ข้าวเกรียบทอดที่เติมสาหร่ายไกผงและสาหร่ายพวงองุ่นผงมีค่าความแข็ง (hardness) สูงกว่าข้าวเกรียบที่มีแมงสะดิ้งผงและดักแด้ผงเป็นส่วนประกอบอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน พบว่าข้าวเกรียบสูตรแมงสะดิ้งมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 7.45 ± 0.90 รองลงมาคือข้าวเกรียบสูตรดักแด้ที่มีปริมาณโปรตีนเท่ากับร้อยละ 6.61 ± 0.18 ตามด้วยข้าวเกรียบสูตรสาหร่ายไกที่มีปริมาณโปรตีนเท่ากับร้อยละ 4.95 ± 1.04 ข้าวเกรียบสูตรสาหร่ายพวงองุ่นมีปริมาณโปรตีนต่ำที่สุด (ร้อยละ 1.52 ± 0.07)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เส้นใยของสาหร่ายไกและสาหร่ายพวงองุ่นทำให้ข้าวเกรียบพองตัวได้อย่างไม่สม่ำเสมอ (Lekjing และคณะ, 2019) ซึ่งการพองตัวไม่สม่ำเสมอเป็นลักษณะของข้าวเกรียบที่มีคุณภาพต่ำ (เพลินใจ, 2546) และส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับค่าความแข็งของข้าวเกรียบ (ตารางที่ 2) ข้าวเกรียบสูตรสาหร่ายไก และสาหร่ายพวงองุ่นมีค่าความแข็งสูงถึง 5.47 ± 4.41 และ 7.60 ± 7.47 kg_{force} ตามลำดับ ดังนั้นจึงคัดเลือกข้าวเกรียบสูตรแมงสะดิ้งในการพัฒนาต่อไปเนื่องจากมีการพองตัวที่สม่ำเสมอและมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด (ร้อยละ 7.45 ± 0.90)

พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมแหล่งโปรตีนทางเลือกร่วมกับโปรตีนจากถั่วลันเตา

เมื่อปริมาณแมงสะดิ้งผงเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) ของผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องจากสีของแมงสะดิ้งผงมีสีน้ำตาลเข้ม และการเติมแมงสะดิ้งทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และโปรตีนส่งผลให้เกิดสีน้ำตาล ซึ่งค่าความสว่างที่มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4) นอกจากนี้การเติมโปรตีนจากถั่วลันเตาก็ส่งผลให้เกิด ปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้เช่นกัน เนื่องจากโปรตีนจากถั่วลันเตาที่นำมาใช้มีโปรตีนประมาณ 82 กรัมต่อ 100 กรัม อาจส่งเสริมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suriya และคณะ (2011) ที่รายงานว่าการเพิ่มปริมาณถั่วแปจ่อส่งผลให้ข้าวเกรียบมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างของข้าวเกรียบมีแนวโน้มลดลง

การเพิ่มปริมาณแมงสะดิ้งผงไม่ส่งผลต่อปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณแมงสะดิ้งผงส่งผลให้ค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างแป้งและโปรตีนจากแมลงซึ่งจะไปจำกัดการพองตัวของแป้ง (Bravo-Núñez และคณะ, 2019) โดยโปรตีนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจาก fold เป็น unfold และล้อมรอบเม็ดแป้งทำให้เม็ดแป้งสามารถดูดน้ำได้ลดลง ส่งผลให้ลดเกิดการเจลาติไนเซชันและแป้งพองตัวได้น้อยลง (สิงหนาท และคณะ, 2549) ข้าวเกรียบจึงมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น การเติมโปรตีนจากถั่วลันเตาร้อยละ 5 ของน้ำหนักทั้งหมดร่วมกับแมลงผง ส่งผลให้ข้าวเกรียบที่เติมแมงสะดิ้งผงที่ร้อยละ 14.5 ของน้ำหนักทั้งหมดมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 7.45 ± 0.90 (ตารางที่ 2) เป็นร้อยละ 8.27+1.52 และเมื่อเพิ่มปริมาณแมงสะดิ้งผงเป็นร้อยละ 17 และ 20 ในข้าวเกรียบแมงสะดิ้งผสมโปรตีนจากถั่วลันเตา ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 11.48 ± 0.77 และ 13.45 ± 0.89 ตามลำดับ

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบเสริมโปรตีน

ข้าวเกรียบทุกทรีทเมนต์ที่ผลิตในสภาวะที่แตกต่างกันมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.50–1.78 และมีปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.325 – 0.366 ค่าความแข็งของข้าวเกรียบที่ความหนา 2 มิลลิเมตร ที่สภาวะการทอดที่ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 และ 15 วินาที และที่สภาวะการทอดที่ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วินาที มีค่า

มากกว่าข้าวเกรียบที่ผลิตในสภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องมาจากข้าวเกรียบที่ผ่านกระบวนการผลิตใน 3 สภาวะนี้ มีลักษณะไม่พองตัวหลังจากผ่านการทอด ส่งผลให้ข้าวเกรียบมีลักษณะอมน้ำมัน (เพลินใจ, 2546)

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการทอด 10 วินาที ก็เพียงพอสำหรับทอดแผ่นข้าวเกรียบดิบหนา 1 มิลลิเมตร โดยมีการพองตัวสม่ำเสมอและไม่อมน้ำมัน อย่างไรก็ตาม หากเพิ่มความหนาของแผ่นข้าวเกรียบดิบเป็น 2 มิลลิเมตร จะต้องใช้น้ำมันอุณหภูมิสูงถึง 200 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการทอดนาน 15 วินาที จึงจะเพียงพอในการทำให้ข้าวเกรียบเกิดการพองตัวทั่วทั้งชิ้น และไม่อมน้ำมัน

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบแมงสะดิ้งผสมโปรตีนจากถั่วลันเตามีปริมาณความชื้นเท่ากับ 2.82 ± 0.05 กรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานชุมชนของข้าวเกรียบ (มผช.107/2554) ที่กำหนดให้ข้าวเกรียบพร้อมรับประทานต้องมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 4 (Ministry of Industry, 2011) ปริมาณโปรตีนมีค่าเท่ากับ 14.2 ± 0.05 กรัมต่อ 100 กรัม เมื่อเทียบกับข้าวเกรียบที่มีเนื้อสัตว์เป็นส่วนผสม พบว่า ข้าวเกรียบปลาดุกที่มีปริมาณเนื้อปลาดุก ร้อยละ 60 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ใน 100 กรัม จะมีปริมาณโปรตีน 7.7 กรัม (Osiriphun และ Chitmanee, 2002) และข้าวเกรียบเสริมโปรตีนจากถั่วลิสงพร่องไขมันและถั่วลิสงไขมันเต็มชนิดละ 20% พบว่าผลิตภัณฑ์ 100 กรัมมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 12.01 และ 10.93 กรัม ตามลำดับ (สมชาย และคณะ, 2534) นอกจากนี้ในข้าวเกรียบแมงสะดิ้งผสมโปรตีนจากถั่วลันเตา 100 กรัม ให้พลังงาน 450 กิโลแคลอรี่ และมีคาร์โบไฮเดรต 60.6 กรัม ไขมัน 16.8 กรัม เส้นใย 1.9 กรัม เถ้า 5.57 กรัม และโซเดียม 1,872 มิลลิกรัม จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าข้าวเกรียบแมงสะดิ้งผสมโปรตีนจากถั่วลันเตาให้ปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ 100 กรัม สูงกว่าการใช้โปรตีนจากสัตว์หรือถั่วชนิดต่างๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Payne และคณะ (2015) พบว่าโปรตีนที่พบในแมงสะดิ้งหรือจิ้งหรีด มีปริมาณมากกว่าโปรตีนที่พบในเนื้อสัตว์ ได้แก่ เนื้อหมู เนื้อวัว และเนื้อไก่ ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแมลงเป็นแหล่งโปรตีนที่สามารถนำมาแปรรูปเพื่อใช้ในการเสริมคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหารได้

เอกสารอ้างอิง

กัญญา สุจริตวงศานนท์ สมจิต อ่อนเหม ช่อลัดดา เที่ยงพุก และยุวดี พีรพรไพศาล. (2550). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์พิมพ์กรอบสาหร่ายไก.** วารสารอาหาร, 37(3), 249–258.

ชรินรัตน์ อุดเมืองคำ. (2552). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสาหร่ายไก.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท). มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ.

โชเฟีย เมฆารัฐ รอมลี เจะดอเลาะ รักชนก ภูวพัฒน์ และอาสลัน หิเล. (2561). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่สูตรข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบดาวอินคา.** วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, ปีที่ 11 ฉบับที่ 1, หน้า 125–134.

พิชญอร ไหมสุทธิกุล และวิชมณี ยืนยงพุทธกาล. (2563). **ผลของการลดความเค็มต่อสมบัติทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่น.** วารสารวิจัย, ปีที่ 13 ฉบับที่ 1, หน้า 92–101.

เพลินใจ ตั้งคณะกุล. (2546). **การทำข้าวเกรียบเป็นผลิตภัณฑ์คุณภาพ.** วารสารอาหาร, ปีที่ 33 ฉบับที่ 2, หน้า 90–93.

เมธัส เงินจันทร์. (2557). **ผลของการเสริมสาหร่ายไกต่อการเจริญเติบโตและการป้องกันภาวะออกซิเดชั่นในปลาหนังลูกผสม.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลักษณา ไชยมงคล ธรรมรัตน์ แก้วมณี และสุณีย์ บุญกำเหนิด. (2556). **สุขลักษณะในการผลิต ข้อมูลการผลิตและคุณภาพของข้าวเกรียบปลาที่มีการผลิตในจังหวัดปัตตานี.** (รายงานวิจัย). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วราศรี แสงกระจ่าง จุรีภรณ์ นวนมุสิก ปวีณา ปรวัฒน์กุลและสุรีย์พร วุฒิมานพ. (2561). **ลักษณะทางเคมีกายภาพองค์ประกอบทางโภชนาการ และการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบบัวบกเพื่อสุขภาพ.** วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, ปีที่ 21 ฉบับที่ 3, หน้า 73–81.

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และพิชญอร ไหมสุทธิสกุล. (2562). **การผลิตและวิเคราะห์คุณภาพชาสาหร่ายพวงองุ่น.** (รายงานวิจัย) มหาวิทยาลัยบูรพา.

สถิตพงษ์ มั่นล่ำ. (2560). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลายอเสริมสาหร่ายพวงองุ่น.** วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี, ปีที่ 11 ฉบับที่ 2, หน้า 17–30.

สมชาย ประภาวัต วันเพ็ญ มีสมญา และเพลินใจ ตังคณะกุล. (2534). **การทำข้าวเกรียบเสริมโปรตีนด้วยแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มและแป้งถั่วลิสงพร่องไขมัน.** วารสารวิชาการเกษตร, ปีที่ 9, หน้าที่ 93–101.

สิงหนาท พวงจันทน์แดง บวรศักดิ์ ลีนานนท์ ฉัตรชัย อดุลโภคาธร และจันทนี อุริยะพงศ์สรรค์. (2549). **การหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการเอ็กซทรูชั่นสำหรับแป้งข้าวเจ้า: อุณหภูมิ ความชื้น และสัดส่วนผสมเบื้องต้นสำหรับผลิตภัณฑ์พองตัว.** วารสารอาหาร, ปีที่ 36 ฉบับที่ 3, หน้าที่ 248–260.

หยาดฝน ทนงการกิจ. (2558). การใช้ประโยชน์จากเศษผักผลไม้เหลือทิ้งเพื่อผลิตเป็นใยอาหารผง. **วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม,** ปีที่ 9 ฉบับที่ 1, หน้าที่ 31–38.

อดิศรา ตันตสุทธิกุล และณฐมน เสมือนคิด. (2555). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาปรุงรส.** วารสารการเกษตรราชภัฏ, ปีที่ 13 ฉบับที่ 1, หน้า 71–79.

อรนุช สีหามาลา หนูเดือน สาระบุตร พรประภา ชุนถนอม และศุภชัย ภูลายดอก. (2561). **คุณค่าทางโภชนาการของแมลงกินได้ในจังหวัดกาฬสินธุ์.** วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, ปีที่ 36 ฉบับที่ 2, หน้า 98–105.

AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis**, (17th Edition). The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.

AOAC. (2016). **Official Methods of Analysis**, (20th Edition). AOAC International, Rockville, MD, USA.

Bravo–Núñez, A., Garzón, R., Rosell, C.M. & Gómez, M. (2019). Evaluation of starch–protein interactions as a function of pH. Foods, 8, 1–10.

Chatsuwan, N., Puechkamut, Y. & Pinsirodom, P. (2018). **Characterization, functionality and antioxidant activity of water–soluble proteins extracted from *Bombyx mori* Linn.** Current Applied Science and Technology, 18(2), 83–96.

Chongchaithet, N. (2004). **Quality of protein and fat in edible insects.** Journal of Nutrition Association of Thailand, 40(1), 11–17.

Du Preez, R., Majzoub, M.E., Thomas, T., Panchal, S.K. & Brown, L. (2020). ***Caulerpa lentillifera* (sea grapes) improves cardiovascular and metabolic health of rats with diet–induced metabolic syndrome.** Metabolites, 10, 1–18.

Gangola, M.P., Ramadoss, B.R., Jaiswal, S., Fabek, H., Tulbek, M., Anderson, G.H., & Chibbar, R.N. (2022). **Nutritional Composition and In Vitro Starch Digestibility of Crackers Supplemented with Faba Bean Whole Flour, Starch Concentrate, Protein Concentrate and Protein Isolate.** Foods, 11(5), 645.

González, C.M., Garzón, R. & Rosell, C.M. (2019**). Insects as ingredients for bakery goods.** A comparison study of *H. illucens, A. domestica* and *T. molitor* flours. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 51, 205–210.

Gustafson, K.L. (2016). **Impact of ingredients on quality and sensory characteristics of gluten–free baked goods.** (Master thesis). Kansas state university.

Johanna, S. (2013). **Functional properties of legume proteins compared to egg proteins and their potential as egg replacers in vegan food.** (Master thesis). Swedish University of Agricultural Science.

Krungthai compass. (2020). **Pant based food**, Retrieved from https://krungthai.com/Download/economyresources/Economy ResourcesDownload_625Slide_Plant_Base_Food_24_11_63_1.pdf.

Lekjing, S., Noonim, P., Boottajean, S. & Chantawong, P. (2019**). Effect of substitution of wheat flour with Sangyod brown rice flour on physicochemical and sensory qualities in snack product**. Khon Kaen Agriculture Journal, 47(1), 679–684.

Lu, Z.X., He, J.F., Zhang, Y.C. & Bing, D.J. (2019). **Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods.** Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1–14.

Ministry of Industry, 2011, **Thai community product standard, crispy snack**. Retrieved from http://tcps.tisi.go.th /pub/tcps107_54.pdf.

Osimani, A., Milanovic, V., Cardinali, F. & Roncolini, A. (2018). **Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): A technological, microbiological and nutritional evaluation.** Innovative Food Science and Emerging Technologies, 48, 150–163.

Osiriphun, W. & Chitmanee, C. (2002). **Some factors affecting quality of cat–fish cracker**, Charpa Journal, 9(67), 35–40.

Payne, C.L.R., Scarborough, P., Rayner, M. & Nonaka, K. (2015). **Are edible insects more or less 'healthy' than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over– and undernutrition**. European Journal of Clinical Nutrition, 1–7.

Puchaiwattananon, O. (2020). **Plant protein extract**, The Sport Science Review, 1, 8–11.

Steinrut, L. & Poonpol, K. (2016). **Development of Cladophora cookie product.** Agricultural Science Journal, 47(2), 641–644.

Suriya, P., Thamaragsa, N., Kaewtein, S., Pocarat, R. and Arkanit, K. (2011). **Product development of Burma bean chip.** The 2nd MJU–Phrae National Research Conference, 276–283.

Suwimon, K., Naphatrapi, L. & Thiti, L. (2008). **The effect of Thai glutinous rice cultivars, grain length and cultivating locations on the quality of rice cracker (arare),** Journal of Food Science and Technology, 41, 1934–1943.

Terry, P., Lupul, M. & Coate, C.K. (2017). **Evaluating the protein content in chocolate chip cookies using cricket powder as a flour replacement.** Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 117(9), A56.

Youssef, C.E., Bonnarme, P., Fraud, S., Péron, A., Helinck, S. & Landaud, S. (2020). **Sensory improvement of a pea protein–based product using microbial co–cultures of lactic acid bacteria and yeasts.** Foods, 9, 1–7.

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของกาแฟโรบัสต้า: กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟนครเทิง จังหวัดเชียงราย

Assessment of carbon sequestration in robusta coffee: A case study of Nakhon Thoeng Coffee Community Enterprise, Chiang Rai province

ทักษ์ดนัย กาวินจ๊ะ[1]ม ขนิษฐา โถยะโล[1], ศศิธร เวยยือ[1] และ กฤตวิชญ์ สุขอึ้ง[1*]

Takdanai Kawinja[1], Khanittha Thoyalo[1], Sasithon Woeiyue[1] and Krittawit Suk-ueng[1*]

บทคัดย่อ

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนพัฒนากาแฟนครเทิงได้ปลูกกาแฟโรบัสต้าเพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร อย่างไรก็ตาม กลุ่มวิสาหกิจชุมชนพัฒนากาแฟนครเทิงต้องการเพิ่มมูลค่าให้กาแฟโรบัสต้าเพื่อให้เกษตรกรมีรายได้ที่ดีขึ้น และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและใต้พื้นดินของกาแฟโรบัสต้าของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนพัฒนากาแฟนครเทิง อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย โดยการเลือกแปลงตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 3 แปลง (0.82 เฮกแตร์) โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 15 เซนติเมตร จากระดับพื้นดิน แล้วคำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้สมการแอลโลเมตริก และประเมินการกักเก็บคาร์บอนของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้พื้นดินของต้นกาแฟโรบัสต้า ผลการศึกษาพบว่า มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้พื้นดินของต้นกาแฟโรบัสต้ารวม 110.36 ตัน/เฮกแตร์ และมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมทั้งหมด 55.18 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์ การศึกษาครั้งนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำโครงการที่กักเก็บคาร์บอนและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากต้นกาแฟโรบัสต้าเพื่อการซื้อขายคาร์บอนเครดิตได้ในอนาคต

คำสำคัญ: กาแฟ, ก๊าซเรือนกระจก, คาร์บอนเครดิต, มวลชีวภาพ

[1] โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

[1] Environmental Science and Technology, Chiang Rai Rajabhat University Chiang Rai Province 57100

* Corresponding author e-mail: nsukung@gmail.com

Abstract

The Nakhon Thoeng Coffee Community Enterprise has planted robusta coffee to increase farmers' income. However, the community Enterprise aims to further enhance the value of robusta coffee to improve farmers' livelihoods and promote environmental friendliness. Therefore, this study aims to assess the aboveground and belowground carbon sequestration of robusta coffee planted by the Nakhon Thoeng Coffee Community Enterprise in Thoeng District, Chiang Rai Province. Three sample plots (0.82 hectares) were selected through purposive sampling. The diameter at breast height was measured at 15 cm above ground level and the aboveground and belowground biomass of robusta coffee trees was calculated using an allometric equation. The carbon sequestration of both the aboveground and belowground biomass was assessed. The results showed that the aboveground and belowground biomass of robusta coffee trees was 110.36 tons/hectare and the total carbon sequestration amounted to 55.18 tons C/hectare. This study provides baseline data for future projects on carbon sequestration and greenhouse gas reduction through robusta coffee trees for potential carbon credit trading.

Keywords: Coffee, Greenhouse gases, Carbon credits, Biomass

บทนำ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยโดยสร้างรายได้ให้แก่ภาคการเกษตรถึงปีละ 2,000 ล้านบาท และตลาดกาแฟขยายตัวอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการบริโภคที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีความต้องการกาแฟโดยใช้กาแฟโรบัสต้าเป็นหลักเข้าสู่โรงงานแปรรูปมากขึ้น แต่ผลผลิตกาแฟของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2558–2562 ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 3.7 ต่อปี เนื่องจากเกษตรกรโค่นต้นกาแฟที่ไม่สมบูรณ์ และอายุมาก รวมถึงการปลูกพืชชนิดอื่นทดแทนกาแฟ เพราะมีราคาที่ดีกว่าทำให้พื้นที่ให้ผลผลิตกาแฟลดลง ในขณะที่ความต้องการใช้เมล็ดกาแฟของโรงงานแปรรูปเพิ่มขึ้นเฉลี่ยถึงร้อยละ 6.2 ต่อปี จากปี พ.ศ. 2558 ที่มีความต้องการใช้ 6.8 หมื่นตัน เพิ่มขึ้นเป็น 8.2 หมื่นตัน ในปี พ.ศ. 2562 กาแฟส่วนใหญ่ในประเทศไทยเป็นพันธุ์โรบัสต้า (*Coffea canephora*) ซึ่งให้ผลผลิตร้อยละ 93 ของการผลิตกาแฟทั้งประเทศ แหล่งผลิตสำคัญ ได้แก่ จังหวัดชุมพร (ร้อยละ 57) และระนอง (ร้อยละ 22) แต่เนื่องด้วยพื้นที่ในการปลูกกาแฟในภาคใต้ลดลง ทำให้มีการหาพื้นที่ปลูกใหม่ที่เหมาะสมต่อการปลูกกาแฟโรบัสต้าซึ่งภาคเหนือโดยเฉพาะจังหวัดเชียงรายมีลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการปลูกกาแฟโรบัสต้าโดยพื้นที่ปลูกกาแฟโรบัสต้าในปี พ.ศ. 2565 (110 ไร่) เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2556 ถึงร้อยละ 175 (303 ไร่) และให้ผลผลิตถึง 12 ตัน (สุดารินทร์ รอดมณี และคณะ, 2558; สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2563; ศูนย์สารสนเทศการเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2563; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, ม.ป.ป.)

ตามเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนในเป้าหมายที่ 13 ในการเร่งรัดดำเนินการด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบ (Sharma et al., 2022) และจากการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ครั้งที่ 26 ประเทศไทยจะดำเนินการตามเป้าหมายเพื่อความเป็นกลางทางคาร์บอนภายในปี พ.ศ. 2593 และปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี พ.ศ. 2608 (สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2565) ทำให้ภาคเกษตรซึ่งเป็นกลไกที่สำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทยจะมีส่วนช่วยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมาก การประเมินการกักเก็บคาร์บอนที่ได้จากมวลชีวภาพของพืชเศรษฐกิจในแต่ละพื้นที่จะเป็นการเพิ่มศักยภาพในการดูดซับคาร์บอนใน

บรรยากาศได้ เช่น การกักเก็บคาร์บอนของกาแฟอาราบิก้าของพื้นที่ปลูกกาแฟซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับการฟื้นฟูจากพื้นที่เสื่อมโทรมจากการปลูกข้าวโพดในจังหวัดน่านมีปริมาณ 15.78 ตัน/เฮกแตร์ และการกักเก็บคาร์บอนของกาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในพื้นที่โล่ง และปลูกร่วมกับยางพารามีปริมาณ 148.34 และ 195.6 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ (กัญจน์ชญา เม้าสิ้ว และคณะ, 2562; กฤษฎา ภาณุมนต์วาที และเสวียน เปรมประสิทธิ์, 2566; Zaro et al., 2019; Andreansyah et al., 2023)

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟนครเทิงเกิดจากความมุ่งมั่นของนางสาวมุจรินทร์ โอภาโส ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 ที่จะเพิ่มรายได้ของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอเทิง และอำเภอป่าแดด จังหวัดเชียงราย โดยได้นำกาแฟโรบัสต้าจากภาคใต้มาให้เกษตรกรปลูก และอบรมให้เกษตรกรเข้าใจในขั้นตอนตั้งแต่การปลูกถึงการเก็บเกี่ยว รวมทั้งรับซื้อผลผลิตจากเกษตรกร จากประสบการณ์ของนางสาวมุจรินทร์ โอภาโส และความเข้มแข็งของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟนครเทิง รวมทั้งการสนับสนุนและให้ความรู้ในการพัฒนารสและกลิ่นของกาแฟโรบัสต้าจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ส่งผลให้ผลผลิตกาแฟของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟนครเทิงได้รับรางวัลจากการประกวดสุดยอดกาแฟไทย 2565 (Thai Coffee Excellence 2022) ประเภทกาแฟโรบัสต้า “Rank 3 Robusta” ในปี พ.ศ. 2565 (Coffee Traveler, 2566) อย่างไรก็ตาม ทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟนครเทิงต้องการพัฒนากระบวนการผลิตและเพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์กาแฟโรบัสต้าเพื่อให้เกษตรกรมีรายได้ที่ดีขึ้น และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (มุจรินทร์ โอภาโส, การสื่อสารส่วนบุคคล, 11 กรกฎาคม 2566) ดังนั้น การประเมินการกักเก็บคาร์บอนโดยคำนวณจากมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นกาแฟโรบัสต้าเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กาแฟโรบัสต้าของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟนครเทิงได้

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและใต้พื้นดินของกาแฟโรบัสต้า

วิธีวิทยาการวิจัย

พื้นที่ศึกษา ได้แก่ พื้นที่อำเภอป่าแดด และอำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย โดยศึกษาแปลงปลูกกาแฟโรบัสต้าจำนวน 3 แปลง ได้แก่ แปลงที่ 1 (1.49 ไร่) แปลงที่ 2 (0.67 ไร่) และแปลงที่ 3 (2.64 ไร่) (ภาพที่ 1) โดยมีวิธีการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา; แปลงที่ 1 (ก); แปลงที่ 2 (ข); แปลงที่ 3 (ค) (QGIS Development Team, 2024)

1. การเก็บข้อมูลภาคสนาม และการวางแปลงศึกษาต้นกาแฟโรบัสต้า

1) เก็บข้อมูลกาแฟโรบัสต้าในวันที่ 23–25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 โดยใช้วิธีการสุ่มเลือกแปลงปลูกกาแฟโรบัสต้าแบบเฉพาะเจาะจงโดยใช้เทปวัดเส้นรอบวงเพื่อเก็บข้อมูลต้นกาแฟทุกต้นที่มีเส้นรอบวงตั้งแต่ 15 เซนติเมตร ขึ้นไป โดยวัดเหนือระดับพื้นดิน 15 เซนติเมตร (ชิงชัย วิริยะบัญชา และคณะ, 2560; Zaro et al., 2020; Niguse et al., 2022)

2. การวิเคราะห์ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และใต้ดิน

1) คำนวณปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Aboveground biomass: AGB) โดยใช้สมการแอลโลเมตริกตาม Arifin (2001), van Noordwijk et al. (2002) และ Padjung et al. (2019) (สมการที่ 1)

$$AGB = 0.281 \times D^{2.06} \quad (1)$$

2) คำนวณปริมาณมวลชีวภาพใต้พื้นดิน (Belowground biomass: BGB) โดยใช้สมการแอลโลเมตริกตาม Cairns et al. (1997), Penman et al. (2003), Schmitt–Harsh et al. (2012) และ Nguyen–Duy et al. (2018) (สมการที่ 2)

$$BGB = \exp\{-1.0587 + 0.8836 \times \ln(AGB)\} \quad (2)$$

3. การวิเคราะห์การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นกาแฟโรบัสต้า

ประเมินการกักเก็บคาร์บอน (Carbon stock) จากมวลชีวภาพของต้นกาแฟโรบัสต้าโดยใช้ค่าสัดส่วนปริมาณคาร์บอนของน้ำหนักแห้งในเนื้อไม้ (Carbon fraction of biomass: CF) ที่ 0.5 ตันคาร์บอนต่อตันน้ำหนักแห้ง (tonnes C/tonnes d.m.) ตาม Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006) (สมการที่ 3)

$$\text{Carbon stock} = AGB \times 0.5 \quad (3)$$

ผลการศึกษา

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นกาแฟโรบัสต้าทุกต้นในแปลงที่ 1, แปลงที่ 2 และแปลงที่ 3 เฉลี่ย 6.40, 8.24 และ 6.12 เซนติเมตร ตามลำดับ ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดของต้นกาแฟโรบัสต้ามีค่า 89.46 ตัน/เฮกแตร์ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินทั้งหมดของต้นกาแฟโรบัสต้ามีค่า 44.73 ตันคาร์บอนไดออกไซด์/เฮกแตร์ ปริมาณมวลชีวภาพใต้พื้นดินทั้งหมดของต้นกาแฟโรบัสต้ามีค่า 20.90 ตัน/เฮกแตร์ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนใต้พื้นดินทั้งหมดของต้นกาแฟโรบัสต้ามีค่า 10.45 ตันคาร์บอนไดออกไซด์/เฮกแตร์ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของต้นกาแฟโรบัสต้า

แปลงที่	ปริมาณมวลชีวภาพ (ตัน/เฮกแตร์)		การกักเก็บคาร์บอน (ตันคาร์บอนไดออกไซด์/เฮกแตร์)	
	เหนือพื้นดิน	ใต้พื้นดิน	เหนือพื้นดิน	ใต้พื้นดิน
1	7.59	1.92	3.80	0.96
2	80.79	18.70	40.39	9.35
3	1.08	0.28	0.54	0.14
รวม	**89.46**	**20.90**	**44.73**	**10.45**

สรุปผลและอธิปรายผล

จากผลการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและใต้พื้นดินของกาแฟโรบัสต้าของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนพัฒนากาแฟนครเทิง อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย พบว่า แปลงที่ 2 มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและใต้พื้นดินของกาแฟโรบัสต้า (49.74 ตันคาร์บอนไดออกไซด์/เฮกแตร์) มากกว่าแปลงอื่น เนื่องจาก แปลงที่ 2 มีจำนวนต้นที่ปลูกมากถึง 346 ต้น และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 8.24 เซนติเมตร ถึงแม้ว่าจะปลูกกาแฟโรบัสต้าในพื้นที่โล่งและมีพื้นที่ปลูกเพียง 0.67 ไร่ โดยแตกต่างจากแปลงที่ 3 ที่ปลูกกาแฟโรบัสต้าใต้ร่มเงาของต้นลำไยจำนวน 37 ต้น และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 6.12 เซนติเมตร ซึ่งให้ค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและใต้พื้นดินของกาแฟโรบัสต้า 0.68 ตันคาร์บอนไดออกไซด์/เฮกแตร์ พื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แปลงนี้มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของกาแฟมากกว่าพื้นที่ศึกษาในจังหวัดน่าน เนื่องจากกาแฟในพื้นที่ศึกษานี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยมากกว่าพื้นที่ปลูกกาแฟในจังหวัดน่านถึง 2 เท่า (กฤษฎา ภาณุมนต์วาที และเสวียน เปรมประสิทธิ์, 2566) ส่งผลให้พื้นที่ปลูกกาแฟโรบัสต้าในพื้นที่ศึกษานี้เป็นพื้นที่เหมาะสมต่อการปลูกกาแฟโรบัสต้า และมีศักยภาพในการดูดซับคาร์บอนในบรรยากาศได้ (กัญจน์ชญา เม้าสิ้ว และคณะ, 2562; Andreansyah et al., 2023) อย่างไรก็ตาม ควรมีการเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนระหว่างแปลงที่มีการปลูกกาแฟโรบัสต้าในที่โล่งแจ้ง และแปลงปลูกกาแฟโรบัสต้าใต้ร่มเงาร่วมด้วย เพื่อเป็นการส่งเสริมการปลูกผสมผสานที่สร้างรายได้ให้แก่ชุมชน และสามารถอนุรักษ์ดินได้ (ปัญญารัตน์ ปัญญาเกียรติสิริ, 2564; กฤษฎา ภาณุมนต์วาที และเสวียน เปรมประสิทธิ์, 2566)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย และขอขอบคุณนางสาวมุจรินทร์ โอภาโส และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟนครเทิงที่ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการสำรวจภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

กัญจน์ชญา เม้าสิ้ว, กณิตา ธนเจริญชณภาส, และจรัณธร บุญญานุภาพ. (2562). **การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของป่าธรรมชาติและระบบวนเกษตร แบบสวนไม้ผลผสมที่ไม่ถูกรบกวนจากดินถล่มและที่มีการทดแทนตามธรรมชาติ.** วารสารวนศาสตร์, 38(1), 81–95.

กฤษฎา ภาณุมนต์วาที และเสวียน เปรมประสิทธิ์. (2566). **การกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ปลูกกาแฟจากพื้นที่เสื่อมโทรมจากการปลูกข้าวโพดในจังหวัดน่าน.** วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 15(21), 71–82.

ชิงชัย วิริยะบัญชา, วิโรจน์ รัตนพรเจริญ, ภาณุมาศ ลาดปาละ, สิริรัตน์ จันทร์มหเสถียร, ปาริฉัตร์ พึ่งไทย และปิยะพงษ์ สืบเสน. (2560). **รายงานฉบับสมบูรณ์ การเปลี่ยนแปลงลักษณะสังคมพืชและการสะสมคาร์บอนเหนือพื้นดินในระบบนิเวศป่าดิบเขา.** สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.

ปัญญารัตน์ ปัญญาเกียรติสิริ. (2564). **การศึกษาคุณภาพผลผลิตกาแฟใต้ป่าภายใต้สถานภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่สาเพื่อเป็นพืชทางเลือกในการใช้ที่ดินเชิงอนุรักษ์. สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16.** กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

ศูนย์สารสนเทศการเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. (2563). **สถานการณ์กาแฟไทยและประโยชน์ที่ได้จากเอฟทีเอ.** https://api.dtn.go.th/files/v3/5f48d437ef414046580e204d/download

สุดารินทร์ รอดมณี, อารีวรรณ เซ่งตระกูล และณัฐพล ขานหมัด. (2558). **รายงานการวิจัย การศึกษากระบวนการการปลูกกาแฟ การแปรรูปกาแฟ และการบริหารจัดการของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร.** กลุ่มวิจัยและพัฒนาการปฏิรูปที่ดิน สำนักวิชาการและแผนงาน สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. (2563). **การศึกษาทางเลือกที่เหมาะสมในการผลิตกาแฟโรบัสต้า.** สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (ม.ป.ป.). ตารางแสดงรายละเอียดกาแฟ. https://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%95%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%AA%E0%B8%94%E0%B8%87%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%94%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B9%81%E0%B8%9F/TH-TH

Arifin, J. (2001). **Estimasi penyimpanan C pada berbagai sistem penggunaan lahan di Kecamatan Ngantang**, Malang [Bachelor's thesis]. Brawijaya University.

Andreansyah, B., Ifadah, N.F., & Soemarno. (2023). **Estimating of coffee plantation carbon stock in Jatikerto and surrounding areas.** In N. Widodo, M. Rifai, C. Deocaris, H. Tsuboi, D.H. Utomo, V. Vidayanti, M. Qomaruddin, B.A. Prahardika, A.S. Sundari, & I. Rahmawati (Eds), Seminar Nasional Agroteknologi 2022. NST Proceedings (pp. 41–49). doi: 10.11594/nstp.2023.3110

Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H., & Baumgardner, G.A. (1997). **Root biomass allocation in the world's upland forests.** Oecologia, 111, 1–11.

Coffee Traveler. (2566, 15 พฤษภาคม). **Fine Buster.** https://www.coffeetravelermagazine.com/post/ fine–buster

Niguse, G., Iticha, B., Kebede, G., & Chimdi, A. (2022). **Contribution of coffee plants to carbon sequestration in agroforestry systems of Southwestern Ethiopia.** The Journal of Agricultural Science, 160(6), 1–8.

Padjung, R., Kaimuddin, & Gunadi, H. (2019). **Carbon sequestration of varieties coffee cropping systems in Tana Toraja district.** IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 355, 012107.

Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., & Wagner, F. (2003). **Good practice guidance for land use, land–use change and forestry.** Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC, Japan.

Nguyen–Duy, N., Talsma, T., Nguyen, K.T., Do, C.T., D'haeze, D., & Läderach, P. (2018). **Carbon assessment for robusta coffee production systems in Vietnam: A case study in Dak Lak.** International Center for Tropical Agriculture, Vietnam.

QGIS Development Team. (2024). **QGIS Geographic Information System** (Version 3.38) [Computer software]. Open Source Geospatial Foundation Project. https://www.qgis.org/

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). **IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories**, Volume 4 agriculture, forestry and other land use. https://www.ipcc–nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html

Schmitt–Harsh, M., Evans, T.P., Castellanos, E., & Randolph, J.C. (2012). **Carbon stocks in coffee agroforests and mixed dry tropical forests in the western highlands of Guatemala.** Agroforestry Systems, 86(2), 141–157.

Sharma, S., Dhal, S., Rout, T., & Acharya, B.S. (2022). **Drones and machine learning for estimating forest carbon storage.** Carbon Research, 1(21), 1–4.

van Noordwijk, M., Rahayu, S., Hairiah, K., Wulan, Y.C., Farida, A., & Verbist, B. (2002). **Carbon stock assessment for a forest–to–coffee conversion landscape in Sumber–Jaya (Lampung, Indonesia)**: from allometric equations to land use change analysis. Science in China Series C–Life Science, 45(S1), 75–86.

Zaro, G.C., Caramori, P.H., Junior, G,M.Y., Sanquetta, C.R., Filho, A.A., Nunes, A.L.P., Prete, C.E.C., & Voroney, P. (2019). **Carbon sequestration in an agroforestry system of coffee with rubber trees compared to open–grown coffee in southern Brazil**. Agroforestry Systems, 94(3), 799–809.

การศึกษาพีไอดีแบบยืดหยุ่นสำหรับควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์เพื่อลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริดภายใต้การโจมตีแบบปฏิเสธการให้บริการ

The study of resilient PID based electrolyzers control for microgrid frequency regulation under denial-of-service attacks

จงลักษณ์ พาหะซา[1*], วรัญชิต เนื้ออุ่น[1], วรพล วารีพิทักษ์[1], วีรชน วิเศษสุทธิศิล[1] และ รัชชานนท์ คุณารูป[1]
Jonglak Pahasa[1*], Waranchit Nueaaun[1], Woraphon Wareephithak[1], Weerachon Wisetsuttisin[1] and Ratchanon Kunaroop

บทคัดย่อ

ไมโครกริด คือ ระบบไฟฟ้ากำลังขนาดเล็กที่ประกอบด้วยกลุ่มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย โหลด และระบบกักเก็บพลังงานที่เชื่อมต่อถึงกัน ไมโครกริดมีข้อดีคือ สามารถบริหารจัดการพลังงานที่มีแหล่งจ่ายพลังงานหมุนเวียนจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การควบคุมไมโครกริดเป็นการควบคุมแบบกระจายตัว การส่งผ่านข้อมูลเพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เป็นแบบกระจายตัว ส่งผลให้ การควบคุมไมโครกริดมีความอ่อนไหวต่อการโจมตีทางไซเบอร์ (Cyber-attacks) บทความนี้ นำเสนอพีไอดีแบบยืดหยุ่น (Resilient proportional-integral-derivative: R-PID) สำหรับควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton exchange membrane electrolyzer: PEMEL) เพื่อลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริดระหว่างการโจมตีไซเบอร์ ตัวควบคุม R-PID ออกแบบโดยพิจารณาผลของการโจมตีทางไซเบอร์ ผลการจำลองกับไมโครกริดที่ใช้ในการศึกษา พบว่า ในระหว่างการโจมตีทางไซเบอร์ ตัวควบคุม R-PID ที่นำเสนอ สามารถลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริดได้อย่างดี และดีกว่าการควบคุมพีไอดีแบบทั่วไป

คำสำคัญ: ไมโครกริด, การควบคุมความถี่, อิเล็กโทรไลเซอร์, การโจมตีไซเบอร์, พีไอดีแบบยืดหยุ่น

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000
[1] Electrical Engineering, School of Engineering, University of Phayao, Phayao 56000
*Corresponding author : jonglak.pa@up.ac.th

Abstract

A microgrid is a small-scale power system that consists of a group of distributed generators, loads, and interconnected energy storage systems. A microgrid has the advantage of efficiently managing energy with a high penetration of renewable energy. However, microgrid control is decentralized, and the information transmission for controlling various devices is also decentralized, making it vulnerable to cyber-attacks. This article presents a resilient proportional-integral-derivative (R-PID) controller for controlling a proton exchange membrane electrolyzer (PEMEL) to reduce microgrid frequency oscillations during cyber-attacks. The R-PID controller is designed considering the effects of cyber-attacks. Simulation results on the studied microgrid show that during a cyber-attack, the proposed R-PID controller effectively reduces microgrid frequency oscillations and performs better than a conventional PID controller.

Keywords: Microgrid, Frequency control, Electrolyzer, Cyber-attacks, Resilient PID

บทนำ

ปัจจุบันทั่วโลกได้ตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมและมลภาวะในอากาศ ที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil fuel) เช่น การใช้ถ่านหินเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์ เป็นต้น ทำให้ทุกภาคส่วนหันมาให้ความสำคัญกับการใช้พลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น มีการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น โซลาร์เซลล์ (Solar cell) และโซลาร์บนหลังคา (Solar rooftop) นอกจากนี้ ยังมีการส่งเสริมให้มีการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric vehicle: EV) เพิ่มมากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม ทั้งโซลาร์เซลล์ โซลาร์บนหลังคา และยานยนต์ไฟฟ้า มีการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากำลังด้วยอุปกรณ์แปลงผันอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power electronic converter) ส่งผลให้ระบบไฟฟ้ากำลังมีความเฉื่อยลดลง (Low inertia) ทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของความถี่มีค่าสูงขึ้น ทำให้ระบบไฟฟ้ากำลังมีโอกาสเกิดไฟฟ้าดับเป็นบริเวณกว้างได้ง่ายขึ้น [1] นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของการควบคุมระบบไฟฟ้ากำลังขนาดเล็กที่ประกอบด้วยกลุ่มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย โหลด และระบบกักเก็บพลังงาน ที่เชื่อมต่อถึงกัน ที่เรียกว่า “ไมโครกริด (Microgrid: MG)” ก็มีเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน [2] เนื่องจากไมโครกริดมีข้อดีคือ สามารถบริหารจัดการการผลิตและการใช้ไฟฟ้าให้เป็นไปอย่างเหมาะสม โดยไมโครกริดมีโหมดการทำงานสองโหมดคือ โหมดเชื่อมต่อกริด (Grid connected mode) และโหมดแยกโดด (Islanded mode) อย่างไรก็ตามการควบคุมความถี่ไมโครกริดในโหมดแยกโดดทำได้ยากกว่าโหมดเชื่อมต่อกริดซึ่งอาศัยความถี่จากระบบไฟฟ้ากำลังหลัก ดังนั้น เมื่อไมโครกริดประกอบด้วย แหล่งพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังลม และพลังแสงอาทิตย์ จำนวนมาก ซึ่งมีรูปแบบการผลิตไฟฟ้าไม่แน่นอน ไม่สม่ำเสมอ ส่งผลทำให้เกิดการแกว่งของความถี่อย่างรุนแรงในไมโครกริดได้

ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Battery energy storage system: BESS) สามารถใช้เพื่อแก้ปัญหาการแกว่งของความถี่ที่รุนแรงในไมโครกริดนี้ได้ แต่เนื่องจากระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ มีราคาแพงและเมื่อหมดอายุการใช้งานไม่สามารถกำจัดให้หมดไปได้ ดังนั้น จึงมีการประยุกต์ใช้อุปกรณ์กักเก็บพลังงานประเภทอื่นๆ เพื่อลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริด เช่น อิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton exchange membrane electrolyzer: PEMEL) ซึ่งมีข้อดีคือ เป็นอุปกรณ์กักเก็บพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีอายุการใช้งานยาวนาน และเมื่อหมดอายุการใช้งานสามารถนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ได้ทั้งหมด [3-5]

อย่างไรก็ตาม การนำอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน มาประยุกต์ใช้เพื่อลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริดนั้น จำเป็นต้องทำการออกแบบตัวควบคุมให้สามารถลดการแกว่งของความถี่ในไมโครกริดได้ โดยตัวควบคุมที่นิยมใช้ได้แก่ ตัวควบคุมพีไอดี (Proportional–integral–derivative: PID) ซึ่งมีข้อดีคือ มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนและใช้งานง่าย และการออกแบบก็สามารถใช้หลักการพื้นฐานการควบคุมเหมาะสมที่สุด (Optimization) ของพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดี ทั้ง 3 ตัว ได้แก่ ค่าเกนสัดส่วน (Proportional gain: Kp), ค่าเกนปริพันธ์ (Integral gain: Ki), และค่าเกนอนุพันธ์ (Derivative gain: Kd) อย่างไรก็ตาม การควบคุมไมโครกริดเป็นการควบคุมแบบกระจายตัว ส่งผลให้การส่งผ่านข้อมูลเพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น การควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ เป็นแบบกระจายตัว ซึ่งมีความอ่อนไหวต่อการโจมตีทางไซเบอร์ (Cyber–attack) เช่น การโจมตีโดยการฉีดข้อมูลเท็จ (False–data–injection: FDI) และการโจมตีแบบปฏิเสธการให้บริการ (Denial–of–service: DoS) เป็นต้น [5–6]

ดังนั้น การออกแบบตัวควบคุมพีไอดีจึงต้องมีการพิจารณาผลของการโจมตีทางไซเบอร์ด้วย โดยได้มีงานวิจัยต่างๆ นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการควบคุมไมโครกริดภายใต้การโจมตีแบบปฏิเสธการให้บริการ วิธีหนึ่งที่น่าสนใจคือ การควบคุมแบบยืดหยุ่น (Resilient) ดังได้นำเสนอในบทความ [5–6] บทความนี้ นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมพีไอดีแบบยืดหยุ่น (Resilient proportional–integral–derivative: R–PID) สำหรับควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน เพื่อลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริดระหว่างการโจมตีไซเบอร์ ตัวควบคุม R–PID ออกแบบโดยพิจารณาผลของการโจมตีทางไซเบอร์และทดสอบประสิทธิภาพของ R–PID ที่ออกแบบกับไมโครกริดที่ใช้ในการศึกษา

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1) เพื่อศึกษาการควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอนที่ถูกควบคุมด้วยตัวควบคุมพีไอดีแบบยืดหยุ่น (R–PID) ภายใต้การโจมตีไซเบอร์

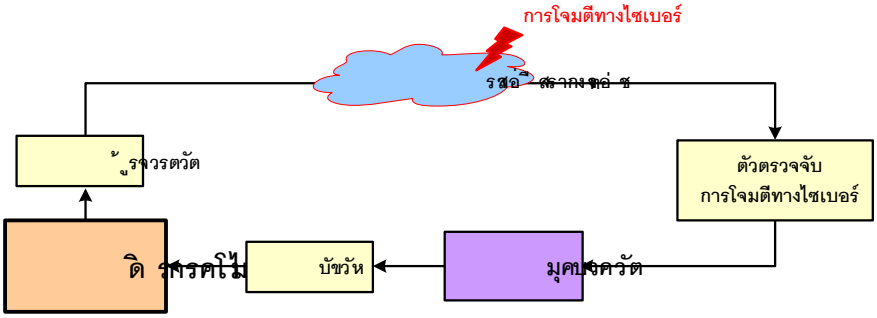
2) เพื่อออกแบบตัวควบคุมพีไอดีแบบยืดหยุ่น สำหรับควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอนที่พิจาณาผลของการโจมตีไซเบอร์

3) เพื่อเปรียบเทียบผลการจำลองวิธีการออกแบบตัวควบคุมพีไอดีแบบยืดหยุ่น ที่พิจาณาผลของการโจมตีไซเบอร์ที่นำเสนอและวิธีการควบคุมพีไอดีทั่วไป

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน (ถ้ามี)

1. การควบคุมไมโครกริดภายใต้การโจมตีไซเบอร์

ในการควบคุมแบบกระจายตัวของไมโครกริด ตัวควบคุมจะถูกวางไว้ใกล้กับอุปกรณ์ต่างๆ แบบกระจายตัว เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ และโหลดอัจฉริยะ เช่นยานยนต์ไฟฟ้า ประสิทธิภาพแบบไดนามิกของไมโครกริดสามารถปรับปรุงได้อย่างมีนัยสำคัญโดยสัญญาณที่ส่งจากเซ็นเซอร์ไปยังตัวควบคุมแบบกระจายตัว อย่างไรก็ตาม การโจมตีทางไซเบอร์นั้นแพร่หลายในเครือข่ายการสื่อสารและส่งผลกระทบอย่างมากต่อความมีเสถียรภาพ การทำงาน และการควบคุม ของไมโครกริด



รูปที่ 1 การควบคุมไมโครกริดภายใต้การโจมตีไซเบอร์

รูปที่ 1 แสดงการควบคุมไมโครกริดภายใต้การโจมตีไซเบอร์ การโจมตีทางไซเบอร์จะเกิดขึ้นในช่องทางการสื่อสาร (Communication channel) ระหว่างบล็อกตัวตรวจรู้ (Sensor) และตัวควบคุม (Controller) การโจมตีทางไซเบอร์จะทำความเสียหายให้กับการดำเนินงานของระบบด้วยการยกเลิกการบริการการสื่อสาร [2] ซึ่งอาจทำให้ประสิทธิภาพของตัวควบคุมลดลงระหว่างการโจมตีไซเบอร์ ในความหมายนี้ บล็อกตัวควบคุม ควรได้รับการออกแบบเพื่อลดผลกระทบจากสัญญาณการสื่อสารที่ขาดหายไปที่เป็นผลมากจากการโจมตีแบบปฏิเสธการให้บริการ บล็อกตัวตรวจจับการโจมตีทางไซเบอร์ (Cyber-attack detector) ถูกติดตั้งเพื่อตรวจจับการเกิดการโจมตีทางไซเบอร์ บล็อกหัวขับ (Actuartor) เชื่อมต่อระหว่างตัวควบคุมและไมโครกริด

2. แบบจำลองการโจมตีไซเบอร์

แบบจำลองการโจมตีไซเบอร์ที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ การโจมตีไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ (Denial of service: DoS) [5] โดยการโจมตีไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ จะส่งข้อมูลที่ทำให้เข้าใจผิดและไม่มีความหมายไปยังส่วนประกอบของระบบไฟฟ้า ช่วงเวลาเหตุการณ์การโจมตีแบบปฏิเสธการให้บริการ สามารถระบุได้โดยสมการต่อไปนี้

$$\Im(0,\infty) \subseteq \bigcup_{l\in\square}[T_{on,l},\, T_{off,l}] \tag{1}$$

เมื่อ T คือ ช่วงเวลาการชักตัวอย่าง (Sampling period)

$T_{on,l} \in [T_{on}^{\min}, T], l \in \square$ คือ เวลาที่เกิดการโจมตีไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ ครั้งแรก หรือเวลาเริ่มเกิดการโจมตี

$T_{off,l} \in [T_{off}^{\min}, T], l \in \square$ คือ ช่วงเวลาที่การโจมตีไซเบอร์ สิ้นสุดลง

$T_{on} < T_{off} \le T$ คือ เวลาทริกเกอร์ (Trigger time) สำหรับการโจมตีไซเบอร์ แต่ละครั้ง

$T_{off} - T_{on}$ คือ ระยะเวลาการโจมตี (Attack duration)

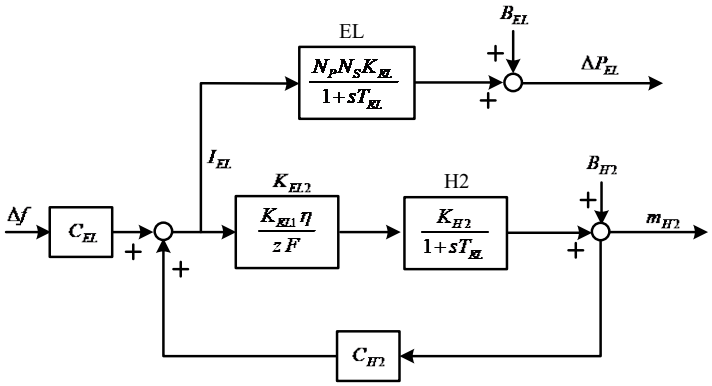
แบบจำลองของการโจมตีไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ ชนิดตัวแปรสุ่มไม่เป็นรายคาบ (Nonperiodic random variable DoS attack) ในช่วงเวลาเกิดการโจมตีไซเบอร์แบบปฏิเสธการ ทั้งหมดสามารถกำหนดได้ดังสมการ

$$S_{DoS}(t) = \begin{cases} 0, & t \in \Im(0,\infty) \\ 1, & t \notin \Im(0,\infty) \end{cases} \tag{2}$$

เมื่อ $S = 0$ คือ การเกิดขึ้นของการโจมตีชนิด DoS (Occurrence of DoS attacks)

$S = 1$ คือ การส่งสัญญาณปกติ (Normal transmissions)

3. แบบจำลอง MEMEL สำหรับควบคุมความถี่



รูปที่ 2 แบบจำลองอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน สำหรับการควบคุมความถี่ที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองเชิงเส้นของอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน สำหรับการควบคุมความถี่ระบบไฟฟ้ากำลังแสดงดังรูปที่ 2 โดยต้องมีการพิจารณา T_{EL} ด้วยเมื่อมีการใช้อิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอนสำหรับปรับความถี่ในระบบไฟฟ้ากำลัง การควบคุมและการปรับการใช้กำลังไฟฟ้าของอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน จะมีการหน่วงเวลาเท่ากับ T_{EL} ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดของความถี่ระบบไฟฟ้ากำลัง ดังนั้น การใช้กำลังไฟฟ้าของอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน สามารถอธิบายด้วยการแปลงลาปลาซ ดังสมการต่อไปนี้ [4–5]

$$P_{EL}(s) = \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} I_{EL}(s) + B_{EL} \tag{3}$$

เมื่อ K_{EL} และ B_{EL} คือสัมประสิทธิ์และค่าเริ่มต้นของการใช้กำลังไฟฟ้าของอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน โดยอัตราการผลิตไฮโดรเจนขั้นปลาย (Downstream hydrogen production rate) m_{H2} $[Nm^3/s]$ แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$m_{H2}(s) = K_{EL1} \frac{\eta_F \, I_{EL}(s)}{z\,F} \tag{4}$$

เมื่อ K_{EL1} คือ สัมประสิทธิ์การเปลี่ยน mole/s ไปเป็น Nm^3/s

z คือ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอน

F คือ ค่าคงตัวของฟาราเดย์ (Faraday's constant)

η_F คือ สัมประสิทธิ์ของฟาราเดย์

เวลาหน่วง T_{EL} อาจเปลี่ยนการผลิตของแบบจำลองย่อยไฮโดรเจนเมื่ออัตราการสังเคราะห์ไฮโดรเจนเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของกระแสไฟฟ้า ดังนั้น การผลิตของแบบจำลองย่อยไฮโดรเจนแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$m_{H2}(s) = \frac{K_{EL2}K_{H2}}{1+sT_{EL}} I_{EL}(s) + B_{H2} \tag{5}$$

$$K_{EL2} = K_{EL1}\left(\frac{\eta_F}{zF}\right) \tag{6}$$

เมื่อ K_{H2} คือ สัมประสิทธิ์ของไฮโดรเจน

B_{H2} คือ ค่าเริ่มต้นอัตราการผลิตไฮโดรเจน

ในกรณีที่ต้องการผลิตแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้าสำหรับการใช้งานในระบบไฟฟ้า เรียกการต่อแบบนี้ว่าเป็น PEMEL stack ซึ่งจะมีการต่ออิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน แบบขนานและอนุกรมเพื่อให้ได้ แรงดันกระแส และกำลังไฟฟ้าตามต้องการ ซึ่งแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$V_{EL,stack} = N_S V_{EL} \tag{7}$$

$$I_{EL,stack} = N_P I_{cell} \tag{8}$$

$$P_{EL,stack} = V_{EL,stack} I_{EL,stack} \tag{9}$$

เมื่อ N_S คือ จำนวนเซลล์ที่ต่ออนุกรมต่อหนึ่ง PEMEL stack

N_P คือ จำนวนเซลล์ที่ต่อขนานต่อหนึ่ง PEMEL stack

กระแสของ PEMEL stack $(I_{EL,stack})$ สามารถปรับเพื่อควบคุมอัตราการผลิตไฮโดรเจนด้านต่ำ (downstream) และการใช้กำลังไฟฟ้า ดังแสดงในสมการ (8) และ (9) โดยเป้าหมายของการควบคุมอัตราการผลิตไฮโดรเจนคือ เพื่อรักษาการแกว่งของอัตราการผลิตไฮโดรเจนด้านต่ำ โดยความแตกต่างระหว่างอัตรากระแสของการผลิตไฮโดรเจน ถูกแสดงโดย m_{pre} และค่าก่อนหน้านั้นแสดงโดย m_{past} ซึ่งทั้งสองค่านี้ถูกใช้เพื่อเปลี่ยนอัตราการผลิตไฮโดรเจนด้านต่ำของ PEMEL stack ซึ่งความแตกต่างนี้สามารถเขียนได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta m_{H2}(s) = m_{pre}(s) - m_{past}(s) \tag{10}$$

ดังนั้น การเบี่ยงเบนกระแสของอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน สามารถเขียนได้ดังสมการ

$$\Delta I_{EL}(s) = C_{H2}(s) \cdot \Delta m_{H2}(s) \tag{11}$$

เมื่อ C_{H2} คือ ตัวควบคุมในตัวซึ่งควบคุมอัตราการผลิตไฮโดรเจน

เพื่อให้ได้คุณสมบัติการปรับความถี่ได้ C_{EL} จึงถูกเพิ่มเข้าไปเพื่อปรับอัตราการผลิตไฮโดรเจน สำหรับการควบคุมความถี่ ดังนั้นสมการ (11) จึงสามารถเขียนใหม่อีกครั้ง ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta I_{EL}(s) = C_{H2}(s) \cdot \Delta m_{H2}(s) + C_{EL}(s) \cdot \Delta f(s) \tag{12}$$

เมื่อ Δf คือการเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลัง

แทนสมการ (12) ในสมการ (9) จะได้ การเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของ PEMEL ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta P_{EL}(s) = \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} C_{H2}(s) \cdot \Delta m_{H2}(s) + \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} C_{EL}(s) \cdot \Delta f(s) \tag{13}$$

ดังสมการ (13) จะเห็นว่ามีพารามิเตอร์ 2 ตัว ที่สัมพันธ์กับการปรับกำลังไฟฟ้าดำเนินการของอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน นั่นคือ

(1) การแกว่งของอัตราการผลิตไฮโดรเจน (Δm_{H2})

(2) การเบี่ยงเบนของความถี่ (Δf)

โดยการแกว่งของอัตราการผลิตไฮโดรเจนสามารถละทิ้งได้ เนื่องจากช่วงเวลาการปรับความถี่สั้นมาก (มากสุด 30 s) ผลที่ได้คือ มีความเป็นไปได้ที่จะสมมติให้การแกว่งของอัตราการผลิตไฮโดรเจนมีค่าคงที่ระหว่างช่วงเวลาการควบคุมความถี่นี้ ดังนั้น สมการ (13) สามารถแสดงในรูปแบบอย่างง่ายได้เป็นดังสมการ

$$\Delta P_{EL}(s) = C_{EL}(s) \cdot \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} \cdot \Delta f(s) \tag{14}$$

ในการศึกษานี้ R-PID ได้ถูกใช้เพื่อควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน สำหรับการปรับความถี่ ซึ่ง Δf คืออินพุตของ R-PID ซึ่งถูกใช้เพื่อคำนวณสัญญาณควบคุมสำหรับตัวควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน ดังนั้น เมื่อใช้ R-PID เพื่อควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน สำหรับการปรับความถี่ สมการ (14) เขียนใหม่ได้เป็นดังสมการ

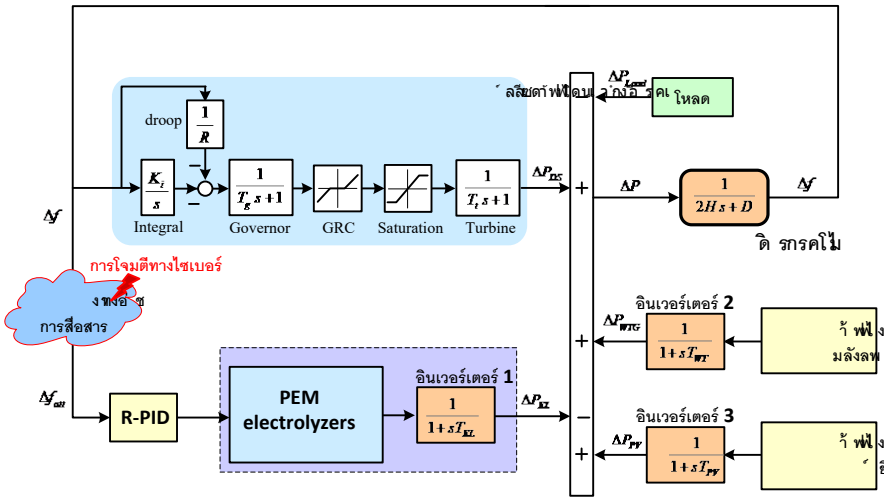
$$\Delta P_{EL}(s) = \Delta f \cdot \left(K_P + \frac{K_I}{s} + sK_D \right) \cdot \frac{K_{EL}}{1 + sT_{EL}} \tag{15}$$

วิธีวิทยาการวิจัย

1. แบบจำลองไมโครกริดที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองไมโครกริดสำหรับการควบคุมความถี่ด้วยพีไอดี (PID) แบบยืดหยุ่นสำหรับควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน ภายใต้การโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการที่ใช้ในการศึกษาแสดงดังรูปที่ 3 โดยไมโครกริด ประกอบด้วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลล์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม โหลด และอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน โดยปกติอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอนถูกใช้เพื่อกักเก็บพลังงานในช่วงที่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ผลิตได้มากกว่าที่ใช้ไป แต่ในงานวิจัยนี้ได้มีการเพิ่มการควบคุมเสริมเพื่อให้อิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน สามารถช่วยควบคุมความถี่ในไมโครกริดได้ด้วย

ในช่องทางการสื่อสารระหว่างบล็อก “Microgrid” และ “R-PID” เกิดการโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ ซึ่งจะไปขัดขวางช่องทางการสื่อสาร ทำให้การควบคุมผิดพลาดได้ [2, 5-6] ประสิทธิภาพของตัวควบคุมอาจจะลดลงอย่างมากในระหว่างการโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ ผลที่ตามมาคือ ตัวควบคุมพีไอดี ที่ควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน อาจทำให้ผลของการควบคุมผิดเพี้ยนไป เนื่องจากการโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมการปรับความถี่ไมโครกริด งานวิจัยนี้จึงนำเสนอพีไอดีแบบยืดหยุ่น (Resilient PID: R-PID) ระหว่างการโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ เพื่อควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน สำหรับทำเสถียรภาพความถี่ไมโครกริด



รูปที่ 3 ไมโครกริดสำหรับการควบคุมความถี่ภายใต้การโจมตีทางไซเบอร์ที่ใช้ในการศึกษา

ดังแสดงในรูปที่ 3 การเบี่ยงเบนความถี่ไมโครกริด (Microgrid frequency deviation) สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$\Delta f = \frac{1}{2Hs + D}\Delta P \tag{16}$$

$$\Delta P = \Delta P_{DS} + \Delta P_{PV} + \Delta P_{WTG} - \Delta P_{Load} - \Delta P_{EL} \tag{17}$$

เมื่อ H คือ แรงเฉื่อยไมโครกริด

D คือ การหน่วง

P_{DS} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลล์

P_{PV} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์

P_{WTG} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม

P_{Load} คือ กำลังไฟฟ้าของความต้องการโหลด

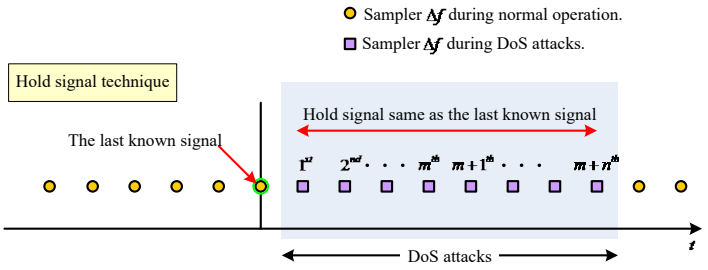
P_{EL} คือ กำลังไฟฟ้าของอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน

Δ คือ การเบี่ยงเบนสัญญาณ

การเบี่ยงเบนของความถี่ที่เกิดจากความผันผวนตามธรรมชาติของแหล่งจ่ายพลังงานหมุนเวียน เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมในรูปที่ 3 จึงสามารถลดลงด้วยการควบคุม PEMEL อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการควบคุมแบบกระจายตัวของไมโครกริดผ่านช่องทางการสื่อสาร อาจทำให้การโจมตีทางไซเบอร์ ลดประสิทธิภาพของการควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน เพื่อลดการแกว่งของความถี่ได้ ดังนั้น การพัฒนาปรับปรุงตัวควบคุมพีไอดีแบบยืดหยุ่น (Resilient PID: R-PID) สำหรับควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน ในช่วงการโจมตีทางไซเบอร์จึงได้มีการนำเสนอในบทความนี้

2. R-PID สำหรับควบคุม PEMEL เพื่อปรับการเบี่ยงเบนความถี่ภายใต้การโจมตีแบบปฏิเสธการให้บริการ

รูปที่ 4 แสดงวิธีการใช้สัญญาณเดิมก่อนมีการรบกวนทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ ซึ่งจะเห็นว่าซ้ายมือในช่วงก่อนเกิดการโจมตีไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ จะใช้สัญญาณวงกลมสีส้มขอบนอกสีดำ ซึ่งเป็นสัญญาณที่วัดได้จริงในไมโครกริด แต่เมื่อมีการโจมตีไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ (ช่วง DoS attacks) ซึ่งเป็นช่วงไฮไลท์สีเทา สัญญาณป้อนกลับที่วัดได้จริงในระบบ (The last known signal) ซึ่งก็คือ วงกลมสีส้มอันสุดท้ายไฮไลท์วงนอกด้วยสีเขียว จะถูกใช้เป็นสัญญาณป้อนกลับ เข้าสู่ตัวควบคุมพีไอดีซ้ำๆ ไป จนกว่าการโจมตีไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ จะหายไป จึงจะกลับมาใช้สัญญาณวัดได้จริงอีกครั้งในด้านขวามือของรูปที่ 4



รูปที่ 4 วิธีการใช้สัญญาณเดิมก่อนมีการรบกวนทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ

ผลการศึกษา

ในบทความนี้จะใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีพีไอดีแบบยืดหยุ่น (R-PID) ที่นำเสนอ สำหรับควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน เพื่อลดการเบี่ยงเบนความถี่ไมโครกริด ภายใต้การโจมตีแบบปฏิเสธการให้บริการ ระบบที่ใช้ในการศึกษาเป็นระบบไมโครกริดดังแสดงในรูปที่ 3 โดย ข้อมูลไมโครกริดที่ใช้ในการศึกษา มีดังนี้ [3]

ค่าความถี่ฐาน (Based frequency) $f_{ref} = 50\,\text{Hz},$

ค่าความเฉื่อย (Inertia) $H = 0.06\,\text{s},$

ค่าความหน่วง (Damping) $D = 0.12\ \text{pu},$

ค่าคงตัวทางเวลาของตัวปรับความเร็ว (Governor time constant) $T_g = 0.1\text{s},$

ค่าคงตัวทางเวลาของกังหัน (Turbine time constant) $T_t = 0.4\ \text{s},$

ค่าดรูป (Droop) $R = 2.4\,\text{Hz} / \text{pu.MW},$

ค่าเกนของตัวอินทิกรัล (Integral gain) $K_i = 0.2\ \text{s}$

และข้อมูลอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน ที่ใช้ในการศึกษา มีดังนี้ [4-5]

ขนาดกำลังไฟฟ้าของอิเล็กโทรเลเซอร์ $P_{EL} = 5\ \text{MW},$

ค่าเกนของอิเล็กโทรเลเซอร์ $K_{EL} = 1.6\ \text{W} / \text{A},$

ค่าเกนของอิเล็กโทรเลเซอร์ลำดับหนึ่ง $K_{EL1} = 4841.4\ \text{pu},$

ค่าคงตัวทางเวลาของอิเล็กโทรเลเซอร์ $T_{EL} = 37\ \text{s},$

ค่าตัวเก็บประจุ (Capacitor) $C_d = 37\ \text{F},$

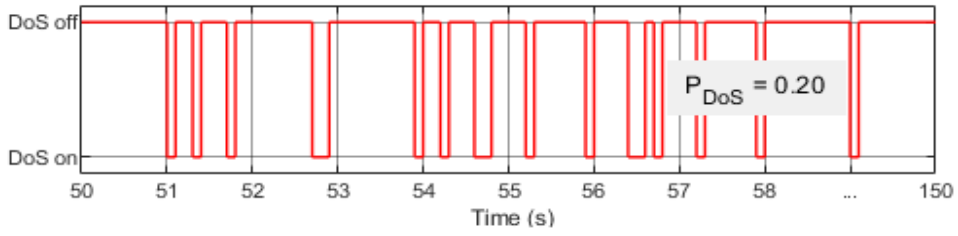
อัตราการผลิตไฮโดรเจนเริ่มแรก (Initial hydrogen production rate) $B_{H2} = 0.5\ \text{m}^3 / \text{s},$

ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเริ่มต้นของ PEMEL (Initial PEMEL power consumption) $B_{PEL} = 82\ \text{W},$

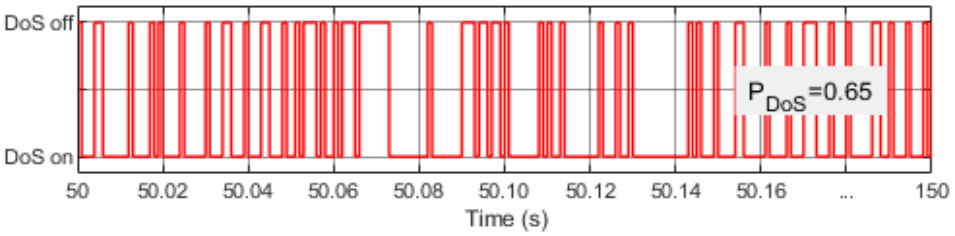
สัมประสิทธิ์ของไฮโดรเจน (Hydrogen coefficient) $K_{H2} = 0.028\ \text{m}^3 / \text{As}$

โดยวิธีนำเสนอจะเปรียบเทียบกับ อีก 2 วิธีคือ No-PEMEL และ PID โดยวิธี No-PEMEL คือ ระบบไมโครกริดที่ไม่ใช้อิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน ในการช่วยลดการเบี่ยงเบนความถี่ไมโครกริด และ PID คือการใช้อิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน เพื่อช่วยลดการเบี่ยงเบนความถี่ไมโครกริดดังรูปที่ 3 แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน นั่นคือ $\Delta u_{PEMEL}(t) = \Delta u_{PEMEL}(t)$ เสมอ

รูปที่ 5 แสดงสัญญาณการโจมตีแบบปฏิเสธการให้บริการของกรณีศึกษา กรณี 1 และกรณี 2 โดยจากรูปจะเห็นว่าสัญญาณการโจมตีแบบปฏิเสธการในกรณี 2 จะมีความรุนแรงมากกว่าในกรณี 1

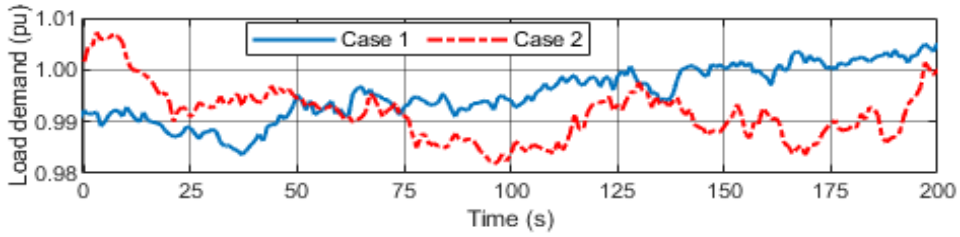


(ก)

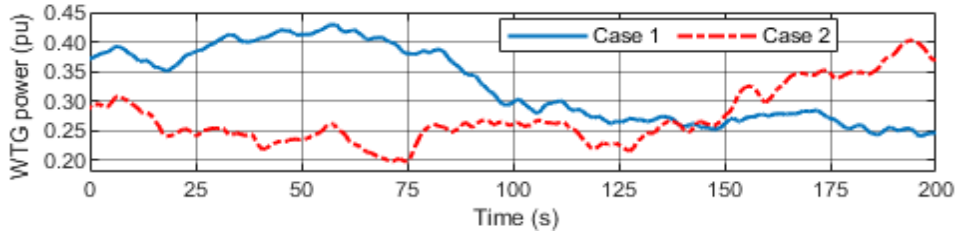


(ข)

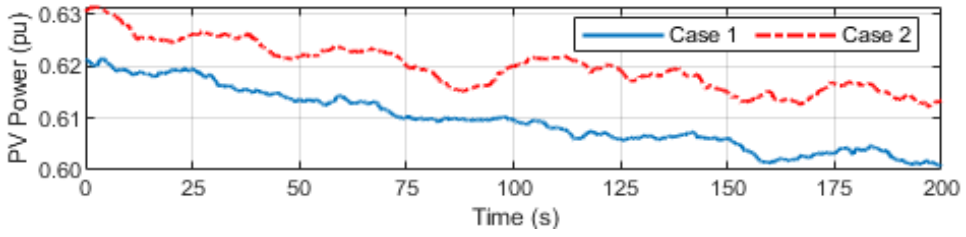
รูปที่ 5 (ก) กรณี 1 (ข) กรณี 2



(ก)



(ข)



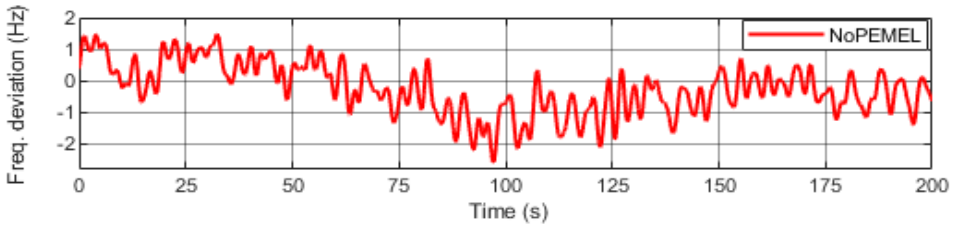
(ค)

รูปที่ 6 โหลดแบบสุ่มและกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม WTG กรณีศึกษา (ก) โหลดแบบสุ่ม (ข) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม (ค) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์

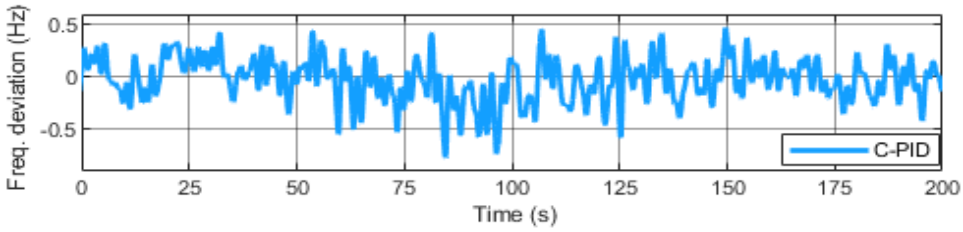
รูปที่ 6 แสดงความต้องการของโหลด กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม และกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ของกรณีศึกษา 2 กรณี โดยในกรณี 1 (Case 1) การแกว่งของความต้องการโหลด การแกว่งของกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม และการแกว่งของกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์จะต่ำกว่าในกรณี 2 (Case 2) ซึ่งหมายความว่า กรณีที่ 2 มีการรบกวนที่รุนแรงกว่ากรณีที่ 1 ดังนั้น ในกรณี 2 มีโอกาสที่การเบี่ยงเบนของความถี่ไมโครกริดจะสูงกว่ากรณี 1

ผลการจำลองกรณี 1 แสดงดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8 โดยรูปที่ 7 แสดงการเบี่ยงเบนของความถี่ ซึ่งพบว่า การเบี่ยงเบนของความถี่ในกรณี R-PID ที่นำเสนอต่ำกว่าวิธี C-PID และ NoPEMEL อย่างชัดเจน โดยสังเกตจากค่ามากที่สุดบนแกนตั้งที่แสดงถึงการเบี่ยงเบนความถี่ รูปที่ 8 แสดงกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอนและ ของทั้งสามวิธีจะเห็นว่า วิธีนำเสนอ R-PID ให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน และการเปลี่ยนแปลงของไฮโดรเจน m_{H2} ใกล้เคียงกับวิธี C-PID

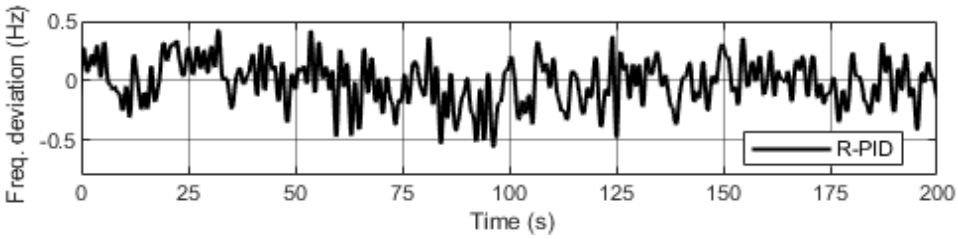
ผลการจำลองกรณี 2 แสดงดังรูปที่ 9 และรูปที่ 10 โดยรูปที่ 9 แสดงการเบี่ยงเบนของความถี่ ซึ่งพบว่า การเบี่ยงเบนของความถี่ในกรณี R-PID ที่นำเสนอต่ำกว่าวิธี C-PID และ NoPEMEL อย่างชัดเจน โดยสังเกตจากค่ามากที่สุดบนแกนตั้งที่แสดงถึงการเบี่ยงเบนความถี่ รูปที่ 10 แสดงกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอนและ ของทั้งสามวิธีจะเห็นว่า วิธีนำเสนอ R-PID ให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน และการเปลี่ยนแปลงของไฮโดรเจน m_{H2} ใกล้เคียงกับวิธี C-PID



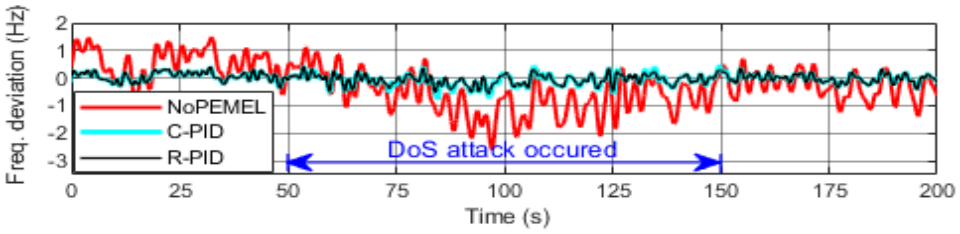
(ก)



(ข)

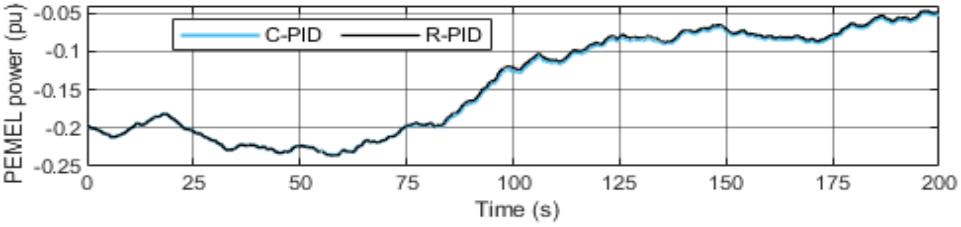


(ค)

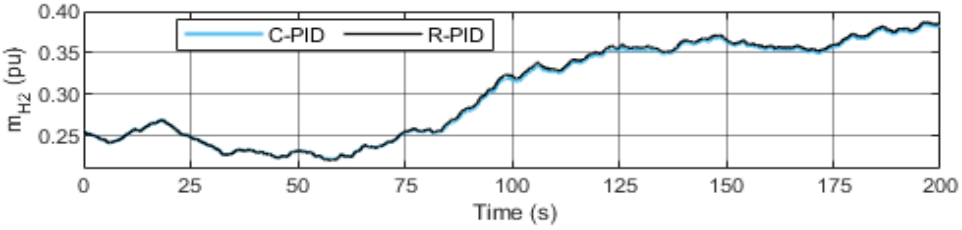


(ง)

รูปที่ 7 การเบี่ยงเบนความถี่ กรณี 1 (ก) NoPEMEL (ข) C–PID (ค) R–PID (ง) เปรียบเทียบทั้งสามวิธี

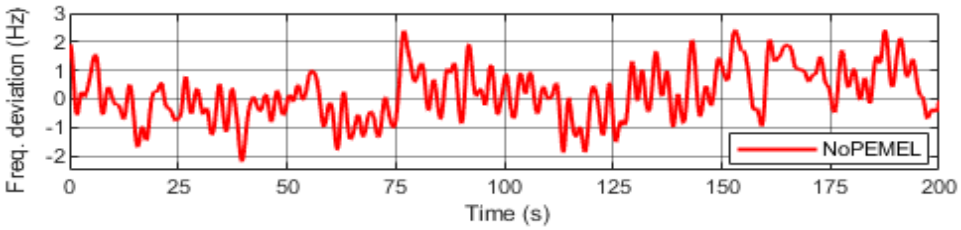


(ก)

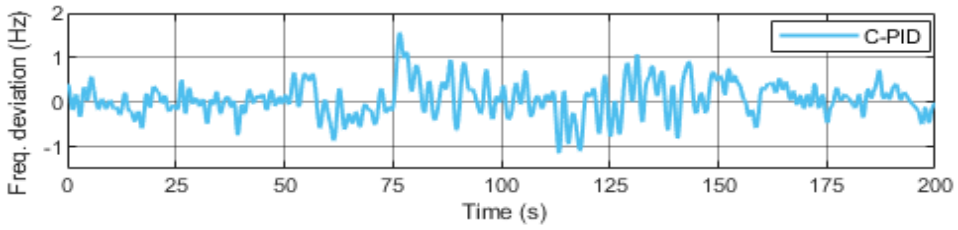


(ข)

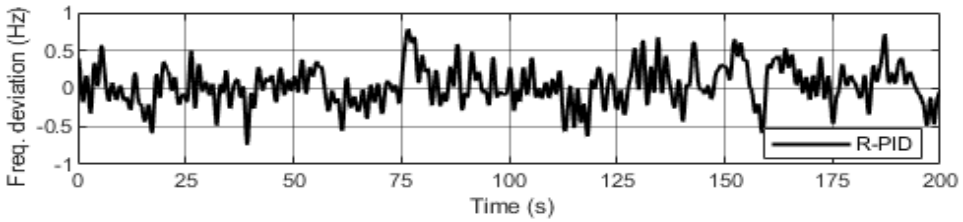
รูปที่ 8 กำลังไฟฟ้าและการเปลี่ยนแปลงของไฮโดรเจน กรณี 1 (ก)กำลังไฟฟ้าของ PEMEL (ข) การเปลี่ยนแปลงของไฮโดรเจน m_{H2}



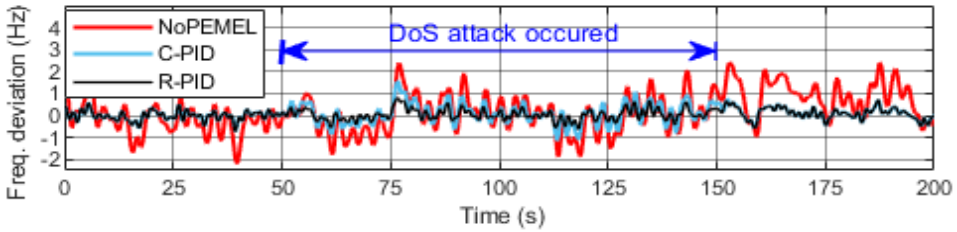
(ก)



(ข)

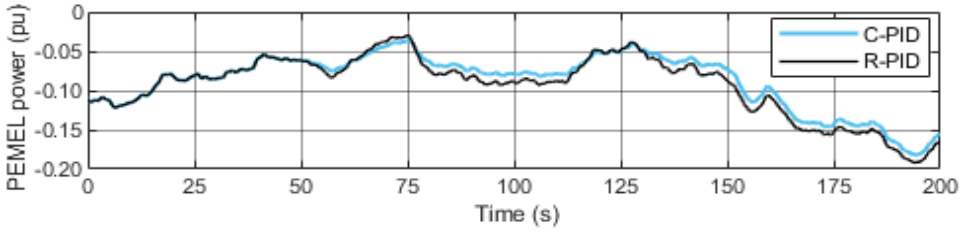


(ค)

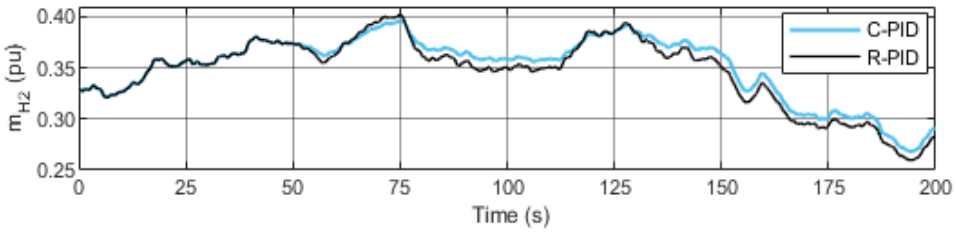


(ง)

รูปที่ 9 การเบี่ยงเบนความถี่ กรณี 2 (ก) NoPEMEL (ข) C–PID (ค) R–PID (ง) เปรียบเทียบทั้งสามวิธี



(ก)



(ข)

รูปที่ 108 กำลังไฟฟ้าและการเปลี่ยนแปลงของไฮโดรเจน กรณี 2
(ก) กำลังไฟฟ้าของ PEMEL, (ข) การเปลี่ยนแปลงของไฮโดรเจน m_{H2}

จากผลการจำลองทั้งสองกรณี จะเห็นว่า ค่าของการเบี่ยงเบนความถี่ใน กรณี C–PID และ R–PID มีค่าไม่แตกต่างกันในช่วงไม่มีการโจมตีทางไซเบอร์ เนื่องจากใช้พารามิเตอร์ PID ที่หาค่าเหมาะสมที่สุด ชุดเดียวกัน อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดการรบกวนทางไซเบอร์ วิธีการ R–PID สามารถลดการเบี่ยงเบนของความถี่ได้ดี กว่า C–PID เนื่องจากวิธี R–PID ได้ทำการพิจารณาสัญญาณที่มีการโจมตีทางไซเบอร์ และทำการสร้างสัญญาณใหม่ให้ใกล้เคียงกับสัญญาณที่มีโอกาสเป็นไปได้ เมื่อไม่มีการโจมตีทางไซเบอร์ ดังนั้น ทำให้ การเบี่ยงเบนความถี่ของวิธีนำเสนอ R–PID ดีกว่าวิธี C–PID ที่นำมาเปรียบเทียบ

สรุปผลและอธิปรายผล

บทความนี้ ทำการศึกษาพีไอดีแบบยืดหยุ่น (Resilient proportional–integral–derivative: R–PID) สำหรับควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton exchange membrane electrolyzer: PEMEL) เพื่อลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริดระหว่างการโจมตีไซเบอร์ชนิดปฏิเสธการให้บริการ (Denial–of–service: DoS) ตัวควบคุม R–PID ออกแบบโดยพิจารณาผลของการโจมตีทางไซเบอร์ ผลการจำลองกับไมโครกริดที่ใช้ในการศึกษาพบว่า ในระหว่างการโจมตีทางไซเบอร์ชนิดปฏิเสธการให้บริการ ตัวควบคุม R–PID ที่นำเสนอ สามารถลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริดได้อย่างดี และดีกว่าการควบคุมพีไอดีแบบทั่วไป

เอกสารอ้างอิง

1. S.K. Panda and B. Subudhi. **A review on robust and adaptive control schemes for microgrid.** J. Modern Pow. Syst. Clean Ener., vol. 11, no. 4, pp. 1027–1040, July 2023.
2. M. Jamali, et.al.. **Distributed cooperative event–triggered control of cyber–physical AC microgrids subject to denial–of–service attacks**. IEEE Trans. Smart Grid. (Early Access Article)
3. M.B. Hossain et al.. **Power system dynamic performance analysis based on frequency control by proton exchange membrane electrolyzers**. IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 59, no. 4, pp. 4998–5008, July–Aug. 2023.
4. M.B. Hossain et al.. **Dynamic electrical circuit modeling of a proton exchange membrane electrolyzer for frequency stability, resiliency, and sensitivity analysis in a power grid**. IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 59, no. 6, pp. 7271–7281, Nov.–Dec. 2023.
5. S. Muangchuen, J. Pahasa and C. Rakpenthai. **Enhanced resilient model predictive control electrolyzers for frequency regulations under severe denial–of–service attacks**. IEEE Access, vol. 12, pp. 65352–65361, 8 May. 2024.
6. S. Hu, X. Ge, X. Chen and D. Yue, **Resilient load frequency control of islanded AC microgrids under concurrent false data injection and denial–of–service attacks**. IEEE Trans. Smart Grid, vol. 14, no. 1, pp. 690–700, Jan. 2023.

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ

Development of a game-based learning model on reading capacitor values

ภัทรพันธ์ จันทร์สูง[1*] และ สันติ หุตะมาน[2]

Phattaraphun Chansoong[1*] and Santi Hutamarn[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการใช้เกมในการสอนเรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแก้ปัญหาผู้เรียนที่มีอุปสรรคในการแปลงหน่วยของตัวเก็บประจุและความสับสนในการอ่านค่า วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ 1) พัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานในการอ่านค่าตัวเก็บประจุ 2) ประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนหลังใช้รูปแบบนี้ และ 3) ประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยเกมเป็นฐาน

รูปแบบการทดลองเป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง เลือกเข้ากลุ่มด้วยวิธีเจาะจง ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ แผนกเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ชุดการเรียนรู้เกม เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ที่ใช้อุปกรณ์ไคเนคในการควบคุมเกมการเรียนรู้โดยใช้การเขียนโปรแกรมเกมจากโปรแกรมยูนิตี้ แบบทดสอบจำนวน 15 ข้อ และ แบบประเมินแรงจูงใจของผู้เรียน

ดำเนินการทดลองด้วยรูปแบบกลุ่มเดียว โดยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 15 ข้อ จากนั้นให้ผู้เรียนใช้งานชุดการเรียนรู้เกมการอ่านค่าตัวเก็บประจุ หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการจัดการเรียนรู้แล้ว ให้ผู้เรียนทำการทดสอบหลังเรียนจำนวน 15 ข้อ จากนั้นจึงให้ผู้เรียนทำแบบประเมินแรงจูงใจ

ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางเรียนในระดับสูงคิดเป็นร้อยละ 46.66 และ ความก้าวหน้าทางเรียนในระดับกลาง คิดเป็นร้อยละ 53.33 ผู้เรียนมีแรงจูงใจต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.59 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.43) สรุปได้ว่า การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ มาประยุกต์ช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในการอ่านค่าตัวเก็บประจุ และมีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ได้จริง

คำสำคัญ: การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน, ตัวเก็บประจุ แรงจูงใจ

[1] นักศึกษาปริญญาโท คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800

[2] สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800

[1] Master Degree Student Faculty of Techanical Education KMUTNB, Bangkok 10800

[2] Program in Mechatronics and Robotics Faculty of Techanical Education KMUTNB, Bangkok 10800

* Corresponding author : Artit_bun@hotmail.com

Abstract

This research focuses on the use of games in teaching about reading capacitors in electronic circuits to solve the problem of students having difficulty converting capacitor units and confusion in reading the values. The objective of this research is 1) Develop a game-based learning model for reading capacitors. 2) Evaluate student achievement after using this model. and 3) Assess the motivation of game-based learning learners.

Experimental Method. Choose to join a group in a specific way. The research participants were Vocational Certificate Level in Mechatronics Department at Angthong Technical College, 15 students. The research tools include game learning set about reading capacitor values, using the Kinect Device to control learning games using game programming from Unity. 15-question test and student motivation assessment form.

The experiment was conducted with a Single Group design. By having students take a test before class. 15-item pre-test, Then, let the students use the capacitor reading game learning set. After that, completed the learning management process. Then, the students take a post-test of 15 questions and the student motivation assessment form.

The research results found that learners made high academic progress, accounting for 46.66%. and educational progress at the middle level accounting for 53.33%. The learners are motivated towards the game-based learning process at the highest level. (Mean 4.59, standard deviation 0.43). In conclusion, the development of a game-based learning management model. About reading capacitor values applied to help create better motivation for learning. Including making students understand how to read capacitor values. There is real progress in learning.

Keywords: Game-based learning, Capacitor, Motivation

บทนำ

เทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น โดยเฉพาะเทคโนโลยีสารสนเทศด้านการออกแบบเกม ไม่เพียงเฉพาะเล่นเพื่อความเพลิดเพลินเท่านั้น แต่ยังได้นำมาประยุกต์ใช้กับทางด้านการจัดการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนในชั้นเรียนได้อีกด้วย โดยวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริม และ สนับสนุนให้ผู้เรียนมีบทบาทในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ภายในห้องเรียนได้อย่างเหมาะสม ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่หลากหลาย การเล่นเกมเพิ่มแรงจูงใจ และ การมีส่วนร่วมของนักเรียนอย่างมาก ผู้เรียนที่เรียนที่อยู่ในหลักสูตรอาชีวศึกษาหลังจากได้เรียนรู้ด้วยรูปแบบเกม มีความสนใจเรียนรู้ด้วยความสนุก และ มีผลการเรียนดีกว่าผู้เรียนที่ใช้วิธีการเรียนรู้แบบดั้งเดิมเล็กน้อย อันเป็นผลมาจากการมีส่วนร่วม และ การโต้ตอบของเกมกับผู้เรียน ทำให้สภาพแวดล้อมในการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น (García Iruela, M., & Hijón Neira R. , 2018); (Xiang, O. C., Ann, T. T., Hui, C. Y., & Yew, L. T., 2014); (He, M., Ratanaolarn, T., & Sitthiworachart, J., 2024) นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาทักษะต่าง ๆ ที่จำเป็น เช่น การคิดเชิงวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และ การทำงานเป็นกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ แนวคิดของการผสมผสานกัน ระหว่างการเรียนรู้ร่วมกับความบันเทิงนี้ ส่งเสริมให้เกิดการมีส่วนร่วม และ แรงจูงใจของผู้เรียนอย่างมาก โดยทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิด และ ทฤษฎีผ่านเกม สามารถนำไปสู่การปฏิบัติในสถานการณ์จริงได้ (Khan, M., et al., 2022) ประโยชน์ของการใช้เกมในการศึกษาไม่เพียงแต่ทำให้การเรียนรู้สนุกสนาน แต่ยังช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะต่าง ๆ ผ่านการเรียนรู้ที่มีความหมาย และ มี

ประสิทธิภาพมากขึ้น การใช้กลไกเกมในกระบวนการเรียนรู้ เป็นกระบวนการที่นำเอากลไกหรือองค์ประกอบของเกม เช่น คะแนน การเลื่อนระดับ รางวัล และ การแข่งขัน มาปรับใช้ในบริบทร่วมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ หรือกิจกรรมอื่นที่ไม่ใช่เกม เพื่อเพิ่มแรงจูงใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน (Diéguez, Á., et al., 2024)

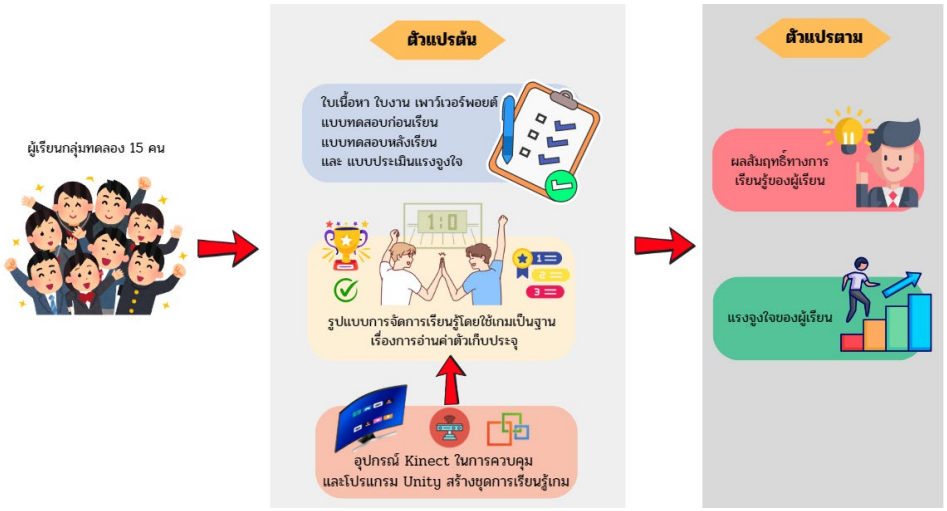
การจัดการเรียนรู้ของผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สังกัดคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ที่เรียนในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้า และ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แต่เดิมพบว่ามีปัญหาที่สำคัญในการจัดการเรียนรู้กล่าวคือ ผู้เรียนไม่เข้าใจในการอ่านค่า และ ไม่เห็นภาพในการอ่านค่าตัวเก็บประจุที่เป็นรหัส และ สัญลักษณ์ที่ซับซ้อน รวมถึงตัวเก็บประจุมีการระบุค่าที่แตกต่างกันมากมาย ทำให้ผู้เรียนสับสนในการที่ต้องแปลเป็นค่าความจุ หน่วยวัดของตัวเก็บประจุที่หลากหลายรูปแบบ ผู้เรียนเกิดความสับสน และ ปัญหาทางกายภาพของตัวเก็บประจุที่มีขนาดเล็กมากอาจมีการระบุค่าที่อ่านยาก ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่บนตัวเก็บประจุมีจำกัด (Fan, H., et al., 2023) ขณะเดียวกัน ตัวเก็บประจุก็มีหลากหลายชนิดในการอ่านที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ผู้เรียนให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนน้อยลง เพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเกม มาช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนในหัวข้อการอ่านค่าตัวเก็บประจุ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเห็นภาพเสมือนจริงในการอ่านค่าตัวเก็บประจุที่มีหลายชนิด ก่อนที่จะไปอ่านค่าตัวเก็บประจุของจริง และ มีความเข้าใจในสิ่งที่ผู้สอนต้องการจะสื่อสารได้ชัดเจน ช่วยกระตุ้นความสนใจ และ เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังช่วยเสริมสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่แปลกใหม่ในห้องเรียน (Carvalho, F., et al., 2024) โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนมีความ เข้าใจในการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างสนุกสนาน และ มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1) เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ
2) เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนหลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
3) เพื่อประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนหลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

กรอบแนวคิดการวิจัย สำหรับงานวิจัยนี้แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมุติฐานการวิจัยสำหรับงานวิจัยนี้ มีดังนี้

1) ผู้เรียนที่ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบเกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ มีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 0.3 ขึ้นไป) ตามสูตร Normalized Gain (Hake, 1998)

2) ผู้เรียนที่ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ มีแรงจูงใจ เฉลี่ยในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย 3.75) ขึ้นไป

วิธีวิทยาการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quisi-experimental Design) แบบแผนการวิจัยเป็นแบบทดสอบก่อน และ หลังกลุ่มเดียว (Fitz-Gibbon & Morris, 1987) แสดงดังตารางที่ 1

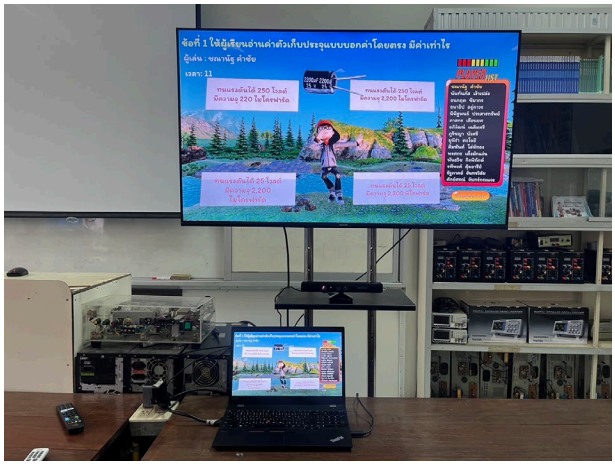
ตารางที่ 1 แบบแผนการทดลอง

E	O_1	X	O_2

โดยที่

E	หมายถึง	การทดลองที่มีผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 15 คน
O_1	หมายถึง	ทดสอบก่อนเรียน
X	หมายถึง	ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน
O_2	หมายถึง	ทดสอบหลังเรียน

ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้เรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 แผนกเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ปีการศึกษา 2567 จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วย แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบเกมเป็นฐานในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เรื่องตัวเก็บประจุ ชุดการเรียนรู้เกมเรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ใบเนื้อหา ใบงาน เพาว์เวอร์พอยต์ แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ และ แบบประเมินแรงจูงใจต่อการจัดการเรียนรู้เกมเป็นฐาน จำนวน 15 ข้อ โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน คือ ด้านความสนใจ (Attention) ด้านความเกี่ยวข้อง (Releavance) ด้านความมั่นใจ (Confident) และ ด้านความพึงพอใจ (Satisfaction) (อดุลย์, ศศิธร และ ศุภชัย, 2566) หลังจากสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประเมินความเหมาะสมในการนำเครื่องมือในการวิจัยไปทดลองใช้ และ ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์ กับ ข้อคำถามของแบบทดสอบ ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญพบว่า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.16) และ มีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์ กับ ข้อคำถามของแบบทดสอบ (มีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 1 ถึง 0.88) อยู่ในช่วงยอมรับได้ สามารถนำไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยวิจัยได้



ภาพที่ 3 ชุดการเรียนรู้เกม เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ

หลังจากสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำการทดลองกับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยที่เป็นผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 จำนวน 15 คน ดำเนินกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการเริ่มจากให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนแบบปรนัย 4 ตัวเลือก 15 ข้อ เมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนเสร็จแล้ว จึงดำเนินการสอนด้านทฤษฎีด้วยการนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจในเนื้อหา ด้วยวิธีใช้คำถามโต้ตอบกับผู้เรียน ใช้ระยะเวลาสั้นๆ ประมาณ 5-10 นาที จากนั้นจึงให้เนื้อหาที่เป็นทฤษฎีของตัวเก็บประจุ ผู้สอนใช้การบรรยายร่วมกับเพาว์เวอร์พอยต์ 50 นาที โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับการอ่านค่าตัวเก็บประจุทั้ง 3 แบบ ประกอบด้วย แบบที่ 1 การอ่านค่าที่ปรากฏบนตัวเก็บประจุ แบบที่ 2 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัส และ อักษรและ แบบที่ 3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผู้สอนบรรยายโดยใช้เพาว์เวอร์พอยต์เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ

เมื่อผู้เรียนผ่านการเรียนทฤษฎีเสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปให้ผู้เรียนทดลองใช้เกมเรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ โดยใช้โปรแกรมเกมที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมยูนิตี้ ร่วมกับ อุปกรณ์ไคเนคสำหรับควบคุมเกม โดยให้ผู้เรียนทั้ง 15 คน ต่อแถวเรียงตามเลขที่ เข้าเล่นเกมทีละ 1 คน เนื้อหาของเกมประกอบไปด้วย ระดับที่ 1 มี 3 ด่าน ในการอ่านค่าตัวเก็บแบบค่าที่ตัวเก็บประจุ มีกำหนดเวลา 15 วินาที ระดับที่ 2 มี 3 ด่าน ในการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษร มี

กำหนดเวลา 15 วินาที และระดับที่ 3 มี 3 ด่าน ในการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี มีกำหนดเวลา 15 วินาที โดยผู้เรียนเรียงแถวอ่านค่าตามเลขที่ให้ครบ 15 คน ถ้าผู้เรียนตอบผิด หรือตอบไม่ทันเวลา พลังจะลดลงไปเรื่อย ๆ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผู้เรียนใช้กระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดการเรียนรู้เกมเป็นฐาน

หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดการเรียนรู้เกมครบ 3 ระดับเสร็จสิ้นแล้ว จึงให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนแบบปรนัย 4 ตัวเลือก 15 ข้อ แสดงดังภาพที่ 6 เมื่อทำแบบทดสอบหลังเรียนเสร็จแล้ว จึงให้ผู้เรียนทำแบบประเมินแรงจูงใจต่อกระบวนการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานโดยผู้เรียนให้สแกน QR Code ในรูปแบบ Google Form จำนวน 15 ข้อ โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน 1. ด้านความสนใจ 2. ด้านความเกี่ยวข้อง 3. ด้านความมั่นใจ 4. ด้านความพึงพอใจ ดังภาพที่ 7 จากนั้นจึงนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ประกอบไปด้วย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 6 ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนแบบปรนัย 4 ตัวเลือก 15 ข้อ



ภาพที่ 7 ผู้เรียนทำแบบประเมินแรงจูงใจบน Google Form

ผลการศึกษา

หลังจากที่ผู้วิจัยดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยที่ประกอบไปด้วย แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบเกมเป็นฐาน ชุดการเรียนรู้เกม ใบเนื้อหา เพาว์เวอร์พอยต์ ใบงาน แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ และ แบบประเมินแรงจูงใจต่อการจัดการเรียนรู้ จำนวน 15 ข้อ มีผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

ลำดับ	หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมินความเหมาะสม		
		ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
1	ด้านเนื้อหาของบทเรียน	4.88	0.13	เหมาะสมมากที่สุด
2	ด้านคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4.76	0.17	เหมาะสมมากที่สุด
3	ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้	4.87	0.18	เหมาะสมมากที่สุด
	ผลการประเมินรวมทั้ง 3 ด้าน	**4.83**	**0.16**	**เหมาะสมมากที่สุด**

การประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยกิจกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ผลการประเมินความเหมาะสมดังตารางที่ 2 พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.16 ซึ่งอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าสามารถนำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนำไปใช้กับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยได้

เมื่อนำไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยที่เป็นผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.1) จำนวน 15 คน ก่อนดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 15 ข้อ หลังจากดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แล้วเสร็จจึงทำการทดสอบอีกครั้งด้วยแบบทดสอบชุดเดิม (แต่สลับข้อและสลับคำตอบ) จำนวน 15 ข้อ ซึ่งมีผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนรู้แบบ Normalized Gain (Hake, 1998)

ลำดับผู้เรียน	ผลคะแนนก่อนเรียน Pre-test (15)	ผลคะแนนก่อนเรียน Pre-test (15)	ค่า Normalized Gain	แปลผลความก้าวหน้าทางการเรียน
1	8 (53.3%)	14 (93.3%)	0.85	ระดับสูง
2	5 (33.3%)	11 (73.3%)	0.59	ระดับกลาง
3	4 (26.6%)	11 (73.3%)	0.63	ระดับกลาง
4	3 (20.0%)	10 (66.6%)	0.58	ระดับกลาง
5	8 (53.3%)	11 (73.3%)	0.42	ระดับกลาง
6	6 (40.0%)	13 (86.6%)	0.77	ระดับสูง
7	7 (46.6%)	15 (100%)	1.01	ระดับสูง
8	6 (40.0%)	15 (100%)	1.00	ระดับสูง
9	6 (40.0%)	14 (93.3%)	0.88	ระดับสูง
10	4 (26.6%)	8 (53.3%)	0.36	ระดับกลาง
11	7 (46.6%)	11 (73.3%)	0.50	ระดับกลาง
12	7 (46.6%)	10 (66.6%)	0.37	ระดับกลาง
13	5 (33.3%)	9 (60.0%)	0.40	ระดับกลาง
14	6 (40.0%)	13 (86.6%)	0.77	ระดักลาง
15	8 (53.3%)	14 (93.3%)	0.85	ระดับกลาง
ค่าเฉลี่ย	**6 (36.8%)**	**11.9 (79.5%)**	**0.67**	**ระดับกลาง**

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนตามสูตร Normalized Gain พบว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางเรียนอยู่ในระดับสูง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 46.66 และระดับกลาง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ทำให้ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนระดับกลางขึ้นไป ตรงตามสมมติฐานข้อที่ 1

ตารางที่ 4 ผลการประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนที่มีรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ (อดุลย์, ศศิธร และ ศุภชัย ,2566)

ลำดับ	หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมินความพึงพอใจ			
		N	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
1	ความสนใจที่จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน	15	4.73	0.47	มากที่สุด
2	เนื้อหาในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีความน่าสนใจ	15	4.45	0.69	มาก
3	เนื้อหาในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีความชัดเจนและทำให้ฉันมีสมาธิ ในชั้นเรียนมากขึ้น	15	4.55	0.52	มากที่สุด
4	รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ช่วยกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของฉันได้	15	4.73	0.47	มากที่สุด
5	รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ทำให้ฉันรู้สึกตื่นเต้น สนุก เพลิดเพลินในการเรียนรู้มากขึ้น	15	4.64	0.50	มากที่สุด
6	เนื้อหาการเรียนรู้เรื่องนี้จะเป็นประโยชน์กับฉันในรายวิชาที่ต้องใช้ตัวเก็บประจุ	15	4.73	0.47	มากที่สุด
7	ภาพ เสียง เนื้อหาภายในฉากช่วยให้ฉันเข้าใจเนื้อหาการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น	15	4.64	0.50	มากที่สุด
8	เป้าหมายรูปแบบการจัดการเรียนรู้ นั้นสอดคล้องกับสิ่งที่ฉันได้เรียนรู้ในชั้นเรียนและฉันสามารถเรียนรู้ได้ในชีวิตประจำวัน	15	4.55	0.69	มากที่สุด
9	รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นสื่อที่ช่วยสร้างความมั่นใจ	15	4.45	0.82	มาก
10	หลังจากใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ แล้วทำให้ฉันมั่นใจในความสามารถในการเรียนรู้มากขึ้น	15	4.73	0.47	มากที่สุด
11	วิธีเรียนรู้การอ่านค่าตัวเก็บประจุ ด้วยเกมทำให้ฉันรู้สึกว่ามันแปลกใหม่	15	4.67	0.49	มากที่สุด
12	จากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ นี้ทำให้ฉันรู้สึกชอบเรียนวิชานี้มากขึ้น	15	4.40	0.63	มาก
13	ฉันยินดีที่ได้เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้นี้และฉันต้องการใช้ชุดการเรียนรู้นี้เพื่อการเรียนรู้นอกเวลาเรียน	15	4.67	0.49	มากที่สุด
14	การเรียนรู้การอ่านค่าตัวเก็บประจุผ่านเกมโดยใช้การเคลื่อนไหวด้วยแขนมีความง่ายต่อการเล่นเกม	15	4.67	0.49	มากที่สุด
15	การเรียนรู้การอ่านตัวเก็บประจุผ่านเกมโดยใช้การเคลื่อนไหวด้วยแขนทำให้ฉันรู้สึกสนุก	15	4.73	0.46	มากที่สุด
	ผลการประเมินรวม		**4.59**	**0.43**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนที่มีรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานเรื่องการอ่านค่าตัวเก็บ มีผลการประเมินอยู่ในระดับ มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.59 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.43) ตรงตามสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนมีแรงจูงใจต่อกระบวนการเรียนรู้ อยู่ในระดับ มากที่สุด

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ มาทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนระดับดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.1) จำนวน 15 คน ซึ่งส่วนสำคัญคือการพัฒนาการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบเกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเพิ่มความเข้าใจในการอ่านค่าตัวเก็บประจุและ แทนที่การจัดการเรียนรู้แบบเดิมที่เน้นการบรรยายจากครูผู้สอนด้วยเพาว์เวอร์พอยต์แล้วทำแบบฝึกหัดตามใบสั่งงานเป็นหลัก ทำให้ผู้เรียนขาดความเข้าใจในการอ่านค่าตัวเก็บประจุ โดยมีผลจากการประเมินประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เห็นได้จากตารางที่ 2 อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน 0.16 และ มีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์ กับ ข้อคำถามของแบบทดสอบ (มีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 1 ถึง 0.88) อยู่ในช่วงยอมรับได้ สามารถนำไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยวิจัยได้เมื่อนำไปทดลองใช้ ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางเรียนรู้อยู่ในระดับสูง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 46.66 และระดับกลาง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 สอดคล้องกับสมมติฐานข้อ 1 และ ผลการประเมินความแรงจูงใจของผู้เรียนที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบเกมเป็นฐานอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.59 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.43 สอดคล้องกับสมมติฐานข้อ 2 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้รูปแบบเกมเป็นฐานช่วยให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจต่อการเรียน ส่งผลให้ความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). **การวิจัยเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

อดุลย์ พัดวี, ศศิธร ชูแก้ว และ ศุภชัย หอวิมานพร. (2566). **การพัฒนาชุดการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ทรานซิสเตอร์.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2567). หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 (ปรับปรุง พ.ศ. 2567). [สืบค้นวันที่ 1 กรกฎาคม 2567]. จาก https://bsq.vec.go.th/th-th/

Carvalho, F., Chibante, R., Vaz de Carvalho, C. (2024). **An Interactive Pedagogical Tool for Simulation of Controlled Rectifiers.** Information (Switzerland), 15(6), 327

Diéguez, Á., Canals, J., Moreno, S., Vilà, A. (2024). **Gamification for Teaching Integrated Circuit Processing in an Introductory VLSI Design Course.** Education Sciences, 14(8), 921

Fan, H. (2023). **A Case Study about Innovative Electromagnetic Engineering Education based on Capacitor Charging and Discharging.** WSEAS Transactions on Circuits and Systems, 22, pp. 36–40.

Fitz-Gibbon., & Carol, T. (1987). How to Design a Program Evaluation. Newbury Park : Sage.

Hake, R. R. (1998). **Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousandstudent survey of mechanics test data for introductory physics courses.** American journal of Physics, 66(1), 64-74.

García Iruela, M., & Hijón Neira, R. (2018). **How gamification impacts on vocational training students.** Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics).

García-Iruela, M., Hijón-Neira, R., & Connolly, C. (2021). **Analysis of three methodological approaches in the use of gamification in vocational training.** Information (Switzerland).

He, M., Ratanaolarn, T., & Sitthiworachart, J. (2024). **Design and implementation of online gaming for learning motivation and achievement improvement in computer information technology curriculum.** Computer-Aided Design and Applications.

Khan, M.A., Merabet, A., Alkaabi, S., Sayed, H.E. (2022). **Game-based learning platform to enhance cybersecurity education.** Education and Information Technologies, 27(4), pp. 5153–517.

Xiang, O. C., Ann, T. T., Hui, C. Y., & Yew, L. T. (2014). **Effectiveness of gamification in vocational technical education.** In Proceedings of the European Conference on Games-based Learning.

Zarraonandia, T., Díaz, P., Aedo, I., Bellucci, A. (2022). **Engaging educators in the ideation of scenarios for cross-reality game-based learning experiences.** Multimedia Tools and Applications, 83(15), pp. 46507–46529

การใช้ชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำด้วยตัวควบคุมพีไอดีแบบแอนาล็อกร่วมกับความจริงเสริม

Using an analog PID controller demonstration kit for water level control in conjunction with augmented reality

วรเมธ ชัยทวีพรสุข[1], สันติ หุตะมาน[1*], ปรัชญา เยาวลักษณ์[2] และ อาทิตย์ แก้วแดง[3]

Worramet Chaithawee[1], Santi Hutamarn[1*], Pratya Yaowaluk[2] and Artit Kaewdaeng[3]

บทคัดย่อ

การควบคุมอัตโนมัติ เป็นรายวิชาที่ใช้สอนนักศึกษาระดับปริญญาตรีของสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ ซึ่งในงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องใช้ความรู้จากรายวิชาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำโดยใช้ตัวควบคุมแบบแอนาล็อกโดยนำความจริงเสริมมาช่วยในการต่อวงจร มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยคือ 1) เพื่อพัฒนาชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำโดยใช้ตัวควบคุมแบบแอนาล็อกร่วมกับความจริงเสริม 2) เพื่อศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนที่มีต่อชุดสาธิตที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และ 3)เพื่อศึกษาทัศนคติของผู้เรียนที่มีต่อชุดสาธิตที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น การดำเนินการวิจัย เริ่มจากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้วิชา การควบคุมอัตโนมัติ จากนั้นจึงทำการออกแบบ และ สร้างชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำด้วยตัวควบคุมแบบแอนาล็อกที่ใช้ไอซีออปแอมป์เป็นอุปกรณ์หลักในการควบคุม แล้วจึงจัดทำใบเนื้อหา เพาว์เวอร์พอยต์ ใบงานประกอบการใช้ชุดสาธิต แอพพลิเคชันความจริงเสริม แบบทดสอบทฤษฎี และ แบบประเมินทัศนคติของผู้เรียนที่มีต่อชุดสาธิตที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีเนื้อหาแบ่งออกเป็น 3 หน่วยการเรียนรู้ ครอบคลุมเกี่ยวกับ 1)ฟังก์ชันถ่ายโอน และ แผนภาพบล็อก 2) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบระดับน้ำ และ 3)การออกตัวควบคุมแบบพีไอดี

[1] สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800

[2] วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 4

[3] วิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 4

[1] Program in Mechatronics and Robotics Faculty of Techanical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

[2] Uthaithani Technical College, Institute for Vocational Education : Northern Region 4

[3] Nakhonsawan Technical College, Institute for Vocational Education : Northern Region 4

*Corresponding author : santi.h@fte.kmutnb.ac.th

นำแบบทดสอบ ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับคำถามจากแบบทดสอบพบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.2–1.0 สามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลได้ จากนั้นจึงนำไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่เรียนในรายวิชา การควบคุมอัตโนมัติ จำนวน 34 คน ผลการทดสอบทางสถิติทดสอบที พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าการใช้ชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำโดยใช้ตัวควบคุมแบบแอนาล็อกร่วมกับความจริงเสริม ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น และ ผลการประเมินทัศนคติของผู้เรียนที่มีต่อชุดสาธิต อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.55 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.95)

คำสำคัญ: ชุดสาธิต, การควบคุมระดับน้ำ ออปแอมป์

Abstract

Automatic Control is a course taught to undergraduate students in the Mechatronics and Robotics Engineering program. This knowledge is essential in industrial applications. The researcher had the idea to create a water level control demonstration kit using an analog controller, incorporating augmented reality to assist with circuit connections. The research objectives were: 1) To develop a water level control demonstration kit with an analog controller integrated with augmented reality, 2) To study the learning progress of students using the developed demonstration kit, and 3) To examine students' attitudes towards the developed demonstration kit.
The research process began by studying the problems arising from teaching the Automatic Control course. Then, the researcher designed and built a water level control demonstration kit using an analog controller with op-amp ICs as the main control devices. Subsequently, content sheets, PowerPoint presentations, worksheets for using the demonstration kit, an augmented reality application, achievement tests and an attitude assessment form for students regarding the developed demonstration kit were created. The content was divided into three learning units covering: 1) Transfer functions and block diagrams, 2) Mathematical modeling of water level systems, and 3) PID controller design.

The achievement tests were evaluated by five experts for consistency between objectives and test questions. The Index of Item-Objective Congruence (IOC) ranged from 0.2 to 1.0, indicating that the tests could be used for data collection. The kit was then tested with 34 students enrolled in the Automatic Control course. Statistical t-test results showed that the mean post-test scores were significantly higher than pre-test scores at the .05 level, demonstrating that the use of the water level control demonstration kit with an analog controller and augmented reality improved learning outcomes. The assessment of students' attitudes towards the demonstration kit showed the highest level of appropriateness (mean 4.55, S.D. 0.95).

Keywords: Demonstration set, Water level control, Op-amp

บทนำ

นโยบายประเทศไทย 4.0 ส่งผลให้ประเทศไทยเกิดการเปลี่ยนแปลงไปสู่อุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งมีความสัมพันธ์และ เกี่ยวข้องโดยตรงกับ ระบบอัตโนมัติ ซึ่งได้นำมาใช้ในการควบคุมให้เป็นอัตโนมัติโดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม จะเห็นได้ว่ามีการนำระบบอัตโนมัติมาใช้มากขึ้น โดยที่องค์ความรู้ในระบบอัตโนมัตินี้อยู่จำกัดในวงแคบกำลังคนที่สถานศึกษาทั้งในระดับอาชีวศึกษา และ ระดับอุดมศึกษา ที่ผ่านมายังมีความรู้และทักษะที่ไม่ตรงกับความต้องการของตลาดแรงงาน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) เกิดการสูญเสียโอกาสในการพัฒนาประเทศในภาพรวม ดังนั้นเพื่อลดปัญหาที่กล่าวมา สถานศึกษาจึงควรจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้โดยเน้นให้ผู้เรียนลงมือทำให้มากที่สุด เพื่อให้เกิดมีทักษะที่สอดคล้องกับองค์ความรู้ โดยเฉพาะรายวิชาการควบคุมอัตโนมัติที่สถานศึกษาระดับอุดมศึกษาส่วนใหญ่จะเน้นหนักไปทางด้านทฤษฎีมากจนเกินไป การลงมือปฏิบัติจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิด และ หลักการทางทฤษฎีได้อย่างลึกซึ้ง ผู้เรียนเปลี่ยนการเรียนรู้เชิงนามธรรมในรูปแบบของทฤษฎี ไปสู่สิ่งที่เป็นนามธรรม สามารถจับต้องได้ผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย ทำให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Wang, Pedaste & Huang, 2022. ; Fernandez–Samaca & Ramirez, 2011. ; Sherman & Leonessa, 2005.) และหากนำไปใช้รวมกับสถานการณ์จำลองที่มีลักษณะใกล้เคียงกับของจริงในงานอุตสาหกรรม การให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจะช่วยให้มีความคงทนทางการเรียนเพิ่มขึ้น (Sherman & Leonessa, 2005. ; Cridlin, 2007.) โดยเฉพาะผู้เรียนในระดับอุดมศึกษาจะได้รับประโยชน์จากประสบการณ์ที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการบรรยายจากผู้สอนเพียงอย่างเดียว ขณะเดียวกัน การลงมือปฏิบัตินี้บางครั้งอาจเกิดความผิดพลาด ผู้เรียนจะต้องแก้ไขให้ถูกต้อง ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหา และมีความมั่นใจเพิ่มขึ้น (Alatalo, Torvela & Liedes, 2024. ; Hochgraf, 2022.)

การควบคุมระดับของเหลวในถัง เป็นระบบที่ทำให้เกิดอัตราการไหลของของเหลวไหลออกจากก้นถังและเพื่อที่จะรักษาระดับของของเหลวในถังให้คงที่ ก็จะต้องมีการเติมของเหลวลงในถังให้เท่ากับอัตราการไหลของของเหลวที่ไหลออก ก็จะทำให้ระดับของของเหลวในถังรักษาระดับคงที่อยู่เสมอ จากหลักการนี้จึงนำไปสู่การออกแบบการควบคุมระดับน้ำในถังให้คงที่ (กรณีของเหลวนั้นเป็นน้ำ) การควบคุมนี้หากใช้การป้อนกลับแบบลบ (Negative Feedback) ตัวควบคุมที่ใช้มักจะใช้เป็นตัวควบคุมแบบพีไอดี (PID Controller) มีจุดเด่นตรงที่มีความรวดเร็วในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อรักษาระดับความสูงของน้ำตามที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Zuo, 2010. ; Taneja, Tayal & Pandey, 2021.) ช่วยลดข้อผิดพลาดในสภาวะคงตัว (Steady State) ได้เป็นอย่างดี ส่งผลให้การรักษาความสูงของระดับน้ำมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับค่าปรับตั้ง (Setpoint) เกิดการแกว่ง (Oscillate) น้อย (Taneja, Tayal & Pandey, 2021. ; Ghazali, Aziz & Ismail, 2024.) การสร้างตัวควบคุมแบบพีไอดีสามารถสร้างได้ง่าย ทั้งแบบแอนาล็อก และ การเขียนโปรแกรมลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ พีแอลซี วงจรไม่สลับซับซ้อน แต่สามารถนำไปใช้ได้จริง (Parvathy, P.T.M.S. & Raghavendra, 2021.) เมื่อพิจารณาวงจรตัวควบคุมที่เป็นแอนาล็อก อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่นิยมนำมาใช้งานก็มักจะใช้ออปแอมป์ (op–amps) เป็นหลักซึ่งข้อดีของการใช้ออปแอมป์สำหรับควบคุมระดับน้ำ จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจทฤษฎีการควบคุมระบบป้อนกลับได้อย่างเป็นรูปธรรมผ่านกลไกของการป้อนกลับ โดยผู้เรียนจะเรียนรู้จากสิ่งที่เป็นนามธรรมไปสู่สิ่งที่เป็นรูปธรรมจากวงจรออปแอมป์ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากเซนเซอร์ ซึ่งจะนำสัญญาณที่ได้จากการป้อนกลับจากเซ็นเซอร์นี้ ส่งผ่านไปยังวงจรของตัวควบคุมพีไอดีที่สร้างจากออปแอมป์เช่นกัน เป็นวงจรง่ายๆ ไม่สลับซับซ้อน ผู้เรียนทำความเข้าใจได้ง่าย โดยตัวควบคุมจะรักษาระดับน้ำให้ได้ตามค่าที่ต้องการโดยอัตโนมัติ ทำให้เอาต์พุตของระบบมีเสถียรภาพ และ สามารถควบคุมได้ (Aphiratsakun et al., 2015; Pratilastiarso et al., 2016) การเข้าใจพฤติกรรมการทำงานของออปแอมป์ รวมถึงอัตราขยาย และ การตอบสนองต่อความถี่ มีความสำคัญอย่างยิ่งในการคาดการณ์เสถียรภาพ และ ประสิทธิภาพของ

การควบคุมระบบลูปปิด ซึ่งเป็นความรู้ที่จำเป็นสำหรับการออกแบบระบบเพื่อควบคุมให้มีเสถียรภาพ สามารถตอบสนองต่ออินพุต และ สิ่งรบกวนที่หลากหลายได้ (Mancini, 2009) นอกจากนี้การนำออปแอมป์ไปใช้ในการควบคุมระดับน้ำช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง ส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีการควบคุมระบบ และ การป้อนกลับแบบลบ ผ่านการทดลองปฏิบัติจริง (Gao & Lin, 2007) ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจหลักการทำงานของการควบคุมระบบจากทฤษฎีที่เป็นนามธรรม ไปสู่สิ่งที่เห็นจริงเป็นรูปธรรมผ่านวงจรออปแอมป์ ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นปรากฏการณ์จริงที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับสิ่งที่เป็นนามธรรมที่ได้จากทฤษฎี

เทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality : AR) เป็นเทคโนโลยีที่นำภาพจากคอมพิวเตอร์มาช่วยเสริมความเข้าใจต่อผู้เรียน ช่วยปรับปรุงการมองเห็นให้เป็นแบบ 3 มิติซึ่งมีสำคัญต่อการทำความเข้าใจแนวคิดทางวิศวกรรมที่ซับซ้อน จากการวิจัยพบว่าผู้เรียนที่ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม มีการมองภาพงานแบบ 3 มิติมีประสิทธิภาพ และ มีความเข้าใจ ดีกว่าผู้ที่ใช้วิธีการแบบดั้งเดิม (Tiwari & Bhagat, 2023; Kudale & Buktar, 2022) ช่วยเพิ่มแรงจูงใจของผู้เรียนให้เพิ่มสูงขึ้น ดังตัวอย่างงานวิจัยที่ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักศึกษาวิศวกรรมเคมี ทดลองใช้บทเรียนที่ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมเป็นส่วนประกอบ พบว่า ผู้เข้าร่วมวิจัยมีแรงจูงใจสูงขึ้น และ มีประโยชน์มากกว่าวิธีการสอนแบบดั้งเดิม (Low et al., 2022) ในทำนองเดียวกับกรณีที่ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักศึกษาสาขาวิศวกรรมเครื่องกล พบว่าช่วยส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับส่วนประกอบทางกลเพิ่มมากขึ้น (Urbina Coronado et al., 2022) สื่อประกอบการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมช่วยปรับปรุงผลลัพธ์การเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปแบบการสอนที่เน้นกิจกรรม และ การสำรวจ ช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่ใช้วิธีการสอนแบบดั้งเดิม (Sriadhi et al., 2022) ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบโต้ตอบแบบทันทีทันใด ซึ่งช่วยเพิ่มความเข้าใจ และ การจดจำแนวคิดพื้นฐานทางวิศวกรรมได้เป็นอย่างดี (Waskito et al., 2024) การนำเทคโนโลยีความจริงเสริม ไปใช้ร่วมกับผู้สอนเสมือนจริง ช่วยให้ผู้เรียนลดภาระในการจินตนาการจากงานที่สลับซับซ้อนได้เป็นอย่างดี เป็นตัวช่วยแนะนำให้ผู้เรียนเข้าใจงานที่ซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น ทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น (Kim et al., 2023) ผู้เรียนที่ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมประกอบการเรียนมีการรับรู้เชิงบวกต่อกระบวนการเรียนรู้ ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อความสามารถของตนเองในการเปลี่ยนแนวคิดที่เป็นนามธรรม ให้เป็นสิ่งที่เห็นเป็นรูปธรรมเพิ่มมากขึ้น (Tiwari & Bhagat, 2023; Urbina Coronado et al., 2022; Waskito et al., 2024) สรุปได้ว่า เทคโนโลยีความจริงเสริมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ในการศึกษาด้านวิศวกรรมอย่างมีนัยสำคัญ ช่วยให้การมองภาพ 2 มิติ เป็น 3 มิติ ทำให้ผู้เรียนมองภาพได้ง่ายยิ่งขึ้น ช่วยเพิ่มแรงจูงใจ สนับสนุนการเรียนรู้ด้วยตนเอง และ ลดภาระทางปัญญาของผู้เรียนในการจินตนาการสิ่งที่สลับซับซ้อนให้เห็นเป็นสิ่งที่ง่ายขึ้น นำไปสู่ผลลัพธ์การเรียนรู้โดยรวมที่ดีขึ้น

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น และ แนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดีที่สร้างขึ้นจากออปแอมป์ มาใช้ประกอบการเรียนรู้ โดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมช่วยในการประกอบต่อวงจร นำมาทดลองใช้กับผู้เรียนในระดับปริญญาตรี ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในรายวิชาการควบคุมอัตโนมัติ ปีการศึกษา 2566

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1) เพื่อพัฒนาชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำโดยใช้ตัวควบคุมแบบแอนาล็อกร่วมกับความจริงเสริม
2) เพื่อศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนที่มีต่อชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำโดยใช้ตัวควบคุมแบบแอนาล็อกร่วมกับความจริงเสริม
3) เพื่อศึกษาทัศนคติของผู้เรียนที่มีต่อชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำโดยใช้ตัวควบคุมแบบแอนาล็อกร่วมกับความจริงเสริม

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน(ถ้ามี)

1) ผู้เรียนที่ผ่านการใช้ชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำโดยใช้ตัวควบคุมแบบแอนาล็อกร่วมกับความจริงเสริม มีความก้าวหน้าทางการเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) ผู้เรียนที่ผ่านการใช้ชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำโดยใช้ตัวควบคุมแบบแอนาล็อกร่วมกับความจริงเสริม มีทัศนคติอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 3.5 ขึ้นไปตามมาตรวัดประเมนค่าของไลเคิร์ท

วิธีวิทยาการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยที่ใช้ในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ แบบแผนการวิจัยเป็นแบบกึ่งการทดลอง ในลักษณะแบบแผนการวิจัย One Group Pretest Posttest Design แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบแผนการทดลอง

O_1	X	O_2

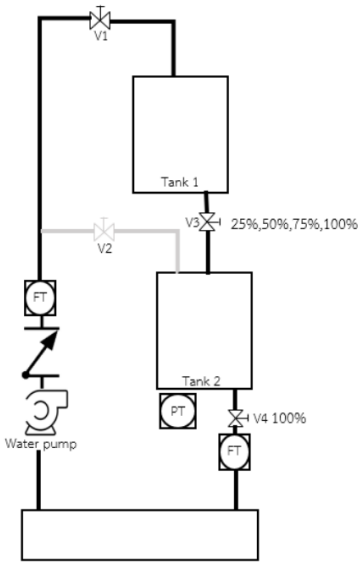
โดยที่

O_1 หมายถึง การสอบก่อนรียน

X หมายถึง การดำเนินการจัดการเรียนรู้ร่วมกับชุดสาธิต และ ความจริงเสริม

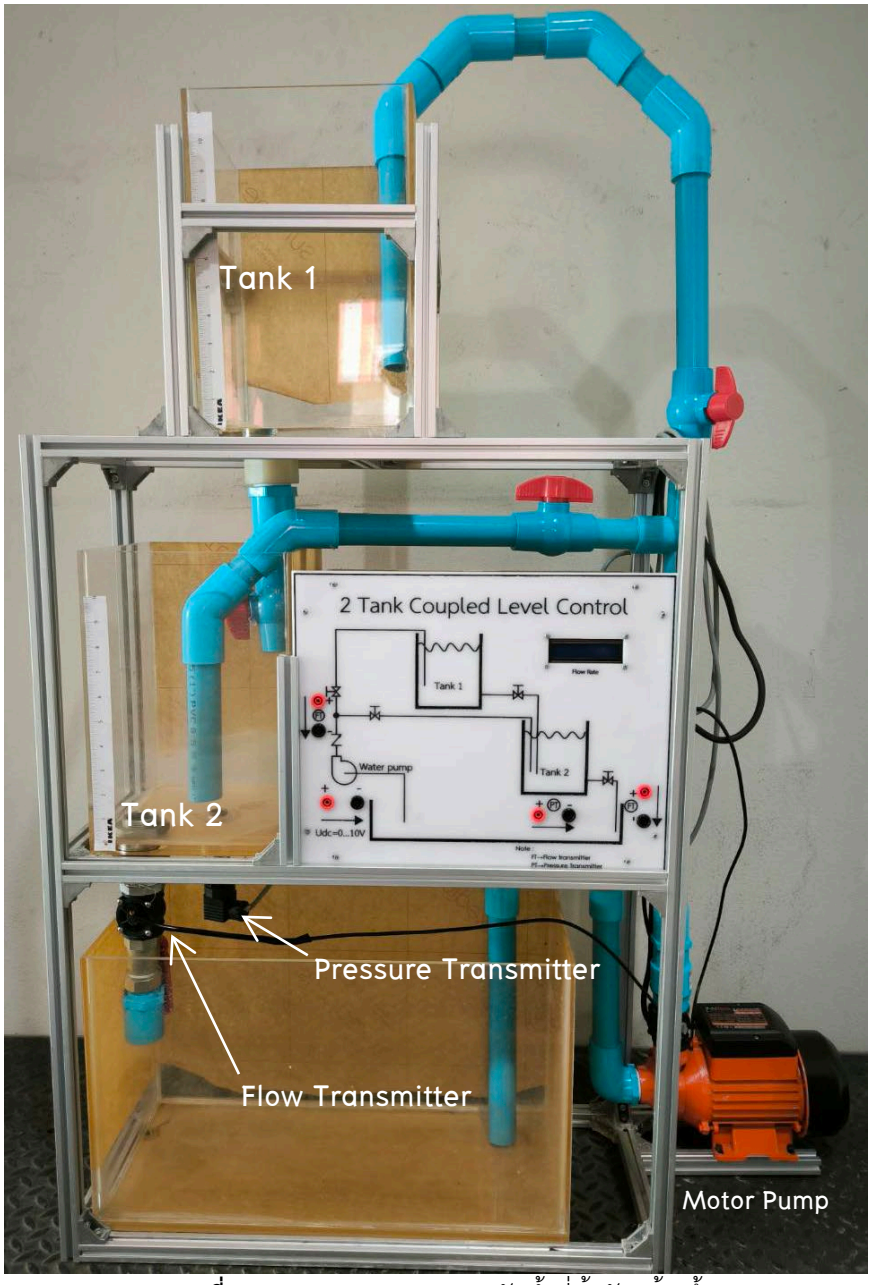
O_2 หมายถึง การสอบหลังเรียน

ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้เรียนในระดับปริญญาตรี ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่เรียนวิชา การควบคุมอัตโนมัติ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 34 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วย ชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำโดยใช้ตัวควบคุมแบบแอนาล็อก, ใบเนื้อหา เพาว์เวอร์พอยต์ ใบงานประกอบการใช้ชุดสาธิต แอพพลิเคชันความจริงเสริม แบบทดสอบทฤษฎี แบบทดสอบทักษะปฏิบัติ และ แบบประเมินทัศนคติของผู้เรียนที่มีต่อชุดสาธิตที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีเนื้อหาแบ่งออกเป็น 3 หน่วยการเรียนรู้ ครอบคลุมเกี่ยวกับ 1) ฟังก์ชันถ่ายโอน และ แผนภาพบล็อก 2) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมระดับน้ำ และ 3) การออกตัวควบคุมแบบพีไอดี



ภาพที่ 1 แผนภาพการทำงานของการควบคุมระดับน้ำ

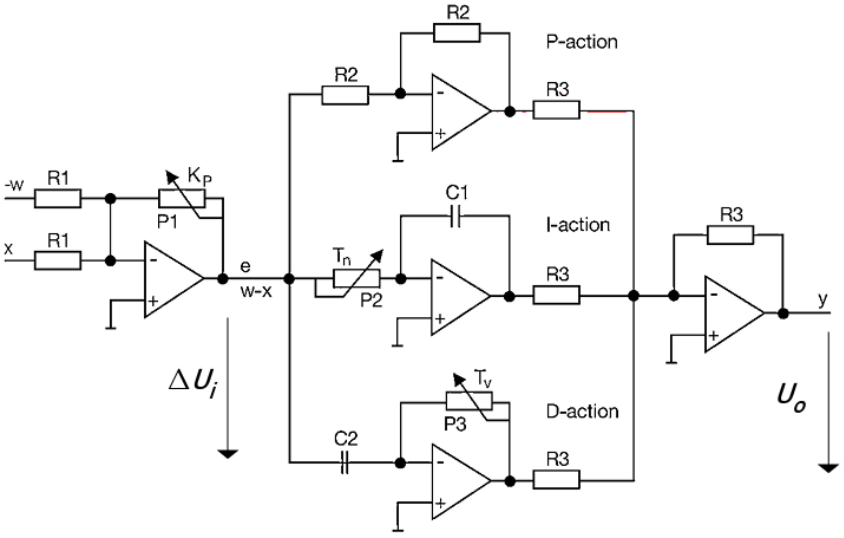
ชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำโดยใช้ตัวควบคุมแบบแอนาล็อกมีแผนภาพการทำงานแสดงดังภาพที่ 1 ปั๊มน้ำ (Water Pump) ขนาดพิกัด 450 วัตถ์ ใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ อัตราการไหลสูงสุด 3.2 ลูกบาศ์เมตรต่อชั่วโมง ทำหน้าที่ปรับอัตราการไหล(ด้วยการปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ป้อนให้มอเตอร์ปั๊ม) ผ่านวาล์วกันกลับ (Check Valve) และ เซ็นเซอร์วัดอัตราการไหล(Flow Transmitter : FT) ผ่านวาล์ว V_1 ส่งไปยังถังน้ำ(Tank 1) ขนาด 20x20x30 (กxยxส) เซนติเมตร เพื่อสร้างเวลาประวิง (Delay Time) ก่อนที่จะไหลไปยังถังน้ำที่ 2 (Tank 2) ขนาด 20x20x30 เซนติเมตร การปรับค่าเวลาในการประวิงของระบบสามารถปรับได้ที่วาล์ว V_3 และ V_4 ที่ก้นถังของถังที่ 2 ด้วยเซ็นเซอร์วัดแรงดัน (Pressure Transmitter : PT) ที่สามารถวัดระดับของแรงดันที่ก้นถังได้ระหว่าง 0–30 มิลลิบาร์ ถ้าเปิดวาล์ว V_4 จะทำให้น้ำไหลเวียนไปยังถังพักน้ำที่มีขนาด 20x50x30 เซนติเมตร ถังพักน้ำมีปริมาตรความจุของน้ำไม่น้อยกว่าปริมาตรของถังที่ 1 และถังที่ 2 รวมกัน อัตราการไหลจากถังที่ 2 ไปยังถังพักสามารถดูได้จากค่าที่ส่งมาจากเซ็นเซอร์วัดอัตราการไหลที่ติดตั้งอยู่ในท่อด้านออก จากภาพที่ 1 เมื่อนำมาสร้างเป็นชุดสาธิตแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

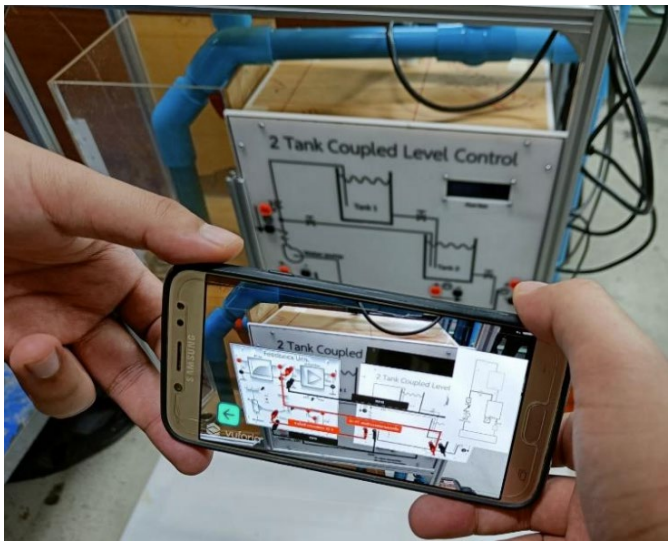
เมื่อสร้างชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการออกแบบวงจรควบคุมเพื่อรักษาระดับน้ำ ในงานวิจัยนี้ใช้ไอซีออปแอมป์เป็นหลัก ตัวควบคุมใช้เป็นแบบพีไอดี โดยวงจรของตัวควบคุมพีไอดีแสดงดังภาพที่ 3

จากวงจรออปแอมป์ในภาพที่ 3 สัญญาณ –W คือสัญญาณปรับตั้ง (Setpoint) เป็นค่าที่ต้องการให้เอาต์พุตรักษาระดับความสูงตามที่ต้องการ สัญญาณ X เป็นสัญญาณที่รับค่าจากเซ็นเซอร์วัดแรงดันที่ก้นถัง ซึ่งเป็นค่าความสูงของระดับน้ำ โดยที่ระดับความสูงของน้ำจะแปรผันโดยตรงกับแรงดันที่ก้นถังสัญญาณที่ออกจากออปแอมป์ตัวแรกจะเป็นค่าของความผิดพลาด (Error : e) จากนั้นจึงส่งไปยังตัวควบคุมพีไอดี ซึ่งสามารถปรับค่าอัตราการขยายของตัวควบคุมพี K_P จากตัวต้านทาน P_1 ปรับค่าเวลาในการอินทิเกรต T_n จากตัวต้านทาน P_2 และ เวลาของการอนุพันธ์ T_v จากตัวต้านทาน P_3



ภาพที่ 3 วงจรออปแอมป์ที่สร้างเป็นตัวควบคุมพีไอดี

เมื่อออกแบบวงจรออปแอมป์เพื่อควบคุมระดับน้ำเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปจึงทำการออกแบบเทคโนโลยีความจริงเสริม เริ่มจากสร้างโมเดลสามมิติ (3D) ด้วยโปรแกรม Solidworks ทำการลงสีด้วยโปรแกรมเบลนเดอร์ จากนั้นจึงนำไปใช้งานในโปรแกรม Unity โดยจะต้องบันทึกให้มีนามสกุลไฟล์ในรูปแบบ .FBX การสร้างแอปพลิเคชันระบบความจริงเสริมใช้โปรแกรม Unity โดยมี Vuforia Engine สำหรับสร้างเทคโนโลยีความจริงเสริมซึ่งจำเป็นต้องสร้างข้อมูลของภาพใน Vuforia เพื่อนำมาใช้เป็นตัวตรวจจับในเทคโนโลยีความจริงเสริม ช่วยดึงดูดความสนใจของผู้เรียนในการต่อวงจร การสร้างแอปพลิเคชันในการสร้างข้อมูลภาพสำหรับแสดงผล เพื่อความง่ายจะใช้เว็บไซต์ https://developer.vuforia.com ช่วยในการสร้างภาพ เพื่อนำภาพมาใช้เป็นตัวตรวจจับ เมื่อสร้างข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ดาวน์โหลดข้อมูลเพื่อนำเข้าโปรแกรมยูนิตี้ และ ใช้งานโมเดลต่อไป แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การใช้ความจริงเสริมช่วยผู้เรียนในการต่อสายเพื่อควบคุมระดับน้ำ

หลังจากสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับข้อคำถามจากแบบทดสอบ ผลการประเมินความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญพบว่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับข้อคำถามจากแบบทดสอบอยู่ระหว่าง 0.5–1.0 สามารถนำไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 34 คนได้ ก่อนเริ่มจัดการเรียนรู้ ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำแบบทดสอบก่อนเรียนด้านทฤษฎีจำนวน 24 ข้อ จากนั้นจึงดำเนินกิจกรรมการสอนโดยใช้ชุดสาธิตที่สร้างขึ้นร่วมกับความจริงเสริมประกอบการสอนจำนวน 3 หน่วย ครอบคลุมเกี่ยวกับ 1)ฟังก์ชันถ่ายโอน และ แผนภาพบล็อก 2)แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมระดับน้ำ และ 3)การออกตัวควบคุมแบบพีไอดี จำนวน 4 ครั้ง (รวมการสอบด้วย)

เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 3 หน่วยแล้ว จึงให้ผู้เรียนทำแบบประเมินทัศนคติ แล้วจึงดำเนินการทดสอบด้วยแบบทดสอบหลังเรียนจำนวน 24 ข้อ นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ประกอบไปด้วย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ย และ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบ ที (t-test) แบบจับคู่

ผลการศึกษา

หลังจากที่ผู้วิจัยดำเนินการสร้างชุดสาธิตเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยที่เป็นผู้เรียนระดับปริญญาตรีจำนวน 34 คน ก่อนดำเนินกิจกรรมทำการทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบจำนวน 24 ข้อ และหลังจากดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 หน่วย ให้ผู้เรียนประเมินระดับทัศนคติของผู้เรียนที่มีต่อชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำร่วมกับความจริงเสริม มีผลการประเมินทัศนคติของผู้เรียนแสดงดังตารางที่ 2 แล้วจึงให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนจำนวน 24 ข้อ ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบ ก่อนและหลังเรียน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการประเมินระดับทัศนคติของผู้เรียนที่มีต่อชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำร่วมกับความจริงเสริม

ลำดับ	หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมินความเหมาะสม		
		ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
1	ฉันมองเห็นความสำคัญของการเรียนวิชานี้	4.53	0.97	เหมาะสมมากที่สุด
2	ฉันคิดว่าเนื้อหามีกระบวนการและการจัดลำดับในการให้เนื้อได้ชัดเจน	4.59	0.90	เหมาะสมมากที่สุด
3	ฉันคิดว่าเนื้อหาที่เรียนทำให้เข้าใจการควบคุมมากขึ้น	4.68	0.70	เหมาะสมมากที่สุด
4	ฉันคิดว่าเนื้อหาเข้าใจง่าย	4.35	1.06	เหมาะสมมาก
5	ฉันคิดว่าเนื้อหาที่เรียนสอดคล้องกับรายวิชาการควบคุมระบบ	4.56	1.00	เหมาะสมมากที่สุด
6	ฉันรู้สึกสนุกกับเนื้อหาที่ได้เรียนครั้งนี้	4.50	0.97	เหมาะสมมากที่สุด
7	ฉันคิดว่าเนื้อหาที่เรียนนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง	4.47	1.06	เหมาะสมมาก
8	ฉันคิดว่าชุดสาธิตส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น	4.50	1.06	เหมาะสมมากที่สุด
9	ฉันคิดว่าชุดสาธิต มีการทดลองที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่ได้เรียนรู้	4.53	1.00	เหมาะสมมากที่สุด
10	ฉันคิดว่าชุดสาธิต เป็นสื่อที่ช่วยให้ฉันคิด วิเคราะห์	4.65	0.82	เหมาะสมมากที่สุด

ลำดับ	หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมินความเหมาะสม		
		ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
	เพิ่มมากขึ้น			
11	ฉันคิดว่าชุดสาธิต ส่งเสริมให้ฉันพัฒนาทักษะมากขึ้น	4.44	1.03	เหมาะสมมาก
12	ฉันคิดว่าชุดสาธิต สามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับรายวิชาอื่นที่มีเนื้อหาสูงขึ้นได้	4.62	0.86	เหมาะสมมากที่สุด
13	ฉันคิดว่าวิธีการวัดและประเมินผลมีความเหมาะสม	4.68	0.81	เหมาะสมมากที่สุด
14	ฉันได้รับข้อมูลที่เป็นประโยชน์จากการวัดและประเมินผล	4.56	1.00	เหมาะสมมากที่สุด
ผลการประเมินรวมทั้ง 3 ด้าน		**4.55**	**0.95**	**เหมาะสมมากที่สุด**

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนของผู้เรียน ก่อน–หลัง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากโปรแกรม spss

การสอบ	คะแนนเต็ม	n	$\overline{X}$	S.D.	df	t	p_{2-tail}
ก่อนเรียน	24	34	7.85	2.51	33	10.265	.00*
หลังเรียน	24	34	19.09	5.48			

*p/2 <.05

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำโดยใช้ตัวควบคุมแบบแอนาล็อกโดยนำความจริงเสริมมาช่วยในการต่อวงจร ทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนระดับปริญญาตรี ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่เรียนวิชา การควบคุมอัตโนมัติ ปีการศึกษา 2566 จำนวน 34 คน ซึ่งการพัฒนาชุดสาธิตนี้มีจุดประสงค์เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเห็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากของจริงแทนที่การจัดการเรียนรู้แบบเดิมที่เน้นการบรรยายด้วยเพาว์เวอร์พอยต์เป็นหลัก ทำให้ผู้เรียนที่มีพื้นฐานคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำไม่สามารถทำความเข้าใจจากสิ่งที่อธิบายด้วยสมการได้ดี ผู้เรียนสามารถดูผลการทดลองจากการวัดสัญญาณด้วยออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) โดยใช้ความจริงเสริมช่วยให้ผู้เรียนต่อวงจรบนแผงทดลองของชุดสาธิตได้ง่ายขึ้น จากนั้นผู้เรียนจะต้องนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากผลตอบสนองของระบบ (วัดจากออสซิลโลสโคป) มาเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ วิธีการนี้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจสมการทางคณิตศาสตร์จากการวัดผลตอบสนองของระบบได้เป็นอย่างดี ก่อนที่จะนำไปทดลองใช้กับผู้เรียน ผู้วิจัยนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์ หรือ IOC (Index of Item–Objective Congruence) มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.5–1.0 โดยปรับปรุงข้อสอบที่มีค่าดัชนีต่ำกว่า 0.5 ใหม่ ได้แบบทดสอบจำนวน 24 ข้อ ที่สามารถนำไปทดสอบกับผู้เรียนได้ แล้วนำไปทดลองใช้กับผู้เรียนทั้ง 34 คน พบว่า ผู้เรียนมีผลการประเมินระดับทัศนคติของผู้เรียนที่มีต่อชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำร่วมกับความจริงเสริมในภาพรวมที่ระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.55 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.95 ดังจากตารางที่ 2 โดยมีผลประเมินทัศนคติของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้ร่วมกับชุดสาธิตและความจริงเสริมอยู่ในระดับมากที่สุดจำนวน 11 หัวข้อย่อย จากจำนวนข้อคำถามย่อยทั้งหมด 14 หัวข้อ

แสดงว่าผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจกับสิ่งที่มองเห็นปรากฏการณ์ และ มีทัศนคติที่ดีต่อสิ่งที่ได้เห็นจากปรากฏการณ์จริง ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่าย ส่งผลโดยตรงต่อความก้าวหน้าของผู้เรียนที่มีผลจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการสถิติทดสอบ t-test แบบจับคู่ (Paired-Samples) จากโปรแกรม spss เวอร์ชัน 28.0 ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าการนำชุดสาธิตร่วมกับความจริงเสริมมาใช้เป็นสื่อประกอบการจัดการเรียนรู้จะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และ ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพปรากฏการณ์จริงที่เป็นรูปธรรมสามารถทำความเข้าใจได้มากกว่าสิ่งที่เป็นนามธรรมจากสมการทางคณิตศาสตร์

ข้อแนะนำในการนำงานวิจัยนี้ไปใช้งาน ควรเลือกใช้เซ็นเซอร์ที่มีความเชื่อถือได้ เนื่องจากการป้อนกลับอาจเกิดสัญญาณรบกวนได้ง่าย และ เนื่องจากเป็นวงจรแอนาล็อก วงจรฟิลเตอร์จึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำมาใช้งาน รวมถึงการนำความจริงเสริมมาใช้จะต้องมั่นใจว่าผู้เรียนมีโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่สามารถใช้งานร่วมกับแอปพลิเคชั่นของความจริงเสริมได้เป็นอย่างดี และ เนื่องจากผู้เข้าร่วมวิจัยมีจำนวนน้อย จึงไม่สามารถใช้การทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบที (t-test) เพื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มผู้เรียนที่ใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบเดิมในการวิจัยครั้งนี้ได้ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปที่กลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยมีน้อย (ต่ำกว่า 30 คน) ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย และต้องการนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างในการเรียนรู้ จึงควรนำการทดสอบโดยใช้สถิติแบบ non-parametric มาใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการอุดหนุนการนำเสนองานวิจัยจาก ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประจำปี พ.ศ.2568 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). **แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๖๐-๒๕๗๙.** กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.

Alatalo, J., Torvela, J.E., & Liedes, T. (2024**). Improving a practical course assignment for mechatronics education.** International Journal of Mechanical Engineering Education.

Aphiratsakun, N., Suvittayakul, W., & Saingam, K. (2015). **AU water level process control system**. In ECTI-CON 2015 - 2015 12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology.

Cridlin, L.D. (2007). **The importance of hands-on learning.** International Laser Safety Conference: The World's Leading Conference on Laser Safety, ILSC 2007.

Fernández-Samacá, L., & Ramírez, J.M. (2011). **Learning control concepts in a fun way.** International Journal of Engineering Education.

Gao, L., & Lin, J. (2007). **Labview and internet based remote water level control laboratory.** In Proceedings of the 2007 1st International Symposium on Information Technologies and Applications in Education, ISITAE 2007.

Hochgraf, C. (2022). **Control Systems Laboratory for Hands-on Remote Learning at Scale.** ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings.

Kim, J.H., Yu, C.-Y., Seo, K., & Oprean, D. (2023). **The Effect of Virtual Instructor and Metacognition on Workload in a Location-Based Augmented Reality Learning Environment.** Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society.

Kudale, P., & Buktar, R. (2022). **Investigation of the Impact of Augmented Reality Technology on Interactive Teaching Learning Process.** International Journal of Virtual and Personal Learning Environments.

Low, D.Y.S., Poh, P.E., & Tang, S.Y. (2022). **Assessing the impact of augmented reality application on students' learning motivation in chemical engineering.** Education for Chemical Engineers.

Mancini, R. (2009). Feedback and Stability Theory. In Op Amps for Everyone.

Pratilastiarso, J., Tridianto, E., Elvian, G. P. H., & Ika, C. A. (2016). **Simulation water level system with feedback feedfoward control.** In Proceedings – 2016 International Electronics Symposium, IES 2016.

Sherman, M., & Leonessa, A. (2005). **An applied method of instruction for feedback control systems and mechatronics to undergraduate engineering students at The University of Central Florida.** American Society of Mechanical Engineers, Dynamic Systems and Control Division (Publication) DSC.

Sriadhi, S., Hamid, A., Sitompul, H., & Restu, R. (2022). **Effectiveness of Augmented Reality-Based Learning Media for Engineering-Physics Teaching.** International Journal of Emerging Technologies in Learning.

Tiwari, A.S., & Bhagat, K.K. (2023). **A Comparative Study of Traditional and Augmented Reality-Based Engineering Drawing Instruction: Effects on Visualization Skills and Cognitive Load.** 31st International Conference on Computers in Education, ICCE 2023 – Proceedings.

Urbina Coronado, P.D., Demeneghi, J.A.A., Ahuett-Garza, H., & Martínez, M.M. (2022). **Representation of machines and mechanisms in augmented reality for educative use.** International Journal on Interactive Design and Manufacturing.

Wang, W.-S., Pedaste, M., & Huang, Y.-M. (2022). **Designing STEM Learning Activity Based on Virtual Reality.** Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics).

Waskito, Fortuna, A., Prasetya, F., & Luthfi, A. (2024). **Integration of Mobile Augmented Reality Applications for Engineering Mechanics Learning with Interacting 3D Objects in Engineering Education.** International Journal of Information and Education Technology.

การศึกษาอัลกอริทึมหิ่งห้อยสำหรับหาค่าเหมาะที่สุดของตัวควบคุมพีไอดีของอิเล็กโทรไลเซอร์เพื่อลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริด

The study of firefly algorithm–based optimization of PID controller of electrolyzers for microgrid frequency regulation

จงลักษณ์ พาหะซา[1*], ชนินทร์ คงเมือง[1], ศศิกานต์ ไพบูลย์ภัทรพงศ์[1] และ ศุภฤกษ์ พิรา[1]

Jonglak Pahasa[1*], Chanin Khongmueang[1], Sasikan Phaibunphatharaphong[1] and Suparerk Pira[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ทำการศึกษาอัลกอริทึมหิ่งห้อยสำหรับหาค่าเหมาะสมที่สุดของตัวควบคุมพีไอดีของอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton exchange membrane electrolyzer: PEMEL) เพื่อลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริด โดยตัวควบคุมที่ใช้เป็นตัวควบคุมพีไอดีที่หาค่าเหมาะสมด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย โดยวัตถุประสงค์ของการหาค่าเหมาะสมที่สุดคือเพื่อลดการเบี่ยงเบนความถี่ไมโครกริด ผลการจำลองกับไมโครกริดที่ทำการศึกษา พบว่า การควบคุม PEMEL ด้วยตัวควบคุมพีไอดีเหมาะสมที่สุดที่หาค่าด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อยที่นำเสนอ สามารถลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริดได้อย่างดี และดีกว่าการควบคุมพีไอดีแบบทั่วไป และการไม่ใช้ PEMEL ในการช่วยรักษาความถี่ไมโครกริด

คำสำคัญ: ไมโครกริด, PEMEL, การควบคุมความถี่โหลด, อัลกอริทึมหิ่งห้อย, ตัวควบคุมพีไอดี

Abstract

This research examines firefly algorithm–based optimization of PID controller of proton exchange membrane electrolyzer (PEMEL) for microgrid frequency regulation. The PID controller is optimized by the firefly algorithm. The objective of the optimization is to minimize the microgrid frequency deviation. Simulation results demonstrated that the PEMEL controlled by the optimal PID is able to effectively regulate frequency of the studied microgrid when compared to the conventional PID and no PEMEL.

Keywords: Microgrid, PEMEL, load frequency control, Fierfly algorithm, PID controller

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Electrical Engineering, School of Engineering, University of Phayao, Phayao 56000

*Corresponding author : jonglak.pa@up.ac.th

บทนำ

การเพิ่มขึ้นของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น โซลาร์เซลล์ (Solar cell) และโซลาร์บนหลังคา (Solar rooftop) และการส่งเสริมให้มีการใช้โหลดยานยนต์ไฟฟ้า ที่เพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งทั้งโซลาร์เซลล์ โซลาร์บนหลังคา และโหลดยานยนต์ไฟฟ้า มีการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากำลังด้วยอุปกรณ์แปลงผันอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ส่งผลให้ระบบไฟฟ้ากำลังมีความเฉื่อยลดลง (Low inertia) ทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของความถี่มีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้ระบบไฟฟ้ากำลังมีโอกาสเกิดไฟฟ้าดับเป็นบริเวณกว้างได้ง่ายขึ้น [1] นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของการควบคุมระบบไฟฟ้ากำลังขนาดเล็กที่ประกอบด้วยกลุ่มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย โหลด และระบบกักเก็บพลังงาน ที่เชื่อมต่อถึงกัน ที่เรียกว่า “ไมโครกริด (Microgrid: MG)” ก็มีเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน [2] เนื่องจากไมโครกริดมีข้อดีคือ สามารถบริหารจัดการการผลิตและการใช้ไฟฟ้าให้เป็นไปอย่างเหมาะสม โดยไมโครกริดมีโหมดการทำงานสองโหมดคือ โหมดเชื่อมต่อกริด (Grid connected mode) และโหมดแยกโดด (Islanded mode) อย่างไรก็ตามการควบคุมความถี่ไมโครกริดในโหมดแยกโดดทำได้ยากกว่าโหมดเชื่อมต่อกริดซึ่งอาศัยความถี่จากระบบไฟฟ้ากำลังหลัก ดังนั้น เมื่อเมื่อไมโครกริดประกอบด้วย แหล่งพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังลม และพลังแสงอาทิตย์ จำนวนมาก ส่งผลให้เกิดการแกว่งของความถี่อย่างรุนแรงในไมโครกริดได้

เพื่อแก้ปัญหาการแกว่งของความถี่ในไมโครกริดอย่างรุนแรงนี้ ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Battery energy storage system: BESS) สามารถใช้เพื่อลดการแกว่งของความถี่ในไมโครกริดได้ แต่เนื่องจากระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ มีราคาแพงและเมื่อหมดอายุการใช้งานไม่สามารถกำจัดเศษซากทั้งหมดทิ้งไปได้ ดังนั้น จึงมีการนำเสนอ อุปกรณ์กักเก็บพลังงานแบบอื่นๆ เพื่อใช้ลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริด เช่น อิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton exchange membrane electrolyzer: PEMEL) ซึ่งมีข้อดีคือ เป็นอุปกรณ์กักเก็บพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีอายุการใช้งานยาวนาน และเมื่อหมดอายุการใช้งานสามารถนำวัสดุมาใช้ใหม่ได้ทั้งหมด [3–5] อย่างไรก็ตาม การนำ PEMEL มาใช้เพื่อลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริดจำเป็นต้องออกแบบตัวควบคุมให้เหมาะสมเพื่อให้สามารถลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริดได้เมื่อเกิดการรบกวนต่างๆ เช่นการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและการปลดโหลดขนาดใหญ่ โดยตัวควบคุมที่นิยมใช้ได้แก่ ตัวควบคุมพีไอดี (Proportional–integral–derivative: PID) ซึ่งมีข้อดีคือ มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนและใช้งานง่าย อย่างไรก็ตามการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของพีไอดี เพื่อใช้ในการควบคุม PEMEL ก็เป็นสิ่งจำเป็นเพราะหากตัวควบคุมพีไอดี ที่ออกแบบมาดี ก็จะสามารถลดการแกว่งของความถี่ไมโครได้กริดได้ดีด้วย ส่งผลให้ไมโครกริดมีเสถียรภาพเพิ่มมากขึ้น โอกาสเกิดไฟฟ้าดับทั้งไมโครกริดเป็นไปได้น้อย

โดยในการหาค่าเหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์พีไอดีนั้น อัลกอริทึมหิ่งห้อย (Firefly algorithm: FLA) เป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากสามารถค้นหาคำตอบได้รวดเร็วและใช้เวลาในการคำนวณไม่นาน [6] อย่างไรก็ตามวิธีหาค่าเหมาะสมวิธีอื่น เช่น อัลกอริทึมค้างคาว (Bat algorithm: BA), วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบฝูงอนุภาค (Particle swarm optimization: PSO) หรือ วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบอาณานิคมมด (Ant colony optimization: ACO) ก็สามารถนำมาใช้เพื่อหาค่าเหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหานี้ได้

บทความนี้ ทำการศึกษาอัลกอริทึมหิ่งห้อยสำหรับหาค่าเหมาะสมที่สุดของตัวควบคุมพีไอดีของ PEMEL เพื่อลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริด โดยตัวควบคุมที่ใช้เป็นตัวควบคุมพีไอดีที่หาค่าเหมาะสมด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย โดยวัตถุประสงค์ของการหาค่าเหมาะสมที่สุดคือเพื่อลดการเบี่ยงเบนความถี่ไมโครกริด

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1) เพื่อศึกษาการควบคุม อิเล็กโทรไลเซอร์ PEMEL เพื่อลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริด

2) เพื่อออกแบบตัวควบคุมพีไอดีที่เหมาะที่สุดด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย สำหรับควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ PEMEL เพื่อลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริด

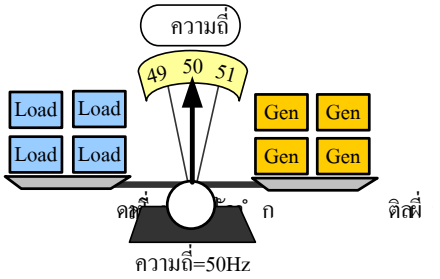
3) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของตัวควบคุมพีไอดีที่หาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย ที่นำเสนอ ในด้านความสามารถในการลดการเบี่ยงเบนของความถี่ไมโครกริด

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน (ถ้ามี)

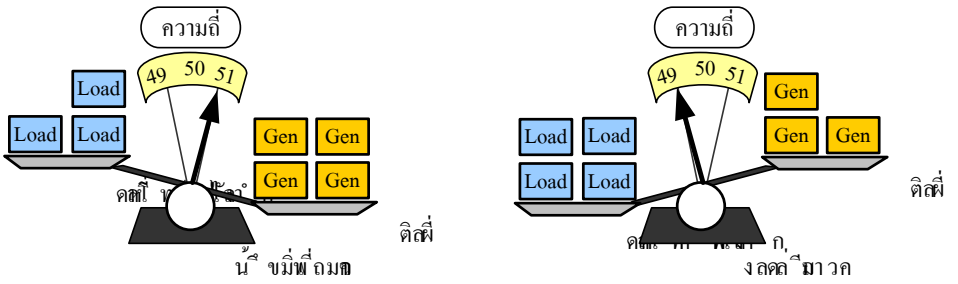
1. หลักการพื้นฐานของการควบคุมความถี่โหลด [5]

เสถียรภาพความถี่ (Frequency stability) หมายถึง ความสามารถในการรักษาความถี่ซิงโครนัส ของระบบไฟฟ้ากำลังให้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้เมื่อเกิดความไม่สมดุล ระหว่างกำลังไฟฟ้า ที่สร้างจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และความต้องการกำลังไฟฟ้าที่โหลด ความไม่สมดุลของกำลังไฟฟ้า จะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความถี่ระบบและความถี่ซิงโครนัส หรือเรียกว่า การเบี่ยงเบนความถี่ (frequency deviation) เมื่อการเบี่ยงเบนความถี่ที่เกิดขึ้น มีค่ามากกว่า การเบี่ยงเบนความถี่ที่ยอมรับได้ จะส่งผลเสียต่อคุณภาพกำลังไฟฟ้า และการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า กระแสสลับในระบบได้ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมความถี่ของระบบให้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตและความต้องการกำลังไฟฟ้าที่โหลดต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ โดยเปรียบเทียบได้กับเครื่องชั่งน้ำหนักระหว่างกำลังการผลิตและความต้องการกำลังไฟฟ้าของโหลด ซึ่งอธิบายได้ดังนี้ รูปที่ 1 (ก) แสดงให้เห็นว่าเมื่อเครื่องชั่งอยู่ในสภาพสมดุล กล่าวคือกำลังไฟฟ้าที่ผลิตเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่โหลด ทำให้ความถี่ของระบบเท่ากับความถี่ซิงโครนัส ในที่นี้ให้เท่ากับ 50 เฮิรตซ์ รูปที่ 1 (ข) แสดงให้เห็นว่าเมื่อกำลังไฟฟ้าที่โหลดน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิต ทำให้เครื่องชั่งเอียงลงมาทางด้านของกำลังไฟฟ้าที่ผลิต เป็นผลให้ความถี่ระบบเพิ่มขึ้นมากกว่า 50 เฮิรตซ์ รูปที่ 1 (ค) แสดงให้เห็นว่าเมื่อกำลังไฟฟ้าที่โหลดมากกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิต ทำให้เครื่องชั่งเอียงลงมาทางด้านของกำลังไฟฟ้าที่โหลด เป็นผลให้ความถี่ระบบลดลงน้อยกว่า 50 เฮิรตซ์



(ก)



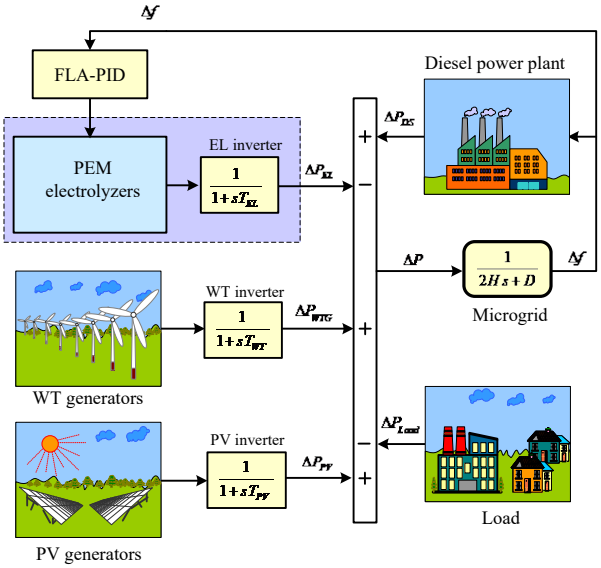
(ข) (ค)

รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตและกำลังไฟฟ้าที่โหลดต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ (ก) กำลังไฟฟ้าที่โหลดเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่ผลิต (ข) กำลังไฟฟ้าที่โหลดน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิต (ค) กำลังไฟฟ้าที่โหลดมากกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิต

วิธีวิทยาการวิจัย

1. แบบจำลองไมโครกริดที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองไมโครกริดสำหรับใช้ในการศึกษาแสดงดังรูปที่ 2 ในระบบประกอบด้วย โรงไฟฟ้าดีเซลล์ (Diesel power plant) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ (Photovoltaic generator: PV) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม (Wind turbine generator: WT) โหลด (Load) และอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton exchange membrane electrolyzer: PEMEL) โดยปกติ PEMEL ถูกใช้เพื่อกักเก็บพลังงานในช่วงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ผลิตได้เกินกว่าความต้องการของโหลด แต่ในงานวิจัยนี้ได้มีการเพิ่มการควบคุมเสริมเพื่อให้ PEMEL สามารถช่วยควบคุมความถี่ในไมโครกริดได้ด้วย และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมความถี่ไมโครกริด งานวิจัยนี้จึงนำเสนอ PID ที่หาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย (FLA-PID) เพื่อควบคุม PEMEL สำหรับทำเสถียรภาพความถี่ไมโครกริด



รูปที่ 2 ไมโครกริดสำหรับการควบคุมความถี่ที่ใช้ในการศึกษา

ดังแสดงในรูปที่ 2 การเบี่ยงเบนความถี่ไมโครกริด (microgrid frequency deviation) สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$\Delta f = \frac{1}{2Hs + D}\Delta P \quad (1)$$

$$\Delta P = \Delta P_{DS} + \Delta P_{PV} + \Delta P_{WTG} - \Delta P_{Load} - \Delta P_{EL} \quad (2)$$

เมื่อ H คือ แรงเฉื่อยไมโครกริด

D คือ การหน่วง

P_{DS} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลล์

P_{PV} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์

P_{WTG} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม

P_{Load} คือ กำลังไฟฟ้าของความต้องการโหลด

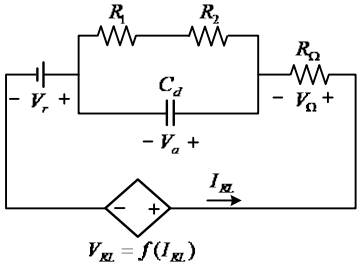
P_{EL} คือ กำลังไฟฟ้าของ PEMEL

Δ คือ การเบี่ยงเบนสัญญาณ

การเบี่ยงเบนของความถี่ที่เกิดจากความผันผวนตามธรรมชาติของแหล่งจ่ายพลังงานหมุนเวียน เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมในรูปที่ 2 จึงสามารถลดลงด้วยการควบคุม PEMEL

3. แบบจำลอง PEMEL สำหรับการควบคุมความถี่

ไฮโดรเจนอิเล็กโทรลิซิส (Hydrogen electrolysis) คือเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานแบบพลังงานเป็นก๊าซ ซึ่งทำให้ง่ายต่อการทำงานร่วมกับแหล่งจ่ายพลังงานหมุนเวียนที่ไม่ต่อเนื่อง ในวงกว้างไปสู่ระบบพลังงานแห่งอนาคต รูปที่ 3 แสดงวงจรสมมูลทางไฟฟ้าไดนามิกของ PEMEL stack [2] ซึ่งทำงานโดยอาศัย วงจรสมมูลทางไฟฟ้าไดนามิกสำหรับการปรับความถี่ [3]



รูปที่ 3 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าไดนามิกของ PEMEL [2]

สมการเชิงอนุพันธ์อันดับหนึ่งต่อไปนี้สามารถใช้เพื่อแสดงคุณสมบัติไดนามิกของวงจรในรูปที่ 2

$$\frac{dV_a}{dt} = \frac{I_{EL}}{C_d} - \frac{V_a}{T_{EL}} \quad (3)$$

เมื่อ V_a คือ แรงดันไฟฟ้าในการเปิดใช้งานลดลง (activation voltage drop)

I_{EL} คือ กระแสไฟฟ้า PEMEL

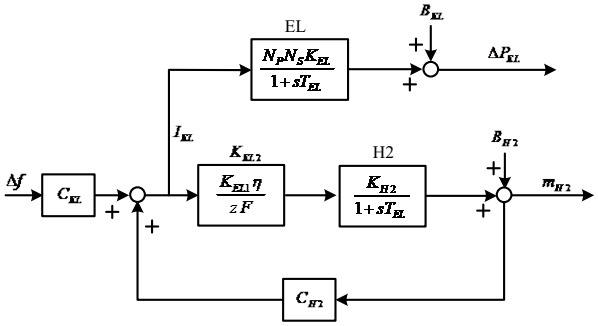
C_d คือ ตัวเก็บประจุ

T_{EL} คือ ค่าคงตัวทางเวลาอันดับหนึ่งของ PEMEL

อิเล็กโทรดแคโทด/ขั้วบวก (Cathodic/anodic electrode) ที่แยกวัสดุสองประเภทที่แตกต่างกันทำให้เกิด T_{EL} เนื่องจากการสะสม/การลดประจุที่เกิดจากอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากอิเล็กโทรดหนึ่งไปยังอีกอิเล็กโทรด T_{EL} หรือที่รู้จักกันในชื่อเอฟเฟกต์ประจุสองชั้น (Charge double-layer effect) และสามารถแสดงได้ดังนี้ [2-3].

$$T_{EL} = (R_1 + R_2)C_d = R_d C_d \tag{4}$$

เมื่อ R_1 และ R_2 คือความต้านทาน PEMEL ที่แสดงถึงความสูญเสียระหว่างใช้งาน, และ R_d คือความต้านทานสมมูล โดย C_d แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของกระแสอิเล็กโทรไลเซอร์ (electrolyzer's current) ซึ่งสามารถมีผลทางไดนามิกของ PEMEL หรือชั้นการประประจุ ที่ส่วนต่อประสานอิเล็กโทรด–อิเล็กโทรไลต์ (electrode–electrolyte)



รูปที่ 4 แบบจำลอง PEMEL สำหรับการควบคุมความถี่ที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองเชิงเส้นของ PEMEL สำหรับการควบคุมความถี่ระบบไฟฟ้ากำลังซึ่งปรับมาจากเอกสารอ้างอิง [2] และ [3] แสดงดังรูปที่ 4 โดยต้องมีการพิจารณา T_{EL} ด้วยเมื่อมีการใช้ PEMEL สำหรับปรับความถี่ในระบบไฟฟ้ากำลัง การควบคุมและการปรับการใช้กำลังไฟฟ้าของ PEMEL จะมีการหน่วงเวลาเท่ากับ T_{EL} ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดของความถี่ระบบไฟฟ้ากำลัง ดังนั้น การใช้กำลังไฟฟ้าของ PEMEL สามารถอธิบายด้วยการแปลงลาปลาซ ดังสมการต่อไปนี้ [2–3]

$$P_{EL}(s) = \frac{K_{EL}}{1 + sT_{EL}} I_{EL}(s) + B_{EL} \tag{5}$$

เมื่อ K_{EL} และ B_{EL} คือสัมประสิทธิ์และค่าเริ่มต้นของการใช้กำลังไฟฟ้าของ PEMEL โดยอัตราการผลิตไฮโดรเจนขั้นปลาย (downstream hydrogen production rate) m_{H2} $[Nm^3/s]$, แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$m_{H2}(s) = K_{EL1}\frac{\eta_F I_{EL}(s)}{z F} \tag{6}$$

เมื่อ K_{EL1} คือ สัมประสิทธิ์การเปลี่ยน mole/s ไปเป็น Nm^3/s

z คือ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอน

F คือ ค่าคงตัวของฟาราเดย์ (Faraday's constant)

η_F คือ สัมประสิทธิ์ของฟาราเดย์

เวลาหน่วง T_{EL} อาจเปลี่ยนการผลิตของแบบจำลองย่อยไฮโดรเจนเมื่ออัตราการสังเคราะห์ไฮโดรเจนเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของกระแสไฟฟ้า ดังนั้น การผลิตของแบบจำลองย่อยไฮโดรเจนแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$m_{H2}(s) = \frac{K_{EL2}K_{H2}}{1 + sT_{EL}} I_{EL}(s) + B_{H2} \tag{7}$$

$$K_{EL2} = K_{EL1}\left(\frac{\eta_F}{zF}\right) \tag{8}$$

เมื่อ K_{H2} คือสัมประสิทธิ์ของไฮโดรเจน และ B_{H2} คือค่าเริ่มต้นอัตราการผลิตไฮโดรเจน

ในกรณีที่ต้องการผลิตแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้าสำหรับการใช้งานในระบบไฟฟ้า เรียกการต่อแบบนี้ว่าเป็น PEMEL stack ซึ่งจะมีการต่อ PEMEL แบบขนานและอนุกรมเพื่อให้ได้กำ แรงดัน กระแส และลังไฟฟ้าตามต้องการ ซึ่งแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$V_{EL,stack} = N_S V_{EL} \tag{9}$$

$$I_{EL,stack} = N_P I_{cell} \tag{10}$$

$$P_{EL,stack} = V_{EL,stack} I_{EL,stack} \tag{11}$$

เมื่อ N_S และ N_P คือจำนวนเซลล์ที่ต่ออนุกรมและขนานต่อหนึ่ง PEMEL stack ตามลำดับ โดยกระแสของ PEMEL stack $(I_{EL,stack})$ สามารถปรับเพื่อควบคุมอัตราการผลิตไฮโดรเจนด้านต่ำ (Downstream) และการใช้กำลังไฟฟ้า ดังแสดงในสมการ (10) และ (11) โดยเป้าหมายของการควบคุมอัตราการผลิตไฮโดรเจนคือ เพื่อรักษาการแกว่งของอัตราการผลิตไฮโดรเจนด้านต่ำ โดยความแตกต่างระหว่างอัตรากระแสของการผลิตไฮโดรเจน ถูกแสดงโดย m_{pre} และค่าก่อนหน้านั้นแสดงโดย m_{past} ซึ่งทั้งสองค่านี้ถูกใช้เพื่อเปลี่ยนอัตราการผลิตไฮโดรเจนด้านต่ำของ PEMEL stack ซึ่งความแตกต่างนี้สามารถเขียนได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta m_{H2}(s) = m_{pre}(s) - m_{past}(s) \tag{12}$$

ดังนั้น การเบี่ยงเบนกระแสของ PEMEL สามารถเขียนได้ดังสมการ

$$\Delta I_{EL}(s) = C_{H2}(s) \cdot \Delta m_{H2}(s) \tag{13}$$

เมื่อ C_{H2} คือ ตัวควบคุมในตัวซึ่งควบคุมอัตราการผลิตไฮโดรเจน

เพื่อให้ได้คุณสมบัติการปรับความถี่ได้ C_{EL} จึงถูกเพิ่มเข้าไปเพื่อปรับอัตราการผลิตไฮโดรเจน สำหรับการควบคุมความถี่ [3] ดังนั้นสมการ (13) จึงสามารถเขียนใหม่อีกครั้ง ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta I_{EL}(s) = C_{H2}(s) \cdot \Delta m_{H2}(s) + C_{EL}(s) \cdot \Delta f(s) \tag{14}$$

เมื่อ Δf คือ การเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลัง

แทนสมการ (14) ในสมการ (11) จะได้ การเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของ PEMEL ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta P_{EL}(s) = \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} C_{H2}(s) \cdot \Delta m_{H2}(s) + \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} C_{EL}(s) \cdot \Delta f(s) \tag{15}$$

ดังสมการ (15) จะเห็นว่ามีพารามิเตอร์ 2 ตัว ที่สัมพันธ์กับการปรับกำลังไฟฟ้าดำเนินการของ PEMEL นั่นคือ

(1) การแกว่งของอัตราการผลิตไฮโดรเจน (Δm_{H2})

(2) การเบี่ยงเบนของความถี่ (Δf)

โดยการแกว่งของอัตราการผลิตไฮโดรเจนสามารถละทิ้งได้ เนื่องจากช่วงเวลาการปรับความถี่สั้นมาก (มากสุด 30 s) [3] ผลที่ได้คือ มีความเป็นไปได้ที่จะสมมติให้การแกว่งของอัตราการผลิตไฮโดรเจนมีค่าคงที่ระหว่างช่วงเวลาการควบคุมความถี่นี้ [3] ดังนั้น สมการ (15) สามารถแสดงในรูปแบบอย่างง่ายได้เป็นดังสมการ

$$\Delta P_{EL}(s) = C_{EL}(s) \cdot \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} \cdot \Delta f(s) \tag{16}$$

ในการศึกษานี้ R-PID ได้ถูกใช้เพื่อควบคุม PEMEL สำหรับการปรับความถี่ ซึ่ง Δf คืออินพุตของ R-PID ซึ่งถูกใช้เพื่อคำนวณสัญญาณควบคุมสำหรับตัวควบคุม PEMEL ดังนั้น เมื่อใช้ R-PID เพื่อควบคุม PEMEL สำหรับการปรับความถี่ สมการ (16) เขียนใหม่ได้เป็นดังสมการ

$$\Delta P_{EL}(s) = \Delta f \cdot \left(K_P + \frac{K_I}{s} + sK_D \right) \cdot \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} \tag{17}$$

2. การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของอัลกอริทึมหิ่งห้อย

การงานวิจัยนี้จะใช้อัลกอริทึมหิ่งห้อย (firefly algorithm: FLA) [4–5] ทำการหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีที่เหมาะสมที่สุด โดยวัตถุประสงค์ของการควบคุมคือ การหาค่าน้อยสุดของการเบี่ยงเบนความถี่ (Δf) ปัญหาการหาค่าเหมาะสมเป็นดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Minimize } J = \int_{t_{init}}^{t_{final}} w\left|\Delta f(t)\right| dt \tag{18}$$

$$\text{Subject to} \quad K_P^{\min} \le K_P \le K_P^{\max},$$

$$K_I^{\min} \le K_I \le K_I^{\max},$$

$$K_D^{\min} \le K_D \le K_D^{\max}$$

เมื่อ w คือ เวกเตอร์น้ำหนักเพื่อปรับให้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าอยู่ในช่วงการคำนวณที่เหมาะสม

t คือ เวลาในการจำลอง

t_{init} คือ เวลาเริ่มต้นของการจำลอง

t_{final} คือ เวลาสิ้นสุดของการจำลอง

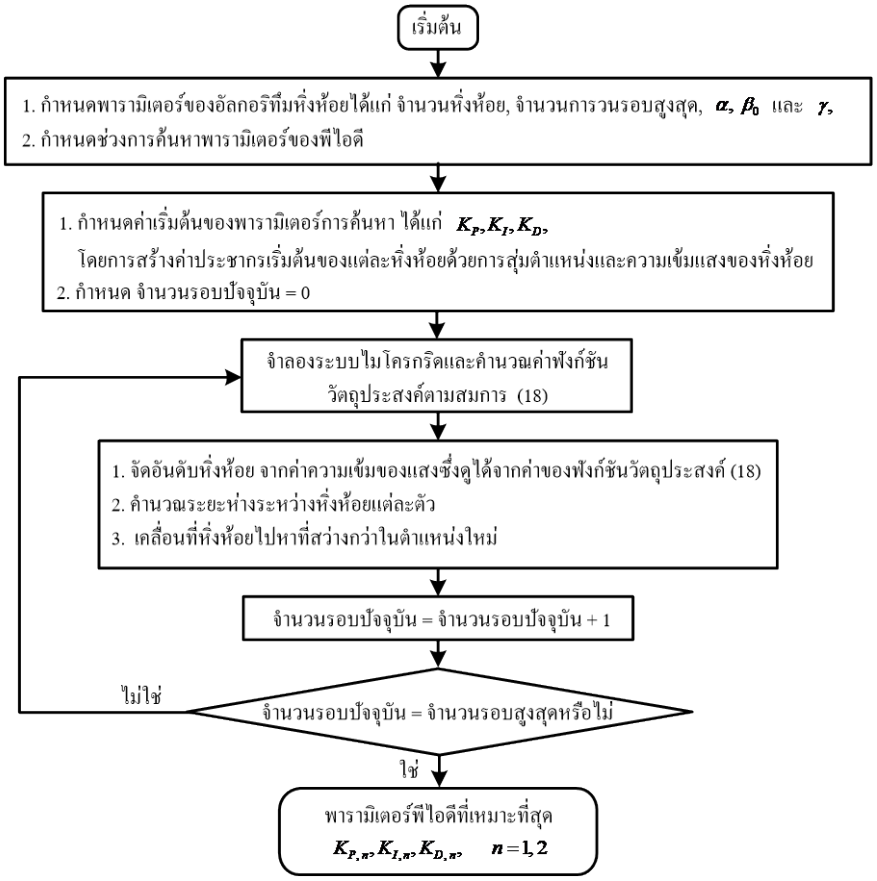
$K_P^{\min}$ และ $K_P^{\max}$ คือพารามิเตอร์ต่ำสุดและสูงสุดของการค้นหาของ K_P

$K_I^{\min}$ และ $K_I^{\max}$ คือพารามิเตอร์ต่ำสุดและสูงสุดของการค้นหาของ K_I

$K_D^{\min}$ และ $K_D^{\max}$ คือพารามิเตอร์ต่ำสุดและสูงสุดของการค้นหาของ K_D

ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมหิ่งห้อยแสดงดังรูปที่ 5 สังเกตว่า α คือพารามิเตอร์ที่ได้จากการสุ่ม, β_0 คือความน่าดึงดูดในการวนซ้ำรอบที่ 0, และ γ คือค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของอัลกอริทึมหิ่งห้อย [4–5]

จากขั้นตอนการหาพารามิเตอร์ PID ด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อยในรูปที่ 5 จะเห็นว่า ฟังก์ชั้นวัตถุประสงค์ในสมการที่ (18) ถูกใช้ ระหว่างการคำนวณของอัลกอริทึมหิ่งห้อย ซึ่งหมายความว่า ทุกรอบ (Iteration) หิ่งห้อยทุกตัวซึ่งได้มาจากการสุ่มค่าพารามิเตอร์ของ PID (ได้แก่ K_P, K_I, K_D) จะต้องหาแสงในตัวเองก็คือหาค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (18) ซึ่งได้จากการจำลองระบบไฟฟ้ากำลังในรูปที่ 2



รูปที่ 5 ขั้นตอนการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของอัลกอริทึมหิ่งห้อย

ผลการศึกษา

1. ผลการจำลอง

ไมโครกริดดังรูปที่ 2 ถูกใช้เพื่อทดสอบวิธีที่นำเสนอ ด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink ข้อมูลไมโครกริด ที่ใช้ในการศึกษา มีดังนี้ [1]

ค่าความถี่ฐาน (Based frequency) $f_{ref} = 50\,\text{Hz}$,

ค่าความเฉื่อย (Inertia) $H = 0.06\,\text{s}$,

ค่าความหน่วง (Damping) $D = 0.12\ \text{pu}$,

ค่าคงตัวทางเวลาของตัวปรับความเร็ว (Governor time constant) $T_g = 0.1\text{s}$,

ค่าคงตัวทางเวลาของกังหัน (Turbine time constant) $T_t = 0.4\ \text{s}$,

ค่าดรูป (Droop) $R = 2.4\,\text{Hz} / \text{pu.MW}$,

ค่าเกนของตัวอินทิกรัล (Integral gain) $K_i = 0.2\ \text{s}$

ข้อมูลอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน ที่ใช้ในการศึกษา มีดังนี้ [2–3]

ขนาดกำลังไฟฟ้าของอิเล็กโทรเลเซอร์ $P_{EL} = 5\ \text{MW}$,

ค่าเกนของอิเล็กโทรเลเซอร์ $K_{EL} = 1.6\ \text{W} / \text{A}$,

ค่าเกนของอิเล็กโทรเลเซอร์ลำดับหนึ่ง $K_{EL1} = 4841.4\ \text{pu}$,

ค่าคงตัวทางเวลาของอิเล็กโทรเลเซอร์ $T_{EL} = 37\ \text{s}$,

ค่าตัวเก็บประจุ (Capacitor) $C_d = 37$ F,

อัตราการผลิตไฮโดรเจนเริ่มแรก (Initial hydrogen production rate) $B_{H2} = 0.5$ m^3 / s,

ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเริ่มต้นของ PEMEL (Initial PEMEL power consumption) $B_{PEL} = 82$ W,

สัมประสิทธิ์ของไฮโดรเจน (Hydrogen coefficient) $K_{H2} = 0.028$ m^3 / As

พารามิเตอร์ของอัลกอริทึมหิ่งห้อยและพารามิเตอร์การค้นหา คือ

จำนวนหิ่งห้อย = 50,

จำนวนรอบการวนซ้ำสูงสุด = 100,

$\alpha = 0.5$, $\beta_0 = 0.2$, และ $\gamma = 1$

ค่าเวกเตอร์น้ำหนักของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $w_1 = 500$

ช่วงเวลาในการจำลอง $t = 250$ s, $t_{init} = 0$ s, และ $t_{final} = 250$ s

ช่วงการค้นหาคำตอบของพารามิเตอร์ PID คือ

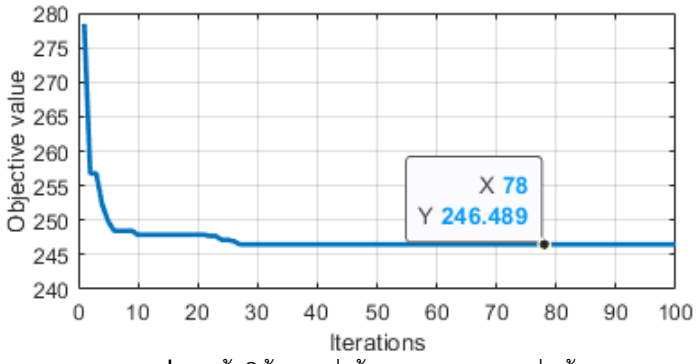
$1 \le K_P \le 1000,$

$0.1 \le K_I \le 100,$

และ $0.1 \le K_D \le 100$

เส้นโค้งการลู่เข้าของอัลกอริทึมหิ่งห้อยแสดงดังรูปที่ 5 ซึ่งจะเห็นว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective values) ในรอบการคำนวนที่ 1 (Iteration 1) มีค่าอยู่ที่ประมาณ 278.5 และเมื่อจำนวนรอบการคำนวณเพิ่มขึ้น ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้น และลดลงอย่างช้าๆ เมื่อเข้าสู่รอบการคำนวณที่ 10 และค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากหรือเกือบคงที่ (ที่ค่า 246.489) เมื่อเข้าสู่รอบการคำนวณที่ 30–100 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อัลกอริทึมหิ่งห้อยได้หาคำตอบให้กับการค้นหาแล้วและหยุดการทำงานตามที่ตั้งไว้ที่รอบการทำงานที่ 100 โดยพารามิเตอร์ตัวควบคุม PID ที่หาค่าเหมาะสมที่สุด ที่ได้มา มีค่าดังนี้

$K_P = 446.08,\ K_I = 9.98,\ K_D = 7.76$



รูปที่ 6 เส้นโค้งการลู่เข้าของอัลกอริทึมหิ่งห้อย

ในการจำลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของตัวควบคุม เหมาะที่สุดเพื่อควบคุม PEMEL ของวิธีนำเสนอ ในที่นี้จะทำการเปรียบเทียบ 3 วิธีด้วยกัน ได้แก่

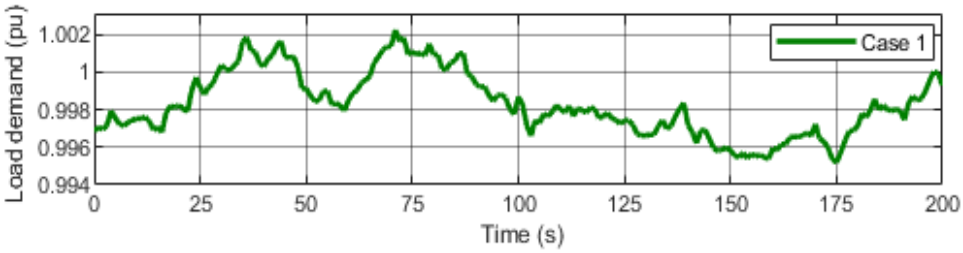
(1) “FLA–PID” คือวิธีการนำเสนอ ที่หาค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุม PID ที่เหมาะสมที่สุดด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย (FLA)

(2) “C–PID” คือการควบคุม PEMEL ด้วยตัวควบคุม PID ทั่วไปที่หาค่าเหมาะสมด้วยคำสั่ง “Tune” ในโปรแกรม MATLAB/Simulink

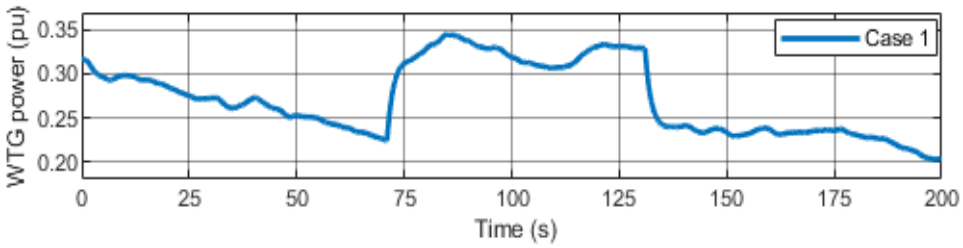
(3) “NoPEMEL” คือการไม่มี PEMEL สำหรับช่วยควบคุมความถี่ในระบบไฟฟ้ากำลังที่ทำการศึกษา

รูปที่ 7 แสดงกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ และความต้องการของโหลด ของกรณีศึกษา กรณี 1 และเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีนำเสนอต่อการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม กรณี 1 ได้มีการต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมเข้ากับไมโครกริดขนาด 0.1 pu ที่เวลา 70 s และปลดออก ที่เวลา 130 s

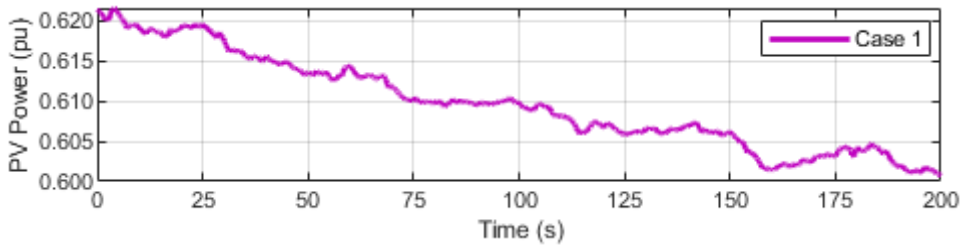
รูปที่ 8 และรูปที่ 9 แสดงผลการจำลองกรณี 1 โดยรูปที่ 8 แสดงการเบี่ยงเบนความถี่ของไมโครกริด ของวิธีนำเสนอ FLA–PID และวิธีที่นำมาเปรียบเทียบ (C–PID และ NoPEMEL) ซึ่งพบว่าเมื่อทำการต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมเข้าไมโครกริดที่เวลา 70 s (ดูรูปที่ 7 (ข) ประกอบ) การเบี่ยงเบนของความถี่ในกรณีของ FLA–PID ต่ำกว่า C–PID และ NoPID และเมื่อทำการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมออกที่เวลา 130 s พบว่า การเบี่ยงเบนของความถี่ในกรณีของ FLA–PID ต่ำกว่า C–PID และ NoPID ด้วยเช่นกัน รูปที่ 9 แสดงกำลังไฟฟ้าและการเปลี่ยนแปลงของไฮโดรเจน ซึ่งจะเห็นว่าช่วงที่มีการต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมเข้าระบบ ที่เวลา 70 s กำลังไฟฟ้าของอิเล็กโทรไลเซอร์จะลดลง และเมื่อทำการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เวลา 130 s กำลังไฟฟ้าของอิเล็กโทรไลเซอร์จะเพิ่มขึ้น



(ก)

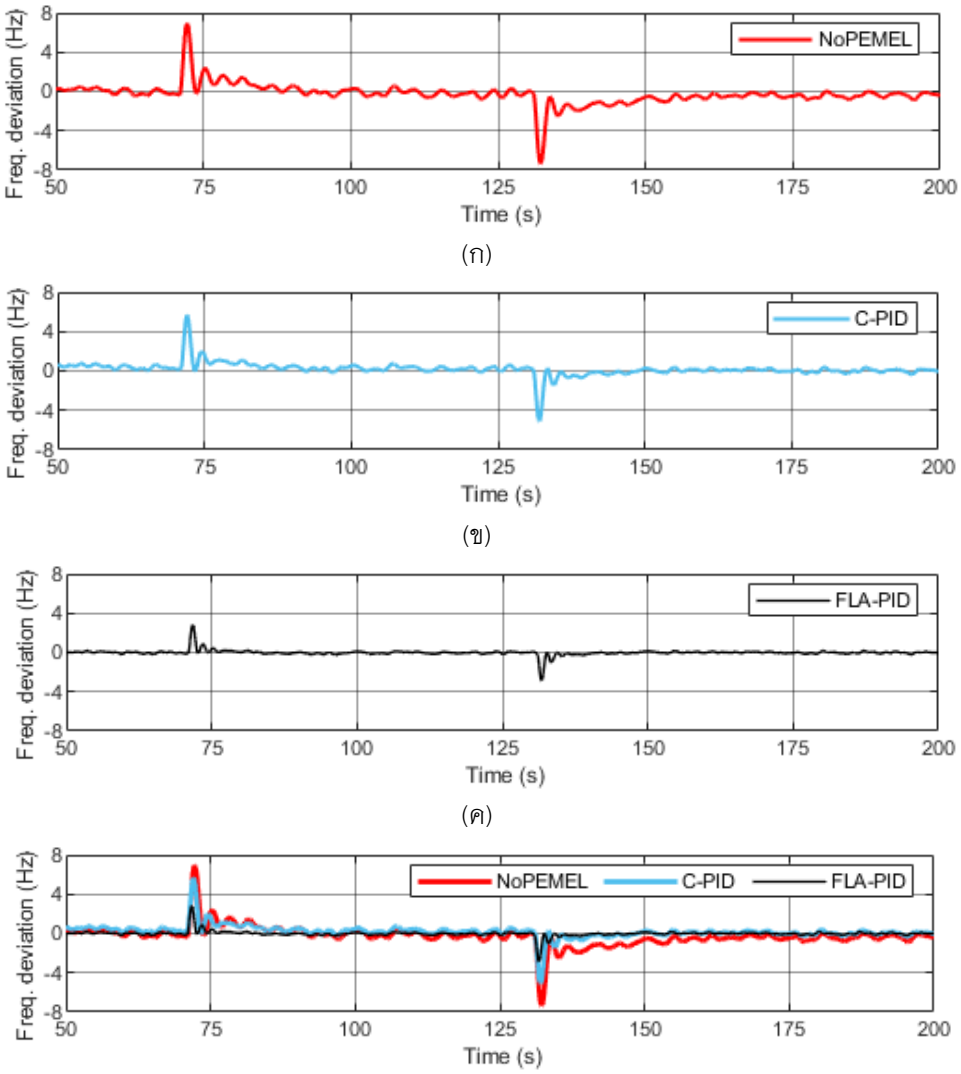


(ข)

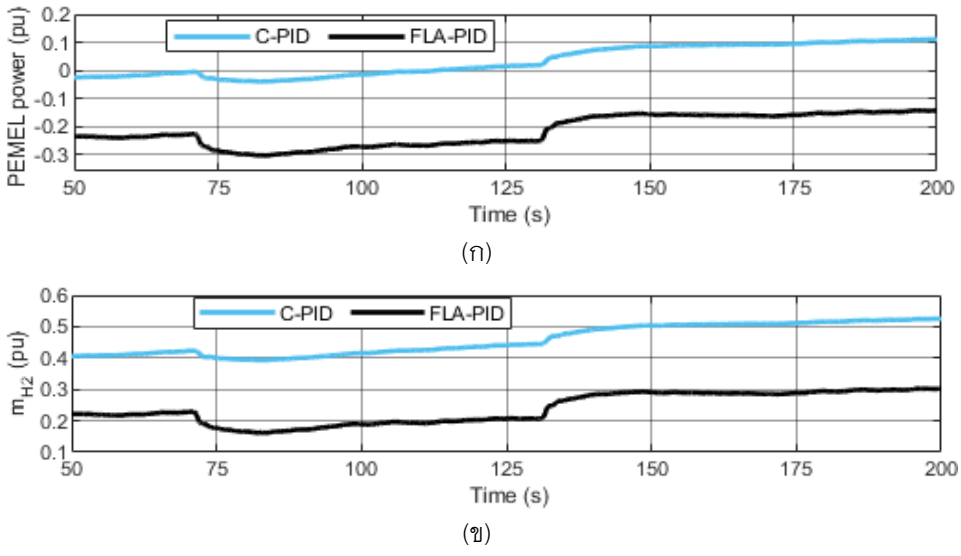


(ค)

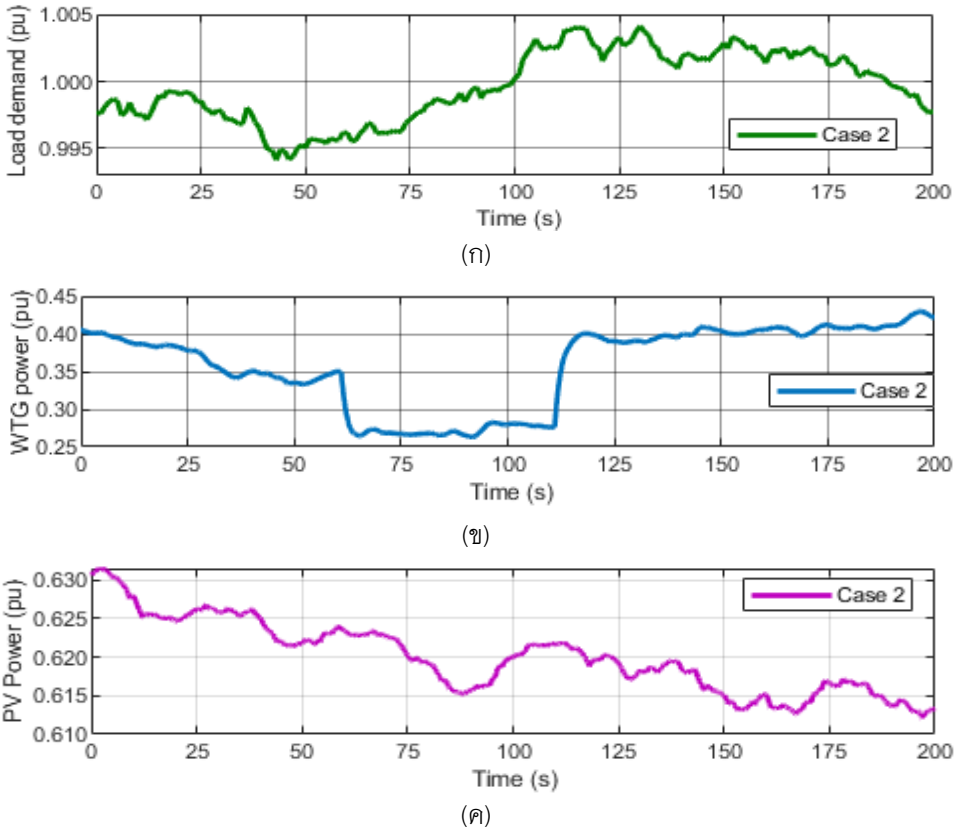
รูปที่ 7 กรณีศึกษา กรณี 1 (ก) โหลดแบบสุ่ม (ข) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม (ค) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์



รูปที่ 8 การเบี่ยงเบนความถี่ กรณี 1 (ก) NoPEMEL (ข) C–PID (ค) R–PID (ง) เปรียบเทียบทั้งสามวิธี



รูปที่ 9 PEMEL กรณี 1 (ก) กำลังไฟฟ้าของ PEMEL (ข) การเปลี่ยนแปลงของไฮโดรเจน m_{H2}

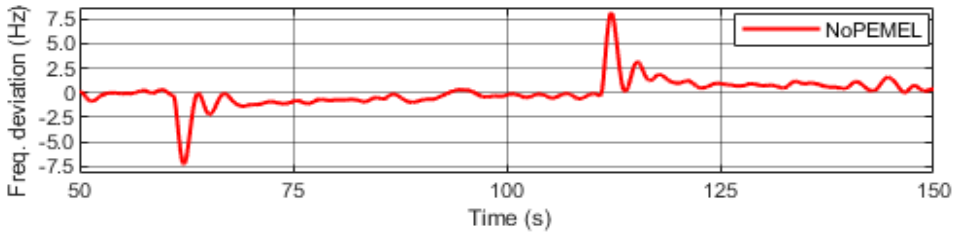


รูปที่ 10 กรณีศึกษา กรณี 2 (ก) โหลดแบบสุ่ม (ข) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม (ค) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์

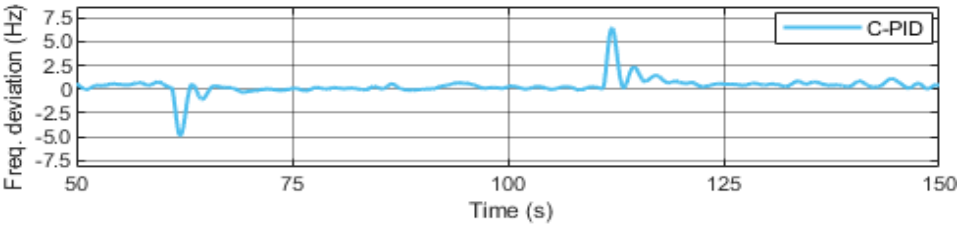
รูปที่ 10 แสดงกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ และความต้องการของโหลด ของกรณีศึกษา กรณี 2 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีศึกษากรณี 1 พบว่ากำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมและพลังแสงอาทิตย์ ในกรณี 2 จะมีค่ามากกว่าและมีการแกว่งมากกว่าในกรณี 1 นอกจากนี้ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีนำเสนอต่อการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม กรณี 2 ได้มีการต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมเข้ากับไมโครกริดขนาด 0.1 pu ที่เวลา 60 s และต่อคืน ที่เวลา 110 s

รูปที่ 11 และรูปที่ 12 แสดงผลการจำลองกรณี 2 โดยรูปที่ 11 แสดงการเบี่ยงเบนความถี่ของไมโครกริด ของวิธีนำเสนอ FLA-PID และวิธีที่นำมาเปรียบเทียบ (C-PID และ NoPEMEL) ซึ่งพบว่าเมื่อทำการต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมเข้าไมโครกริดที่เวลา 70 s (ดูรูปที่ 10 (ข) ประกอบ) การเบี่ยงเบนของความถี่ในกรณีของ FLA-PID ต่ำกว่า C-PID และ NoPID และเมื่อทำการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมออกที่เวลา 130 s พบว่า การเบี่ยงเบนของความถี่ในกรณีของ FLA-PID ต่ำกว่า C-PID และ NoPID ด้วยเช่นกัน รูปที่ 12 แสดงกำลังไฟฟ้าและการเปลี่ยนแปลงของไฮโดรเจน ซึ่งจะเห็นว่าช่วงที่มีการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมออกจากระบบ ที่เวลา 60 s กำลังไฟฟ้าของอิเล็กโทรไลเซอร์จะเพิ่มขึ้น และเมื่อทำการต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าระบบที่เวลา 110 s กำลังไฟฟ้าของอิเล็กโทรไลเซอร์จะลดลง

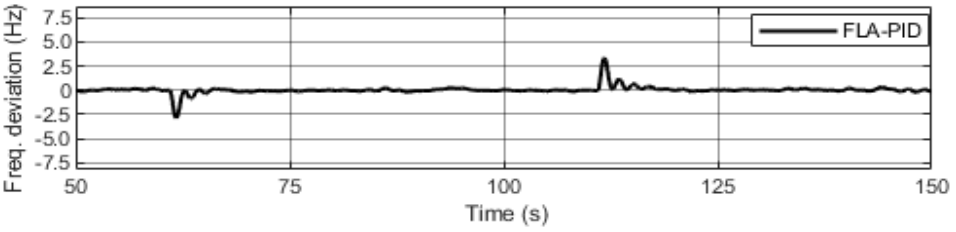
จากผลการจำลองทั้งสองกรณี จะเห็นว่าการควบคุม PEMEL ด้วยตัวควบคุม FLA-PID ที่นำเสนอสามารถลดการแกว่งของความถี่ได้ดีกว่า NoPEMEL หรือ C-PID ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าตัวควบคุมพีไอดีที่หาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อยที่นำเสนอ มีประสิทธิภาพในการทำเสถียรภาพความถี่ได้ดีกว่าวิธีที่นำมาเปรียบเทียบ



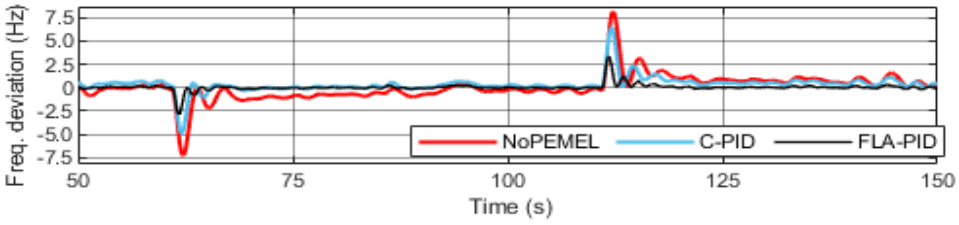
(ก)



(ข)

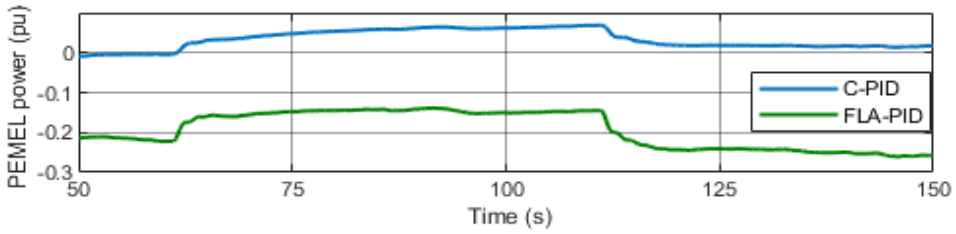


(ค)

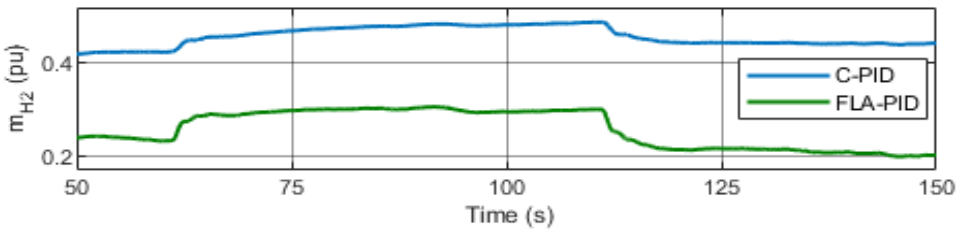


(ง)

รูปที่ 11 การเบี่ยงเบนความถี่ กรณี 2 (ก) NoPEMEL (ข) C–PID (ค) R–PID (ง) เปรียบเทียบทั้งสามวิธี



(ก)



(ข)

รูปที่ 12 PEMEL กรณี 2 (ก)กำลังไฟฟ้าของ PEMEL (ข) การเปลี่ยนแปลงของไฮโดรเจน m_{H2}

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยนี้ ทำการศึกษาอัลกอริทึมหิ่งห้อยสำหรับหาค่าเหมาะสมที่สุดของตัวควบคุมพีไอดีของอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton exchange membrane electrolyzer: PEMEL) เพื่อลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริด โดยตัวควบคุมที่ใช้เป็นตัวควบคุมพีไอดี (Proportional–integral–derivative: PID) ที่หาค่าเหมาะสมด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย (Firefly algorithm: FLA) โดยวัตถุประสงค์ของการหาค่าเหมาะสมที่สุดคือเพื่อลดการเบี่ยงเบนความถี่ไมโครกริด ผลการจำลองกับไมโครกริดที่ทำการศึกษา พบว่า การควบคุม PEMEL ด้วยตัวควบคุมพีไอดีเหมาะสมที่สุดที่หาค่าด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย (FLA–PID) ที่นำเสนอ สามารถลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริดได้อย่างดี และดีกว่าการควบคุมพีไอดีแบบทั่วไป และการไม่ใช้ PEMEL ในการช่วยรักษาความถี่ไมโครกริด

เอกสารอ้างอิง

1. J. Pahasa and I. Ngamroo, Coordinated PHEV, PV, and ESS for microgrid frequency regulation using centralized model predictive control considering variation of PHEV number. IEEE Access, vol. 6, pp. 69151–69161, 2018.
2. M.B. Hossain et al., Power system dynamic performance analysis based on frequency control by proton exchange membrane electrolyzers, IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 59, no. 4, pp. 4998–5008, July–Aug. 2023.
3. M.B. Hossain et al., Dynamic electrical circuit modeling of a proton exchange membrane electrolyzer for frequency stability, resiliency, and sensitivity analysis in a power grid. IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 59, no. 6, pp. 7271–7281, Nov.–Dec. 2023.
4. X. S. Yang, *Engineering optimisation: an introduction with metaheuristic applications*, Wiley, New Jersey, 2010.
5. จงลักษณ์ พาหะซา, ขวัญจิรา สารสุวรรณ์, ณรงค์ฤทธิ์ ต้องรักชาติ และ กมลลักษณ์ เถิงคำ, การศึกษาการควบคุมแรงเฉื่อยเสมือนและการควบคุมความถี่โหลดของไมโครกริดด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ด้วยตัวควบคุมพีไอหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย. พะเยาวิจัย 12, มหาวิทยาลัยพะเยา, จังหวัดพะเยา, 25–27 มกราคม 2566.

ระบบควบคุมปรับอัตราการขยายพีไออัตโนมัติ ด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับโหลดเปลี่ยนแปลง

Fuzzy auto-tuning PI speed control for load variance in 3-phase induction motor

อภิวัฒน์ ศรีเกตุ[1*] และ สรรพงศ์ ทานอก[2]

Apiwat Srigate[1*] and Sunphong Thanok[2]

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลใช้มอเตอร์เป็นหลักซึ่งมีความสำคัญมากในงานอุตสาหกรรม การพัฒนาเทคโนโลยีการขับเคลื่อนมอเตอร์มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง มอเตอร์เหนี่ยวนำนั้นเป็นต้นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนเครื่องจักรอุตสาหกรรม เนื่องจากมอเตอร์ชนิดนี้ถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย การขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำใช้ชุดขับอินเวอร์เตอร์ โดยมีส่วนฟังก์ชันการปรับแต่งค่าควบคุม เพื่อให้เหมาะสมกับภาระโหลดการทำงานในตอนเริ่มต้นหรือผู้ใช้ตั้งค่าขณะทำงานเพื่อให้เหมาะสมกับภาระโหลดในขณะนั้น แต่ในขณะเครื่องจักรทำงานโหลดมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้การตั้งค่าในขณะเริ่มต้นนั้น ไม่เหมาะสมกับสภาวะของโหลดในทุกช่วงการทำงาน

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาการควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับโหลดเปลี่ยนแปลง โดยใช้ตัวควบคุมพีไอปรับอัตราการขยายอัตโนมัติด้วยฟัซซีลอจิก ตัวควบคุมที่ออกแบบทดสอบโดยใช้อินเวอร์เตอร์สำหรับงานอุตสาหกรรมต่อรวมกับมอเตอร์โหลด โดยใช้ พีแอลซีเป็นตัวควบคุมและประมวลผลหลัก ผลสมรรถนะของค่าผลรวมความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Integral of absolute error: IAE) และค่าผิดพลาดที่สถานะคงตัว (Steady error) ของตัวควบคุมที่ออกแบบด้วยตัวควบคุมพีไอปรับอัตราการขยายอัตโนมัติด้วยฟัซซีลอจิกขณะโหลดเปลี่ยนแปลง มีผลดีกว่าเมื่อเทียบกับตัวควบคุมพีไอแบบเดิม เมื่อเปิดใช้งานระบบควบคุมปรับอัตราการขยายพีไออัตโนมัติ แล้วนั้นพบว่าการควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำดีขึ้น โดยหากมีภาระโหลดเปลี่ยนแปลงไประบบต้องใช้เวลาเพียง 1 วินาที ความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำจึงกลับสู่ภาวะปกติ และความผิดพลาดของความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ ผิดไปจากความเร็วที่ตั้งค่าไว้เพียง 5 รอบต่อนาที เท่านั้น

คำสำคัญ: ตัวควบคุมพีไอปรับอัตราการขยายอัตโนมัติ , การควบคุมความเร็ว, มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส, โหลดเปลี่ยนแปลง

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800

[2] ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800

[1] Mechanical Engineering Education, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800

[2] Department of Teacher Training in Mechanical Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800

*Corresponding author : apiwat.srigate@gmail.com

Abstract

Motors mainly convert electrical energy into mechanical energy, which is very important in industrial applications. The development of motor drive technology has continued to evolve. Induction motors are an essential power source for driving machines because they are widely used. Induction motor driving uses an inverter drive unit. There is a function to adjust control values. To suit the workload at the beginning, the user sets it while working to fit the current load. But while the machine is working, the load is constantly changing. Make the initial settings Not suitable for load conditions in all operating ranges

This paper proposes the development of a speed control system for a three-phase motor under load changes using fuzzy auto-tuning pi. The design was tested using an industrial inverter connected to a motor load, with a Programmable Logic Controller (PLC). Performance evaluation, based on the Integral of Absolute Error (IAE) and steady-state error, demonstrates that the Fuzzy Logic-based Self-Tuning PI controller has best performance compared to a conventional PI controller, under varying load conditions. When the automatic PI gain control system was activated, it was found that the speed control of the induction motor was improved. If the load changes, the system takes approximately 1 second. The speed of the induction motor then returns to normal. Induction motor speed errors were derived from the set speed of approximately 5 revolutions per minute.

Keywords: Fuzzy auto-tuning PI controller, Speed control, Three-phase induction motor, Inverter varying load

บทนำ

การเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลใช้มอเตอร์เป็นหลักซึ่งมีความสำคัญมากในงานอุตสาหกรรม การพัฒนาเทคโนโลยีการขับเคลื่อนมอเตอร์ มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง [1,2,3] โดยมีการพัฒนาจากเทคโนโลยีระบบขับเคลื่อนด้วยการควบคุมแบบแอนาล็อก [4] หลังจากนั้นได้พัฒนามาเป็นแบบแอนาล็อกกึ่งดิจิทัล [5] จนปัจจุบันพัฒนามาถึงเทคโนโลยีแบบดิจิทัลทั้งระบบ [6] มอเตอร์เหนี่ยวนำนั้น เป็นต้นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนเครื่องจักรอุตสาหกรรมแมคคาทรอนิกส์เนื่องจากมอเตอร์ชนิดนี้ถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมและในเครื่องจักรต่าง ๆ เช่น มอเตอร์สปินเดิลในเครื่องซีเอ็นซี [7] คลังเก็บสินค้าอัตโนมัติ หรือแม้แต่งานขับเคลื่อนสายพานลำเลียงอุตสาหกรรม [8] ดังนั้นมอเตอร์เหนี่ยวนำ จึงมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในโรงงานอุตสาหกรรมปัจจุบัน

การขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ ใช้ชุดขับอินเวอร์เตอร์ สำหรับขับเคลื่อน โดยในชุดขับเคลื่อนมอเตอร์มีส่วนฟังก์ชันการปรับแต่งค่าควบคุมอัตโนมัติ เพื่อให้เหมาะสมกับภาระโหลดการทำงาน โดยฟังก์ชันการปรับแต่งค่าควบคุมจะทำงานในตอนเริ่มต้นหรือผู้ใช้ตั้งค่าขณะทำงานเพื่อให้เหมาะสมกับภาระโหลดในขณะนั้น [9,10] แต่ในขณะเครื่องจักรทำงานโหลดมีอาจจะการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่น ในขณะที่สายพานลำเลียงนำวัตถุส่งด้วยน้ำหนักชิ้นงานที่แตกต่างกัน ส่งผลให้สมรรถนะของระบบควบคุมเปลี่ยน หรือกรณีที่เครื่อง CNC เคลื่อนที่พาทูล (Tools) ไปสัมผัสกับชิ้นงานทำให้โหลดของมอเตอร์เปลี่ยนไป ทำให้การตั้งค่าในขณะเริ่มต้นนั้น ไม่เหมาะสมกับสภาวะของโหลดในทุกช่วงการทำงาน

การควบคุมฟัซซีลอจิก เป็นการควบคุมอีกรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้งาน โดยการควบคุมฟัซซีลอจิกนี้ใช้ระบบฐานความรู้ มาประกอบการตัดสินใจด้วยรูปแบบการเขียนโปรแกรมแบบ IF-THEN-ELSE ฐานความรู้สามารถประกอบไปด้วยหลายอินพุตเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลประกอบการตัดสินใจของโปรแกรม และสามารถมีได้หลายอินพุต

หลายเอาต์พุต ด้วยข้อดีของการควบคุมโดยใช้ฐานข้อมูลประกอบการตัดสินใจจึงทำให้การควบคุมฟัซซีลอจิกถูกนำไปใช้ในงานควบคุมมอเตอร์อย่างแพร่หลาย [11–14]

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาการควบคุมความเร็วสำหรับโหลดเปลี่ยนแปลง แบบปรับค่าอัตราการขยายอัตโนมัติโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกสำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยใช้อินเวอร์เตอร์สำหรับงานอุตสาหกรรม ร่วมกับการ์ดอ่านเอ็นโค๊ดเดอร์ เพื่อป้อนกลับค่าความเร็วและตำแหน่งการเคลื่อนที่ โดยใช้พีแอลซี เป็นประมวลผลหลัก ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกที่พัฒนาทำการเขียนลงในพีแอลซีเพื่อคำนวณค่าอัตราการขยายแบบอัตโนมัติ ค่าอัตราการขยายที่ได้จากการคำนวณจะถูกส่งไปยังอินเวอร์เตอร์ ผ่านการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS–485 ข้อมูลการควบคุมแสดงผลผ่านหน้าจอสั่งงาน เซอร์โวมอเตอร์กระแสสลับถูกนำมาต่อเข้าที่ปลายเพลาเพื่อใช้สร้างโหลดสำหรับหาสมรรถนะของการควบคุมความเร็ว

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อพัฒนาระบบควบคุมการปรับค่าอัตราการขยายพีไออัตโนมัติด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก สำหรับการควบคุมความเร็วสำหรับระบบขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

2. เพื่อหาสมรรถนะการควบคุมความเร็วของระบบขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วยตัว ควบคุมชนิดปรับค่าอัตราการขยายพีไออัตโนมัติด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก สำหรับโหลด เปลี่ยนแปลง

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาและพัฒนาระบบควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดปรับค่าอัตราการขยายพีไออัตโนมัติด้วย ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก โดยใช้อินเวอร์เตอร์อุตสาหกรรมเป็นชุดขับมอเตอร์

2. ศึกษาและพัฒนาระบบควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดปรับค่าอัตราการขยายพีไออัตโนมัติด้วย ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก โดยใช้พีแอลซีเป็นตัวควบคุมหลัก

3. ศึกษาและพัฒนาระบบควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดปรับค่าอัตราการขยายพีไออัตโนมัติด้วย ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์กระแสสลับจำลองเป็นโหลดของระบบ

4. พัฒนาโปรแกรมด้วย พีแอลซี เพื่อเชื่อมต่อ สั่งงาน และแสดงผลด้วยแกรม MATLAB

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ระบบควบคุมปรับค่าอัตราการขยายพีไออัตโนมัติด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิกสำหรับการควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับโหลดเปลี่ยนแปลง เป็นกรณีศึกษาให้แก่ผู้ที่สนใจทางด้านการควบคุมความเร็วในงานอุตสาหกรรม

2. สมรรถนะที่ดีขึ้นของการควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ทำให้ผู้ใช้งานสะดวกมากขึ้น

วิธีวิทยาการวิจัย

วัสดุ อุปกรณ์

พัฒนาการควบคุมความเร็วสำหรับโหลดเปลี่ยนแปลง แบบปรับค่าอัตราการขยายอัตโนมัติโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกสำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยใช้อินเวอร์เตอร์สำหรับงานอุตสาหกรรม ร่วมกับการ์ดอ่านเอ็นโค๊ดเดอร์ เพื่อป้อนกลับค่าความเร็วและตำแหน่งการเคลื่อนที่ โดยใช้พีแอลซี เป็นประมวลผลหลัก โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดวัสดุอุปกรณ์ การทดลอง

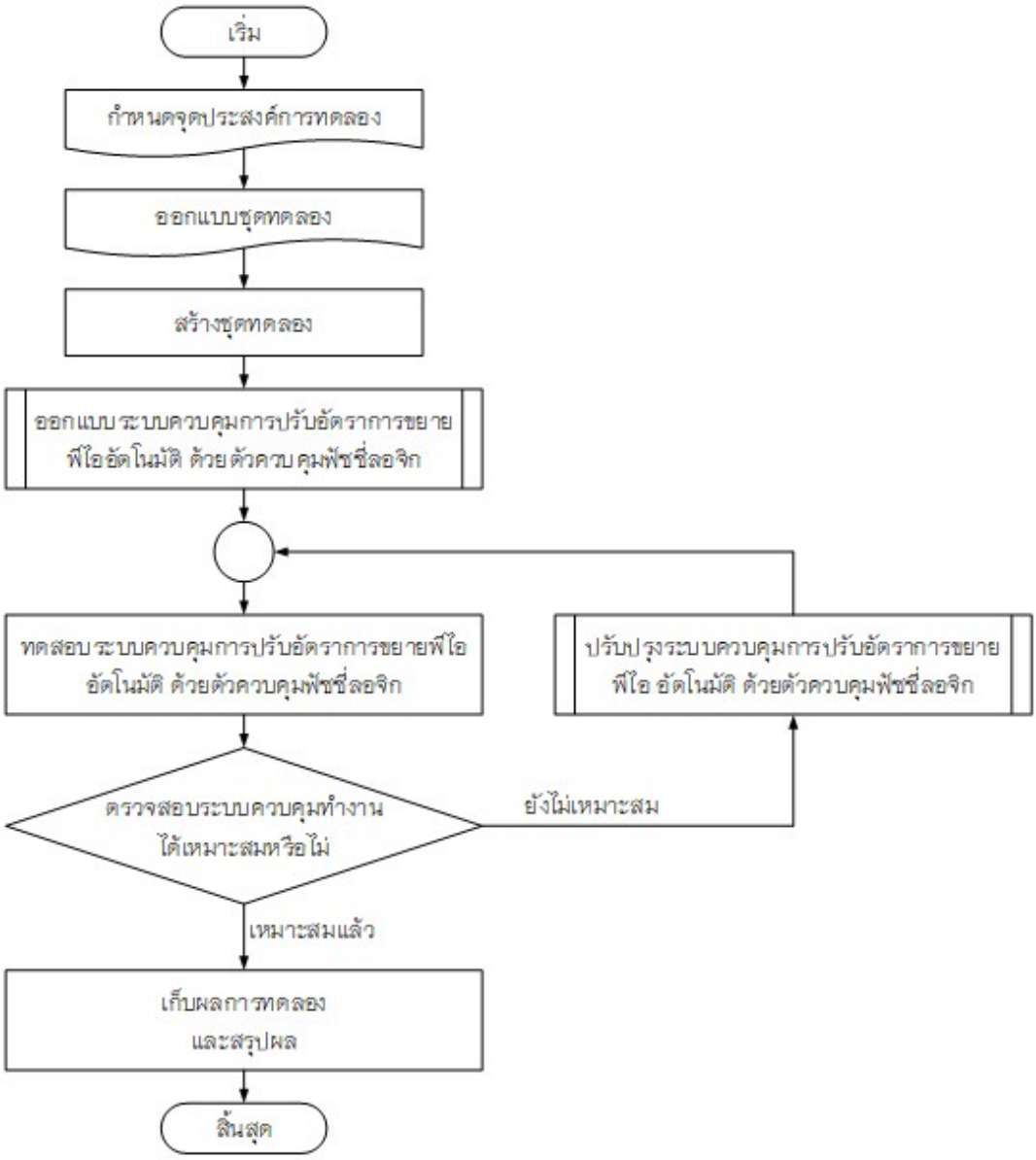
ลำดับ	ชื่ออุปกรณ์	ขนาด	หน้าที่การทำงาน
1	โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ FX-5U	16IN/16OUT	ตัวประมวลผลหลัก
2	อินเวอร์เตอร์ FR-A820-1	1.5 kW	ขับมอเตอร์สำหรับขับมอเตอร์ตัวควบคุม
3	อินเวอร์เตอร์ FR-A820-1	3.7 kW	ขับมอเตอร์สำหรับขับมอเตอร์ภาระโหลด
4	เอ็นโค๊ดเดอร์	1024 pulse/rev	ป้อนกลับความเร็วสำหรับมอเตอร์ควบคุม
5	เอ็นโค๊ดเดอร์	2500 pulse/rev	ป้อนกลับความเร็วสำหรับมอเตอร์ภาระโหลด
6	คอมพิวเตอร์	-	พัฒนาโปรแกรม และ แสดงผล
7	โปรแกรม MATLAB	-	สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลและช่วยออกแบบ
8	โปรแกรม GX-WORK 3	-	สำหรับเขียนโปรแกรม พีแอลซี
9	โปรแกรม FR-Configurator 2	-	สำหรับเขียนโปรแกรมอินเวอร์เตอร์

ขั้นตอนและวิธีวิจัย

พัฒนาการควบคุมความเร็วสำหรับโหลดเปลี่ยนแปลง แบบปรับค่าอัตราการขยายอัตโนมัติโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกสำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ แบ่งขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1. ค้นคว้าข้อมูล งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับค่าอัตราการขยายพีไออัตโนมัติด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก
2. ศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมปรับค่าอัตราการขยายพีไออัตโนมัติด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก
3. ศึกษาชุดขับมอเตอร์เหนี่ยวนำ พารามิเตอร์ หน่วยความจำต่าง ๆ รวมถึงวิธีการเชื่อมต่อพีแอลซี
4. ขับมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยใช้อินเวอร์เตอร์อุตสาหกรรมเป็นชุดขับมอเตอร์และเก็บผลอัตรา การติดตามระหว่างคำสั่งกับค่าปัจจุบัน ในสภาวะโหลดต่างเปลี่ยนแปลง
5. เขียนโปรแกรมปรับค่าอัตราการขยายพีไออัตโนมัติด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิกและเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง
6. ขับมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยใช้อินเวอร์เตอร์อุตสาหกรรมร่วมกับโปรแกรมปรับค่าอัตราการ ขยายพีไออัตโนมัติด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก ที่พัฒนาขึ้น และเก็บผลอัตราการติดตามระหว่างคำสั่งกับค่าปัจจุบัน ในสภาวะโหลดต่างเปลี่ยนแปลง
7. เปรียบเทียบผลระหว่าง การขับมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยใช้อินเวอร์เตอร์อุตสาหกรรม กับ การขับ มอเตอร์เหนี่ยวนำโดยใช้อินเวอร์เตอร์อุตสาหกรรมร่วมกับโปรแกรมปรับค่าอัตราการขยายพีไอ อัตโนมัติด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก และแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง
8. สรุปทำรายงานการวิจัย และนำเสนอผลที่ได้จากการวิจัย

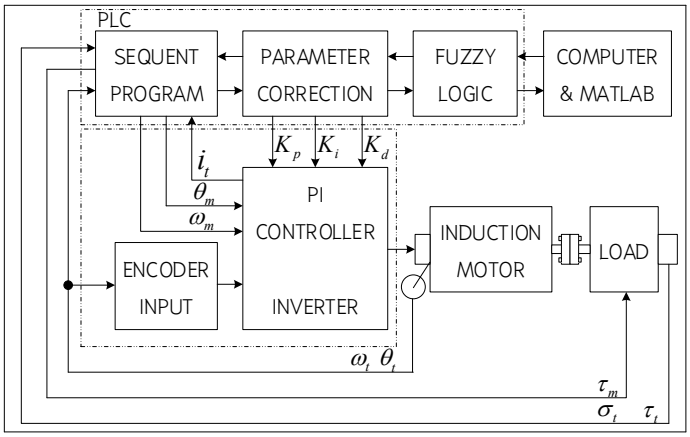
เขียนเป็นแผนผังการทำงานได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังการทำงาน ขั้นตอนการวิจัย

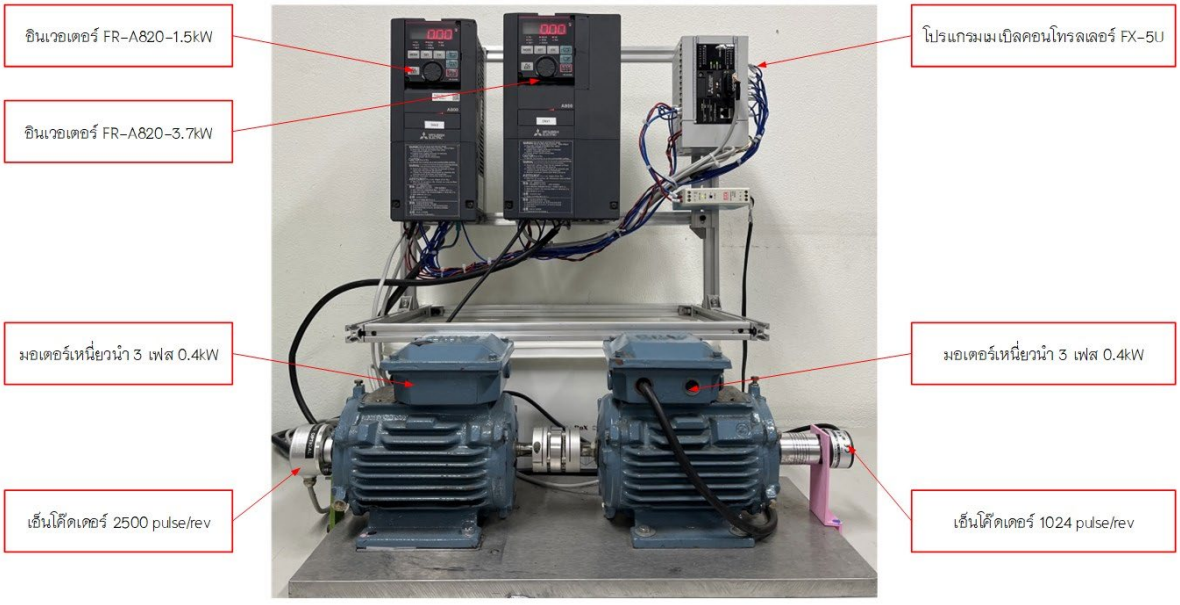
การออกแบบทางไฟฟ้าและระบบควบคุม

การต่อวงจรไฟฟ้าและส่วนประกอบทางกลของงานวิจัย โดยในงานวิจัยนี้ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ สำหรับขับมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.4 กิโลวัตต์ โดยมีเอ็นโค๊ดเดอร์ ขนาด 1024 พัลส์ต่อรอบ ติดอยู่ที่ปลายเพลาของมอเตอร์เหนี่ยวนำเพื่อส่งสัญญาณป้อนกลับไปยังอินเวอร์เตอร์เพื่อควบคุมการขับมอเตอร์แบบเวกเตอร์ และขนานสัญญาณป้อนกลับไปยังพีแอลซี ใช้เพื่อใช้ควบคุมความเร็ว และฟัซซีลอจิก โดยปลายเพลาอีกฝั่งหนึ่งต่อกับ คลัปปลิ้ง เพื่อเชื่อมต่อเข้ากับภาระโหลดแบบปรับแรงบิดได้ ซึ่งใช้เซอร์โวมอเตอร์ขนาด 3.7 กิโลวัตต์ ทำหน้าที่เป็นภาระโหลด แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ดัง ภาพที่ 2



ภาพที่ 2 บล็อกไดอะแกรมทางไฟฟ้าและระบบควบคุม

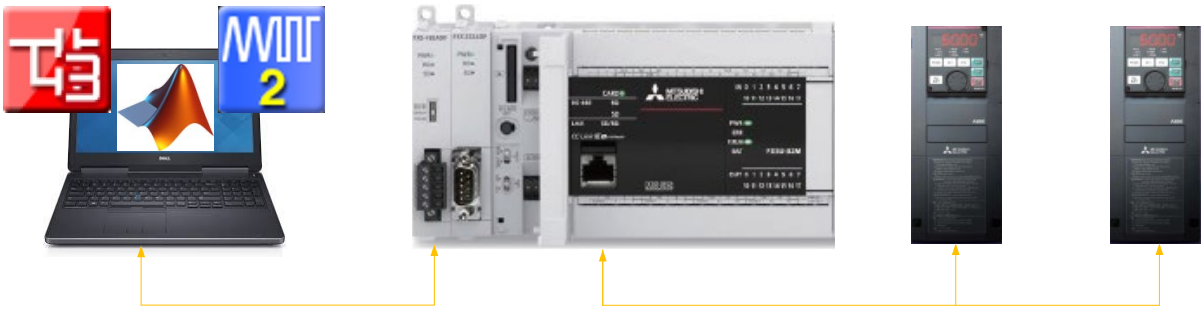
การออกแบบระบบควบคุม โดย พีแอลซี เชื่อมต่อกับอินเวอร์เตอร์ด้วยโปรโตคอล Modbus RTU–RS485 ใช้สำหรับส่งคำสั่งความเร็ว ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ รวมทั้งรับค่ากระแสป้อนกลับจากมอเตอร์ กลับมายัง พีแอลซี เพื่อใช้สำหรับปรับค่าอัตราการขยายอัตโนมัติโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก จากนั้นค่าอัตราการขยาย K_p K_i และ K_d ที่ถูกปรับปรุงแล้วจะถูกส่งไปยังอินเวอร์เตอร์เพื่อใช้ขับมอเตอร์ให้เหมาะสมกับโหลด เซอร์โวมอเตอร์ที่เชื่อมต่ออยู่กับเพลาตั้งค่าให้ทำงานแบบควบคุมแรงบิดเพื่อจำลองสภาวะโหลดที่เปลี่ยนแปลง โดยเชื่อมต่อกับ พีแอลซี แบบอนาล็อก 0–10 โวลล์ เพื่อใช้สำหรับการควบคุมแรงบิด จากนั้นชุดควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จะส่งสัญญาณแรงบิดปัจจุบันป้อนกลับมายัง พีแอลซี ใช้สำหรับเปรียบเทียบกับแรงบิดที่วัดได้ในอินเวอร์เตอร์ และแสดงผล ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การต่อวงจรไฟฟ้าและส่วนประกอบทางกล

การออกแบบตัวควบคุมฟัซซีลอจิก

การออกแบบโปรแกรมควบคุมฟัซซีลอจิกได้พัฒนาด้วยโปรแกรม MATLAB บนคอมพิวเตอร์รวมถึงการปรับปรุงพารามิเตอร์ต่าง ๆ และทดสอบการทำงานจากนั้น นำแนวคิดการพัฒนาระบบ มาเขียนเป็นโปรแกรม พีแอลซี เพื่อให้ระบบงานด้วยตัวเอง จากนั้นค่าพารามิเตอร์ ถูกส่งมาแสดงผลที่โปรแกรม MATLAB โดยเชื่อมต่อข้อมูลแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างอุปกรณ์

การออกแบบตัวควบคุมฟัซซีลอจิกเริ่มจากการการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกของฟังก์ชั่น อินพุท โดยกำหนด อินพุทที่ 1 คือ ค่าความผิดพลาดของความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำหาได้จากสมการที่ 1

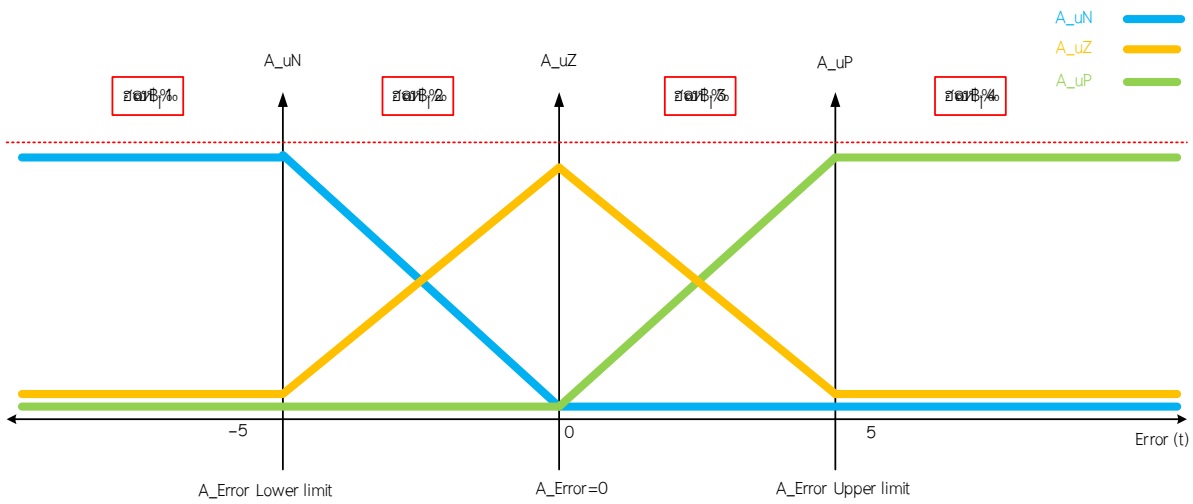
$$A_Error = Spoint_Speed - Actual_Speed$$

โดยที่ *A_Error* คือ ค่าความผิดพลาดของความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ ณ เวลาปัจจุบัน

Spoint_Speed คือ คำสั่งความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ ณ เวลาปัจจุบัน

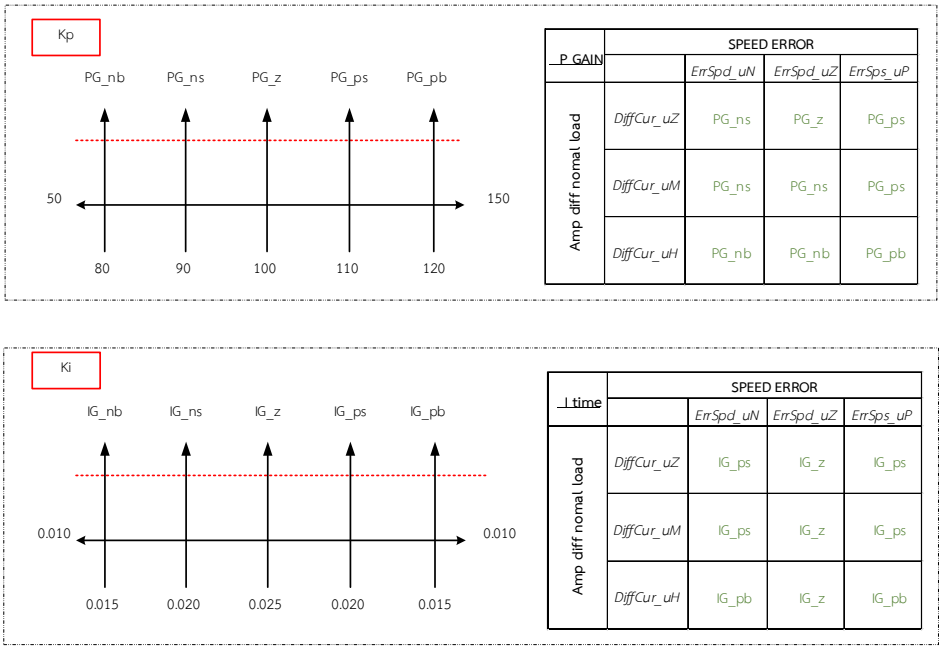
Actual_Speed คือ ความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ ณ เวลาปัจจุบัน

จากนั้นนำไปเขียนแผนภาพความเป็นสมาชิกของฟังก์ชั่น อินพุท ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แผนภาพความเป็นสมาชิกของฟังก์ชั่น อินพุท

กำหนดกฎการทำงานตามประสบการณ์ของผู้ออกแบบการควบคุม โดยงานวิจัยนี้กำหนด อินพุต 2 ค่า คือ ค่าความผิดพลาดของความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ และ ค่ากระแสขับมอเตอเหนี่ยวนำ ในส่วนของเอาต์พุต มี 2 ค่า คือ อัตราการขยาย Kp และอัตราการขยาย Ki จากนั้นกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง อินพุต กับ เอาต์พุต ดังภาพที่ 6



P GAIN		SPEED ERROR		
		ErrSpd_uN	*ErrSpd_uZ*	*ErrSps_uP*
Amp diff nomal load	*DiffCur_uZ*	PG_ns	PG_z	PG_ps
	DiffCur_uM	PG_ns	PG_ns	PG_ps
	DiffCur_uH	PG_nb	PG_nb	PG_pb

I time		SPEED ERROR		
		ErrSpd_uN	*ErrSpd_uZ*	*ErrSps_uP*
Amp diff nomal load	*DiffCur_uZ*	IG_ps	IG_z	IG_ps
	DiffCur_uM	IG_ps	IG_z	IG_ps
	DiffCur_uH	IG_pb	IG_z	IG_pb

ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต Kp และ Ki

การออกแบบโปรแกรมตัวควบคุมฟัซซีลอจิก โดยโปรแกรมลงใน พีแอลซี ด้วยภาษา Statement List (STL) ด้วยคำสั่ง IF (–) THEN (–) ELSE และคำสั่งทางคณิตศาสตร์ โดยโปรแกรมจะทำงานตามวงรอบของโปรแกรมทุก ๆ 10 มิลลิวินาที จากนั้นหาค่าเอาต์พุตของค่าน้ำหนักเฉลี่ย ตามสมการ
แสดงโปรแกรมควบคุมดังภาพที่ 7

```
IF (SM402 OR M77) THEN
    SPD_Error_Lower_Infinity := E-400.0 ;
    SPD_Error_Lower_Limit :=  E-2.0;
    SPD_Error_Upper_Limit := E2.0;
    SPD_Error_Upper_Infinity := E400.0;
    SPD_Actual_Error := E0.0;
    SPD_Actual_Error_Zone := K0;
END_IF;
IF (L_wIndexS < K1) THEN

    L_dwCountS := L_dwCountS + K1 ;
    L_wIndexS := L_wIndexS+K1 ;
    ELSE
    L_wIndexS := K0 ;
END_IF;
////////////////////////////////////CAL DEGREE OF MEMBERSHIP => SPEED ERROR ////////////////////////////////////////////////////
IF SPD_Actual_Error <= SPD_Error_Lower_Limit THEN  // ERROR ZONE = 1
    SPD_DegreeOfMembership_uN := E1.0;
    SPD_DegreeOfMembership_uZ := E0.0;
    SPD_DegreeOfMembership_uP := E0.0;
    SPD_Actual_Error_Zone := K1;    // Program Step Monitor
    ELSIF (SPD_Error_Lower_Limit < SPD_Actual_Error) AND ( SPD_Actual_Error<=E0.0 )  THEN // ERROR ZONE = 2
    SPD_DegreeOfMembership_uN := ( ((E0.0-E1.0)/(E0.0 - SPD_Error_Lower_Limit))*SPD_Actual_Error) + E0.0 ;
    SPD_DegreeOfMembership_uZ := ( ((E1.0-E0.0)/(E0.0 - SPD_Error_Lower_Limit))*SPD_Actual_Error) + E1.0 ;
    SPD_DegreeOfMembership_uP := E0.0;
    SPD_Actual_Error_Zone := K2;    // Program Step Monitor
    ELSIF (E0.0 < SPD_Actual_Error) AND (  SPD_Actual_Error <= SPD_Error_Upper_Limit) THEN // ERROR ZONE =3
    SPD_DegreeOfMembership_uN := E0.0;
    SPD_DegreeOfMembership_uZ := ( (((E0.0-E1.0)/(SPD_Error_Upper_Limit - E0.0 ))*SPD_Actual_Error) + E1.0 ;
    SPD_DegreeOfMembership_uP := ( (((E1.0-E0.0)/(SPD_Error_Upper_Limit - E0.0 ))*SPD_Actual_Error) + E0.0 ;
    SPD_Actual_Error_Zone := K3;    // Program Step Monitor
    ELSIF (SPD_Error_Upper_Limit < SPD_Actual_Error) THEN  // ERROR ZONE = 4
    SPD_DegreeOfMembership_uN := E0.0;
    SPD_DegreeOfMembership_uZ := E0.0;
    SPD_DegreeOfMembership_uP := E1.0;
    SPD_Actual_Error_Zone := K4;    // Program Step Monitor
    ELSE  // ERROR ZONE OTHER
    SPD_DegreeOfMembership_uN := E0.0;
    SPD_DegreeOfMembership_uZ := E0.0;
    SPD_DegreeOfMembership_uP := E0.0;
    SPD_Actual_Error_Zone := K99;    // Program Step Monitor
END_IF;
```

```
IF (L_wIndexA < K1) THEN

    L_dwCountA := L_dwCountA + K1 ;
    L_wIndexA := L_wIndexA+K1 ;
    ELSE
    L_wIndexA := K0 ;
END_IF;

////////////////////////////////////CAL DEGREE OF MEMBERSHIP => CURRENT A ERROR ////////////////////////////////////////////////////
IF CurA_Actual_Error <=  CurA_Error_Lower_Limit THEN  // ERROR ZONE = 1
    CurA_DegreeOfMembership_uN := E1.0;
    CurA_DegreeOfMembership_uZ := E0.0;
    CurA_DegreeOfMembership_uP := E0.0;
    CurA_Actual_Error_Zone := K1;    // Program Step Monitor

    ELSIF (CurA_Error_Lower_Limit < CurA_Actual_Error) AND ( CurA_Actual_Error<=E0.0 )  THEN // ERROR ZONE = 2

    CurA_DegreeOfMembership_uN := ( ((E0.0-E1.0)/(E0.0 - CurA_Error_Lower_Limit))*CurA_Actual_Error) + E0.0 ;
    CurA_DegreeOfMembership_uZ := ( ((E1.0-E0.0)/(E0.0 - CurA_Error_Lower_Limit))*CurA_Actual_Error) + E1.0 ;
    CurA_DegreeOfMembership_uP := E0.0;
    CurA_Actual_Error_Zone := K2;    // Program Step Monitor

    ELSIF (E0.0 < CurA_Actual_Error) AND (  CurA_Actual_Error <= CurA_Error_Upper_Limit) THEN // ERROR ZONE =3

    CurA_DegreeOfMembership_uN := E0.0;
    CurA_DegreeOfMembership_uZ := ( ((E0.0-E1.0)/(CurA_Error_Upper_Limit - E0.0 ))*CurA_Actual_Error) + E1.0 ;
    CurA_DegreeOfMembership_uP := ( ((E1.0-E0.0)/(CurA_Error_Upper_Limit - E0.0 ))*CurA_Actual_Error) + E0.0 ;
    CurA_Actual_Error_Zone := K3;    // Program Step Monitor

    ELSIF (CurA_Error_Upper_Limit < CurA_Actual_Error) THEN  // ERROR ZONE = 4

    CurA_DegreeOfMembership_uN := E0.0;
    CurA_DegreeOfMembership_uZ := E0.0;
    CurA_DegreeOfMembership_uP := E1.0;
    CurA_Actual_Error_Zone := K4;    // Program Step Monitor

    ELSE  // ERROR ZONE OTHER

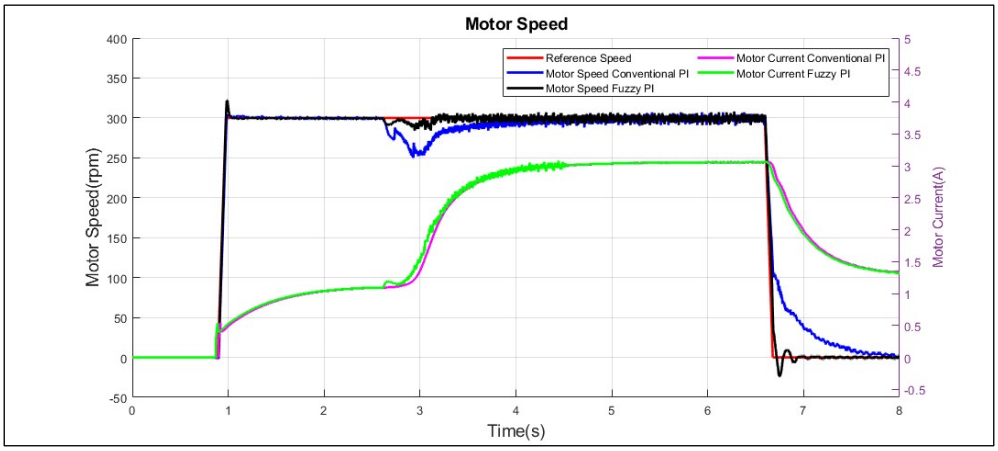
    CurA_DegreeOfMembership_uN := E0.0;
    CurA_DegreeOfMembership_uZ := E0.0;
    CurA_DegreeOfMembership_uP := E0.0;
    CurA_Actual_Error_Zone := K99;    // Program Step Monitor

END_IF;
////////////////////////////////////CAL DEGREE OF MEMBERSHIP => CURRENT A ERROR END ////////////////////////////////////////////////////
```

ภาพที่ 7 โปรแกรม Fuzzy Logic

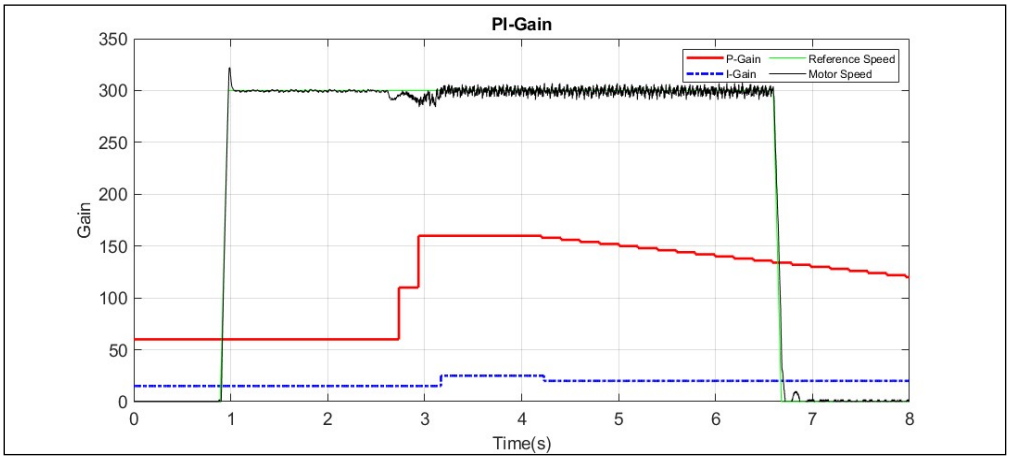
ผลการศึกษา

จากผลการทดลอง โดยการปรับเปลี่ยนค่าภาระโหลดของระบบ และทำการบันทึกค่า ความเร็ว และ กระแสของมอเตอร์ พบว่าสามารถระบบสามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำได้ แต่หากมีภาระโหลดเปลี่ยนแปลงไประบบต้องใช้เวลาถึง 2 วินาที ความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำจึงกลับสู่ภาวะปกติ และความผิดพลาดของความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ ผิดไปจากความเร็วที่ตั้งค่าไว้ 50 รอบต่อนาที เมื่อเปิดใช้งานระบบควบคุมปรับอัตราการขยายพีไออัตโนมัติ ด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับโหลดเปลี่ยนแปลง แล้วนั้น พบว่าการควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำดีขึ้น โดยหากมีภาระโหลดเปลี่ยนแปลงไประบบต้องใช้เวลาเพียง 1 วินาที ความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำจึงกลับสู่ภาวะปกติ และความผิดพลาดของความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำผิดไปจากความเร็วที่ตั้งค่าไว้เพียง 5 รอบต่อนาที เท่านั้น แสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงผลของความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยมีการปรับอัตราการขยาย พีไอ อัตโนมัติ

ระบบควบคุมปรับอัตราการขยายพีไออัตโนมัติ ด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิก สามารถปรับอัตราการขยายพีไอได้ตามสภาวะโหลดเปลี่ยนแปลงจากภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ต้องการ ระบบควบคุมจะปรับอัตราการขยายพี ให้มากขึ้นเพื่อให้ระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์กลับไปสู่ค่าที่ต้องการได้ ในขระเดียวกันนั้น ระบบควบคุมจะปรับอัตราการขยายไอ เพื่อให้ระบบตอบสนองได้รวดเร็ว หลังจากความเร็วของมอเตอร์กลับสู่ค่าที่ต้องการแล้ว ระบบควบคุมปรับอัตราการขยายพีไอ ลดลง เพื่อรักษาความเร็วของมอเตอร์ต่อไป



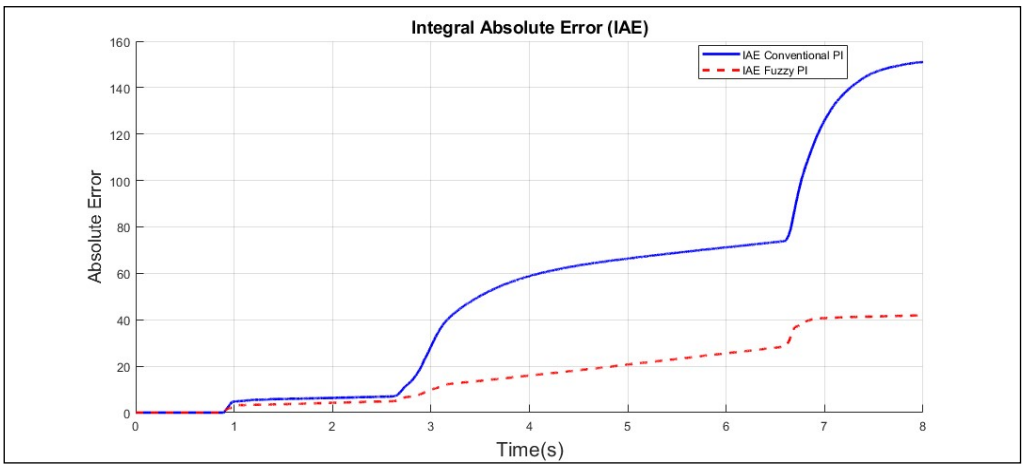
ภาพที่ 10 แสดงผลของการปรับอัตราการขยาย พีไอ อัตโนมัติ

จากผลการทดลองดังกล่าว คำนวนดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพที่ใช้ในการควบคุม โดยวัดผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของความผิดพลาดตลอดช่วงเวลาระบบควบคุมอัตโนมัติ แบบ ไอเออี คำนวณโดยการหาอินทิกรัลของค่าสัมบูรณ์ของความผิดพลาด โดยที่ค่าสัมบูรณ์ของความผิดพลาด คือ ค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่างระหว่างค่าที่ต้องการกับค่าจริงที่วัดได้ ดังสมการที่ 2

$$IAE = \int |e(t)|\, dt$$

โดยที่ IAE คือ ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพที่ใช้ในการควบคุม

e(t) คือ ความผิดพลาด ณ เวลา t



ภาพที่ 11 แสดงผลของการปรับอัตราการขยาย พีไอ อัตโนมัติ

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาการใช้งานฟัซซีลอจิกเพื่อปรับตั้งค่าพารามิเตอร์อัตราการขยาย Kp และ Ki ของอินเวอร์เตอร์อุตสาหกรรม สำหรับขับมอเตอร์เหนี่ยวนำ เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดลองกับการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของระบบแบบกำหนดค่าอัตราการขยายแบบคงที่ ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลอง โดยการปรับเปลี่ยนค่าภาระโหลดของระบบ และทำการบันทึกค่า ความเร็ว และ กระแสของมอเตอร์ พบว่าระบบสามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำได้ แต่หากมีภาระโหลดเปลี่ยนแปลงไประบบต้องใช้เวลาถึง 2 วินาที ความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำจึงกลับสู่ภาวะปกติ และความผิดพลาดของความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ ผิดไปจากความเร็วที่ตั้งค่าไว้ 50 รอบต่อนาที

เมื่อเปิดใช้งานระบบควบคุมปรับอัตราการขยายพีไออัตโนมัติ ด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิกสำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับโหลดเปลี่ยนแปลง แล้วนั้น พบว่าการควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำดีขึ้น โดยหากมีภาระโหลดเปลี่ยนแปลงไประบบต้องใช้เวลาเพียง 1 วินาที ความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำจึงกลับสู่ภาวะปกติ และความผิดพลาดของความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ ผิดไปจากความเร็วที่ตั้งค่าไว้เพียง 5 รอบต่อนาที เท่านั้น

การปรับอัตราการขยาย พีไอ ของอินเวอร์อุตสาหกรรมสำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส นั้นนอกจากทำให้การใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำมีประสิทธิภาพมากขึ้นในด้านการควบคุมความเร็วแล้ว ยังสามารถลดกระแสขับมอเตอร์ลงได้โดยที่ความเร็วไม่ผิดเพี้ยนไปได้อีกด้วย ผู้วิจัยเห็นว่าเป็นหัวข้อที่น่าศึกษาในงานวิจัยครั้งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้จะประสบผลสำเร็จมิได้หากไม่มีผู้สนับสนุนและให้คำแนะนำเสมอมา จึงขอ ขอบพระคุณ ผศ.ดร.สรรพงศ์ ทานอก ผู้สนับสนุนและให้คำปรึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ อนุเคราะห์สถานที่สำหรับทำชุดทดลอง รวมถึง บริษัท มิตซูบิชิ อีเล็คทริค แฟคทอรี่ ออโตเมชั่น (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้คำปรึกษาเรื่องผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

1. Toshihiro Sawa, Tsuneo Kume. Motor drive technology history and visions for the future. Yasakawa Electric Corporation, 2004.
2. Doppllapudi Rajesh, Donthamseeti Ravikumar. Design and Control of Digital DC Drives in Steel Rolling Mills. Department of Electrical and Electronics Engineering, MVGR College of Engineering A.P India, 2017.
3. Antonio Pesántez, Luís Neves, Rodrigo Sempértegui. High performance position control of permanent magnet synchronous drives. Electrical and Electronics Engineering Department University of Cuenca, 2017.
4. Krishnaswamy Nagaraj., et al. A median peak detecting analog signal processor for hard disk drive servo. AT and T Bell Laboratories University of California. 1995.
5. Pradeep K. Nandam, Paresh C. Sen. Analog and Digital Speed Control of DC Drives Using Proportional Integral and Integral Proportional Control Techniques. Department of Electrical Engineering Queen's University Kingston ONT Canada. 1987.
6. Thomas M. Jahns, Hang Dai. The past present and future of power electronics integration technology in motor drives. Department of Electrical and Computer Engineering University of Wisconsin–Madison Madison USA. 2017.
7. Do–Kwan Hong., et al. Development of a High Speed Induction Motor for Spindle Systems. Electric Motor Research Center, Korea Electrotechnology Research Institute Changwon 641–120 Korea. 2013.
8. A. Boglietti., et al. Assessment of fractional and small power three phase induction motors for conveyor applications Dipartimento di Ingegneria Elettrica Politecnico di Torino, Turin Italy. 2010.
9. Shu Yamamoto, Hideaki Hirahara. Effect of Parameter Tuning on Driving Performance of a Universal Sensorless–Vector Controlled Closed Slot Cage Induction Motor. Faculty of Human Resources Development Polytechnic University. 2019
10. H.F. Ho, K.W.E. Cheng. Application of fuzzy control in the servo system. Department of Electrical Engineering Hong Kong Polytechnic University Hong Kong China. 2009.

11. Hualin Tan, Jie Chang. Adaptive position control of induction motor systems under mechanical uncertainties. Control and Power Technology Rockwell Science Center Limited Liability Company Thousand Oaks CA USA. 2002.
12. Hou–Tsan Lee, Li–Chen Fu, Su–Hau Hsu. Adaptive speed position control of induction motor with unknown load torque. Department of Electrical Engineering National Taiwan University Taipei Taiwan. 2002.
13. Muhammad Shafiq., et al. Fuzzy–like adaptive position control of induction motor. Electrical Engineering Department COMSATS Institute of Information Technology Abbottabad Pakistan. 2017.
14. Chang–mao Cao., et al. Research on fuzzy–neural network PI controller for position control of motor drive. School of Physics & Information Engineering Jianghan University, Wuhan, Hubei CN. 2013.

การตรวจสอบไข่ไก่มีเชื้อแบบไม่ทำลายโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก

Non-destructive detection of chicken egg fertility using deep learning

สาธิต มังคลาจารย์[1], ทักษิณ แสงสุวรรณ[1*] และ วิทยา กุดแถลง[1]

Satit Mangkalajan[1], Thaksin Sangsuwan[1*] and Wittaya Koodtalang[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกแบบโครงข่ายประสาทเทียมเชิงคอนโวลูชัน เพื่อตรวจสอบไข่ไก่มีเชื้อโดยการจำแนกภาพของไข่ไก่แบบมีเชื้อและแบบเชื้อตาย มีการออกแบบโมเดลโดยใช้ชั้นคอนโวลูชันจำนวน 2 ชั้น และมีการหาขนาดของตัวกรองในแต่ละชั้นให้เหมาะสมที่สุดทั้งในด้านความแม่นยำ และเวลาในการจำแนกภาพตัวอย่างโดยใช้เทคนิคการปรับจูนพารามิเตอร์ย่อย นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชุดภาพตัวอย่างขนาด 64x64 พิกเซล ทั้งแบบภาพสี และภาพระดับสีเทา จำนวนภาพชุดภาพละ 916 ภาพ เพื่อใช้ในการฝึก และทดสอบโมเดลแบบ K-fold cross-validation โดยโมเดลที่นำเสนอถูกสร้างขึ้นด้วยการเขียนโปรแกรมภาษา Python ทำงานร่วมกับไลบรารี TensorFlow, Keras และ OpenCV ผลการทดลองปรากฏว่าการใช้ภาพสี ให้ความแม่นยำสูงสุดที่ 100% เมื่อจำนวนตัวกรองมีค่าเป็น [8, 4] โดยใช้เวลาคำนวณเฉลี่ยเพื่อจำแนกแต่ละภาพอยู่ที่ 0.0018 วินาที ในขณะที่ภาพระดับสีเทาจะให้ความแม่นยำที่ 100% เมื่อจำนวนตัวกรองมีค่าเป็น [16, 8] และใช้เวลาคำนวณเฉลี่ยเพื่อจำแนกแต่ละภาพอยู่ที่ 0.0017 วินาที

คำสำคัญ: โครงข่ายประสาทเทียมเชิงคอนโวลูชัน, การจำแนกไข่มีเชื้อ, การเรียนรู้เชิงลึก

Abstract

This paper presents the utilization of deep learning techniques, specifically convolutional neural networks (CNN), to detect fertile eggs by classifying images of fertile and infertile chicken eggs. The model is designed with two convolutional layers, and the number of filters for each layer is optimized for both accuracy and classification time using hyperparameter tuning techniques. Additionally, the performance is compared between color and grayscale images, each with a size of 64x64 pixels. A total of 916 images in each dataset were used for training and validating the model through K-fold cross-validation. The proposed model is implemented in Python, incorporating TensorFlow, Keras, and OpenCV libraries. Experimental results show that using color images achieves a maximum accuracy of 100% when the number of filters is [8, 4], with an average classification time of 0.0018 seconds per image. In contrast, grayscale images achieve 100% accuracy when the number of filters is [16, 8], with an average classification time of 0.0017 seconds per image.

Keywords: Convolutional Neural Networks (CNN), Fertile Egg Classification, Deep Learning.

[1] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีเครื่องมือวัดและอัตโนมัติ (CEITA) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือวัดและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

[1] Center of Excellence on Instrumentation Technology and Automation (CEITA), Department of Instrumentation and Electronics Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 10800

*Corresponding author : thaksin.s@eng.kmutnb.ac.th

บทนำ

เนื้อไก่เป็นเนื้อที่มีโปรตีนสูงและไขมันต่ำ โดยมีข้อได้เปรียบในฐานะสัตว์เลี้ยงเชิงพาณิชย์เนื่องจากพันธ์ไก่ในปัจจุบันมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถสร้างกำไรได้ในระยะเวลาอันสั้นเมื่อเทียบกับการเลี้ยงสัตว์เนื้ออื่นๆ ส่งผลให้มีการประกอบการการเลี้ยงไก่ในเชิงพาณิชย์กันอย่างกว้างขวาง โดยการบริโภคเฉลี่ยต่อหัวทั่วโลก อยู่ที่ 14.9 กิโลกรัม/คน/ปี เทียบกับ 11.1 กิโลกรัม/คน/ปี สำหรับเนื้อหมู และ 6.3 กิโลกรัม/คน/ปี สำหรับเนื้อวัว ในปี 2022 ทั่วโลกมีการส่งออกเนื้อไก่รวมทั้งสิ้น 18.3 ล้านตัน โดยประเทศไทยมีส่วนแบ่งการตลาดอยู่ที่ 5.5% นับเป็นอันดับที่ 5 ของโลก [1] ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตลูกไก่เนื้อคือจำนวนของไข่ไก่ที่มีเชื้อ จากแม่พันธ์และพ่อพันธ์ซึ่งเป็นผลผลิตจากอุตกรรมการฟักไข่ (incubation industry) โดยปริมาณลูกไก่เนื้อจะขึ้นอยู่กับสองปัจจัยคือ อัตราไข่มีเชื้อ (fertility) หมายถึง สัดส่วนของไข่ที่มีเชื้อต่อไข่ทั้งหมดที่ถูกฟัก และอัตราการฟักออก (hatchability) หมายถึง สัดส่วนของไข่ที่มีเชื้อที่ฟักเป็นตัวต่อไข่ที่มีเชื้อทั้งหมด [2] วิธีการดั้งเดิมในการตรวจสอบไข่มีเชื้อสามารถทำได้โดยการส่องไฟด้วยการบังคับแสงให้ออกมาเพียงด้านเดียวในที่มืด เพื่อให้เห็นรายละอียดภายในไข่และอาศัยประสบการณ์จากบุคคลเพื่อตรวจสอบว่าเป็นไข่มีเชื้อหรือเป็นไข่เชื้อตาย (infertility) ซึ่งปกติจะตรวจสอบเพื่อคัดแยกไข่ในวันที่ 3, 7 หรือ 18 ของการฟักไข่ ขึ้นอยู่กับจำนวนแรงงานที่มี [3] ในปัจจุบันมีการนำเสนอเทคนิคการตรวจสอบไข่มีเชื้อด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การใช้การมองเห็นของเครื่อง [4][5], การตรวจสอบคลื่นหัวใจ [6], การอัลตราซาวด์ [7], การใช้แสงอินฟราเรด [8] และการใช้ภาพถ่ายความร้อน [9] เป็นต้น ถึงแม้ว่าวิธีที่กล่าวมาข้างต้นจะให้ประสิทธิภาพที่ดีในการตรวจสอบ แต่หลายๆ วิธีมีค่าใช้จ่ายในการจัดทำค่อยข้างสูง อย่างไรก็ตามจากวิธีที่กล่าวมาข้างต้นการใช้การมองเห็นของเครื่องร่วมกับการเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) นับเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการตรวจจับที่สูง และมีค่าดำเนินการที่ไม่แพงเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆ รวมถึงมีความยืดหยุ่นสูงในการประยุกต์การตรวจจับแบบไข่หลายฟองในคราวเดียว ซึ่งเหมาะกับการต่อยอดในอุตสาหกรรม

การเรียนรู้เชิงลึก เป็นเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่ถือว่ามีความโดดเด่นเป็นอย่างมากในปัจจุบัน มีการใช้งานในหลากหลายงาน เช่น การวิเคราะห์ภาพ (image analysis) การจดจำเสียง (speech recognition) การเข้าใจข้อความ (text understanding) เป็นต้น หนึ่งในชนิดของการเรียนรู้เชิงลึกที่มีประสิทธิภาพและใช้งานกันอย่างกว้างขวางในการจำแนกภาพ (image classification) และการรู้จำภาพ (image recognition) คือ โครงข่ายประสาทเทียมเชิงคอนโวลูชัน หรือ CNN (convolutional neural network) เป็นเทคนิคที่สามารถเรียนรู้คุณลักษณะ (feature) ของสิ่งที่ต้องการจำแนกหรือรู้จำจากจำนวนข้อมูลขนาดใหญ่ ประกอบด้วย 3 ชั้น (layer) คือ ชั้นคอนโวลูชัน (convolutional layer) ชั้นย่อยตัวอย่าง (subsampling layer หรือ pooling layer) และชั้นเชื่อมต่อเต็มที่ (fully-connected layer) [10] ดังนั้นงานวิจัยนี้นำเสนอการใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกแบบโครงข่ายประสาทเทียมเชิงคอนโวลูชัน เพื่อตรวจสอบไข่ไก่มีเชื้อโดยการจำแนกภาพของไข่ไก่แบบมีเชื้อและแบบเชื้อตาย โดยเป็นการทดสอบแบบไม่ทำลาย

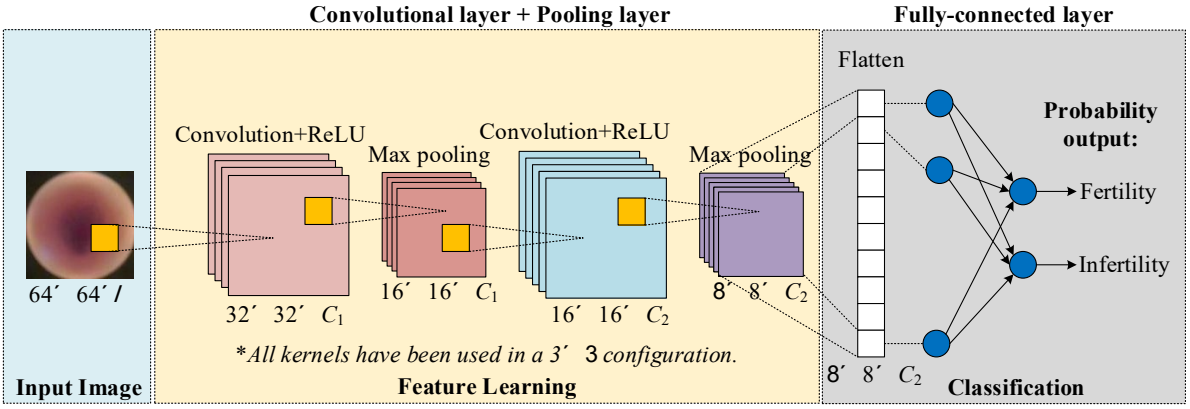
วัตถุประสงค์ในการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกแบบโครงข่ายประสาทเทียมเชิงคอนโวลูชัน ในการตรวจจำแนกภาพของไข่ไก่แบบมีเชื้อและแบบเชื้อตาย โดยทำการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมเชิงคอนโวลูชันที่เหมาะสมทั้งในด้านประสิทธิภาพของการตรวจสอบและการประมวลผลที่รวดเร็ว ทั้งนี้โครงข่ายที่ออกแบบต้องสามารถเรียนรู้คุณลักษณะของไข่ทั้งสองประเภทได้จากจำนวนข้อมูลที่มีจำกัด ในงานวิจัยมีการยืนยันประสิทธิภาพของโครงข่ายที่นำเสนอที่เหมาะสมที่สุด จาก 3 โครงข่ายตัวอย่างด้วยเทคนิคการปรับจูนพารามิเตอร์ย่อย (hyperparameter tuning) [11] และการวัดประสิทธิภาพของการประมวลผลจากระยะเวลาการคำนวณ (computation

time) เพื่อจำแนกภาพตัวอย่างใหม่ (new input image) ที่โครงข่ายไม่ได้ใช้ภาพเหล่านี้ในขั้นตอนการฝึก (training phase) [12] นอกจากนี้ในงานวิจัยจะวัดและแสดงประสิทธิภาพทั้งในเรื่องของการตรวจจับและระยะเวลาการประมวลผลสำหรับรูปแบบภาพอินพุตสองรูปแบบ คือ ภาพสี (color image) และภาพระดับสีเทา (grayscale image) โดยโครงข่ายที่ออกแบบ ถูกสร้างขึ้นด้วยการเขียนโปรแกรมภาษา python ผ่านโปรแกรม Visual Studio Code โดยใช้ไลบรารี Tensorflow, Keras และ OpenCV ร่วมด้วย

วิธีวิทยาการวิจัย

ในภาพที่ 1 แสดงโมเดลที่นำเสนอเพื่อการจำแนกภาพระหว่างไข่มีเชื้อและไข่เชื้อตาย เป็นการใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกแบบโครงข่ายประสาทเทียมเชิงคอนโวลูชัน โดยโมเดลที่นำเสนอประกอบไปด้วยชั้นคอนโวลูชันและชั้นย่อยตัวอย่างจำนวน 2 ชั้น ทำหน้าที่ในการเรียนรู้คุณลักษณะของภาพไข่มีเชื้อและไข่เชื้อตายอย่างอัตโนมัติ ในชั้นนี้มีการลดขนาดของข้อมูลลงครึ่งหนึ่งโดยใช้การย่อขนาดขนาดสูงสุด (max pooling) ในโมเดลที่นำเสนอยังมีชั้นเชื่อมต่อเต็มที่เพื่อจำแนกภาพอินพุตว่าเป็นภาพของไข่มีเชื้อหรือเป็นภาพของไข่เชื้อตาย มีการใช้ภาพอินพุตขนาด 64x64x/ โดยที่ / มีขนาดเป็น 1 เมื่อเป็นภาพระดับสีเทา และมีค่าเป็น 3 เมื่อเป็นภาพสี ในชั้นคอนโวลูชันและชั้นย่อยตัวอย่างจะมีการหาจำนวนของตัวกรอง (kernel) ของ C_1 และ C_2 ที่เหมาะสมทั้งในด้านประสิทธิภาพของความแม่นยำและความรวดเร็วในการคำนวณด้วยเทคนิคการปรับจูนพารามิเตอร์ย่อย โดยมีการกำหนดขนาดของตัวกรองในทุกส่วนให้มีขนาดเป็น 3x3 และมีการใช้ฟังก์ชันกระตุ้น (activation function) ทั้ง 2 ชั้นเป็นแบบ ReLU (Rectified Linear Unit) ทั้งนี้มีการแปลงข้อมูลจากหลายมิติในชั้นคอนโวลูชันให้กลายเป็นข้อมูลแบบหนึ่งมิติ (flatten) ในชั้นเชื่อมต่อเต็มที่ และในชั้นนี้มีการจำแนกให้เป็นสองกลุ่ม (binary classification) ระหว่างไข่มีเชื้อและไข่เชื้อตาย ดังนั้นจะมีการใช้ฟังก์ชันกระตุ้นแบบ sigmoid ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการจำแนกแบบสองกลุ่ม



ภาพที่ 1 โมเดลการจำแนกภาพไข่มีเชื้อ (fertility) และไข่เชื้อตาย (infertility) โดยใช้ CNN

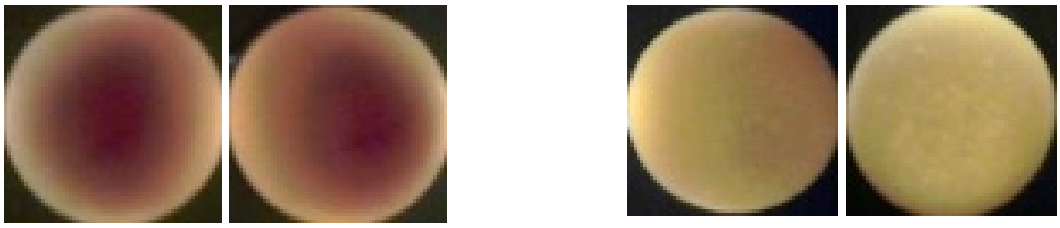
โมเดลที่นำเสนอในภาพที่ 1 ถูกสร้างขึ้นด้วยการเขียนโปรแกรมภาษา Python ผ่านโปรแกรม Visual Studio Code โดยโมเดลถูกรันในคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro-64 บิต ด้วยโปรเซสเซอร์ Intel CPU Core i7 ความเร็ว 2.0GHz, GPU NVIDIA GeForce 840M, RAM ขนาด 8GB, ใช้ Python 3.12.6 ด้วยการสนับสนุนจากไลบรารี Keras 3.5.0 และ Tensorflow 2.17.0 โดยในตารางที่ 1 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของโมเดล เพื่อเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิคการปรับจูนพารามิเตอร์ย่อย โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นของอัตราการเรียนรู้ (learning rate) เป็น $1x10^{-3}$ ในขณะที่จำนวนรอบการฝึก (epochs) ถูกกำหนดอยู่ที่ 20 รอบ มีการเลือก

อัลกอริธึม (optimizer) ที่ใช้ในการปรับค่าน้ำหนัก (weight) ของโมเดลเป็นแบบ Adam (Adaptive Moment Estimation) และมีขนาดชุดย่อยของข้อมูลสำหรับการฝึก (mini batch) เป็น 4

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อเลือกค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิคการปรับจูนพารามิเตอร์ย่อย

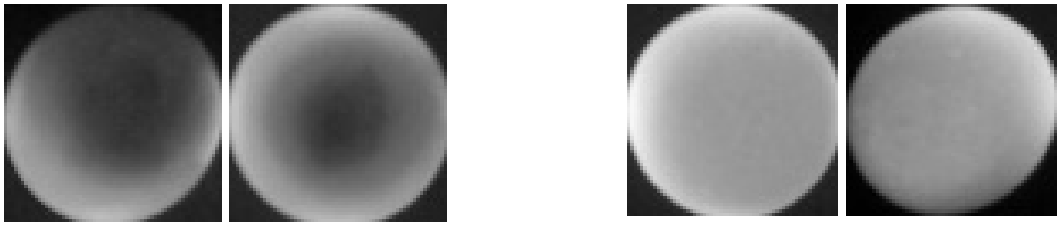
Hyperparameter	ค่า
ชั้นคอนโวลูชัน [C_1, C_2]	[16, 8], [8, 4], [4, 2]
Activation Function	ReLU
Optimizer	Adam
Mini Batch	4
Epochs	20

ภาพตัวอย่างของไข่มีเชื้อและไข่เชื้อตายชนิดภาพสี (I = 3) แสดงในภาพที่ 2(a) และ 2(b) ตามลำดับ ในขณะที่ภาพตัวอย่างของไข่มีเชื้อและไข่เชื้อตายชนิดภาพระดับสีเทา (I = 1) แสดงในภาพที่ 3(a) และ 3(b) ตามลำดับ ชุดข้อมูลภาพสำหรับฝึกโมเดลของภาพแต่ละประเภทข้างต้นประกอบไปด้วยภาพทั้งหมด 916 ภาพ เป็นภาพไข่มีเชื้อ 313 ภาพ และไข่เชื้อตายอีก 603 ภาพ โดยทุกภาพมีขนาด 64x64 ทั้งนี้ภาพระดับสีเทาเป็นภาพที่ได้มาจากการแปลงภาพสี ในงานวิจัยนี้ใช้ไลบรารี OpenCV 4.10.0 เพื่อความสะดวกในการจัดการและประมวลผลเกี่ยวกับรูปภาพ โดยมีการฝึกโมเดลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากภาพทั้งสองประเภท ซึ่งในขั้นตอนของการปรับหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ใช้เทคนิค K–fold cross–validation มีการแบ่งชุดข้อมูลภาพออกเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกจะใช้ 80% สำหรับขั้นตอนการฝึกโมเดล และส่วนที่สองอีก 20% สำหรับทดสอบความแม่นยำของโมเดล ในกระบวนการของการฝึกโมเดลนั้นชุดข้อมูลภาพสำหรับการฝึกจะถูกแบ่งออกแบบสุ่มเป็น 5 ส่วน (fold) ที่มีขนาดเท่าๆ กัน หรือหมายถึง K เท่ากับ 5 นั่นเอง ในแต่ละรอบของการฝึกมี 4 (80%) ส่วนใช้สำหรับการฝึก และ 1 (20%) ส่วนสำหรับการทดสอบความแม่นยำ และมีการทำขั้นตอนนี้ซ้ำ 5 ครั้ง โดยสลับส่วนข้อมูลที่ใช้ฝึกและทดสอบในแต่ละรอบให้ครบทุกส่วน เป็นการใช้ชุดข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ โดยชุดข้อมูลภาพนี้ใช้ในการฝึกและแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของพารามิเตอร์ที่เลือกในแต่ละรอบ เพื่อวัดประสิทธิภาพความแม่นยำเฉลี่ย รวมถึงการใช้เวลาในการคำนวณเฉลี่ยเพื่อจำแนกภาพในแต่ละภาพของโมเดลที่นำเสนอ



(a) (b)

ภาพที่ 2 ภาพตัวอย่างของชุดข้อมูลภาพชนิดภาพสี (I = 3)
(a) ไข่มีเชื้อ, (b) ไข่เชื้อตาย



(a) (b)

ภาพที่ 3 ภาพตัวอย่างของชุดข้อมูลภาพชนิดภาพระดับสีเทา (I = 1)
(a) ไข่มีเชื้อ, (b) ไข่เชื้อตาย

ผลการศึกษา

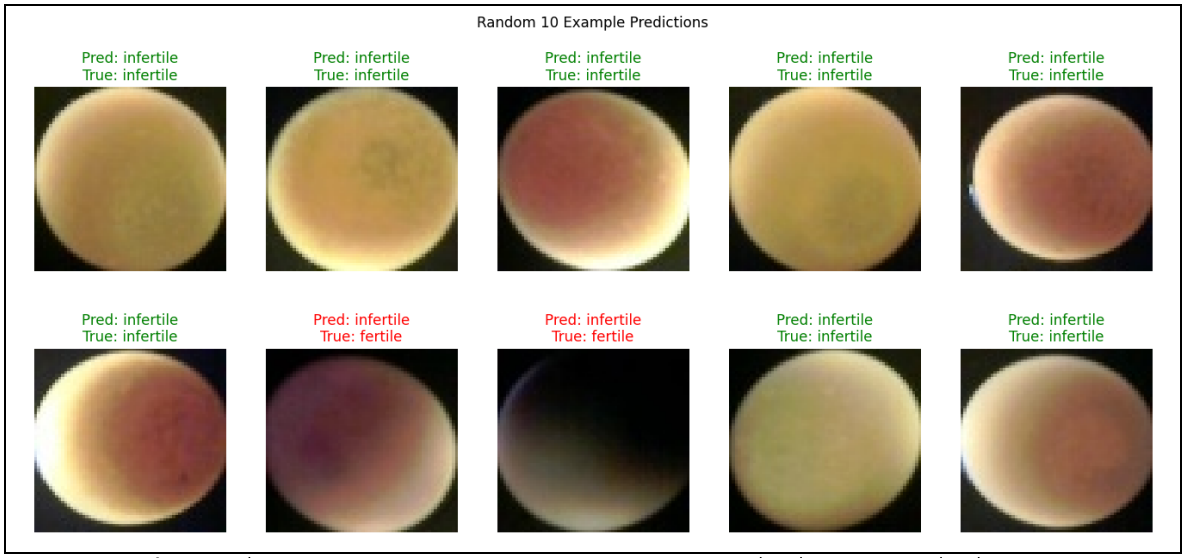
ในตารางที่ 2 แสดงค่าความแม่นยำเฉลี่ย และเวลาคำนวณเฉลี่ยเพื่อจำแนกแต่ละภาพของภาพสี เมื่อใช้จำนวนตัวกรองตามตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเมื่อจำนวนตัวกรอง [C_1, C_2] มีค่าเท่ากับ [8, 4] ให้ความแม่นยำสูงสุดที่ 100% โดยใช้เวลาคำนวณเฉลี่ยเพื่อจำแนกแต่ละภาพอยู่ที่ 0.0018 วินาที และในภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์การจำแนกภาพตัวอย่างจำนวน 10 ภาพแบบสุ่มเมื่อ [C_1, C_2] มีค่าเท่ากับ [4, 2] ในขณะที่ตารางที่ 3 แสดงค่าความแม่นยำเฉลี่ย และเวลาคำนวณเฉลี่ยเพื่อจำแนกแต่ละภาพของภาพระดับสีเทา โดยจำนวนตัวกรองที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อ [C_1, C_2] มีค่าเท่ากับ [16, 8] โดยมีความแม่นยำที่ 100% และใช้เวลาคำนวณเฉลี่ยเพื่อจำแนกแต่ละภาพอยู่ที่ 0.0017 วินาที และในภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์การจำแนกภาพตัวอย่างจำนวน 10 ภาพแบบสุ่มเมื่อ [C_1, C_2] มีค่าเท่ากับ [4, 2] จากผลการทดลองสามารถกล่าวได้ว่าประเภทของภาพสีหรือภาพระดับสีเทาไม่ได้ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของความแม่นยำ รวมถึงระยะเวลาการคำนวนเพื่อจำแนกภาพแต่ละภาพ แต่จำนวนตัวกรองในแต่ละชั้นของชั้นคอนโวลูชัน มีผลโดยตรงต่อความแม่นยำของโมเดลที่นำเสนอ โดยมี [C_1, C_2] มีค่าเท่ากับ [8, 4] เมื่อเป็นภาพสี และ [C_1, C_2] มีค่าเท่ากับ [16, 8] เมื่อเป็นภาพระดับสีเทา

ตารางที่ 2 ค่าความแม่นยำเฉลี่ย และเวลาคำนวณเฉลี่ยเพื่อจำแนกแต่ละภาพของภาพสี

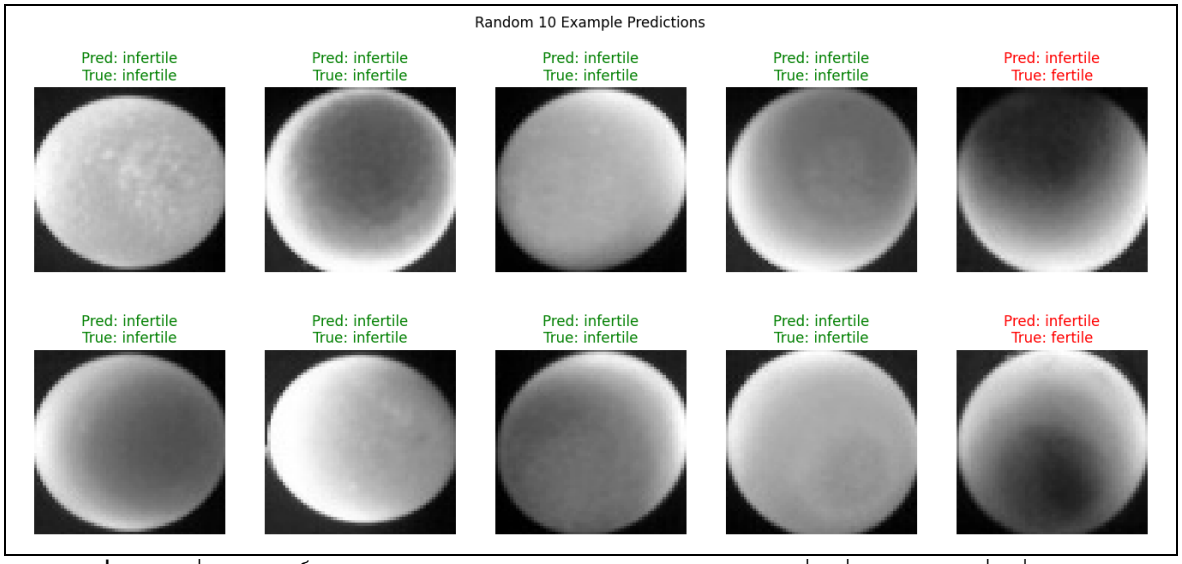
ชั้นคอนโวลูชัน [C_1, C_2]	ความแม่นยำเฉลี่ย (%)	เวลาคำนวณเฉลี่ยเพื่อจำแนกแต่ละภาพ (วินาที)
[16, 8]	94	0.0018
[8, 4]	100	0.0018
[4,2]	64	0.0019

ตารางที่ 3 ค่าความแม่นยำเฉลี่ย และเวลาคำนวณเฉลี่ยเพื่อจำแนกแต่ละภาพของภาพระดับสีเทา

ชั้นคอนโวลูชัน [C_1, C_2]	ความแม่นยำเฉลี่ย (%)	เวลาคำนวณเฉลี่ยเพื่อจำแนกแต่ละภาพ (วินาที)
[16, 8]	100	0.0017
[8, 4]	94	0.0018
[4,2]	87	0.0019



ภาพที่ 4 ตัวอย่างผลลัพธ์การจำแนกภาพสีจำนวน 10 ภาพแบบสุ่มเมื่อ [C_1, C_2] มีค่าเท่ากับ [4, 2]



ภาพที่ 5 ตัวอย่างผลลัพธ์การจำแนกภาพระดับสีเทาจำนวน 10 ภาพแบบสุ่มเมื่อ [C_1, C_2] มีค่าเท่ากับ [4, 2]

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกแบบโครงข่ายประสาทเทียมเชิงคอนโวลูชัน เพื่อจำแนกภาพไข่ไก่แบบมีเชื้อและแบบเชื้อตาย โดยมุ่งเน้นการออกแบบโครงข่ายที่สามารถตรวจสอบความแตกต่างของภาพได้อย่างแม่นยำและรวดเร็วจากข้อมูลที่มีอยู่จำกัด โมเดลที่นำเสนอประกอบไปด้วยชั้นคอนโวลูชันจำนวน 2 ชั้นที่ทำหน้าที่ในการเรียนรู้คุณลักษณะสำคัญของภาพอย่างอัตโนมัติ และชั้นเชื่อมต่อเต็มที่ที่ทำหน้าที่จำแนกภาพว่าเป็นไข่มีเชื้อหรือไข่เชื้อตาย นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชุดภาพตัวอย่างขนาด 64x64 พิกเซล ทั้งแบบภาพสีและภาพระดับสีเทา ซึ่งโมเดลจะถูกฝึกและทดสอบด้วยข้อมูลภาพจำนวน 916 ภาพ ซึ่งแบ่งเป็นภาพไข่มีเชื้อ 313 ภาพ และภาพไข่เชื้อตาย 603 ภาพ โดยใช้เทคนิค K-fold cross-validation โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 5 ส่วน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าจำนวนตัวกรองในชั้นคอนโวลูชันมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของโมเดล โดยเมื่อใช้จำนวนตัวกรองในชั้นคอนโวลูชัน [C_1, C_2] มีค่าเท่ากับ [8, 4] กับภาพสี โมเดลให้ความแม่นยำสูงสุดที่ 100% โดยใช้เวลาประมวลผล

เฉลี่ยต่อภาพอยู่ที่ 0.0018 วินาที สำหรับภาพระดับสีเทา ความแม่นยำสูงสุดได้จากการใช้จำนวนตัวกรอง [C_1, C_2] เท่ากับ [16, 8] จะให้ความแม่นยำ 100% และใช้เวลาคำนวณต่อภาพที่ 0.0017 วินาที จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าประเภทของภาพสีหรือภาพระดับสีเทาไม่มีผลกระทบต่อความแม่นยำในการจำแนกภาพมากนัก แต่จำนวนตัวกรองในแต่ละชั้นมีผลต่อทั้งความแม่นยำและระยะเวลาในการประมวลผล ทั้งนี้เทคนิคที่นำเสนอเป็นเพียงการนำภาพนิ่งเข้าสู่โมเดลเพื่อจำแนก ซึ่งจะต้องมีการพัฒนาให้มีระบบนำภาพเคลื่อนไหวเข้าสู่โมเดลอย่างอัตโนมัติ รวมถึงการที่สามารถจำแนกภาพไข่ไก่ได้จำนวนหลายภาพในคราวเดียว

เอกสารอ้างอิง

1. Kornboontritos, Suppakorn. Chilled, Frozen and Processed Chicken Industry. Krungsri, Industry Outlook 2024–2026, June 26, 2024.
2. วุฒิพงษ์ สุปัตติ. ผลของสัดส่วนพ่อพันธุ์ต่อแม่พันธุ์ต่อไข่มีเชื้อและการฟักออกในไก่เนื้อ. โครงงานนิสิตปริญญาตรี, ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2561.
3. ประภากร ธาราฉายม. การผลิตสัตว์ปีก, บทที่ 5 การฟักไข่. สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2560.
4. Koodtalang, Wittaya, Thaksin Sangsuwan, and Apinai Rerkratn. Non–destructive Fertility Detection of Multiple Chicken Eggs Using Image Processing and Convolutional Neural Network. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 895, 2020: 012013.
5. Hashemzadeh, Mahdi, and Nacer Farajzadeh."A Machine Vision System for Detecting Fertile Eggs in the Incubation Industry. International Journal of Computational Intelligence Systems 9, no. 5, September, 2016: 850–862.
6. Geng, Lei, Yuzhou Hu, Zhitao Xiao, and Jiangtao Xi. Fertility Detection of Hatching Eggs Based on a Convolutional Neural Network. Applied Sciences 9, no. 7, 2019: 1408
7. Önler, Eray, Ilker H. Çelen, Timur Gulhan, and Banur Boynukara. A Study Regarding the Fertility Discrimination of Eggs by Using Ultrasound. Indian Journal of Animal Research 51, no. 2, April, 2017: 322–326.
8. Ghaderi, M., S. A. Mireei, A. Masoumi, et al. Fertility Detection of Unincubated Chicken Eggs by Hyperspectral Transmission Imaging in the Vis–SWNIR Region. Scientific Reports 14, 2024: 1289.
9. Lin, Chern–Sheng, Po Ting Yeh, Der–Chin Chen, Yih–Chih Chiou, and Chi–Hung Lee. The Identification and Filtering of Fertilized Eggs with a Thermal Imaging System. Computers and Electronics in Agriculture 91, 2013: 94–105.
10. Zhang, Qingchen, Laurence T. Yang, Zhikui Chen, and Peng Li. A Survey on Deep Learning for Big Data. Information Fusion 42, 2018: 146–157.
11. Zhang, Zeyu, Khandaker Asif Ahmed, Md Rakibul Hasan, Tom Gedeon, and Md Zakir Hossain. DiabetesNet: A Deep Learning Approach to Diabetes Diagnosis. arXiv, 2024: arXiv:2403.07483v2 [cs.LG].
12. Koodtalang, W., T. Sangsuwan, and S. Sukanna. Glass Bottle Bottom Inspection Based on Image Processing and Deep Learning. In 2019 Research, Invention, and Innovation Congress (RI2C), 1–5. Bangkok, Thailand, 2019

การพัฒนาระบบควบคุมกระบวนการตรวจสอบน้ำหนักเชิงสถิติแบบอัตโนมัติ กรณีศึกษาโรงงานน้ำพริกในจังหวัดพะเยา

The development of automated statistical process control system for weight inspection: A case study of the chili paste Factory in Phayao Province

สิรินทรา สุวรรณประภา[1], อุษณา บรรโรจน์[1], ธนภัทร เสียงเย็น[1], วสุพล ฝั้นพรม[1] และ เอราวิล ถาวร[1*]
Sirintra Suwannaprapa[1], Usana Bunrot[1], Tanapat Siengyen[1], Wasupol Funprom[1] and Erawin Thavorn[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาระบบควบคุมคุณภาพการตรวจสอบน้ำหนักเชิงสถิติแบบอัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติและระบบแสดงผลการควบคุมเชิงสถิติ เพื่อลดเวลาและขั้นตอนในการชั่งน้ำหนักและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติสำหรับควบคุมกระบวนการบรรจุของผลิตภัณฑ์โรงงานกรณีศึกษา โดยเครื่องบันทึกน้ำหนักจะบันทึกข้อมูลลงใน Google Sheet ผ่านระบบคลาวด์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและแสดงผลการควบคุมกระบวนการทางสถิติด้วยแผนภูมิควบคุมแบบ I–MR รวมถึงประเมินสมรรถภาพกระบวนการด้วยดัชนี C_{pm} โดยผลทั้งหมดแสดงบน Web Browser จากการทดสอบประสิทธิภาพระบบควบคุมคุณภาพกระบวนการตรวจสอบน้ำหนักเชิงสถิติแบบอัตโนมัติ พบว่าข้อมูลที่ได้จากเครื่องชั่งที่พัฒนาขึ้นมีความแตกต่างจากเครื่องชั่งมาตรฐาน 0.006% ระบบแสดงผลการคำนวณได้ถูกต้องตรงตามโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบควบคุมคุณภาพกระบวนการตรวจสอบน้ำหนักเชิงสถิติแบบอัตโนมัติจากผู้ใช้งานเท่ากับ 86% จัดอยู่ในเกณฑ์ดีมาก และสามารถลดขั้นตอนการปฏิบัติงานได้ 75% เมื่อเทียบกับการปฏิบัติงานก่อนการปรับปรุง

คำสำคัญ: การควบคุมกระบวนการทางสถิติ, แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัยเคลื่อนที่, ดัชนีชี้วัดสมรรถภาพกระบวนการ, อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000
[1] Department of Industrial Engineering, School of Engineering, University of Phayao, Phayao province, 56000
*Corresponding author : Erawin.th@up.ac.th

Abstract

This research develops an automatic statistical control system for weight inspection processes which consists of an automatic weight recording device and a statistical control display system to reduce operation time in inspection packing process using statistical process control at studied factory. The weight recording device records data on Google Sheets for statistical analysis and displays statistical control results with I–MR control charts and evaluates process capability with C_{pm} index. All data are presented on a web browser. The performance testing of the system for weight inspection process shows that the weight data from the developed recorder device has a 0.060% difference from the standard recorder device. The control chart and the C_{pm} index results are accurately calculated according to the statistical software. The user satisfaction evaluation of the system is 86%, considered very good, and the system reduced work processes by 75% compared to the previous process.

Keywords: Statistical process control, I – MR chart, Process capability index, Internet of things

บทนำ

พริกแกง ความหมายของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.129/2546) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเครื่องเทศและสมุนไพรต่างๆ เกลือ มีลักษณะเปียกข้น สามารถผสมน้ำหรือกะทิ แล้วนำไปให้ความร้อนเพื่อทำเป็นแกงชนิดต่างๆ ตามชนิดของพริกแกงนั้น ซึ่งการทำพริกแกงค่อนข้างยุ่งยากและใช้เวลานาน ผู้บริโภคจึงหันมาซื้อพริกแกงแบบสำเร็จรูปที่วางขายตามท้องตลาด พริกแกงเป็นส่วนประกอบหลักของอาหารไทยที่ขาดไม่ได้ในกระบวนการประกอบอาหาร จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ตลาดพริกแกงเติบโตสูงมาก และมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี กรณีศึกษาโรงงานน้ำพริกแห่งหนึ่งในจังหวัดพะเยา ซึ่งเป็นโรงงานขนาดย่อมหรือ SMEs (Small and Medium Enterprises) ซึ่งทำการผลิตและจำหน่ายทั้งการขายปลีกและขายส่งในหลายๆ จังหวัด โดยมีผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 6 อย่าง คือ พริกแกงพะแนง พริกแกงฮังเล พริกน้ำเงี้ยว พริกแกงเขียวหวาน พริกแกงเผ็ดและพริกก๋วยเตี๋ยว โรงงานกรณีศึกษาต้องการยกระดับผลิตภัณฑ์ให้มีมาตรฐาน จึงมีแนวคิดยกระดับการควบคุมปริมาณการบรรจุให้ตรงตามฉลากผลิตภัณฑ์ เนื่องจากถ้าลูกค้าได้รับผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักไม่ได้ตามน้ำหนักที่ระบุไว้ จะทำให้ความเชื่อมั่นของลูกค้าที่มีต่อโรงงานลดลง จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ (Statistical Quality Control) มาประยุกต์ใช้กับการควบคุมกระบวนการบรรจุพริกแกง เนื่องจากการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสามารถช่วยลดปัญหาการผลิตที่ไม่เป็นไปตามคุณลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ [1] โดยผู้วิจัยเลือกศึกษาน้ำพริกน้ำเงี้ยวขนาด 150กรัมเนื่องจากมียอดจำหน่ายสูงสุด อย่างไรก็ตามแนวคิดดังกล่าวเมื่อปรับเข้ามาใช้กับสถานประกอบการแล้ว ทำให้เห็นขั้นตอนการทำงานที่ซับซ้อนและเป็นการเพิ่มการทำงานให้กับสถานประกอบการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบควบคุมกระบวนการตรวจสอบน้ำหนักเชิงสถิติแบบอัตโนมัติขึ้นเพื่อลดขั้นตอนการทำงานที่ซับซ้อนและควบคุมกระบวนการได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ [2]

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบควบคุมกระบวนการตรวจสอบน้ำหนักเชิงสถิติแบบอัตโนมัติที่ประกอบด้วยเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติสำหรับการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ โดยตัวเครื่องสามารถเชื่อมต่อ Wi-Fi เพื่อบันทึกข้อมูลน้ำหนักและนำชุดข้อมูลน้ำหนักเข้าสู่ Google Sheet เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงระบบแสดงผลการควบคุมกระบวนการทางสถิติ ระบบจะแสดงตารางแสดงน้ำหนัก I-MR Chart และโอกาสเกิดของเสียผ่านดัชนีสมรรถนะ C_{pm}

โดยสามารถแสดงค่าดังกล่าวผ่านระบบแสดงผล Web Browser เพื่อตรวจติดตามผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามที่ผลิตภัณฑ์ระบุไว้และสามารถทราบปัญหาเมื่อกระบวนการอยู่นอกสภาวะการควบคุม

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อประยุกต์ใช้หลักการควบคุมเชิงสถิติ (SPC) สำหรับควบคุมกระบวนการบรรจุน้ำพริกกรณีศึกษา
2. เพื่อสร้างระบบควบคุมกระบวนการตรวจสอบน้ำหนักเชิงสถิติแบบอัตโนมัติ สำหรับการควบคุมกระบวนการบรรจุน้ำพริกกรณีศึกษา

วิธีวิทยาการวิจัย

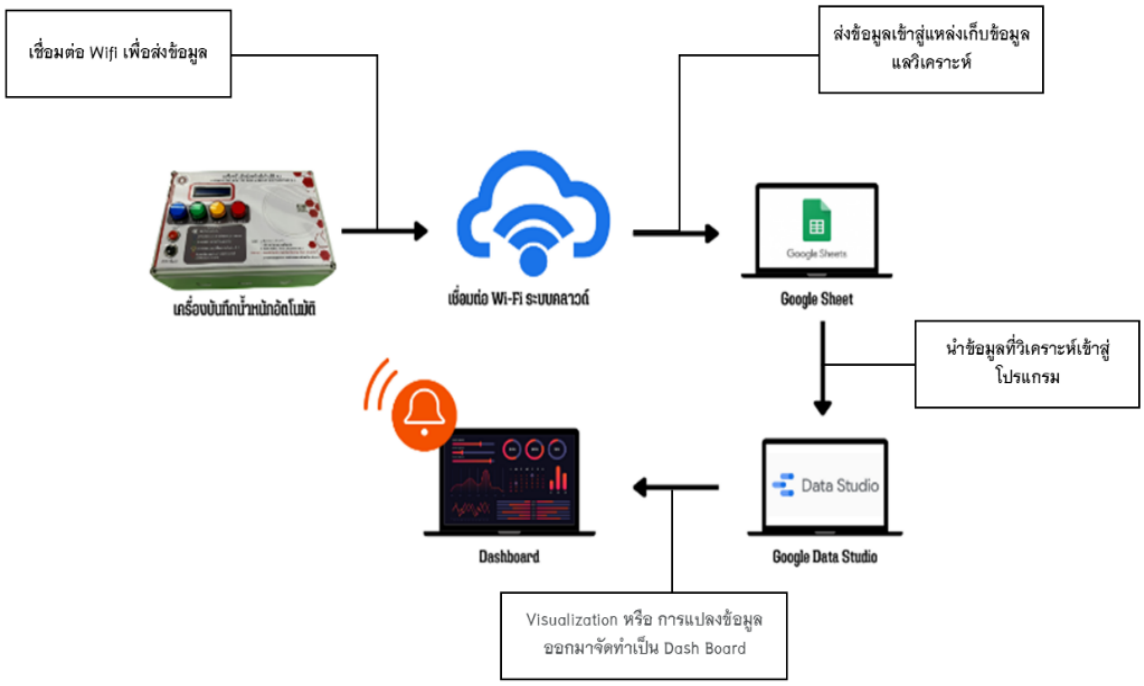
ผู้วิจัยเริ่มจากการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์โรงงานกรณีศึกษาจากนั้นศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยนี้ และนำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาสร้างต้นแบบอุปกรณ์เครื่องชั่งและระบบการพัฒนาระบบควบคุมกระบวนการตรวจสอบน้ำหนักเชิงสถิติแบบอัตโนมัติต่อด้วยการวัดประสิทธิภาพและทดลองใช้หากประสิทธิภาพไม่ผ่านเกณฑ์ของผู้วิจัยจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขต้นแบบอุปกรณ์เครื่องชั่งและระบบควบคุมกระบวนการใหม่จนเมื่อผ่านเกณฑ์ของผู้วิจัยแล้วจะนำต้นแบบอุปกรณ์เครื่องชั่งและระบบควบคุมกระบวนการไปสาธิตกับผู้ใช้งานจากนั้นประเมิณความพึงพอใจและเปรียบเทียบผลการดำเนินงาน

1. ลงพื้นที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์โรงงานกรณีศึกษา

ผู้วิจัยศึกษาผลิตภัณฑ์น้ำพริกน้ำเงี้ยวขนาดน้ำหนัก 150 กรัม โดยมีข้อกำหนดเฉพาะผลิตภัณฑ์เท่ากับ 150 กรัม ± 5 กรัม และมีขั้นตอนในการบันทึกน้ำหนักผลิตภัณฑ์ของโรงงาน โดยมีขั้นตอน ชั่งน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่เครื่องชั่งน้ำหนักของโรงงานใช้เวลา 3-5 วินาที จากนั้นจดบันทึกค่าน้ำหนัก 5-6 วินาที ของผลิตภัณฑ์และนำผลิตภัณฑ์ที่ชั่งลงจากเครื่องชั่งน้ำหนัก นำข้อมูลน้ำหนักไปบันทึกลงในโปรแกรมใน Excel 35-36 วินาที คำนวณข้อมูล 221 วินาที ดังนั้นระยะเวลาในการปฏิบัติงานเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 348 วินาที

2. ออกแบบแนวคิดระบบควบคุมกระบวนการตรวจสอบน้ำหนักเชิงสถิติแบบอัตโนมัติ

ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบควบคุมประกอบไปด้วย ส่วนแรกต้นแบบอุปกรณ์เครื่องบันทึกน้ำหนักและส่วนของระบบควบคุมกระบวนการตรวจสอบน้ำหนักเชิงสถิติ หลักการทำงานของระบบควบคุมกระบวนการตรวจสอบน้ำหนักเชิงสถิติอัตโนมัติ เชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต เมื่อเครื่องบันทึกน้ำหนักได้ทำการบันทึกค่าน้ำหนักของพริกแกง จะส่งข้อมูลค่าน้ำหนักไปยังแหล่งเก็บข้อมูล Google Sheet เพื่อเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ จากนั้นจะนำข้อมูลที่วิเคราะห์เสร็จสิ้นแล้วไปแสดงผลผ่านหน้า Dashboard



รูปที่ 1 กรอบการทำงานของระบบควบคุมกระบวนการตรวจสอบน้ำหนักเชิงสถิติแบบอัตโนมัติ

3. ออกแบบเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติและระบบแสดงผลการควบคุมทางสถิติ

การนำระบบอัตโนมัติมาใช้ในสายการผลิตต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับกระบวนการหรือขั้นตอนที่จะให้ผลตอบแทนสูงสุด โดยควรเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมและออกแบบเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพ ไม่มีการสูญเสียในการทำงาน และสามารถรักษาคุณภาพการผลิตได้อย่างสม่ำเสมอตลอดอายุการใช้งาน โดยให้เครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติแทนตำแหน่งการชั่งพริกแกงและการจดบันทึกข้อมูลน้ำหนัก และระบบระบบแสดงผลการควบคุมทางสถิติแทนตำแหน่งการกรอกข้อมูลและวิเคราะห์

3.1 การออกแบบขนาดของเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติ

กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 12 เซนติเมตร เนื่องจากต้องการพื้นที่ในการใส่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไว้ด้านใน และ ขนาดกล่องที่ใหญ่เพื่อให้มีพื้นที่สำหรับวางพริกแกง และสามารถชั่งน้ำหนักได้ไม่เกิน 5 กิโลกรัม

3.2 ออกแบบระบบแสดงผลการควบคุมเชิงสถิติ

ใช้โปรแกรม Google Data Studio ระบบแสดงผลการควบคุมเชิงสถิติในรูปแบบ Dashboard เช่น แผนภูมิต่าง ๆ โดยระบบแสดงผลผ่าน Web Browser และใช้ Google Sheet เป็นฐานเก็บข้อมูลและเขียนคำสั่งใน Apps Script ให้มีการคำนวณต่าง ๆ ให้อัตโนมัติ โดยระบบจะแสดงผลกราฟควบคุม Individual-Chart (I-Chart) และ Moving Range-Chart (MR-Chart)เนื่องจากแผนภูมิ I-MR chart ช่วยให้สามารถตรวจติดตามเสถียรภาพของกระบวนการเนื่องจากข้อมูลน้ำหนักเป็นข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous data) เช่นเดียวกับ ความสูง ความกว้าง เวลา ถ้าข้อมูลค่าวัดเหล่านั้นเป็นข้อมูลเดี่ยว ๆ จะใช้แผนภูมิ I-MR และ ดัชนีสมรรถนะภาพกระบวนการ C_{pm} บ่งชี้ว่าระบบสามารถผลิตผลงานได้ตามข้อกำหนดหรือไม่ จะคำนวณโดยใช้เป้าหมาย แทน ค่าเฉลี่ย ยิ่งค่า C_{pm} สูง กระบวนการก็จะยิ่งมีแนวโน้มที่จะผลิตผลงานได้ตามข้อกำหนดและค่าเป้าหมายมากขึ้น

4. วัดประสิทธิภาพเครื่องและระบบบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติ ทดลองใช้ระบบและเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติ

4.1. วัดประสิทธิภาพเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติ

ผู้วิจัยได้ทดสอบความผิดพลาดของเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติกับเครื่องชั่งน้ำหนักมาตรฐานมีความแตกต่างมากน้อยเพียงใด โดยทำการหาความคลาดเคลื่อนของเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติทดสอบโดยบันทึกน้ำหนักพริกแกงน้ำเงี้ยวน้ำหนัก 150 กรัม จำนวน 10 ถุง เปรียบเทียบกับเครื่องชั่งมาตรฐาน แสดงดังสมการที่ 1

$$\% \text{ Error} = \frac{\left|\text{ค่าน้ำหนักจากเครื่องมาตรฐาน} - \text{ค่าน้ำหนักจากเครื่องบันทึกน้ำหนัก}\right|}{\text{ค่าน้ำหนักจากเครื่องมาตรฐาน}} \times 100\% \quad (1)$$

4.2. วัดประสิทธิภาพระบบแสดงผลการควบคุมเชิงสถิติ

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโดยเปรียบเทียบความถูกต้องของระบบแสดงผลการควบคุมเชิงสถิติ เส้นจำกัดควบคุมบน (UCL) เส้นกลาง (CL) และควบคุมล่าง (LCL) ของดัชนีวัดสมรรถภาพของกระบวนการ (C_{pm}) กับโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติมีความถูกต้องกับโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

4.3. เปรียบเทียบผลการดำเนินก่อนและหลังปรับปรุง

ผู้วิจัยได้ทดลองโดยใช้ขั้นตอนการชั่งพริงแกงน้ำเงี้ยวของโรงงานโดยใช้เครื่องชั่งมาตรฐานวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเชิงสถิติและขั้นตอนการชั่งน้ำพริกโดยใช้เครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติ และวิเคราะห์โดยใช้ระบบแสดงผลการควบคุมเชิงสถิติ

4.4. วัดความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

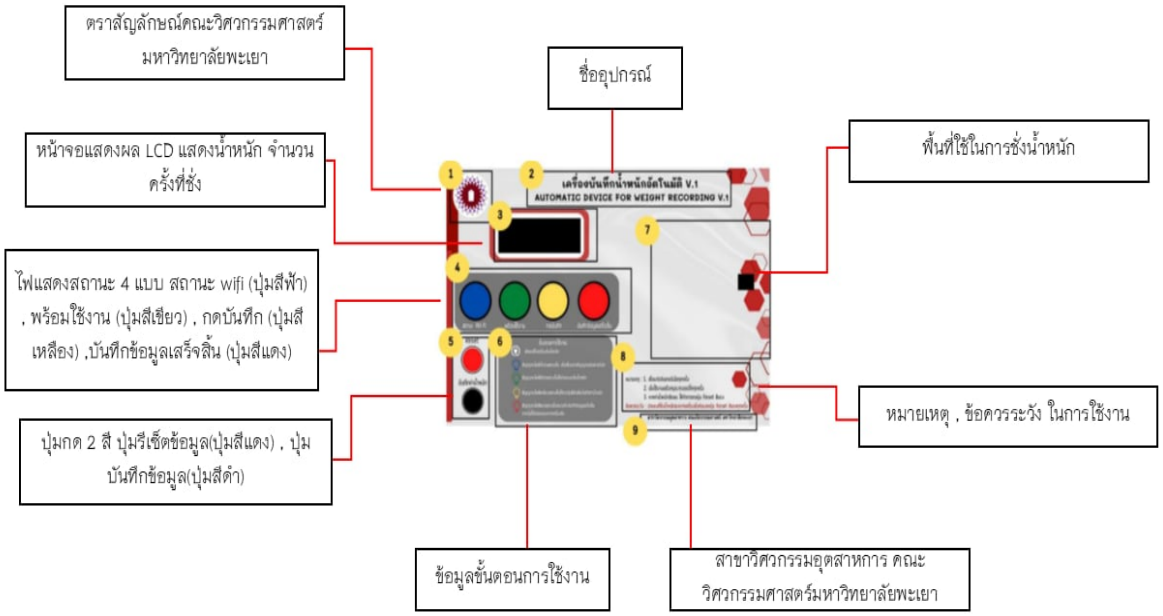
ผู้วิจัยออกแบบฟอร์มในการประเมินความพึงพอใจเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติและระบบควบคุมเชิงสถิติเพื่อต้องการทราบข้อบกพร่องของเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติและระบบแสดงผลและระบบมีประโยชน์กับโรงงานในกรณีศึกษามากน้อยเพียงใด โดยจะใช้คะแนนในการประเมิน 5 ระดับ 5 คะแนน หมายถึงพึงพอใจมากที่สุด 4 คะแนน หมายถึง พึงพอใจมาก 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง 2 หมายถึง พึงพอใจน้อย 1 หมายถึงพึงพอใจน้อยที่สุด

ผลการศึกษา

1. ผลการออกแบบเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติและระบบแสดงผลการควบคุมทางสถิติ

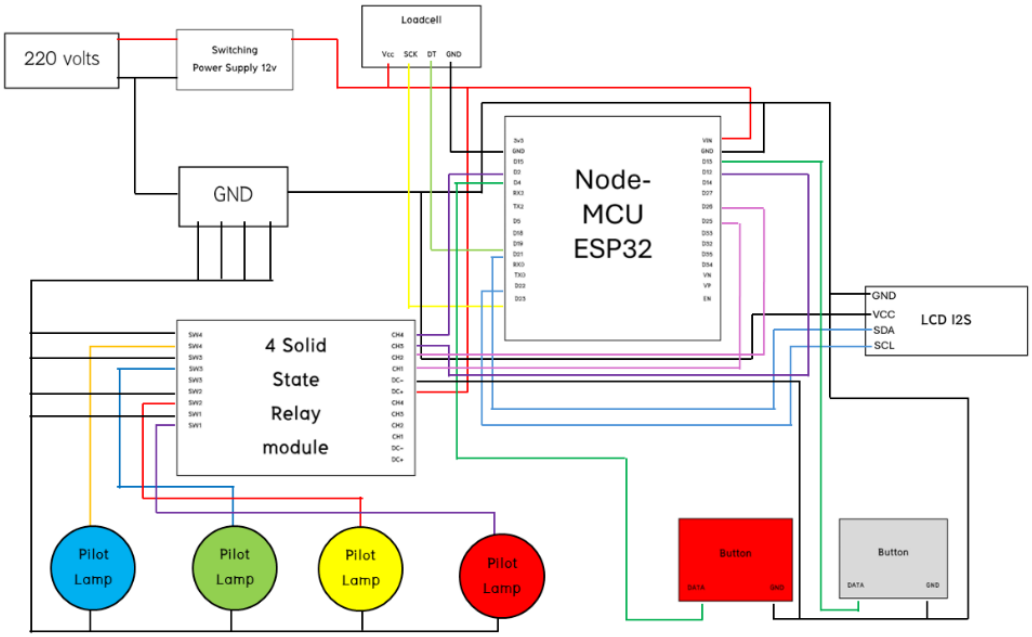
การสร้างเครื่องต้นแบบเริ่มจากการใช้โปรแกรม Arduino IDE เขียนคำสั่ง Calibrate ให้กับเซนเซอร์โหลดเซลล์เพื่อให้โหลดเซลล์มีค่าน้ำหนักที่ใกล้เคียงกับสิ่งของที่มีน้ำหนักจริง เขียนคำสั่งหน้าจอ LCD เพื่อแสดงข้อมูลน้ำหนักและจำนวนในการชั่งน้ำหนักบนหน้าจอ เขียนคำสั่งไฟแสดงสถานะต่าง ๆ โดยใช้ไฟสีน้ำเงินแสดงสถานะ Wi-Fi ไฟสถานะสีเขียว หมายถึง อุปกรณ์พร้อมใช้งาน ไฟสถานะสีเหลือง หมายถึง ให้ผู้ใช้งานกดปุ่มบันทึกข้อมูล ไฟสถานะสีแดง หมายถึง บันทึกข้อมูลเสร็จสิ้น ปุ่มสีดำคือปุ่มบันทึกข้อมูลน้ำหนัก และปุ่มสีแดงคือรีเซ็ตเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติ จากนั้นทำการ Up Code ลงบอร์ด ESP32 โดยให้เก็บข้อมูลผ่าน Google Sheet โดยมีขั้นตอนการใช้เครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติดังนี้ เสียบปลั๊กเพื่อเริ่มใช้งาน จากนั้นเชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi เมื่อเชื่อมต่อสำเร็จ ไฟสถานะสีฟ้าจะสว่างขึ้นตลอดการใช้งาน และเครื่องพร้อมทำการบันทึกไฟสถานะสีเขียวก็จะสว่างขึ้นพร้อมทำงาน เมื่อนำ

น้ำพริกมาชั่งที่เครื่องบันทึกไฟสถานะสีเขียวจะดับและไฟสถานะสีเหลืองจะสว่างขึ้น ข้อมูลน้ำหนักจะแสดงออกที่หน้าจอเมื่อน้ำหนักนิ่งแล้วให้กดปุ่มสีดำ หรือ ปุ่มบันทึก รอจนกว่าไฟสถานะจะเป็นสีแดงแล้วให้นำของที่ชั่งออก จากนั้นไฟสถานะจากสีแดงจะดับแล้วไฟสถานะสีเขียวจะสว่างอีกครั้ง นับเป็นการจบรอบการทำงาน



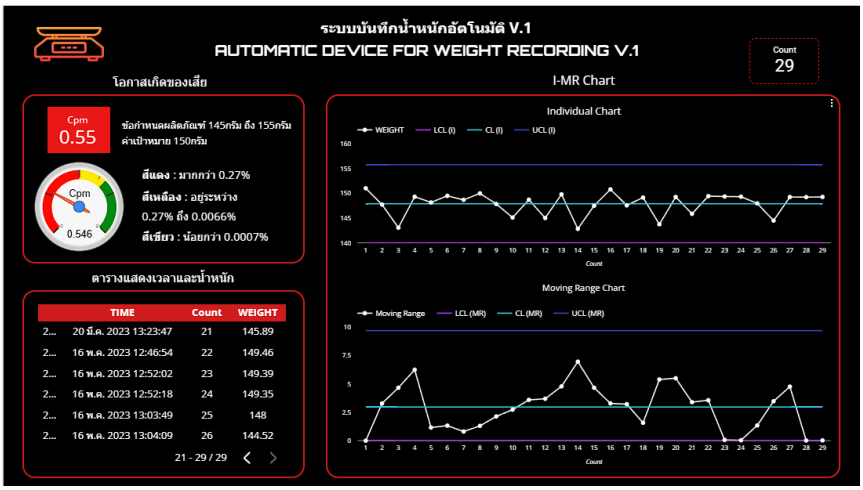
รูปที่ 2 การออกแบบด้านหน้าของเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติ

Power supply เป็นแหล่งพลังงาน ให้กับ บอร์ด ESP32 ในการทำงาน โดยมีการควบคุมเครื่องบันทึกน้ำหนัก จากการกด 2 ปุ่ม ปุ่มบันทึกข้อมูล และปุ่มรีเซ็ต มีการแสดงสถานะในการบันทึกข้อมูลอยู่เป็นหลอดไฟ 4 สี โดยหลอดไฟในการแสดงสถาณะข้อมูล มีดังนี้ 1. เครื่องบันทึกน้ำหนัก เชื่อมต่อ Wi-Fi สีฟ้า 2. เครื่องบันทึกพร้อมใช้งานแล้ว สีเขียว 3. เครื่องกำลังบันทึกน้ำหนัก สีเหลือง 4. ระบบบันทึกข้อมูลน้ำหนักทำงานเสร็จสิ้น สีแดง โดยจะมีหน้าจอ LCD เป็นการแสดงข้อมูลแบบตัวเลข คือ ค่าน้ำหนัก ในหน่วยกรัม และ จำนวนครั้งที่ชั่ง โดยที่ทั้งหน้าจอ LCD ปุ่มบันทึกน้ำหนัก ปุ่มรีเซ็ต ต่อตรงเข้ากับตัว บอร์ดESP32 ไฟแสดงสถานะ ต่อเข้ากับตัว Relay module ก่อนเพื่อแปลงสัญญาณจากตัวบอร์ด เพื่อให้ไฟติดหรือดับ



รูปที่ 3 การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติ

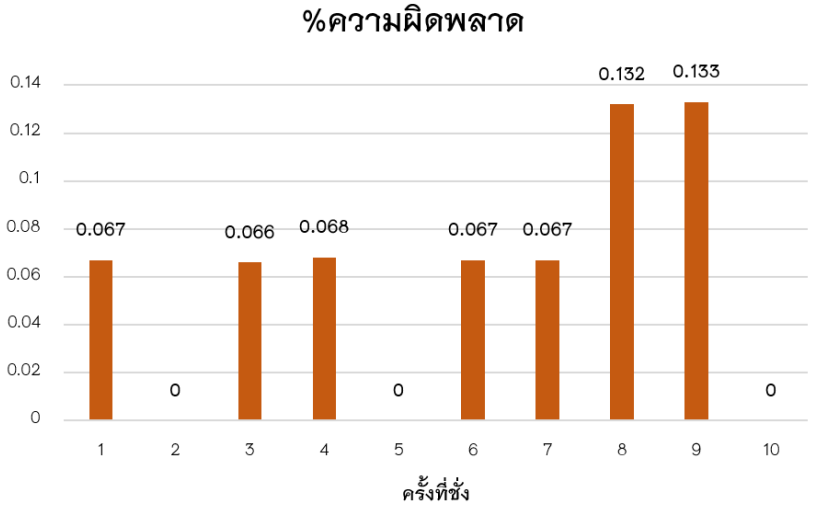
ใช้โปรแกรม Google Data Studio ระบบแสดงผลการควบคุมเชิงสถิติในรูปแบบ Dashboard เช่น แผนภูมิต่าง ๆ โดยระบบแสดงผลผ่าน Web Browser และใช้ Google Sheet เป็นฐานเก็บข้อมูลและเขียนคำสั่งใน Apps Script ให้มีการคำนวณต่าง ๆ ให้อัตโนมัติ



รูปที่ 4 ระบบแสดงผลการควบคุมเชิงสถิติ

2. ผลการวัดประสิทธิภาพระบบแสดงผลการควบคุมเชิงสถิติ

จากการทดสอบเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติและระบบแสดงผลการควบคุมเชิงสถิติจากการทดสอบชั่งน้ำหนักพริกแกงน้ำเงี้ยวน้ำหนัก 150 กรัม จำนวน 10 ถุง ผลการวัดประสิทธิภาพพบว่าเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.060% และระบบแสดงผลการควบคุมเชิงสถิติมีความถูกต้องตรงกับการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ



รูปที่ 5 กราฟแสดง %ค่าความผิดพลาด

2.1 เปรียบเทียบผลการดำเนินงาน

ผู้วิจัยได้ทดลองเปรียบเทียบการดำเนินการของโรงงานและขั้นตอนดำเนินการโดยใช้เครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติและระบบแสดงผลการควบคุมเชิงสถิติที่ผู้วิจัยได้พัฒนามา ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการชั่ง การจดบันทึก การกรอกข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล โดยชั่งน้ำหนักน้ำพริกน้ำเงี้ยวที่ขนาด 150 กรัม จำนวน 10 ถุง ขั้นตอนการชั่งน้ำหนักและวิเคราะห์น้ำหนักโดยวิธีปฏิบัติการเดิมของโรงงานกรณีศึกษาโดยใช้เครื่องชั่งมาตรฐาน (ก่อนการปรับปรุง) ใช้เวลา 5 นาที 49 วินาที และการชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติและระบบแสดงผลการควบคุมเชิงสถิติ (หลังการปรับปรุง) ใช้เวลา 1 นาที 27 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกัน พบว่า เวลาการทำงานหลังการรับปรุงใช้เวลาน้อยกว่า 75%

2.2 ผลประเมินความพึงพอใจ

ผู้วิจัยได้สาธิตวิธีการใช้งานเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติและระบบต่อผู้เชี่ยวชาญด้านระบบไอทีและสารสนเทศและพนักงานของวิสาหกิจชุมชนทดลองใช้งาน ผลการประเมินพบว่า มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 4.29 จาก 5 คะแนน คิดเป็น 86% อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบควบคุมกระบวนการตรวจสอบน้ำหนักเชิงสถิติแบบอัตโนมัติโดยประยุกต์ใช้หลักการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสำหรับกระบวนการบรรจุน้ำพริก โดยนำแนวคิดการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการบรรจุ เพื่อควบคุมปริมาณการบรรจุให้ตรงตามฉลากของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้สร้างเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติและระบบ สะดวกในการพกพาและเคลื่อนย้าย ใช้งานง่าย และแสดงผลผ่านทาง Dashboard เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้หลักการการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ หลังจากสร้างเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติและระบบแสดงผลการควบคุมเชิงสถิติ ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติและระบบแสดงผลการควบคุม ค่าความผิดพลาดของเครื่องบันทึกน้ำหนักเท่ากับ 0.060% ระบบแสดงผลสามารถแสดงการวิเคราะห์ข้อมูลถูกต้องกับผลการวิเคราะห์ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ จากนั้นผู้วิจัยได้ทดลองเปรียบเทียบวิธีการปฏิบัติงานของโรงงานและวิธีการปฏิบัติงานโดยใช้เครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติและระบบแสดงผลที่ผู้วิจัยได้พัฒนามา โดยชั่งน้ำหนักน้ำพริกน้ำเงี้ยวที่ขนาด 150 กรัม จำนวน 10 ถุง วิธีการปฏิบัติงานเดิมของโรงงานกรณีศึกษาโดยใช้เครื่องชั่งมาตรฐาน ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพหลังการปรับปรุงดีขึ้น 75% หลังการทดสอบความผิดพลาดแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการสาธิตและอบรมการใช้งานเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติและระบบแสดงผลการควบคุมทางสถิติให้กับผู้ใช้งานและผู้เชี่ยวชาญ และทำการประเมินความพึงพอใจการใช้งานเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติและระบบแสดงผลทางสถิติ พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจ คิดเป็น 86% จัดอยู่ในเกณฑ์ดีมาก

ระบบควบคุมกระบวนการตรวจสอบน้ำหนักเชิงสถิติแบบอัตโนมัตินี้สามารถลดข้อจำกัดในเรื่องของพื้นฐานความรู้ทางสถิติของพนักงาน ไม่จำเป็นต้องใช้พนักงานจำนวนหลายคน ช่วยให้โรงงานขนาดย่อม (SMEs) ปฏิบัติงานมีมาตรฐานมากขึ้นและเครื่องบันทึกน้ำหนักนี้สามารถใช้งานกับผลิตภัณฑ์อื่นได้ เมื่ออยู่ในเกณฑ์น้ำหนักที่กำหนด นวัตกรรมนี้สามารถเป็นต้นแบบในการนำเทคโนโลยี IoT และการควบคุมเชิงสถิติมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ไม่ได้จำกัดการใช้งานเฉพาะผลิตภัณฑ์น้ำพริกเท่านั้น แต่สามารถปรับใช้กับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มีการควบคุมน้ำหนัก ทำให้เกิดการขยายตัวของการใช้นวัตกรรมนี้ในอุตสาหกรรมที่หลากหลาย

ข้อเสนอแนะ

1. จากการดำเนินการสร้างเครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติพบว่า Load Cell ไม่ค่อยเสถียร จึงควรเลือกใช้ในระดับอุตสาหกรรม และฐานของ Load Cell มีรูปร่างกลมและมีขนาดเล็กทำให้น้ำพริกไม่สามารถกระจายน้ำหนักได้เท่ากัน ดังนั้นจึงควรใช้ฐานที่มีลักษณะสี่เหลี่ยมและมีขนาดใหญ่
2. ข้อมูลหน้า Dashboard ของระบบแสดงผลควรแสดงข้อมูลจำนวนน้ำพริกที่ถูกชั่งน้ำหนัก และระบุมีจำนวนที่มีน้ำหนักต่ำหรือสูงกว่าข้อกำหนดเฉพาะ (Specification)
3. เครื่องบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติควรรีเซตข้อมูลทั้งหมดได้ มีปุ่มเปิด – ปิดของเครื่องบันทึกน้ำหนัก และพัฒนารูปร่างเครื่องน้ำหนักให้มีเล็กลง น้ำหนักเบา สามารถพกพาได้ง่ายขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา และขอขอบคุณ คุณศุขมิตร ทีฆเสนีย์ คุณศรัณพจน์ พรหมแสน ครูปิยะพงษ์ ยารวง และครูอนุกูล สุริยะไชย ที่ได้ให้คำปรึกษาด้านต่างๆ ในการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. วรรณวัฒน์ พงษ์ทองหล่อ และ วิชัย ฉัตรทินวัฒน์. การพัฒนาระบบควบคุมเชิงสถิติแบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมไมโตรอิเล็กทรอนิกส์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 2560.
2. อดิศักดิ์ นาวเนียว, บรรหาญ ลิลา, วิศณุ บุญรอด. การควบคุมคุณภาพการผลิตด้วยเทคนิคการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี. 2555.
3. Pern WL, Hung HN, Cheng YC, Supplier selection for one-side process with unequal sample sizes.
4. SPC techniques for monitoring real-time data. Curriculum Development of Master's Degree Program in industrial Engineering of Thailand sustainable smart industry.

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษาด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป

Development of an automated factory learning activity for vocational students through progressive learning approach

อรุณ มีวันดี[1*], ศศิธร ชูแก้ว[2] และ สันติ หุตะมาน[2]

Arun Meewandee[1*], Sasithon Chookaew[2] and Santi Hutamarn[2]

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้ การนำระบบอัตโนมัติเข้ามาใช้ในงานอุตสาหกรรมได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถยกระดับประสิทธิภาพการผลิตให้สูงขึ้นได้ เพราะสามารถลดระยะเวลาการทำงาน ลดต้นทุนและเพิ่มความแม่นยำในการผลิต เป็นสาเหตุให้ภาคอุตสาหกรรมต้องการบุคลากรที่มีทักษะเฉพาะทางมากขึ้น ดังนั้น ในการเรียนการสอนระดับอาชีวศึกษาให้ความสำคัญในการพัฒนาความรู้และทักษะของผู้เรียน เพื่อสร้างบุคลากรที่ตรงความต้องการของภาคอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม การใช้วิธีการสอนแบบปกติ ผู้เรียนอาจต้องเผชิญกับเนื้อหาที่ยากขึ้นในทันที โดยไม่เข้าใจเนื้อหาขั้นพื้นฐานดีพอ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด งานวิจัยนี้ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษาด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป เพื่อศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียน และแรงจูงใจของผู้เรียนอาชีวศึกษา ผู้เข้าร่วมวิจัยครั้งนี้เป็นผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคพนมสารคาม จำนวน 20 คน งานวิจัยครั้งนี้เป็นรูปแบบการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อน–หลังเรียน ผลการประเมินความเหมาะสมในการนำกิจกรรมการเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษาด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไปจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.73 ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน 0.44 จากนั้นนำไปทดลองใช้กับผู้เข้าร่วมวิจัย ก่อนเริ่มดำเนินกิจกรรมให้ผู้ร่วมวิจัยทำแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังจากดำเนินกิจกรรมเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงให้ทำแบบทดสอบหลังเรียน แล้วจึงทำแบบประเมินแรงจูงใจ ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคลอยู่ในระดับสูงจำนวน 6 คน ระดับปานกลางจำนวน 14 คน และผลการประเมินแรงจูงใจของผู้เข้าร่วมวิจัยหลังจากใช้กิจกรรมการเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป มีผลคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.55 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.72) สามารถใช้เป็นแนวทางการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียนได้ในอนาคต

คำสำคัญ: วิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป โรงงานอัตโนมัติ ผู้เรียนอาชีวศึกษา

---

[1] นักศึกษาปริญญาโท คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800

[2] สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800

[1] Master's degree student, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

[2] Program in Mechatronics and Robotics Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

* Corresponding author : ote.arunn@gmail.com

Abstract

Currently, the use of automation systems in industrial work has become highly popular, as it can enhance production efficiency by reducing work time, lowering costs, and increasing precision in manufacturing. Hence, the industrial sector requires more specialized personnel. Therefore, vocational education emphasizes developing students' knowledge and skills to meet industry demands. However, with traditional teaching methods, students may face more complex content without understanding the basics, resulting in lower academic achievement than the required standard. This research aims to develop a learning activity for vocational students on automated factory systems using a progressive learning approach to study their academic progress and motivation. The participants in this research were 20 first-year higher vocational certificate students in the electrical power program from Phanom Sarakham Technical College. The research was conducted using a one-group pre-test and post-test experimental design. Based on assessments from five experts, evaluating the suitability of the learning activity for vocational students on automated factory systems found the activity to be highly appropriate (M=4.73, SD=0.44). The activity was then tested with the research participants. Before starting the activity, the participants completed a pre-test, and after the activities were completed, they took a post-test and motivation assessment. The research results showed that six students had high levels of individual academic progress, while 14 students demonstrated moderate progress. The motivation assessment results indicated that the participants' motivation after using the gradual teaching method for automated factory learning activities was at the highest level (M=4.55, SD=0.72). It can serve as a guideline for developing learning activities that are appropriate for the student's skill levels in the future.

Keywords: Progressive learning approach, Automated factory, Vocational students

บทนำ

อุตสาหกรรม 4.0 เป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต และการดำเนินงานทางธุรกิจ แนวคิดนี้มุ่งเน้นเชื่อมโยง และ บูรณาการเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง ปัญญาประดิษฐ์ และ การประมวลผลคลาวด์ เพื่อสร้างระบบที่สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น (Müller et al., 2020) การใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบชิ้นงาน ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต การลดต้นทุน และ การปรับปรุงความสามารถในการแข่งขันในตลาดดังเช่น การใช้การประมวลผลภาพ และ การเรียนรู้ของเครื่องจักรที่ช่วยให้การคัดแยกวัตถุเป็นไปอย่างรวดเร็วและแม่นยำ ลดเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ และ เพิ่มผลผลิต (Chen et al., 2021) ระบบอัตโนมัติช่วยลดการใช้แรงงานของมนุษย์ ซึ่งลดค่าใช้จ่ายในการจ้างงาน นอกจากนี้ยังลดการสูญเสียวัสดุจากความผิดพลาดในการคัดแยก (Zhao et al., 2022) การคัดแยกวัตถุที่มีความยืดหยุ่นและปรับตัวได้ตามความต้องการของตลาด ช่วยให้สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ (Wang et al., 2023) ดังนั้นโรงงานอัตโนมัติจึงต้องการบุคลากรที่มีทักษะเฉพาะด้าน เช่น การเขียนโปรแกรม การวิเคราะห์ข้อมูล และ ความรู้ด้านอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง และปัญญาประดิษฐ์ อย่างไรก็ตาม การขาดแคลนบุคลากรที่มีทักษะเหล่านี้ยังคงเป็นปัญหาหลักที่ทำให้การนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ในโรงงานเป็นไปได้ยาก (Sony & Naik, 2020) บุคลากรในโรงงานอัตโนมัติจึงต้องมีการฝึกอบรมอย่าง

ต่อเนื่องเพื่อพัฒนาทักษะใหม่ๆ และ ปรับตัวเข้ากับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว แต่ต้องใช้ทรัพยากรทั้งเวลาและ งบประมาณในการฝึกอบรม (Bag et al., 2021) การที่บุคลากรสามารถเข้าใจและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ได้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดค่าใช้จ่าย และปรับตัวเข้ากับความต้องการของตลาดที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ การมีบุคลากรที่มีความสามารถเหล่านี้ยังช่วยให้การบำรุงรักษาและการแก้ไขปัญหาทางเทคนิคเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ (Ivanov et al., 2020; Rüβmann et al., 2020) การศึกษาอาชีวศึกษาเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาทักษะ และ ความรู้ที่จำเป็นต่อการทำงานในภาคอุตสาหกรรมการผลิต ในยุคที่เทคโนโลยีนวัตกรรมก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การปรับปรุงและ พัฒนาหลักสูตรการเรียนรู้ให้ทันสมัยและตรงกับความต้องการของตลาดแรงงานเป็นสิ่งที่จำเป็น ผู้เรียนอาชีวศึกษาจำเป็นต้องมีความรู้ที่สามารถประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้เพื่อให้สามารถแข่งขันในตลาดแรงงานที่มีความเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ (Johnston & Seaman, 2020)

ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาไฟฟ้ากำลัง ได้มีการจัดการเรียนการสอนในวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม สาขาไฟฟ้ากำลัง มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเตรียมบุคลากรที่มีทักษะและความรู้ในการดำเนินงานและปรับปรุงระบบการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ (สำนักงาน คณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2024) ปัญหาเกี่ยวกับการเรียนในวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ที่พบได้บ่อยคือ ผู้เรียนยังขาดความรู้ และ ทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติด้วยพีแอลซี ซึ่งมีหลายปัจจัย เช่น การขาดความเข้าใจพื้นฐานทางทฤษฎี ผู้เรียนอาจไม่มีความเข้าใจเพียงพอเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานของการเขียนโปรแกรมควบคุม รวมถึงการทำงานของพีแอลซี ซึ่งเป็นหัวใจหลักของวิชานี้ การขาดความเข้าใจในพื้นฐานเหล่านี้ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถวิเคราะห์ และออกแบบระบบควบคุมได้อย่างถูกต้อง (Aziz et al., 2020) การเรียนการสอนในวิชานี้มักจะต้องการการฝึกปฏิบัติที่เพียงพอในการเขียนโปรแกรม และ การใช้งานอุปกรณ์ควบคุมจริง หากไม่มีโอกาสในการฝึกปฏิบัติที่เพียงพอ ผู้เรียนจะไม่สามารถนำความรู้ทางทฤษฎีมาใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริงได้ (Ismail et al., 2021) เงื่อนไขที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตอาจมีความซับซ้อน และ ต้องการการวิเคราะห์ที่ละเอียดอ่อน ผู้เรียนอาจไม่มีประสบการณ์หรือทักษะที่เพียงพอในการออกแบบโปรแกรมควบคุมตามเงื่อนไข (Lee et al., 2020) การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมการผลิตมีความรวดเร็ว ทำให้ผู้เรียนต้องปรับตัว และ เรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ๆ อยู่เสมอ ซึ่งอาจเป็นเรื่องยากสำหรับบางคนที่จะตามทันเทคโนโลยีเหล่านี้ (García et al., 2020) การเลือกวิธีการสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียนมีความสำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาที่ศึกษา และ การพัฒนาทักษะต่างๆ ของผู้เรียนเป็นสิ่งที่จำเป็น (Hattie & Zierer, 2021) การเลือกวิธีการสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียนช่วยกระตุ้นแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เพิ่มมากขึ้น (Ryan & Deci, 2021)

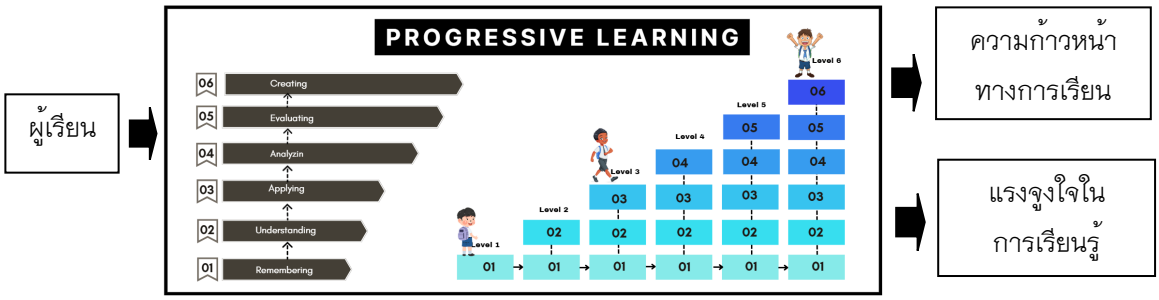
การเลือกวิธีการสอนที่เหมาะสม ช่วยให้การเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นไปตามความต้องการ และ ความสามารถของแต่ละบุคคลได้ดีขึ้น (Graham et al., 2021) การสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป (Progressive Learning) มีความสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอนเนื่องจากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้และการพัฒนาทักษะของผู้เรียนในหลายด้าน การสร้างรากฐานที่มั่นคง การเริ่มต้นจากเนื้อหาพื้นฐานที่เข้าใจง่ายช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างพื้นฐานที่แข็งแกร่ง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนมากขึ้นในภายหลัง โดยการสร้างรากฐานที่ดีนี้ช่วยให้ผู้เรียนมีความมั่นใจและมีพื้นฐานในการพัฒนาความรู้ต่อไป (Huang & Lin, 2021) และการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบค่อยเป็นค่อยไปมาช่วยในการเรียนรู้เกี่ยวกับการโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ ช่วยจูงใจให้ผู้เรียนสนใจในเนื้อหาเพิ่มขึ้น แม้เนื้อหานั้นจะมีความซับซ้อน (Malik et al., 2022)

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไปสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้ในการเขียนโปรแกรมพีแอลซีของผู้เรียนและสามารถใช้เป็นแนวทางการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียนได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษาด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป
2. เพื่อประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนอาชีวศึกษาที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น
3. เพื่อประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนอาชีวศึกษาที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน(ถ้ามี)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย ประกอบด้วย

ตัวแปรต้น ได้แก่ กิจกรรมการเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษาด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความก้าวหน้าทางการเรียนและแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน

สมมุติฐานการวิจัย มีดังนี้

1. ผู้เรียนมีความก้าวหน้าด้านการเรียนหลังเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษาด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าดัชนีมากกว่า 0.3) ขึ้นไป
2. ผู้เรียนมีระดับของแรงจูงใจที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษาด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยมากกว่า 3.5 ขึ้นไป)

วิธีวิทยาการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นแบบแผนการวิจัยเป็นแบบกึ่งการทดลอง (Quasi-experimental) ในลักษณะแบบแผนการวิจัย One Group Pretest Posttest Design โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้เรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 ของวิทยาลัยเทคนิคพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วย แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ และแบบประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาชุดฝึกการคัดแยกชิ้นงานอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยพีแอลซีมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบค่อยเป็นค่อยไป พร้อมทั้งใบเนื้อหา เพาว์เวอร์พอยต์ และใบงานประกอบการ

เรียนรู้ หลังจากสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประเมินความเหมาะสมในการนำเครื่องมือในการวิจัยไปทดลองใช้ หลังจากจากนั้น จึงนำไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัย ก่อนการดำเนินการจัดการเรียนรู้ได้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 30 ข้อ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นใช้ความจำ (Remembering)

เป็นขั้นตอนแรกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คือ การทบทวนพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับพีแอลซี และระบบการคัดแยกชิ้นงานอัตโนมัติ ให้ผู้เรียนศึกษา โครงสร้าง และ การทำงานพื้นฐานของชุดคัดแยกชิ้นงานอัตโนมัติ รวมถึงคำศัพท์สำคัญที่เกี่ยวข้อง เช่น อินพุต เอาต์พุต เซนเซอร์ และโปรแกรมแลดเดอร์ (Ladder Diagram) กิจกรรมนี้เน้นการทบทวนข้อมูลพื้นฐานผ่านการบรรยายร่วมกับอุปกรณ์จริงพร้อมทั้งให้เอกสารประกอบการเรียนรู้กับผู้เรียนดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นใช้ความจำให้ผู้เรียนรู้จักชื่ออุปกรณ์โดยใช้สื่อเพาเวอร์พอยต์ร่วมกับใบเนื้อหา

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นเกิดความเข้าใจ (Understanding)

หลังจากผู้เรียนได้ทบทวนความรู้พื้นฐานแล้ว ขั้นตอนนี้จะเน้นการทำความเข้าใจการทำงานของพีแอลซี และ ระบบการคัดแยกชิ้นงานอย่างละเอียด ผู้เรียนจะได้ศึกษาโครงสร้างการทำงาน และขั้นตอนการเขียนโปรแกรมควบคุมพีแอลซีเพื่อคัดแยกชิ้นงาน เช่น การตั้งค่าเงื่อนไขในการแยกชิ้นงานตามชนิด และสีของชิ้นงานผ่านการอธิบายจากเพาเวอร์พอยต์ร่วมกับการสาธิตโดยผู้สอนจากชุดฝึก จากนั้นให้ผู้เรียนปฏิบัติตาม เพื่อให้ผู้เรียนเห็นภาพรวมของระบบที่ทำงานได้จริง

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นการนำไปใช้ (Applying)

ขั้นตอนนี้ ผู้เรียนจะได้เริ่มทดลองเขียนโปรแกรมพีแอลซีจริงเพื่อควบคุมระบบคัดแยกชิ้นงาน แสดงดังภาพที่ 3 โดยใช้ความรู้ที่ได้รับจากขั้นตอนก่อนหน้าในการกำหนดอินพุต และ เอาต์พุตของพีแอลซี และ เขียนโปรแกรมควบคุมการคัดแยกตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่น การสั่งให้เครื่องแยกชิ้นงานตามชนิดหรือสีที่แตกต่างกัน กิจกรรมนี้จะช่วยให้ผู้เรียนฝึกทักษะการแก้ปัญหาและการคิดอย่างเป็นระบบ

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ (Analyzing)

ขั้นตอนนี้ ผู้เรียนจะได้ฝึกวิเคราะห์ปัญหาเฉพาะหน้าที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงานของระบบคัดแยกชิ้นงานอัตโนมัติ เช่น การทำงานผิดพลาดของเซนเซอร์ การโปรแกรมพีแอลซีที่ไม่สมบูรณ์หรือปัญหาด้านฮาร์ดแวร์อื่น ผู้เรียนจะต้องระบุปัญหา วิเคราะห์สาเหตุ และ หาวิธีแก้ไขด้วยการปรับปรุงโปรแกรมหรือปรับเปลี่ยนการตั้งค่าอุปกรณ์ ขั้นตอนนี้จะช่วยเสริมทักษะการวิเคราะห์ และการคิดเชิงวิพากษ์ของผู้เรียน



ภาพที่ 3 ผู้เรียนนำคำสั่งต่าง ๆ มาเขียนโปรแกรมพีแอลซีเพื่อใช้ควบคุมระบบ

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินค่า (Evaluating)

หลังจากที่ผู้เรียนสามารถเขียนโปรแกรมและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นได้แล้ว ขั้นตอนนี้จะเน้นการประเมินประสิทธิภาพของระบบคัดแยกชิ้นงาน โดยผู้เรียนจะทำการทดสอบระบบและวัดประสิทธิภาพของการควบคุมระบบ เช่น ความแม่นยำในการคัดแยกชิ้นงาน ความเร็วในการทำงาน รวมถึงการประเมินผลจากการใช้งานจริง และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงระบบ นอกจากนี้ผู้เรียนยังต้องเปรียบเทียบวิธี การควบคุมหรือวิธีการเขียนโปรแกรมแบบต่างๆ เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่สุด โดยผู้สอนจะทำหน้าที่ชี้แนะให้แก่ผู้เรียน

ขั้นตอนที่ 6 ความคิดสร้างสรรค์ (Creating)

ขั้นตอนสุดท้ายคือ การให้ผู้เรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบระบบคัดแยกชิ้นงานที่ซับซ้อนมากขึ้นตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 6 ขั้นตอนแล้ว จึงให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบด้วยแบบทดสอบปรนัยจำนวน 30 ข้อ หลังจากนั้นจึงให้ทำแบบประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ แล้วจึงนำมาคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ประกอบไปด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

นอกจากนี้ ในประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนที่ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไปที่แสดงดังตารางที่ 2 โดยใช้สูตร Normalized Gain (Hake, 1998) ตามสมการ

$$\langle g \rangle = \frac{(\%post) - (\%pre)}{100 - (\%pre)} \quad (1)$$

โดยที่ $\langle g \rangle$ หมายถึง ค่าดัชนี Normalized Gain แสดงระดับความก้าวหน้าทางการเรียน

$\%post$ หมายถึง ร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน

$\%pre$ หมายถึง ร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบก่อนเรียน

การแปลผลจากค่าดัชนี normalized gain จะบ่งบอกถึงระดับความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียน โดยที่ระดับของความก้าวหน้าทางการเรียน สามารถแบ่งออกเป็นสามระดับ ดังนี้

ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง หรือ High gain หมายถึง ค่า <g>มีค่า 0.7 ขึ้นไป

ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง หรือ Medium gain หมายถึงค่า <g> อยู่ระหว่าง 0.3–0.7

และ ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ หรือ Low gain หมายถึงค่า <g> น้อยกว่า 0.3

ผลการศึกษา

ผลการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้จากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ แสดงดังตารางที่ 1 และประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์ พบว่า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.73 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.44) และ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.8 – 1.0 ซึ่งสามารถนำแบบทดสอบไปใช้วัดความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนได้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน

ลำดับ	หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมินความเหมาะสม		
		ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
1	ด้านเนื้อหาและความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้	4.63	0.48	เหมาะสมมากที่สุด
2	ด้านวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.83	0.37	เหมาะสมมากที่สุด
3	ด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้รับจากการกิจกรรมการเรียนรู้	4.73	0.49	เหมาะสมมากที่สุด
	ผลการประเมินรวมทั้ง 3 ด้าน	4.73	0.44	เหมาะสมมากที่สุด

การประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนอาชีวศึกษาที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นแสดงดังตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าผู้เรียนมีระดับความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับปานกลางขึ้นไป โดยที่ผู้เรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 70 (จำนวน 14 คน) มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับปานกลาง ในขณะที่ผู้เรียนร้อยละ 30 (จำนวน 6 คน) มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับสูง

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป

ผู้เรียนคนที่	Pre-Test 30 คะแนน	Post-Test 30 คะแนน	Normalized Gain	ระดับความก้าวหน้า
1	9	21	0.57	ปานกลาง
2	13	26	0.76	สูง
3	6	18	0.50	ปานกลาง
4	6	19	0.54	ปานกลาง
5	11	21	0.53	ปานกลาง
6	10	20	0.50	ปานกลาง
7	9	23	0.67	ปานกลาง
8	12	29	0.94	สูง
9	9	22	0.62	ปานกลาง
10	7	21	0.61	ปานกลาง
11	8	24	0.73	สูง
12	8	21	0.59	ปานกลาง

ผู้เรียนคนที่	Pre-Test 30 คะแนน	Post-Test 30 คะแนน	Normalized Gain	ระดับความก้าวหน้า
13	7	24	0.74	สูง
14	10	20	0.50	ปานกลาง
15	7	20	0.57	ปานกลาง
16	8	23	0.68	ปานกลาง
17	10	22	0.60	ปานกลาง
18	12	21	0.50	ปานกลาง
19	11	27	0.84	สูง
20	8	24	0.73	สูง

จากตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบระดับความก้าวหน้าทางการเรียนระหว่างการใช้วิธีการสอนแบบปกติในวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม เรื่องการคัดแยกชิ้นงานอัตโนมัติด้วยพีแอล ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 และการใช้วิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไปในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 พบว่า วิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไปส่งผลให้ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับสูงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 4.35 (วิธีการสอนแบบปกติ) เป็นร้อยละ 30 คิดเป็นความแตกต่างร้อยละ 25.65 สำหรับผู้เรียนที่มีความก้าวหน้าในระดับปานกลางเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 26.09 เป็นร้อยละ 70 คิดเป็นความแตกต่างร้อยละ 43.91 นอกจากนี้ ผู้เรียนในระดับต่ำลดลงอย่างเห็นได้ชัดจากร้อยละ 69.57 เป็นร้อยละ 0 ซึ่งลดลงถึงร้อยละ 69.57 ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไปมีประสิทธิภาพสูงกว่าในการส่งเสริมความก้าวหน้าทางการเรียน โดยเฉพาะการลดจำนวนผู้เรียนที่อยู่ในระดับต่ำและเพิ่มผู้เรียนในระดับปานกลางและระดับสูงอย่างชัดเจน

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบระดับความก้าวหน้าทางการเรียนระหว่างการใช้วิธีการสอนแบบปกติ และ วิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป

	วิธีการสอนแบบปกติ		วิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป		ผลต่าง
ระดับ	จำนวนผู้เรียน	คิดเป็นร้อยละ	จำนวนผู้เรียน	คิดเป็นร้อยละ	คิดเป็นร้อยละ
High	1	4.35	6	30	25.65
Medium	6	26.09	14	70	43.91
Low	16	69.57	0	0	69.57

ผลการประเมินแรงจูงใจของผู้เข้าร่วมวิจัยที่ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไปแสดงดังตารางที่ 4 อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.55 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.72 ตรงตามสมมุติฐานข้อ 2 จะเห็นได้ว่ามีจำนวน 10 หัวข้อคำถามที่ผู้เข้าร่วมวิจัยประเมินว่ามีแรงจูงใจอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.5 ขึ้นไป)

ตารางที่ 4 ผลการประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป

ลำดับ	หัวข้อการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD	แปลผล
1	ความสนใจที่จะเรียนรู้เกี่ยวกับระบบโรงงานอัตโนมัติ	4.15	0.79	มาก
2	การเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไปทำให้เข้าใจบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น	4.4	0.66	มาก
3	ความมั่นใจในการนำความรู้จากระบบโรงงานอัตโนมัติไปประยุกต์ใช้ในงานจริง	4.45	0.67	มาก
4	ความตั้งใจที่จะเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละบทเรียนอย่างเต็มที่	4.45	0.74	มาก
5	แรงจูงใจที่จะเรียนรู้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบโรงงานอัตโนมัติ	4.20	0.93	มาก
6	วิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไปช่วยเพิ่มความมั่นใจในการปฏิบัติงานจริง	4.20	0.93	มาก
7	กิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้นน่าสนใจและสร้างความท้าทาย	4.80	0.40	มากที่สุด
8	ความพยายามที่จะทำความเข้าใจเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับระบบโรงงานอัตโนมัติ	4.30	0.78	มาก
9	มีความตั้งใจที่จะฝึกฝนและทดลองใช้ทักษะที่ได้รับจากบทเรียน	4.50	0.74	มาก
10	การเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติจะมีประโยชน์ต่ออาชีพในอนาคตของตนเอง	4.75	0.43	มากที่สุด
11	ต้องการที่จะเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการควบคุมและการทำงานของระบบโรงงานอัตโนมัติ	4.55	0.74	มากที่สุด
12	การประเมินผลการเรียนรู้ในวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไปยุติธรรมและโปร่งใส	4.70	0.78	มากที่สุด
13	ความตั้งใจที่จะทำกิจกรรมการเรียนรู้ให้สำเร็จตามที่กำหนด	4.80	0.40	มากที่สุด
14	ความสนใจในการศึกษาเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบโรงงานอัตโนมัติ	4.70	0.56	มากที่สุด
15	เนื้อหาการเรียนรู้เชื่อมโยงกับสิ่งที่ฉันจะนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและการทำงาน	4.45	0.74	มาก
16	ความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ระบบควบคุมต่างๆ ในโรงงานอัตโนมัติ	4.55	0.67	มากที่สุด
17	การเรียนรู้ผ่านวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไปช่วยลดความเครียดในการเรียนรู้	4.50	0.67	มาก
18	ได้รับการสนับสนุนที่ดีจากผู้สอนในกระบวนการเรียนรู้	4.80	0.51	มากที่สุด
19	การเรียนรู้แบบค่อยเป็นค่อยไปช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาที่ยากได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.75	0.43	มากที่สุด
20	ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติผ่านวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป	4.85	0.48	มากที่สุด
	รวม	**4.55**	**0.72**	**มากที่สุด**

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษาด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป ที่ทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) จำนวน 20 คน มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนารูปแบบการสอนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไปสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษา เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ในการเขียนโปรแกรมพีแอลซีของผู้เรียน เรื่อง การควบคุมชุดคัดแยกชิ้นงานอัตโนมัติด้วยพีแอลซี พบว่า การประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษาด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไป จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน จากตารางที่ 1 อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ผู้เรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคลอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 30 และ อยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 70 ตรงตามสมมุติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้เป็นเพราะเนื้อหาของการเรียนที่อาศัยการเขียนโปรแกรมขั้นสูง มีความยากต่อความเข้าใจ และขาดความรู้พื้นฐานทางทฤษฎีทำให้ยากต่อการเรียนรู้ขั้นที่สูงขึ้น ผลการประเมินแรงจูงใจของผู้เข้าร่วมวิจัยที่ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ระบบโรงงานอัตโนมัติด้วยวิธีการสอนแบบค่อยเป็นค่อยไปอยู่ในระดับมากที่สุด ตรงตามสมมุติฐานข้อ 2 หัวข้อคำถามที่ผู้เข้าร่วมวิจัยประเมินว่ามีแรงจูงใจอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบค่อยเป็นค่อยไป ช่วยจูงใจให้ผู้เรียนสนใจในเนื้อหาเพิ่มขึ้น แม้เนื้อหานั้นจะมีความซับซ้อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย (Smith et al., 2021)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยบางส่วนจาก ผู้บริหาร วิทยาลัยเทคนิคพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2024). **หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง.** สืบค้นจาก https://bsq.vec.go.th

Aziz, N. A., Bukhari, S. A., & Ayub, N. (2020). **The effectiveness of unplugged activities and programming exercises in computational thinking education: A meta-analysis.** Education and Information Technologies, 25(5), 3977–4003.

Bag, S., Gupta, S., & Kumar, A. (2021). **Industry 4.0 adoption in manufacturing organizations: A sustainability perspective.** Journal of Cleaner Production, 302, 126901.

Chen, J., Liu, Y., & Wu, H. (2021). **Image processing and machine learning in object sorting for smart manufacturing.** Journal of Intelligent Manufacturing, 32(2), 349–362.

García, L., Sánchez, P., Ramírez, E., & Torres, J. (2020). **Impact of technological advancements on vocational education and training: A global perspective.** Journal of Industrial Technology and Innovation, 12(4), 215–230.

Graham, C. R., Borup, J., Short, C. R., & Archambault, L. (2021). **K–12 Blended teaching: A guide to personalized learning and online integration.** EdTech Books.

Hattie, J., & Zierer, K. (2021). **The power of feedback in learning and teaching: Effective instructional strategies for the 21st century classroom.** Routledge.

Huang, J., & Lin, Y. (2021). **The role of progressive learning in enhancing student skill development.** Educational Development Journal, 35(4), 125–138.

Ismail, A., Rahman, N. A., & Omar, M. (2021). **Practical training for programmable logic controllers (PLCs) in vocational education: Bridging theory to real–world applications.** International Journal of Engineering Education, 37(4), 101–110.

Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2020). **A survey on digital twins in manufacturing.** Robotics and Computer–Integrated Manufacturing, 61, 101815.

Johnston, K., & Seaman, C. (2020). **Skill Mismatch Research: Skill Dimensions in Vocational Education and Training.** In Sustainability of Technical and Vocational Education and Training (TVET) along with Vocational Psychology. Springer.

Lee, S., Kim, H., & Park, J. (2020**). Challenges in designing control systems for complex production processes.** IEEE Transactions on Industrial Electronics, 67(5), 3890–3898.

Malik, S. I., Mathew, R., Al–Sideiri, A., Jabbar, J., Al–Nuaimi, R., & Tawafak, R. M. (2022**). Enhancing Problem–Solving skills of novice programmers in an introductory programming course.** Computer Applications in Engineering Education, 30(1), 174–194.

Müller, J. M., Buliga, O., & Voigt, K. I. (2020). **The role of absorptive capacity and innovation strategy in the design of Industry 4.0 business models.** Technological Forecasting and Social Change, 132, 56–68.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2021). **Self–determination theory: Basic psychological needs in motivation**, development, and wellness. Guilford Press.

Smith, A., Johnson, K., & Lee, M. (2021). **Progressive teaching in automation system education.** Journal of Technical Education, 34(2), 202–214.

Sony, M., & Naik, S. (2020). **Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: A literature review.** Benchmarking: An International Journal, 27(7), 2213–2232.

Wang, H., Liu, Y., & Zhang, Z. (2023). **Title of the study.** Journal Name, Volume (Issue), Page numbers.

Zhao, X., Smith, A., & Chen, Y. (2022**). The impact of automation on reducing labor dependence and material waste in industrial sorting systems. J**ournal of Industrial Automation and Technology, 15(3), 120–135.

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์พร้อมระบบควบคุมแบบไร้สาย: กรณีศึกษาความเป็นไปได้ของการออกแบบเชิงแนวคิด

Design and development of multi-purpose patient transport devices with wireless control systems: A feasibility study case of conceptual design

ชริน อินทรพานิช[1*], กันญารัตน์ มาโน[1], ชนาภา อ้นมี[1], ธารทอง ทองประไพ[1], สิทธินันท์ ท่อแก้ว[1], ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง[1] และ นิตต์อลิน พันธุ์อภัย[1]

Charin Intarapanich[1*], Kanyarat Mano[1], Chanapha Onme[1], Thanthong Thongprapai[1], Sittinun Tawkaew[1], Teerapath Limboonruang[1] and Nittalin Phunapai[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้มีจุดมุ่งหมายการนำเสนอความเป็นไปได้เชิงแนวคิดของการการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์พร้อมระบบควบคุมแบบไร้สาย โดยเป็นการพัฒนาและต่อยอดนวัตกรรมการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์พร้อมการสื่อสารการเคลื่อนย้ายแบบบูรณาการ มีระบบควบคุมที่สามารถควบคุมผ่านเคลื่อข่ายไร้สายเพื่อความสะดวก อีกทั้งนวัตกรรมสามารถทราบข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วยในส่วนน้ำหนักของผู้ป่วยโดยที่ผู้ป่วยไม่ต้องเคลื่อนย้ายตัวเองมาที่เครื่องชั่งน้ำหนักเพื่อความสะดวกทั้งผู้ดูแลและผู้ป่วย เป็นการช่วยผ่อนแรงรวมถึงช่วยเหลือผู้ดูแลผู้ป่วยและผู้สูงวัยให้ได้รับความสะดวกสบายและความปลอดภัยในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยสำหรับทำกิจกรรม รวมถึงเป็นการใช้งานและเคลื่อนย้ายไปยังสถานที่ต่างๆ ได้ง่ายที่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมที่สนับสนุนการเข้าถึงบริการทางการแพทย์ที่เหมาะสมที่สามารถผลิตขึ้นใช้ได้เองภายในประเทศและลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ อีกทั้งยังสามารถเป็นแหล่งเรียนรู้ของผู้ที่สนใจในเครื่องมือทางการแพทย์ในลักษณะเดียวกัน เพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดสำหรับงานวิจัยใหม่ๆ ขยายโอกาสในการเข้าถึงการรักษาที่มีประสิทธิภาพในประเทศไทยอีกด้วย ผลการออกแบบและศึกษาความเป็นไปได้ของนวัตกรรมและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม พบว่าส่วนต่างๆ ของนวัตกรรมมีความแข็งแรงและระบบควบคุมการทำงานมีความเหมาะสมในการพัฒนาเพื่อการผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ภายใต้ขอบเขตที่ตั้งไว้ได้

คำสำคัญ: นวัตกรรม, โรคหลอดเลือดสมอง, การเคลื่อนย้ายผู้ป่วย, รถเข็นผู้ป่วย, ระบบดูแลสุขภาพ

---

[1] ห้องปฏิบัติการพัฒนานวัตกรรมและระบบอัตโนมัติเพื่อความยั่งยืน(I-DASS Lab) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จังหวัดนครนายก 26120

[1] Innovative Development and Automation System for Sustainability Laboratory (I-DASS Lab), Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University, Nakhornayok, 26120

*Corresponding author : Charin.intarapanich@g.swu.ac.th

Abstract

This paper aims to present the conceptual feasibility of designing and developing a multi-purpose patient transport device equipped with a wireless control system. The innovation enhances and expands upon existing multipurpose patient transfer technologies by incorporating integrated communication and wireless control capabilities for added convenience. Additionally, this innovation enables the retrieval of basic patient information, like weight, without the patient's physical movement to a scale, thereby enhancing convenience for both caregivers and patients. The design of the device reduces physical strain on carers and ensures the safety and comfort of patients, especially the elderly, during various activities. The device is highly portable, allowing for efficient use and movement across different locations while providing robust functionality. Domestic production of this technology can enhance access to appropriate medical services and reduce reliance on imported technologies. Moreover, it can serve as a learning tool for those interested in medical devices, enabling further research and innovation in the field. In summary, the design and feasibility study, along with the engineering analysis, demonstrate that the various components of the innovation are structurally sound, and the control system is suitable for prototype development within the defined scope.

Keywords: Innovation, Stroke, Patient transport, Mobility wheelchair, HealthCare Systems

บทนำ

ในสถานการณ์ปัจจุบันประเทศไทยมีปัญหาการขาดแคลนบุคลากรทางการพยาบาลในระบบการบริการสุขภาพและปัญหาการกระจายกำลังคนด้านบริการสุขภาพตามภูมิภาค [1] จากสถิติสัดส่วนเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ต่อประชากร ที่จัดทำโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่าในปี พ.ศ.2566 สัดส่วนพยาบาลต่อประชากรไทยอยู่ที่ 1:310 [2] และในปัจจุบัน พ.ศ.2567 สัดส่วนพยาบาลต่อประชากรในประเทศไทยอยู่ที่ 1:316 ขณะที่องค์การอนามัยโลกระบุสัดส่วนพยาบาลต่อประชากรไว้ที่ 1:270 [3-4] ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรในประเทศไทยจึงเป็นปัญหาที่ซับซ้อนและมีมาอย่างยาวนาน ส่งผลให้ประชาชนไม่สามารถรับการบริการได้อย่างทั่วถึง ประกอบกับในปัจจุบันมีผู้ประสบปัญหาจากการเจ็บป่วย ความชราภาพ และประสบอุบัติเหตุต่างๆ รวมถึงมีผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองอยู่เป็นจำนวนมาก [5] ซึ่งเกิดจากปัจจัยเสี่ยงต่างๆ เป็นสาเหตุทำให้มีอาการเป็นอัมพาตหรืออ่อนแรงของกล้ามเนื้อที่บริเวณแขนขา [6] อันเกิดจากความผิดปกติของระบบประสาทที่ควบคุมการทำงาน จนทำให้เกิดความผิดปกติทางด้านการเคลื่อนไหว ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ หรือเคลื่อนไหวได้เล็กน้อย ผู้ป่วยจึงไม่สามารถลุก เคลื่อนไหว หรือทำกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างปกติและในบางรายเป็นผู้ป่วยติดเตียงที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ หรือสามารถช่วยเหลือตัวเองได้บ้างเล็กน้อย ทำให้เป็นภาระหรือความยากลำบากของผู้ที่คอยดูแลผู้ป่วย ผู้ป่วยกลุ่มดังกล่าวนี้เป็นกลุ่มที่ต้องการผู้ดูแลอย่างใกล้ชิด เนื่องจากไม่สามารถทำกิจกรรมแบบปกติในชีวิตประจำวันได้ด้วยตัวเอง การขยับตัวจากการนอนหรือนั่งไปสู่การลุกยืน แต่ผู้ป่วยยังสามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้ด้วยตัวเองบ้าง สามารถนั่งหรือทรงตัวบนเตียงได้ด้วยตัวเอง สามารถนั่งบนรถเข็นได้ ในบางกรณีที่ต้องพาผู้ป่วยไปทำการรักษา ซึ่งต้องการทราบข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย เช่น น้ำหนักของผู้ป่วย ก็จะมีความยากลำบากในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากรถเข็นมายังเครื่องชั่งน้ำหนัก และเคลื่อนย้ายผู้ป่วยกลับไปยังรถเข็น ทำให้ไม่ได้รับความสะดวกทั้งผู้ดูแลและผู้ป่วย และในบางครั้งอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้

ที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ความต้องการอุปกรณ์หรือนวัตกรรมที่จะมาคอยช่วยเหลือดูแลผู้ป่วยติดเตียง รวมถึงผู้ป่วยที่มีอาการดังกล่าว ในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยหรือทำกิจกรรมต่างๆ เช่น อุปกรณ์ในการช่วยขยับตัวผู้ป่วยจากการนอนหรือนั่งไปสู่การลุกยืน [7–12] ที่จะเป็นการช่วยผ่อนแรง ลดโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุขณะทำการเคลื่อนย้ายผู้ป่วย รวมถึงช่วยเหลือทั้งผู้ดูแล ผู้ป่วยและผู้สูงวัยให้ได้รับความสะดวกสบายและความปลอดภัย ซึ่งในปัจจุบันทำให้เกิดนวัตกรรมต่างๆ ออกมาเพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ป่วยประเภทนี้มากขึ้น แต่ในประเทศไทยมีอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ช่วยเหลือในลักษณะดังกล่าวอยู่อย่างจำกัดและไม่ตอบสนองความต้องการได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ มีราคาสูงมาก เนื่องจากไม่มีผู้ผลิตในประเทศจึงต้องนำเทคโนโลยีจากต่างประเทศเข้ามา

จากปัญหาข้างต้น ทางทีมวิจัยได้เห็นถึงแนวทางการปรับปรุงอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น บทความนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะออกแบบและพัฒนาและต่อยอดนวัตกรรมการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์พร้อมการสื่อสารการเคลื่อนย้ายแบบบูรณาการ ให้มีประสิทธิภาพการใช้งานที่ดีขึ้น สามารถควบคุมผ่านเครือข่ายไร้สายได้และสามารถทราบข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วยได้ เช่น น้ำหนักของผู้ป่วย โดยที่ผู้ป่วยไม่ต้องเคลื่อนย้ายตัวเองมาที่เครื่องชั่งน้ำหนัก เป็นการช่วยผ่อนแรง รวมถึงช่วยเหลือทั้งผู้ดูแล ผู้ป่วยและผู้สูงวัยให้ได้รับความสะดวกสบายและความปลอดภัย อีกทั้งยังเป็นนวัตกรรมที่ใช้งานและเคลื่อนย้ายไปยังสถานที่ต่างๆ ได้ง่าย สามารถนำไปใช้ได้ในครอบครัว รวมถึงจะขยายพื้นที่การใช้งานไปยังสถานพยาบาลหรือศูนย์ฟื้นฟูกายภาพบำบัดต่างๆ ได้ และเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีต้นแบบเครื่องมือหรืออุปกรณ์สนับสนุนทางการแพทย์ที่เหมาะสมได้ตามมาตรฐาน สามารถขยายผลสู่การพัฒนาเชิงพานิชย์ นำไปสู่การผลิตขึ้นในใช้เองในประเทศไทยเพื่อลดการนำเข้าเทคโนโลยีราคาแพงจากต่างประเทศ อีกทั้งยังสามารถเป็นแหล่งเรียนรู้ของผู้ที่สนใจในเครื่องมือทางการแพทย์ในลักษณะเดียวกัน เพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดสำหรับงานวิจัยใหม่ๆ ขยายโอกาสในการเข้าถึงการรักษาที่มีประสิทธิภาพในประเทศไทยอีกด้วย

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อออกแบบและพัฒนาต่อยอดระบบควบคุมไร้สายสำหรับเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์สำหรับผู้ป่วยและผู้สูงอายุที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างปกติ

วิธีดำเนินการวิจัย

กรอบแนวคิดการพัฒนานวัตกรรม

เพื่อเป็นการทุ่นแรงของบุคลากรและช่วยอำนวยความสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง และเพื่อเป็นการสนับสนุนการวิจัยการพัฒนาด้านเครื่องมือทางการแพทย์ ทางทีมวิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์พร้อมระบบควบคุมการใช้งานด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย ที่สามารถชั่งน้ำหนักของผู้ป่วย โดยมีชุดควบคุมและแสดงผลการทำงานผ่านจอ สวิตช์หยุดการทำงานกรณีฉุกเฉิน ระบบควบคุมการปรับเพิ่ม-ลดระดับ ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ ระบบปรับความยาวตามแนวระดับ โดยใช้ตัวประมวลผลการทำงานแบบราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) ในการควบคุมหลักในการพัฒนาแอปพลิเคชัน การจัดทำงานวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์จึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่ออำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยและผู้สูงอายุที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเอง หรือผู้ป่วยที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ตามปกติ เนื่องจากผู้ป่วยมักประสบกับความบกพร่องในการเคลื่อนไหว ทำให้ไม่สามารถเดินหรือยืนได้ด้วยตนเองอย่างปลอดภัย การใช้เก้าอี้เคลื่อนย้ายจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการช่วยเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยปกติแล้วอาจจะต้องใช้

บุคลากรทางการแพทย์มากกว่าหนึ่งคนในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วย การจัดทำโครงงานเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์จึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่ออำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยและผู้สูงอายุที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเอง หรือผู้ป่วยที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ตามปกติ เนื่องจากผู้ป่วยมักประสบกับความบกพร่องในการเคลื่อนไหว ทำให้ไม่สามารถเดินหรือยืนได้ด้วยตนเองอย่างปลอดภัย การใช้เก้าอี้เคลื่อนย้ายจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการช่วยเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยปกติแล้วอาจจะต้องใช้บุคลากรทางการแพทย์มากกว่าหนึ่งคนในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วย โดยมีสมมติฐานความต้องการของการออกแบบนวัตกรรมดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมมติฐานความต้องการของการออกแบบนวัตกรรม

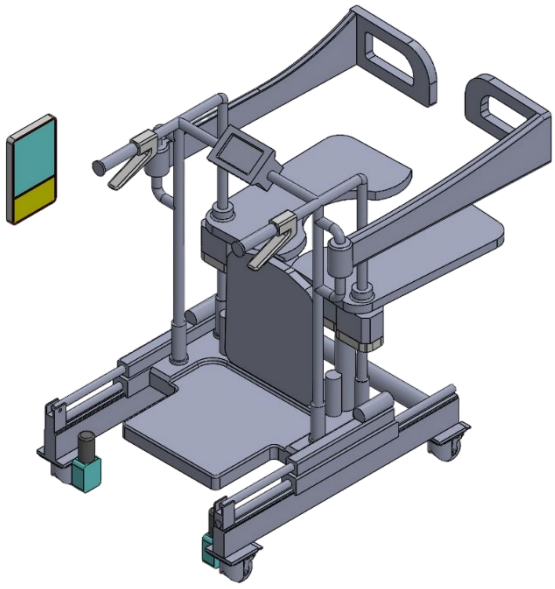
ลำดับ	รายละเอียดความต้องการของนวัตกรรม
1	รถเข็นสามารถรับน้ำหนักได้มากถึง 150 กิโลกรัม
2	เมื่อมีการใช้งาน รถเข็นต้องทรงตัวอยู่ได้โดยไม่เกิดการพลิกคว่ำ
3	ต้องปรับความสูงและระยะให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานได้
4	ต้องสามารถปรับหรือทำงานได้ทั้งระบบแมนมวลหรือระบบไฟฟ้า
5	วัสดุโครงสร้างหลักที่ใช้ต้องเป็นวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม
6	ปรับปรุงให้น้ำหนักเบาขึ้น เพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้าย
7	ลดเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วย

ผลการศึกษา

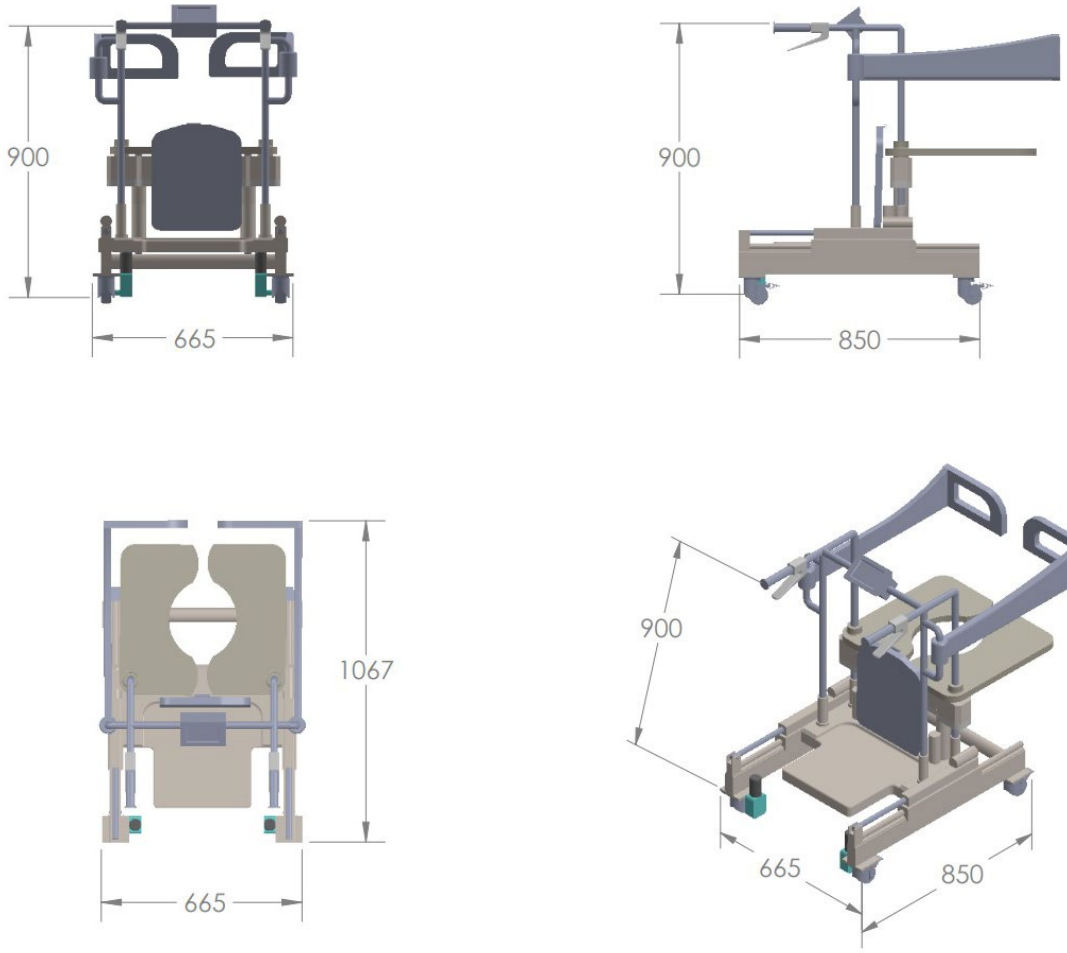
การออกแบบโครงสร้างหลักของนวัตกรรม

การออกแบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันนี้ เป็นการพัฒนาและผลิตเครื่องมือสำหรับการช่วยเหลือและดูแลผู้ป่วยที่มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวเป็นไปอย่างสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ โดยมุ่งเน้นให้ผู้ดูแลสามารถควบคุมการทำงานของเก้าอี้ได้ง่ายผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน ลดภาระการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยด้วยตนเองของบุคลากรทางการแพทย์ พร้อมทั้งเสริมสร้างความปลอดภัยให้กับผู้ป่วยขณะใช้งาน

อุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยนี้ออกแบบมาให้สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งไปข้างหน้า–ถอยหลัง และเลี้ยวซ้าย–ขวา รวมถึงสามารถปรับระดับความสูงของที่นั่งได้ตามความต้องการ เพื่อให้เข้ากับความสูงของเตียงหรือเฟอร์นิเจอร์อื่นๆ ทำให้ผู้ป่วยสามารถย้ายตัวได้ง่ายและปลอดภัยยิ่งขึ้น แอปพลิเคชันยังมีฟังก์ชันการชั่งน้ำหนักผู้ป่วยผ่านเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ที่ติดตั้งบนเก้าอี้ โดยน้ำหนักที่วัดได้จะแสดงผลแบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ระบบจะบันทึกข้อมูลการชั่งน้ำหนักแต่ละครั้งเพื่อใช้ในการติดตามสุขภาพของผู้ป่วยในระยะยาว กลุ่มเป้าหมายหลักของการออกแบบนี้ ได้แก่ ผู้ป่วยที่มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหว รวมถึงผู้ดูแลที่ต้องการอุปกรณ์ช่วยในการย้ายตัวผู้ป่วยเพื่อให้การดูแลมีความสะดวกและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น โดยจะใช้โปรแกรม SolidWorks ในการออกแบบและสร้างแบบจำลองของนวัตกรรมเพื่อความสะดวก สามารถแก้ไขได้ง่าย [13] ดังรูปที่ 1 และแสดงขนาดโดยรวมของนวัตกรรมการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 รถเข็นเคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์



รูปที่ 2 ขนาดโดยรวมของนวัตกรรมการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์ฯ (หน่วย : มม.)

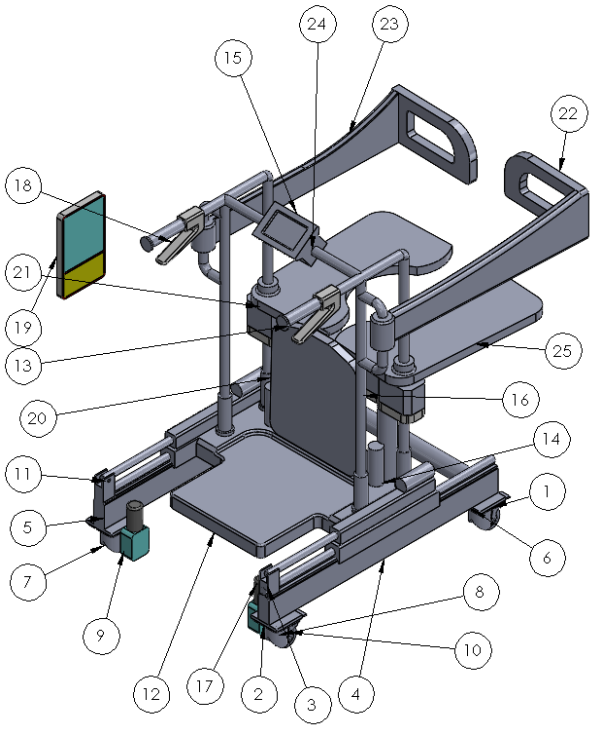
การออกแบบกลไกการทำงานของนวัตกรรม

เก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์นี้ได้รับการออกแบบด้วยกลไกที่ซับซ้อนและมีประสิทธิภาพเพื่อตอบสนองความต้องการในการดูแลผู้ป่วยโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2 และแสดงส่วนประกอบดังรูปที่ 3–4

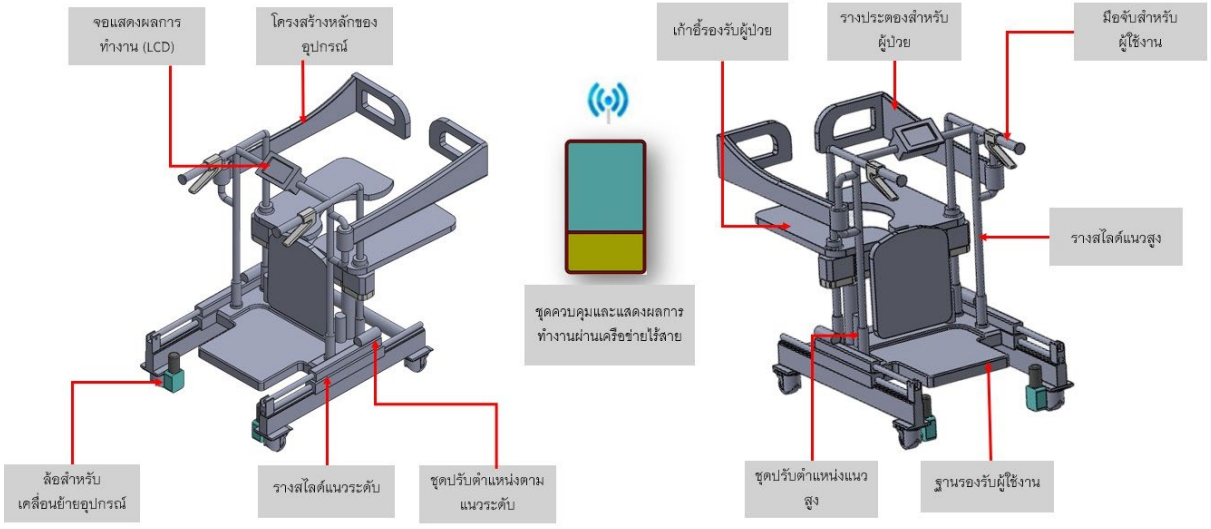
ตารางที่ 2 กลไกการทำงานของนวัตกรรม

ลำดับ	หัวข้อ	รายละเอียด
1. โครงสร้างหลัก	วัสดุ	เหล็กกล้าไร้สนิม
	ขนาดโดยประมาณ	กว้าง 70 cm x ยาว 108 cm x สูง 94 cm
	น้ำหนักโครงสร้าง	ประมาณ 30 kg
	ความสามารถในการรับน้ำหนัก	รับน้ำหนักได้สูงสุด 150 kg
2. ระบบปรับความสูง	ระบบไฟฟ้า	ติดตั้งที่ฐานเก้าอี้
	ช่วงในการปรับ	0 – 800 cm
	ความเร็ว	10 – 15 mm/s
	ระบบควบคุม	โดยปุ่มกดบนแผงควบคุมและแอปพลิเคชัน
4. ระบบล้อ	ขนาด	ล้อขนาด 8 In จำนวน 4 ล้อ
	ความสามารถในการหมุน	หมุนได้ 360° พร้อมระบบเบรกแบบกดล็อค
	ล้อด้านหลัง	มี 2 ล้อและมีระบบบังคับทิศทาง
5. ระบบเคลื่อนย้าย	ระบบที่ใช้	ใช้ระบบรางเลื่อนคู่ พร้อมมอเตอร์ไฟฟ้า
ผู้ป่วยในแนวระนาบ	ระยะในการเลื่อน	0 – 50 cm
	ความเร็วในการปรับ	10 – 15 mm/s
6. ระบบควบคุม	ปรับระดับ	มีปุ่มปรับระดับความสูงติดตั้งที่ตัวเก้าอี้
	จอแสดงผล	จอ LCD แสดงผลน้ำหนักเรียลไทม์
	ความปลอดภัย	มีปุ่มฉุกเฉินสำหรับหยุดการทำงานทันที
7. ระบบวัดน้ำหนัก	เซนเซอร์	ติดตั้งเซนเซอร์วัดน้ำหนักที่บริเวณล้อ
	ความแม่นยำ	±0.1 kg
	การแสดงผล	แสดงผลบนจอ LCD และบันทึกข้อมูลได้
8. อุปกรณ์เสริม	ที่วางเท้า	สามารถปรับได้ 0 – 45°
	เสาน้ำเกลือ	ปรับความสูงได้ ติดตั้งด้านหลังเก้าอี้
	ช่องเสียบอุปกรณ์	มีช่องเสียบอุปกรณ์ชาร์จไฟสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
9. ระบบ	โครงสร้าง	โครงสร้างฐานกว้างเพื่อป้องกันการพลิกคว่ำ
ความปลอดภัย	เข็มขัดนิรภัย	มีเข็มขัดนิรภัยสำหรับผู้ป่วย
	แบตเตอรี่	ระบบแบตเตอรี่สำรองสำหรับกรณีไฟฟ้าขัดข้อง

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Based for wheel	4
2	Wheel mount	4
3	Support steel shaft	2
4	Based support steel shaft	2
5	Circular mount	4
6	Seal	4
7	Body part	4
8	Bearing	4
9	Wheel	4
10	Wheel break	4
11	Steel shaft for based	2
12	Based	1
13	Handle bar	1
14	Steel shaft for seat	2
15	Lcd screen	1
16	Support frame seat	1
17	Motor	2
18	Hand break	2
19	Computer	1
20	Extra seat	1
21	Support seat	1
22	Right back panel	1
23	Left back panel	1
24	Left seat	1
25	Right seat	1



รูปที่ 3 ส่วนประกอบของรถเข็นเคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์



รูปที่ 4 ภาพรวมและส่วนประกอบของนวัตกรรมการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์

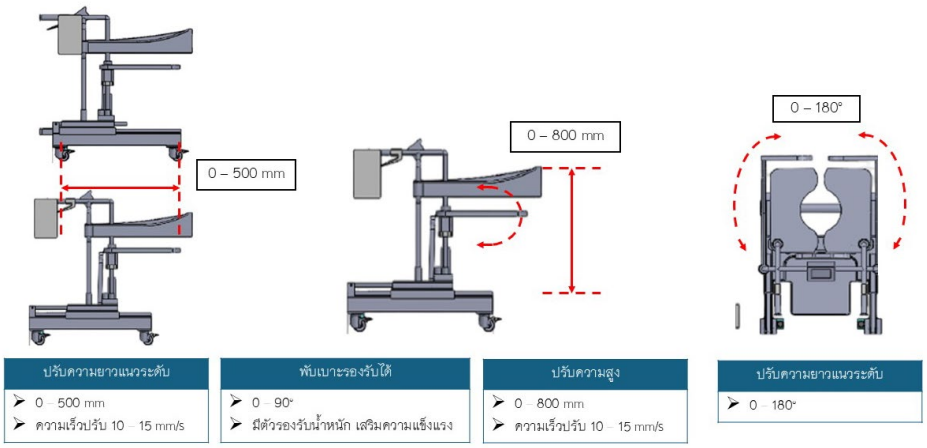
กลไกสำหรับการปรับเปลี่ยนท่าทาง (Mechanism for Posture Changing Function)

ระบบควบคุมและระบบอินเทอร์เฟซ (Interface system) สำหรับการเชื่อมต่อระบบควบคุมกับอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่เป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมและปรับแต่งอุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากรูปที่ 4 เป็นภาพแบบจำลองสามมิติ (3D) ของอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยในโปรแกรม SolidWorks สามารถวิเคราะห์และคาดการณ์ระบบควบคุมได้ดังนี้:

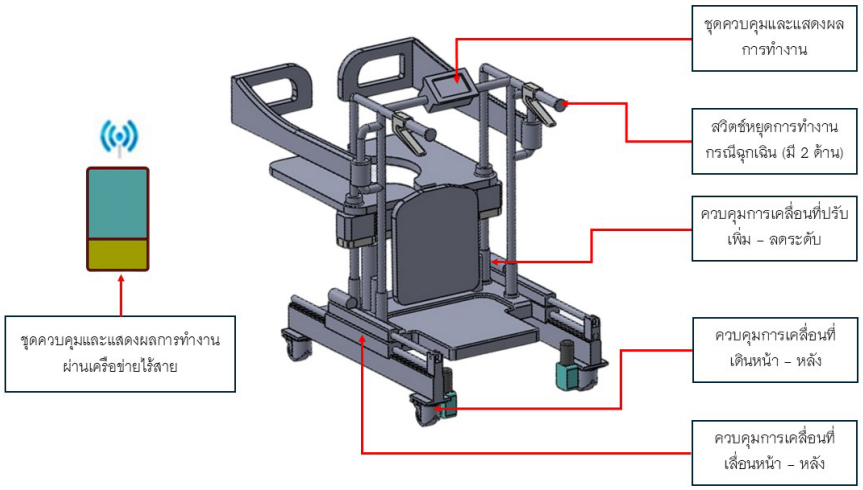
1. แผงควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Panel)
   - ตำแหน่ง: มักจะติดตั้งบริเวณที่เข้าถึงได้ง่ายสำหรับบุคลากรทางการแพทย์
   - ฟังก์ชัน: ปุ่มปรับความสูง (ขึ้น/ลง) , ปุ่มฉุกเฉินเพื่อกลับสู่ตำแหน่งปกติอย่างรวดเร็ว
2. ระบบควบคุมไร้สาย
   - รีโมทคอนโทรล: ช่วยให้ผู้ป่วยสามารถควบคุมอุปกรณ์ได้แม้ในระยะไกล
   - การเชื่อมต่อ Bluetooth: เพื่อเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ต
3. ระบบประมวลผลกลาง
   - ไมโครคอนโทรลเลอร์: ทำหน้าที่ประมวลผลคำสั่ง และควบคุมมอเตอร์ต่างๆ
   - หน่วยความจำ: เก็บข้อมูลการตั้งค่าและประวัติการใช้งาน
4. เซ็นเซอร์
   - เซ็นเซอร์ชั่งน้ำหนัก จะทำงานเมื่อผู้ป่วยนั่งลงบนเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย
5. การเชื่อมต่อกับระบบข้อมูลโรงพยาบาล
   - พอร์ต Ethernet หรือ Wi-Fi: เชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายของโรงพยาบาล
   - โปรโตคอลการสื่อสาร: รองรับมาตรฐาน HL7 หรือ FHIR เพื่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลทางการแพทย์
6. ที่ยึดอุปกรณ์เสริม
   - หน้าจอแสดงผลการชั่งน้ำหนักแบบเรียลไทม์
7. ระบบพลังงาน
   - แบตเตอรี่ใช้เป็นแหล่งพลังงานให้กับระบบ
   - ชาร์จแบตเตอรี่เมื่อเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟ

การออกแบบหลักการทำงานของนวัตกรรม

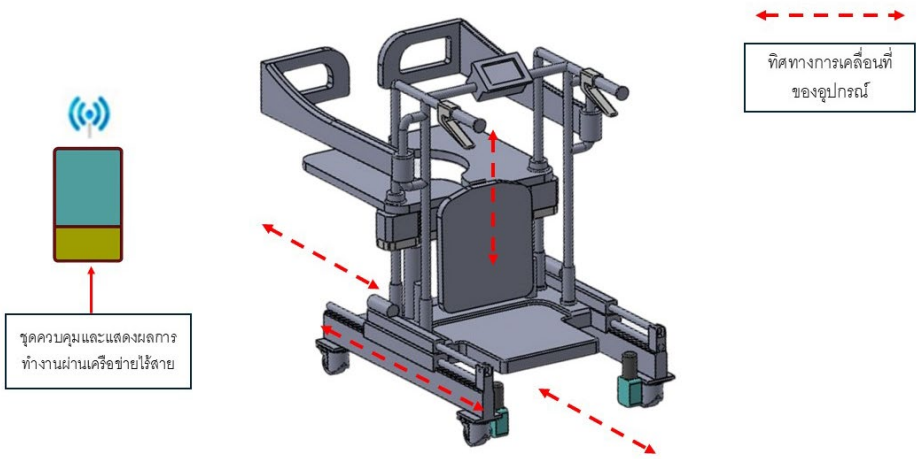
นวัตกรรมการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์ฯจะมีความสามารถในการปรับเพิ่ม-ลดความสูงของตัวรถเข็นเพื่อให้รถเข็นมีความสูงเท่ากับเตียงของผู้ป่วย มีความสามารถในการปรับความยาวตามแนวระดับเพื่อลดระยะในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากเตียงถึงตัวเก้าอี้ สามารถพับเบาะรองนั่งให้เหมาะสมกับการใช้งานได้ และ เมื่อผู้ป่วยนั่งอยู่บนรถเข็น เซ็นเซอร์จะแปลงค่าแรงกดเป็นค่าน้ำหนักของผู้ป่วยแสดงผ่านจอแอลซีดี (LCD display) ที่ด้านบนของตัวรถเข็น ในส่วนของการควบคุมการเคลื่อนที่และการปรับระดับความสูงของตัวรถเข็นจะสามรถควบคุมได้ด้วยแอปพลิเคชันผ่านการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย ที่ตัวรถจึงได้ใส่สวิตช์หยุดการทำงานเมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน โดยหลักการทำงานเป็นไปดังรูปที่ 5-7



รูปที่ 5 ฟังก์ชันการทำงานของนวัตกรรมการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์ฯ



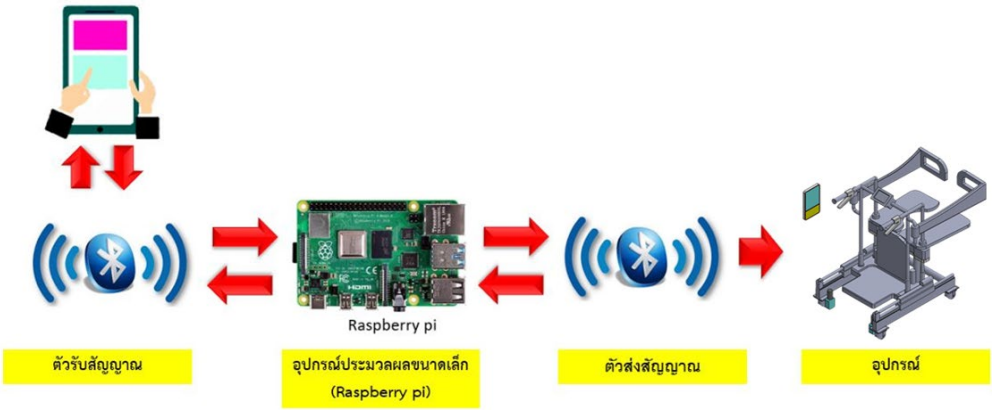
รูปที่ 6 การทำงานของชุดควบคุมและแสดงผลการทำงานผ่านเครือข่ายไร้สาย



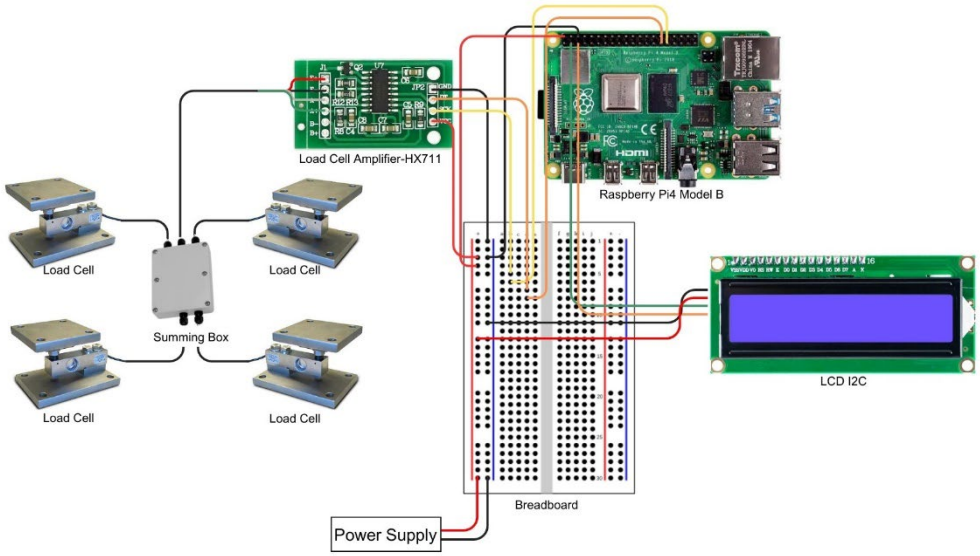
รูปที่ 7 การควบคุมทิศทางและการเคลื่อนที่ของนวัตกรรมฯ

การออกแบบระบบควบคุมของนวัตกรรม

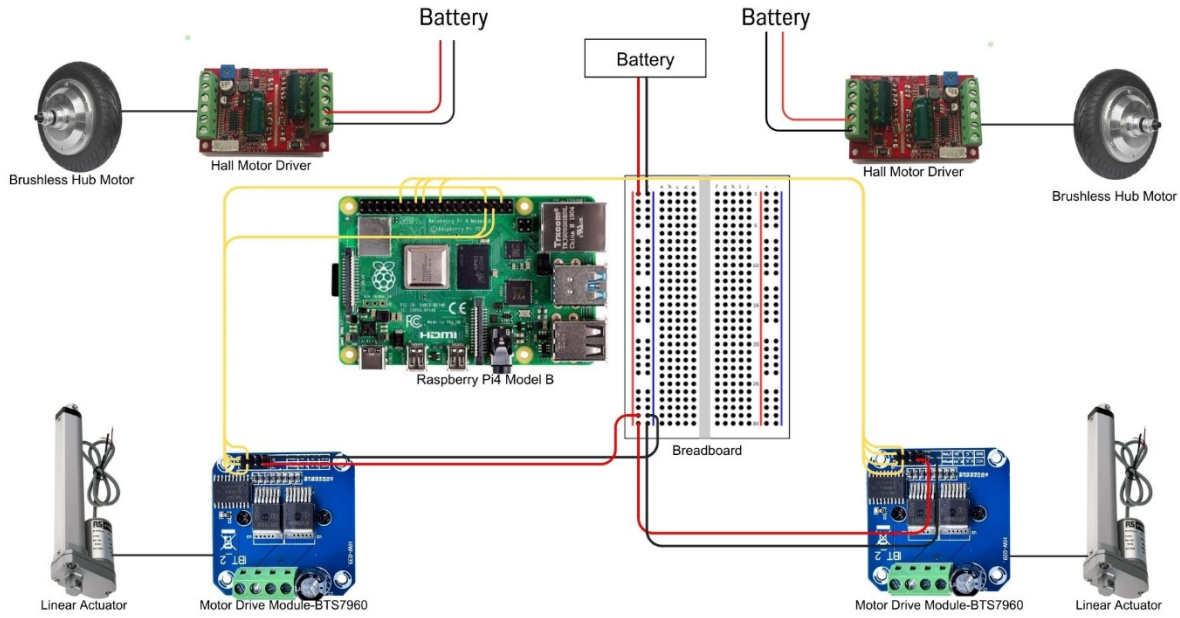
อุปกรณ์สำหรับเคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่ออกแบบโดยเน้นความแข็งแรงและทนทาน เพื่อรองรับการปรับตำแหน่งและความสูงที่หลากหลาย โครงสร้างของเก้าอี้ถูกผลิตจากวัสดุที่ทนทาน เช่น สแตนเลส 304 ซึ่งมีคุณสมบัติแข็งแรงทนต่อการกัดกร่อน ส่วนที่ต้องรองรับน้ำหนักมากจะใช้เหล็กที่มีความแข็งแรงสูง ในขณะที่บริเวณที่ต้องการความเบา เช่น มือจับ จะถูกผลิตจากพลาสติก เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมและเคลื่อนย้ายเก้าอี้ได้สะดวก เก้าอี้นี้ถูกออกแบบให้สามารถปรับเลื่อนหน้าหรือเลื่อนหลังในแนวระดับได้ตั้งแต่ 0 – 500 mm เพื่อปรับตำแหน่งตามความเหมาะสมในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วย นอกจากนี้ ยังสามารถปรับระดับความสูงขึ้นหรือลงได้ตั้งแต่ 450 – 800 mm ซึ่งช่วยให้เก้าอี้สามารถปรับให้เข้ากับความสูงของเตียงผู้ป่วยได้ ลดความลำบากในการยกผู้ป่วยขึ้น–ลง อีกหนึ่งคุณสมบัติคือการมีระบบช้อนตัวผู้ป่วย ซึ่งออกแบบมาเพื่อให้บุคลากรทางการแพทย์สามารถเคลื่อนย้ายผู้ป่วยด้วยจำนวนคนที่น้อยที่สุดช่วยเพิ่มความสะดวกสบายทั้งกับผู้ป่วยและผู้ดูแล เก้าอี้นี้ยังมีระบบควบคุม โดยผู้ใช้งานสามารถควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่และการปรับระดับความสูงของเก้าอี้ผ่านแอปพลิเคชันที่เชื่อมต่อผ่าน Bluetooth ดังแสดงในรูปที่ 8 การออกแบบผังไฟฟ้าในระบบการควบคุมการทำงานและการชั่งน้ำหนักดังรูปที่ 9–10 และแผนผังแสดงการควบคุมการทำงานและการออกแบบระบบจะแสดงในรูปที่ 11



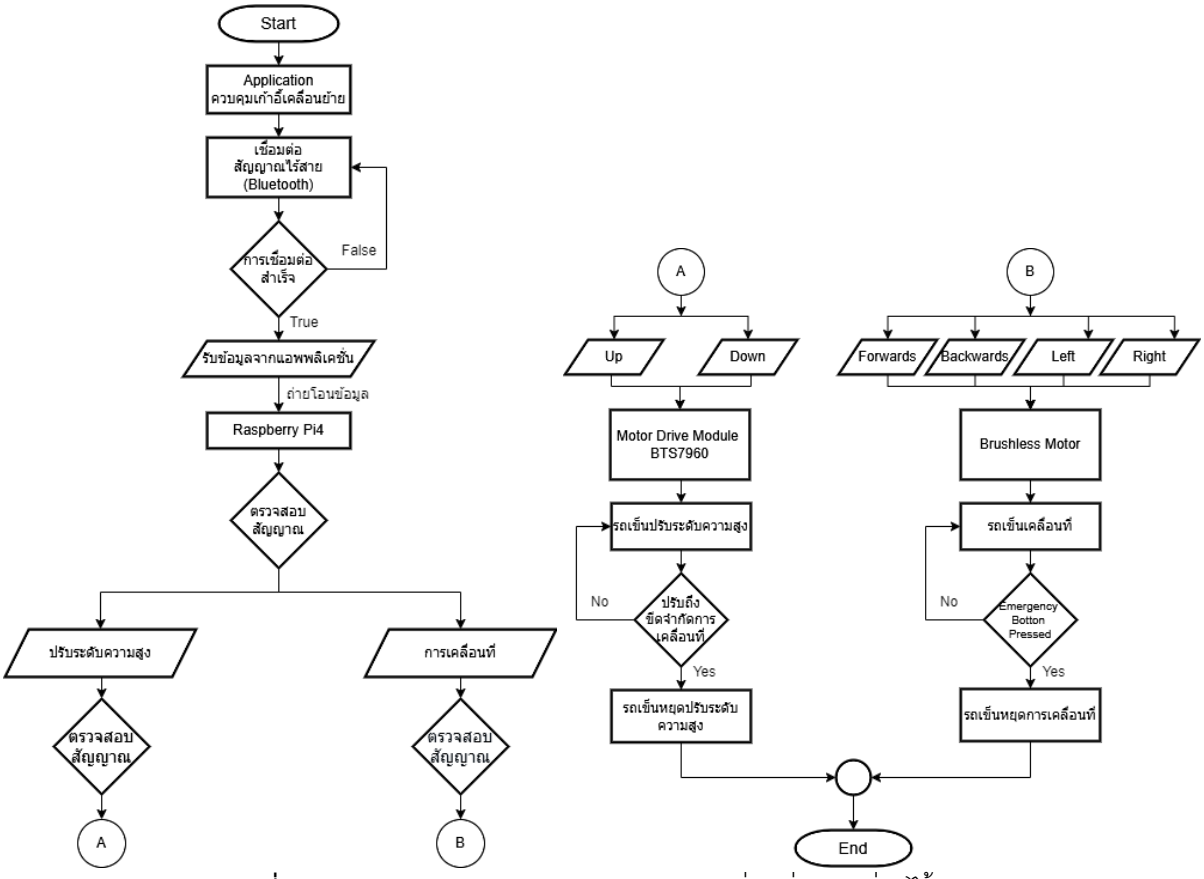
รูปที่ 8 ชุดควบคุมและแสดงผลการทำงานผ่านเครือข่ายไร้สายเบื้องต้น



รูปที่ 9 การออกแบบผังไฟฟ้าในระบบชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 10 แผนผังแสดงการควบคุมการทำงาน

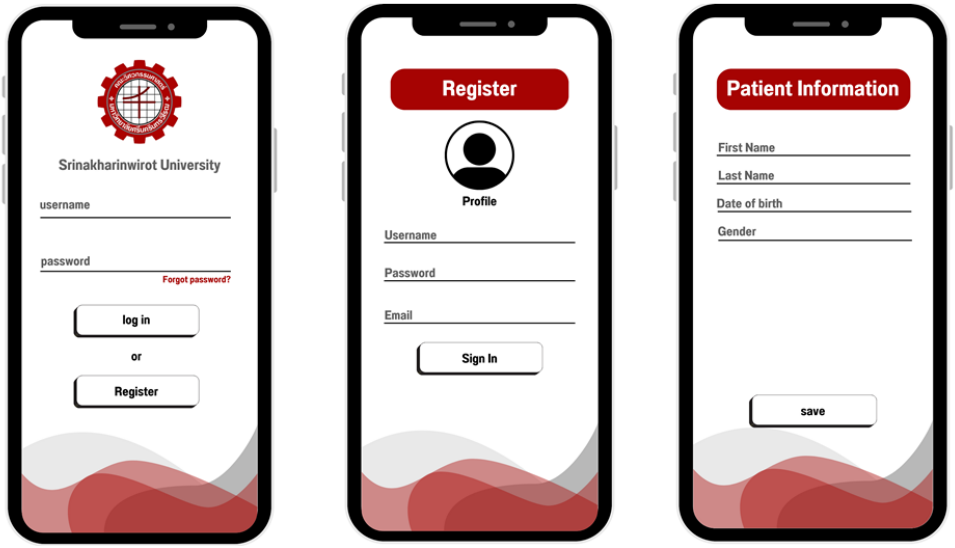


รูปที่ 11 แผนผังแสดงการควบคุมการทำงานการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย

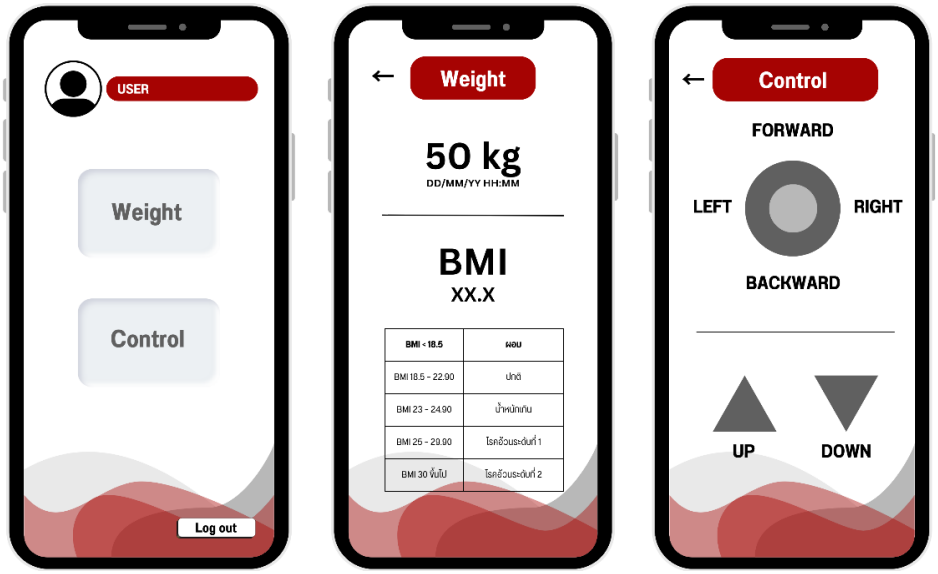
การออกแบบโปรแกรมควบคุมของนวัตกรรม

ในการพัฒนารถเข็นเคลื่อนย้ายผู้ป่วยเป็นการผสมผสานระหว่างระบบขับเคลื่อนและระบบควบคุมที่ทันสมัย สามารถควบคุมการทำงานของเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยผ่านแอปพลิเคชันที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สาย (Bluetooth) มุ่งเน้นการออกแบบให้ใช้งานง่าย มีความเรียบง่ายและชัดเจน โดยแอปพลิเคชันจะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ ปรับระดับความสูง ความยาว อีกทั้งยังสามารถแสดงผลน้ำหนักของผู้ป่วยที่นั่งอยู่ได้แบบเรียลไทม์

การเริ่มต้นใช้งานแอปพลิเคชัน ผู้ใช้งาน ในที่นี้หมายถึง บุคลากรทางการแพทย์หรือผู้ที่เกี่ยวข้อง ต้องทำการล็อกอิน (Log In) เข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านที่ได้ลงทะเบียนไว้ หากเป็นการเข้าใช้งานครั้งแรก ผู้ใช้งานจำเป็นต้องทำการลงทะเบียน (Register) โดยกรอกข้อมูล Username , Password , Email เพื่อลงทะเบียน หลังเข้าสู่ระบบแล้วผู้ใช้งานจะต้องกรอกข้อมูลของผู้ป่วยที่ต้องการใช้งานเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย ดังรูปที่ 12 เมื่อเข้าสู่ระบบแล้วหน้าแรกของการใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถเลือกฟังก์ชันการใช้งานได้ 2 ฟังก์ชัน คือ 1.การชั่งน้ำหนัก 2.ควบคุมส่วนต่างๆของเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย จะแสดงดังรูปที่ 13



รูปที่ 12 แสดงหน้าเข้าสู่ระบบ และระบบลงทะเบียนสำหรับผู้ใช้งาน



รูปที่ 13 แสดงหน้าจอ log in สำหรับฟังก์ชันชั่งน้ำหนักและฟังก์ชันควบคุมการเคลื่อนที่

หากผู้ใช้งานเลือกฟังก์ชันชั่งน้ำหนัก ระบบจะทำการเปิดการทำงานของเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ (Load Cell) ที่ติดตั้งอยู่ เมื่อผู้ป่วยนั่งลงบนเก้าอี้ เซ็นเซอร์จะทำการวัดน้ำหนักของผู้ป่วยทันที โดยค่าน้ำหนักที่ได้จะถูกส่งไปยังแอปพลิเคชันผ่านการเชื่อมต่อแบบไร้สาย เพื่อแสดงค่าน้ำหนักของผู้ป่วยแบบเรียลไทม์บนหน้าจอ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบน้ำหนักได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

เมื่อผู้ใช้งานเลือกฟังก์ชันควบคุมการทำงานของเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย แอปพลิเคชันจะเปิดการควบคุมส่วนต่างๆ ของเก้าอี้ที่สามารถปรับได้ตามความต้องการ โดยผู้ใช้งานสามารถสั่งการผ่านแอปพลิเคชัน ดังรูปที่ 13 โดยฟังก์ชันนี้สามารถ

- ควบคุมการเคลื่อนที่: ผู้ใช้งานสามารถสั่งให้เก้าอี้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย หรือเลี้ยวขวา เพื่อปรับทิศทางของเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยได้
- ปรับความสูงของเก้าอี้: ผู้ใช้งานสามารถปรับระดับความสูงของเก้าอี้เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้ป่วย เช่น ปรับให้ตรงกับความสูงของเตียงผู้ป่วย

เมื่อนำผลจากการออกแบบเชิงแนวคิดรวมไปถึงการวิเคราะห์ในส่วนของรายละเอียดต่างๆ สำหรับใช้เป็นแนวทางในการกระบวนผลิตต้นแบบนวัตกรรม รวมไปถึงการทดสอบต้นแบบของนวัตกรรม สามารถสรุปแนวทางของการพัฒนาต่อยอดนวัตกรรมที่ได้ทำการออกแบบโดยรายละเอียดหัวข้อที่ได้รับการพัฒนาสรุปได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปแนวทางการพัฒนาต่อยอดผลงานนวัตกรรมที่ออกแบบ

ลำดับ	หัวข้อที่จะพัฒนา	รายละเอียดในการพัฒนา
1	การใช้งาน	พัฒนานวัตกรรมให้สามารถรองรับความยาวที่ มีขนาดแตกต่างกันของเตียงผู้ป่วยและเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์ฯ พัฒนาระบบควบคุมและการใช้งานอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย ภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสรรพสิ่ง แสดงน้ำหนักของผู้ใช้งานผ่านหน้าจอแสดงผลได้
2	โครงสร้างและรูปลักษณ์	ปรับปรุงขนาดของโครงสร้างและปรับลดน้ำหนักของอุปกรณ์ให้มีน้ำหนักเบาขึ้น เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานและเคลื่อนย้ายได้ง่าย ปรับปรุงรูปลักษณ์ของอุปกรณ์ให้สวยงามน่าใช้งาน
3	มาตรฐานและความปลอดภัย	พัฒนาระบบความปลอดภัย โดยมีสวิตช์หยุดการทำงานกรณีฉุกเฉิน เพื่อป้องกันกลไกขัดข้องขณะทำงาน ออกแบบนวัตกรรมให้เป็นไปตามมาตราฐานความปลอดภัยทางวิศวกรรม
4	การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการพัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์	– ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สร้างและถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่ออาจนำไปสู่การผลิตสู่เชิงพาณิชย์ได้ – การคำนวณต้นทุนการผลิตต่อชุดทางเศรษฐศาสตร์ที่เหมาะสม – วิเคราะห์ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์และแนวทางการปรับปรุง – จัดทำรูปแบบธุรกิจของนวัตกรรม

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของนวัตกรรม

การประเมินราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ค่าวัสดุ, ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ซึ่งทั้ง 3 ส่วนนี้จะไม่รวมค่าดำเนินการอื่นๆ เช่น เงินเดือน,ค่าการตลาด,ค่าเช่า,ค่าน้ำ,ค่าไฟ และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด เป็นต้น โดยราคาต้นทุนการผลิตจะมีงบประมาณในการดำเนินการเป็นดังตารางที่ 4

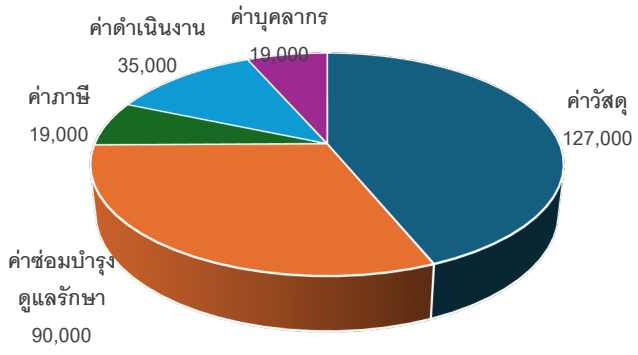
ตารางที่ 4 ราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์

ส่วนที่	รายการ	ราคา (บาท)
ค่าวัสดุ	1. ชุดโครงสร้างของอุปกรณ์	36,000
	2. ชุดควบคุมการทำงานของอุปกรณ์	24,000
	3. ระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์	13,000
ค่าแรงงาน	4. ค่าแรงงาน (คิดเป็น 25–30% ของรายการสร้าง)	19,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	5. เบ็ดเตล็ด (ค่าออกแบบโปรแกรม,ค่าเขียนแบบอุปกรณ์ เป็นต้น)	35,000
	รวม	127,000

การประเมินราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ค่าวัสดุ, ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ซึ่งทั้ง 3 ส่วนนี้จะไม่รวมค่าดำเนินการอื่นๆ เช่น เงินเดือน,ค่าการตลาด,ค่าเช่า,ค่าน้ำ,ค่าไฟ และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด เป็นต้น โดยราคาต้นทุนการผลิตจะมีงบประมาณในการดำเนินการเป็นดังตารางที่ 5 และรายละเอียดของราคาจำหน่ายอุปกรณ์ในส่วนต่างๆจะแสดงดังรูปที่ 14

ตารางที่ 5 สรุปราคาจำหน่ายอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์

ลำดับที่	รายการ	ราคา (บาท)
1	ราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์	127,000
2	ค่าซ่อมบำรุงดูแลรักษา 3ปี ปีละ30,000บาท	90,000
3	ค่าภาษี 7%	19,000
	รวม	236,000

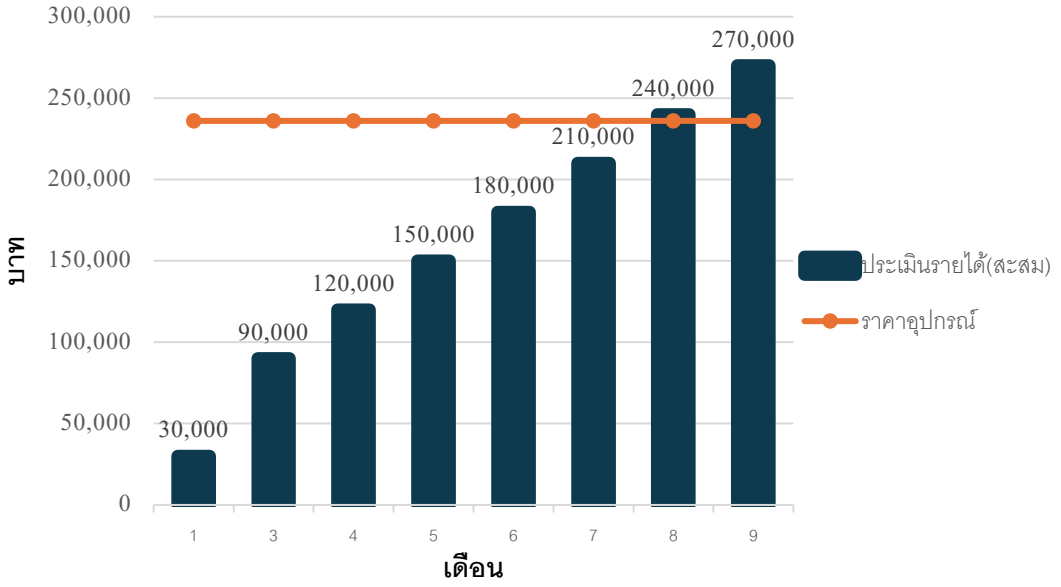


รูปที่ 14 รายละเอียดของราคาจำหน่ายอุปกรณ์ในส่วนต่างๆ

จากตารางที่ 5 จะได้ราคาจำหน่ายอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์มีราคาเท่ากับ 236,000 บาท ค่าบริการอุปกรณ์การแพทย์ 1 วัน เท่ากับ 1,000 บาท (ที่มา : ค่าบริการรถเข็นไฟฟ้า CRUISEMATE) กำหนดให้จำนวนวันที่มีการใช้อุปกรณ์เท่ากับ 30 วันต่อเดือน จะได้รายได้จากการใช้อุปกรณ์ใน 1 เดือนเป็นดังตารางที่ 6 และการประเมินระยะเวลาคืนทุนของอุปกรณ์จะแสดงดังรูปที่ 15

ตารางที่ 6 รายได้จากการใช้อุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์ใน 1 เดือน

รายการ	หน่วย	จำนวน
ค่าบริการอุปกรณ์การแพทย์	บาท/วัน	1,000 บาท
วันที่มีการใช้อุปกรณ์ใน 1 เดือน	วัน	30 วัน
รวมเป็นรายได้จากการใช้อุปกรณ์ใน 1 เดือน		30,000 บาท



รูปที่ 14 การประเมินระยะเวลาคืนทุนของอุปกรณ์

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของนวัตกรรมในหัวข้อต่างๆ สามารถสรุปผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สรุปผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของนวัตกรรม

ลำดับ	ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ผลการประเมิน
1	ราคาต้นทุนการผลิตอุปกรณ์ (Initial cost)	127,000 บาท
2	รายได้จากอุปกรณ์ (Income)	30,000 บาท /เดือน
3	ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)	8 เดือน

จากการสรุปผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์พร้อมระบบควบคุมแบบไร้สายจากตารางที่ 7 พบว่าราคาต้นทุนการผลิตอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์เท่ากับ 127,000 บาท โดยมีรายได้จากอุปกรณ์เป็น 30,000 บาท /เดือน และมีระยะเวลาคืนทุนได้ภายใน 8 เดือน

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาต่อยอดระบบควบคุมไร้สายสำหรับเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์สำหรับผู้ป่วยและผู้สูงอายุที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างปกติ ลดปัญหาอุปกรณ์และบุคลากรทางการแพทย์ไม่เพียงพอและอุปกรณ์มีราคาสูง จากผลการศึกษา สามารถสรุปได้ว่ามีการพัฒนาเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์ที่ควบคุมด้วยระบบไร้สาย ช่วยลดภาระงานของบุคลากรทางการแพทย์และอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วย โดยเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยนี้สามารถชั่งน้ำหนักผู้ป่วยได้ และมีระบบควบคุมการทำงานที่หลากหลาย เช่น การปรับระดับความสูง การเคลื่อนที่ และการปรับความยาว นอกจากนี้ ยังมีระบบหยุดฉุกเฉินเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน โดยใช้ Raspberry Pi เป็นตัวควบคุมหลักในการพัฒนาแอปพลิเคชัน เก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์ตัวนี้มีประโยชน์อย่างมากในการช่วยเหลือผู้ป่วยและผู้สูงอายุที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้เอง โดยช่วยให้การเคลื่อนย้ายเป็นไปอย่างปลอดภัยและสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยติดเตียงที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้รวมถึงไม่สามารถทรงตัวอยู่ได้ด้วยตนเองที่ยังไม่สามารถหาข้อสรุปได้ชัดเจน จึงควรมีการศึกษาต่อไปเพื่อหาคำตอบที่สมบูรณ์และเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2567

ทรัพย์สินทางปัญญา

นวัตกรรมนี้อยู่ระหว่างการยื่นขอจดสิทธิบัตร ประเภทสิทธิบัตรการประดิษฐ์ ในชื่อ “รถเคลื่อนย้ายผู้ป่วยอเนกประสงค์ควบคุมการทำงานผ่านเครือข่ายไร้สายแบบปรับเก้าอี้รองรับเป็นแบบนั่งและนอนได้”, เลขที่คำขอ Thailand Patent: No. – เมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2567

เอกสารอ้างอิง

1. นงลักษณ์ พะ ไก ยะ. การคาดการณ์ความต้องการกำลังคนด้านสุขภาพ: ฐานที่สำคัญในการวางแผนกำลังคน. 2561.
2. กระทรวงสาธารณสุข. แผนพัฒนาระบบบริการสุขภาพ (Service Plan) ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2566–2570). นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข. 2566.
3. สภาการพยาบาล. รายงานสถานการณ์กำลังคนด้านการพยาบาลและการผดุงครรภ์ของประเทศไทย ประจำปี 2567. กรุงเทพฯ: สภาการพยาบาล. 2567.
4. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. การสำรวจอนามัยและสวัสดิการ พ.ศ. 2567. กรุงเทพฯ: สำนักงานสถิติแห่งชาติ.2567.
5. พิษณุพร สายคำทอน, ดารินทร์ อารีย์โชคชัย และ สิริหญิง ทิพศรีราช. รายงานอัตราป่วยมาตรฐานโรคหลอดเลือดสมอง เขตสุขภาพที่ 1 พ.ศ. 2557, สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1, เชียงใหม่. 2557.

6. Institute for Population and Social Research. Thai people's health report 2023. Retrieved from https://www.thaihealthreport.com/th/index.php

7. Gunsjö, C. and Johansson, N.. Product design and development of a movable and removable Plate ใ 2014.

8. Purwar, A., Bhargava, K. and Behan, E., A multi-functional mobility assist device for sit to stand motion. International Journal of Industrial Ergonomics. 2023. 93, p.103396.

9. Abdul Ghani, N.M. and Tokhi, M.O.. Sit-to-stand and stand-to-sit control mechanisms of two-wheeled wheelchair. Journal of biomechanical engineering. 2016.138(4), p.041007.

10. Brown, A., Johnson, B., & Smith, C. Efficiency improvements in patient transfer using smart wheelchairs: A comparative study. Journal of Healthcare Engineering, 2021, 1234567. https://doi.org/10.1155/2021/1234567

11. Bagu, C., Mudin, H., & Nor, F. M. Design and Development an Ergonomic Transfer Lifter Assistor from Wheelchair to Bed Transfer for Patients Under 50kg. Malaysia: Mechanical Engineering. 2021.

12. Johnson, D., Williams, E., & Miller, F. User satisfaction with advanced patient transport devices: A multi-center study. International Journal of Nursing Studies, 2023. 120,104098 https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2023.104098

13. Dechaampai, P. Application of finite elements with SolidWorks Simulation. Bangkok: SE-ED Publisher. 2009.

เครื่องสแกนลายนิ้วมือบันทึกเวลาออนไลน์แบบพกพาโดยใช้เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง

The portable fingerprint time attendance using internet of things technology

ธนกฤต ธวัฒน์ธนเดช[1*], สุทธิสาร ไชยลังกา[1] และธนา อุดมศรีไพบูลย์[1]

Thanakrit Tawatthanadech[1*], Sutthisan chailungka[1] and Thana Udomsripaiboon[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเครื่องสแกนลายนิ้วมือแบบพกพาสำหรับบันทึกเวลาเข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียนหรือนักศึกษาโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ทในทุกสรรพสิ่งผ่านระบบการสื่อสาร Narrowband Internet of Things (NB-IoT) ซึ่งเป็นการสื่อสารระยะไกลแบบใช้พลังงานต่ำ โดยตัวเครื่องมีขนาดเล็กกระทัดรัดและประหยัดพลังงาน สามารถพกพาไปยังจุดต่าง ๆ ได้ ผ่านระบบการสื่อสาร NB-IoT เพื่อใช้เชื่อมต่อโครงข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งตัวเครื่องสแกนลายนิ้วมือจะสามารถบันทึกข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียนและนักศึกษาในแต่ละครั้งด้วยการใช้เซ็นเซอร์สแกนลายนิ้วมือเบอร์ R307 ในการรับค่าจากลายนิ้วมือในแต่ละผู้ใช้งานเพื่อนำส่งข้อมูลในแต่ละผู้ใช้งานไปเก็บและประมวลผลบนแพล็ตฟอร์มการบริการของกูเกิล ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตบนพื้นฐานของคลาวด์เทคโนโลยี ซึ่งข้อมูลที่อยู่บนคลาวด์เทคโนโลยีนั้นสามารถนำมาประมวลผล สร้างรายงานและสรุปผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียนและนักศึกษา อีกทั้งยังสามารถเก็บและส่งต่อข้อมูลเหล่านี้ให้กับผู้มีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพของนักเรียนและนักศึกษาในลำดับถัดไป

คำสำคัญ: ลายนิ้วมือ, อินเทอร์เน็ต, NB-IoT} คลาวด์, กูเกิล

Abstract

This paper presents a portable fingerprint scanner for recording the attendance of students using Internet of Things (IoT) technology through the Narrowband Internet of Things (NB-IoT) communication system, which is a low-power long-distance communication. This device is compact and energy-saving. It can be carried to various locations through the NB-IoT communication system to connect to the Internet. Moreover, the proposed fingerprint scanner system is able to monitor the attendance data of students by using the R307 fingerprint sensor module to receive information from each user's fingerprints and then send it to store and process on the Google service platform, which is the Google Sheet, via the Internet system based on cloud technology. The data on the cloud technology can be processed, report and summarize the attendance results. It also has the ability to store and forward all information to those involved in developing the quality of students for further proceedings.

Keywords: fingerprint, internet, NB-IoT, cloud, google

[1] วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Computer Engineering, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao 56000

*Corresponding author : 66025144@up.ac.th, 67025246@up.ac.th, thana.ud@up.ac.th

บทนำ

วิทยาลัยเทคโนโลยีไชยพันธ์พงษ์ เป็นวิทยาลัยที่มีนักศึกษาในระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) และประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ตั้งอยู่ที่ ต.บ้านต๋อม อ.เมือง จ.พะเยา. (วิทยาลัยเทคโนโลยีไชยพันธ์พงษ์, 2023) โดยส่วนใหญ่ในรายวิชาที่สอนในสถาบันแห่งนี้ยังเน้นในเรื่องของการทำกิจกรรมภาคสนามนอกห้องเรียน เพื่อพัฒนาเยาวชนในเรื่องการทำงานจริงในภาคปฏิบัติ ทางสถาบันการศึกษาจึงให้ความสำคัญในการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาเป็นอย่างมาก จึงได้มีการลงทะเบียนและเก็บบันทึกข้อมูลการเข้าร่วมทุกครั้ง โดยวิธีการบันทึกยังอยู่ในรูปแบบของฟอร์มบันทึกในกระดาษและนำมาป้อนบันทึกจัดเก็บในโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กซ์เซล (Microsoft Excel) ซึ่งปัญหาที่พบคือการบันทึกและสรุปข้อมูลมีความล่าช้า และยังสิ้นเปลืองทรัพยากร คน เวลา และงบประมาณที่ใช้สำหรับการกรอกรายละเอียดต่าง ๆ ลงบนกระดาษซึ่งเป็นระบบเดิมที่มีการใช้งานกันอยู่ ณ ปัจจุบัน งานวิจัยฉบับนี้จะนำเสนอเครื่องสแกนลายนิ้วมือบันทึกเวลาออนไลน์แบบพกพา (The Portable Fingerprint Time Attendance: PoFTA) มาใช้ในการบันเวลาเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาภายในวิทยาลัยเทคโนโลยีไชยพันธ์พงษ์ ซึ่งระบบการบันทึกเวลานั้นมีการนำเซ็นเซอร์สแกนลายนิ้วมือซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ไบโอเมตริกซ์ราคาประหยัดเข้ามาบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรมและมีการนำผลการบันทึกนี้เข้าสู่การบริการออนไลน์สเปรดชีตของกูเกิลนั่นก็คือ Google Sheet ซึ่งเป็นระบบบริการที่ให้บริการแบบไม่คิดค่าใช้จ่าย (อรอนงค์ อิสระนรากุล et al., 2557; บริษัท นายน์เอ็กซ์เพิร์ท จำกัด, 2567; Kanageswari Alagasan et al., 2021; Mallela David Vinay et al., 2023) เพื่อทำการบันทึกผลแบบออนไลน์ ซึ่งสามารถเรียกดูข้อมูลได้ทุกที่และทุกเวลา อีกทั้งยังสามารถสร้างรายงานการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาแก่ผู้บริหารได้ตลอดเวลา (วนิดา สิงห์น้อย, 2564; Mohd Saiful Najib bin Ismail Marzuki et al., 2024; Rahul Chauhan et al., 2024) ซึ่งถือว่าเป็นข้อดีกว่าระบบเดิมที่เป็นกระดาษที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันสำหรับการสรุปผลข้อมูลส่งผู้บริหารของวิทยาลัยฯ



รูปที่ 1 วิทยาลัยเทคโนโลยีไชยพันธ์พงษ์

การใช้วิธีการบันทึกแบบดั้งเดิมนั้นพบปัญหามากมาย ซึ่งส่งผลต่อการทำงานในระบบการศึกษา และยังมีผลต่อการพัฒนาคุณภาพของนักศึกษา และปัญหาที่พบมีดังต่อไปนี้

ความล่าช้าในการบันทึก หนึ่งในปัญหาที่พบในระบบการบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียนหรือนักศึกษาในสถานศึกษา คือความล่าช้าในการบันทึกข้อมูล ซึ่งเป็นผลมาจากขั้นตอนและวิธีการที่ยังคงเป็นรูปแบบดั้งเดิม กล่าวคือ ปัจจุบันอาจารย์ผู้ดูแลกิจกรรมหรือผู้รับผิดชอบจะต้องเป็นผู้เช็คชื่อการเข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคนแบบรายบุคคล โดยการเช็คชื่อแต่ละครั้งมักทำด้วยมือหรือผ่านวิธีการที่ไม่เป็นระบบอัตโนมัติ เช่น การจดบันทึกหรือการกรอกข้อมูลในเอกสารต่าง ๆ วิธีการดังกล่าวส่งผลให้เกิดความล่าช้า เนื่องจากการเช็คชื่อในแต่ละกิจกรรมมักจะต้องใช้เวลามาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีนักเรียนจำนวนมากในแต่ละกิจกรรม นอกจากนี้ ความยุ่งยากจะยิ่งทวีคูณขึ้นเมื่อมีการจัดกิจกรรมหลายกิจกรรมในหนึ่งภาคการศึกษา ทำให้การรวบรวมข้อมูลทั้งหมดเพื่อนำมาสรุปผลการเข้าร่วมกิจกรรมกลายเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและใช้เวลานานมากขึ้น ผลกระทบของความล่าช้าในกระบวนการนี้ยังสะท้อนไปถึงการจัดการข้อมูลในภาพรวม ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการวางแผนและการประเมินผลการเรียนการสอนหรือกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน เนื่องจากไม่สามารถทราบข้อมูลได้อย่างแม่นยำและทันเวลา ความล่าช้านี้จึงถือเป็นอุปสรรคในการพัฒนาระบบการจัดการกิจกรรมของสถานศึกษาในยุคที่เทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในทุกด้าน (ธีรศักดิ์ อุ่นอารมย์เลิศ et al., 2556)

ข้อมูลที่อาจผิดพลาด หนึ่งในปัญหาสำคัญของการบันทึกข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียนนักศึกษาคือโอกาสในการเกิดข้อผิดพลาดเนื่องจากการนับจำนวนครั้งการเข้าร่วมของแต่ละคน โดยเฉพาะในสถานศึกษาที่มีกิจกรรมจำนวนมาก และนักเรียนหลายคนเข้าร่วมกิจกรรมที่แตกต่างกันตลอดหนึ่งภาคการศึกษา การบันทึกข้อมูลแบบดั้งเดิมที่ต้องใช้การกรอกข้อมูลด้วยมือ เช่น การจดบันทึกในเอกสารหรือกรอกข้อมูลในระบบที่ไม่ได้อัตโนมัติ มักเกิดปัญหาขึ้นเมื่อมีข้อมูลจำนวนมากที่ต้องจัดการ การเช็คชื่อในแต่ละกิจกรรมก็เพิ่มความซับซ้อนให้กระบวนการเนื่องจากต้องมีการบันทึกข้อมูลการเข้าร่วมในหลายกิจกรรมที่จัดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกันหรือในช่วงเวลาต่าง ๆ ทำให้ข้อมูลเหล่านั้นยิ่งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในระหว่างภาคการศึกษา ความซับซ้อนนี้มักส่งผลให้เกิดข้อผิดพลาดในกระบวนการบันทึก เช่น การนับจำนวนครั้งการเข้าร่วมของนักเรียนแต่ละคนผิดพลาด การกรอกข้อมูลซ้ำซ้อน ข้อมูลขาดหาย หรืออาจเกิดการสับสนระหว่างการนับจำนวนนักเรียนในแต่ละกิจกรรม เมื่อมีการจัดการข้อมูลเหล่านี้แบบดั้งเดิม ข้อผิดพลาดเหล่านี้สามารถสะสมและส่งผลต่อประสิทธิภาพของความแม่นยำโดยรวมของข้อมูลทั้งหมด (บริษัท ดิทโต้ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน), 2564)

สิ้นเปลืองงบประมาณ การใช้งานอุปกรณ์สำนักงานโดยเฉพาะกระดาษในปริมาณมากไม่เพียงแต่จะก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองทรัพยากรธรรมชาติ แต่ยังเป็นการเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อกระดาษให้แก่สถานศึกษา ซึ่งจะต้องใช้งบประมาณส่วนนี้ไปกับการจัดซื้ออุปกรณ์สำนักงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น หมึกพิมพ์ แฟ้มเอกสาร และอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล โดยเฉพาะการใช้งบประมาณในการจัดซื้อกระดาษเหล่านี้อาจเป็นจำนวนเงินที่สูงในแต่ละปี เมื่อพิจารณาถึงความถี่ในการใช้งานและจำนวนเอกสารที่ต้องผลิตและจัดเก็บ นอกจากนี้ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการใช้กระดาษยังทำให้เกิดค่าใช้จ่ายแฝงอื่น ๆ เช่น ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บเอกสาร ค่าใช้จ่ายในการขนส่งเอกสารระหว่างหน่วยงาน ค่าใช้จ่ายในการทำลายเอกสารสำคัญ และการใช้เวลาของบุคลากรในการจัดการเอกสารต่าง ๆ ทั้งหมดนี้ทำให้การใช้งบประมาณในการจัดซื้อกระดาษกลายเป็นปัญหาที่มีผลกระทบในระยะยาวต่อการบริหารจัดการทรัพยากรในองค์กร (สุปรีดี ประวิตร, 2561)

เวลาที่ใช้สำหรับการร้องขอข้อมูลการดำเนินงานจากบุคคลที่เกี่ยวข้อง หนึ่งในสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความล่าช้านี้คือการมอบหมายให้บุคคลใดบุคคลหนึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบในการจัดทำหรือรวบรวมข้อมูลเพียงลำพัง เช่น การสรุปผลการเข้าร่วมกิจกรรม การรายงานผลการดำเนินงาน หรือการตรวจสอบข้อมูลก่อนส่งต่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เมื่อบุคคลดังกล่าวไม่สามารถส่งข้อมูลได้ตามกำหนด ไม่ว่าจะเป็นเพราะภาระงานที่มากเกินไป หรือปัญหาส่วนตัว ข้อมูลที่ต้องใช้ในกระบวนการต่อไปก็จะถูกเลื่อนออกไป ทำให้การดำเนินงานในส่วนอื่น ๆ ต้องหยุดชะงัก ผลกระทบจากการรอคอยข้อมูลเช่นนี้ไม่เพียงแต่ทำให้เกิดความล่าช้าในการประเมินผลหรือสรุปข้อมูล แต่ยังอาจส่งผลต่อการตัดสินใจในเรื่องสำคัญ เช่น การวางแผนกิจกรรมในอนาคต การจัดสรรทรัพยากร หรือการประเมินผลการปฏิบัติงานของนักเรียนหรือนักศึกษาได้อย่างไม่ทันท่วงที นอกจากนี้ เมื่อข้อมูลที่ได้รับมาล่าช้า ความแม่นยำของข้อมูลก็อาจลดลง เพราะข้อมูลบางอย่างอาจสูญหายหรือคลาดเคลื่อนได้ (บริษัท ดิทโต้ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน), 2564)

ในปัจจุบัน องค์กรต่าง ๆ รวมถึงสถานศึกษา ต้องเผชิญกับความท้าทายในการจัดการข้อมูลและการบันทึกผลการดำเนินงานที่ซับซ้อนมากขึ้น ปัญหาที่พบมักเกี่ยวข้องกับกระบวนการดั้งเดิมที่ยังไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการในยุคที่ข้อมูลและความรวดเร็วมีความสำคัญ เช่น การบันทึกข้อมูลล่าช้า ข้อผิดพลาดในการนับจำนวนครั้งการเข้าร่วมกิจกรรม การสิ้นเปลืองงบประมาณ รวมไปถึงการรอข้อมูลจากบุคคลใดบุคคลหนึ่งที่ทำให้กระบวนการทำงานที่ล้าช้า แนวคิดในการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) มาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้จึงเป็นทางออกที่ดีสำหรับสถานะการณ์ปัญหาที่วิทยาลัยฯ กำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งนั้น สามารถช่วยให้กระบวนการทำงานเป็นไปอย่างอัตโนมัติ มีประสิทธิภาพ และลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการทำงานแบบเดิม (Roshani Memane et al.,2022; M. Ramalingam et al., 2021, Prajwal Gujarkar et al., 2023; Yi Yi, 2023; K Sangeetha et al., 2023)

งานวิจัยฉบับนี้มีเป้าหมายที่จะนำเสนอเครื่องสแกนลายนิ้วมือบันทึกเวลาออนไลน์แบบพกพา โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นที่ได้กล่าวมาในข้างต้น โดยเครื่องสแกนลายนิ้วมือแบบพกพาที่นำเสนอนี้ไม่เพียงช่วยให้ผู้สอนสามารถติดตามและตรวจสอบการเข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียนหรือนักศึกษาได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว แต่ยังช่วยลดขั้นตอนการทำงานที่ยุ่งยากที่เกิดขึ้นได้อย่างมาก

เครื่องสแกนลายนิ้วมือแบบพกพาที่นำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้จะทำการบันทึกข้อมูลผ่านระบบการสื่อสาร NB-IoT ไปยังระบบคลาวด์ โดยจะทำให้การบันทึกเวลาการเข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียนและนักศึกษาเป็นไปอย่างอัตโนมัติลงในแพล็ตฟอร์มของกูเกิล โดยจะเพิ่มความสะดวกในการจัดการข้อมูลของอาจารย์ผู้สอน อีกทั้งยังสามารถที่จะพกพาตัวเครื่องไปยังนอกสถานที่ซึ่งเหมาะสำหรับงานกิจกรรมภาคสนามของนักศึกษาในระดับชั้น ปวช. และ ปวส. ในปัจจุบัน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

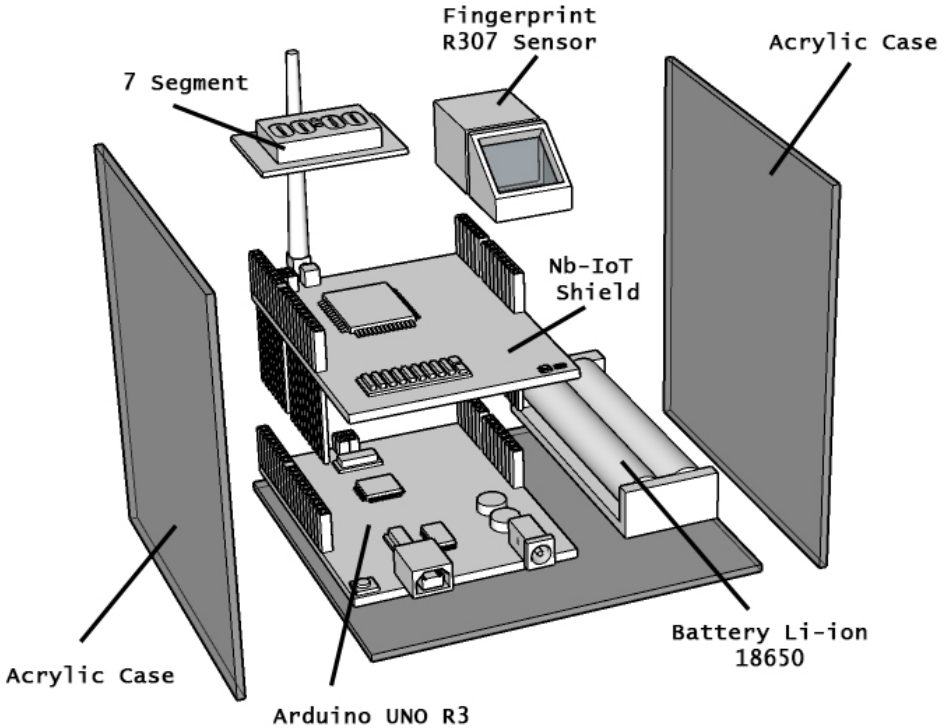
งานวิจัยฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะนำเสนอเครื่องสแกนลายนิ้วมือแบบพกพาโดยอาศัยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งด้วยอุปกรณ์เซ็นเซอร์อย่างง่ายและมีราคาถูกเพื่อที่จะใช้บันทึกข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของการเรียนการสอนในวิทยาลัยเทคโนโลยีไชยพันธ์พงษ์ ซึ่งทำการเปิดหลักสูตรในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง เป็นหลัก โดยกิจกรรมการเรียนการสอนส่วนมากแล้วจะเป็นการลงพื้นที่สนามนอกห้องเรียน ซึ่งยากต่อการบันทึกของผู้เข้าร่วมกิจกรรมในแต่ละวิชาที่จัดทำการเรียนการสอน โดยความคาดหวังของงานวิจัยฉบับนี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนในวิทยาลัยฯ ดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วิธีการและอุปกรณ์ที่ใช้

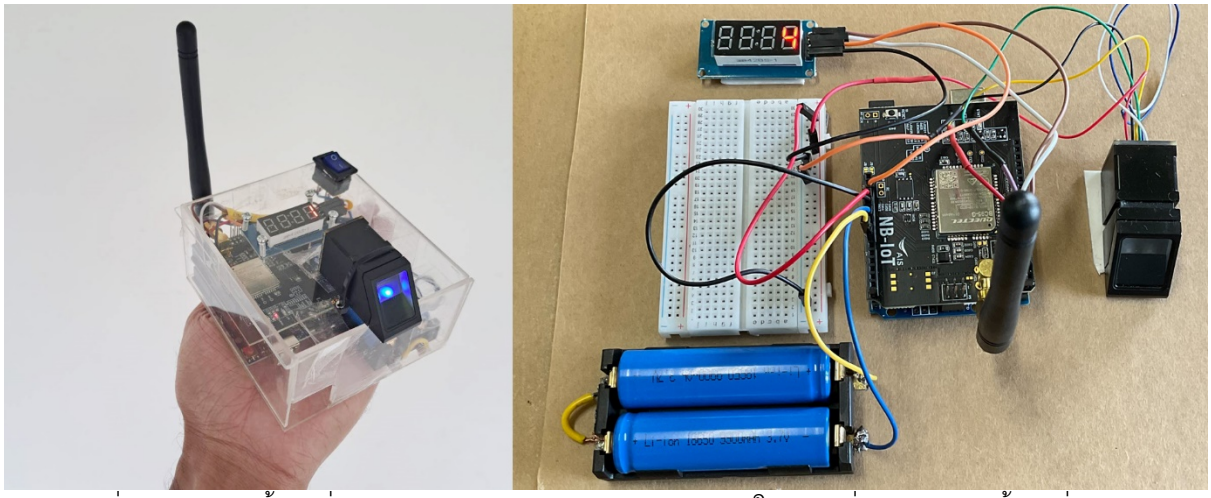
หลักการทำงานโดยรวมของระบบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3 ตามลำดับ โดยภายในตัวเครื่องสแกนลายนิ้วมือที่ถูกนำเสนอจะถูกฝังด้วยเซ็นเซอร์สแกนลายนิ้วมือเบอร์ R307 บนบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino UNO Rev3 ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลหลักในการควบคุมการทำงานโดยรวมของระบบ โดยส่งผ่านข้อมูลของผู้ใช้งานดังกล่าวเข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ตผ่านบอร์ด NB-IoT Davio Shield เป็นบอร์ดการสื่อสารแบบ NB-IoT ซึ่งให้บริการโดยบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส (Advanced Info Service Public Company Limited: AIS)

สำหรับการแสดงผล เครื่องสแกนลายนิ้วมือจะใช้โมดูลแสดงผล 7-Segment ใช้เพื่อแสดงผลข้อมูลสำหรับรหัสสำหรับผู้ใช้งานสแกนรายนิ้วมือได้สูงสุดจำนวน 9,999 คน พร้อมทั้งแบตเตอรี่ลิเธียม 18650 ความจุ 9,900 มิลลิแอมป์ ขนาด 3.7 โวลต์จำนวน 2 ก้อน เพื่อเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 7.4 โวลต์ให้กับวงจรโดยรวมทั้งหมด

ในส่วนของระบบการส่งข้อมูล กระบวนการเริ่มต้นจากการใช้เซ็นเซอร์สแกนลายนิ้วมือที่เชื่อมต่อกับ Arduino UNO R3 ผ่านการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication) เมื่อผู้ใช้งานสแกนลายนิ้วมือ เซ็นเซอร์และไมโครคอนโทรเลอร์จะทำการประมวลผลในเบื้องต้นในส่วนของโหนดเซ็นเซอร์ด้วยวิธีการการประมวลผลชายขอบ (Edge Computing) เพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลลายนิ้วมือที่จัดเก็บไว้ภายในตัวไมโครคอนโทรเลอร์ในเบื้องต้น หากพบลายนิ้วมือที่ตรงกับฐานข้อมูลที่จัดเก็บไว้ ไมโครคอนโทรเลอร์จะทำการจัดส่งรหัสลายนิ้วมือ (Fingerprint ID) ไปยัง Google Sheet เพื่อทำการบันทึกข้อมูลของผู้ใช้งานต่อไป



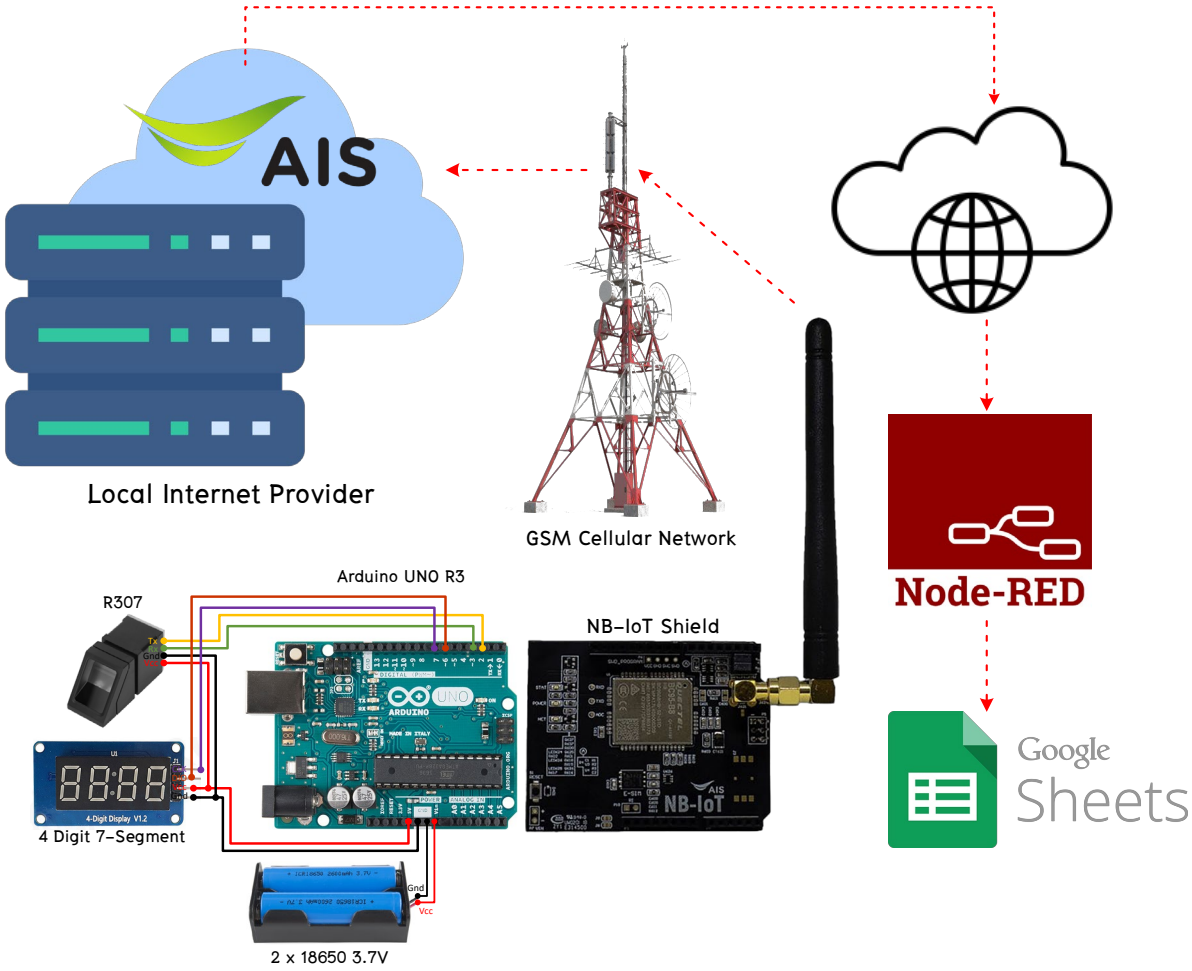
รูปที่ 2 องค์ประกอบของเครื่องสแกนลายนิ้วมือที่นำเสนอ



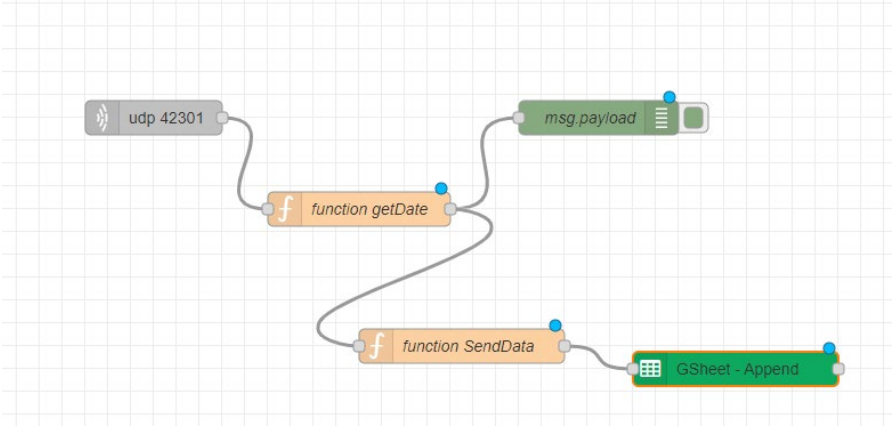
(ก) เครื่องสแกนลายนิ้วมือที่นำเสนอ (ข) วงจรภายในของเครื่องสแกนลายนิ้วมือที่นำเสนอ

รูปที่ 3 โครงสร้างทางกายภาพเครื่องสแกนนิ้วมือที่นำเสนอ

สำหรับในส่วนของการส่งข้อมูลจากโหนดเซ็นเซอร์ผ่านอินเทอร์เน็ตไปยัง Google Sheet สามารถแสดงได้โดยรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลนั้นจะอาศัยเทคโนโลยี NB-IoT ผ่านคลื่นความถี่ 900 เม็กกะเฮิร์ตซ์ ด้วยอัตราการส่งข้อมูลขาขึ้น (Uplink) 24 กิโลบิตต่อวินาที (24 kbps) และการรับข้อมูลขาลง (Downlink) 15.625 กิโลบิตต่อวินาที (15.625 kbps) โดยข้อมูลจะถูกส่งไปยังศูนย์ข้อมูลออนไลน์ของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตท้องถิ่น (Local Data Center) เพื่อส่งข้อมูลเหล่านี้ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งข้อมูลนี้จะถูกส่งไปยัง Node-RED ผ่านโปรโตคอล User Datagram Protocol (UDP) ซึ่งติดตั้งอยู่บนเซิร์ฟเวอร์เสมือน (Virtual Private Server: VPS) เพื่อทำการจัดเตรียมข้อมูลให้เหมาะสมดังแสดงได้ดังรูปที่ 5 เพื่อส่งไปเก็บในโปรแกรมสเปร็ดชีตออนไลน์ของกูเกิล (Google Sheets) สำหรับเป็นฐานข้อมูลบนคลาวด์ต่อไป



รูปที่ 4 ระบบการส่งข้อมูลโดยรวมของเครื่องสแกนลายนิ้วมือที่นำเสนอผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง



รูปที่ 5 การจัดวาง Node และ Function บน Node-Red สำหรับเครื่องสแกนลายนิ้วมือที่นำเสนอ

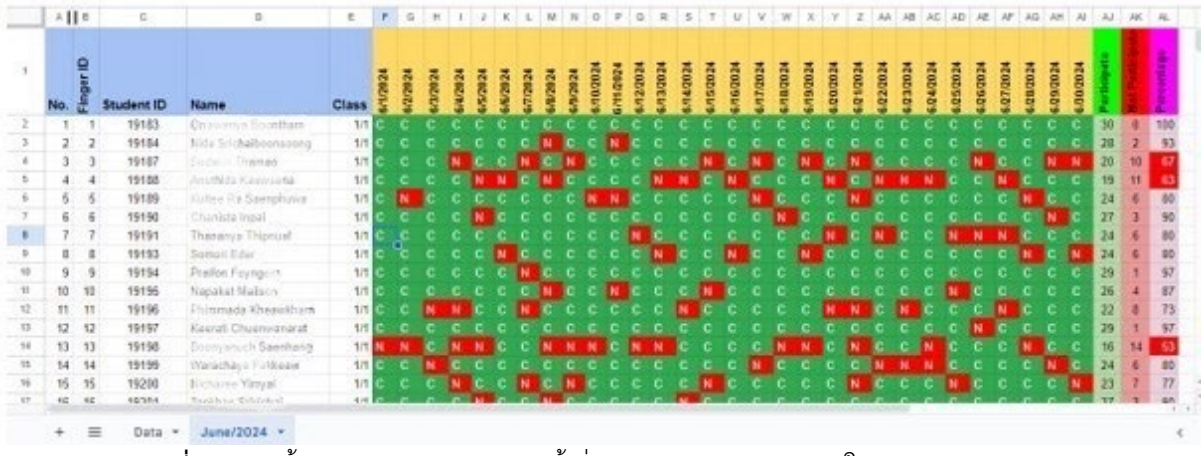
ข้อมูลที่จัดเก็บบน Google Sheets จะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนหลักเพื่อให้สามารถตรวจสอบและวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย ส่วนแรก เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกเวลา ซึ่งประกอบไปด้วยรายละเอียดของ วันที่ เข้าร่วมกิจกรรม และ รหัสลายนิ้วมือ ที่ได้จากการสแกน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6 ข้อมูลนี้ถูกส่งโดยตรงจาก Node-RED หลังจากที่ผู้ใช้งานได้สแกนลายนิ้วมือผ่านโมดูลเซ็นเซอร์ R307 ที่ต่อร่วมกับไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino UNO R3 สำหรับข้อมูลในส่วนที่สองนั้น เป็นข้อมูลที่ได้จากการดึงข้อมูลจากส่วนแรกมาเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลนักศึกษา

ข้อมูลนี้จะถูกนำมาเปรียบเทียบ (Match) กับข้อมูลนักศึกษาแต่ละคนเพื่อแสดงผลการเข้าร่วมกิจกรรม หากในวันนั้นมีการสแกนลายนิ้วมือเข้ามา รหัสนักศึกษาที่ตรงกับข้อมูลในฐานข้อมูลจะปรากฏสถานะการเข้าร่วมเป็นตัวอักษร "C" ซึ่งหมายถึงนักศึกษาเข้าร่วมกิจกรรมสำเร็จ หากไม่มีการสแกนลายนิ้วมือในวันที่กำหนด ระบบจะแสดงผลในช่องตารางเป็น "N" ซึ่งหมายถึงการไม่เข้าร่วมกิจกรรม โดยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7

เมื่อครบระยะเวลาประเมินผลในแต่ละเดือน ระบบจะทำการคำนวณจำนวนครั้งของการเข้าร่วมและไม่เข้าร่วมกิจกรรม โดยข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณ เปอร์เซ็นต์การเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาแต่ละคน ผลลัพธ์เหล่านี้จะถูกใช้ในการสรุปเป็นรายงานสถิติการเข้าร่วมกิจกรรมในแต่ละเดือน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการประเมินพฤติกรรมการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา รวมถึงเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการจัดทำรายงานต่อฝ่ายบริหารของวิทยาลัยเทคโนโลยีไชยพันธ์พงษ์ต่อไป

	A	B
1	**date**	**sid**
2	6/1/2024	2
3	6/1/2024	4
4	6/1/2024	1
5	6/1/2024	3
6	6/1/2024	2
7	6/1/2024	6

รูปที่ 6 แสดงข้อมูลการบันทึกเวลาซึ่งประกอบไปด้วยวันที่เข้าร่วมกิจกรรมและรหัสลายนิ้วมือ



รูปที่ 7 แสดงข้อมูลการบันทึกเวลาการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาในระยะเวลา 1 เดือน

หนึ่งในปัจจัยหลักที่ต้องคำนึงถึงจากการนำเครื่องสแกนลายนิ้วมือที่ถูกนำเสนอไปใช้งาน คือ อัตราการกินกระแสไฟฟ้าโดยรวม ซึ่งจะสามารถหาอัตราการกินกระแสไฟฟ้าโดยรวมได้จากสมการที่ 1 ดังนี้

$$I_{total} = I_{Arduino} + I_{R307} + I_{7-segment} + I_{NB-IoT} \quad (1)$$

โดย I_{total} คือ อัตราการกินกระแสไฟฟ้าโดยรวมของระบบ

$I_{Arduino}$ คือ อัตราการกินกระแสไฟฟ้าของไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino UNO R3

I_{R307} คือ อัตราการกินกระแสไฟฟ้าของเซ็นเซอร์สแกนลายนิ้วมือ R307

$I_{7-segment}$ คือ อัตราการกินกระแสไฟฟ้าของโมดูลแสดงผล 4 Digit 7-Segment Module

I_{NB-IoT} คือ อัตราการกินกระแสไฟฟ้าของ DEVIO NB-Shield

จากสมการที่ 1 จะสามารถคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองของการใช้พลังงานโดยรวมทั้งหมดได้จาก

$$I_{total} = 100mA + 120mA + 40mA + 150mA = 410mA \quad (2)$$

จากสมการที่ 2 จะเห็นได้ว่าแบตเตอรี่ลิเธียม 18650 ความจุ 9,900 มิลลิแอมป์ ขนาด 3.7 โวลต์ จำนวน 2 ก้อนนั้นสามารถหาค่าความจุของแบตเตอรี่รวมทั้งสองก้อนจะมีค่าเท่ากับ 9,900 x 2 = 19,800 มิลลิแอมป์ และอัตราการกินกระแสไฟฟ้ารวมของอุปกรณ์ในระบบที่คำนวณได้จากสมการที่ 2 คือ 410 มิลลิแอมป์ ดังนั้นสามารถคำนวณระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ได้จาก

$$T = \frac{Capacity}{I_{total}} = \frac{19{,}800 \times 10^{-3}}{410 \times 10^{-3}} = 48.29\ hours \quad (3)$$

ดังนั้นแบตเตอรี่ขนาด 19,800 มิลลิแอมป์จะสามารถจ่ายไฟให้อุปกรณ์ทั้งหมดได้ประมาณ 48.29 ชั่วโมงต่อการชาร์จทั้งหมด 1 ครั้ง

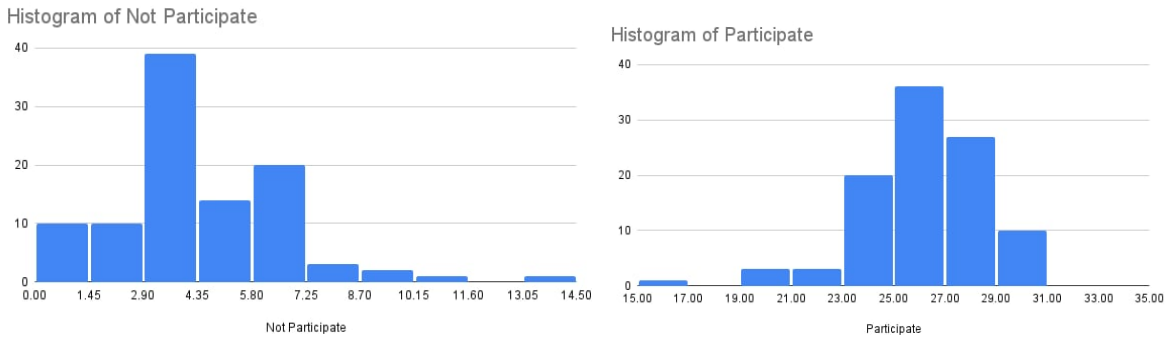
ผลการทดลอง

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการจัดสร้างเครื่องสแกนลายนิ้วมือแบบพกพาสำหรับตรวจสอบการเข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียนหรือนักศึกษาในกรณีออกภาคสนามผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง ซึ่งมีรายการอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้สามารถระบุได้ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

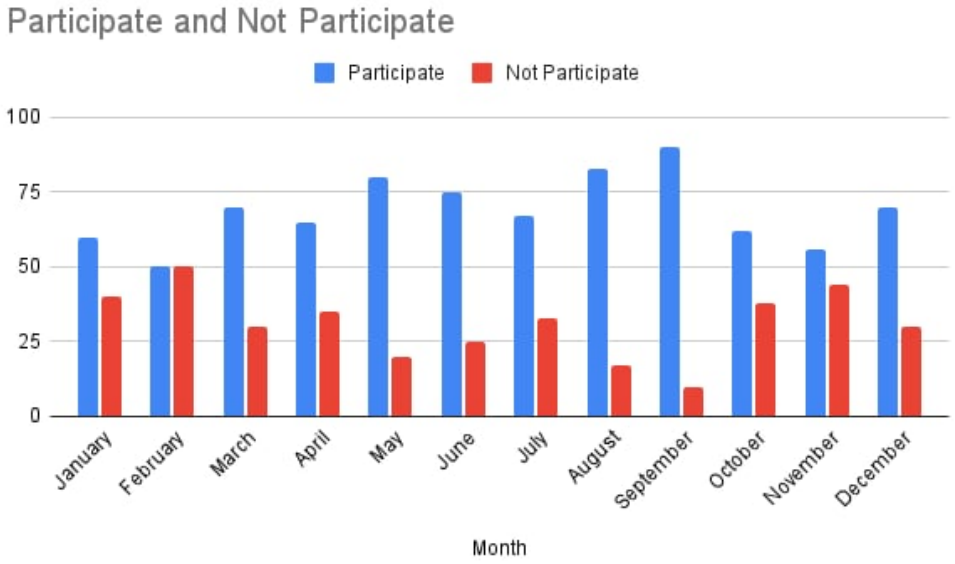
รายการ	จำนวน
1. R307 Optical Fingerprint Reader Sensor	1
2. Arduino UNO Rev 3	1
3. 4 Digit 7-Segment Module	1
4. DEVIO NB-Shield by AIS NB-IoT	1
5. แบตเตอรี่ลิเธียม 18650 ความจุ 9900 มิลลิแอมป์ ขนาด 3.7 โวลต์	2

ในส่วนนี้จะอธิบายถึงผลการทดลองและการแสดงข้อมูลต่าง ๆ ผ่าน Google Sheet โดยมีนักศึกษาของวิทยาลัยเทคโนโลยีไชยพันธ์พงษ์ ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพทุกสาขาจำนวน 100 คน โดยมีรายละเอียดดังนี้ สาขาการบัญชีจำนวน 19 คน สาขาคอมพิวเตอร์จำนวน 16 คน สาขาการตลาด จำนวน 16 คน สาขาภาษาต่างประเทศ จำนวน 21 คน และสาขาช่างไฟฟ้า จำนวน 28 คน โดยข้อมูลดังกล่าวนี้สามารถถูกนำมาแสดงผลให้อยู่ได้ในหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็น เปอร์เซ็นต์การเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาแต่ละคน รายงานสถิติการเข้าร่วมกิจกรรมในแต่ละเดือน และพฤติกรรมการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาในวิทยาลัยฯ เป็นต้น

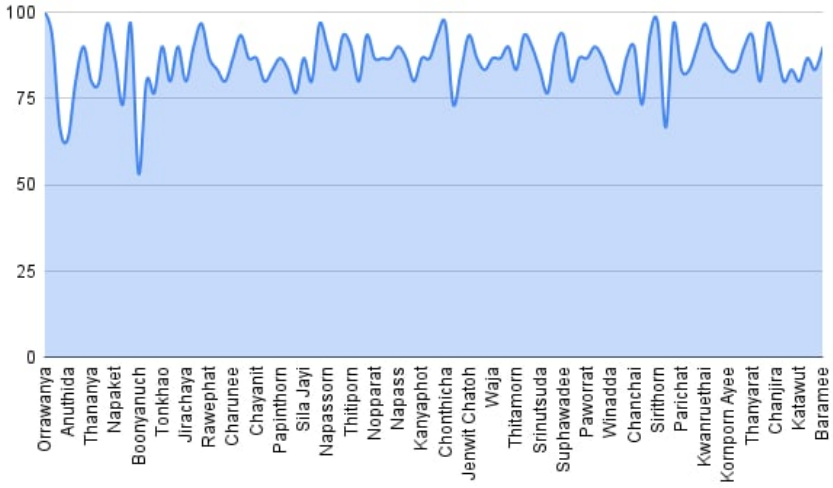


รูปที่ 8 กราฟแสดงการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาโดยรวม

จากรูปที่ 8 เป็นการแสดงผลข้อมูลในลักษณะกราฟแท่งที่ถูกสร้างโดย Google Sheet โดยแกนแนวตั้ง (Y) จะแสดงถึงจำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียนหรือนักศึกษา ส่วนแกนแนวนอน (X) คือแกนที่แสดงถึงจำนวนครั้งของนักเรียนหรือนักศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรม สำหรับรูปที่ 9 จะแสดงให้เห็นถึงเปอร์เซนต์ของการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาโดยเฉลี่ยในแต่ละเดือน และระบบยังสามารถที่จะแสดงค่าพฤติกรรมการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาแยกตามรายบุคคลดังรูปที่ 10

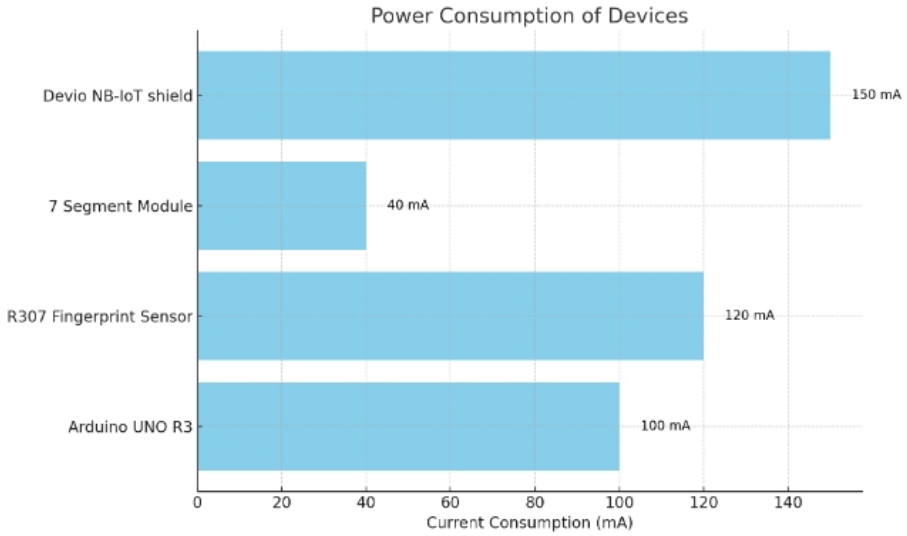


รูปที่ 9 สถิติการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาโดยเฉลี่ยในแต่ละเดือน



รูปที่ 10 พฤติกรรมการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาแยกตามรายบุคคล

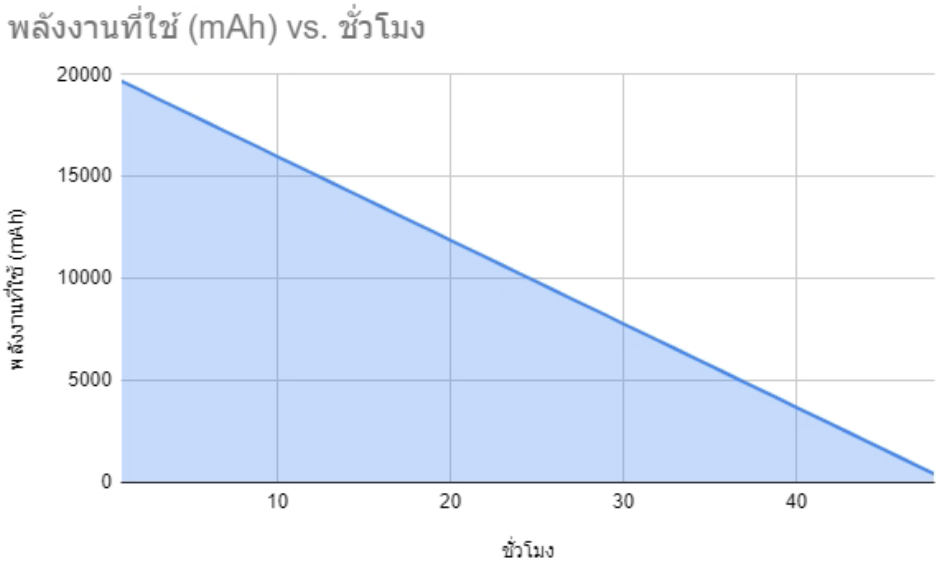
จากสมการที่ 3 แสดงให้เห็นถึงวิธีการคำนวณค่าอัตราการกินกระแสไฟฟ้าโดยรวมของเครื่องสแกนลายนิ้วมือที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้ ในส่วนนี้จะนำเสนอการวัดค่าคงเหลือของกระแสไฟในแบตเตอรี่จากการใช้งานทุก ๆ 1 ชั่วโมงโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่าแอมป์มิเตอร์เป็นตัววัดอัตรากระแสไฟฟ้าที่ถูกใช้ภายในตัวเครื่องสแกนลายนิ้วมือที่ถูกนำเสนอ โดยสามารถแยกรายละเอียดต่าง ๆ ดังรูปที่ 11 ตามรายการอุปกรณ์ที่แสดงในตารางที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 11 อัตราการกินกระแสไฟฟ้าของเครื่องสแกนลายนิ้วมือที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยโดยแยกตามรายการอุปกรณ์

กระบวนการวัดค่ากระแสไฟที่เหลือในแบตเตอรี่ถูกดำเนินการโดยใช้แอมป์มิเตอร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการตรวจวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า การวัดจะเริ่มขึ้นหลังจากที่ระบบได้ทำการเปิดใช้งาน จากนั้นจะทำการวัดกระแสไฟทุก ๆ 1 ชั่วโมง เพื่อทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกระแสไฟที่คงเหลือในแบตเตอรี่ ผลการวัดค่ากระแสไฟที่ได้จากแต่ละครั้งจะถูกบันทึกลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะช่วยให้เราสามารถติดตามแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟในแบตเตอรี่ได้ โดยค่าที่ได้จากการวัดนี้ถูกนำมาประมวลผลและแสดงผล

ในรูปแบบกราฟดังรูปที่ 12 เพื่อให้เห็นภาพรวมของปริมาณกระแสไฟที่คงเหลือในแบตเตอรี่ในช่วงเวลาต่าง ๆ ของการใช้งาน กราฟดังกล่าวจะช่วยให้เห็นถึงการลดลงของกระแสไฟในแบตเตอรี่เมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งจะสามารถใช้ในการวิเคราะห์และวางแผนการใช้งานแบตเตอรี่ต่อไปได้อย่างเหมาะสม



รูปที่ 12 ปริมาณแบตเตอรี่คงเหลือในตัวเครื่องสแกนลายนิ้วมือที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้ทุก ๆ 1 ชั่วโมง

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอเครื่องสแกนลายนิ้วมือแบบพกพาโดยอาศัยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งผ่านระบบการสื่อสาร NB-IoT ที่ใช้พลังงานต่ำ ตัวเครื่องที่นำเสนอจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบทั้งในส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ประมวลผลอยู่บนเทคโนโลยีคลาวด์ โดยงานวิจัยฉบับนี้จะใช้บริการของบริษัทกูเกิ้ลในการเก็บข้อมูลในรูปแบบสเปร็ตชีตออนไลน์ได้แก่ Google Sheet โดยตัวเครื่องสแกนลายนิ้วมือที่ถูกนำเสนอสามารถบันทึกเวลาเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของนักเรียนหรือนักศึกษาสำหรับรายวิชาภาคสนามที่ต้องออกทำกิจกรรมนอกห้องเรียน โดยสามารถสร้างเป็นรายงานและสรุปผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียนและนักศึกษา เพื่อส่งต่อข้อมูลเหล่านี้ให้กับผู้บริหารหรือเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ด้วยความสามารถของเซ็นเซอร์สแกนลายนิ้วมือ R307 และไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino UNO R3 ที่หาได้ง่ายและราคาถูก จึงทำให้ง่ายต่อการนำไปต่อยอดและใช้งานจริงสำหรับสถานศึกษาต่าง ๆ ในภาคปฏิบัติต่อไป

เอกสารอ้างอิง

บริษัท ดิทโต้ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน). (2564). **ข้อแตกต่างการจัดการเอกสารแบบเดิมกับการจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์.** https://www.dittothailand.com/dittonews/document-management-system/

บริษัท ดิทโต้ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน). (2564). **เทียบชัด ๆ จัดการเอกสารแบบ Document vs.** e-document ต่างกันแค่ไหน?. https://www.dittothailand.com/dittonews/comparison-between-document-and-e-document/

บริษัท นายน์เอ็กซ์เพิร์ท จำกัด. (2567). **Google Sheets คืออะไร เริ่มต้นอย่างไร.** *https://www.9experttraining.com/articles/google-sheets-คืออะไร-เริ่มต้นอย่างไร*

ธีรศักดิ์ อุ่นอารมย์เลิศ, ผกามาศ พีธรากร, ทินกฤต รุ่งเมือง. (2556). **การศึกษาแนวทางการพัฒนาสำนักงานประหยัดกระดาษของสำนักงานอธิการบดี วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์.** ดุษฎีนิพนธ์ศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัย ศิลปากร.

วิทยาลัยเทคโนโลยีไชยพันธ์พงษ์. (2023). **ประวัติวิทยาลัยเทคโนโลยีไชยพันธ์พงษ์.** https://ctech.ac.th/index/info.php

วนิดา สิงห์น้อย. (2564). **E-Office สำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ผู้ช่วยทำงานในยุค 4.0.** https://www.scimath.org/article-technology/item/12413-e-office-4-0

สุปรีดี ประวิตร. (2561). **โน้มน้าวทางความคิดให้ไปสู่ระบบสำนักงานไร้กระดาษเพื่อตอบสนองตามนโยบายไทยแลนด์ 4.0. หลักสูตรการป้องกันราชอาณาจักร รุ่นที่ 60.** วิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร.

อรอนงค์ อิสระนรากุล, ชุติมา เบี้ยวไข่มุก. (2557). **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการลงเวลาปฏิบัติงานของบุคลากรด้วยการสแกนลายนิ้วมือกับระบบบันทึกเวลาปฏิบัติงานของบุคลากรแบบเซ็นชื่อกรณีศึกษา โรงเรียนระแงะ อำเภอระแงะ จังหวัดนราธิวาส.** วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์.

Janith Geeganage, Kushan Rathnayake, Vinura Fernando, Pasindu Kumarasinghe, Sanjeeva Dinesh. (2022). **Precise Integrated Contactless Attendance Tracking, Recording and Analyzing System.** 2022 19th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON).

K Sangeetha, M Shobana, V S Nagul Pranav, S Darunya, K P Madhumitha, M Nidharshini. (2023). **IoT Based Identification And Attendance Monitoring System Using Design Thinking Framework.** 2023 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI).

Kanageswari Alagasan, Mohammed Hazim Alkawaz, Asif Iqbal Hajamydeen, M. N. Mohammed. (2021). **A Review Paper on Advanced Attendance and Monitoring Systems.** 2021 IEEE 12th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC).

M. Ramalingam, S. Vinothkumar, S. Varadhaganapathy, S. Subha. (2021). **Multi-User Authentication Using Biometric Sensor Using Parallel Processing Algorithm For Attendance Monitoring.** 2021 6th International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT).

Mallela David Vinay, Mandavyapuram Hemanth Kumar, Banoth Hemanth, Deepak Singh Tomar. (2023). **Smart Attendance System Using Biometric and GPS.** 2023 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS).

Mohd Saiful Najib bin Ismail Marzuki, Muhd Azri bin Abdul Razak, Ahmad Izzat bin Mod Arifin, Luqmanul Hakim bin Zulkornain, Abdul Hafiz bin Kassim, Hasrul Hafiz bin Abu Bakar. (2024). **Arduino–based Fingerprint Scan for Attendance–taking System.** 2024 IEEE 6th Symposium on Computers & Informatics (ISCI).

Prajwal Gujarkar, Sarthak Lonkar, Tanmay Jain, Shubham Nigal, Pramod Patil, Pallavi Deshpande. (2023). **IoT based Smart Attendance System.** 2023 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI).

Rahul Chauhan, Sachin Negi, Akshit Kumar, Swati Devliyal. (2024). **A Raspberry pi based smart attendance system.** 2024 International Conference on Automation and Computation (AUTOCOM).

Rokhmadi, Aghus Sofwan, Maman Somantri. (2021). **Smart School System with Single ID based on RFID Through NFC using FCM Notification.** 2021 4th International Conference of Computer and Informatics Engineering (IC2IE).

Roshani Memane, Pooja Jadhav, Jahnavi Patil, Sneha Mathapati, Atul Pawar. (2022). **Attendance Monitoring System Using Fingerprint Authentication.** 2022 6th International Conference On Computing, Communication, Control And Automation (ICCUBEA).

Yi Yi. (2023). **Student Attendance Management System Based on Fingerprint Identification Technology.** 2023 International Conference on Integrated Intelligence and Communication Systems (ICIICS).

การรักษาความเป็นส่วนตัวโดยการใช้การวางนัยทั่วไปเต็มโดเมนและคำสั่งเอสคิวแอล

Privacy preservation using full-domain generalization and SQL commands

ต่อศักดิ์ สุนทรพันธุ์[1*]

Torsak Soontornphand[1*]

บทคัดย่อ

ปัจจุบันข้อมูลส่วนบุคคลถูกจัดเก็บจากการใช้งานอุปกรณ์ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมากมาย ผู้ครอบครองข้อมูลส่วนบุคคลสามารถแบ่งปันข้อมูลส่วนบุคคลไปให้กับบุคคลหรือหน่วยงานอื่นเพื่อวัตถุประสงค์ใดวัตถุประสงค์หนึ่ง ในการรักษาความเป็นส่วนตัวของเจ้าของข้อมูล ผู้ครอบครองข้อมูลควรรักษาความเป็นส่วนตัวของข้อมูลส่วนบุคคลก่อนเผยแพร่ข้อมูลนี้ให้กับบุคคลหรือหน่วยงานอื่น ปัจจุบันมีแบบจำลองความเป็นส่วนตัวของข้อมูลอยู่มากมาย แบบจำลองนิรนาม k ค่า (k-anonymity) เป็นแบบจำลองความเป็นส่วนตัวที่ได้รับความนิยมแบบจำลองหนึ่ง ในการทำให้ข้อมูลส่วนบุคคลเป็นไปตามข้อกำหนดของแบบจำลองนิรนาม k ค่านั้น การวางนัยทั่วไปเต็มโดเมนเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ แต่อย่างไรก็ตามในการเลือกโดเมน สำหรับการวางนัยทั่วไปเต็มโดเมนยังมีความซับซ้อนในการทดสอบเปลี่ยนค่าของแอตทริบิวต์ตัวระบุเสมือน (Quasi-identifier) ตามโดเมนที่ถูกเลือกมาทดสอบ จากปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการทดสอบโดเมนการวางนัยทั่วไปโดยใช้คำสั่งเอสคิวแอล (SQL) ร่วมกับตารางการวางนัยทั่วไปสำหรับการทดสอบ ซึ่งผู้ครอบครองข้อมูลสามารถใช้เครื่องมือที่มีอยู่แล้วในระบบฐานข้อมูลได้

คำสำคัญ: การวางนัยทั่วไปเต็มโดเมน, แบบจำลองนิรนาม k ค่า, ความเป็นส่วนตัวของข้อมูล

Abstract

Currently, personal data is enormously collected from information technology equipment. Personal data holders can share their personal data with a person or institute. For privacy preservation of individuals, a data holder should preserve the privacy of individuals before being released to a person or institute. Currently, there are many data privacy models. K-anonymity is a popular privacy model. To achieve k-anonymity requirement, a full-domain generalization approach is often applied. However, in the domain testing process, there is a complexity for the replacement process of quasi-identifier attribute values based on the selected domain. From the mentioned problem, this paper proposes a domain testing approach using SQL query with a proposed generalization table for testing that a data holder can use tools in the database management system.

Keywords: Full-domain generalization, *K*-anonymity, Data privacy

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Department of Computer Engineering, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

* Corresponding author e-mail: torsak.so@up.ac.th

บทนำ

ด้วยความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ไอซีที) อุปกรณ์ด้านไอซีทีจำนวนมากได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกสำหรับการทำงานในด้านต่างๆ รวมถึงการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ จากการใช้งานอุปกรณ์ด้านไอซีทีทำให้เกิดการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลตามมาด้วย โดยข้อมูลเหล่านี้อาจถูกนำไปใช้สำหรับการตรวจสอบ การประมวลผล การวิเคราะห์ข้อมูล หรือเพื่อวัตถุประสงค์อื่นตามที่ผู้เก็บข้อมูลต้องการ เป็นต้น นอกจากการจัดเก็บข้อมูลแล้ว ผู้ครอบครองข้อมูลสามารถแบ่งปันหรือเปิดเผยข้อมูลให้กับบุคคลอื่นเพื่อวัตถุประสงค์ใดวัตถุประสงค์หนึ่ง เช่น มีการแบ่งปันข้อมูลให้กับบริษัทในเครือ เพื่อนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์เพื่อนำเสนอผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้า เป็นต้น หากข้อมูลที่เผยแพร่ออกไปเป็นข้อมูลส่วนบุคคล เช่นข้อมูลของลูกค้า ข้อมูลของผู้ป่วย และข้อมูลของพนักงาน เป็นต้น ผู้ครอบครองข้อมูลต้องคำนึงถึงความเป็นส่วนตัวของบุคคลที่ปรากฏอยู่ในข้อมูลเหล่านี้ด้วย รวมถึงต้องปฏิบัติตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับความเป็นส่วนตัวของข้อมูลด้วย โดยในประเทศไทยมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับความเป็นส่วนของข้อมูล คือ พระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562 [1] ได้ถูกประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 27 พฤษภาคม พ.ศ. 2562 โดยมีผลบังคับใช้ในวันที่ 27 พฤษภาคม พ.ศ. 2563 นั้น แต่เนื่องจากความไม่พร้อมของหน่วยงานต่างๆและสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้พระราชบัญญัติถูกเลื่อนให้มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2565

โดยทั่วไปข้อมูลส่วนบุคคลมักมีข้อมูลที่เรียกว่า “ข้อมูลอ่อนไหว” (Sensitive data) [2] ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ควรเก็บไว้เป็นความลับ ไม่ควรเปิดเผยให้กับบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องได้รับทราบ ตัวอย่างข้อมูลอ่อนไหว เช่น ข้อมูลลูกค้าอาจมีข้อมูลหนี้สิน ข้อมูลพนักงานอาจมีข้อมูลเงินเดือน และข้อมูลผู้ป่วยอาจมีข้อมูลโรคที่ป่วย เป็นต้น หากผู้ครอบครองข้อมูลเผยแพร่ข้อมูลส่วนบุคคลเหล่านี้ออกไป อาจส่งผลกระทบต่อความเป็นส่วนตัวของบุคคลที่ปรากฏอยู่ในข้อมูลเหล่านั้น ดังนั้นผู้ครอบครองข้อมูลควรรักษาความเป็นส่วนตัวของบุคคลที่ปรากฏอยู่ในข้อมูลก่อนเผยแพร่ออกไป สมมุติว่าโรงพยาบาลแห่งหนึ่งต้องการเผยแพร่ข้อมูลของผู้ป่วย ดังตารางที่ 1 ไปยังหน่วยงานอื่น โรงพยาบาลควรลบข้อมูลที่สามารถระบุตัวตนของเจ้าของข้อมูลออกไปก่อน เพื่อรักษาความเป็นส่วนตัวของเจ้าของข้อมูล ไม่ให้ผู้ที่รับข้อมูลทราบได้ว่าข้อมูลเหล่านี้เป็นของใครบ้าง โดยข้อมูลที่อยู่ในตารางที่ 1 สามารถจำแนกประเภทของแอตทริบิวต์ได้ 3 ประเภท [2] ดังนี้

- แอตทริบิวต์ตัวระบุ (Identifier) คือ แอตทริบิวต์ที่สามารถระบุตัวตนของเจ้าของข้อมูลได้โดยตรง เช่น ชื่อ รหัสบัตรประจำตัวประชาชน และหมายเลขโทรศัพท์ เป็นต้น โดยในตารางที่ 1 แอตทริบิวต์ตัวระบุ คือ ชื่อ
- แอตทริบิวต์ตัวระบุเสมือน (Quasi-identifier) คือ แอตทริบิวต์ที่ไม่สามารถระบุตัวตนของเจ้าของข้อมูลได้โดยตรง แต่เป็นแอตทริบิวต์ที่เมื่อนำไปเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลอื่น มีโอกาสที่จะระบุตัวตนของเจ้าของข้อมูลได้ โดยในตารางที่ 1 แอตทริบิวต์ตัวระบุเสมือนคือ เพศและอายุ
- แอตทริบิวต์อ่อนไหว (Sensitive) คือ แอตทริบิวต์ที่เป็นค่าอ่อนไหวของเจ้าของข้อมูล ไม่ควรเปิดเผยให้กับบุคคลอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องได้รับทราบ เช่น โรคที่ป่วย เงินเดือน และวงเงินที่เป็นหนี้ เป็นต้น โดยในตารางที่ 1 แอตทริบิวต์อ่อนไหวคือ โรค

ตารางที่ 1 ข้อมูลผู้ป่วย

ชื่อ	เพศ	อายุ	โรค
คมคาย	ชาย	16	โควิด-19
ชิน	ชาย	24	มะเร็ง
สุนน	ชาย	44	ไข้เลือดออก
ทงทิน	ชาย	38	เอดส์
เอแอล	หญิง	66	หัวใจ
ภูนารา	หญิง	51	เบาหวาน

ตารางที่ 2 ข้อมูลผู้ป่วยไม่มีแอตทริบิวต์ตัวระบุ

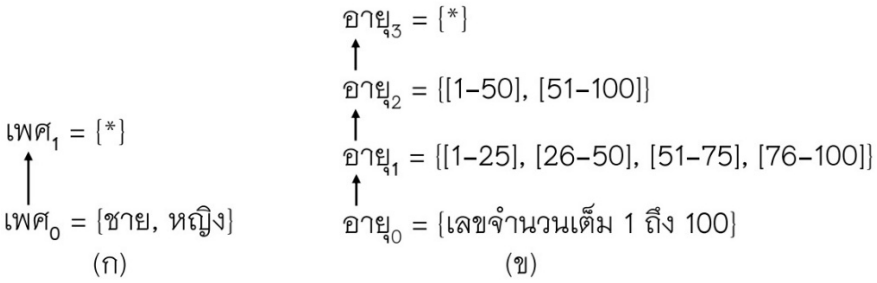
เพศ	อายุ	โรค
ชาย	16	โควิด-19
ชาย	24	มะเร็ง
ชาย	44	ไข้เลือดออก
ชาย	38	เอดส์
หญิง	66	หัวใจ
หญิง	51	เบาหวาน

ตารางที่ 3 ข้อมูลนิรนาม k = 2 ของตารางที่ 2

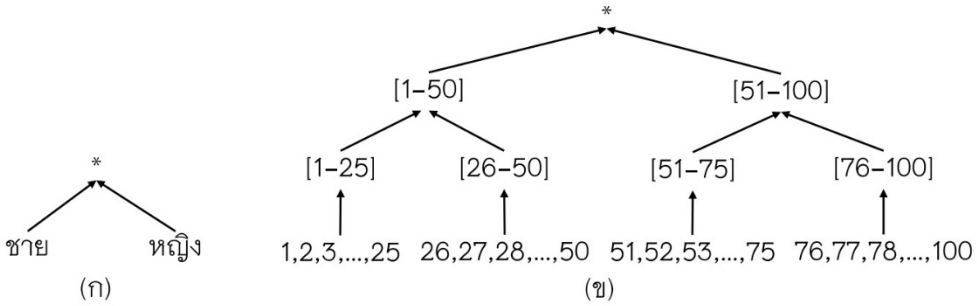
กลุ่ม	เพศ	อายุ	โรค
1	ชาย	[1-25]	โควิด-19
	ชาย	[1-25]	มะเร็ง
2	ชาย	[26-50]	ไข้เลือดออก
	ชาย	[26-50]	เอดส์
3	หญิง	[51-75]	หัวใจ
	หญิง	[51-75]	เบาหวาน

หากโรงพยาบาลต้องการเผยแพร่ข้อมูลในตารางที่ 1 แอตทริบิวต์ชื่อ ซึ่งเป็นแอตทริบิวต์ตัวระบุต้องถูกลบออกไป ดังตารางที่ 2 เห็นได้ชัดเจนว่าข้อมูลในตารางที่ 2 ไม่สามารถทราบได้ว่าใครเป็นเจ้าของข้อมูล ซึ่งทำให้มั่นใจว่า ผู้รับข้อมูลจะไม่รู้ว่าใครป่วยเป็นโรคอะไร แต่อย่างไรตาม มีงานวิจัย [3], [4] แสดงให้เห็นว่าผู้ไม่หวังดีสามารถนำค่าของแอตทริบิวต์ตัวระบุเสมือน (เพศและอายุ) ไปเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลภายนอกเพื่อกู้คืนตัวตนของเจ้าของข้อมูลได้ ซึ่งจะทำให้ทราบว่าระเบียนที่อยู่ในตารางที่ 2 เป็นของใครและสิ่งที่ตามมาคือ บุคคลคนนั้นป่วยเป็นโรคอะไร ดังนั้นเพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว ผู้ครอบครองข้อมูลควรนำแบบจำลองความเป็นส่วนตัวมาประยุกต์ใช้ ปัจจุบันมีแบบจำลองความเป็นส่วนตัวมีอยู่มากมาย แบบจำลองนิรนาม k ค่า (k–anonymity) [3], [4], [5], [9], [10] เป็นแบบจำลองความเป็นส่วนตัวที่สามารถป้องกันการกู้คืนตัวตนของเจ้าของข้อมูล จากการเชื่อมโยงฐานข้อมูลส่วนบุคคลกับฐานข้อมูลอื่น โดยมีแนวคิดคือ การแบ่งระเบียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละไม่น้อยกว่า k ระเบียน โดยแต่ละกลุ่มต้องมีค่าของแอตทริบิวต์ตัวระบุเสมือนที่เหมือนกัน ตัวอย่างเช่น ตารางที่ 2 เมื่อทำให้เป็นไปตามข้อกำหนดของแบบจำลองนิรนาม k ค่า โดยกำหนดค่า k = 2 จะได้ดังตารางที่ 3 ที่แบ่งระเบียนออกเป็น 3 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีจำนวนระเบียนไม่น้อยกว่า 2 ระเบียน และระเบียนที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะมีค่าของแอตทริบิวต์ตัวระบุเสมือน (เพศและอายุ) เหมือนกัน ดังนั้นเมื่อเกิดการเชื่อมโยงค่าของแอตทริบิวต์เพศและอายุของตารางที่ 3 กับแอตทริบิวต์เพศและอายุของบุคคลเป้าหมายที่อยู่ในฐานข้อมูลอื่น จะสามารถเชื่อมโยงระเบียนในตารางที่ 3 ได้ไม่น้อยกว่า 2 ระเบียน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ความเป็นไปได้ของการกู้คืนตัวตนจะไม่มากกว่า 0.5

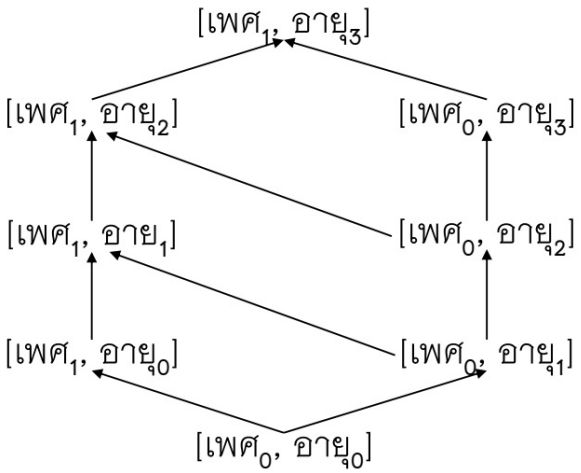
ในการทำให้ข้อมูลส่วนบุคคลเป็นไปตามข้อกำหนดของแบบจำลองนิรนาม k ค่านั้น การวางนัยทั่วไปเต็มโดเมน (Full-domain generalization) [4], [5] เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมวิธีหนึ่ง โดยในการประยุกต์ใช้นั้น ผู้ครอบครองข้อมูลต้องกำหนดลำดับชั้นโดเมนการวางนัยทั่วไป (Domain generalization hierarchy; DGH) และ ลำดับชั้นค่าการวางนัยทั่วไป (Value generalization hierarchy; VGH) ของแอตทริบิวต์ตัวระบุเสมือนดังภาพที่ 1 และ 2 ตามลำดับ เพื่อใช้สำหรับการกำหนดโดเมนการวางนัยทั่วไปและค่าการวางนัยทั่วไปที่เป็นไปได้ทั้งหมดของแอตทริบิวต์ตัวระบุเสมือน เมื่อผู้ครอบครองข้อมูลกำหนดลำดับชั้นโดเมนการวางนัยทั่วไปครบทุกแอตทริบิวต์ของตัวระบุเสมือนแล้ว ผู้ครอบครองข้อมูลสามารถกำหนดลำดับชั้นของรูปแบบโดเมนการวางนัยทั่วไปที่เป็นไปได้ทั้งหมด (Hierarchy of all possible domain generalization patterns) ได้ดังภาพที่ 3 เพื่อใช้เป็นปริภูมิการค้นหา (Search space) สำหรับการค้นหาโดเมนการวางนัยทั่วไปของแอตทริบิวต์ตัวระบุเสมือน โดยมีงานวิจัยหลายงานที่นำเสนอวิธีการค้นหาที่แตกต่างกัน เช่น งานวิจัย [5] นำเสนอวิธีการค้นหาทั้งหมด (Exhaustive search) และ งานวิจัย [4] นำเสนอวิธีการค้นหาแบบทวิภาค (Binary search) เป็นต้น โดยในการค้นหานั้นต้องมีการทดสอบโดเมนการวางนัยทั่วไปที่อยู่ในปริภูมิการค้นหาว่าหากเลือกโดเมนนี้ในการวางนัยทั่วไปแอตทริบิวต์ตัวระบุเสมือนของตารางที่ต้องการวางนัยทั่วไปแล้ว จะทำให้ตารางนั้นมีลักษณะเป็นไปตามข้อกำหนดแบบจำลองนิรนาม k ค่าหรือไม่ โดยงานวิจัยหลายๆงาน เช่น [5] ไม่ได้กล่าวถึงวิธีการทดสอบโดเมนการวางนัยทั่วไปสำหรับขั้นตอนการค้นหาในปริภูมิการค้นหา ทำให้ผู้ที่ต้องการนำไปประยุกต์ใช้ ต้องคิดวิธีการทดสอบขึ้นมาเอง แต่ก็มีบางงานวิจัย [4] ได้นำเสนอวิธีการทดสอบโดเมนการวางนัยทั่วไปโดยต้องสร้างตารางทดสอบขึ้นมาใหม่ ทำให้ผู้ที่ต้องการนำไปประยุกต์ใช้ต้องเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างตารางทดสอบและเขียนโปรแกรมตรวจสอบโดเมนการวางนัยทั่วไปจากตารางทดสอบ



ภาพที่ 1 ลำดับชั้นโดเมนการวางนัยทั่วไปของแอตทริบิวต์เพศ (ก) และอายุ (ข)



ภาพที่ 2 ลำดับชั้นค่าการวางนัยทั่วไปของแอตทริบิวต์เพศ (ก) และอายุ (ข)



ภาพที่ 3 ลำดับชั้นของรูปแบบโดเมนการวางนัยทั่วไปที่เป็นไปได้ทั้งหมด

งานวิจัยนี้ ได้นำเสนอวิธีการทดสอบโดเมนการวางนัยทั่วไป ที่สามารถทดสอบผ่านเครื่องมือของระบบบริหารจัดการฐานข้อมูล โดยใช้คำสั่งเอสคิวแอล (SQL) โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอตารางการวางนัยทั่วไปสำหรับการทดสอบ เพื่อใช้ร่วมกับคำสั่งเอสคิวแอลสำหรับการตรวจสอบผลลัพธ์ของการวางนัยทั่วไปด้วยโดเมนที่ถูกคัดเลือกมาว่าสามารถทำให้ข้อมูลส่วนบุคคลมีลักษณะเป็นไปตามข้อกำหนดของแบบจำลองนิรนาม k ค่าหรือไม่

วิธีการศึกษา

1. ตารางการวางนัยทั่วไปสำหรับการทดสอบ

ในการใช้งานคำสั่งเอสคิวแอลเพื่อทดสอบโดเมนการวางนัยทั่วไปนั้น ผู้ครอบครองข้อมูลต้องสร้างตารางการวางนัยทั่วไปสำหรับการทดสอบก่อน โดยแอตทริบิวต์ของตารางการวางนัยทั่วไปสำหรับการทดสอบต้องประกอบด้วยโดเมนการวางนัยทั่วไปทุกโดเมนของแอตทริบิวต์ตัวระบุเสมือน สมมุติว่าโรงพยาบาลต้องการเผยแพร่ข้อมูลของผู้ป่วยดังตารางที่ 1 และโรงพยาบาลได้ลบชื่อของผู้ป่วยออกไปดังตารางที่ 2 จากนั้นโรงพยาบาลได้สร้างตารางการวางนัยทั่วไปสำหรับการทดสอบดังตารางที่ 4 ซึ่งจะเห็นว่าแอตทริบิวต์ในตารางที่ 4 ประกอบไปด้วยโรคและโดเมนทุกโดเมนของแอตทริบิวต์เพศและอายุ โดยชื่อของแอตทริบิวต์ตั้งตามชื่อโดเมนแต่ละโดเมนของเพศและอายุ (โดเมนของเพศและอายุแสดงดังภาพที่ 1) สำหรับค่าของแอตทริบิวต์ เพศ$_0$ และ อายุ$_0$ ในตารางที่ 4 เป็นค่าเดิมของแอตทริบิวต์ เพศ และ อายุ ในตารางที่ 2 แต่สำหรับค่าของแอตทริบิวต์ เพศ$_1$ อายุ$_1$ อายุ$_2$ และอายุ$_3$ ผู้ครอบครองข้อมูลต้องสร้างขึ้นมาใหม่โดยพิจารณาจากค่าของแอตทริบิวต์ เพศ$_0$ และ อายุ$_0$ ร่วมกับลำดับชั้นค่าการวางนัยทั่วไปของแอตทริบิวต์เพศและอายุดังภาพที่ 2 ยกตัวอย่างเช่นระเบียนที่ 1 ในตารางที่ 2 มีค่าเป็น เพศชาย อายุ 16 ปี จะถูกนำไปสร้างค่าเป็นระเบียนที่ 1 ในตารางการวางนัยทั่วไปสำหรับการทดสอบ (ตารางที่ 4) ได้ดังนี้

1) ค่าเพศชาย
   - แอตทริบิวต์ เพศ0 จะพิจารณาการวางนัยทั่วไปจากโดเมน เพศ$_0$ (ดังภาพที่ 1 (ก)) ซึ่งจะได้ค่าเดิมคือ “ชาย”
   - แอตทริบิวต์ เพศ1 จะพิจารณาการวางนัยทั่วไปจากโดเมน เพศ$_1$ (ดังภาพที่ 1 (ก)) ซึ่งค่า “ชาย” จะถูกวางนัยทั่วไปด้วยค่า “*” เมื่อพิจารณาจากลำดับชั้นค่าการวางนัยทั่วไปของแอตทริบิวต์เพศ (ดังภาพที่ 2 (ก))

2) ค่าอายุ 16 ปี

- แอตทริบิวต์ อายุ0 จะพิจารณาการวางนัยทั่วไปจากโดเมน อายุ$_0$ (ดังภาพที่ 1 (ข)) ซึ่งจะได้ค่าเดิม คือ “16”
- แอตทริบิวต์ อายุ1 จะพิจารณาการวางนัยทั่วไปจากโดเมน อายุ$_1$ (ดังภาพที่ 1 (ข)) ซึ่งค่า “16” จะถูกวางนัยทั่วไปด้วยค่า “[1–25]” เมื่อพิจารณาจากลำดับชั้นค่าการวางนัยทั่วไปของแอตทริบิวต์อายุ (ดังภาพที่ 2 (ข))
- แอตทริบิวต์ อายุ2 จะพิจารณาการวางนัยทั่วไปจากโดเมน อายุ$_2$ (ดังภาพที่ 1 (ข)) ซึ่งค่า “16” จะถูกวางนัยทั่วไปด้วยค่า “[1–50]” เมื่อพิจารณาจากลำดับชั้นค่าการวางนัยทั่วไปของแอตทริบิวต์อายุ (ดังภาพที่ 2 (ข))
- แอตทริบิวต์ อายุ3 จะพิจารณาการวางนัยทั่วไปจากโดเมน อายุ$_3$ (ดังภาพที่ 1 (ข)) ซึ่งค่า “16” จะถูกวางนัยทั่วไปด้วยค่า “*” เมื่อพิจารณาจากลำดับชั้นค่าการวางนัยทั่วไปของแอตทริบิวต์อายุ (ดังภาพที่ 2 (ข))

ตารางที่ 4 ตารางการวางนัยทั่วไปสำหรับการทดสอบ

เพศ0	เพศ1	อายุ0	อายุ1	อายุ2	อายุ3	โรค
ชาย	*	16	[1-25]	[1-50]	*	โควิด-19
ชาย	*	24	[1-25]	[1-50]	*	มะเร็ง
ชาย	*	44	[26-50]	[1-50]	*	ไข้เลือดออก
ชาย	*	38	[26-50]	[1-50]	*	เอดส์
หญิง	*	66	[51-75]	[51-100]	*	หัวใจ
หญิง	*	51	[51-75]	[51-100]	*	เบาหวาน

2. การทดสอบโดเมนการวางนัยทั่วไป

การทดสอบโดเมนการวางนัยทั่วไป คือ การตรวจสอบผลการวางนัยทั่วไปจากโดเมนที่นำมาทดสอบกับข้อมูลส่วนบุคคล ว่าสามารถทำให้ข้อมูลส่วนบุคคลมีลักษณะเป็นไปตามข้อกำหนดของแบบจำลองนิรนาม k ค่าหรือไม่ โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการทดสอบโดยใช้คำสั่งเอสคิวแอลบนตารางการวางนัยทั่วไปสำหรับการทดสอบ สมมุติว่าโรงพยาบาลต้องการเผยแพร่ข้อมูลของผู้ป่วยดังตารางที่ 1 และโรงพยาบาลได้ลบชื่อของผู้ป่วยออกไปดังตารางที่ 2 จากนั้นโรงพยาบาลได้สร้างตารางการวางนัยทั่วไปสำหรับการทดสอบดังตารางที่ 4 จากนั้นโรงพยาบาลจะทำการทดสอบโดเมนการวางนัยทั่วไป โดยพิจารณาจากลำดับชั้นของรูปแบบโดเมนการวางนัยทั่วไปที่เป็นไปได้ทั้งหมด (ดังภาพที่ 3) ซึ่งแสดงปริภูมิการค้นหาทั้งหมดของรูปแบบโดเมนการวางนัยทั่วไป โดยมีขั้นตอนการทดสอบโดเมนการวางนัยทั่วไปดังนี้

1) เลือกโดเมนการวางนัยทั่วไปจำนวน 1 โดเมนจากลำดับชั้นของรูปแบบโดเมนการวางนัยทั่วไปที่เป็นไปได้ทั้งหมด (ดังภาพที่ 3)
2) นำโดเมนการวางนัยทั่วไปที่เลือกมา ไปทดสอบกับข้อมูลส่วนบุคคล โดยใช้คำสั่งเอสคิวแอล ในการตรวจสอบตามข้อกำหนดของแบบจำลองนิรนาม k ค่านั้น คำสั่งเอสคิวแอลที่นำมาใช้คือ “Group by” “Count” และ “Min” ยกตัวอย่างเช่น หากโดเมน [เพศ$_1$, อายุ$_0$] ถูกเลือกมาจากลำดับชั้นของรูปแบบโดเมนการวางนัยทั่วไปที่เป็นไปได้ทั้งหมด (ดังภาพที่ 3) เพื่อนำมาทดสอบ หากใช้คำสั่งเอสคิวแอล “SELECT เพศ1, อายุ0, Count(*) AS จำนวนระเบียน FROM [ตารางที่ 4] GROUP BY เพศ1, อายุ0;” จะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 4 ซึ่งแต่ละแถวในภาพที่ 4 แสดงการจัดกลุ่มของระเบียนตามค่าของแอตทริบิวต์เพศและอายุ ส่วนคอลัมน์ “จำนวนระเบียน” แสดงจำนวนระเบียนในแต่ละกลุ่ม เช่น ระเบียนที่มีค่าของแอตทริบิตว์เพศและอายุเป็น <*, 16> มีจำนวนระเบียนทั้งหมด 1 ระเบียน ดังนันหากพิจารณาข้อกำหนดของแบบจำลองนิรนาม k ค่า เมื่อกำหนดให้ k = 2 (เรียกว่าแบบจำลองนิรนาม 2 ค่า) แล้วโดเมน [เพศ$_1$, อายุ$_0$] ไม่สามารถทำให้ข้อมูลในตารางที่ 2 มีลักษณะเป็นไปตามข้อกำหนดแบบจำลองนิรนาม 2 ค่า ในทางตรงกันข้ามหากโดเมน [เพศ$_0$, อายุ$_1$] ถูกเลือกมาทดสอบโดยใช้คำสั่งเอสคิวแอล “SELECT เพศ0, อายุ1, Count(*) AS จำนวนระเบียน FROM [ตารางที่ 4] GROUP BY เพศ0, อายุ1;” ซึ่งจะเห็นว่าทุกแถวในภาพที่ 6 จะมีจำนวนระเบียน ไม่น้อยกว่า 2 ระเบียน กล่าวคือ กลุ่มของระเบียนที่มีค่าของแอตทริบิวต์เพศและอายุ <ชาย, [1–25]> <ชาย, [26–50]> และ <หญิง, [51–75]> มีจำนวนระเบียนกลุ่มละ 2 ระเบียน ดังนั้น ผลของการทดสอบโดเมน [เพศ$_0$, อายุ$_1$] สามารถทำให้ข้อมูลในตารางที่ 2 มีลักษณะเป็นไปตามข้อกำหนดแบบจำลองนิรนาม 2 ค่า

เพศ1	อายุ0	จำนวนระเบียน
*	16	1
*	24	1
*	38	1
*	44	1
*	51	1
*	66	1

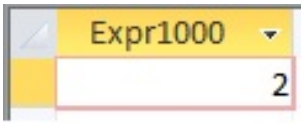
ภาพที่ 5 ผลการทดสอบโดเมน [เพศ1, อายุ0] ด้วยคำสั่งเอสคิวแอล

เพศ0	อายุ1	จำนวนระเบียน
ชาย	[1-25]	2
ชาย	[26-50]	2
หญิง	[51-75]	2

ภาพที่ 6 ผลการทดสอบโดเมน [เพศ0, อายุ1] ด้วยคำสั่งเอสคิวแอล

จากตัวอย่างของการใช้คำสั่งเอสคิวแอล “Group by” และ “Count” ในการทดสอบโดเมนการวางนัยทั่วไป จะเห็นว่าผู้ทดสอบต้องตรวจสอบผลลัพธ์ของคำสั่งเอสคิวแอล ในส่วนของคอลัมน์ “จำนวนระเบียน” ดังปรากฏในภาพที่ 5 และ 6 ซึ่งทุกระเบียนต้องมีค่าของคอลัมน์ “จำนวนระเบียน” ไม่น้อยกว่าค่า k (ซึ่งในตัวอย่างด้านบนกำหนดค่า k = 2) เพื่อให้การทดสอบทำได้ง่ายขึ้น ผู้ทดสอบสามารถใช้

คำสั่งเอสคิวแอล “Min” เข้ามาช่วยได้ดังนี้ หากต้องการทดสอบโดเมน [เพศ$_0$, อายุ$_1$] สามารถใช้คำสั่งเอสคิวแอลคือ “SELECT Min(จำนวนระเบียน) FROM (SELECT Count(*) AS จำนวนระเบียน FROM [ตารางที่ 4] GROUP BY เพศ0, อายุ1);” ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 7 ดังนั้นผู้ทดสอบสามารถนำค่าที่ได้จากผลลัพธ์ (ซึ่งก็คือ 2) ไปเปรียบเทียบกับค่า k หากค่าที่ได้จากผลลัพธ์ของคำสั่งเอสคิวแอลมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า k แสดงว่าโดเมนที่นำมาทดสอบสามารถทำให้ข้อมูลในตารางที่ 2 เป็นไปตามข้อกำหนดของแบบจำลองนิรนาม k ค่าได้ ดังนั้นจากตัวอย่างด้านบนได้กำหนดค่า k = 2 จึงสามารถสรุปได้ว่าโดเมน [เพศ$_0$, อายุ$_1$] ผ่านการทดสอบ (สามารถทำให้ข้อมูลในตารางที่ 2 มีลักษณะเป็นไปตามข้อกำหนดแบบจำลองนิรนาม 2 ค่า)



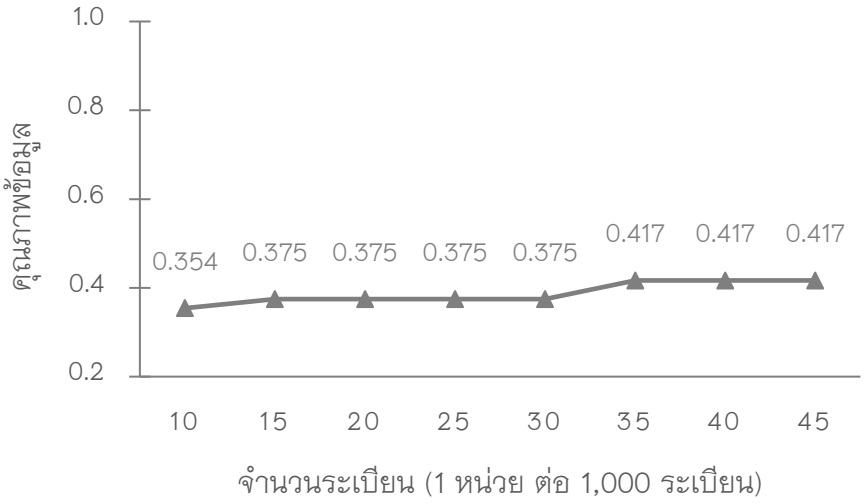
ภาพที่ 7 ผลการทดสอบโดเมน [เพศ0, อายุ1] ด้วยคำสั่งเอสคิวแอล “Min”

3) หากโดเมนที่เลือกมาทดสอบไม่ผ่านตามข้อกำหนดของแบบจำลองนิรนาม k ค่า ต้องมีการเลือกโดเมนการวางนัยทั่วไปที่ยังเหลืออยู่ในปริภูมิการค้นหามาทดสอบต่อไป จนกว่าจะพบโดเมนที่ผ่านการทดสอบ ทั้งนี้โดเมนที่เป็นคำตอบของการค้นหาสามารถมีได้หลายโดเมน ดังนั้นจึงอยู่ที่การพิจารณาว่าจะนำเกณฑ์ใดมาตัดสินใจในการเลือกโดเมนที่ผ่านการทดสอบ ในกรณีที่มีมากกว่า 1 โดเมน ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่ [5], [6] นิยมใช้เกณฑ์ในการเลือกคือคุณภาพของข้อมูล [7] โดยจะเลือกโดเมนผ่านการทดสอบที่ทำให้ข้อมูลส่วนบุคคลมีคุณภาพข้อมูลคงเหลือมากที่สุด

ผลการศึกษา

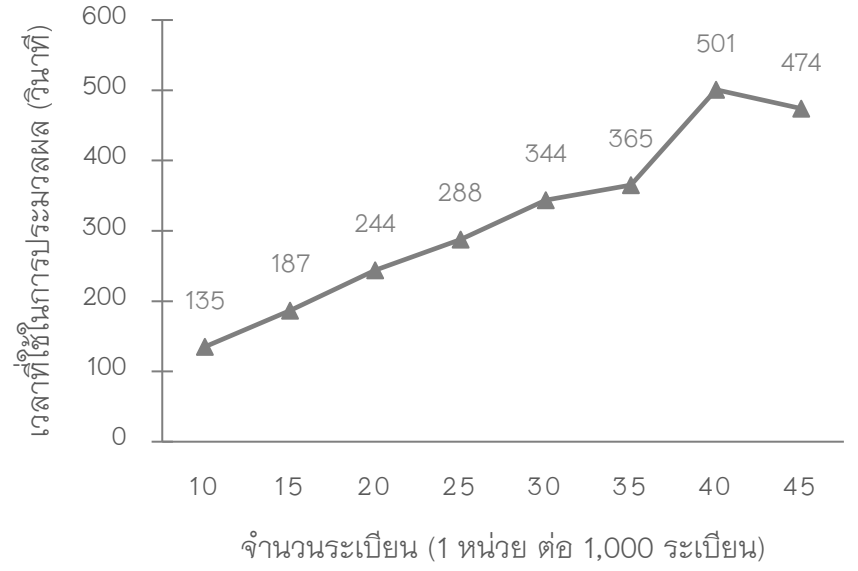
งานวิจัยนี้ใช้ชุดข้อมูลในการทดลองคือ “Adult” [8] ซึ่งประกอบด้วยจำนวนระเบียนทั้งหมด 48,842 ระเบียน และแอตทริบิวต์ทั้งหมด 14 แอตทริบิวต์ โดยในงานวิจัยนี้เลือกแอตทริบิวต์จำนวน 8 แอตทริบิวต์ (age, workclass, education, marital-status, relationship, race, sex, native-country) เป็นแอตทริบิวต์ตัวระบุเสมือน และเลือกแอตทริบิวต์ 1 แอตทริบิวต์ (occupation) เป็นแอตทริบิวต์อ่อนไหว สำหรับแอตทริบิวต์ที่เหลืออีก 5 แอตทริบิวต์ไม่ได้ถูกเลือกมาใช้สำหรับการทดลอง สำหรับระเบียนที่มีค่าไม่ครบทุกแอตทริบิวต์จะไม่ถูกนำมาทดลอง จึงเหลือระเบียนที่ใช้ในการทดลองจำนวน 45,222 ระเบียน โดยแบบจำลองความเป็นส่วนตัวที่นำมาใช้คือแบบจำลองนิรนาม k ค่า โดยกำหนดให้ k = 4 งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลองดังนี้

1) การทดลองคุณภาพข้อมูล เป็นการวัดคุณภาพข้อมูลของข้อมูลที่ถูกวางนัยทั่วไป ว่ายังเหลือคุณภาพข้อมูลอยู่เท่าใด โดยในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการวัดค่าคุณภาพข้อมูลที่ถูกนำเสนอในงานวิจัย [5] โดยค่าคุณภาพข้อมูลต่ำสุดคือ 0 และสูงสุดคือ 1 โดยผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 8 ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาขนาดของชุดข้อมูล (ตามแกน x) มีผลกระทบต่อคุณภาพข้อมูล (ดังแกน y) อย่างไร ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นว่าเมื่อขนาดของชุดข้อมูลเพิ่มขึ้น คุณภาพของข้อมูลจะคงที่สลับกับเพิ่มขึ้นในบางชุดข้อมูล



ภาพที่ 8 คุณภาพข้อมูล

2) การทดลองเวลาที่ใช้ในการประมวลผล เป็นการวัดระยะเวลาที่ใช้สำหรับการค้นหาโดเมนวางนัยทั่วไปในปริภูมิการค้นหา โดยผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 9 ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาขนาดของชุดข้อมูล (ตามแกน x) มีผลกระทบต่อเวลาที่ใช้ในการประมวลผล (ตามแกน y) อย่างไร ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นว่าเมื่อขนาดของชุดข้อมูลเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการประมวลผลก็จะเพิ่มขึ้นด้วย โดยเป็นการเพิ่มขึ้นลักษณะเชิงเส้น



ภาพที่ 9 เวลาที่ใช้ในการประมวลผล

อภิปรายและสรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการรักษาความเป็นส่วนตัวของข้อมูลส่วนบุคคลด้วยแบบจำลองนิรนาม k ค่า โดยใช้วิธีการวางนัยทั่วไปเต็มโดเมนร่วมกับการใช้คำสั่งเอสคิวแอล (SQL) ซึ่งทำให้ผู้ดูแลฐานข้อมูลสามารถใช้เครื่องมือที่มีอยู่แล้วในระบบฐานข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในการทดสอบโดเมนการวางนัยทั่วไปได้ โดยงานวิจัยที่ถูกนำเสนอก่อนหน้า [4] มีการนำเสนอวิธีการทดสอบโดเมนการวางนัยทั่วไป โดยการสร้างตารางทดสอบขึ้นมาใหม่ ทำให้ผู้ที่ต้องการนำไปประยุกต์ใช้ต้องเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างตารางทดสอบ และเขียนโปรแกรมตรวจสอบโดเมนการวางนัยทั่วไปจากตารางทดสอบ ในขณะที่งานวิจัย [5], [9], [10] ไม่ได้กล่าวถึงวิธีการทดสอบโดเมนการวางนัยทั่วไปสำหรับขั้นตอนการค้นหาในปริภูมิการค้นหา ทำให้ผู้ที่ต้องการนำไปประยุกต์ใช้ ต้องคิดวิธีการทดสอบขึ้นมาเอง ซึ่งอาจจะประยุกต์ใช้คำสั่งเอสคิวแอลเข้ามาช่วยได้ แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้นำเสนอตารางการวางนัยทั่วไปสำหรับการทดสอบ เพื่อใช้ร่วมกับคำสั่งเอสคิวแอลสำหรับการตรวจสอบผลลัพธ์ของการวางนัยทั่วไปด้วยโดเมนที่ถูกคัดเลือกมา งานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองเพื่อศึกษาถึงผลกระทบจากขนาดของชุดข้อมูลต่อคุณภาพข้อมูลและเวลาที่ใช้ในการประมวลผล จากผลการทดลองจะเห็นว่า ขนาดของชุดข้อมูลที่เพิ่มขึ้นจะทำให้คุณภาพข้อมูลเพิ่มขึ้นตามด้วย (เพิ่มแบบขั้นบันได) แต่ก็ต้องใช้เวลาในการประมวลผลเพิ่มขึ้นตามด้วย (เพิ่มแบบเชิงเส้น) เมื่อพิจารณาถึงเหตุผลที่ทำให้เกิดผลการทดลองดังกล่าว สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ขนาดของข้อมูลที่เพิ่มขึ้น จะทำให้จำนวนระเบียนที่มีค่าของแอตทริบิวต์ตัวระบุเสมือนเหมือนกันในแต่ละกลุ่มมีจำนวนมากขึ้น จนมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าค่าของตัวแปร k ในแบบจำลองนิรนาม k ค่า (ซึ่งในการทดลองกำหนด k = 4) ส่งผลให้โดเมนการวางนัยทั่วไปที่นำมาทดสอบมีโอกาสผ่านการทดสอบมากขึ้น ทำให้สามารถเลือกโดเมนการวางนัยทั่วไปที่ทำให้มีคุณภาพข้อมูลสูงขึ้นได้
2) ขนาดของข้อมูลที่เพิ่ม ทำให้เวลาที่ใช้ในการประมวลผลด้วยคำสั่งเอสคิวแอลเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำการใช้คำสั่งเอสคิวแอลมาใช้ในการทดสอบ ดังนั้นจึงส่งผลกระทบต่อเวลาในการประมวลผลที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

แนวทางในการพัฒนาต่อ วิธีการเลือกโดเมนในการทดสอบสามารถพัฒนาประสิทธิภาพให้ใช้เวลาน้อยลง ซึ่งจะส่งผลให้ใช้เวลาในการประมวลน้อยตามไปด้วย นอกจากนี้ การใช้งานตารางการวางนัยทั่วไปสำหรับการทดสอบควรพัฒนาวิธีการใช้คำสั่งเอสคิวแอล ให้สามารถใช้กับแบบจำลองความเป็นส่วนตัวแบบจำลองอื่นๆได้

เอกสารอ้างอิง

1. ราชกิจจานุเบกษา พระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562 [อินเทอร์เน็ต]. 2562; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2566. ได้จาก https://www.mdes.go.th/law
2. S. De Capitani di Vimercati, S. Foresti, G. Livraga and P. Samarati. Data privacy: Definitions and techniques. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems. 2012; 20(6):793-817.
3. L. Sweeney. *k*-anonymity: a model for protecting privacy. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-based Systems. 2002; 10(5):557-570.
4. P. Samarati. Protecting respondents identities in microdata release. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. 2001; 13(6):1010-1027.

5. L. Sweeney. Achieving k-anonymity privacy protection using generalization and suppression. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-based Systems. 2002; 10(5):571- 588.

6. J.W. Byun, Y. Sohn, E. Bertino and N. Li. Secure anonymization for incremental datasets. Secure Data Management. 2006; 48-63.

7. B. C. M. Fung, K. Wang, R. Chen and P. S. Yu. Privacy-preserving data publishing: a survey of recent developments. Journal of ACM Computing Surveys. 2010; 42(4):1-53.

8. M. Lichman. UCI Machine Learning Repository [http://archive.ics.uci.edu/ml]. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science. 2013.

9. ณัฐพล หาญสมุทร. การพัฒนาขั้นตอนวิธีแปลงฐานข้อมูลแบบศึกษาสำนึกเพื่อรักษาความเป็นส่วนตัวของการจำแนกแบบสัมพันธ์. (วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551.

10. บวรศักดิ์ ศรีสังสิทธิสันติ. การพัฒนาขั้นตอนวิธีแปลข้อมูลแบบเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาความเป็นส่วนตัวของการจำแนกแบบความสัมพันธ์. (วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2553.

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในโรงงานเป็นฐานสำหรับนักศึกษาอาชีวศึกษา

Developing a problem-based learning model using factory-based problems for vocational students

กษิดิศ วุ่นบุญชู[1*], ศศิธร ชูแก้ว[2] และ สันติ หุตะมาน[2]

Kasidis Wunbunchu[1*], Sasithorn Chookaew[2] and Santi Hutamarn[2]

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการผลิตในภาคอุตสาหกรรมมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อเศรษฐกิจโลก โดยเฉพาะในยุคอุตสาหกรรม 4.0 ที่เทคโนโลยีดิจิทัลและระบบอัตโนมัติถูกนำมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำของกระบวนการผลิต ทำให้เทคโนโลยีระบบอัตโนมัติได้รับความนิยมในการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรม เพื่อช่วยลดความผิดพลาดและเพิ่มความปลอดภัย มีการการนำโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติ อันเป็นเทคโนโลยีสำคัญที่นำไปสู่การพัฒนาระบบควบคุมในภาคอุตสาหกรรม ทำให้ถูกบรรจุในหลักสูตรอาชีวศึกษา เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของตลาดแรงงาน และพัฒนาศักยภาพด้านเทคนิคของผู้เรียน อย่างไรก็ตาม ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาระบบโรงงานอัตโนมัติ พบว่าผู้เรียนไม่สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติที่มีความซับซ้อนได้ เพราะไม่สามารถเชื่อมโยงถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบอัตโนมัติของโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงวิธีการสอนยังไม่สอดคล้องกับสื่อการเรียนการสอนที่มีอยู่ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนารูปแบบการสอนที่เน้นการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานผ่านการเรียนรู้ในโรงงานจำลอง เพื่อเพิ่มทักษะในการแก้ปัญหาของผู้เรียน เรื่องการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาแมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ วิทยาลัยการอาชีพบางปะกง จำนวน 15 คน โดยใช้การวิจัยเชิงกึ่งทดลองได้ออกแบบการวิจัยเป็นประเภทการทดสอบวัดผลก่อนและหลังการทดลองแบบกลุ่มเดียว ผลจากงานวิจัยพบว่ารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในโรงงานเป็นฐาน เรื่อง การควบคุมระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ที่พัฒนาขึ้น ผ่านการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยมีค่าเฉลี่ยที่แปลผลอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.62 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.65) ผู้เรียนมีทักษะการแก้ปัญหาที่เพิ่มขึ้น อยู่ในระดับสูง จำนวน 7 คน และในระดับปานกลาง จำนวน 8 คน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในโรงงานเป็นฐาน เรื่อง การควบคุมระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ในรายวิชาระบบโรงงานอัตโนมัติ สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เพื่อเพิ่มทักษะด้านการแก้ปัญหาสำหรับหลักสูตรอบรมอื่นที่เกี่ยวข้องกับระบบโรงงานอัตโนมัติได้ต่อไป

คำสำคัญ : การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน, โรงงานแห่งการเรียนรู้, อาชีวศึกษา

---

[1] นักศึกษาปริญญาโท คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800

[2] สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800

[1] Master Degree Student, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

[2] Program in Mechatronics and Robotics, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

* Corresponding author : Kasidis.w14@gmail.com

Abstract

Industrial production plays a crucial role in the global economy, particularly in the era of Industry 4.0, where digital technologies and automation systems are employed to enhance the efficiency and accuracy of production processes. Consequently, automation technology has gained widespread popularity across various industrial sectors to reduce errors and improve safety. The use of programmable controllers in automated machinery is a critical technology that has led to the development of industrial control systems, prompting the advancement of vocational education programs to meet labor market demands and enhance students' technical skills. However, in teaching the subject of automatic factory systems, it has been observed that students cannot write complex automation control programs due to a lack of understanding of the issues that arise in industrial automation systems, and the teaching methods do not align with the available instructional materials. This research presents the development of a problem-based learning approach through simulated factory learning to enhance students' problem-solving skills in writing automation control programs. The study involved a sample group of 15 Higher Vocational Certificate students specializing in Mechatronics and Robotics from Bangpakong Technical College. The research employed a quasi-experimental design with a pre-test and post-test conducted on a single group. The research findings indicate that the problem-based learning model in a simulated factory setting, focused on automation control using programmable controllers, received the highest quality rating from experts (Mean = 4.62, SD.=0.65). The results showed improved problem-solving skills to a high level for seven students and a moderate level for eight students. In conclusion, problem-based learning in a simulated factory environment, focused on automation control using programmable controllers in the subject of automatic factory systems, can serve as a guideline for developing learning models to enhance problem-solving skills in other training courses related to industrial automation systems.

Keywords: Problem-based learning, Learning factory, Vocational education

บทนำ

ปัจจุบันการผลิตในภาคอุตสาหกรรมมีความสำคัญต่อโลกเป็นอย่างมาก เปรียบเสมือนกระดูกสันหลังของโลก (Dotoli, 2019) ยุคอุตสาหกรรม 4.0 เป็นยุคที่ได้นำเทคโนโลยีดิจิทัลและอินเตอร์เน็ตเข้ามาเพื่อรองรับกับการผลิตที่มีความซับซ้อนขึ้น เนื่องจากเครื่องจักรมีความทันสมัยและแม่นยำมากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีความรู้ที่จำเป็นสำหรับยุคอุตสาหกรรม 4.0 โดยเฉพาะผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิศวกรรมอุตสาหการที่เกี่ยวข้องกับภาคอุตสาหกรรมโดยตรง (Sirorat, 2022) เทคโนโลยีระบบอัตโนมัติ (Automation Technology) เป็นการใช้เครื่องจักรหรือซอฟต์แวร์ในการทำงานที่มนุษย์เคยทำมาก่อน โดยไม่ต้องการการแทรกแซงของมนุษย์อย่างต่อเนื่อง ระบบอัตโนมัติมีพื้นฐานทางทฤษฎีจากหลายสาขาวิชา ได้แก่ วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และวิทยาศาสตร์ข้อมูล (Russell & Norvig, 2017) ในทฤษฎีทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีอัตโนมัติสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับหลัก ได้แก่ (1) ระบบอัตโนมัติระดับพื้นฐาน (2) ระบบกึ่งอัตโนมัติ และ (3) ระบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบ (Groover, 2020) เทคโนโลยีระบบอัตโนมัติได้รับการนำมาใช้ในหลากหลายบริบททั้งในภาคอุตสาหกรรม การเกษตร การแพทย์ และ

การบริหารจัดการ การใช้เทคโนโลยีระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมได้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดความผิดพลาด และเพิ่มความปลอดภัย (Baines et al., 2014)

เทคโนโลยีสมัยใหม่มีความสำคัญและมีอิทธิพลต่องานทางอุตสาหกรรมขนาดย่อมไปจนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ซึ่งในงานอุตสาหกรรมทั้งหลายจะมีขบวนการต่าง ๆ ในการควบคุมการผลิตโดยอาศัยเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้แทนการควบคุมที่มีอยู่เดิม ทำให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลดียิ่งขึ้น เช่น โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic controller: PLC) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ควบคุมชนิดหนึ่งที่มีหน้าที่ในการควบคุมเครื่องจักรแบบอัตโนมัตินำมาควบคุมเครื่องจักรได้ทุกชนิด และมีประสิทธิภาพสูง มีความแม่นยำเป็นอย่างสูง การใช้เทคโนโลยีของระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรมมีการขยายตัวในการนำไปใช้งานอย่างรวดเร็ว ผลจากการเปลี่ยนแปลงทำให้การใช้งานของระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรมได้ถูกสอดแทรกไว้กับการเรียนการสอนในสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง สาขาเครื่องกล และสาขาเครื่องมือวัดและควบคุม เพื่อสอดคล้องกับขบวนการต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรมที่อาศัยเครื่องจักรทำงานแทนคนในรูปของระบบการควบคุมการทำงานอัตโนมัติ (ณรงค์, 2522) การใช้ PLC ในภาคอุตสาหกรรมได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถตอบสนองความต้องการในการควบคุมและตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในโรงงานผลิต การใช้ PLC ช่วยให้กระบวนการผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่องและมีความแม่นยำสูง นอกจากนี้ PLC ยังมีบทบาทสำคัญในการควบคุมระบบอัตโนมัติต่าง ๆ เช่น สายการผลิต ระบบการขนถ่ายวัสดุ และระบบควบคุมอาคาร (IIPD Global, 2020)

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 เป็นหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น เพื่อใช้ในการจัดการศึกษาด้านวิชาชีพระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง และเพื่อยกระดับการศึกษาวิชาชีพของบุคคลให้สูงขึ้น สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติแผนการศึกษาแห่งชาติ เป็นไปตามกรอบคุณวุฒิแห่งชาติ มาตรฐานการศึกษาของชาติและกรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติตลอดจนยึดโยงกับมาตรฐานอาชีพ โดยเน้นการเรียนรู้สู่การปฏิบัติเพื่อพัฒนาสมรรถนะกำลังคนระดับเทคนิค รวมทั้งคุณธรรมจริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพและกิจนิสัยที่เหมาะสมในการทำงานให้สอดคล้องกับความต้องการกำลังคนของตลาดแรงงาน ชุมชน สังคม และสามารถประกอบอาชีพอิสระได้ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกระบบและวิธีการเรียนได้อย่างเหมาะสมตามศักยภาพ ตามความสนใจและโอกาสของตน ส่งเสริมให้มีการประสานความร่วมมือเพื่อจัดการศึกษาและพัฒนาหลักสูตรร่วมกันระหว่างสถาบันสถานศึกษา หน่วยงาน สถานประกอบการและองค์กรต่าง ๆ ทั้งในระดับชุมชน ระดับท้องถิ่นและระดับชาติ (หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567, 2567)

ในการจัดการเรียนการสอนภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2567 แผนกวิชาแมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ วิทยาลัยการอาชีพบางปะกง ได้มีการจัดการเรียนการสอนในรายวิชา 30127–2009 ระบบโรงงานอัตโนมัติ ซึ่งจะต้องศึกษาและปฏิบัติงานเกี่ยวกับพื้นฐานระบบโรงงานอัตโนมัติ สถานีที่ใช้ในการป้อน ผลิต ตรวจสอบ คัดแยก ลำเลียง จัดเก็บ แสดงผลระบบการควบคุม เครือข่ายควบคุม ติดตั้ง ปรับตั้ง ตรวจสอบและแก้ไขอุปกรณ์ตรวจจับต่าง ๆ ในระบบโรงงานอัตโนมัติ และเขียนโปรแกรมควบคุมในระบบโรงงานอัตโนมัติ (หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567, 2567) เกิดปัญหาในเรื่องการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมระบบโรงงานอัตโนมัติ พบว่า นักศึกษาไม่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมเครื่องจักรในระบบโรงงานอัตโนมัติได้ เนื่องจากนักศึกษาไม่สามารถเห็นถึงกระบวนการจำลองการทำงานของระบบอุตสาหกรรมรวมถึงวิธีการสอนยังไม่สอดคล้องกับสื่อที่มีอยู่ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน เรื่องการเขียนโปรแกรมควบคุมในระบบโรงงานอัตโนมัติต่ำ

ในยุคที่เทคโนโลยีเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การศึกษาและการฝึกอบรมต้องมีการปรับตัวเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของภาคอุตสาหกรรม ทำให้โรงงานแห่งการเรียนรู้ (Learning Factory) จึงเป็นหนึ่งในแนวทางการศึกษา

และฝึกอบรมที่เน้นกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง (Hands-on Activity) และการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning: PBL) ซึ่งมีการผสมผสานเทคโนโลยีเข้ากับการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะทางเทคโนโลยีในผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Orozco, 2024) แนวคิดการเรียนรู้นี้ที่พัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการด้านการศึกษาในภาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่ โดยมีรากฐานจากการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาและการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (Experiential Learning) ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาทักษะและความสามารถของผู้เรียนผ่านการปฏิบัติจริงในสภาพแวดล้อมที่เหมือนจริง เพื่อใช้ในการฝึกอบรมและพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยีการผลิต การบริหารการผลิต และการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ในกระบวนการผลิต

Yew & Goh (2016) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 การจัดการเรียนการสอนที่เน้นทักษะในการลงมือปฏิบัติจริง เพื่อเตรียมพร้อมนักเรียน นักศึกษา ให้สามารถออกไปทำงานจริงได้ ซึ่งทางหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติจริง การฝึก การใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ การทำงานเป็นทีม รวมถึงการแก้ปัญหา คือการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบนี้มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการจัดการเรียนการสอนระดับอุดมศึกษา เพราะจะทำให้ผู้เรียนสนใจในเนื้อหามาขึ้น เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ทำให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล และรู้จักหาความรู้ด้วยตนเอง เพิ่มทักษะในการแก้ปัญหา เพิ่มทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น (ทวุธ, 2565)

จากที่มาและความสำคัญของปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของรายวิชา ระบบโรงงานอัตโนมัติ จึงมีความตั้งใจที่จะการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษาเพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนในการควบคุมระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1) เพื่อพัฒนาการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในโรงงานเป็นฐานสำหรับนักศึกษาอาชีวศึกษา
2) เพื่อประเมินทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

กรอบแนวคิดการวิจัยครั้งนี้ สำหรับงานวิจัยนี้แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานในงานวิจัย

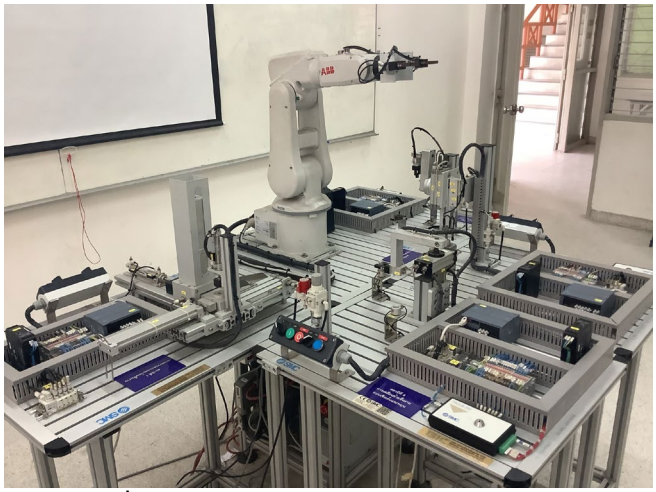
1) รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในโรงงานเป็นฐาน เรื่อง การควบคุมระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ที่พัฒนาขึ้น ผ่านการประเมินความเหมาะสมในการนำไปทดลองใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญ โดยมีค่าเฉลี่ย 4.51 ขึ้นไปที่แปลผลอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

2) ผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในโรงงานเป็นฐาน เรื่อง การควบคุมระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์มีทักษะการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นตามสูตร Normalized Gain (Hake,1998) อยู่ที่ 0.3 – 0.7 (ระดับปานกลาง) ขึ้นไป

วิธีวิทยาการวิจัย

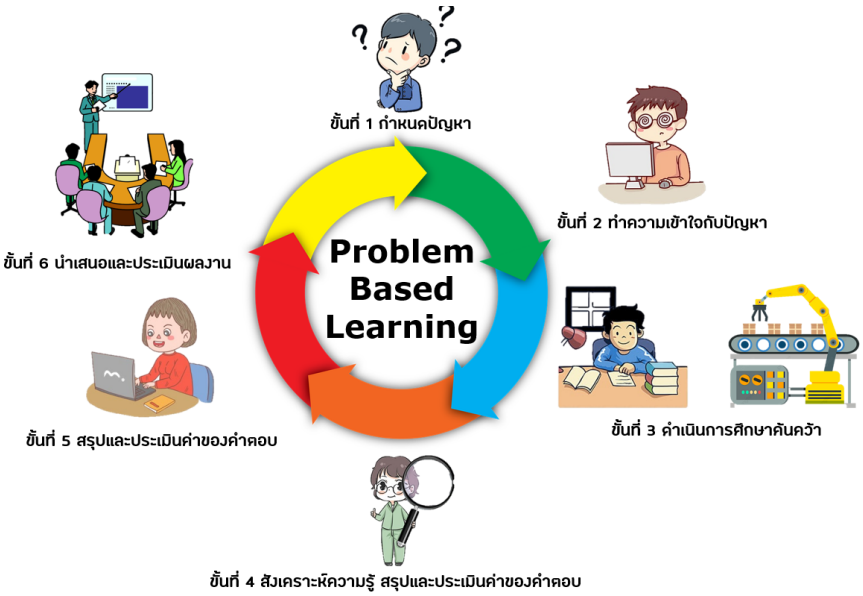
ระเบียบวิธีวิจัยที่ใช้ในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Design) แบบแผนการวิจัยเป็นประเภททการทดสอบวัดผลก่อน และ หลังการทดลอง แบบกลุ่มเดียว (One Group Pretest – Posttest Design) ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้เรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 แผนกเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ วิทยาลัยการอาชีพบางปะกง ปีการศึกษา 2567 จำนวน 15 คน โดยใช้การคัดเลือกเข้ากลุ่มทดลองด้วยวิธีเจาะจง โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียน เป็นการให้คะแนนรูบริคแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric) (Jonsson & Svingby, 2007) นอกจากนี้ ได้ทำการประเมินความเหมาะสมในการนำไปใช้กับผู้เข้าร่วมวิจัยในด้านเนื้อหาและด้านสื่อประกอบการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในโรงงานเป็นฐาน เรื่อง การควบคุมระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ในรายวิชาระบบโรงงานอัตโนมัติ มีเนื้อหาการเรียนรู้ ได้แก่ ระบบนิวเมติกส์ การต่อวงจรไฟฟ้า การเขียนโปรแกรม กลไกการทำงาน การควบคุมหุ่นยนต์ และการทำงานร่วมกันของระบบ โดยมีสื่อประกอบการเรียนรู้เป็นชุดฝึกปฏิบัติการทำงานของระบบอัตโนมัติ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ชุดฝึกปฏิบัติการทำงานของระบบอัตโนมัติ

โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จะเน้นให้ผู้เรียนมีการแก้ปัญหาที่โดยที่ผู้สอนได้มอบหมายงาน ที่จะต้องใช้องค์ความรู้มาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นภายใต้สถานการณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม ดังขั้นตอนตอนการเรียนรู้ที่แสดงดังในภาพที่ 3 โดยมีจุดประสงค์การเรียนรู้ของเนื้อหาในแต่ละส่วน ดังในตารางที่ 2



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ตารางที่ 2 จุดประสงค์ของการเรียนรู้

เนื้อหา	จุดประสงค์ของการเรียน
ระบบนิวเมติกส์	– ผู้เรียนสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ที่ช่วยแก้ปัญหาในระบบนิวเมติกส์ได้อย่างถูกต้อง
การต่อวงจรไฟฟ้าของระบบอัตโนมัติกับโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์	– ผู้เรียนสามารถเลือกวิธีการต่อวงจรอินพุตแบบคอมมอนเป็นบวกหรือคอมมอนเป็นลบเพื่อช่วยแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์อินพุตกับโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ได้อย่างถูกต้อง
การเขียนโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ควบคุมระบบอัตโนมัติ	ผู้เรียนสามารถใช้วิธีการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องจักรแบบเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อแก้ปัญหาการทำงานที่ไม่ถูกต้องของเครื่องจักร
กลไกการทำงาน	– ผู้เรียนสามารถเลือกอุปกรณ์ เซ็นเซอร์ ที่ช่วยแก้ปัญหาการทำงานของเครื่องจักรได้อย่างถูกต้อง
การควบคุมหุ่นยนต์	– ผู้เรียนสามารถเลือกวิธีการหยิบชิ้นงานของหุ่นยนต์ที่ช่วยแก้ปัญหาการหยิบชิ้นงานไม่ให้ตกระหว่างการทำงานได้อย่างถูกต้อง

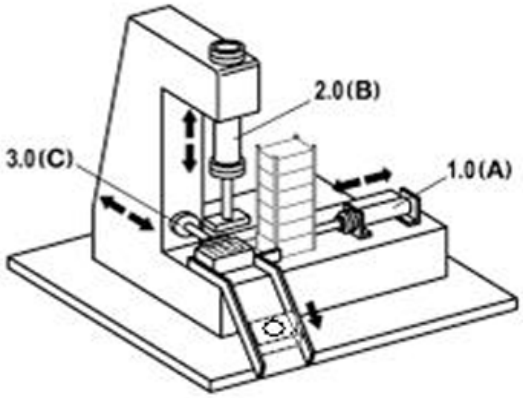
ขั้นตอนการเก็บผลข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บผลข้อมูลวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. การประเมินทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนก่อนใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ตามจุดประสงค์ของการเรียนรู้ใช้เวลาประมาณ 30 นาที

2. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในโรงงานเป็นฐาน ใช้เวลาประมาณ 120 นาที

2.1. นำผู้เรียนเข้าสู่บทเรียนด้วยการพูดคุยกับนักเรียน เรื่อง การควบคุมระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ แล้วเริ่มตั้งปัญหาที่เกี่ยวข้องกับระบบอัตโนมัติ สถานการณ์ในอุตสาหกรรม แสดงดังภาพที่ 4 ซึ่งเป็นขั้นตอนเริ่มต้นของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในโรงงาน



ภาพที่ 4 ตัวอย่างการกำหนดปัญหาที่เกิดให้ในโรงงาน สถานการณ์ในอุตสาหกรรม

2.2. ผู้สอนกระตุ้นผู้เรียนด้วยคำถามหรือการเสริมแรง เพื่อให้ผู้เรียนทำความเข้าใจกับปัญหาที่อยากรู้ แสดงดังในภาพที่ 5 โดยเน้นให้เกิดการระดมสมอง เพื่อหาแนวทาง และ วิธีการในการหาคำตอบ โดยมีผู้สอนคอยดูแลตรวจสอบเพื่อให้เกิดความถูกต้อง



ภาพที่ 5 ผู้เรียนทำความเข้าใจกับปัญหา

2.3. ผู้สอนจะต้องให้เนื้อหาข้อมูลเกี่ยวกับเรื่อง การควบคุมระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ประกอบไปด้วยระบบนิวเมติกส์ การต่อวงจรไฟฟ้า การเขียนโปรแกรม กลไกการทำงาน และการควบคุมหุ่นยนต์ ดังในภาพที่ 6 โดยมีผู้สอนคอยให้คำชี้แนะและอำนวยความสะดวก



ภาพที่ 6 ผู้สอนให้เนื้อหาข้อมูลเกี่ยวกับเรื่อง การควบคุมระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

2.4. ผู้เรียนแต่ละคนสังเคราะห์ความรู้ที่ได้จากการค้นคว้า โดยมีการนำเสนอกันภายในกลุ่มเพื่อหาข้อสรุป ทบทวนและตรวจสอบความถูกต้อง โดยมีผู้สอนถามคำถามโดยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และ เกิดมโนทัศน์ขององค์ความรู้ที่ได้จากการค้นคว้า

2.5. ผู้เรียนแต่ละคนนำข้อสรุปที่ได้มาสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ และเลือกวิธีแก้ปัญหาให้ถูกต้องโดยผ่านความเห็นชอบจากครูผู้สอนในการตรวจสอบความถูกต้อง

2.6. ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาที่ผู้สอนได้ให้เอาไว้ในตอนเริ่มต้นได้ แสดงดังในภาพที่ 7 ซึ่งจะเป็นกระบวนการสุดท้ายของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในโรงงานเป็นฐาน



ภาพที่ 7 ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาที่ระบุไว้ได้ถูกต้อง

3. หลังจากผู้เรียนมีวิธีในการแก้ปัญหา และสามารถแก้ปัญหาได้แล้ว ระหว่างนั้นผู้สอนจะประเมินทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนที่มีการให้คะแนนแบบรูบริก และประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียนระหว่างการทำกิจกรรม ใช้เวลาประมาณ 30 นาที

ผลการศึกษา

ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในโรงงานเป็นฐานสำหรับนักศึกษาอาชีวศึกษา

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในโรงงานเป็นฐานสำหรับนักศึกษาอาชีวศึกษา โดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ทำการประเมินความคิดเห็นในด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อ และสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ มีผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ

ลำดับ	หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมินความเหมาะสม		
		ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
1	ผลประเมินด้านด้านเนื้อหา	4.89	0.32	เหมาะสมมากที่สุด
2	ผลประเมินด้านด้านกิจกรรมการเรียนรู้	4.28	0.83	เหมาะสมมาก
3	ผลประเมินด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้	4.78	0.44	เหมาะสมมากที่สุด
	ผลการประเมินรวมทั้ง 3 ด้าน	4.62	0.65	เหมาะสมมากที่สุด

ผลประเมินทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียน

ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการประเมินทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียน Normalized Gain ของ Richard R. Hake (1998) ในการประเมินผลทักษะการแก้ปัญหาแบบรายบุคคล เมื่อนำไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยที่เป็นผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.1) จำนวน 15 คน หลังจากดำเนินกิจกรรมการจัดรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในโรงงานเป็นฐาน เรื่อง การควบคุมระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ และทดสอบทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนทั้งก่อนและหลังใช้รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในโรงงานเป็นฐาน ผลปรากฏว่า ผู้เรียนมีทักษะการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นใน ระดับสูง (High gain) จำนวน 7 คน และระดับปานกลาง (Medium gain) จำนวน 8 คน และตรงตามสมมติฐานข้อที่ 2

ตารางที่ 4 ผลการประเมินทักษะการแก้ปัญหาแบบรายบุคคล

ผู้เรียนคนที่	ทักษะการแก้ปัญหาก่อนเรียน (20 คะแนน)	ทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียน (20 คะแนน)	Normalized Gain	ระดับทักษะการแก้ปัญหา
1	13	17	0.57	ระดับปานกลาง
2	15	19	0.80	ระดับสูง
3	14	19	0.83	ระดับสูง
4	12	18	0.75	ระดับสูง
5	9	17	0.73	ระดับสูง
6	11	16	0.56	ระดับปานกลาง
7	14	17	0.50	ระดับปานกลาง
8	13	18	0.71	ระดับสูง
9	11	16	0.56	ระดับปานกลาง
10	12	18	0.75	ระดับสูง
11	8	16	0.67	ระดับปานกลาง
12	14	17	0.50	ระดับปานกลาง
13	15	18	0.60	ระดับปานกลาง
14	14	19	0.83	ระดับสูง
15	12	17	0.63	ระดับปานกลาง

สรุปผลและอภิปรายผล

งานวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในโรงงานเป็นฐาน เรื่อง การควบคุมระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ในรายวิชาระบบโรงงานอัตโนมัติ โดยมีเนื้อหา ได้แก่ ระบบนิวเมติกส์ การต่อวงจรไฟฟ้า การเขียนโปรแกรม กลไกการทำงาน การควบคุมหุ่นยนต์ และการทำงานร่วมกันของระบบ โดยมีกลุ่มเป้าหมายเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ ชั้นปีที่ 1 จำนวน 15 คน โดยมีหลักที่สำคัญในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการนำปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมมาปรับใช้ให้เชื่อมโยงที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในโรงงานได้อย่างถูกต้อง จากผลการประเมินความคิดเห็นในด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอนจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.62 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.65 และเมื่อนำไปทดลองใช้กับผู้เรียน พบว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นทำให้ผู้เรียนมีทักษะการแก้ปัญหาอยู่ในระดับสูง จำนวน 7 คน และในระดับปานกลางจำนวน 8 คน สามารถบ่งบอกได้ว่าผู้เรียนมีทักษะในการแก้ปัญหา เรื่อง การควบคุมระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ในรายวิชาระบบโรงงานอัตโนมัติเพิ่มขึ้น และสามารถนำไปต่อยอดในการทำงานได้ในอนาคตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. (2522). **แมคคาทรอนิกส์เบื้องต้น.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย–ญี่ปุ่น).

ทวุธ วงค์วงค์. (2565). **การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบ KWDL Plus บูรณาการการคิดเชิงอภิปัญญา: มิติใหม่ของการเรียนรู้แก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์.** วารสารนิสิตวัง, 24(1),42–54

วรรณี แกมเกตุ. (2551). **วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2562). [ออนไลน์]. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราชม2562 (ปรับปรุง พ.ศ.2565). [สืบค้นวันที่ 15 มกราคม 2567]. จาก https://bsq.vec.go.th/th–th/

Andrade, H. G. (2000). **Using rubrics to promote thinking and learning.** Educational Leadership, 57(5), 13–18.

Baines, V. (2014). **Challenges in artificial socio–cognitive systems: A study based on intelligent vehicles (Doctoral dissertation**, University of Bath).

Coffey, S., & Groover, A. (2020). **Achieving automated directional drilling across us onshore basins.** In SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition (p. D101S017R002). SPE.

Dotoli, M., Fay, A., MiŚkowicz, M., & Seatzu, C. (2019). **An overview of current technologies and emerging trends in factory automation.** International Journal of Production Research, 57 (15–16), 5047–5067.

Hake, R. R. (1998). **Interactive–engagement versus traditional methods: A six–thousand–student survey of mechanics test data for introductory physics courses.** American journal of Physics, 66(1), 64–74.

Han, S., Wang, H., & Tian, Y. (2020). **A linear discrete–time extended state observer–based intelligent PD controller for a 12 DOFs lower limb exoskeleton LLE–RePA.** Mechanical systems and signal processing, 138, 106547.

Jonsson, A., & Svingby, G. (2007). **The use of scoring rubrics: Reliability, validity and educational consequences.** Educational research review, 2(2), 130–144.

Orozco, E., Cárdenas, P. C., López, J. A., & Rodriguez, C. K. (2024). **Low–cost desktop learning factory to support the teaching of artificial intelligence.** HardwareX, 18, e00528.

Pattanapairoj, S., Nitisiri, K., & Sethanan, K. (2021). **A gap study between employers' expectations in Thailand and current competence of master's degree students in industrial engineering under industry 4.0.** Production Engineering Archives, 27(1), 50–57.

Yew, E. H., & Goh, K. (2016). **Problem–based learning: An overview of its process and impact on learning.** Health Professions Education, 2(2), 75–79

Russell, S., Moskowitz, I. S., & Raglin, A. (2017). **Human information interaction, artificial intelligence, and errors.** Autonomy and artificial intelligence: a threat or savior?, 71–101.

การส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมผ่านเกมของผู้เรียนในการสร้างสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชันจากไมโครคอนโทรลเลอร์

Promoting students' programming skills via gamification to generate pulse width modulation signal from microcontrollers

อนนท์ ทาเทียว[1*] และ ศุภชัย หอวิมานพร[2]

Anon Thathiew[1*] and Suppachai Howimanporn[2]

บทคัดย่อ

การเรียนรู้การสร้างสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชัน เป็นเนื้อหาสำคัญในวิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์ และระบบควบคุม อย่างไรก็ตาม การปรับตั้งค่าดิวตี้ไซเคิลที่ไม่เหมาะสมสามารถทำให้ระบบทำงานผิดพลาด รวมถึงความซับซ้อนของเนื้อหาทำให้นักเรียนขาดความสนใจและผลการเรียนต่ำ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ ผุ้วิจัยจึงออกแบบการเรียนรู้ผ่านเกม เพื่อเพิ่มทักษะการเขียนโปรแกรมและแรงจูงใจของผู้เรียน โดยมีวัตถุประสงค์ คือ 1) พัฒนาการเรียนรู้การสร้างสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชัน ผ่านเกมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ 2) เพื่อประเมินทักษะการเขียนโปรแกรม และ 3) เพื่อประเมินแรงจูงใจในการร่วมกิจกรรมหลังจากการเรียนรู้

กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพสาขาอิเล็กทรอนิกส์วิทยาลัยการอาชีพนครปฐม จำนวน 26 คน โดยใช้เครื่องมือการเรียนรู้ผ่านเกมบนโปรแกรมสเปเชียลออนไลน์ พร้อมสื่อประกอบ เช่น ใบเนื้อหา ใบงาน และแบบทดสอบจำนวน 20 ข้อ ก่อนนำไปทดลองกับผู้เรียน ทำการประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความเหมาะสมสูง(ค่าเฉลี่ย 4.53 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.12) เมื่อนำไปทดลองใช้กับผู้เรียน โดยให้ทำแบบทดสอบก่อนเรียน แล้วจึงดำเนินการตามขั้นตอนจากแผนการจัดการเรียนรู้ หลังจากจบทุกหน่วยการเรียนแล้ว จึงให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบอีกครั้ง พร้อมทั้งประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้

ผลการวิจัยพบว่ามีผู้เรียนพัฒนาทางการเรียนด้านทักษะระดับสูง 5 คน ปานกลาง 16 คน และต่ำ 6 คน โดยค่าเฉลี่ยแรงจูงใจของผู้เรียนอยู่ในระดับสูง (ค่าเฉลี่ย 4.82 ส่วนเบี่ยงเบนมตรฐาน 0.06) แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้ผ่านเกมช่วยเสริมสร้างทักษะการเขียนโปรแกรมและแรงจูงใจ ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: การเขียนโปรแกรม, พัลส์วิทด์มอดูเลชัน , การเรียนรู้ผ่านเกม, การศึกษาด้านเทคโนโลยี

---

[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800

[2] สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800

[1] Master Degree Student, Program in Mechatronics and Robotics Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

[2] Lecturer, Program in Mechatronics and Robotics Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, KMUTNB. Bangkok 10800

*Corresponding author : s6602017858041@email.kmutnb.ac.th and Suppachai.h@fte.kmutnb.ac.th

Abstract

Learning about Pulse Width Modulation (PWM) signal generation is essential in engineering, electronics, and control systems. However, improper duty cycle adjustments can cause system malfunctions, and the complicated content often leads causing students to lose interest and low academic performance. Therefore, this study designed a game-based learning approach to enhance programming skills and motivation among students. The objectives are: 1) to develop PWM signal generation learning through microcontroller-based games, 2) to assess programming skills, and 3) to evaluate students' motivation in learning activities.

The sample group consisted of 26 vocational certificate students in the Electronics Program at Nakhon Pathom Industrial and community Education College. The research employed game-based learning tools on the Spatial Online platform, along with supplementary materials such as handouts, worksheets, and a 20-item test. Before conducting the experiment with students, experts evaluated the appropriateness of the materials, high suitability score (average 4.53, standard deviation 0.12). The learning activities began with a pre-test, followed by instruction based on the planned learning modules. Upon completing all units, students took a post-test and completed a motivational assessment related to the learning activities.

The research results showed that 5 students demonstrated high skill improvement, 16 showed moderate improvement, and 6 showed low improvement. The average motivation level among students was rated as high (mean 4.82, standard deviation 0.06), indicating that game-based learning effectively enhances programming skills and motivation.

Keywords: Programming, Pulse width modulation (PWM), Gamification, Technology education

บทนำ

การเรียนการสอนไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นกระบวนการที่มีการพัฒนาและปรับปรุงมาอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองความต้องการในยุคที่เทคโนโลยีมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว ตั้งแต่เริ่มแรกจนถึงปัจจุบัน กระบวนการการเรียนการสอนในด้านนี้ได้ผ่านการเปลี่ยนแปลงอย่างมากทั้งในด้านเนื้อหาหลักสูตร เทคนิคการสอน และการใช้อุปกรณ์การเรียนการสอน การเรียนการสอนในระดับวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยได้เริ่มมีการรวมเอาวิชาที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าในหลักสูตรมากขึ้น รวมถึงการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อการศึกษาและทำโครงงานต่าง ๆการเรียนการสอนไมโครคอนโทรลเลอร์ยังคงเป็นหัวใจสำคัญในการพัฒนาทักษะทางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี ทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดค้นและพัฒนาโซลูชันที่ใช้ในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรมต่าง ๆ การเรียนรู้ผ่านเกม เป็นวิธีการสอนที่ใช้เกมเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้และพัฒนาทักษะต่าง ๆ การใช้เกมในกระบวนการเรียนการสอนมีเป้าหมายเพื่อทำให้การเรียนรู้เป็นเรื่องสนุกและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียนและการเรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรมจริง (Mendonça, M.,2020) แต่อุปสรรคของการเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ชุดฝึกอบรมไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ไว้แล้ว จะส่งผลต่อความเข้าใจของเรียนเกี่ยวกับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้แนวคิดที่สำคัญ เช่น การเขียนโปรแกรมเพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์รวมถึงการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิทัล (Patarroyo, Beauchamp & Santiago., 2015.); (Manoharan, Thomas, Joseph, & Raghu, 2018.) แม้ว่ากิจกรรมเชิงปฏิบัติการจะมีความสำคัญ

แต่มักจะละเลยการเรียนรู้หลักการทางทฤษฎี ซึ่งการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพต้องหลอมรวม ระหว่างการทดลองเชิงปฏิบัติการ และ ความเข้าใจในแนวคิดเชิงทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานเข้าด้วยกัน (Bayindir, Kabalci & Oz, 2012.)

การเรียนรู้แนวคิดหลักของการคิดเชิงคำนวณ และ การเขียนโปรแกรม ใช้แนวคิดที่รวมการเขียนโปรแกรมผสานกับหลักการทางวิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี เข้าด้วยกันซึ่งมีความสำคัญสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 นอกจากนี้ แนวคิดดังกล่าวยังต้องบูรณาการระหว่าง งานปฏิบัติ ทฤษฎี และ กระบวนการสอน ได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ (Panskyi, T.,2021)

การออกแบบเกมประกอบการเรียนรู้ จะต้องนำทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเนื้อหาของเกมด้วยซึ่งผู้เรียนสามารถสัมผัสได้ผ่านทางคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ประกอบ การออกแบบการเรียนรู้ผ่านเกม จะทำการวิเคราะห์เนื้อหาที่เป็นทฤษฎีให้สอดคล้องกับเนื้อหาของเกม (Nadolny, L., et.al., ,2020) ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการเรียนรู้ ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียน (Cabrera-Solano, P.,2022) การนำเกมมาใช้ประกอบการสอนร่วมกับการสอนแบบดั้งเดิมโดยเฉพาะการฝึกอบรมจะช่วยเพิ่มแรงจูงใจภายในของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี (Li, L. 2019)

จากที่กล่าวความสำคัญข้างต้น จึงทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเขียนโปรแกรม และ ประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการเขียนโปรแกรมนั้น มีความซับซ้อน และ ต้องการความเข้าใจที่ลึกซึ้งในแนวคิดเชิงวิศวกรรม และ เทคโนโลยี ในอดีต แม้ว่าจะมีการใช้วิธีการสอนแบบดั้งเดิม เช่น การบรรยาย การสาธิต และ การลงมือปฏิบัติในห้องเรียน แต่ผลลัพธ์ที่ได้มักไม่เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากผู้เรียนขาดความสนใจ และ ขาดแรงจูงใจในการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ผ่านเกมเป็นแนวทางหนึ่งที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในการศึกษา เนื่องจากช่วยให้การเรียนรู้มีความน่าสนใจ และ สนุกสนานมากยิ่งขึ้น เพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ และ ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดการเขียนโปรแกรมที่ซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น การวิจัยนี้คาดหวังว่าการใช้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานจะสามารถพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม และ เพิ่มแรงจูงใจในการศึกษาการเขียนโปรแกรมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ของนักศึกษาอาชีวศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมุ่งหวังที่จะให้ข้อมูล และ แนวทางในการปรับปรุงการสอน และ การเรียนรู้ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องในอนาคต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1) เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ผ่านเกม เรื่องการสร้างสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชันจากไมโครคอนโทรลเลอร์
2) เพื่อความก้าวหน้าการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนหลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
3) เพื่อประเมินแรงจูงใจในการร่วมกิจกรรมของผู้เรียนหลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการทำวิจัย

สมมุติฐาน

1. ผู้เรียนที่ผ่านการทำกิจกรรมตามการจัดการเรียนรู้ผ่านเกม เรื่องการสร้างสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชันจากไมโครคอนโทรลเลอร์ มีความก้าวหน้าทางการเรียน

2. ผู้เรียนที่ผ่านการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามการจัดการเรียนรู้ผ่านเกม เรื่องการสร้างสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชันจากไมโครคอนโทรลเลอร์ มีผลประเมินระดับของแรงจูงใจอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.51 ขึ้นไป)

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นวิธีการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental) แบบแผนการทดลองเป็นแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อน และ หลังการทดลองแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบแผนการทดลอง

E	O_1	X	O_2

โดยที่

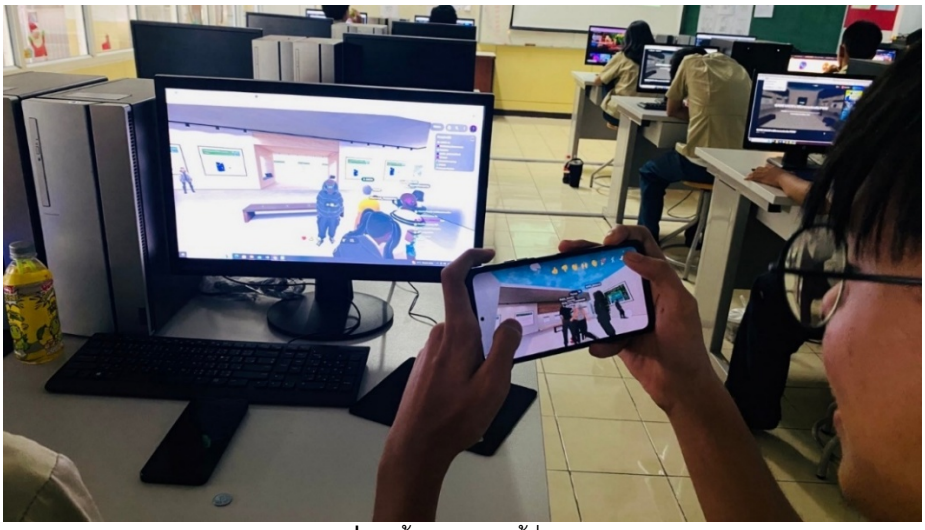
E	หมายถึง	การทดลองที่มีผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 26 คน
O_1	หมายถึง	ทดสอบก่อนเรียน
X	หมายถึง	ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน
O_2	หมายถึง	ทดสอบหลังเรียน

ใช้การประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนรู้แบบ Normalized Gain จาก Richard R. Hake (1998) ในการประเมินผลความก้าวหน้าของผู้เรียน

ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้เรียนในระดับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพนครปฐม ที่เรียนวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 26 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วย ชุดเกมประกอบการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม spatial

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทดสอบทักษะการเขียนโปรแกรม จำนวน 20 ข้อ และ แบบประเมินแรงจูงใจการมีส่วนร่วมในกิจกรรมของผู้เรียนในชั้นเรียน โดยมีกรอบแนวคิดในการทำวิจัยแสดงดังภาพที่ 1 หลังจากสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประเมินความเหมาะสมในการนำเครื่องมือในการวิจัยไปทดลองใช้ ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญพบว่า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย 4.53 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.12) สามารถนำไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยที่เรียนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ก่อนดำเนินการจัดกิจกรรม ให้ผู้เรียนทำแบบทักษะการเขียนโปรแกรมจำนวน 20 ข้อ

เมื่อเริ่มทำการทดลองวิจัย ให้ผู้เรียนแบ่งออกเป็น 13 กลุ่มๆ ละ 2 คน จากนั้นจึงเริ่มสอนการส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมผ่านเกมของผู้เรียนในการสร้างสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชันจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเริ่มจากผู้เรียนจะต้อง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการเขียนโปรแกรม ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการตามตารางที่ 2 ซึ่งเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้แนวคิดที่ซับซ้อนได้อย่างสนุกสนาน และ มีส่วนร่วมมากยิ่งขึ้นทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจการสร้างสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นแสดงดังภาพที่ 2 แล้วจึงให้ผู้เรียนเริ่มปฏิบัติการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ตามใบงาน แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านเกม



ภาพที่ 3 ผู้เรียนฝึกเขียนคำสั่งโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

หลังจากดำเนินกิจกรรมฝึกเขียนโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการสร้างสถานการณ์เพื่อสร้างให้เกิดอุปสรรคในการเขียนโปรแกรมสั่งงานเพื่อควบคุมมอเตอร์ด้วยสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชันจากไมโครคอนโทรลเลอร์ หากผู้เรียนพบอุปสรรคที่ไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยตนเอง ผู้สอนจะเป็นผู้ชี้แนะเพื่อให้ผู้เรียนในกลุ่มตนเอง และ เพื่อนต่างกลุ่ม ร่วมกันแก้ปัญหา แสดงดังภาพที่ 4 หลังจากผู้เรียนแก้ปัญหาได้แล้ว จึงให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบทักษะการเขียนโปรแกรมจำนวน 20 ข้อ ข้อสอบในการวัดเป็นข้อสอบชุดเดียวกับข้อสอบวัดผลก่อนเรียนแต่นำมาสลับข้อ และ สลับชุดคำตอบ หลังจากทำการทดสอบเสร็จแล้ว จึงให้ผู้เรียนทำแบบประเมินแรงจูงใจของผู้เรียน แล้วนำมาคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ประกอบไปด้วย ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน




ภาพที่ 4 ผู้เรียนชี้แนะการเขียนโปรแกรมแก่ผู้เรียนเพื่อแก้ปัญหาการเขียนโปรแกรม

ตารางที่ 2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเกมเรื่องการสร้างสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชันจากไมโครคอนโทรลเลอร์

ขั้นตอนการเรียนรู้	**หัวข้อการเรียนรู้**	
	การสร้างเกม	**ภารกิจการเรียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์**
ขั้นที่ 1 ขั้นก่อนใช้เกม	1. ครูจัดเตรียมเกมร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UR3 2. ครูและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายความรู้เดิม 3. ยกตัวอย่างสถานการณ์เหตุการณ์ใกล้ตัว ผู้เรียนที่เชื่อมโยงกับเนื้อหาภายในชั่วโมง 4. ครูชี้แจงกติกาการเล่นเกม วัตถุประสงค์ การเรียนรู้ ลักษณะกิจกรรม	

ขั้นตอนการเรียนรู้	หัวข้อการเรียนรู้	
	การสร้างเกม	ภารกิจการเรียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์
	5. ผู้เรียนรับฟังลักษณะของเกม กติกาการเล่น 6. แบ่งกลุ่มผู้เรียนแบ่งคละตามความสามารถ เก่ง ปานกลาง อ่อน สอดคล้องกับเกมที่เล่น	
ขั้นที่ 2 ขั้นระหว่างใช้เกมร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UR3	1. ผู้เรียนเริ่มดำเนินเล่นเกมตามกติกาที่ครู กำหนด 2. ครูช่วยให้คำแนะนำและชี้แนะการเล่นเกม และกระบวนการเล่นเกมด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์	
ขั้นที่ 3 ขั้นหลังใช้เกม	1. ครูและผู้เรียนร่วมกันสรุปคะแนนจากเกม 2. ครูและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาสำคัญและ สิ่งที่ได้รับจากการเล่นเกม 3. ผู้เรียนซักถามเพิ่มเติมเนื้อหาที่ผู้เรียน ยังไม่เข้าใจ	 

ผลการศึกษา

หลังจากที่ผู้วิจัยดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเรียนรู้ผ่านเกม ก่อนที่จะนำไปใช้ทดลองกับผู้เรียนที่เข้าร่วมวิจัย ผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยมีผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ (พิชิต และคณะ,2563)

ลำดับ	หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมินความเหมาะสม		
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
1	ด้านเนื้อหาของบทเรียน	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
2	ด้านคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
3	ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
ผลการประเมินรวมทั้ง 3 ด้าน		**4.53**	**0.12**	**เหมาะสมมากที่สุด**

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยกิจกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผลการประเมินความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.12 ซึ่งอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

เมื่อนำไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยที่เป็นผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปีที่ 3 จำนวน 26 คน ทำการทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบทักษะการเขียนโปรแกรมจำนวน 20 ข้อ หลังจากการดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ครบแล้วจึงให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบทักษะการเขียนโปรแกรม ที่เป็นข้อสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน โดยนำแบบทดสอบมาสลับข้อ และ สลับชุดคำตอบ ทำการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยวิธี Normalized Gain มีผลคะแนน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยวิธี Normalized Gain

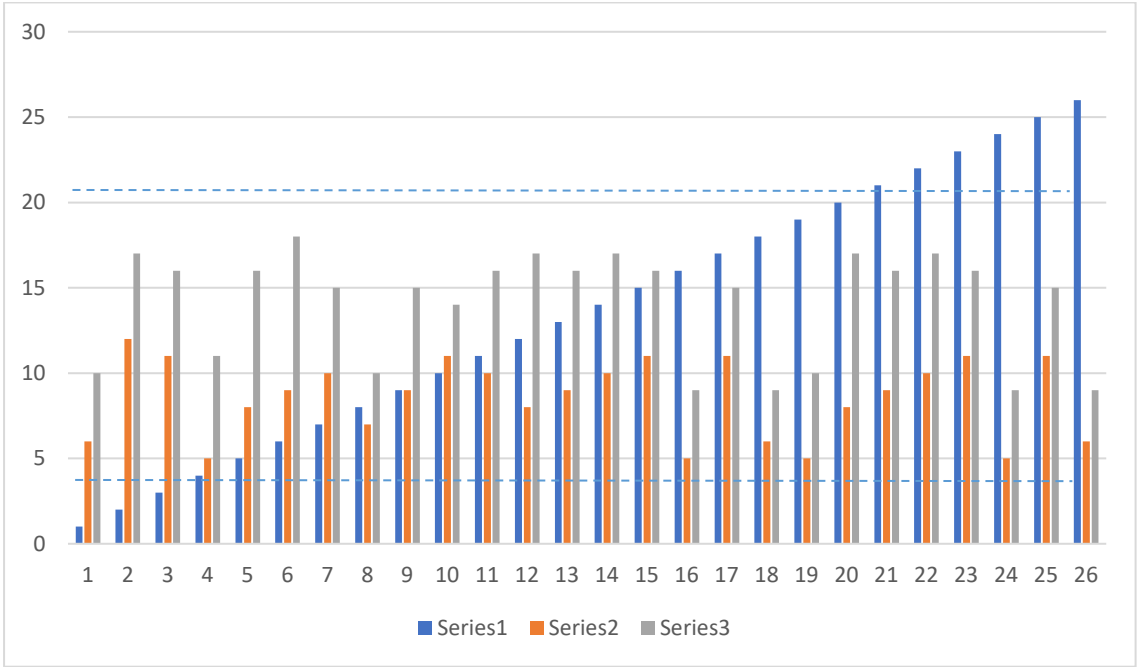
นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน (20 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (20 คะแนน)	Normalized Gain	ระดับความก้าวหน้า
1	6	10	0.29	ระดับต่ำ
2	12	17	0.63	ระดับกลาง
3	11	16	0.56	ระดับกลาง
4	5	11	0.40	ระดับกลาง
5	8	16	0.67	ระดับกลาง
6	9	18	0.82	ระดับสูง
7	10	15	0.50	ระดับกลาง
8	7	10	0.23	ระดับต่ำ
9	9	15	0.55	ระดับกลาง
10	11	14	0.33	ระดับกลาง
11	10	16	0.60	ระดับกลาง
12	8	17	0.75	ระดับสูง
13	9	16	0.64	ระดับกลาง
14	10	17	0.70	ระดับสูง

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน (20 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (20 คะแนน)	Normalized Gain	ระดับความก้าวหน้า
15	11	16	0.56	ระดับกลาง
16	5	9	0.26	ระดับต่ำ
17	11	15	0.44	ระดับกลาง
18	6	9	0.21	ระดับต่ำ
19	5	10	0.33	ระดับกลาง
20	8	17	0.75	ระดับสูง
21	9	16	0.64	ระดับกลาง
22	10	17	0.70	ระดับสูง
23	11	16	0.56	ระดับกลาง
24	5	9	0.26	ระดับต่ำ
25	11	15	0.44	ระดับกลาง
26	6	9	0.21	ระดับต่ำ

ระดับสูง หมายถึง นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับสูง สามารถเรียนรู้เนื้อหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระดับกลาง หมายถึง นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับปานกลาง สามารถเรียนรู้เนื้อหาได้ในระดับหนึ่ง

ระดับต่ำ หมายถึง นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับต่ำ อาจมีปัญหาในการเข้าใจเนื้อหาหรือวิธีการสอน



ภาพที่ 8 ผลความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่เพิ่มขึ้นแบบรายบุคคล แบบ Normalized Gain

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนที่ใช้ชุดการเรียนรู้ โดยได้ทำการทดสอบความเข้าใจในเนื้อหาก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียน จำนวน 26 คน ด้วยวิธี Normalized Gain ผลการวิจัย พบว่า ผู้เรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคลอยู่ในระดับสูง จำนวน 5 คน ผู้เรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 15 คน และผู้เรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ จำนวน 6 คน ตามลำดับ โดยรายละเอียดผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยวิธี Normalized Gain แสดงไว้ในตารางที่ 4 และภาพที่ 8 ตรงตามสมมุติฐานข้อที่ 1

ตารางที่ 5 ผลคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทดสอบสมรรถนะของผู้เรียนด้วยแบบทดสอบด้านปฏิบัติ

การสอบ	คะแนนเต็ม	จำนวนผู้เรียน	ค่าเฉลี่ย	เกณฑ์ประเมินที่ผ่าน 70 %	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สอบด้านปฏิบัติ	20	26	15.88	23	2.10

จากตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยคะแนนของผู้เรียนทดสอบสมรรถนะของผู้เรียนด้วยแบบทดสอบด้านปฏิบัติเท่ากับ 15.88คะแนน และสูงกว่าเกณฑ์ 70 คิดเป็นร้อยละ 88.46

ตารางที่ 6 ผลการประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนที่มีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ผ่านเกม เรื่องการสร้างสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชันจากไมโครคอนโทรลเลอร์ (อดุลย์, ศศิธร และ ศุภชัย ,2566)

ลำดับ	หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมินความพึงพอใจ			
		จำนวนผู้เรียน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนฯ	แปลผล
1	ความสนใจที่จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน	26	4.77	0.44	มากที่สุด
2	เนื้อหาในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีความน่าสนใจ	26	4.77	0.44	มาก
3	เนื้อหาในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีความชัดเจนและทำให้ฉันมีสมาธิ ในชั้นเรียนมากขึ้น	26	4.77	0.44	มากที่สุด
4	รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ช่วยกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของฉันได้	26	4.85	0.38	มากที่สุด
5	รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ทำให้ฉันรู้สึกตื่นเต้นสนุก เพลิดเพลินในการเรียนรู้มากขึ้น	26	4.77	0.44	มากที่สุด
6	เนื้อหาการเรียนรู้เรื่องนี้จะเป็นประโยชน์กับฉันในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์	26	4.92	0.28	มากที่สุด
7	ภาพ เสียง เนื้อหาภายในฉากช่วยให้ฉันเข้าใจเนื้อหาการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น	26	4.85	0.38	มากที่สุด
8	เป้าหมายรูปแบบการจัดการเรียนรู้ นั้นสอดคล้องกับสิ่งที่ฉันได้เรียนรู้ในชั้นเรียนและฉันสามารถเรียนรู้ได้ในชีวิตประจำวัน	26	4.77	0.44	มากที่สุด

ลำดับ	หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมินความพึงพอใจ			
		จำนวนผู้เรียน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนฯ	แปลผล
9	รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นสื่อที่ช่วยสร้างความมั่นใจ	26	4.77	0.44	มาก
10	หลังจากใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ แล้วทำให้ฉันมั่นใจในความสามารถในการเรียนรู้มากขึ้น	26	4.92	0.28	มากที่สุด
11	วิธีเรียนรู้การส่งเสริมการเขียนโปรแกรม ด้วยเกมทำให้ฉันรู้สึกว่ามันแปลกใหม่	26	4.85	0.38	มากที่สุด
12	จากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ นี้ทำให้ฉันรู้สึกชอบเรียนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์มากขึ้น	26	4.85	0.38	มาก
13	ฉันยินดีที่ได้เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้นี้และฉันต้องการใช้ชุดการเรียนรู้นี้เพื่อการเรียนรู้นอกเวลาเรียนได้ตลอดเวลา	26	4.85	0.38	มากที่สุด
ผลการประเมินรวม			4.82	0.06	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนที่มีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ผ่านเกม เรื่องการสร้างสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชันจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีผลการประเมินอยู่ในระดับ มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.82 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.06) ตรงตามสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนมีแรงจูงใจต่อกระบวนการเรียนรู้ อยู่ในระดับ มากที่สุด

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ผ่านเกม เรื่องการสร้างสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชันจากไมโครคอนโทรลเลอร์ มาทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนระดับดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.3) จำนวน 26 คน ซึ่งส่วนสำคัญคือการพัฒนาการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบเกมเป็นฐาน เรื่องการสร้างสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชันจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเพิ่มความเข้าใจในการสร้างสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชันจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และ แทนที่การจัดการเรียนรู้แบบเดิมที่เน้นการบรรยายจากครูผู้สอนด้วยเพาว์เวอร์พอยต์แล้วทำแบบฝึกหัดตามใบสั่งงานเป็นหลัก ทำให้ผู้เรียนขาดความเข้าใจการสร้างสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชันจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลการวิจัย พบว่า ผู้เรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคลอยู่ในระดับสูง จำนวน 5 คน ผู้เรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 15 คน และ ผู้เรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ จำนวน 6 คน ตามลำดับ โดยรายละเอียดผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยวิธี Normalized Gain แสดงไว้ในตารางที่ 4 และ ภาพที่ 8 ตรงตามสมมุติฐานข้อที่ 1 ผลการประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ผ่านเกม เรื่องการสร้างสัญญาณพัลส์วิทด์มอดูเลชันจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีผลการประเมินอยู่ในระดับ มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.82 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.06) แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนมีแรงจูงใจต่อกระบวนการเรียนรู้ อยู่ในระดับมากที่สุด ตรงตามสมมุติฐานข้อ 2

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้

การใช้เกมเป็นฐานในการเรียนรู้เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างทักษะของผู้เรียน อย่างไรก็ตาม การออกแบบเนื้อหาเกม การสนับสนุนจากผู้สอน และการประเมินผลที่หลากหลายยังคงเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาในการปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ผ่านเกมให้ดียิ่งขึ้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่ได้ขึ้นอยู่กับกิจกรรมการเรียนรู้อย่างเดียว แต่มีความเกี่ยวข้องกับความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาที่ได้รับจากครูผู้สอนและผู้เรียนเองด้วย นอกจากนี้ ความพร้อมของห้องเรียนและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนก็มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนความสนใจของผู้เรียนต่อการเรียน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยบางส่วนจาก แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพนครปฐม และ ได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภชัย หอมวิมานพร อาจารย์ที่ปรึกษาบทความวิจัยที่ให้คำแนะนำ และ ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการจัดทำบทความวิจัย และการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

Bayindir, R., Kabalci, E., Kaplan, O., & Oz, Y. E. (2012). **Microcontroller based electrical machines training set.** In 15th International Power Electronics and Motion Control Conference and Exposition, EPE–PEMC 2012 ECCE Europe (pp. x–x). IEEE.

Borrás–Gené, O., Hijón–Neira, R., Paredes–Barragán, P., & Serrano–Luján, L. (2024). **A Hybrid Escape Room to Foster Motivation and Programming Education for Pre–Service Teachers.** International Journal of Game–Based Learning, 14(1), 1–17. IGI Global.

Cabrera–Solano, P. (2022). **Game–Based Learning in Higher Education: The Pedagogical Effect of Genially Games in English as a Foreign Language Instruction.** International Journal of Educational Methodology, 8(4), 719–729.

ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับ ARDUINO PWM [สืบค้นวันที่ 15 กรกฎาคม 2567] https://www.modulemore.com/en/article/21/pwm

Jong, M. S. Y., Tsai, C. C., Xie, H., & Wong, F. K. K. (2020). **Integrating interactive learner–immersed video–based virtual reality into learning and teaching of physical geography.** British Journal of Educational Technology, 51(6), 2063–2078. MDPI.

Li, L. (2019). **Using game–based training to improve students' assessment skills and intrinsic motivation in peer assessment.** Innovations in Education and Teaching International, 56(4), 423–433.

Manoharan, G., Thomas, F., Joseph, E. K., & Raghu, C. V. (2018). **Design and implementation of micro–controller training kit with GUI support.** In INDICON 2018 – 15th IEEE India Council International Conference (pp. x–x). IEEE.

Mendonça, M., Papageorgiou, K., de Mello, D. E., Papageorgiou, E. I., Fabri, J. A., de Souza, L. B., & Palácios, R. H. C. (2020, July). **Digital game-based learning in a robotics course. In 2020 11th International Conference on Information,** Intelligence, Systems and Applications (IISA) (pp. 1–7). IEEE.

Nadolny, L., Valai, A., Cherrez, N. J., Elrick, D., Lovett, A., & Nowatzke, M. (2020). **Examining the characteristics of game-based learning: A content analysis and design framework.** Computers & Education, 156, 103936.

Panskyi, T., & Rowinska, Z. (2021**). A Holistic Digital Game-Based Learning Approach to Out-of-School Primary Programming Education.** Informatics in Education, 20(2).

Patarroyo, J. F., Beauchamp, G., & Santiago, A. (2015). **Design and implementation of a microcontroller based workstation with educational purposes for the control systems area.** In Proceedings of the Frontiers in Education Conference (FIE). IEEE.

พิชิต อ้วนไตร และคณะ. (2563). **การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการโดยใช้โครงงานเป็นฐานแบบ DAPOA สำหรับการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

อดุลย์ พัดวี, ศศิธร ชูแก้ว, & ศุภชัย หอวิมานพร. (2566). **การพัฒนาชุดการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ทรานซิสเตอร์.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2562). **หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562** (ปรับปรุง พ.ศ. 2567). [สืบค้นวันที่ 15 กรกฎาคม 2567]. https://bsq.vec.go.th/th-th/

Yunus, M. M., Yen, E. L. Y., Khair, A. H. M., & Yusof, N. M. (2020). **Acquisition of vocabulary in primary schools via GoPic with QR code.** International Journal of English Language and Literature Studies, 9(3), 121–131. HR Mars.

การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียเพื่อใช้ในการเรียนการสอนรายวิชา จุลชีววิทยาสำหรับความปลอดภัยทางอาหาร

The development of multimedia for learning on microbiology for food safety

จันทนา จันโจมศึก[1*]

Chanthana Chanchomsuek[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาสื่อมัลติมีเดียสำหรับรายวิชาจุลชีววิทยาสำหรับความปลอดภัยทางอาหาร เรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้สื่อมัลติมีเดีย 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อสื่อมัลติมีเดีย ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นิสิตที่เรียนรายวิชาจุลชีววิทยาสำหรับความปลอดภัยทางอาหาร จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) สื่อมัลติมีเดียสำหรับรายวิชาจุลชีววิทยาสำหรับความปลอดภัยทางอาหาร เรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร จำนวน 3 เชื้อ 2) แบบทดสอบก่อนและหลังการใช้สื่อมัลติมีเดีย 3) แบบสอบถามความพึงพอใจสื่อมัลติมีเดีย สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย t-test (Dependent Sample) ผลการวิจัยพบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพสื่ออยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.90, SD = 0.14) คะแนนของนิสิตหลังการใช้สื่อสูงกว่าก่อนการใช้สื่ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนิสิตมีความพึงพอใจจากการใช้สื่อมัลติมีเดีย อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.78, SD = 0.45) จากการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าสื่อมัลติมีเดียสามารถพัฒนาความรู้ได้ในระดับดีมากที่สุด

คำสำคัญ: สื่อมัลติมีเดีย, แบคทีเรียก่อโรคในอาหาร, จุลชีววิทยาอาหาร

---

[1] คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao province 56000

*Corresponding authorl: chanthana.ch@up.ac.th

Abstract

The purposes of this research were to 1) develop multimedia for Microbiology for Food Safety for learning about the analysis of pathogenic bacteria in food 2) compare the learning achievement before and after trying out learning by using the multimedia 3) assess the satisfaction of students of multimedia learning. The population of study was students learning Microbiology for Food Safety 40 students. The instruments used in this research were 1) multimedia for Microbiology for Food Safety for learning about the analysis of 3 types of pathogenic bacteria in food 2) the achievement before and after learning 3) satisfaction questionnaire. The statistics used for data analysis were mean standard deviation and t-test (Dependent Sample). The results were the experts overall evaluation of multimedia performance was very satisfied level ($\bar{X}$ = 4.90, SD = 0.14). The score after using the multimedia was higher before learning at .05 level of significance. The overall score of satisfaction of multimedia users at very satisfied level ($\bar{X}$ = 4.78, SD = 0.45). From the research results, it can be concluded that multimedia can help develop knowledge at a very satisfied level.

Keywords: Multimedia, Pathogenic bacteria in food, Food Microbiology

บทนำ

การตรวจวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยาในอาหารเป็นการประเมินคุณภาพของอาหารและบ่งชี้ความปลอดภัยของผู้บริโภค ผู้ตรวจวิเคราะห์ต้องมีทักษะและความชำนาญในการทำปฏิบัติการ รวมทั้งมีความเข้าใจหลักการของการตรวจวิเคราะห์เพื่อรายงานผลการตรวจได้อย่างถูกต้องแม่นยำ จากประสบการณ์ในการเรียนการสอนพบว่านิสิตยังขาดความรู้และทักษะในการตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร ซึ่งจากงานวิจัยของศิริพล แสนบุญส่ง (2561) ได้พัฒนาสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้ เรื่องโปรแกรมค้นหา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ โรงเรียนวัดพระขาว (ประชานุเคราะห์) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้ พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับที่มากที่สุด และงานวิจัยของ เอกรัฐ ศรีสว่าง (2565) ผลของการใช้สื่อมัลติมีเดียเรื่องโน้ตดนตรีสากล ที่มีต่อการสอนเรื่องโน้ตดนตรีสากลสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันอุดมศึกษาในจังหวัดสงขลา ศึกษาผลการเรียนด้วยสื่อมัลติมีเดีย พบว่าคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่าสื่อมัลติมีเดียเป็นสื่อที่มีความน่าสนใจ เพราะเป็นสื่อที่ที่ประกอบด้วยภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว แสง สี เสียง ซึ่งเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการในการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังเป็นตัวช่วยเพิ่มแรงจูงใจให้แก่ผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดความเพลิดเพลินและเร้าความสนใจของผู้เรียน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาสื่อมัลติมีเดียเพื่อเพิ่มการเรียนรู้และช่วยพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาสื่อมัลติมีเดียสำหรับรายวิชา จุลชีววิทยาสำหรับความปลอดภัยทางอาหาร เรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังการใช้สื่อมัลติมีเดียเรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนิสิตหลังการใช้สื่อมัลติมีเดียเรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร

วิธีการศึกษา

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นิสิตระดับชั้นปริญญาตรีสาขาความปลอดภัยทางอาหาร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 40 คน

จริยธรรมในมนุษย์

งานวิจัยนี้ได้รับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่โครงการ HREC-UP-HSST 1.1/026/66

เครื่องมือที่ใช้วิจัย

1. สื่อมัลติมีเดียเรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร ผู้วิจัยเลือกเนื้อหาที่นำมาจัดทำสื่อมัลติมีเดีย เฉพาะเรื่องลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้คัดเลือกเชื้อแบคทีเรียชนิดนั้นๆ จำนวน 3 เชื้อ ได้แก่ เชื้อ *Escherichia coli* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Eosin Methylene Blue Agar เชื้อ *Staphylococcus aureus* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Baird Parker Agar และเชื้อ *Bacillus cereus* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar

2. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 2 ท่าน และด้านออกแบบสื่อ 1 ท่าน หลังจากผู้เชี่ยวชาญได้ดำเนินการตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว จะนำข้อบกพร่องและข้อเสนอแก้ไขปรับปรุงคุณภาพของสื่อมัลติมีเดียให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3. แบบทดสอบผลการเรียนรู้ โดยมีแบบทดสอบก่อนและหลังการใช้สื่อมัลติมีเดีย จำนวน15 ข้อ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังใช้สื่อมัลติมีเดีย โดยใช้ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) และวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย Dependent sample T-Test

4. แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สื่อมัลติมีเดีย เป็นแบบวัดมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยผู้วิจัยกำหนดค่าคะแนนความพึงพอใจเป็น 5 ระดับ (ระดับ 5=มากที่สุด, 4=มาก, 3=ปานกลาง, 2=น้อย,1=น้อยที่สุด) ทำการวิเคราะห์โดยใช้สถิติค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียสำหรับรายวิชา จุลชีววิทยาสำหรับความปลอดภัยทางอาหาร เรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหารโดยใช้ขั้นตอนพัฒนาตามรูปแบบ ADDIE Model แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis)

ศึกษาทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวกับลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้คัดเลือกเชื้อแบคทีเรียชนิดนั้นๆ จำนวน 3 เชื้อ ได้แก่ เชื้อ *Escherichia coli* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Eosin Methylene Blue Agar, เชื้อ *Staphylococcus aureus* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Baird Parker Agar และเชื้อ *Bacillus cereus* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar จากหนังสือ บทเรียน และเอกสารประกอบการสอน

2. ขั้นการออกแบบ (Design)

จัดทำบทเพื่อใช้ในการสร้างสื่อมัลติมีเดีย นำบทไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย เพื่อตรวจสอบรายละเอียดของเนื้อหา และนำข้อบกพร่องและข้อเสนอแนะแก้ไขปรับปรุงคุณภาพของบทให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3. ขั้นตอนการพัฒนา (Develop)

สร้างสื่อมัลติมีเดียเรื่องลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร สร้างแบบทดสอบ และแบบสอบถามความพึงพอใจของนิสิต ตรวจสอบหาค่าความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจพิจารณาและทำการประเมินสื่อมัลติมีเดีย และแบบทดสอบ

4, ขั้นตอนการทดลองใช้ (Implement)

นำสื่อมัลติมีเดียไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิตระดับชั้นปริญญาตรีสาขาความปลอดภัยทางอาหาร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 40 คน

5, ขั้นตอนการประเมินผล (Evaluate)

เก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองใช้สื่อมัลติมีเดียและนำผลการทดลองการใช้สื่อมัลติมีเดียไปประมวลผลทางสถิติเพื่อวิเคราะห์การทดลอง และสรุปผลการทดลองต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

1. สร้างสื่อมัลติมีเดีย แบบทดสอบคุณภาพสื่อมัลติมีเดีย และแบบทดสอบ จากนั้นจึงให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมิน

2. ผู้วิจัยชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน ให้ทราบถึงวัตถุประสงค์ของการทำการวิจัยในครั้งนี้โดยกลุ่มตัวอย่างต้องทำแบบทดสอบก่อนเรียน จากนั้นจึงรับชมสื่อมัลติมีเดีย เรื่อง การอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร หลังจากรับชมเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้แบบทดสอบฉบับเดียวกัน

3. นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ไปประมวลผลทางสถิติ เพื่อสรุปผลต่อไป

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การสร้างแบบประเมินคุณภาพสื่อมัลติมีเดีย ลักษณะเป็นแบบประเมินที่มีเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ใช้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ซึ่งมีเกณฑ์ในการกำหนดค่าน้ำหนักของการประเมินตามวิธีการของลิเคิร์ท (Likert) (ธานินทร์, 2551) 5 ระดับ ดังนี้

มีคุณภาพดีมาก	ให้คะแนน	5	คะแนน
มีคุณภาพดี	ให้คะแนน	4	คะแนน
มีคุณภาพปานกลาง	ให้คะแนน	3	คะแนน
มีคุณภาพน้อย	ให้คะแนน	2	คะแนน
มีคุณภาพน้อยที่สุด	ให้คะแนน	1	คะแนน

นำผลจากการประเมินมาพิจารณาค่าเฉลี่ย การกำหนดระดับการประเมินคุณภาพเครื่องมือใช้ค่าระดับน้ำหนักคะแนน กำหนดไว้ดังนี้

คะแนนค่าเฉลี่ย 4.50–5.00 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

คะแนนค่าเฉลี่ย 3.50–4.49 หมายถึง มีคุณภาพดี

คะแนนค่าเฉลี่ย 2.50–3.49 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

คะแนนค่าเฉลี่ย 1.50–2.49 หมายถึง มีคุณภาพน้อย

คะแนนค่าเฉลี่ย 1.00–1.49 หมายถึง มีคุณภาพน้อยที่สุด

การตรวจสอบเนื้อหาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ โดยมีเกณฑ์ให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน +1	เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย
ให้คะแนน 0	เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย
ให้คะแนน –1	เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย

เมื่อพิจารณาความสอดคล้องแล้วนำไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (IOC) คำนวณจากสูตร

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

IOC	คือ	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์
R	คือ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ
$\sum R$	คือ	ผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญในแต่ละคน
N	คือ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ซึ่งมีเกณฑ์ในการพิจารณาค่า IOC คือ

ค่าคะแนนตั้งแต่ 0.5–1.0 ถือว่าเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้

ค่าคะแนนต่ำกว่า 0.5 จะมีการพิจารณาปรับปรุง หรือคัดออกและขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญในการแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้มีความชัดเจนตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

การทดสอบก่อนและหลังการใช้สื่อมัลติมีเดียเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังใช้สื่อมัลติมีเดีย โดยใช้สถิติค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean: $\overline{x}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) และวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย Dependent sample T-Test

ผลการศึกษา

1. การตรวจสอบคุณภาพสื่อมัลติมีเดียโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC)

ตารางที่ 1 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของสื่อมัลติมีเดียโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน

รายการประเมิน	IOC	ความเหมาะสม
1. เนื้อหาในสื่อมัลติมีเดียง่ายต่อความเข้าใจ	1	เหมาะสม
2. เนื้อหามีความเหมาะสมในแต่ละหัวข้อ	1	เหมาะสม
3. เนื้อหามีความสอดคล้องกับภาพ	1	เหมาะสม
4. ภาพที่นำเสนอในสื่อมัลติมีเดีย	1	เหมาะสม
5. คุณภาพของเสียงประกอบ	1	เหมาะสม
6. รูปแบบตัวอักษร ขนาด และสีตัวอักษร	1	เหมาะสม
7. ความน่าสนใจของสื่อมัลติมีเดีย	1	เหมาะสม
8, กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้	1	เหมาะสม
9, เหมาะสมกับการเรียนรู้	1	เหมาะสม
10. เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอน	1	เหมาะสม

จากตารางที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพสื่อมัลติมีเดียโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ได้ผลของค่า IOC ทุกข้อเท่ากับ 1 ซึ่งมีค่าคะแนนอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.5-1 ถือว่าเหมาะสม มีความสอดคล้องทุกข้อ สามารถนำไปใช้ได้

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินคุณภาพสื่อมัลติมีเดียสำหรับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นแบบแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ใช้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินคุณภาพสื่อมัลติมีเดียสำหรับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

รายการประเมิน	$\bar{x}$	SD	ระดับคุณภาพ
1. เนื้อหาในสื่อมัลติมีเดียง่ายต่อความเข้าใจ	4.67	0.47	มากที่สุด
2. เนื้อหามีความเหมาะสมในแต่ละหัวข้อ	5	0	มากที่สุด
3. เนื้อหามีความสอดคล้องกับภาพ	5	0	มากที่สุด
4. ภาพที่นำเสนอในสื่อมัลติมีเดีย	4.67	0.47	มากที่สุด
5. คุณภาพของเสียงประกอบ	5	0	มากที่สุด
6. รูปแบบตัวอักษร ขนาด และสีตัวอักษร	5	0	มากที่สุด
7. ความน่าสนใจของสื่อมัลติมีเดีย	5	0	มากที่สุด
8, กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้	5	0	มากที่สุด
9, เหมาะสมกับการเรียนรู้	5	0	มากที่สุด
10. เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอน	5	0	มากที่สุด
ภาพรวมของการประเมิน	4.90	0.14	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพสื่อมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น พบว่า มีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.90, SD = 0.14) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของสื่อมัลติมีเดีย จากผู้เชี่ยวชาญทุกข้ออยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านเนื้อหามีระดับคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ เนื้อหามีความเหมาะสมในแต่ละหัวข้อ เนื้อหามีความสอดคล้องกับภาพ มีระดับค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ ($\bar{x}$ = 5, SD = 0) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยรองลงมา ได้แก่ เนื้อหาในสื่อมัลติมีเดียง่ายต่อความเข้าใจ มีระดับค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{x}$ = 4.67, SD = 0.47) ภาพที่นำเสนอในสื่อมัลติมีเดียมีระดับคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด มีระดับค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{x}$ = 5, SD = 0) คุณภาพของเสียงประกอบมีระดับคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด มีระดับค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{x}$ = 4.67, SD = 0.47) รูปแบบตัวอักษร ขนาด และสีตัวอักษรมีระดับคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 5, SD = 0) ความน่าสนใจของสื่อมัลติมีเดียมีระดับคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 5, SD = 0) กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 5, SD = 0) เหมาะสมกับการเรียนรู้มีระดับคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 5, SD = 0) เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอน

3. ผลการวิเคราะห์การตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบผลการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC)

การตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ได้ผลของค่า IOC) ได้ผลของค่า IOC ทุกข้อเท่ากับ 1 ซึ่งมีค่าคะแนนอยู่ในช่วง 0.5–1 ถือว่าเหมาะสม มีความสอดคล้องทุกข้อ สามารถนำไปใช้ได้

4. ผลการทดสอบความแตกต่างของระดับคะแนนก่อนและหลังการใช้สื่อมัลติมีเดียเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังใช้สื่อมัลติมีเดีย โดยใช้สถิติค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) และวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย Dependent sample T–Test

ตารางที่ 3 ผลคะแนนจากเรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร พิจารณาจากระดับคะแนนก่อนและหลังการใช้สื่อมัลติมีเดีย ของนิสิตจำนวน 40 คน

คะแนน	จำนวน	$\bar{x}$	SD	ค่า t	ค่า Sig
คะแนนก่อนใช้สื่อ	40	5.88	2.11	22.532	.000
คะแนนหลังใช้สื่อ	40	13.98	1.21	df 39	

ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

จากตารางที่ 3 ผลคะแนนจากเรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร พิจารณาจากระดับคะแนนก่อนและหลังการใช้สื่อมัลติมีเดีย ของนิสิตจำนวน 40 คน พบว่าก่อนเรียน มีค่า ($\bar{x}$ = 5.88, SD = 2.11) และหลังเรียน มีค่า ($\bar{x}$ = 13.98, SD = 1.21) เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบจากแบบทดสอบก่อนใช้สื่อมัลติมีเดีย (Pre-test) และแบบทดสอบหลังใช้สื่อมัลติมีเดีย (Post-test) โดยทดสอบสมมติฐานด้วยค่าเฉลี่ยของประชากรด้วยสถิติที (t-test) คือ เมื่อเปรียบเทียบคะแนนของนิสิตที่ทำแบบทดสอบก่อนเรียนและทำแบบทดสอบหลังเรียน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

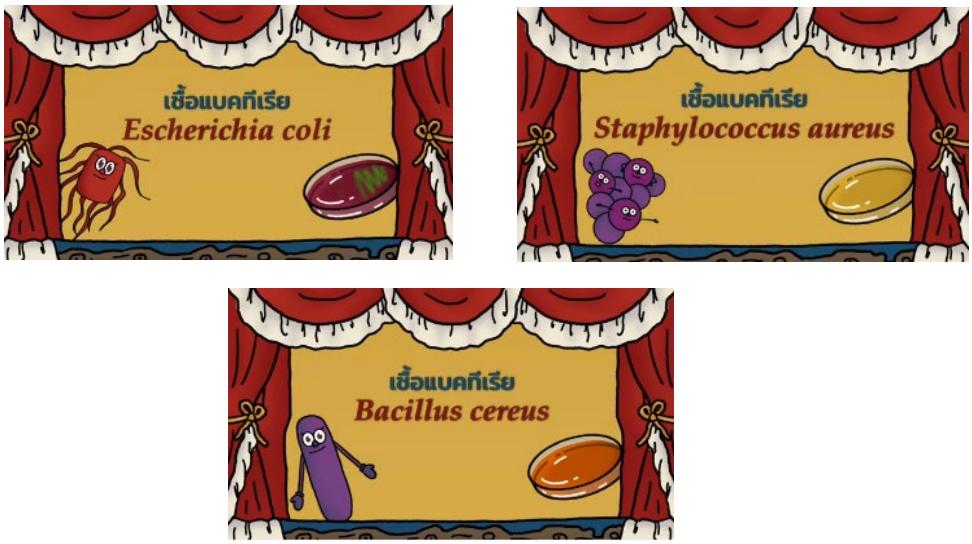
5. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อสื่อมัลติมีเดีย ลักษณะเป็นแบบแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ใช้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดียสำหรับนิสิต จำนวน 40 คน

รายการประเมิน	$\bar{x}$	SD	ระดับคุณภาพ
1. เนื้อหาในสื่อมัลติมีเดียง่ายต่อความเข้าใจ	4.78	0.48	มากที่สุด
2. เนื้อหามีความเหมาะสมในแต่ละหัวข้อ	4.80	0.46	มากที่สุด
3. เนื้อหามีความสอดคล้องกับภาพ	4.82	0.45	มากที่สุด
4. ภาพที่นำเสนอในสื่อมัลติมีเดีย	4.78	0.42	มากที่สุด
5. คุณภาพของเสียงประกอบ	4.75	0.49	มากที่สุด
6. รูปแบบตัวอักษร ขนาด และสีตัวอักษร	4.65	0.53	มากที่สุด
7. ความน่าสนใจของสื่อมัลติมีเดีย	4.85	0.43	มากที่สุด
8, กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้เมื่อเทียบกับการไม่ใช้สื่อมัลติมีเดีย	4.82	0.38	มากที่สุด
9, เหมาะสมกับการเรียนรู้	4.78	0.42	มากที่สุด
10. ความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อสื่อมัลติมีเดีย	4.80	0.46	มากที่สุด
ภาพรวมของการประเมิน	4.78	0.45	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 พบว่าผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดียสำหรับนิสิต จำนวน 40 คน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.78, SD = 0.45) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ความน่าสนใจของสื่อมัลติมีเดีย มีระดับคะแนนค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{x}$ = 4.85, SD = 0.43) รองลงมา คือ เนื้อหามีความสอดคล้องกับภาพ มีระดับคะแนนค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{x}$ = 4.82, SD = 0.45) กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้เมื่อเทียบกับการไม่ใช้สื่อมัลติมีเดีย มีระดับคะแนนค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{x}$ = 4.82, SD = 0.38) เนื้อหามีความเหมาะสมในแต่ละหัวข้อ มีระดับ

คะแนนค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{x}$ = 4.80, SD = 0.46) ความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อสื่อมัลติมีเดีย มีระดับคะแนนค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{x}$ = 4.80, SD = 0.46) เนื้อหาในสื่อมัลติมีเดียง่ายต่อความเข้าใจ มีระดับคะแนนค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{x}$ = 4.78, SD = 0.48) ภาพที่นำเสนอในสื่อมัลติมีเดีย มีระดับคะแนนค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{x}$ = 4.78, SD = 0.42) เหมาะสมกับการเรียนรู้ มีระดับคะแนนค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{x}$ = 4.78 ,SD = 0.42) คุณภาพของเสียงประกอบ มีระดับคะแนนค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{x}$ = 4.75, SD = 0.49) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนต่ำสุด คือ รูปแบบตัวอักษร ขนาด และสีตัวอักษร มีระดับคะแนนค่าเฉลี่ยที่ ($\bar{x}$ = 4.65, SD = 0.53) โดยทุกข้อมีระดับคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด



ภาพที่ 1 ประมวลภาพสื่อมัลติมีเดียเรื่องการอ่านผลการวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร

สรุปผลการศึกษา

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสื่อมัลติมีเดีย เรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร การตรวจสอบคุณภาพสื่อมัลติมีเดียโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ได้ผลของค่า IOC ทุกข้อเท่ากับ 1 ซึ่งมีค่าคะแนนอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.5–1 ถือว่าเหมาะสมมีความสอดคล้องทุกข้อ สามารถนำไปใช้ได้ ผลการประเมินคุณภาพสื่อมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น พบว่า มีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุดทุกข้อ

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อพิจารณาผลคะแนนจากแบบทดสอบก่อนและหลังการใช้สื่อมัลติมีเดีย เรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร พบว่านิสิตมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความพึงพอใจของนิสิตในการใช้สื่อมัลติมีเดีย เรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร พบว่าผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดียสำหรับนิสิตจำนวน 40 คน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

การอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสื่อมัลติมีเดีย เรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร การตรวจสอบคุณภาพสื่อมัลติมีเดียโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ได้ผลของค่า IOC ทุกข้อเท่ากับ 1 ซึ่งมีค่าคะแนนอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.5–1 ถือว่าเหมาะสมมีความสอดคล้องทุกข้อ สามารถนำไปใช้ได้ การวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญ ผลการประเมินคุณภาพสื่อมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น พบว่า มีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุดทุกข้อ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าระดับคุณภาพของสื่อมัลติมีเดีย จากผู้เชี่ยวชาญทุกข้ออยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านเนื้อหามีระดับคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ เนื้อหามีความเหมาะสมในแต่ละหัวข้อ เนื้อหามีความสอดคล้องกับภาพ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยรองลงมา ได้แก่ เนื้อหาในสื่อมัลติมีเดียง่ายต่อความเข้าใจ ภาพที่นำเสนอในสื่อมัลติมีเดีย คุณภาพของเสียงประกอบ รูปแบบตัวอักษร ขนาด และสีตัวอักษร ความน่าสนใจของสื่อมัลติมีเดีย กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้เหมาะสมกับการเรียนรู้ เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอน ตามลำดับ สรุปได้ว่าคุณภาพของสื่อมัลติมีเดียด้านเนื้อหา เสียง ตัวอักษร ความน่าสนใจ การเรียนรู้ มีคุณภาพสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนรายวิชา จุลชีววิทยาสำหรับความปลอดภัยทางอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ผลการทดสอบความแตกต่างของระดับคะแนนก่อนและหลังการใช้สื่อมัลติมีเดียเรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังใช้สื่อมัลติมีเดีย จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน พบว่าก่อนเรียน มีค่า($\bar{X}$ = 5.88, SD = 2.11) และหลังเรียน มีค่า ($\bar{X}$ = 13.98, SD = 1.21) เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบจากแบบทดสอบก่อนใช้สื่อมัลติมีเดีย(Pre–test) และแบบทดสอบหลังใช้สื่อมัลติมีเดีย (Post–test) โดยทดสอบสมมติฐานด้วยค่าเฉลี่ยของประชากรด้วยสถิติที (t–test) คือ เมื่อเปรียบเทียบคะแนนของนิสิตที่ทำแบบทดสอบก่อนเรียนและทำแบบทดสอบหลังเรียน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า คะแนนของนิสิตเพิ่มขึ้นมาจากการใช้สื่อมัลติมีเดียเรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหารที่พัฒนาขึ้น ทำให้นิสิตมีความสนใจ และทำความเข้าใจเนื้อหาได้มากขึ้น สอดคล้องกับผลวิจัยของงานวิจัยของ ก่อเกียรติ ขวัญสกุล (2561) การพัฒนาสื่อประสม หนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์กับวิดิโอโมชั่นกราฟิก เรื่อง พัฒนาการและระบบการพิมพ์ สำหรับนิสิตสาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาและคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ศึกษาผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนจากการใช้สื่อประสมที่พัฒนาขึ้น พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และงานวิจัยของศิริพล แสนบุญส่ง (2561) ได้พัฒนาสื่อมัลดิมีเดียเพื่อการเรียนรู้ เรื่องโปรแกรมค้นหา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ โรงเรียนวัดพระขาว (ประชานุเคราะห์) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้ พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับที่มากที่สุด

3. ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อสื่อมัลติมีเดียเรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.78, SD = 0.45) ทั้งนี้เนื่องจากสื่อมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นนี้ประกอบด้วยการนำเอาองค์ประกอบของสื่อชนิดต่างๆมาผสมผสานเข้าด้วยกัน ได้แก่ ตัวอักษร ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียงประกอบ และนำเสนอในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหวเพื่อกระตุ้นให้นิสิตมีความสนใจในสื่อมัลติเดีย และใช้เวลาไม่นานในการรับชมสื่อมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น เพื่อไม่ให้นิสิตรู้สึกเบื่อหน่าย จึงทำให้เกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ เทพนารินทร์ ประพันธ์พัฒน์ (2557) ได้พัฒนาสื่อการสอนมัลติมีเดีย รายวิชา

เขียนแบบวิศวกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อสื่อมัลติมีเดีย พบว่า มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 3 ข้อ ได้แก่ เนื้อหาสาระทางวิชาการมีความถูกต้อง ,มีการสังเคราะห์และเสนอความรู้ในวิชาการทันต่อความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยี ,มีการกระตุ้นให้เกิดความคิดค้นคว้าอย่างต่อเนื่องเท่าๆกันตามลำดับ

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งนี้ทำการสร้างสื่อมัลติมีเดียเฉพาะเรื่องการอ่านผลวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร ซึ่งในเนื้อหาของรายวิชาจุลชีววิทยาเพื่อความปลอดภัยทางอาหาร ยังมีเนื้อหาอื่นที่สามารถนำมาสร้างสื่อมัลติมีเดียเพื่อให้นิสิตได้เรียนรู้อีก อาทิเช่น ขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ หรือทำการสำรวจหาหัวข้ออื่นที่นิสิตต้องการเรียนรู้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินอุดหนุนการทำวิจัยเพื่อการพัฒนางานประจำ รุ่นที่ 10 มหาวิทยาลัยพะเยา ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วราภรณ์ กุศลารักษ์ และ ดร.พีรญา รัตนจันท์วงศ์ ที่ให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำจนงานวิจัยชิ้นนี้เสร็จสมบูรณ์ และนิสิตระดับชั้นปริญญาตรีสาขาความปลอดภัยทางอาหารทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมืออย่างดีในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ก่อเกียรติ ขวัญสกุล. (2561). **การพัฒนาสื่อประสม หนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์กับวิดิโอโมชั่นกราฟฟิก เรื่องพัฒนาการและระบบการพิมพ์**. สำหรับนิสิตสาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาและคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้, 4(2) , 59–76.

เทพนารินทร์ ประพัฒน์พัฒน์. (2557). **การพัฒนาสื่อการสอนมัลติมีเดีย รายวิชา “เขียนแบบวิศวกรรม”**. สาขาวิชาวิศวอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ (รายงานผลการวิจัย). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2551). **การวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS** (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: บิสซิเนสอาร์แอนด์ดี

ศิริผล แสนบุญส่ง, นิป เอมรัฐ และศักดา จันทราศรี. (2561). **การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้ เรื่องโปรแกรมค้นหา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดพระขาว (ประชานุเคราะห์) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา**, วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้, 4(2) , 1–15.

เอกรัฐ ศรีสว่าง. (2565). **ผลของการใช้สื่อมัลติมีเดียเรื่องโน้ตสากลที่มีต่อการสอนเรื่องโน้ตดนตรีสากลสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันอุดมศึกษาในจังหวัดสงขลา.** การประชุมหาดใหญ่วิชาการ ครั้งที่ 4 , 332–340.

การศึกษาการควบคุมประสานกันของ HVDC และอิเล็กโทรไลเซอร์ ด้วยตัวควบคุมพีไอดีแบบยืดหยุ่นเพื่อลดการแกว่งของความถี่ภายใต้การโจมตีไซเบอร์

The study of coordinated control of HVDC and electrolyzer by resilient PID controllers for frequency regulation under cyber-attacks

จงลักษณ์ พาหะซา[1*], สุริยา ตาดำนิล[1], ภูริณัฐ โกมาศ[1], รัชชานนท์ วงษ์กัณหา[1] และ ธนวัฒน์ ทองออน[1]
Jonglak Pahasa[1*], Suriya Tadamnil[1], Phurinut Komas[1], Ratchanon Wongkanha[1] and Thanawat Thong-on[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ทำการศึกษาการควบคุมประสานกันของสายส่งเชื่อมโยงแรงดันสูงกระแสตรง (High voltage direct current: HVDC) และอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton exchange membrane electrolyzer: PEMEL) ด้วยตัวควบคุมพีไอดีแบบยืดหยุ่น (Resilient proportional integral derivative: R-PID) เพื่อทำเสถียรภาพความถี่ระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงหลายพื้นที่ ภายใต้การโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ (Denial of service: DoS) ตัวควบคุมพีไอดีแบบยืดหยุ่นสำหรับควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน ร่วมกับการควบคุม HVDC ออกแบบโดยพิจารณาผลกระทบของการโจมตีไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ ผลการจำลองกับระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงสองพื้นที่ พบว่าการควบคุมพีไอดีแบบยืดหยุ่นสำหรับควบคุมประสานกันของการเชื่อมโยง HVDC และอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอนที่ทำการศึกษา สามารถลดการแกว่งของความถี่ได้ดีกว่าตัวควบคุมพีไอดีทั่วไป

คำสำคัญ: HVDC, อิเล็กโทรไลเซอร์, การควบคุมความถี่โหลด, การควบคุมพีไอดี, อัลกอริทึมหิ่งห้อย

Abstract

This paper examines a coordinated control strategy for high voltage direct current (HVDC) links and proton exchange membrane electrolyzers (PEMELs) to regulate the frequency of multi-area interconnected power systems using resilient proportional-integral-derivative (R-PID) controllers under denial-of-service (DoS) cyber-attacks. The resilient PID controllers for the HVDC links and PEMELs are designed with consideration of the effects of DoS cyber-attacks. Simulation results on a two-area interconnected power system demonstrate that the proposed R-PID-based HVDC and PEMEL control strategy regulates the system frequency more effectively than conventional PID controllers.

Keywords: HVDC, electrolyzer, load frequency control, PID control, firefly algorithm

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000
[1] Electrical Engineering, School of Engineering, University of Phayao, Phayao 56000
*Corresponding author : jonglak.pa@up.ac.th

บทนำ

การเพิ่มขึ้นของแหล่งจ่ายพลังงานหมุนเวียน เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ [1–2] และการเพิ่มขึ้นของโหลดที่เชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากำลังด้วยอุปกรณ์แปลงผันอิเล็กทรอนิกส์กำลัง เช่น ยานยนต์ไฟฟ้า ส่งผลให้เกิดการลดลงของเสถียรภาพความถี่ระบบไฟฟ้ากำลัง ทำให้เกิดการแกว่งของความถี่อย่างรุนแรงมากกว่าในอดีตที่ผ่านมา การควบคุมความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังจึงมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน การแก้ปัญหาการแกว่งของความถี่จากความถี่พื้นฐาน โดยปกติจะทำโดยตัวปรับความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส แต่เนื่องจากการเบี่ยงเบนความถี่ที่รุนแรงมากขึ้น จึงมีการควบคุมเสริมเพิ่มเข้ามา เช่น การใช้ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Battery energy storage system: BESS) เพื่อแก้ปัญหาการแกว่งของความถี่ที่ระบบไฟฟ้ากำลังที่รุนแรงได้ แต่เนื่องจากระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ มีราคาแพงและเมื่อหมดอายุการใช้งานไม่สามารถกำจัดเศษซากทั้งหมดทิ้งไปได้ ดังนั้น จึงมีการประยุกต์ใช้อุปกรณ์กักเก็บพลังงานประเภทอื่นๆ เพื่อใช้ลดการแกว่งของความถี่ระบบไฟฟ้ากำลัง เช่น อิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton exchange membrane electrolyzer: PEMEL) ซึ่งมีข้อดีคือ เป็นอุปกรณ์กักเก็บพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีอายุการใช้งานยาวนาน และเมื่อหมดอายุการใช้งานสามารถนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ได้ทั้งหมด [3–5]

ในอีกด้านหนึ่ง การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าด้วยสายส่งเชื่อมโยงแรงดันสูงกระแสตรง (High voltage direct current: HVDC) ก็ได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากมีข้อดีคือ มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าต่ำกว่าสายส่งเชื่อมโยงแรงดันสูงกระแสสลับ (High voltage alternating current: HVAC) และมีความสามารถที่ดีกว่าในการถ่ายโอนพลังงานจำนวนมากในระยะทางไกลๆ [1–2] HVDC เชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากำลังด้วยตัวแปลงผันอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power electronic converters) ซึ่งสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในการเชื่อมโยงเพื่อควบคุมความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังได้ [1–2]

การควบคุมประสานกันของ HVDC และตัวกักเก็บพลังงานอิเล็กโทรไลเซอร์ก็เป็นงานวิจัยที่น่าสนใจ เนื่องจาก HVDC สามารถลดการแกว่งของความถี่ระบบไฟฟ้าเชื่อมโยงได้ทั้งสองพื้นที่ (ด้านส่งและด้านรับ) ในขณะที่หากติดตั้ง PEMEL เพียงพื้นที่เดียวก็สามารถรักษาเสถียรภาพความถี่ได้เพียงพื้นที่เดียว ไม่สามารถลดการแกว่งของความถี่ในระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่อื่นได้ ดังนั้น การควบคุมประสานกันของ HVDC และ PEMEL จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ โดยตัวควบคุมที่ใช้ ก็สามารถใช้ตัวควบคุมพีไอดี (Proportional integral derivative: PID) ที่หาค่าพารามิเตอร์เหมาะสมที่สุด (Optimization) ตามหลักการออกแบบตัวควบคุมที่ดี ซึ่งจะสามารถลดการแกว่งของความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังทั้งสองพื้นที่ได้เป็นอย่างดี

อย่างไรก็ตาม การส่งผ่านสัญญาณควบคุมเพื่อควบคุมระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงหลายพื้นที่ ส่งผลให้การโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ (Denial of service: DoS) สามารถรบกวนการทำงานของตัวควบคุม HVDC ได้ ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการควบคุมลดลงและเกิดผลเสียหายต่อระบบไฟฟ้ากำลังที่ทำการควบคุมได้ ดังนั้น ตัวควบคุมพีไอดีที่เหมาะสมที่สุดในขั้นต้นอาจไม่สามารถรักษาความถี่ให้อยู่ในช่วงที่ต้องการได้เมื่อมีการรบกวนทางไซเบอร์แบบ DoS ดังนั้นการออกแบบตัวควบคุมพีไอดีจะต้องพิจารณาผลของการขาดหายไปของสัญญาณควบคุมเนื่องจากการโจมตีไซเบอร์ได้

งานวิจัยนี้ นำเสนอการควบคุมประสานกันของ HVDC และอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิด PEMEL เพื่อลดการแกว่งของความถี่ระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงหลายพื้นที่ ด้วยตัวควบคุมพีไอดีแบบยืดหยุ่น (Resilient PID: R–PID) ที่ออกแบบโดยพิจารณาผลของการโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ วิธีการควบคุมที่นำเสนอนี้สามารถลดการแกว่ง

ของความถี่ในระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงสองพื้นที่ทำการศึกษาได้ทั้งในกรณีปกติและกรณีการโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1) เพื่อศึกษาการควบคุมประสานกันของ HVDC และอิเล็กโทรไลเซอร์ PEMEL ที่ถูกควบคุมด้วยตัวควบคุมพีไอดีแบบยืดหยุ่น (resilient PID: R–PID) ภายใต้การโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ

2) เพื่อออกแบบตัวควบคุมพีไอดียืดหยุ่น สำหรับการควบคุมประสานกันของ HVDC และเล็กโทรไลเซอร์ PEMEL ที่พิจาณาผลของการโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ

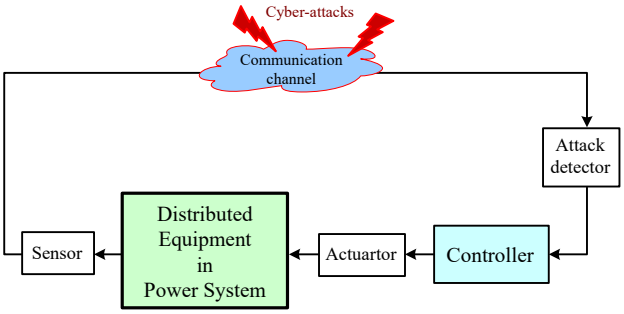
3) เพื่อเปรียบเทียบผลการจำลองวิธีการออกแบบตัวควบคุมพีไอดียืดหยุ่นที่พิจาณาผลของการโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการที่นำเสนอและวิธีการควบคุมแบบพีไอดีทั่วไป

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน (ถ้ามี)

1. การควบคุมแบบกระจายตัวในระบบไฟฟ้ากำลังภายใต้การโจมตีทางไซเบอร์

ในการควบคุมแบบกระจายตัวของระบบไฟฟ้ากำลัง ตัวควบคุมจะถูกวางไว้ใกล้กับอุปกรณ์ต่างๆ แบบกระจายตัว เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ และโหลดอัจฉริยะ เช่นยานยนต์ไฟฟ้า ประสิทธิภาพแบบไดนามิกของระบบไฟฟ้ากำลัง สามารถปรับปรุงได้อย่างมีนัยสำคัญโดยสัญญาณที่ส่งจากเซ็นเซอร์ไปยังตัวควบคุมแบบกระจายตัว อย่างไรก็ตาม การโจมตีทางไซเบอร์นั้นแพร่หลายในเครือข่ายการสื่อสารและส่งผลกระทบอย่างมากต่อความมีเสถียรภาพ การทำงาน และการควบคุม ของไมโครกริด

รูปที่ 1 แสดงการควบคุมระบบไฟฟ้ากำลัง ภายใต้การโจมตีทางไซเบอร์ การโจมตีทางไซเบอร์จะเกิดขึ้นในช่องทางการสื่อสารระหว่างบล็อกตัวตรวจรู้ (Sensor) และตัวควบคุม (Controller) การโจมตีทางไซเบอร์จะทำความเสียหายให้กับการดำเนินงานของระบบด้วยการยกเลิกการบริการการสื่อสาร [5] ซึ่งอาจทำให้ประสิทธิภาพของตัวควบคุมลดลงระหว่างการโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ ในความหมายนี้ บล็อกตัวควบคุม (Controller) ควรได้รับการออกแบบเพื่อลดผลกระทบจากสัญญาณการสื่อสารที่ขาดหายไปที่เป็นผลมากจากการโจมตีชนิดปฏิเสธการให้บริการ



รูปที่ 1 การควบคุมอุปกรณ์แบบกระจายตัวในระบบไฟฟ้ากำลังภายใต้การโจมตีทางไซเบอร์

2. แบบจำลองการโจมตีทางไซเบอร์ชนิด DoS

หนึ่งในข้อกังวลด้านความปลอดภัยที่ร้ายแรงที่สุดสำหรับระบบไซเบอร์–กายภาพ (Cyber–physical systems) คือการโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ (Denial of service: DoS) [5] เพื่อครอบครองหรือใช้ทรัพยากรที่จำกัด การโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ จะส่งข้อมูลที่ทำให้เข้าใจผิดและไม่มีความหมายไปยัง

ส่วนประกอบของระบบไฟฟ้า [5] ช่วงเวลาเหตุการณ์การโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ สามารถระบุได้โดยสมการต่อไปนี้

$$\Im(0,\infty) \subseteq \bigcup_{l\in\mathbb{N}}[T_{on,l}, T_{off,l}] \tag{1}$$

เมื่อ T คือ ช่วงเวลาการชักตัวอย่าง (Sampling period)

$T_{on,l} \in [T_{on}^{\min}, T], l \in \mathbb{N}$ คือ เวลาที่เกิดการโจมตีทางไซเบอร์ครั้งแรก หรือเวลาเริ่มเกิดการโจมตีทางไซเบอร์

$T_{off,l} \in [T_{off}^{\min}, T], l \in \mathbb{N}$ คือ ช่วงเวลาที่การโจมตีทางไซเบอร์สิ้นสุดลง

$T_{on} < T_{off} \le T$ คือ เวลาทริกเกอร์ (Trigger time) สำหรับการโจมตีทางไซเบอร์แต่ละครั้ง

$T_{off} - T_{on}$ คือ ระยะเวลาการโจมตีทางไซเบอร์ (Cyber–attack duration)

แบบจำลองของการโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ แบบตัวแปรสุ่มไม่เป็นรายคาบ (Nonperiodic random variable DoS attack) ในช่วงเวลาเกิดการโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริกา ทั้งหมดสามารถกำหนดได้ดังสมการ

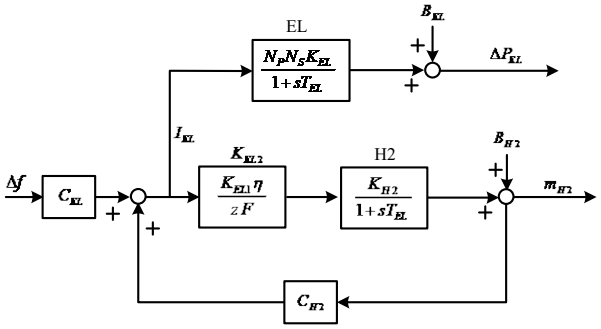
$$S_{DoS}(t) = \begin{cases} 0, & t \in \Im(0,\infty) \\ 1, & t \notin \Im(0,\infty) \end{cases} \tag{2}$$

เมื่อ $S = 0$ คือ การเกิดขึ้นของการโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ

$S = 1$ คือ การส่งสัญญาณปกติ

3. แบบจำลอง MEMEL สำหรับการควบคุมความถี่

ไฮโดรเจนอิเล็กโทรลิซิส (Hydrogen electrolysis) คือเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานแบบพลังงานเป็นก๊าซ ซึ่งทำให้ง่ายต่อการทำงานร่วมกับแหล่งจ่ายพลังงานหมุนเวียนที่ไม่ต่อเนื่อง ในวงกว้างไปสู่ระบบพลังงานแห่งอนาคต รูปที่ 2 แสดงวงจรสมมูลทางไฟฟ้าไดนามิกของ PEMEL สำหรับการควบคุมความถี่ [3–4]



รูปที่ 2 แบบจำลอง PEMEL สำหรับการควบคุมความถี่ที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองเชิงเส้นของ PEMEL สำหรับการควบคุมความถี่ระบบไฟฟ้ากำลัง แสดงดังรูปที่ 2 โดยต้องมีการพิจารณา T_{EL} ด้วยเมื่อมีการใช้ PEMEL สำหรับปรับความถี่ในระบบไฟฟ้ากำลัง การควบคุมและการปรับการใช้กำลังไฟฟ้าของ PEMEL จะมีการหน่วงเวลาเท่ากับ T_{EL} ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดของความถี่ระบบไฟฟ้ากำลัง ดังนั้น การใช้กำลังไฟฟ้าของ PEMEL สามารถอธิบายด้วยการแปลงลาปลาซ ดังสมการต่อไปนี้ [4–5]

$$P_{EL}(s) = \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} I_{EL}(s) + B_{EL} \tag{3}$$

เมื่อ K_{EL} และ B_{EL} คือสัมประสิทธิ์และค่าเริ่มต้นของการใช้กำลังไฟฟ้าของ PEMEL โดยอัตราการผลิตไฮโดรเจนขั้นปลาย (downstream hydrogen production rate) m_{H2} มีหน่วยเป็น $[Nm^3/s]$ แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$m_{H2}(s) = K_{EL1}\frac{\eta_F\, I_{EL}(s)}{z\, F} \tag{4}$$

เมื่อ K_{EL1} คือ สัมประสิทธิ์การเปลี่ยน mole/s ไปเป็น Nm^3/s

z คือ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอน

F คือ ค่าคงตัวของฟาราเดย์ (Faraday's constant)

η_F คือ สัมประสิทธิ์ของฟาราเดย์

เวลาหน่วง T_{EL} อาจเปลี่ยนการผลิตของแบบจำลองย่อยไฮโดรเจนเมื่ออัตราการสังเคราะห์ไฮโดรเจนเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของกระแสไฟฟ้า ดังนั้น การผลิตของแบบจำลองย่อยไฮโดรเจนแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$m_{H2}(s) = \frac{K_{EL2}K_{H2}}{1+sT_{EL}} I_{EL}(s) + B_{H2} \tag{5}$$

$$K_{EL2} = K_{EL1}(\frac{\eta_F}{zF}) \tag{6}$$

เมื่อ K_{H2} คือ สัมประสิทธิ์ของไฮโดรเจน

B_{H2} คือ ค่าเริ่มต้นอัตราการผลิตไฮโดรเจน

ในกรณีที่ต้องการผลิตแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้าสำหรับการใช้งานในระบบไฟฟ้า เรียกการต่อแบบนี้ว่าเป็น PEMEL stack ซึ่งจะมีการต่อ PEMEL แบบขนานและอนุกรมเพื่อให้ได้ แรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้าตามต้องการ ซึ่งแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$V_{EL,stack} = N_S V_{EL} \tag{7}$$

$$I_{EL,stack} = N_P I_{cell} \tag{8}$$

$$P_{EL,stack} = V_{EL,stack}\, I_{EL,stack} \tag{9}$$

เมื่อ N_S คือ จำนวนเซลล์ที่ต่ออนุกรมต่อหนึ่ง PEMEL stack

N_P คือ จำนวนเซลล์ที่ต่อขนานต่อหนึ่ง PEMEL stack

กระแสของ PEMEL stack ($I_{EL,stack}$) สามารถปรับเพื่อควบคุมอัตราการผลิตไฮโดรเจนด้านต่ำ (downstream) และการใช้กำลังไฟฟ้า ดังแสดงในสมการ (8) และ (9) โดยเป้าหมายของการควบคุมอัตราการผลิตไฮโดรเจนคือ เพื่อรักษาการแกว่งของอัตราการผลิตไฮโดรเจนด้านต่ำ โดยความแตกต่างระหว่างอัตรากระแสของการผลิตไฮโดรเจน ถูกแสดงโดย m_{pre} และค่าก่อนหน้านั้นแสดงโดย m_{past} ซึ่งทั้งสองค่านี้ถูกใช้เพื่อเปลี่ยนอัตราการผลิตไฮโดรเจนด้านต่ำของ PEMEL stack ซึ่งความแตกต่างนี้สามารถเขียนได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta m_{H2}(s) = m_{pre}(s) - m_{past}(s) \tag{10}$$

ดังนั้น การเบี่ยงเบนกระแสของ PEMEL สามารถเขียนได้ดังสมการ

$$\Delta I_{EL}(s) = C_{H2}(s)\cdot\Delta m_{H2}(s) \tag{11}$$

เมื่อ C_{H2} คือ ตัวควบคุมในตัวซึ่งควบคุมอัตราการผลิตไฮโดรเจน

เพื่อให้ได้คุณสมบัติการปรับความถี่ได้ C_{EL} จึงถูกเพิ่มเข้าไปเพื่อปรับอัตราการผลิตไฮโดรเจน สำหรับการควบคุมความถี่ [5] ดังนั้นสมการ (11) จึงสามารถเขียนใหม่อีกครั้ง ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta I_{EL}(s) = C_{H2}(s)\cdot\Delta m_{H2}(s) + C_{EL}(s)\cdot\Delta f(s) \tag{12}$$

เมื่อ Δf คือการเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลัง

แทนสมการ (12) ในสมการ (9) จะได้ การเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของ PEMEL ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta P_{EL}(s) = \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} C_{H2}(s)\cdot\Delta m_{H2}(s) + \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} C_{EL}(s)\cdot\Delta f(s) \tag{13}$$

ดังสมการ (13) จะเห็นว่ามีพารามิเตอร์ 2 ตัว ที่สัมพันธ์กับการปรับกำลังไฟฟ้าดำเนินการของ PEMEL นั่นคือ

(1) การแกว่งของอัตราการผลิตไฮโดรเจน (Δm_{H2})

(2) การเบี่ยงเบนของความถี่ (Δf)

โดยการแกว่งของอัตราการผลิตไฮโดรเจนสามารถละทิ้งได้ เนื่องจากช่วงเวลาการปรับความถี่สั้นมาก (มากสุด 30 s) [5] ผลที่ได้คือ มีความเป็นไปได้ที่จะสมมติให้การแกว่งของอัตราการผลิตไฮโดรเจนมีค่าคงที่ระหว่างช่วงเวลาการควบคุมความถี่นี้ [5] ดังนั้น สมการ (13) สามารถแสดงในรูปแบบอย่างง่ายได้เป็นดังสมการ

$$\Delta P_{EL}(s) = C_{EL}(s) \cdot \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} \cdot \Delta f(s) \tag{14}$$

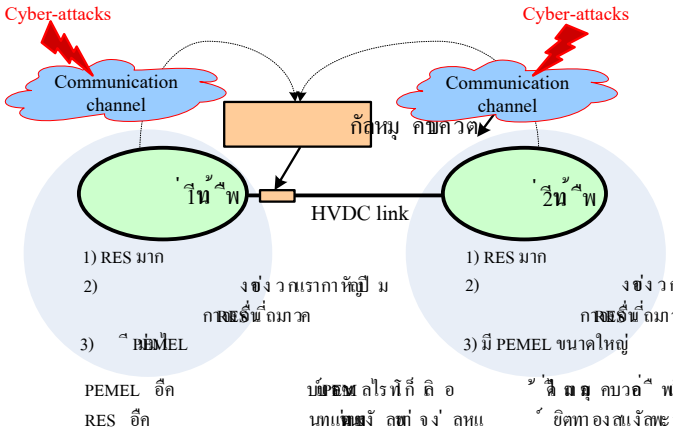
ในการศึกษานี้ R-PID ได้ถูกใช้เพื่อควบคุม PEMEL สำหรับการปรับความถี่ ซึ่ง Δf คืออินพุตของ R-PID ซึ่งถูกใช้เพื่อคำนวณสัญญาณควบคุมสำหรับตัวควบคุม PEMEL ดังนั้น เมื่อใช้ RPID เพื่อควบคุม PEMEL สำหรับการปรับความถี่ สมการ (14) เขียนใหม่ได้เป็นดังสมการ

$$\Delta P_{EL}(s) = \Delta f \cdot \left(K_P + \frac{K_I}{s} + sK_D \right) \cdot \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} \tag{15}$$

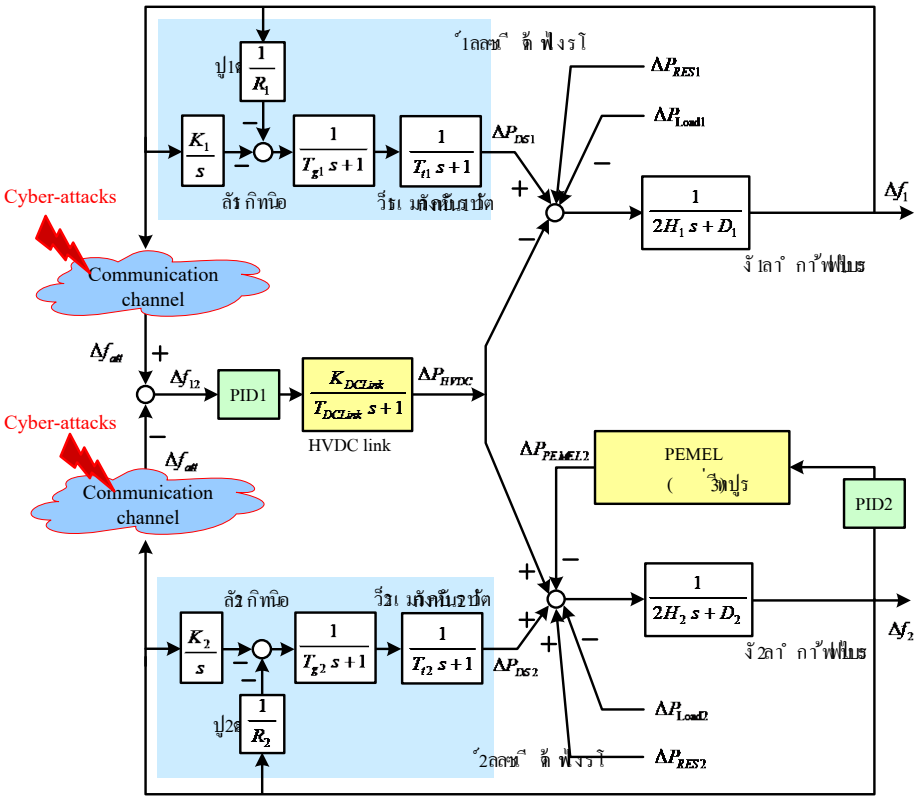
วิธีวิทยาการวิจัย

1. ระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้ในการศึกษา

ระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงสองพื้นที่ด้วยสายส่งเชื่อมโยง HVDC ที่ใช้ในการศึกษาแสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งจะเห็นว่าในพื้นที่ 1 มีแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน เช่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมและพลังแสงอาทิตย์ ในที่นี้ สมมุติว่ามีปัญหาการแกว่งของความถี่เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมและพลังแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาโดยใช้การควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิด PEMEL ที่มีอยู่เพื่อลดการแกว่งของความถี่ได้ ดังได้นำเสนอใน [3-4] อย่างไรก็ตาม การแก้ปัญหาโดยใช้ PEMEL เพื่อลดการแกว่งของความถี่นี้อาจไม่สามารถทำได้ดีเพียงพอ เนื่องจากการส่งสัญญาณเพื่อควบคุม HVDC และ PEMEL อาจถูกโจมตีไซเบอร์ โดยเฉพาะการโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ



รูปที่ 3 ระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงสองพื้นที่ด้วยสายส่งเชื่อมโยง HVDC



รูปที่ 4 แบบจำลองเชิงเส้นของระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้ในการศึกษา

รูปที่ 4 แสดงแบบจำลองเชิงเส้นของระบบที่ใช้ในการศึกษา [1–2] ซึ่งจะเห็นว่า การควบคุมประสานกันของอินเวอร์เตอร์ HVDC และ PEMEL ในสองพื้นที่ จะใช้ตัวควบคุมพีไอดี ทั้งหมดจำนวน 2 ตัว (PID1 และ PID 2) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะสมมุติว่าตัวควบคุมทั้งสองตัวนี้ ได้รับผลการจากการโจมตีทางไซเบอร์ DoS ซึ่งส่งผลให้การควบคุมความถี่ระบบไฟฟ้ากำลังมีความผิดพลาดได้

ดังแสดงในรูปที่ 4 การเบี่ยงเบนความถี่ระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ n สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$\Delta f_n = \frac{1}{2H_n s + D_n}\Delta P_n \tag{16}$$

$$\Delta P_n = \Delta P_{DS,n} + \Delta P_{PV,n} + \Delta P_{WTG,n} - \Delta P_{Load,n} - \Delta P_{EL,n} \tag{17}$$

เมื่อ H คือ ค่าความเฉื่อยไมโครกริด

D คือ การหน่วง

P_{DS} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลล์

P_{PV} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

P_{WTG} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังพลังลม

P_{Load} คือ กำลังไฟฟ้าของความต้องการโหลด

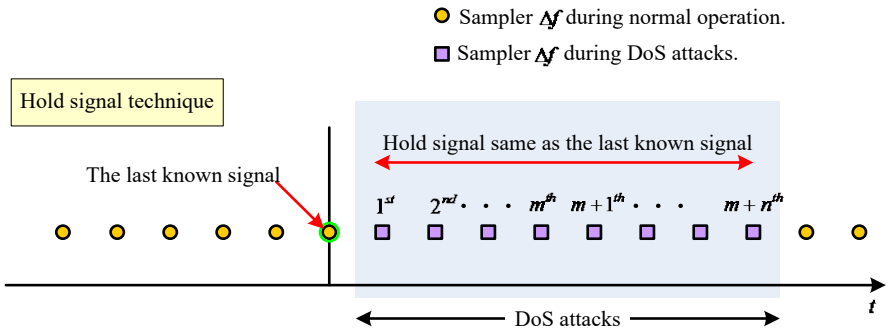
P_{EL} คือ กำลังไฟฟ้าของ PEMEL

Δ คือ การเบี่ยงเบนสัญญาณ

ตัวห้อย $n = 1,2$ คือพื้นที่ระบบไฟฟ้ากำลัง

2. R-PID ควบคุม PEMEL เพื่อปรับความถี่ภายใต้การโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ

รูปที่ 5 แสดงวิธีการใช้สัญญาณเดิมก่อนมีการรบกวนทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ ซึ่งจะเห็นว่าซ้ายมือในช่วงก่อนเกิดการโจมตีไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ จะใช้สัญญาณวงกลมสีส้มขอบนอกสีดำ ซึ่งเป็นสัญญาณที่วัดได้จริงในไมโครกริด แต่เมื่อมีการโจมตีไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ (ช่วง DoS attacks) ซึ่งเป็นช่วงไฮไลท์สีเทา สัญญาณป้อนกลับที่วัดได้จริงในระบบ (The last known signal) ซึ่งก็คือ วงกลมสีส้มอันสุดท้ายไฮไลท์วงนอกด้วยสีเขียว จะถูกใช้เป็นสัญญาณป้อนกลับ เข้าสู่ตัวควบคุมพีไอดีซ้ำๆ ไป จนกว่าการโจมตีไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ จะหายไป จึงจะกลับมาใช้สัญญาณวัดได้จริงอีกครั้งในด้านขวามือของรูปที่ 4



รูปที่ 5 วิธีการใช้สัญญาณเดิมก่อนมีการรบกวนทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ของระบบไฟฟ้ากำลัง

พื้นที่	H	D	R	K	T_g	T_t	T_{DCLink}	K_{DCLink}
1	0.9	0.20	0.4	0.1	0.01	5	0.1	0.0191
2	1.0	0.42	0.4	0.1	0.01	5		

ผลการศึกษา

1. ผลการจำลอง

ในการจำลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการนำเสนอจะใช้ระบบไฟฟ้ากำลังดังรูปที่ 2-4 จำลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink พารามิเตอร์ของระบบไฟฟ้ากำลังแสดงดังตารางที่ 1 [2-3] ซึ่งจะเห็นว่าค่าความเฉื่อย (H) ไมโครกริด มีค่าค่อนข้างต่ำ นั่นคือ ค่าความเฉื่อยในพื้นที่หนึ่ง มีค่าเป็น 0.9 และในพื้นที่สอง มีค่าเป็น 1.00 (โดยปกติ ในอดีต ระบบไฟฟ้ากำลัง ที่มีเฉพาะ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส และโหลดทั่วไป จะมีค่าความเฉื่อย อยู่ระหว่าง 5-12)

พารามิเตอร์ของแบบจำลอง PEMEL มีดังนี้ [3-4]

ขนาดกำลังไฟฟ้าของอิเล็กโทรเลเซอร์ $P_{EL} = 5$ MW,

ค่าเกนของอิเล็กโทรเลเซอร์ $K_{EL} = 1.6$ W / A,

ค่าเกนของอิเล็กโทรเลเซอร์ลำดับหนึ่ง $K_{EL1} = 4841.4$ pu,

ค่าคงตัวทางเวลาของอิเล็กโทรเลเซอร์ $T_{EL} = 37$ s,

ค่าตัวเก็บประจุ (Capacitor) $C_d = 37$ F,

อัตราการผลิตไฮโดรเจนเริ่มแรก (Initial hydrogen production rate) $B_{H2} = 0.5\ \mathrm{m}^3/\mathrm{s}$,

ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเริ่มต้นของ PEMEL (Initial PEMEL power consumption) $B_{PEL} = 82\ \mathrm{W}$,

สัมประสิทธิ์ของไฮโดรเจ (Hydrogen coefficient) $K_{H2} = 0.028\ \mathrm{m}^3/\mathrm{As}$

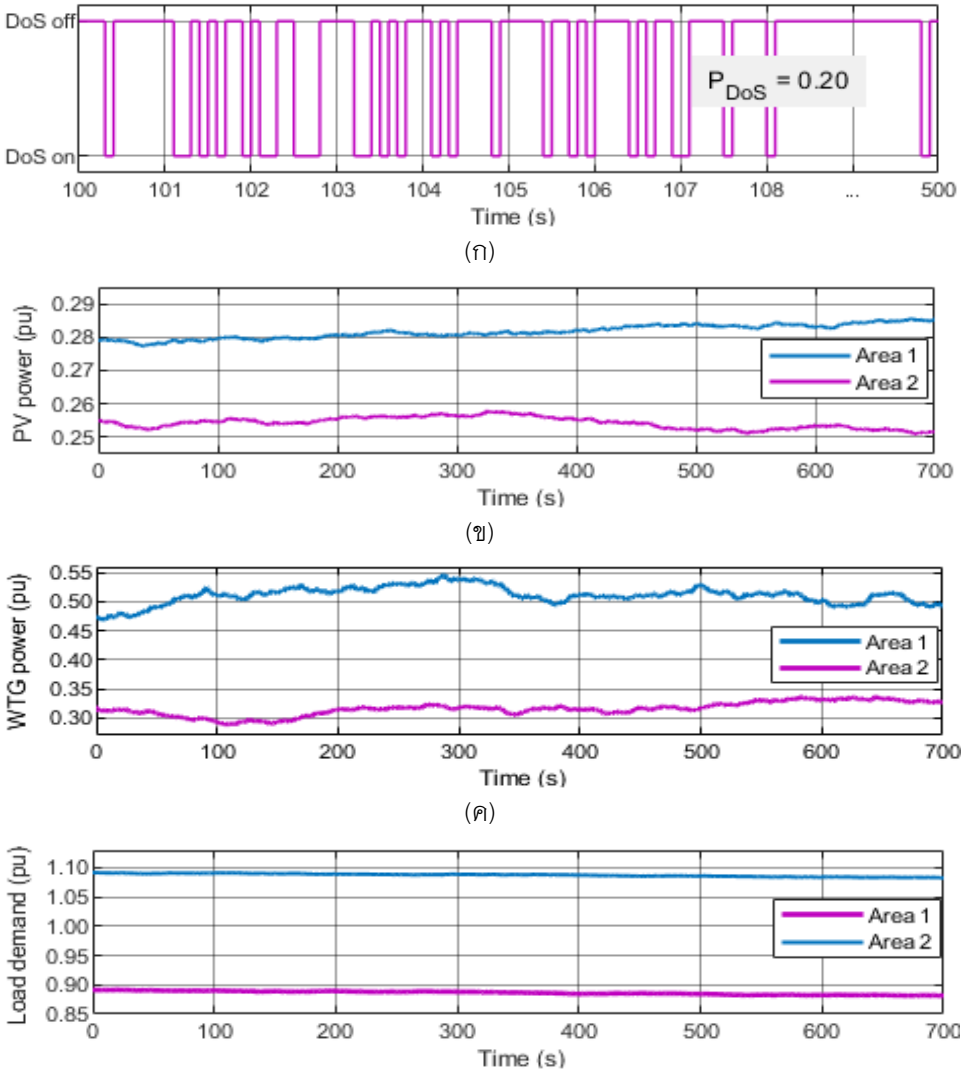
ในการจำลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีนำเสนอ ในที่นี้ จะทำการเปรียบเทียบ 3 วิธีด้วยกัน ได้แก่

(1) “R–PID” คือวิธีการนำเสนอ

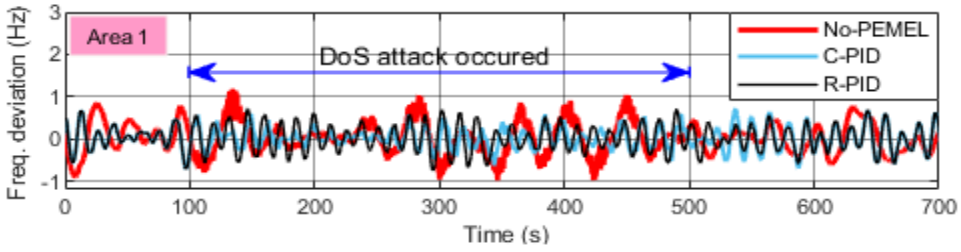
(2) “C–PID” คือการควบคุม PEMEL และ HVDC ที่ออกแบบตัวควบคุมโดยไม่พิจารณาผลของ DoS

(3) “No–PEMEL” คือการควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งเชื่อมโยง HVDC ด้วยพีไอดีทั่วไปแต่ไม่พิจารณาผลของ DoS และไม่มี PEMEL ในระบบ

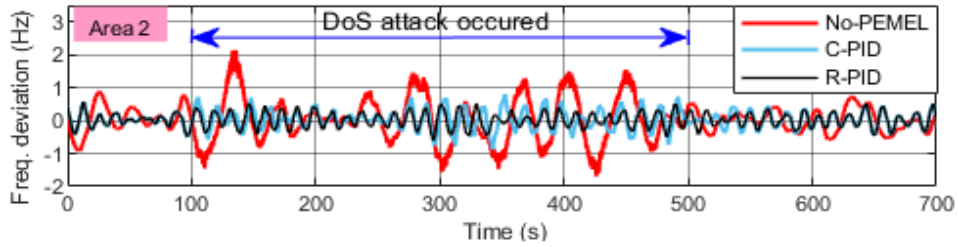
รูปที่ 6 แสดงกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม และโหลดแบบสุ่มกรณีศึกษา กรณีที่ 1 เมื่อ Area 1 คือระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 1, และ Area 2 คือระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งจะเห็นว่าพื้นที่ 1 มีกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมและพลังแสงอาทิตย์มากกว่าพื้นที่ 2



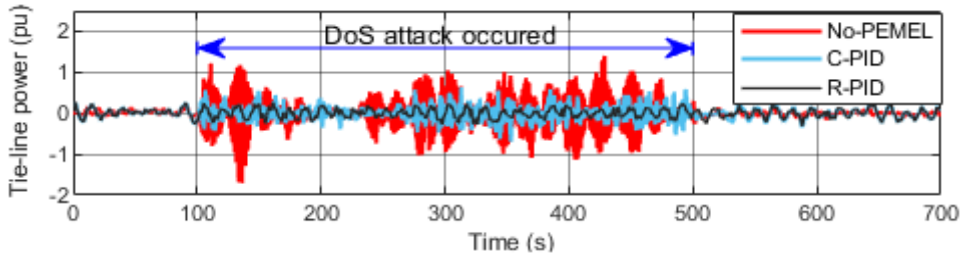
รูปที่ 6 กรณีศึกษา กรณี 1 (ก) สัญญาณการโจมตีทางไซเบอร์ (ข) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ (ค) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม (ง) โหลดแบบสุ่ม



(ก)



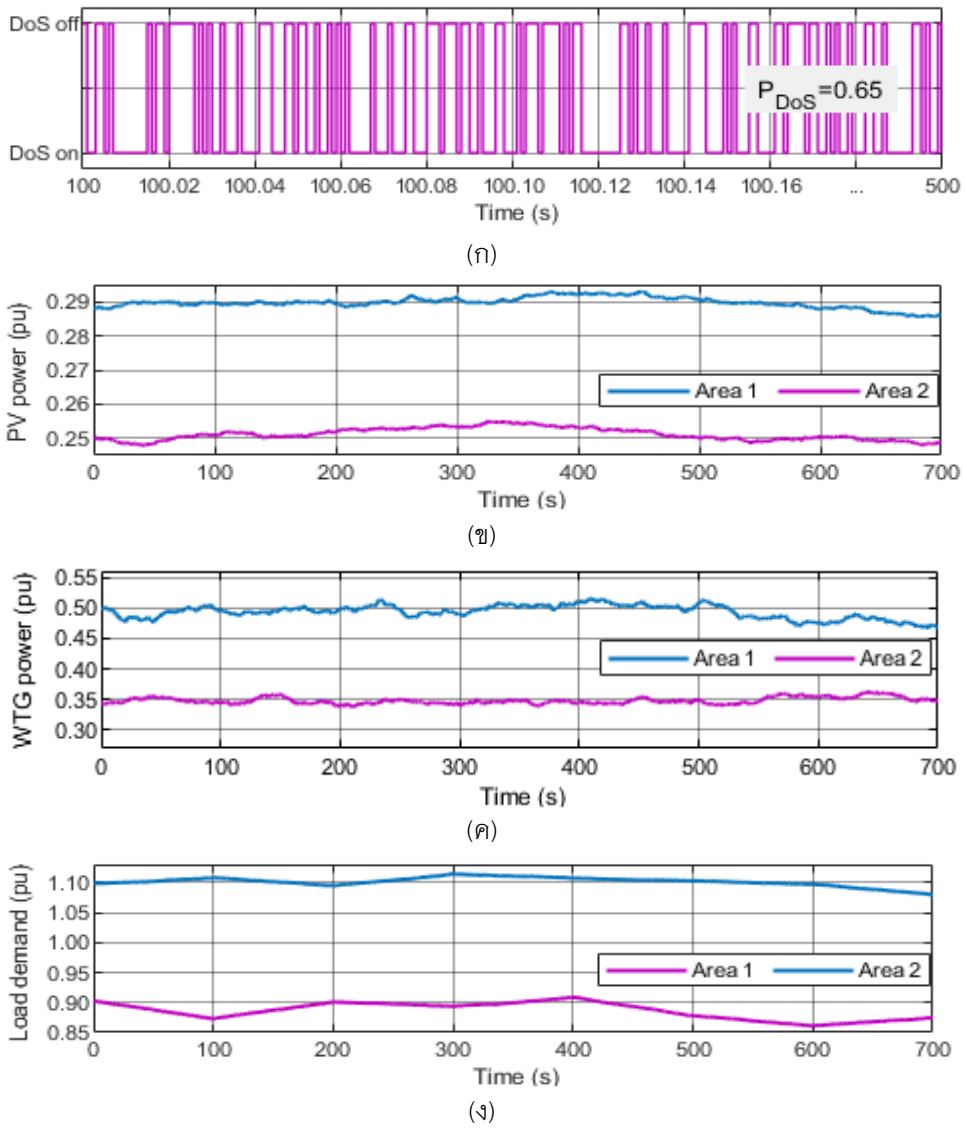
(ข)



(ค)

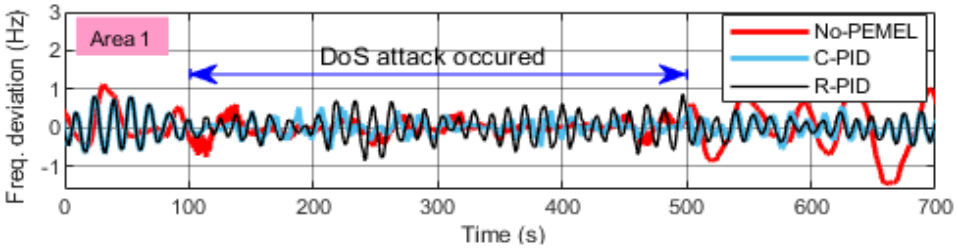
รูปที่ 7 ผลการจำลองกรณี 1 (ก) การเบี่ยงเบนของความถี่พื้นที่ 1 (ข) การเบี่ยงเบนของความถี่พื้นที่ 2 (ค) กำลังไฟฟ้าในสายส่งเชื่อมโยง

รูปที่ 7 แสดงผลการจำลองกรณี 1 รูปที่ 7 (ก) แสดงการเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 1 ซึ่งไม่มีการติดตั้งตัวกักเก็บพลังงาน PEMEL ทำให้การแกว่งของความถี่ในระบบไฟฟ้ากำลังวิธี C-PID และ R-PID มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนในกรณี No-PEMEL ไม่มีการติดตั้ง PEMEL ทั้งในพื้นที่ 1 และพื้นที่2 ทำให้การเบี่ยงเบนของความถี่สูงกว่าสองวิธีข้างต้น รูปที่ 7 (ข) แสดงการเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 2 ในกรณีนี้ ในช่วงที่ไม่มีการโจมตีทางไซเบอร์ (ช่วงเวลา 0-100s และ 500-700 s) การเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 2 ของวิธี C-PID และ R-PID มีค่าพอๆ กัน ไม่มีความแตกต่าง แต่เมื่อมีการโจมตีทางไซเบอร์แบบ DoS (ช่วงเวลา 100-500 s) การเบี่ยงบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 2 ของวิธี R-PID ดีกว่า วิธี C-PID อย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าการออกแบบตัวควบคุมโดยพิจารณาผลกระทบของ การโจมตีทางไซเบอร์แบบ DoS สามารถลดการเบี่ยงเบนของความถี่ได้ดีกว่าการไม่พิจารณาผลของการโจมตีทางไซเบอร์แบบ DoS รูปที่ 7 (ค) แสดงการเบี่ยงเบนกำลังไฟฟ้าในสายส่งเชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 1 และพื้นที่ 2 ซึ่งจะเห็นว่าในช่วงเกิดการโจมตีทางไซเบอร์แบบ DoS (ช่วงเวลา 100-500 s) วิธี R-PID ที่นำเสนอมีการแกว่งของกำลังไฟฟ้าเชื่อมโยงต่ำกว่าอีกสองวิธีที่นำมาเปรียบเทียบ

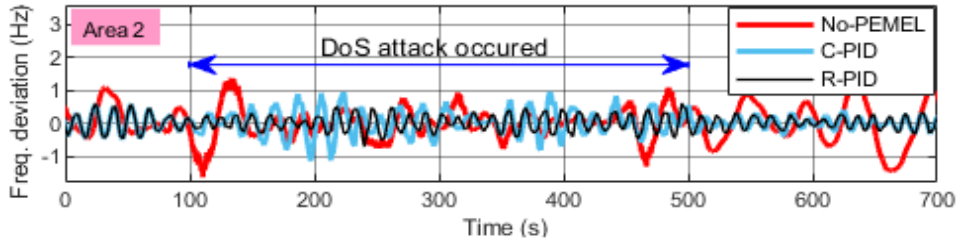


รูปที่ 8 กรณีศึกษา กรณี 2 (ก) สัญญาณการโจมตีทางไซเบอร์
(ข) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์
(ค) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม (ง) โหลดแบบสุ่ม

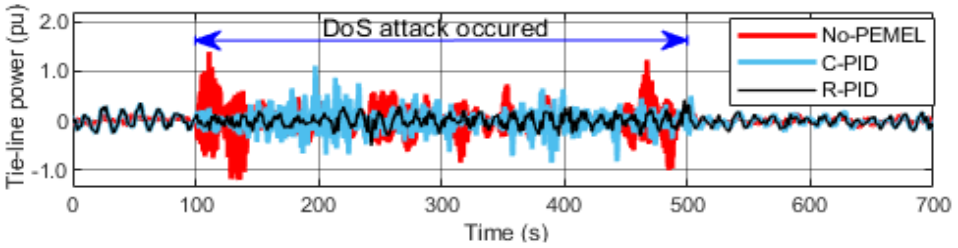
รูปที่ 8 แสดงกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม และโหลดแบบสุ่มกรณีศึกษา กรณีที่ 2 ซึ่งจะเห็นว่าพื้นที่ 1 มีกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมและพลังแสงอาทิตย์มากกว่าพื้นที่ 2 คล้ายๆ กับกรณีศึกษา กรณีที่ 1 อย่างไรก็ตาม การแกว่งของกำลังไฟฟ้าจากพลังลมและพลังแสงอาทิตย์ ในกรณีศึกษากรณี 2 จะรุนแรงกว่ากรณีศึกษากรณี 1



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 9 ผลการจำลองกรณี 2 (ก) การเบี่ยงเบนของความถี่พื้นที่ 1 (ข) การเบี่ยงเบนของความถี่พื้นที่ 2 (ค) กำลังไฟฟ้าในสายส่งเชื่อมโยง

รูปที่ 9 แสดงผลการจำลองกรณี 2 ซึ่งเป็นกรณีที่การแกว่งของ กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมมีค่าสูงกว่าในกรณี 1 รูปที่ 9 (ก) แสดงการเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 1 ซึ่งไม่มีการติดตั้งตัวกักเก็บพลังงาน PEMEL ทำให้การแกว่งของความถี่ในระบบไฟฟ้ากำลังวิธี C-PID และ R-PID มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนในกรณี No-PEMEL ไม่มีการติดตั้ง PEMEL ทั้งในพื้นที่ 1 และพื้นที่2 ทำให้การเบี่ยงเบนของความถี่สูงกว่าสองวิธีข้างต้น รูปที่ 9 (ข) แสดงการเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 2 ในกรณีนี้ วิธี R-PID ให้ผลการจำลองดีกว่า No-PEMEL และ C-PID อย่างชัดเจน โดยในช่วงที่ไม่มีการโจมตีทางไซเบอร์ (ช่วงเวลา 0-100s และ 500-700 s) การเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 2 ของวิธี C-PID และ R-PID มีค่าพอๆ กัน ไม่มีความแตกต่าง แต่เมื่อมีการโจมตีทางไซเบอร์แบบ DoS (ช่วงเวลา 100-500 s) การเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 2 ของวิธี R-PID ดีกว่า วิธี C-PID อย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าการออกแบบตัวควบคุมโดยพิจารณาผลกระทบของ การโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ สามารถลดการเบี่ยงเบนของความถี่ได้ดีกว่าการไม่พิจารณาผลของการโจมตีทางไซเบอร์แบบ DoS รูปที่ 9 (ค) แสดงการเบี่ยงเบนกำลังไฟฟ้าในสายส่งเชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 1 และ พื้นที่ 2 ซึ่งจะเห็นว่าในช่วงเกิดการโจมตีทางไซเบอร์แบบ DoS (ช่วงเวลา 100-500 s) วิธี R-PID ที่นำเสนอมีการแกว่งของกำลังไฟฟ้าเชื่อมโยงต่ำกว่าอีกสองวิธีที่นำมาเปรียบเทียบ

จากผลการจำลองทั้งสองกรณีแสดงให้เห็นว่า วิธี R-PID ที่นำเสนอ สามารถลดการแกว่งของความถี่ได้ดีกว่าวิธี C-PID และ No-PEMEL ได้อย่างชัดเจน

สรุปผลและอธิปรายผล

บทความนี้ ทำการศึกษาการควบคุมประสานกันของการเชื่อมโยงแรงดันสูงกระแสตรง (High voltage direct current: HVDC) และอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton exchange membrane electrolyzer: PEMEL) เพื่อลดการแกว่งของความถี่ระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงหลายพื้นที่ ภายใต้การโจมตีทางไซเบอร์แบบปฏิเสธการให้บริการ (Denial of service: DoS) ด้วยตัวควบคุมพีไอดีแบบยืดหยุ่น (Resilient proportional integral derivative: R-PID) ผลการจำลองกับระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงสองพื้นที่ พบว่า การควบคุม HVDC ร่วมกับการควบคุมPEMEL ด้วยตัวควบคุมพีไอดียืดหยุ่นที่นำเสนอ สามารถลดการแกว่งของความถี่ได้ดีกว่า การควบคุมด้วย PID ทั่วไป และการควบคุม HVDC อย่างเดียว โดยไม่มีการควบคุม PEMEL

เอกสารอ้างอิง

1. A. Tosatto, et.al., Towards optimal coordination between regional groups: HVDC supplementary power control. IEEE Trans. Power Syst., vol. 37, no. 1, pp. 402–415, 2022.
2. T. N. Pham, H. Trinh and A.M.T. Oo,. Distributed control of HVDC links for primary frequency control of time–delay power systems. IEEE Trans. Power Syst., vol. 34, no. 2, pp. 1301–1314, 2019.
3. M.B. Hossain et al., Power system dynamic performance analysis based on frequency control by proton exchange membrane electrolyzers. IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 59, no. 4, pp. 4998–5008, 2023.
4. M.B. Hossain et al., Dynamic electrical circuit modeling of a proton exchange membrane electrolyzer for frequency stability, resiliency, and sensitivity analysis in a power grid. IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 59, no. 6, pp. 7271–7281, 2023.
5. M. Jamali, et.al., Distributed cooperative event-triggered control of cyber-physical AC microgrids subject to denial-of-service attacks. IEEE Trans. Smart Grid., vol. 14, no. 6, pp. 4467–4478, 2023.

การศึกษาการควบคุมประสานกันของ HVDC และอิเล็กโทรไลเซอร์ ด้วยตัวควบคุมพีไอดีเหมาะที่สุดเพื่อทำเสถียรภาพความถี่ระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงหลายพื้นที่

The study of coordinated control of HVDC and electrolyzers by optimal PID controllers for frequency stabilization of multi-area interconnected power systems

จงลักษณ์ พาหะซา[1*], ธนากร หนองผือ[1], ธเนศวร เต็งสุวรรณ์[1] และ บูรพา ใจศรีธิ[1]

Jonglak Pahasa[1*], Thanakorn Nongphue[1], Thanasuas Tengsuwan[1] and Burapha Jaisrithi[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ นำเสนอการศึกษาการควบคุมประสานกันของอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton exchange membrane electrolyzer: PEMEL) และการควบคุมกำลังไฟฟ้าของสายส่งเชื่อมโยงแรงดันสูงกระแสตรง (High voltage direct current: HVDC) ด้วยตัวควบคุมพีไอดี เพื่อทำเสถียรภาพความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงหลายพื้นที่ โดยพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีถูกหาค่าเหมาะสมที่สุดพร้อมๆ กันด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย (Firefly Algorithm: FLA) ผลการจำลองกับระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงสองพื้นที่ พบว่า การควบคุมอิเล็กโทรไลเซอร์ชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน ร่วมกับการควบคุมกำลังไฟฟ้าของสายส่งเชื่อมโยงแรงดันสูงกระแสตรง ด้วยวิธีพีไอดีเหมาะที่สุดที่นำเสนอ สามารถลดการแกว่งของความถี่ได้ดีกว่า การควบคุมด้วยพีไอดีทั่วไป

คำสำคัญ: HVDC, อิเล็กโทรไลเซอร์, การควบคุมความถี่โหลด, การควบคุมพรไอดี, อัลกอริทึมหิ่งห้อย

Abstract

This paper proposes the study of coordinated control of high voltage direct current (HVDC) and proton exchange memblane electrolyzer (PEMEL) for frequency stabilization of the multi-area interconnected power systems by optimal proportional integral derivative (PID) controllers. The PID parameters of the HVDC and PEMPELs controller are optimized by the firefly algorithm (FLA) simultaneously. Simulation results on the two-area interconnected power system demonstrate that the proposed coordinated control of HVDC and PEMEL controlled by the proposed optimal PID is able to stabilize the frequency of the studied system better than conventional PID.

Keywords: HVDC, electrolyzer, load frequency control, PID control, firefly algorithm

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[2] Electrical Engineering, School of Engineering, University of Phayao, Phayao 56000

*Corresponding author : jonglak.pa@up.ac.th

บทนำ

การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าด้วยสายส่งเชื่อมโยงแรงดันสูงกระแสตรง (High voltage direct current: HVDC) ได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากมีข้อดีคือ มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าต่ำกว่าสายส่งเชื่อมโยงแรงดันสูงกระแสตรง (High voltage alternating current: HVAC) และมีความสามารถที่ดีกว่าในการถ่ายโอนพลังงานจำนวนมากในระยะทางไกลๆ [1–2] HVDC เชื่อมโยงระบบไฟฟ้ากำลังด้วยตัวแปลงผันอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ซึ่งสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในการเชื่อมโยงเพื่อควบคุมความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังได้ [1–2] อย่างไรก็ตามการควบคุม HVDC ร่วมกับ PEMEL สามารถลดการแกว่งของความถี่ระบบไฟฟ้ากำลังได้

นอกจากนี้ การควบคุมความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโหลดและการเพิ่มขึ้นของแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ [1–2] การแก้ปัญการเบี่ยงเบนความถี่จากความถี่พื้นฐาน โดยปกติจะทำโดยตัวปรับความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส แต่เนื่องจากการเบี่ยงเบนความถี่ที่รุนแรงมากขึ้น จึงมีการควบคุมเสริมเพิ่มเข้ามา เช่น การใช้อุปกรณ์กักเก็บพลังงานประเภทต่างๆ เช่น แบตเตอรี่ หรือและอิเล็กโทรไลเซอร์ (proton exchange memblane electrolyzer: PEMEL) [3–4]

การควบคุมประสานกันของ HVDC และ PEMEL เป็นงานวิจัยที่น่าสนใจ เนื่องจาก HVDC สามารถลดการแกว่งของความถี่ระบบไฟฟ้าเชื่อมโยงได้ทั้งสองพื้นที่ (ด้านส่งและด้านรับ) ในขณะที่หากติดตั้ง PEMEL เพียงพื้นที่เดียวก็สามารถรักษาเสถียรภาพความถี่ได้เพียงพื้นที่เดียว ไม่สามารถลดการแกว่งของความถี่ในระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่อื่นได้ ดังนั้น การควบคุมประสานกันของ HVDC และ PEMEL จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ โดยตัวควบคุมที่ใช้นั้น สามารถใช้ตัวควบคุมพีไอดี (Proportional Integral Derivative: PID) ที่หาค่าพารามิเตอร์เหมาะสมที่สุด (Optimization) ตามหลักการออกแบบตัวควบคุมที่ดี ซึ่งจะสามารถลดการแกว่งของความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังทั้งสองพื้นที่ได้เป็นอย่างดี

ในการหาค่าเหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์ PID นั้น อัลกอริทึมหิ่งห้อย (Firefly Algorithm: FLA) เป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากสามารถค้นหาคำตอบได้รวดเร็วและใช้เวลาในการคำนวณไม่นาน อย่างไรก็ตามวิธีหาค่าเหมาะสมวิธีอื่น เช่น อัลกอริทึมค้างคาว (Bat Algorithm: BA), วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบฝูงอนุภาค(Particle Swarm Optimization: PSO) หรือ วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบอาณานิคมมด (Ant colony optimization: ACO) ก็สามารถนำมาใช้เพื่อหาค่าเหมาะที่สุดสำหรับปัญหานี้ได้

งานวิจัยนี้ นำเสนอการศึกษาการควบคุมประสานกันของ HVDC และ PEMEL เพื่อทำเสถียรภาพความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยง ด้วยตัวควบคุมพีไอดีเหมาะที่สุด โดยอัลกอริทึมหิ่งห้อย (FLA) ถูกใช้เพื่อหาค่าพารามิเตอร์พีไอดีเหมาะที่สุด วิธีการควบคุมที่นำเสนอสามารถลดการแกว่งของความถี่ในระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงสองพื้นที่ได้ดีกว่าวิธีการทั่วไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1) เพื่อศึกษาการควบคุม อิเล็กโทรไลเซอร์ PEMEL เพื่อควบคุมความถี่ระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงสองพื้นที่

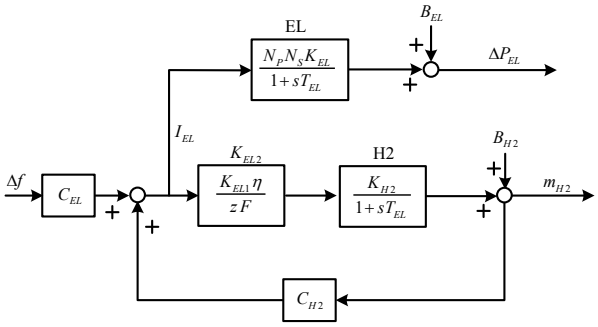
2) เพื่อออกแบบตัวควบคุมพีไอดีที่เหมาะที่สุดด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย สำหรับควบคุม อิเล็กโทรไลเซอร์ PEMEL เพื่อควบคุมความถี่ในระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงสองพื้นที่

3) เพื่อเปรียบเทียบผลการจำลองวิธีการออกแบบตัวควบคุมพีไอดีที่หาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย ที่นำเสนอและวิธีการควบคุมแบบพีไอดีทั่วไป

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน (ถ้ามี)

1. แบบจำลอง MEMEL สำหรับการควบคุมความถี่

ไฮโดรเจนอิเล็กโทรลิซิส (Hydrogen electrolysis) คือเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานแบบพลังงานเป็นก๊าซ ซึ่งทำให้ง่ายต่อการทำงานร่วมกับแหล่งจ่ายพลังงานหมุนเวียนที่ไม่ต่อเนื่อง ในวงกว้างไปสู่ระบบพลังงานแห่งอนาคต รูปที่ 1 แสดงวงจรสมมูลทางไฟฟ้าไดนามิกของ PEMEL สำหรับการควบคุมความถี่ [3–4]



รูปที่ 1 แบบจำลอง PEMEL สำหรับการควบคุมความถี่ที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองเชิงเส้นของ PEMEL สำหรับการควบคุมความถี่ระบบไฟฟ้ากำลังซึ่งปรับมาจากเอกสารอ้างอิง [3] และ [4] แสดงดังรูปที่ 1 โดยต้องมีการพิจารณา T_{EL} ด้วยเมื่อมีการใช้ PEMEL สำหรับปรับความถี่ในระบบไฟฟ้ากำลัง การควบคุมและการปรับการใช้กำลังไฟฟ้าของ PEMEL จะมีการหน่วงเวลาเท่ากับ T_{EL} ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดของความถี่ระบบไฟฟ้ากำลัง ดังนั้น การใช้กำลังไฟฟ้าของ PEMEL สามารถอธิบายด้วยการแปลงลาปลาซ ดังสมการต่อไปนี้ [3–4]

$$P_{EL}(s) = \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} I_{EL}(s) + B_{EL} \tag{1}$$

เมื่อ K_{EL} และ B_{EL} คือสัมประสิทธิ์และค่าเริ่มต้นของการใช้กำลังไฟฟ้าของ PEMEL โดยอัตราการผลิตไฮโดรเจนขั้นปลาย (downstream hydrogen production rate) m_{H2} มีหน่วยเป็น $[Nm^3/s]$ แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$m_{H2}(s) = K_{EL1} \frac{\eta_F I_{EL}(s)}{z F} \tag{2}$$

เมื่อ K_{EL1} คือ สัมประสิทธิ์การเปลี่ยน mole/s ไปเป็น Nm^3/s

z คือ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอน

F คือ ค่าคงตัวของฟาราเดย์ (Faraday's constant)

η_F คือ สัมประสิทธิ์ของฟาราเดย์

เวลาหน่วง T_{EL} อาจเปลี่ยนการผลิตของแบบจำลองย่อยไฮโดรเจนเมื่ออัตราการสังเคราะห์ไฮโดรเจนเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของกระแสไฟฟ้า ดังนั้น การผลิตของแบบจำลองย่อยไฮโดรเจนแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$m_{H2}(s) = \frac{K_{EL2} K_{H2}}{1+sT_{EL}} I_{EL}(s) + B_{H2} \tag{3}$$

$$K_{EL2} = K_{EL1}\left(\frac{\eta_F}{zF}\right) \tag{4}$$

เมื่อ K_{H2} คือ สัมประสิทธิ์ของไฮโดรเจน

B_{H2} คือ ค่าเริ่มต้นอัตราการผลิตไฮโดรเจน

ในกรณีที่ต้องการผลิตแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้าสำหรับการใช้งานในระบบไฟฟ้า เรียกการต่อแบบนี้ว่าเป็น PEMEL stack ซึ่งจะมีการต่อ PEMEL แบบขนานและอนุกรมเพื่อให้ได้กำ แรงดัน กระแส และลังไฟฟ้าตามต้องการ ซึ่งแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$V_{EL,stack} = N_S V_{EL} \tag{5}$$

$$I_{EL,stack} = N_P I_{cell} \tag{6}$$

$$P_{EL,stack} = V_{EL,stack} I_{EL,stack} \tag{7}$$

เมื่อ N_S คือ จำนวนเซลล์ที่ต่ออนุกรมต่อหนึ่ง PEMEL stack

N_P คือ จำนวนเซลล์ที่ต่อขนานต่อหนึ่ง PEMEL stack

กระแสของ PEMEL stack $(I_{EL,stack})$ สามารถปรับเพื่อควบคุมอัตราการผลิตไฮโดรเจนด้านต่ำ (downstream) และการใช้กำลังไฟฟ้า ดังแสดงในสมการ (6) และ (7) โดยเป้าหมายของการควบคุมอัตราการผลิตไฮโดรเจนคือ เพื่อรักษาการแกว่งของอัตราการผลิตไฮโดรเจนด้านต่ำ โดยความแตกต่างระหว่างอัตรากระแสของการผลิตไฮโดรเจน ถูกแสดงโดย m_{pre} และค่าก่อนหน้านั้นแสดงโดย m_{past} ซึ่งทั้งสองค่านี้ถูกใช้เพื่อเปลี่ยนอัตราการผลิตไฮโดรเจนด้านต่ำของ PEMEL stack ซึ่งความแตกต่างนี้สามารถเขียนได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta m_{H2}(s) = m_{pre}(s) - m_{past}(s) \tag{8}$$

ดังนั้น การเบี่ยงเบนกระแสของ PEMEL สามารถเขียนได้ดังสมการ

$$\Delta I_{EL}(s) = C_{H2}(s) \cdot \Delta m_{H2}(s) \tag{9}$$

เมื่อ C_{H2} คือ ตัวควบคุมในตัวซึ่งควบคุมอัตราการผลิตไฮโดรเจน

เพื่อให้ได้คุณสมบัติการปรับความถี่ได้ C_{EL} จึงถูกเพิ่มเข้าไปเพื่อปรับอัตราการผลิตไฮโดรเจน สำหรับการควบคุมความถี่ [4] ดังนั้นสมการ (9) จึงสามารถเขียนใหม่อีกครั้ง ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta I_{EL}(s) = C_{H2}(s) \cdot \Delta m_{H2}(s) + C_{EL}(s) \cdot \Delta f(s) \tag{10}$$

เมื่อ Δf คือการเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลัง

แทนสมการ (10) ในสมการ (7) จะได้ การเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของ PEMEL ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta P_{EL}(s) = \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} C_{H2}(s) \cdot \Delta m_{H2}(s) + \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} C_{EL}(s) \cdot \Delta f(s) \tag{11}$$

ดังสมการ (11) จะเห็นว่ามีพารามิเตอร์ 2 ตัว ที่สัมพันธ์กับการปรับกำลังไฟฟ้าดำเนินการของ PEMEL นั่นคือ

(1) การแกว่งของอัตราการผลิตไฮโดรเจน (Δm_{H2})

(2) การเบี่ยงเบนของความถี่ (Δf)

โดยการแกว่งของอัตราการผลิตไฮโดรเจนสามารถละทิ้งได้ เนื่องจากช่วงเวลาการปรับความถี่สั้นมาก (มากสุด 30 s) [4] ผลที่ได้คือ มีความเป็นไปได้ที่จะสมมติให้การแกว่งของอัตราการผลิตไฮโดรเจนมีค่าคงที่ระหว่างช่วงเวลาการควบคุมความถี่นี้ [4] ดังนั้น สมการ (12) สามารถแสดงในรูปแบบอย่างง่ายได้เป็นดังสมการ

$$\Delta P_{EL}(s) = C_{EL}(s) \cdot \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} \cdot \Delta f(s) \tag{12}$$

ในการศึกษานี้ R-PID ได้ถูกใช้เพื่อควบคุม PEMEL สำหรับการปรับความถี่ ซึ่ง Δf คืออินพุตของ R-PID ซึ่งถูกใช้เพื่อคำนวณสัญญาณควบคุมสำหรับตัวควบคุม PEMEL ดังนั้น เมื่อใช้ RPID เพื่อควบคุม PEMEL สำหรับการปรับความถี่ สมการ (12) เขียนใหม่ได้เป็นดังสมการ

$$\Delta P_{EL}(s) = \Delta f \cdot \left(K_P + \frac{K_I}{s} + sK_D \right) \cdot \frac{K_{EL}}{1+sT_{EL}} \tag{13}$$

2. การหาค่าเหมาะสมของ PID ด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย

การใช้อัลกอริทึมหิ่งห้อย [4] เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID ที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ของการควบคุมคือ เพื่อหาค่าน้อยสุดของการเบี่ยงเบนความถี่ในพื้นที่ 1 (Δf_1) และค่าน้อยสุดของการเบี่ยงเบนความถี่ในพื้นที่ 2 (Δf_2) ปัญหาการหาค่าเหมาะสมด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย สามารถตั้งสมการได้เป็น

$$\text{Minimize } J_1 = \int_{t_{init}}^{t_{final}} \left(w_1 \left|\Delta f_1(t)\right| + w_2 \left|\Delta f_2\right| \right) dt \tag{14}$$

$$\text{Subject to} \quad K_{P,n}^{\min} \le K_{P,n} \le K_{P,n}^{\max},$$

$$K_{I,n}^{\min} \le K_{I,n} \le K_{I,n}^{\max},$$

$$K_{D,n}^{\min} \le K_{D,n} \le K_{D,n}^{\max}, \quad n = 1,2$$

เมื่อ w_1 คือ เวกเตอร์น้ำหนักของการเบี่ยงเบนความถี่พื้นที่ 1

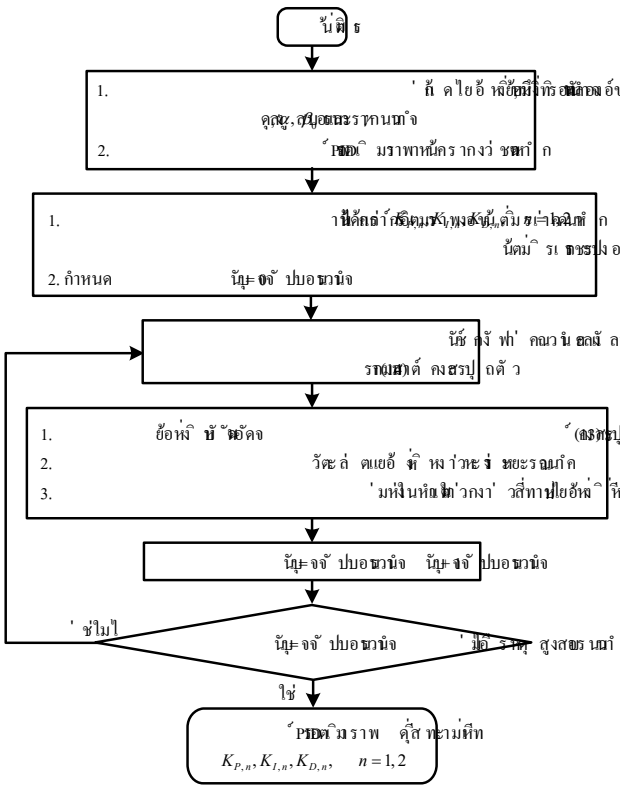
w_2 คือ เวกเตอร์น้ำหนักของการเบี่ยงเบนความถี่พื้นที่ 2

t คือ เวลาในการจำลอง

t_{init} คือ เวลาเริ่มต้นของการจำลองทางคอมพิวเตอร์ของระบบไฟฟ้ากำลัง

t_{final} คือ เวลาเวลาสิ้นสุดของการจำลองทางคอมพิวเตอร์ของระบบไฟฟ้ากำลัง

รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมหิ่งห้อย เมื่อ α คือพารามิเตอร์ที่ได้จากการสุ่ม, β_0 คือความน่าดึงดูดในการวนซ้ำรอบที่ 0 และ γ คือค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของอัลกอริทึมหิ่งห้อย [5]

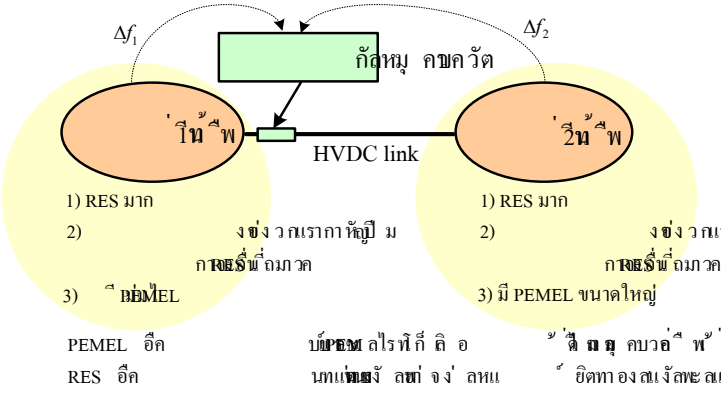


รูปที่ 2 ขั้นตอนการหาพารามิเตอร์ PID ด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย

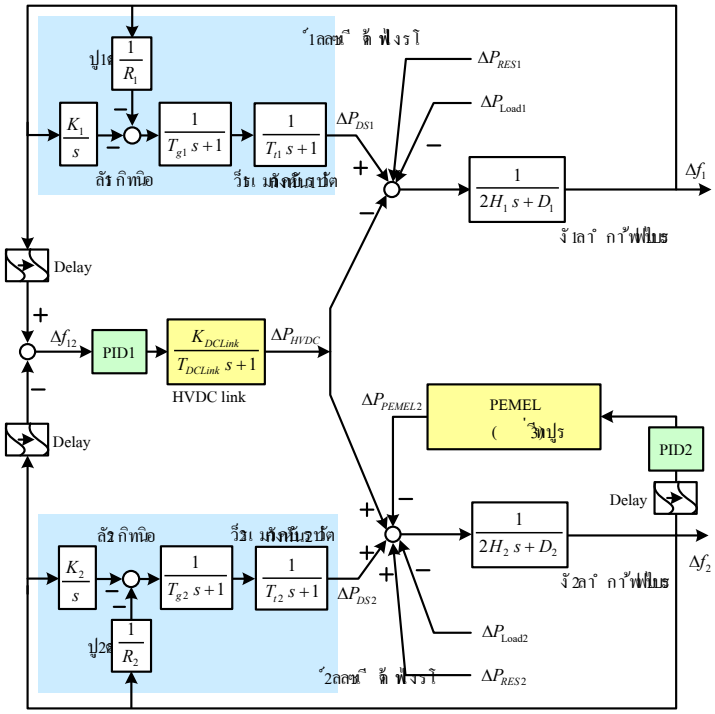
วิธีวิทยาการวิจัย

1. ระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้ในการศึกษา

ระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงสองพื้นที่ด้วยสายส่งเชื่อมโยง HVDC ที่ใช้ในการศึกษาแสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งจะเห็นว่าในพื้นที่ 1 มีแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน เช่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมและพลังแสงอาทิตย์ ในที่นี้ สมมุติว่ามีปัญหาการแกว่งของความถี่เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมและพลังแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาโดยใช้การควบคุม PEMEL (proton exchange memblane electrolyzer: PEMEL) ที่มีอยู่เพื่อลดการแกว่งของความถี่ได้ ดังได้นำเสนอใน [3-4] อย่างไรก็ตาม การแก้ปัญหาโดยใช้ PEMEL เพื่อลดการแกว่งของความถี่นี้อาจไม่สามารถทำได้ดีเพียงพอ เนื่องจาก PEMEL มีติดตั้งเฉพาะในระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 2 ดังนั้นการควบคุมประสานกันของ HVDC และ PEMEL อย่างเหมาะสมที่สุดจึงเป็นสิ่งจำเป็น



รูปที่ 3 ระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงสองพื้นที่ด้วยสายส่งเชื่อมโยง HVDC



รูปที่ 4 แบบจำลองเชิงเส้นของระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้ในการศึกษา

รูปที่ 4 แสดงแบบจำลองเชิงเส้นของระบบที่ใช้ในการศึกษา [1–2] ซึ่งจะเห็นว่า การควบคุมประสานกันของอินเวอร์เตอร์ HVDC และ PEMEL ในพื้นที่ 2 จะใช้ตัวควบคุม PID ทั้งหมดจำนวน 2 ตัว (PID1 และ PID 2) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะหาค่าพารามิเตอร์ของ PID ที่เหมาะสมที่สุดด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย

ดังแสดงในรูปที่ 4 การเบี่ยงเบนความถี่ระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ n สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$\Delta f_n = \frac{1}{2H_n s + D_n}\Delta P_n \tag{15}$$

$$\Delta P_n = \Delta P_{DS,n} + \Delta P_{PV,n} + \Delta P_{WTG,n} - \Delta P_{Load,n} - \Delta P_{EL,n} \tag{16}$$

เมื่อ H คือ แรงเฉื่อยไมโครกริด

D คือ การหน่วง

P_{DS} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลล์

P_{PV} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

P_{WTG} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังพลังลม

P_{Load} คือ กำลังไฟฟ้าของความต้องการโหลด

P_{EL} คือ กำลังไฟฟ้าของ PEMEL

Δ คือ การเบี่ยงเบนสัญญาณ

ตัวห้อย $n = 1,2$ คือพื้นที่ระบบไฟฟ้ากำลัง

ผลการศึกษา

1. ผลการจำลอง

ในการจำลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการนำเสนอจะใช้ระบบไฟฟ้ากำลังดังรูปที่ 1–3 จำลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink พารามิเตอร์ของระบบไฟฟ้ากำลังแสดงดังตารางที่ 1 [1–2] ซึ่งจะเห็นว่าค่าความเฉื่อย (H) ไมโครกริด มีค่าค่อนข้างต่ำ นั่นคือ ค่าความเฉื่อยในพื้นที่หนึ่ง มีค่าเป็น 0.9 และในพื้นที่สอง มีค่าเป็น 1.00 (โดยปกติ ในอดีตระบบไฟฟ้ากำลัง ที่มีเฉพาะ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส และโหลดทั่วไป จะมีค่าความเฉื่อย อยู่ระหว่าง 5-12)

พารามิเตอร์ของแบบจำลอง PEMEL มีดังนี้ [3–4]

ขนาดกำลังไฟฟ้าของอิเล็กโทรเลเซอร์ $P_{EL} = 5$ MW,

ค่าเกนของอิเล็กโทรเลเซอร์ $K_{EL} = 1.6$ W / A,

ค่าเกนของอิเล็กโทรเลเซอร์ลำดับหนึ่ง $K_{EL1} = 4841.4$ pu,

ค่าคงตัวทางเวลาของอิเล็กโทรเลเซอร์ $T_{EL} = 37$ s,

ค่าตัวเก็บประจุ (Capacitor) $C_d = 37$ F,

อัตราการผลิตไฮโดรเจนเริ่มแรก (Initial hydrogen production rate) $B_{H2} = 0.5$ m^3 / s,

ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเริ่มต้นของ PEMEL (Initial PEMEL power consumption) $B_{PEL} = 82$ W,

สัมประสิทธิ์ของไฮโดรเจน (Hydrogen coefficient) $K_{H2} = 0.028$ m^3 / As

พารามิเตอร์ของอัลกอริทึมหิ่งห้อยและพารามิเตอร์การค้นหา คือจำนวนหิ่งห้อย = 50, จำนวนรอบการวนซ้ำสูงสุด = 100, $\alpha = 0.5$, $\beta_0 = 0.1$, และ $\gamma = 1$

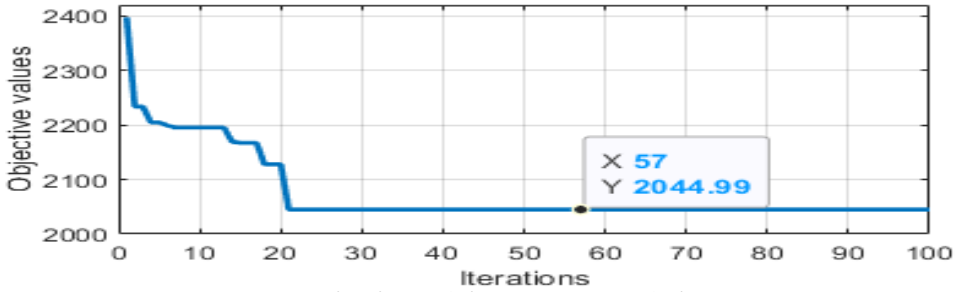
รูปที่ 5 แสดงเส้นโค้งการลู่เข้าของอัลกอริทึมหิ่งห้อย ซึ่งจะเห็นว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective values) ในรอบการคำนวนที่ 1 (Iteration 1) มีค่าอยู่ที่ประมาณ 2400 และเมื่อจำนวนรอบการคำนวณเพิ่มขึ้น ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้น และลดลงอย่างช้าๆ เมื่อเข้าสู่รอบการคำนวณที่ 20 และค่าฟังก์ชัน

วัตถุประสงค์ มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากหรือเกือบคงที่ (ที่ค่า 2044.99) เมื่อเข้าสู่รอบการคำนวณที่ 21–100 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อัลกอริทึมหิ่งห้อยได้หาคำตอบให้กับการค้นหาแล้วและหยุดการทำงานตามที่ตั้งไว้ที่รอบการทำงานที่ 100 และพารามิเตอร์ PID ที่หาค่าเหมาะสมแล้วคือ

$$K_{P,1} = 79.254, \quad K_{I,1} = 41.378, \; K_{D,1} = 3.192$$
$$K_{P,2} = 397.057, \; K_{I,2} = 9.619, \; K_{D,2} = 4.672$$

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ของระบบไฟฟ้ากำลัง

พื้นที่	H	D	R	K	T_g	T_t	T_{DCLink}	K_{DCLink}
1	0.9	0.20	0.4	0.1	0.01	5	0.1	0.0191
2	1.0	0.42	0.4	0.1	0.01	5		



รูปที่ 5 เส้นโค้งการลู่เข้าของอัลกอริทึมหิ่งห้อย

ในการจำลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของตัวควบคุม เหมาะที่สุดเพื่อควบคุม HVDC และ PEMEL ของวิธีนำเสนอ ในที่นี้ จะทำการเปรียบเทียบ 3 วิธีด้วยกัน ได้แก่

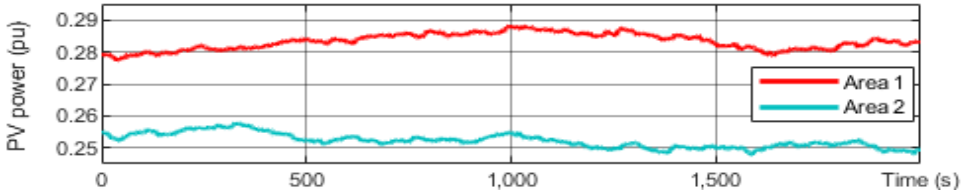
(1) “FLA–PID” คือวิธีการนำเสนอ ที่หาค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุม PID ที่เหมาะสมที่สุดด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย (FLA)

(2) “C–PID” คือการควบคุม PEMEL ด้วยตัวควบคุม PID ทั่วไปที่หาค่าเหมาะสมด้วยคำสั่ง “Tune” ในโปรแกรม MATLAB/Simulink

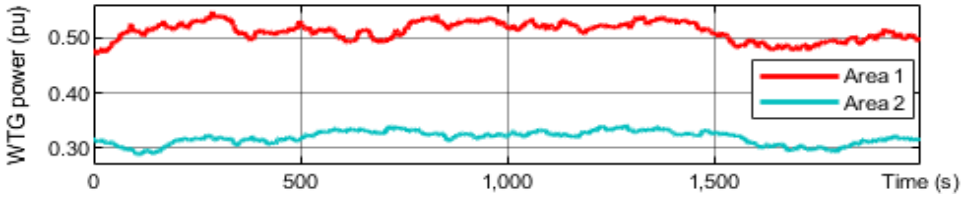
(3) “No–PEMEL” คือการไม่มี PEMEL สำหรับช่วยควบคุมความถี่ในระบบไฟฟ้ากำลังที่ทำการศึกษา

รูปที่ 6 แสดงกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ (PV power) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม (WTG power) และโหลด (Load demand) ของกรณีศึกษา กรณี 1 โดย Area 1 และ Area 2 หมายถึงระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 1 และระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 2 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 1 มีกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม/พลังแสงอาทิตย์ มากกว่า ในระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 2 และการแกว่งของกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมในกรณี 2 จะมากกว่ากรณี 1 และไม่มี PEMEL ในพื้นที่ 1

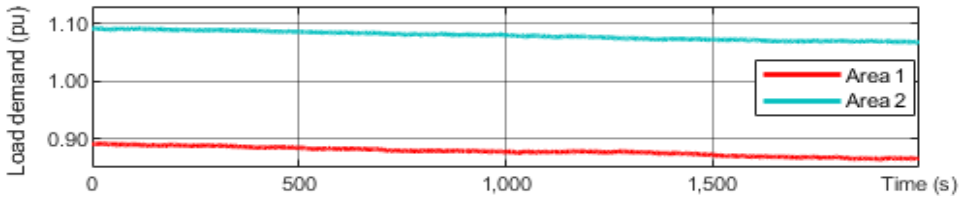
รูปที่ 7 แสดงผลการจำลองกรณี 1 ประกอบด้วย การเบี่ยงเบนความถี่ในพื้นที่ 1 และ 2, และการเบี่ยงเบนกำลังไฟฟ้าในสายส่งเชื่อมโยงระหว่างพื้นที่ 1 และ 2 จากรูปที่ 7 จะเห็นว่า วิธี HVDC–PEMEL ที่ควบคุมด้วย FLA–PID ที่นำเสนอ สามารถลดการแกว่งของความถี่ได้ดีกว่าวิธี C–PID และ No–PEMEL และกำลังไฟฟ้าในสายส่งของวิธี FLA–PID น้อยกว่าวิธี C–PID สังเกตว่ากำลังไฟฟ้าในสายส่งกรณี No–PEMEL ต่ำกว่าอีก 2 วิธีที่ใช้ PEMEL ติดตั้งที่พื้นที่ 2 เพื่อลดการแกว่งของความถี่ระบบ เนื่องจากกรณี No–PEMEL ไม่มีผลของการส่งกำลังไฟฟ้าจาก PEMEL เพื่อช่วยทำความถี่ระบบไฟฟ้ากำลังทั้ง 2 พื้นที่



(ก)

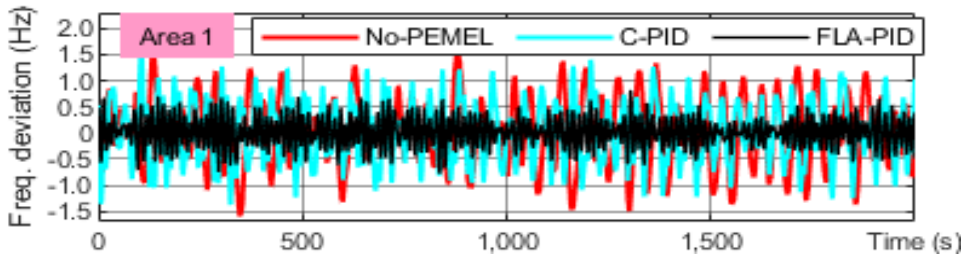


(ข)

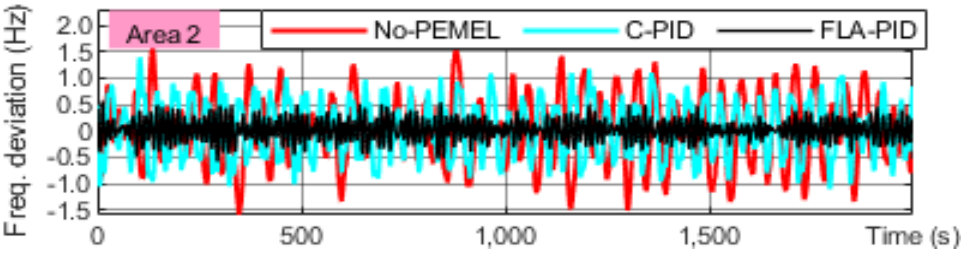


(ค)

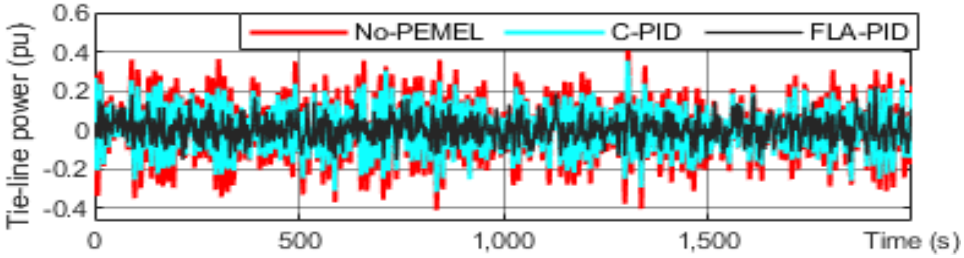
รูปที่ 6 กรณีศึกษา กรณี 1 (ก) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ (ข) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม (ง) โหลดแบบสุ่ม



(ก)

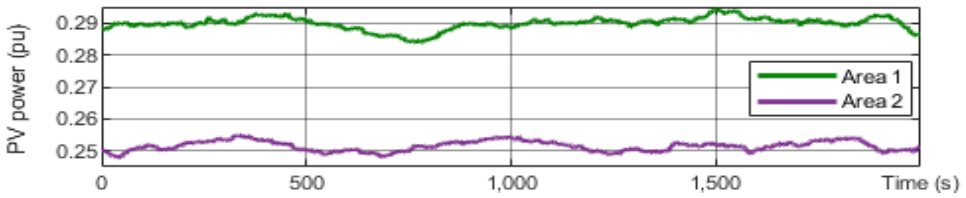


(ข)

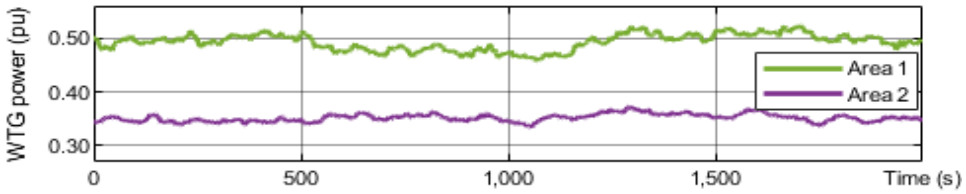


(ค)

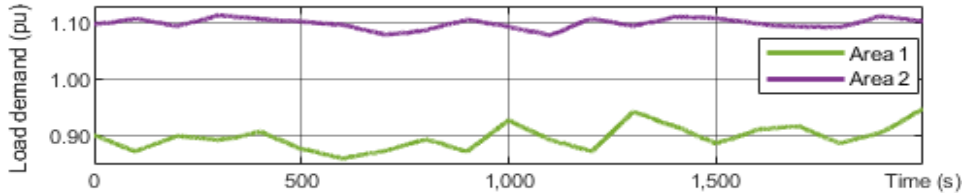
รูปที่ 7 ผลการจำลองกรณี 1 (ก) การเบี่ยงเบนของความถี่พื้นที่ 1 (ข) การเบี่ยงเบนของความถี่พื้นที่ 2 (ค) กำลังไฟฟ้าในสายส่งเชื่อมโยง



(ก)

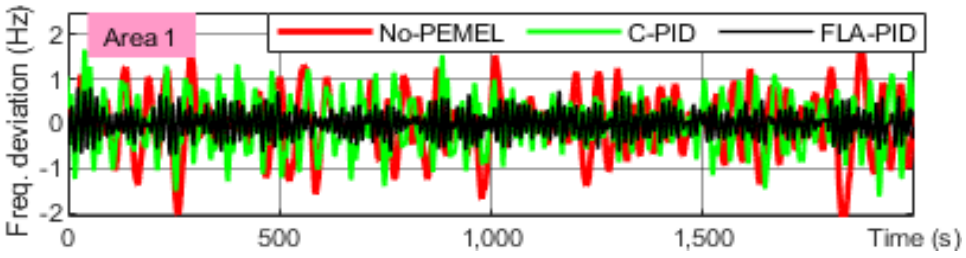


(ข)

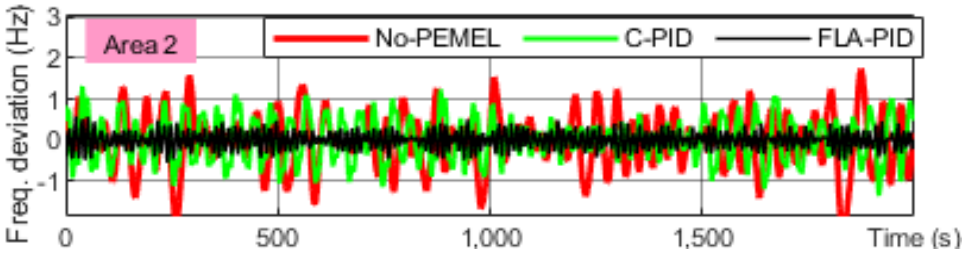


(ค)

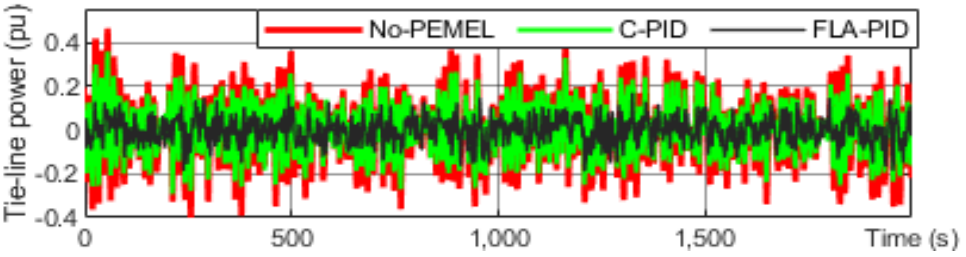
รูปที่ 8 กรณีศึกษา กรณี 2 (ก) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ (ข) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม (ง) โหลดแบบสุ่ม



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 9 ผลการจำลองกรณี 2 (ก) การเบี่ยงเบนของความถี่พื้นที่ 1 (ข) การเบี่ยงเบนของความถี่พื้นที่ 2 (ค) กำลังไฟฟ้าในสายส่งเชื่อมโยง

รูปที่ 8 แสดงกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม และโหลด ของกรณีศึกษา กรณี 2 ซึ่งจะเห็นว่าระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 1 มีกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม/พลังแสงอาทิตย์ มากกว่า ในระบบไฟฟ้ากำลังพื้นที่ 2 และการแกว่งของกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมในกรณี 2 จะมากกว่ากรณี 1 และไม่มี PEMEL ในพื้นที่ 1

รูปที่ 9 แสดงผลการจำลองกรณี 2 ซึ่งจะเห็นว่าผลการจำลองมีความสอดคล้องกับกรณี 1 นั่นคือวิธีนำเสนอ วิธี FLA–PID สามารถลดการแกว่งของความถี่ได้ดีกว่าวิธี วิธี C–PID และ No–PEMEL ทั้งสองพื้นที่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม้การแกว่งของกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมและพลังแสงอาทิตย์มีมากขึ้น วิธีการนำเสนอก็ยังสามารถลดการแกว่งของความถี่ได้ดีกว่าวิธีที่นำมาเปรียบ

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยนี้ นำเสนอการศึกษาการควบคุมประสานกันของ HVDC และ PEMEL เพื่อทำเสถียรภาพความถี่ระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยง ด้วยตัวควบคุม PID ซึ่งหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยอัลกอริทึมหิ่งห้อย ผลการจำลองกับระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงสองพื้นที่ พบว่า การควบคุม PEMEL ร่วมกับการควบคุมกำลังไฟฟ้า HVDC สามารถลดการแกว่งของความถี่ได้ดีกว่า การไม่มี PEMEL หรือการควบคุม PEMEL แบบทั่วไป

เอกสารอ้างอิง

1. จันทิรา เจือกโว้น, อิสระชัย งามหรู และ จงลักษณ์ พาหะซา, การควบคุมประสานกันของ HVDC และเครื่องปรับอากาศด้วยตัวควบคุม PID ที่เหมาะสมที่สุดเพื่อทำเสถียรภาพความถี่ระบบไฟฟ้ากำลังเชื่อมโยงหลายพื้นที่, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 45, ภูสักธาร รีสอร์ท อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก, 16–18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565
2. T. N. Pham, H. Trinh and A.M.T. Oo, “Distributed control of HVDC links for primary frequency control of time–delay power systems,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 34, no. 2, pp. 1301–1314, March 2019.
3. M.B. Hossain et al., “Power system dynamic performance analysis based on frequency control by proton exchange membrane electrolyzers,” *IEEE Trans. Ind. Appl.,* vol. 59, no. 4, pp. 4998–5008, July–Aug. 2023.
4. M.B. Hossain et al., “Dynamic electrical circuit modeling of a proton exchange membrane electrolyzer for frequency stability, resiliency, and sensitivity analysis in a power grid,” *IEEE Trans. Ind. Appl.,* vol. 59, no. 6, pp. 7271–7281, Nov.–Dec. 2023.
5. X. S. Yang, *Engineering optimisation: an introduction with metaheuristic applications*, Wiley, New Jersey, 2010.

ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยในหลอดทดลองของไข่น้ำด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารของปลากินพืช 10 ชนิด

In vitro digestibility of *Wolffia globosa* using digestive enzymes from 10 species of herbivorous fish

วันอาสาฬ์ นนกระโทก[1*] และ สุดาพร ตงศิริ[1]

Wanarsa Nonkrathok[1*] and Sudaporn Tongsiri[1]

บทคัดย่อ

ศึกษาความสามารถในการย่อยไข่น้ำ ด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารของปลากินพืช 10 ชนิด โดยเอนไซม์ที่ใช้วิเคราะห์สกัดจากลำไส้ปลาส่วนต้น ใช้ปลากินพืชจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ปลาทับทิม ปลาตะเพียนขาว (*Barbonymus gonionotus*) ปลากระโห้ (*Catlocarpio siamensis*) ปลาไน (*Cyprinus carpio*) ปลาสร้อย (*Henicorhynchus siamensis*) ปลาบ้า (*Leptobarbus hoevenii*) ปลายี่สก (*Probarbus jullieni*) ปลาสลิด (*Trichopodus pectoralis*) และปลาบึก (*Pangasianodon gigas*) ปลาทดลองทั้งหมดมีอายุเฉลี่ย 2 เดือน ผลการทดลอง พบว่า เอนไซม์จากปลาสร้อย และปลากระโห้ มีประสิทธิภาพในการย่อยกรดอะมิโนได้ดีที่สุด ส่วนเอนไซม์จากปลาสร้อย ปลากระโห้ ปลาตะเพียน และปลาไน มีประสิทธิภาพในการย่อยน้ำตาลได้ดีที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งความสามารถในการย่อยกรดอะมิโน และความสามารถในการย่อยน้ำตาล จากการศึกษาในครั้งนี้ ไข่น้ำสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารเสริม หรือ วัตถุดิบอาหารสำหรับสร้างสูตรอาหารปลากินพืชได้

คำสำคัญ: ปลากินพืช, ไข่น้ำ, การย่อยในหลอดทดลอง

[1] คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1] Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources. Maejo University, ChiangMai 50290

* Corresponding author : sudap2515@gmail.com

Abstract

The study investigates the digestibility of *Wolffia globosa* using digestive enzymes from 10 species of herbivorous fish. Enzymes analyzed were extracted from the anterior part of the fish intestines. The 10 species of herbivorous fish examined included Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) red tilapia silver barb (*Barbonymus gonionotus*) giant barb (*Catlocarpio siamensis*) common carp (*Cyprinus carpio*) Siamese mud carp (*Henicorhynchus siamensis*) hampala barb (*Leptobarbus hoevenii*) Jullien's golden carp (*Probarbus jullieni*) snakeskin gourami (*Trichopodus pectoralis*) and Mekong giant catfish (*Pangasianodon gigas*).with an average age of two months. The results indicated that the enzymes from Siamese mud carp and giant barb demonstrated the highest efficiency in amino acid digestion. Furthermore, the enzymes from Siamese mud carp, giant barb, silver barb, and common carp showed the highest efficiency in sugar digestion, with statistically significant differences observed ($p > 0.05$) in both amino acid and sugar digestion capacities. This study suggests that *Wolffia globosa* holds potential as a supplement ingredient or as a component in formulating feed for herbivorous fish.

Keywords: Herbivorous fish, *Wolffia globosa*, *In vitro* digestibility

บทนำ

จากสถานการณ์ปัจจุบันค่านิยมของการเป็นอยู่เปลี่ยนแปลงไปตามความมุ่งหวังผลประโยชน์จากหลายด้าน รวมถึงด้านทรัพยากรสัตว์น้ำ แนวโน้มความต้องการของตลาดภายในประเทศเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ ในส่วนของปลาเศรษฐกิจที่นิยมบริโภค พบอยู่ในกลุ่มของ ปลานิล ปลาทับทิม ปลาตะเพียน ปลายี่สก ปลาสลิด ปลานวลจันทร์ ปลาไน ปลากาดำ เป็นต้น ซึ่งทางกรมประมงได้เห็นความสำคัญของสัตว์น้ำกลุ่มนี้ และได้ดำเนินการจัดทำยุทธศาสตร์ที่สอดคล้องกับ กรอบยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ.2561–2580) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560–2564) ภายใต้แผนดำเนินการ เรื่อง แผนพัฒนาปฏิบัติราชการกรมประมง พ.ศ. 2566–2570 ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อสร้างความเข้มแข็งด้านการประมงทุกด้านเพื่อต่อยอดให้สามารถแข่งขันได้ในระยะยาวอย่างยั่งยืน (กรมประมง, 2566) และกรมประมงได้มีแผนพัฒนาสัตว์น้ำจืด 16 ชนิด เช่น ปลานิล ปลาสลิด ปลาตะเพียน เป็นต้น (กรมประมง, 2567) ทำให้การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจเป็นแนวทางที่ช่วยบรรเทาปัญหาขาดแคลนทรัพยากรประมง และมีบทบาทสำคัญต่อมนุษย์ทั้งในด้านอาหาร และเศรษฐกิจ (Yaemkong et al., 2023)

วัตถุดิบอาหารเป็น ต้นทุนที่สำคัญที่สุดในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และส่งผลให้ได้ผลตอบแทนลดน้อยลงตามต้นทุนอาหารที่ใช้เลี้ยงในแต่ละรอบการเพาะเลี้ยง จึงทำให้เกษตรกรบางส่วนมีแนวความคิดในการใช้วัตถุดิบต้นทุนต่ำมาทดแทนบางส่วน ซึ่งวัตถุดิบที่มีโปรตีนสูงจากพืชที่มีการนำมาใช้ทดแทน เช่น แหนแดง แหนเป็ด และ ไข่น้ำ เป็นต้น ไข่น้ำเป็นพืชน้ำที่มีปริมาณโปรตีนสูงใกล้เคียงกับกากถั่วเหลือง และ เมล็ดถั่วชนิดต่าง ๆ (Chankaew and Rattanamisik, 2019) นอกจากนี้ไข่น้ำมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย เบต้า-แคโรทีน วิตามินและสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ที่สัตว์น้ำนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Monthakantirat et al., 2022) คุณค่าทางโภชนาการพบว่า ไข่น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ มีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เยื่อใย และเถ้า มีค่า 36.30%, 34.09%, 2.96%, 11.28% และ

16.31% ตามลำดับ (Chankaew and Rattanamisik, 2019) มีการใช้ไข่น้ำ (*Wolffia globosa*) เป็นอาหารเสริมในการเลี้ยงปลานิล เพื่อลดต้นทุนค่าอาหาร และไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิล (Sirirustananun, 2018)

In vitro digestibility เป็นการทดสอบกระบวนการย่อยอาหารในหลอดทดลอง เป็นการจำลองกระบวนการย่อยอาหารโดยใช้เอนไซม์และเลียนแบบการทำงานของระบบย่อยอาหารในสัตว์น้ำ การศึกษา *In vitro* digestibility เป็นการศึกษาที่ให้ความแม่นยำสูง สามารถควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการศึกษาได้ เช่น พีเอช อุณหภูมิ ระยะเวลาในการทดสอบ และสามารถทำได้อย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับการศึกษาภายในสิ่งมีชีวิต (Affonfere et al., 2023) ซึ่งเป็นการศึกษาที่ได้รับการยอมรับ และสามารถนำมาใช้ในการทดสอบความสามารถในการย่อยอาหารของสัตว์น้ำหลายประเภท เช่น ปลากาดำ (จุลทรรศน์ และคณะ, 2563) ปลานิล (อัศวพงศ์, 2556) ปลาบึก (อรณี และคณะ, 2562) กบนา (รุ่งกานต์ และ บัญญัติ, 2558) พบว่า สามารถบ่งชี้ได้ว่า ควรใช้วัตถุดิบอาหารชนิดไหนที่เหมาะสมต่อการย่อยอาหารของสัตว์น้ำชนิดนั้น จากความสำคัญนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความสามารถในการย่อยไข่น้ำ (*Wolffia globosa*) ในหลอดทดลอง โดยใช้เอนไซม์จากปลากินพืช จำนวน 10 ชนิด เพื่อสามารถนำไข่น้ำไปใช้เป็นวัตถุดิบอาหารลดต้นทุนได้

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาความสามารถในการย่อยไข่น้ำ (*Wolffia globosa*) ในหลอดทดลอง โดยใช้เอนไซม์จากปลากินพืช จำนวน 10 ชนิด

วิธีวิทยาการวิจัย

การเตรียมตัวอย่างพืชทดลอง

นำไข่น้ำมาล้างในน้ำสะอาด 2-3 รอบ หรือจนกระทั่งสะอาด จากนั้นนำขึ้นมาพักให้พอหมาดๆ แล้วจึงนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อบจนแห้งเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

การเตรียมตัวอย่างปลา

ปลากินพืชจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ปลาทับทิม ปลาตะเพียนขาว (*Barbonymus gonionotus*) ปลากระโห้ (*Catlocarpio siamensis*) ปลาไน (*Cyprinus carpio*) ปลาสร้อย (*Henicorhynchus siamensis*) ปลาบ้า (*Leptobarbus hoevenii*) ปลายี่สก (*Probarbus jullieni*) ปลาสลิด (*Trichopodus pectoralis*) และปลาบึก (*Pangasianodon gigas*) โดยใช้ปลาอายุเฉลี่ย 2 เดือน จากฟาร์มบ้านปลาลำพูน อ.เมือง จ. ลำพูน

การเตรียมตัวอย่างลำไส้ปลา

นำตัวอย่างปลามาทำการสลบด้วยน้ำมันกานพลู (clove oil) ทำการผ่าท้องปลาเพื่อเก็บตัวอย่างลำไส้ จากนั้นนำตัวอย่างลำไส้มาทำการบดละเอียดด้วยเครื่อง homogenizer ขณะที่บดจะแช่ในหลอดน้ำแข็ง โดยบดตัวอย่างใน Tris – HCl buffer ความเข้มข้น 50 mM pH 7.5 อัตราส่วน 1:3 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 15,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บส่วนใสที่อุณหภูมิ –80 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็น Crude extract สำหรับวิเคราะห์การทำงานของเอนไซม์ย่อยอาหาร (Moyano et al., 2015)

วิธีหาค่า *In Vitro* digestibility

การตรวจสอบความสามารถในการย่อยของเอนไซม์ย่อยอาหาร ตามวิธีการของ (Areekijseree et al., 2004) เตรียมวัตถุดิบไข่น้ำที่ต้องการตรวจสอบความสามารถในการย่อยอาหาร มาบ่มในหลอดทดลอง เติม 0.5 เปอร์เซ็นต์ Chloramphenico ปริมาตร 100 ไมโครลิตร นำไปเขย่าด้วยความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศา

เซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร เพื่อเป็น blank หยุดปฏิกิริยาโดยการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที แล้วเก็บไว้ในอุณหภูมิ –80 องศาเซลเซียส ส่วนที่เหลือเติมเอนไซม์ย่อยอาหารของปลาลงไป บ่มต่ออีก 24 ชั่วโมง จากนั้นเก็บเอนไซม์ปริมาตร 1 มิลลิลิตร หยุดปฏิกิริยาด้วยการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที แล้วแช่ในตู้อุณหภูมิ –80 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาปริมาณของน้ำตาล และ กรดอะมิโน เปรียบเทียบกับเอนไซม์อะไมเลส และ ทริปซิน ดังนี้

การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล โดยวิธีการ DNS ผสม Digested solution หรือ ที่ละลายแล้วให้ไปปั่นเข้ากันด้วย Vortex mixer ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ใช้ 250 ไมโครลิตร Digested เติม 1 เปอร์เซ็นต์ DNS (ละลายใน 2 M NaOH และ 0.6 เปอร์เซ็นต์ Sodium potassium tartrate)ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย Vortex mixer แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด เวลา 5 นาที ปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย Vortex mixer วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร (A540) หาค่าปริมาณ Reducing sugar โดยเปรียบเทียบกับ Maltose standard curve (Thongprajukaew et al., 2011)

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโน โดยวิธี TNBS ผสม Digested solution ที่ละลายแล้วให้เข้ากันด้วย Vortex mixer ไม่ควรนำไปปั่นเพราะอาจทำให้โปรตีนโมเลกุลใหญ่ตกตะกอน ใช้ 200 ไมโครลิตร Digested solution เติม 50 mM Phosphate buffer pH 8.2 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้าด้วยกันด้วย Vortex mixer เติม 0.1 เปอร์เซ็นต์ TNBS ใน 50 mM Phosphate buffer pH 8.2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากันด้วย Vortex mixer นำไปบ่ม ในที่มืดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาโดยการเติม 1M HCl ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้าด้วยกันด้วย Vortex mixer ปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร หาค่าปริมาณ Free amino group โดยเปรียบเทียบกับ DL–Alanine standard curve (Rungruangsak-Torrissen et al., 2002)

ผลการศึกษา

ผลการทดลองความสามารถในการย่อยไข่น้ำด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารของปลากินพืช 10 ชนิด โดยวิธี *In vitro* digestibility พบว่า กลุ่มปลาที่มีประสิทธิภาพในการย่อยกรดอะมิโนจากไข่น้ำได้ดีที่สุด คือ ปลาสร้อย (157.24 ± 29.46 µmol DL–alanine/g feed/trypsin activity) ปลากระโห้ (154.56 ± 41.38 µmol DL–alanine/g feed/trypsin activity) และปลาสลิด (112.08 ± 14.06 µmol DL–alanine/g feed/trypsin activity) กลุ่มปลาที่มีประสิทธิภาพในการย่อยกรดอะมิโนจากไข่น้ำได้ปานกลาง คือ ปลาไน (62.86 ± 16.68 µmol DL–alanine/g feed/trypsin activity) ปลานิล (54.59 ± 9.41 µmol DL–alanine/g feed/trypsin activity) ปลาบึก (45.71 ± 9.4 µmol DL–alanine/g feed/trypsin activity) ปลายี่สก (37.76 ± 1.76 µmol DL–alanine/g feed/trypsin activity) และปลาบ้า (25.96 ± 3.96 µmol DL–alanine/g feed/trypsin activity) และกลุ่มปลาที่มีประสิทธิภาพในการย่อยกรดอะมิโนจากไข่น้ำน้อยที่สุด คือ ปลาตะเพียนขาว (21.65 ± 0.97 µmol DL–alanine/g feed/trypsin activity) และปลาทับทิม (21.08 ± 1.24 µmol DL–alanine/g feed/trypsin activity) ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการย่อยกรดอะมิโนด้วยเอนไซม์จากปลากินพืช 10 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 1)

ผลการทดลองความสามารถในการย่อยไข่น้ำด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารของปลากินพืช 10 ชนิด โดยวิธี *In vitro* digestibility พบว่า กลุ่มปลาที่มีประสิทธิภาพในการย่อยน้ำตาลจากไข่น้ำได้ดีที่สุด คือ ปลากระโห้ (1.98 ± 0.46 mg moltose/g feed/amylase activity) ปลาสร้อย (1.96 ± 0.13 mg moltose/g feed/amylase activity) ปลาไน (1.90 ± 0.33 mg moltose/g feed/amylase activity) และปลาตะเพียนขาว (1.86 ± 0.80 mg moltose/g feed/amylase activity)

กลุ่มปลาที่มีประสิทธิภาพในการย่อยน้ำตาลจากไข่น้ำได้ปานกลาง คือ ปลาทับทิม (0.47 ± 0.41 mg moltose/g feed/amylase activity) ปลายี่สก (0.44 ± 0.12 mg moltose/g feed/amylase activity) ปลาบ้า (0.31 ± 0.07 mg moltose/g feed/amylase activity) ปลาสลิด (0.31 ± 0.24 mg moltose/g feed/amylase activity) ปลาบึก (0.25 ± 0.07 mg moltose/g feed/amylase activity) และปลานิล (0.24 ± 0.00 mg moltose/g feed/amylase activity) ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการย่อยน้ำตาลด้วยเอนไซม์จากปลากินพืช 10 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ความสามารถในการย่อยกรดอะมิโนและย่อยน้ำตาลด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารปลากินพืช 10 ชนิด

ชนิดปลา	µmol DL-alanine/g feed/trypsin activity	(mg moltose/g feed/amylase activity)
ปลานิล	54.59 ± 9.41^{ab}	0.24 ± 0.00^{a}
ปลาทับทิม	21.08 ± 1.24^{a}	0.47 ± 0.41^{a}
ปลาตะเพียนขาว	21.65 ± 0.97^{a}	1.86 ± 0.80^{b}
ปลากระโห้	154.56 ± 41.38^{c}	1.98 ± 0.46^{b}
ปลาไน	62.86 ± 16.68^{ab}	1.90 ± 0.33^{b}
ปลาสร้อย	157.24 ± 29.46^{c}	1.96 ± 0.13^{b}
ปลาบ้า	25.96 ± 3.96^{ab}	0.31 ± 0.07^{a}
ปลายี่สก	37.76 ± 1.76^{ab}	0.44 ± 0.12^{a}
ปลาสลิด	112.08 ± 14.06^{bc}	0.31 ± 0.24^{a}
ปลาบึก	45.71 ± 9.4^{ab}	0.25 ± 0.07^{a}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±SE ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Turkey's Test

สรุปผลและอธิปรายผล

จากผลการทดลองความสามารถในการย่อยไข่น้ำด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารของปลากินพืช 10 ชนิด โดยวิธี *In vitro* digestibility พบว่า เอนไซม์จากปลาสร้อย และปลากระโห้ มีประสิทธิภาพในการย่อยกรดอะมิโน และน้ำตาลได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับปลากินพืชอีก 8 ชนิด ปลานิล ปลาทับทิม ปลาบึก ปลาบ้า ปลาตะเพียน ปลาไน ปลายี่สก และปลาสลิด และความสามารถในการย่อยไข่น้ำด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารของปลากินพืช 10 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งผลที่ได้ พบว่า ไข่น้ำสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์น้ำเป็นอาหารเสริม หรือ เป็นวัตถุดิบอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประเภทปลากินพืชได้ และจากผลงานวิจัยที่ได้ พบว่าเอนไซม์ย่อยอาหารจากปลากินพืชทั้ง 10 ชนิดสามารถย่อยไข่น้ำได้ ซึ่งหากเลือกใช้ไข่น้ำเพื่อผลิตสูตรอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหรืออนุบาลลูกพันธุ์ปลา ก็เป็นแนวทางที่สามารถนำไปใช้ได้ สอดคล้องกับการศึกษาในกบนา ที่ใช้เอนไซม์โปรติเอสจากกบอายุ 10 วัน และ 45 วัน ในการย่อยปลาป่นและรำ เปรียบเทียบกับการใช้เอนไซม์จากสับปะรด ซึ่งพบว่า เอนไซม์จากกบนาอายุ 45 วัน สามารถย่อยวัตถุดิบได้ดีที่สุด (รุ่งกานต์ และ บัญญัติ, 2558) ในขณะที่ อัศวพงศ์ (2556) ได้ศึกษาความสามารถในการย่อยวัตถุดิบอาหาร จำนวน 15 ชนิด ด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารจากปลานิล พบว่า ถั่วลิสง เป็นวัตถุดิบที่เอนไซม์จากปลานิลย่อยได้ดีที่สุด จึงนำมาสร้างเป็นสูตรอาหาร เช่นเดียวกับ อรณี และ คณะ (2557) ได้ศึกษาผลของวัสดุเพาะเห็ดในอาหารปลาบึก ซึ่งศึกษาค่าการย่อยได้ในหลอดทดลอง และการเจริญเติบโต พบว่า วัสดุเพาะเห็ดสามารถนำมาเป็น

ส่วนผสมในสูตรอาหารปลาได้สูงถึง 100% และมีประสิทธิภาพการย่อยสูงที่สุด และลดต้นทุนการผลิตได้ นอกจากนี้แล้ว จุลทรรศน์ และคณะ (2567) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบจากมันพื้นบ้าน จำนวน 30 ชนิด ด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารของปลานิล พบว่า ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และ ประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตของเอนไซม์ย่อยอาหารจากปลานิลดีที่สุด คือ มันออน และมันอ้อนบ่อเกลือ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบอาหารปลาได้ จากงานวิจัยที่กล่าวมา พบว่า การศึกษาความสามารถในการย่อยด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารของปลา โดยวิธี *In vitro* digestibility เป็นวิธีการที่เหมาะสมและสามารถใช้ในการคัดเลือกวัตถุดิบอาหารสำหรับสัตว์น้ำได้

ไข่น้ำนอกจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแล้ว ยังพบว่ามีสารออกฤทธิ์และแร่ธาตุที่สำคัญอื่นๆ ดังงานวิจัยของ (Monthakantirat et al., 2022) ได้ศึกษาหาปริมาณสารประกอบออกฤทธิ์และแร่ธาตุที่สกัดผ่านเอทานอลของ *W. globosa* และประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่ามีปริมาณเบต้าแคโรทีน กรดเฟอร์รูลิก ลูทีโอลิน-7-O-β-D-กลูโคไซด์ และเคมป์เฟอรอลของสารสกัดมีค่าเท่ากับ 2.52 ± 0.10, 1.40 ± 0.10, 2.42 ± 0.50 และ 1.57 ± 0.14 มก./กรัม ตามลำดับ พบแร่ธาตุสูงที่สุดในสารสกัด *W. globosa* คือแมกนีเซียม และสารสกัดแบบเปียกมีปริมาณแร่ธาตุทั้งหมดสูงกว่าสารสกัดแบบแห้ง นอกจากนี้ไข่น้ำยังมีคุณสมบัติที่สามารถตอบโจทย์กับกลุ่มปลาสวยงาม ดังงานวิจัยของ ศรัณย์ และณัฐพล (2561) เปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตและอัตรารอดของปลาทองโดยใช้สูตรอาหารที่มีการทดแทนปลาป่นด้วยไข่น้ำที่ระดับ 0, 20, 40, 60 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ เลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ทำการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวทุกสัปดาห์ ปลาทองเมื่อเริ่มทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.28, 1.42, 1.43, 1.42 และ 1.42 กรัม ตามลำดับ (P>0.05) และความยาวเฉลี่ยของปลาทอง เท่ากับ 2.59, 2.49, 2.50, 2.49 และ 2.51 เซนติเมตร ตามลำดับ (P>0.05) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปลาทองมีน้ำหนักเฉลี่ย 2.99, 3.41, 3.60, 3.72 และ 2.99 กรัม ตามลำดับ (P0.05) และทุกชุดการทดลองมีอัตรารอดรอดตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น สามารถทดแทนปลาปนด้วยไข่น้ำที่ระดับ 40-60 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารเลี้ยงปลาทอง เพื่อลดต้นทุนการผลิต

จากการศึกษาความสามารถในการย่อยไข่น้ำด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารของปลากินพืช 10 ชนิด โดยวิธี *In vitro* digestibility นั้น พบว่า เอนไซม์ย่อยอาหารจากปลาสร้อย และปลากระโห้ มีประสิทธิภาพในการย่อยกรดอะมิโน และน้ำตาลได้ดีที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ บุคลากร นักวิทยาศาสตร์ และคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้คำปรึกษา อนุเคราะห์สถานที่ และห้องปฏิบัติการรวมทั้งเครื่องมือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. **แผนปฏิบัติราชการ พ.ศ. 2566 – 2570 กรมประมง.** 2566; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2567. ได้จาก https://www4.fisheries.go.th/dof/list_link/5.

กรมประมง. **คู่มือสัตว์น้ำเศรษฐกิจ 2567.** 2567; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2567. ได้จาก https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20240103093740_1_file.pdf.

จุลทรรศน์ คีรีแลง, เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน, ชนกันต์ จิตมนัส, Hien Van Doan & สุดาพร ตงศิริ. **การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนในอาหารเสริมกระเจี๊ยบเขียวของปลากาดำ.** มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 2563.

จุลทรรศน์ คีรีแลง, เชาวลีย์ ใจสุข, บรรจง อูปแก้ว, บุษบา มะโนแสน, จิรรัชต์ กันทะขู้, ภาณุพงศ์ สิทธิวุฒิ, พัชรา นิธิโรจน์ภักดี และ กรรณิกา กังคำ. **ประสิทธิภาพการย่อยมันพื้นบ้านด้วยเอนไซม์ย่อยอาหารของปลานิล เพื่อการใช้ประโยชน์ในการผลิตอาหารปลา.** แกนเกษตร 2567; (3).

รุ่งกานต์ กล้าหาญ และ บัญญัติ ศิริธนาวงศ. ***ประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนแบบ in vitro โดยเอนไซม์ bromelain จากสับปะรดและเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารกบนา.*** มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2558.

ศรัณย์ รักษา พราหมณ์ และ ณัฐพล ราชูภิมนต์. **ผลของการทดแทนปลาป่นด้วยไข่น้ำในสูตรอาหารเลี้ยงปลาทอง.** *Walailak Procedia* 2561; (2): หน้าที่ 84.

อรณี ศรีนวล, วรวิทย์ มณีพิทักษ์สันติ, ทศพล มูลมณี, เกศินี เกตุพยัคฆ์ & วรรณพร ทะพิงค์แก. **การประยุกต์ใช้วัสดุเพาะเห็ดเพื่อทดแทนรำข้าวในอาหาร ต่อการย่อยได้ใน หลอดทดลอง และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาบึก.** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2562.

อัศวพงศ์ มะป้อ. **การศึกษาความสามารถในการย่อยวัตถุดิบพื้นบ้านเพื่อการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงปลานิล.** มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 2556.

Affonfere, M., Chadare, F. J., Fassinou, F. T. K., Linnemann, A. R., & Duodu, K. G. **In–vitro digestibility methods and factors affecting minerals bioavailability: a review.** ***Food Reviews International,*** 2023*;* 39(2), 1014–1042.

Areekijseree, M., Engkagul, A., Kovitvadhi, U., Thongpan, A., Mingmuang, M., Pakkong, P., & Rungruangsak–Torrissen, K. **Temperature and pH characteristics of amylase and proteinase of adult freshwater pearl mussel, *Hyriopsis* (*Hyriopsis*) *bialatus* Simpson 1900.** *Aquaculture* 2004; 234(1–4), 578–587.

Chankaew, W., & Rattanamisik, A. **Comparison of Nutritional Value, Heavy Metal Residue, Pigment and Antioxidant Activity of Water Meal (Wolffia) between Natural and Cultured. 2019.**

Monthakantirat, O., Chulikhit, Y., Maneenet, J., Khamphukdee, C., Chotritthirong, Y., Limsakul, S., Punya, T., Turapra, B., Boonyarat, C., & Daodee, S. **Total active compounds and mineral contents in *Wolffia globosa*.** *Journal of Chemistry* 2022; (1), 9212872.

Moyano, F. J., Saénz de Rodrigáñez, M. A., Díaz, M., & Tacon, A. G. **Application of in vitro digestibility methods in aquaculture: constraints and perspectives.** *Reviews in Aquaculture* 2015; 7(4), 223–242.

Rungruangsak-Torrissen, K., Rustad, A., Sunde, J., Eiane, S. A., Jensen, H. B., Opstvedt, J., Nygård, E., Samuelsen, T. A., Mundheim, H., & Luzzana, U. ***In vitro* digestibility based on fish crude enzyme extract for prediction of feed quality in growth trials.** *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2002; 82(6), 644–654.

Sirirustananun, N. **Appropriate proportion of water meal (*Wolffia arrhiza* (L.)) and commercial diet in combined feeding for tilapia fingerlings rearing.** *International Journal of Agricultural Technology* 2018; 14(2), 249–258.

Thongprajukaew, K., Kovitvadhi, U., Kovitvadhi, S., Somsueb, P., & Rungruangsak–Torrissen, K. **Effects of different modified diets on growth, digestive enzyme activities and muscle compositions in juvenile Siamese fighting fish (*Betta splendens* Regan, 1910).** *Aquaculture* 2011; 322, 1–9.

Yaemkong, S., Jaipong, P., Ngoc, T. N., & Jongjitvimol, T. **Species diversity of fish and consumption in Nan River in Bang Krathum district, Phitsanulok province, Thailand.** *Journal of Current Science and Technology* 2023; 13(3), 752–761.

การวิเคราะห์บทบาทของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำและแนวโน้มของสถานการณ์ยูโทรฟิเคชันในพื้นที่แม่น้ำเพชรบุรี

Analysis on the role of aquatic environmental factors and trend of eutrophication status in the Phetchaburi river areas

ภาณุวัฒน์ สีบุญ[1] และ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์[1*]

Phanuwat Sibun[1] and Charumas Meksumpun[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหายูโทรฟิเคชันในแม่น้ำเพชรบุรี ดำเนินการโดยประยุกต์ใช้ระดับคลอโรฟิลล์เอเป็นดัชนีชี้วัดหลัก โดยวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิของพื้นที่ 9 สถานี ที่ครอบคลุมในเขตตอนกลางและตอนล่างของแม่น้ำ และประเมินแนวโน้มของการเกิดยูโทรฟิเคชันจากฐานข้อมูล 15 ปี พบว่าปัจจัยด้านแอมโมเนียมและออร์โธฟอสเฟทมีบทบาทต่อการเพิ่มระดับคลอโรฟิลล์เอในแม่น้ำเพชรบุรีโดยเฉพาะในพื้นที่ตอนล่างซึ่งมีความหนาแน่นของชุมชนสูง แอมโมเนียมและออร์โธฟอสเฟทมีการเพิ่มขึ้นได้ชัดเจนในพื้นที่ทางตอนล่างในช่วงฤดูแล้ง โดยระดับของคลอโรฟิลล์เอ (Chl) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับแอมโมเนียม (NH) และออร์โธฟอสเฟท (PO) ดังสมการ $Chl = 0.88\ NH^{0.61}$ ($r = 0.65$) และ $Chl = 2.47\ PO^{0.97}$ ($r = 0.85$) ตามลำดับ ส่วนในช่วงกลางฤดูฝนพบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ดังสมการ $Chl = 3.68\ PO^{0.44}$ ($r = 0.56$) ผลการศึกษาในภาพรวมชี้ให้เห็นว่า หากต้องการอนุรักษ์ระบบนิเวศแม่น้ำโดยให้ค่าคลอโรฟิลล์เอไม่เกินกว่า 5 ไมโครกรัมต่อลิตร จะต้องควบคุมระดับของแอมโมเนียมและออร์โธฟอสเฟทในน้ำ ให้ต่ำกว่า 18 ไมโครโมลาร์ และ 2 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการป้องกันปัญหายูโทรฟิเคชันในพื้นที่แม่น้ำเพชรบุรีได้ต่อไป

คำสำคัญ: ยูโทรฟิเคชัน, คลอโรฟิลล์เอ, แอมโมเนียม, ออร์โธฟอสเฟท, แม่น้ำเพชรบุรี

[1] ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังวัดกรุงเทพมหานคร 10900

[1] Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

*Corresponding author : ffiscmc@ku.ac.th

Abstract

Analysis on water quality factors influencing eutrophication problem of the Phetchaburi River were carried out based on application of chlorophyll *a* as an indicator. Research on related secondary information of nine study stations, covering the middle–reach and the lower–reach rives, was conducted. In addition, the status and trends of eutrophication over a 15–year period was evaluated. Results indicated that ammonium and orthophosphate levels significantly contributed to the increase of chlorophyll *a*, particularly in the lower–reach Phetchaburi river that characterized by high population density. Remarkable increases in ammonium and orthophosphate levels especially during the dry season were found. During such a season, chlorophyll *a* (Chl) showed a significant correlation with ammonium (NH) and orthophosphate (PO) levels as the equation; $Chl = 0.88\ NH^{0.61}$ ($r = 0.65$) and $Chl = 2.47\ PO^{0.97}$ ($r = 0.85$), respectively. In the mid–rainy season, a significant correlation of $Chl = 3.68\ PO^{0.44}$ ($r = 0.56$) was found. The overall results indicated that, for conservation of the river ecosystem with the based–line levels of chlorophyll < 5 µg/L, the levels of ammonium and orthophosphate should be controlled to <18 µM, and <2 µM, respectively. Such management should be useful for prevention of eutrophication problem in the Phetchaburi river further.

Keywords: Eutrophication, Chlorophyll *a*, Ammonium, Orthophosphate, Phetchaburi river

บทนำ

แม่น้ำเพชรบุรีเป็นแม่น้ำสายหลักของลุ่มน้ำเพชรบุรี ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 6,254.45 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำเพชรบุรีตั้งอยู่ในเขตจังหวัดเพชรบุรี สมุทรสงคราม และราชบุรี มีต้นกำเนิดที่เทือกเขาตะนาวศรีทางด้านตะวันตกของลุ่มน้ำ บริเวณอำเภอแก่งกระจาน โดยในระบบลุ่มน้ำนี้ แม่น้ำเพชรบุรีมีเส้นทางการไหลจากพื้นที่ตอนบนซึ่งอยู่ในเขตป่าต้นน้ำ ลงมาผ่านพื้นที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน ซึ่งแม่น้ำที่ไหลออกจากเขื่อนแก่งกระจานลงมานั้น ถูกกั้นด้วยเขื่อนเพชรซึ่งเป็นเขื่อนทดน้ำเพื่อการชลประทาน (อยู่ในช่วงตอนกลางของลุ่มน้ำ) และหลังจากนั้นมวลน้ำจะไหลลงพื้นที่เขตชุมชนทางตอนล่าง และลงสู่อ่าวไทยตอนในที่บริเวณอำเภอบางตะบูน และอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี มีความยาวรวมของลำน้ำ 227 กิโลเมตร (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555) ปัจจุบันแม่น้ำเพชรบุรีมีการใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย ทั้งการใช้พื้นที่เพื่อการทำนา การปลูกพืชไร่และไม้ผลต่างๆ รวมทั้งมีการใช้พื้นที่เพื่อการตั้งถิ่นฐานของชุมชน ทั้งนี้ พบความหนาแน่นของชุมชนที่สูงอยู่ในเขตแม่น้ำทางตอนล่าง โดยเฉพาะในพื้นที่เขตอำเภอเมืองและอำเภอบ้านแหลม และมักพบการปนเปื้อนของสารอาหารพืชในรูปสารประกอบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้มากขึ้นตามเส้นทางของสายน้ำ (พิชาศิษฐ์, 2557; จารุมาศ, 2559; นพรุจ, 2560)

ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) เป็นสถานการณ์ที่มีการเพิ่มความเข้มข้นของสารอาหารพืช ซึ่งผู้ผลิตขั้นต้นสามารถใช้เพื่อการเจริญเติบโตในพื้นที่แหล่งน้ำต่างๆ ได้ ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นตามมาในระบบนิเวศทางน้ำ ก็คือการเพิ่มปริมาณของพืชน้ำ รวมทั้งแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายชนิดต่างๆ ที่อยู่ในน้ำ (จารุมาศ, 2564) การศึกษาในรอบสองทศวรรษที่ผ่านมาพบว่าสาเหตุของปัญหา Eutrophication ในแหล่งน้ำ คือ สารอาหารพืชในกลุ่มของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ทั้งนี้พบว่าไนโตรเจนมีแหล่งที่มาหลักจากพื้นที่ซึ่งประกอบกิจกรรมด้านการเกษตร ส่วนฟอสฟอรัสมีแหล่งที่มาหลัก คือ น้ำทิ้งจากบ้านเรือน (ประมาณร้อยละ 50 เป็นสัดส่วนของสิ่งขับถ่ายจากมนุษย์ และน้ำทิ้งจากการ

ซักล้าง) การที่มีแหล่งของน้ำทิ้งจากบ้านเรือนจำนวนมากทำให้ระดับของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้นได้อย่างชัดเจน ในการศึกษาวิจัยช่วงต่อมาพบว่า ฟอสฟอรัสมีระดับเพิ่มขึ้นในบริเวณที่รับน้ำจากกิจกรรมทางการเกษตร (Mc Garrigle, 1993) เนื่องมาจากสาเหตุในการชะล้างหน้าดินที่ถูกปรับเปลี่ยนพื้นที่ (Sharpley and Smith, 1990) การเพิ่มความหนาแน่นและการทิ้งน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ (Wilson *et al.*, 1993) ตลอดจนการใช้ปุ๋ยในการปลูกพืชที่มีส่วนผสมของฟอสฟอรัส นอกจากนี้ ยังพบว่าความเข้มข้นของทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะเพิ่มอย่างชัดเจนมากขึ้นเมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูกาลที่มีปริมาณน้ำต้นทุนน้อย หรือในช่วงที่น้ำมีอัตราการไหลต่ำลง (Sharpley *et al.*, 1994)

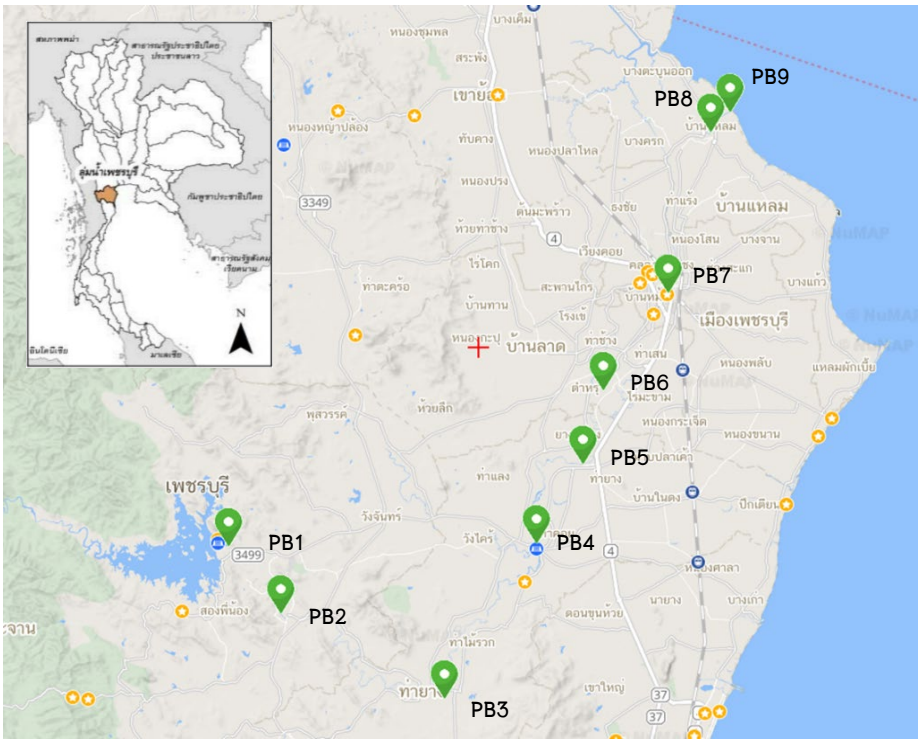
กระบวนการ Eutrophication ที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำ มีบทบาทต่อสมดุลธรรมชาติและการผลิตทรัพยากรชีวภาพทางน้ำ ซึ่งเราสามารถพบปัญหาการเพิ่มของสาหร่ายปกคลุมหน้าดิน หรือปัญหาการลดระดับความหลากหลายทางชีวภาพของทรัพยากรชีวภาพในแหล่งน้ำ (Mainstone and Parr, 2002) นอกจากนี้ ยังสร้างผลกระทบต่อสภาวะทางเศรษฐกิจในด้านที่เกี่ยวข้อง (อาทิ ปัญหาการเพิ่มของสาหร่ายและพรรณไม้น้ำอย่างหนาแน่นสร้างผลกระทบในทางลบต่อการท่องเที่ยวในพื้นที่) และในกรณีที่แหล่งน้ำนั้นจำเป็นต้องใช้เพื่อประโยชน์ในการผลิตน้ำประปา ปัญหา Eutrophication ซึ่งทำให้แพลงก์ตอนพืชเพิ่มจำนวนอย่างหนาแน่น ส่งผลกระทบต่อระบบการผลิตน้ำ ซึ่งทำให้ต้องเพิ่มต้นทุนและระยะเวลาในการทำความสะอาดน้ำดิบเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย (จารุมาศ, 2564)

การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำต่างๆ ที่สามารถส่งผลต่อการเกิดปัญหา Eutrophication ในแม่น้ำเพชรบุรีในพื้นที่ตอนกลางและตอนล่าง โดยการประยุกต์ใช้ระดับของคลอโรฟิลล์เอเป็นดัชนีชี้วัด ทั้งนี้ มีพื้นที่เป้าหมายในการศึกษา รวม 9 สถานี ครอบคลุมตั้งแต่พื้นที่แม่น้ำทางตอนท้ายของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน (อำเภอแก่งกระจาน) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลาดเชิงเขาที่มีแม่น้ำสาขาและลำธารหลายสาย (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555) จนถึงพื้นที่ตอนล่างซึ่งส่วนใหญ่เป็นเขตที่ราบลุ่มซึ่งเหมาะแก่การเกษตรกรรมและการตั้งถิ่นฐานของชุมชน ลงไปจนถึงพื้นที่เขตน้ำกร่อยที่พบความหนาแน่นของชุมชนสูง (อำเภอบ้านแหลม) ในการศึกษานี้ ยังทำการประเมินสถานการณ์ตลอดจนแนวโน้มของการเกิด Eutrophication โดยวิเคราะห์ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำที่เกี่ยวข้องภายใต้ชุดข้อมูลตั้งแต่ช่วงประมาณ 15 ปี ที่ผ่านมา ทั้งนี้ เพื่อประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและคาดการณ์ถึงสถานการณ์ Eutrophication ในอนาคต ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแนวทางเพื่อการป้องกันปัญหา Eutrophication ในพื้นที่แม่น้ำเพชรบุรีได้อย่างเหมาะสมต่อไป

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

ดำเนินการศึกษาในพื้นที่แม่น้ำเพชรบุรีตอนกลางและตอนล่าง ในจังหวัดเพชรบุรี จำนวนรวม 9 สถานี (สถานี PB1 – PB9) ครอบคลุมตั้งแต่แม่น้ำบริเวณท้ายเขื่อนแก่งกระจาน จนถึงพื้นที่ปากแม่น้ำ ในเขตอำเภอบ้านแหลม ทั้งนี้ ตำแหน่งของสถานีศึกษากระจายอยู่ในพื้นที่ 5 อำเภอ ได้แก่ อำเภอแก่งกระจาน อำเภอท่ายาง อำเภอบ้านลาด อำเภอเมืองเพชรบุรี และอำเภอบ้านแหลม ตามลำดับ (**ตารางที่ 1 – ภาพที่ 1**)



ภาพที่ 1 สถานีศึกษาในพื้นที่ทางตอนกลาง (PB1 – PB3) และทางตอนล่าง (PB4 – PB9) ของลุ่มน้ำเพชรบุรี

ตารางที่ 1 พื้นที่ศึกษา 9 สถานี และบริเวณเขตที่ตั้งภายในจังหวัดเพชรบุรี

สถานี	สถานที่	อำเภอ	พิกัดทางภูมิศาสตร์
PB1	ท้ายเขื่อนแก่งกระจาน	แก่งกระจาน	568999 E – 1427734 N
PB2	สะพานสองพี่น้อง	แก่งกระจาน	570464 E – 1425860 N
PB3	สะพานท่าไม้รวก	ท่ายาง	583607 E – 1415826 N
PB4	ท้ายเขื่อนเพชร	ท่ายาง	592913 E – 1428241 N
PB5	สะพานยางหย่อง	ท่ายาง	597052 E – 1438702 N
PB6	สะพานราษฎร์ร่วมศรัทธา	บ้านลาด	602286 E – 1446792 N
PB7	สะพานเทศบาล	เมือง	602781 E – 1449631 N
PB8	สะพานข้ามก่อนเข้าบ้านแหลม	บ้านแหลม	599359 E – 1464425 N
PB9	ปากแม่น้ำเพชรบุรี	บ้านแหลม	601986 E – 1466653 N

การศึกษารวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิทางด้านปริมาณของคลอโรฟิล์เอและปัจจัยทางนิเวศอุทกวิทยาที่มีการศึกษาในฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ รวมทั้งรายงานการศึกษาวิจัยต่างๆ ที่มีมา ตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2565 เพื่อการประเมินเชิงระดับ ตลอดจนลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามเขตพื้นที่และตามช่วงฤดูกาล ทั้งนี้จัดแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลตามฤดูกาล 2 ช่วง ประกอบด้วย 1) ช่วงกลางฤดูแล้ง (ในเดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม) และ 2) ช่วงกลางฤดูฝน (ในเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม – กันยายน) ของแต่ละปี

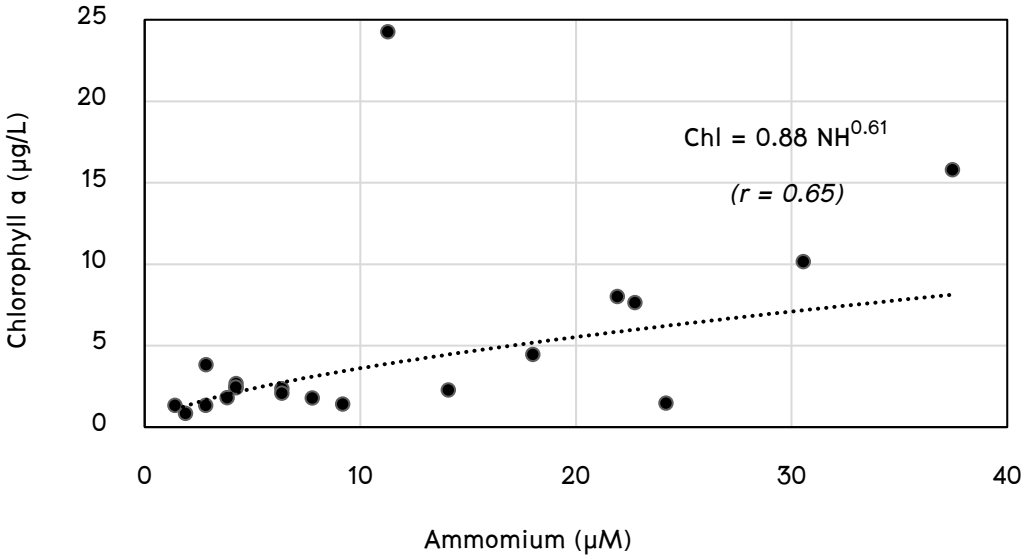
อนึ่ง ในการศึกษายังได้มุ่งเน้นการวิเคราะห์หาโมเดลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของคลอโรฟิลล์เอกับปริมาณสารอาหารพืช (ทั้งในรูปของแอมโมเนียม ไนไตรท์-ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟท) ที่พบในเขตพื้นที่ต่างๆ ของแม่น้ำเพชรบุรี โดยมีเป้าหมายเพื่อการประเมินขอบเขตของสารอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับเขตพื้นที่ต่างๆ หรือฤดูกาลต่างๆ ทั้งนี้ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลนั้น ดำเนินการโดยใช้ Pearson's Correlation Coefficient ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นอกจากนี้ ยังทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำ รวมทั้งปริมาณสารอาหารพืชชนิดหลักต่างๆ โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2565 (โดยขอความอนุเคราะห์ชุดข้อมูลคุณภาพน้ำจากทางกรมควบคุมมลพิษ) และประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตลอดจนโอกาสการเกิดปัญหา Eutrophication ในพื้นที่แม่น้ำ นำไปสู่การเสนอแนวทางการป้องกัน และ/หรือการแก้ไขปัญหา Eutrophication ที่สอดคล้องกับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นได้

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์เอในพื้นที่แม่น้ำและบทบาทของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำ

ผลจากการประมวลข้อมูลทุติยภูมิที่มีการรายงานมา พบว่างานวิจัยด้านคลอโรฟิลล์เอภายในลุ่มน้ำเพชรบุรีในเชิงระดับ ตลอดจนการติดตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์เอตามเขตพื้นที่ซึ่งครอบคลุมตามช่วงฤดูกาลต่างๆ นั้นยังมีจำกัด (พิชาศิษฐ์, 2557; นพรุจ, 2560) งานวิจัยส่วนใหญ่มักเป็นการศึกษาติดตามคุณภาพน้ำทั่วไปและด้านผลกระทบจากการจัดการน้ำเสียชุมชน และมักไม่พบงานการศึกษาบทบาทของปัจจัยทางนิเวศอุทกวิทยาซึ่งมีระยะเวลาการศึกษาติดตามที่มากกว่า 2 ปี (จานนท์, 2552; หวานใจ, 2561) ด้วยเหตุดังกล่าวทำให้การประเมินสถานการณ์และปัญหา Eutrophication ที่อาจเกิดขึ้นในภาพรวมของระบบนิเวศแม่น้ำในระยะยาวมีข้อจำกัด อย่างไรก็ตาม พบว่าในการศึกษาของ พิชาศิษฐ์ (2557) ซึ่งมีพื้นที่ศึกษาที่ครอบคลุมตั้งแต่ตอนท้ายของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน (ในเขตอำเภอแก่งกระจาน) ถึงปลายน้ำที่ออกสู่อ่าวไทยตอนใน ได้มีการรายงานด้านระดับและการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของคลอโรฟิลล์เอที่ครอบคลุมทุกช่วงทุกฤดูกาล และมีระยะเวลาการศึกษาประมาณ 3 ปี (ปี พ.ศ. 2553-2555) ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลของคลอโรฟิลล์เอนี้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับข้อมูลสิ่งแวดล้อมที่เป็นปัจจัยต้นที่สำคัญต่อการเกิดปัญหา Eutrophication ได้

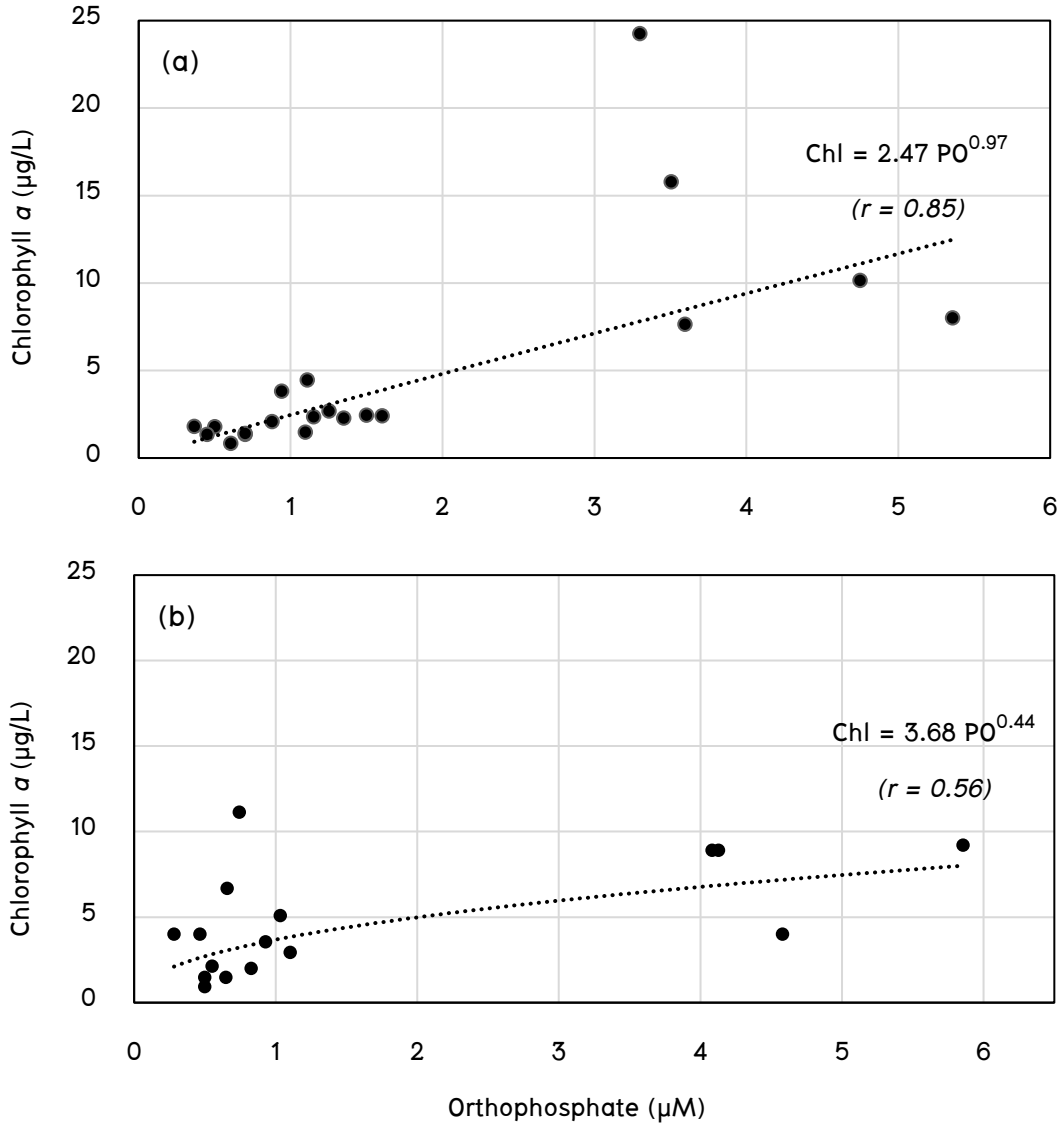
ผลการประมวลและวิเคราะห์ฐานข้อมูลดังกล่าว พบว่าพื้นที่ของแม่น้ำเพชรบุรีมีระดับของคลอโรฟิลล์เอในพื้นที่ตอนล่างมากกว่าในพื้นที่ตอนกลางเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ค่าของคลอโรฟิลล์เอที่พบในภาพรวมยังจัดอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำถึงระดับปานกลาง (OECD, 1982) โดยทั่วไปพบค่าที่น้อยกว่า 10 ไมโครกรัมต่อลิตร ในช่วงฤดูฝนและมีค่าสูงขึ้นในฤดูแล้ง ซึ่งในบางพื้นที่พบค่าที่สูงกว่าเดิมถึงประมาณ 2 เท่า (25 ไมโครกรัมต่อลิตร) (**ภาพที่ 2-4**) ลักษณะดังกล่าวสะท้อนบทบาทของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำที่แตกต่างไปตามฤดูกาล โดยทั้งนี้ ส่วนหนึ่งเกิดจากการที่ในช่วงฤดูแล้งมีสภาวะของการไหลของน้ำที่ลดต่ำลงและน้ำใสขึ้น และพบว่ามีปริมาณของแข็งแขวนลอยในมวลน้ำน้อยกว่าในช่วงฤดูฝนอย่างชัดเจน (พิชาศิษฐ์, 2557; นพรุจ, 2560; Sangmek and Meksumpun, 2014)



ภาพที่ 2 บทบาทของ Ammonium ต่อ Chlorophyll *a* ในพื้นที่ตอนล่างของแม่น้ำเพชรบุรี ในช่วงกลางฤดูแล้ง ซึ่งวิเคราะห์จากชุดข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2553–2555 *(ที่มา: ปรับปรุงจาก พิชาศิษฐ์, 2557)*

สำหรับผลการวิเคราะห์บทบาทของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำต่างๆ ในพื้นที่แม่น้ำเพชรบุรีต่อระดับของคลอโรฟิลล์เอ พบว่าปัจจัยต้นทางด้านอุณหภูมิของน้ำ ปริมาณของแข็งแขวนลอย และค่าความเป็นกรด–เบส ไม่แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระดับของคลอโรฟิลล์เอในทุกเขตพื้นที่ อย่างไรก็ตาม พบว่าปัจจัยทางด้านสารอาหารพืชในน้ำ (ได้แก่ แอมโมเนียมไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟทฟอสฟอรัส) แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระดับของคลอโรฟิลล์เอ โดยทั้งนี้ พบบทบาทของแอมโมเนียมต่อระดับของคลอโรฟิลล์เอในพื้นที่แม่น้ำเพชรบุรีทางตอนล่าง (พื้นที่แม่น้ำในเขตตอนท้ายของเขื่อนเพชร ลงไปถึงเขตน้ำกร่อยตอนล่างสุด; สถานี PB4 – PB9) ซึ่งพบบทบาทเฉพาะในช่วงกลางฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม) เท่านั้น โดยพบว่าระดับของคลอโรฟิลล์เอ (Chl) มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณแอมโมเนียม (NH) ดังสมการ: $Chl = 0.88\ NH^{0.61}$ ($r = 0.65$) และพบว่าค่าของแอมโมเนียมที่เพิ่มขึ้นจาก 1.41 ไมโครโมลาร์ ไปเป็น 37.46 ไมโครโมลาร์ ส่งผลให้ค่าของคลอโรฟิลล์เอในน้ำที่มีระดับต่ำมาก (< 1 ไมโครกรัมต่อลิตร) เพิ่มขึ้นไปเป็นค่าที่สูงถึงประมาณ 24 ไมโครกรัมต่อลิตร ได้ (**ภาพที่ 2**)

ผลการศึกษาข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2553–2555 ยังพบว่าค่าของแอมโมเนียมมีระดับที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2554–2555 ซึ่งอาจสะท้อนให้เห็นถึงการเพิ่มของปัญหาจากกระบวนการ Eutrophication เนื่องจากค่าแอมโนเนียมที่เพิ่มสูงขึ้นได้ส่งผลทำให้ค่าคลอโรฟิลล์เอมีแนวโน้มสูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้ เนื่องจากแอมโมเนียมจัดเป็นสารอาหารพืชที่แพลงก์ตอนพืชชนิดต่างๆ สามารถนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี โดยสามารถถูกดูดซับและนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายกว่าสารประกอบไนโตรเจนรูปอื่น (เชษฐพงษ์, 2558) ทำให้เมื่อมีค่าของแอมโมเนียมที่สูงขึ้น ค่าของคลอโรฟิลล์เอมักมีความเข้มข้นมากขึ้นตามไปด้วย



ภาพที่ 3 บทบาทของ Orthophosphate ต่อ Chlorophyll *a* ในพื้นที่ตอนล่างของแม่น้ำเพชรบุรี ในช่วงกลางฤดูแล้ง (a) และช่วงกลางฤดูฝน (b) ซึ่งวิเคราะห์จากชุดข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2553–2555 *(ที่มา: ปรับปรุงจาก พิชาศิษฐ์, 2557)*

คลอโรฟิลล์เอจัดเป็นรงควัตถุที่มีในพืช รวมทั้งสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชต่างๆ ที่สามารถบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงปริมาณของผู้ผลิตขั้นต้นในภาพรวมของแต่ละพื้นที่ ซึ่งมีการใช้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอเพื่อการจำแนกสถานภาพความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ โดยหากมีค่าที่สูงกว่า 25 ไมโครโมลาร์ จะสะท้อนสภาพที่แหล่งน้ำมีความอุดมสมบูรณ์สูง (Eutrophic condition; OECD, 1982) และอาจมีแนวโน้มไปสู่ปัญหาการขาดออกซิเจนในแหล่งน้ำต่อไปได้ สำหรับในพื้นที่แม่น้ำเพชรบุรี ซึ่งปกตินับเป็นแม่น้ำที่มีความใสสะอาด และมักพบค่าคลอโรฟิลล์เอเฉลี่ยในระดับที่ต่ำกว่า 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งหากคำนึงถึงการอนุรักษ์ระบบนิเวศตาม Base-line เช่นนี้ เราควรควบคุมไม่ให้ค่าคลอโรฟิลล์เอเฉลี่ยสูงเกิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งทั้งนี้ ควรหาทางควบคุมไปที่ปัจจัยสาเหตุ โดยการควบคุมค่าแอมโมเนียมในน้ำ (ในช่วงฤดูแล้ง) ไม่ให้มีระดับที่สูงกว่า 18 ไมโครโมลาร์ **(ภาพที่ 2)** การดำเนินการดังกล่าว ควรพิจารณาถึงปัญหาการปล่อยแอมโมเนียมลงในแหล่งน้ำจากพื้นที่ชุมชนและการทำกิจกรรมทางการเกษตร ซึ่งใน

การศึกษาของ Caraco and Cole (1999) พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่พบในมวลน้ำมีความสัมพันธ์กับจำนวนประชากรในชุมชนโดยรอบของลุ่มน้ำ และยังพบว่าในบริเวณที่พบกิจกรรมทางการเกษตรและการใช้ประโยชน์ในที่ดินที่เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 50 สามารถทำให้แร่ธาตุในรูปไนโตรเจนมีการเพิ่มได้มากถึงสองเท่า

ในด้านบทบาทของออร์โธฟอสเฟทต่อค่าคลอโรฟิลล์เอนั้น ผลการศึกษาพบบทบาทเฉพาะในพื้นที่แม่น้ำเพชรบุรีทางตอนล่าง (สถานี PB4 – PB9) เช่นเดียวกับแอมโมเนียม อย่างไรก็ตาม สามารถพบบทบาทของออร์โธฟอสเฟททั้งในช่วงกลางฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม) และกลางฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม – สิงหาคม – กันยายน) ในปี พ.ศ. 2553–2557 ซึ่งช่วงกลางฤดูแล้ง พบว่าระดับของคลอโรฟิลล์เอ (Chl) มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณออร์โธฟอสเฟท (PO) ดังสมการ: $Chl = 2.47\ PO^{0.97}$ ($r = 0.85$) โดยในช่วงกลางฤดูแล้งพบค่าของออร์โธฟอสเฟทอยู่ในช่วง 0.37–5.36 ไมโครโมลาร์ และค่าสูงสุดของคลอโรฟิลล์เอที่ประมาณ 24 ไมโครกรัมต่อลิตร (**ภาพที่ 3a**)

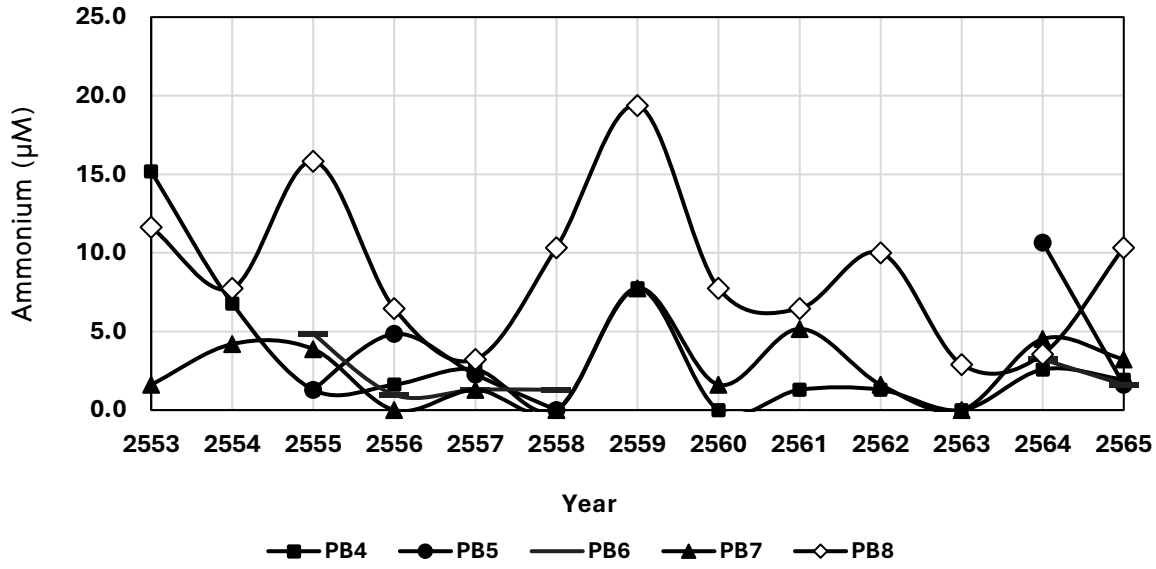
ส่วนในช่วงกลางฤดูฝน พบว่าระดับของคลอโรฟิลล์เอ (Chl) มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณออร์โธฟอสเฟท (PO) ดังสมการ: $Chl = 3.68\ PO^{0.44}$ ($r = 0.56$) โดยในช่วงนี้ ถึงแม้ว่าพบค่าของออร์โธฟอสเฟท (0.28–5.85 ไมโครโมลาร์) อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันกับช่วงฤดูแล้ง อย่างไรก็ตาม พบว่าค่าสูงสุดของคลอโรฟิลล์เอที่พบในพื้นที่แม่น้ำ (11.13 ไมโครกรัมต่อลิตร) มีระดับที่ต่ำกว่าในช่วงกลางฤดูแล้งประมาณ 2 เท่า (**ภาพที่ 3b**) สถานการณ์ดังกล่าว น่าจะเกิดจากข้อจำกัดของแสงที่ส่องผ่านลงน้ำได้น้อยลง ทั้งนี้ เนื่องจากในมวลน้ำช่วงฤดูฝนมักมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเพิ่มมากขึ้นได้อย่างชัดเจน (พิชาศิษฐ์, 2557; นพรุจ, 2560)

ออร์โธฟอสเฟทจัดเป็นสารอาหารพืชที่มีความจำเป็นต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ เนื่องจากเป็นสารอาหารหลักที่พืชต้องการนำไปใช้ประโยชน์ ใช้สร้างองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์ในการดำรงชีวิต อย่างไรก็ตาม หากสารอาหารชนิดนี้มีความเข้มข้นสูงในระบบของสิ่งแวดล้อมทางน้ำ อาจนำไปสู่การเกิดปัญหายูโทรฟิเคชันหรือการสะพรั่งของพืชน้ำในแหล่งน้ำได้ (พิชาศิษฐ์, 2557; จารุมาศ, 2564) การศึกษาของ Schindler (1974) พบว่า การควบคุมการปล่อยของ “*ฟอสฟอรัส*” ที่ลงสู่แหล่งน้ำ นับเป็นทางออกที่ดีและเกิดผลได้ชัดเจนกว่าการควบคุมปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่เข้าสู่แหล่งน้ำ ทั้งนี้ เนื่องจากสารประกอบของฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถจำกัดการเพิ่มจำนวนของผู้ผลิตขั้นต้นในแหล่งน้ำได้ (Shindler, 1974; Correll, 1999) สำหรับในแหล่งน้ำของประเทศไทย สารประกอบออร์โธฟอสเฟทที่พบค่าสูงกว่าปกติในแหล่งน้ำส่วนใหญ่นั้น มักเกิดจากการปนเปื้อนมาจากการปล่อยน้ำทิ้งในเขตชุมชนเมือง การชะล้างหน้าดินที่มีการสะสมของปุ๋ย หรือการระบายน้ำทิ้งจากพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งจำเป็นต้องหาทางควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพ (สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ, 2553) ในการนี้ หากคำนึงถึงการอนุรักษ์ระบบนิเวศตาม Base-line ที่ไม่ให้ค่าคลอโรฟิลล์เอเฉลี่ยสูงเกิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตร เราควรหาทางควบคุมค่าออร์โธฟอสเฟทในน้ำ ไม่ให้มีปริมาณสูงกว่า 2 ไมโครโมลาร์ (**ภาพที่ 3**)

จากการประมวลความรู้ด้านบทบาทของสารอาหารพืชดังที่กล่าวมาในภาพรวม ยังพบว่าทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องควรมุ่งเน้นการควบคุมความเข้มข้นสุทธิทั้งแอมโมเนียมและออร์โธฟอสเฟทที่มีภายในแต่ละเขตพื้นที่ของแม่น้ำ มากกว่าการพิจารณาเพื่อจัดการโดยใช้เกณฑ์เดียวกันทั้งระบบลุ่มน้ำ นอกจากนี้ การกำหนดระดับของแอมโมเนียมและออร์โธฟอสเฟทสูงสุดที่ยอมให้มีได้นั้น ควรพิจารณาแยกไปตามฤดูกาลที่จำเพาะ ทั้งนี้ เนื่องจากแต่ละช่วงฤดูกาลได้รับบทบาทจากปัจจัยต้นในระดับที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยร่วมอื่น ๆ ที่สามารถส่งผลต่อสถานการณ์หรือปัญหา Eutrophication ที่จะเกิดขึ้น ได้แตกต่างกันไปด้วย

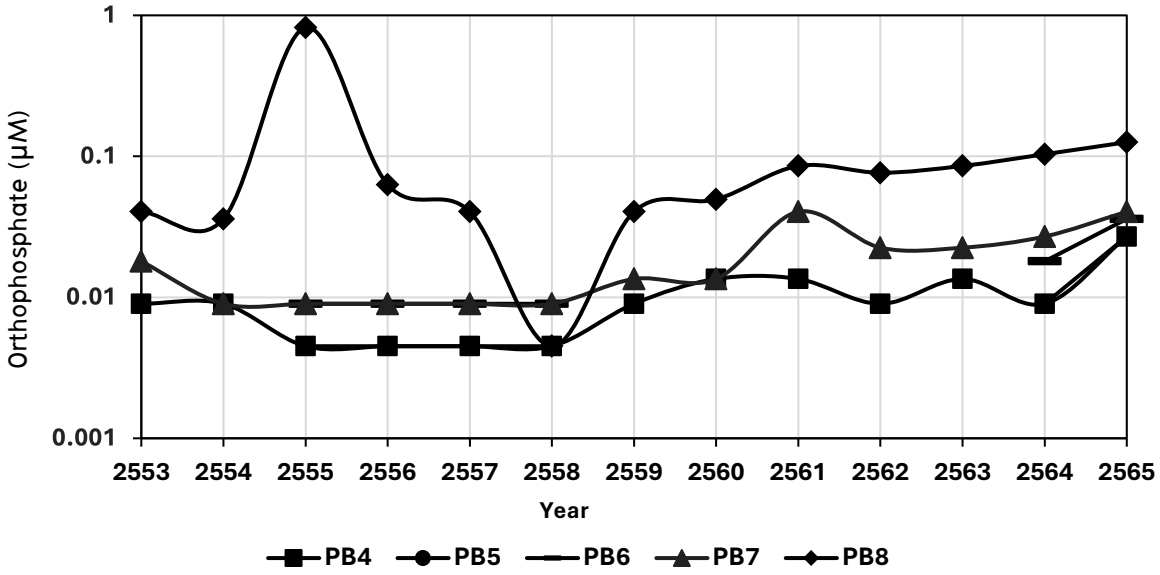
แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำที่เป็นตัวขับเคลื่อนสถานการณ์ยูโทรฟิเคชัน

ผลการศึกษาวิเคราะห์ฐานข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในพื้นที่แม่น้ำเพชรบุรีทางตอนล่าง (ในช่วงฤดูแล้ง) เป็นระยะเวลา 13 ปีต่อเนื่องกัน (พ.ศ. 2553–2565) โดยมุ่งเน้นด้านปริมาณสารอาหารพืชในรูปของแอมโมเนียมและออร์โธฟอสเฟท ที่เป็นปัจจัยขับเคลื่อนให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์เอ (ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสถานกาณ์ Eutrophication) (ประยุกต์ใช้) พบว่าแม่น้ำเพชรบุรีทางตอนล่าง (ในช่วงฤดูแล้ง) มีค่าแอมโมเนียมระดับผันแปรไปตามรายปีและมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจน ทั้งนี้ พบว่าพื้นที่แม่น้ำบริเวณตอนล่างสุดในเขตอำเภอบ้านแหลม (สถานี PB8) มีค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ประมาณ 2–3 เท่า โดยพบค่าสูงสุดประมาณ 19 ไมโครโมลาร์ (ในปี พ.ศ. 2559) ขณะที่พื้นที่แม่น้ำบริเวณอื่น ๆ ส่วนใหญ่พบค่าแอมโมเนียมต่ำกว่า 5 ไมโครโมลาร์ **(ภาพที่ 4)** ซึ่งในภาพรวมของพื้นที่แม่น้ำเพชรบุรีทางตอนล่างนี้ พบว่าค่าแอมโมเนียมยังอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ซึ่งต่ำกว่าระดับที่ประเมินไว้ว่าควรควบคุม 18 ไมโครโมลาร์ (**ภาพที่ 3**) ยกเว้นในเขตอำเภอบ้านแหลมซึ่งมีแนวโน้มที่น่าเป็นห่วง จำเป็นต้องเฝ้าระวังและหาทางแก้ปัญหาอย่างเหมาะสมต่อไป



ภาพที่ 4 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ Ammonium ในพื้นที่แม่น้ำเพชรบุรีทางตอนล่าง ในช่วงปี พ.ศ. 2553–2565 (ข้อมูลจำเพาะของช่วงฤดูแล้ง) (ที่มา: ปรับปรุงจาก กรมควบคุมมลพิษ, 2567)

สำหรับการศึกษาติดตามระดับของออร์โธฟอสเฟท พบว่าแม่น้ำเพชรบุรีทางตอนล่าง (ในช่วงฤดูแล้ง) มีค่าออร์โธฟอสเฟทระดับผันแปรไปตามรายปีเฉพาะบริเวณตอนล่างสุด ในเขตอำเภอบ้านแหลม (สถานี PB8) ทั้งนี้ พบว่าในเขตอำเภอบ้านแหลมนี้มีค่าเฉลี่ยของออร์โธฟอสเฟทสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ถึงประมาณ 10–100 เท่า โดยพบค่าสูงสุดถึง 0.82 มิลลิกรัมต่อลิตร (หรือประมาณ 9 ไมโครโมลาร์) ซึ่งสูงเกินกว่าระดับที่ประเมินไว้ว่าควรควบคุม (2 ไมโครโมลาร์; **ภาพที่ 3**) ขณะที่พื้นที่แม่น้ำในบริเวณอื่นๆ มีค่าออร์โธฟอสเฟทส่วนใหญ่ในระดับที่ต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (หรือประมาณ 1 ไมโครโมลาร์) อย่างไรก็ตาม พบแนวโน้มที่ออร์โธฟอสเฟทค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นมาเรื่อยๆ ตามเวลา **(ภาพที่ 5)** ซึ่งในภาพรวมของพื้นที่แม่น้ำเพชรบุรีทางตอนล่างนี้ พบว่าค่าออร์โธฟอสเฟทเป็นปัจจัยที่ควรเฝ้าระวัง (โดยไม่ควรให้สูงเกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร) และจำเป็นต้องหาทางควบคุมอย่างมีประสิทธภาพต่อไป



ภาพที่ 5 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ Orthophosphate ในพื้นที่แม่น้ำเพชรบุรีทางตอนล่าง ในช่วงปี พ.ศ. 2553–2565 (ข้อมูลจำเพาะของช่วงฤดูแล้ง) (ที่มา: ปรับปรุงจาก กรมควบคุมมลพิษ, 2567)

จากการวิจัยที่ผ่านมายังพบว่าปัญหา Eutrophication เกิดขึ้นจากการเพิ่มของแร่ธาตุอาหารในน้ำ ซึ่งเป็นผลมาจากภาพรวมของหลายสาเหตุ ไม่ว่าจะเป็นพื้นฐานทางธรรมชาติที่มี (Natural background) หรือมาจากอิทธิพลของฝน กิจกรรมอุตสาหกรรม การเกษตรกรรม และน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนทั้งที่มีจุดกำเนิดที่แน่นอน (Point–source runoff) และไม่แน่นอน (Non–point source runoff) ซึ่งผลกระทบจากการเพิ่มของแร่ธาตุอาหารนี้ ได้ทำให้เกิดการปรับตัวของธรรมชาติให้สมดุลกับปริมาณของแร่ธาตุอาหารที่จำเพาะต่าง ๆ (อาทิ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส) และปริมาณของแสงที่มีในแหล่งน้ำ และทำให้แพลงก์ตอนพืชเพิ่มจำนวนขึ้นได้มากเกินควร (พิชาศิษฐ์และคณะ, 2554) ในการศึกษาระบบนิเวศทางน้ำและผลกระทบของการใช้ประโยชน์ในพื้นที่โดยรอบลุ่มน้ำใกล้เคียง พบว่านอกจากน้ำทิ้งจากชุมชนแล้ว ปัญหาเพิ่มของแร่ธาตุอาหารในน้ำยังมาจากกิจกรรมทางการเกษตร โดยเฉพาะการทำนาปลูกข้าวในพื้นที่โดยรอบเป็นหลัก ซึ่งแนวทางที่จะมีประโยชน์ในการควบคุมปริมาณแร่ธาตุอาหารที่มากเกินไปนั้น ประกอบด้วยการลดปริมาณการใช้ปุ๋ย การมีช่วงเวลาที่ใช้ประโยชน์ที่ชัดเจนและใกล้เคียงกัน และการที่มีการกันพื้นที่ชายขอบเพื่อการดูแลให้เป็นพื้นที่ธรรมชาติ หรือเป็นพื้นที่ที่ป้องกันและบรรเทาเบาบางปัญหาการกัดเซาะที่จะลงสู่แม่น้ำโดยตรง

อย่างไรก็ตาม แนวทางข้างต้นนับว่าเป็นไปได้ค่อนข้างยากเมื่อพิจารณาจากลักษณะการทำเกษตรกรรมในพื้นที่ ณ ปัจจุบันของประเทศไทยเรา อุปสรรคสำคัญที่สุดที่พบ คือ การที่ผู้ประกอบกิจกรรมการเกษตรยังไม่ได้ตระหนักถึงปัญหาและผลกระทบที่จะเกิด นอกจากนี้ ชุมชนโดยรอบและสังคมในภาพรวมยังขาดความรู้ความเข้าใจในแนวทางของการอนุรักษ์แหล่งน้ำที่เพียงพอ ซึ่งยังไม่สามารถเป็นแรงกระตุ้นซึ่งกันและกันได้ ในการนี้ การแก้ปัญหา Eutrophication ในระยะยาว จึงควรหันมาให้ความสำคัญกับการ “*สร้างความรู้*” ด้านการอนุรักษ์ดูแลสิ่งแวดล้อมทางน้ำและทรัพยากรที่เกี่ยวข้องให้กับสังคมในวงกว้าง โดยควรเน้นการถ่ายทอดและแลกเปลี่ยนความรู้ สร้างความเข้าใจและความตระหนักถึงปัญหาและผลกระทบที่จะกลับมาสู่สังคม (จารุมาศ, 2564) อันจะนำไปสู่ความร่วมมือในการบริหารจัดการการใช้ประโยชน์ในพื้นที่และอนุรักษ์แหล่งน้ำที่มีได้

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้พบว่า ปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านแอมโมเนียมและออร์โธฟอสเฟท สามารถส่งผลต่อการเพิ่มระดับของคลอโรฟิลล์เอ ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดปัญหา Eutrophication ในแม่น้ำเพชรบุรีโดยเฉพาะในพื้นที่ตอนล่างได้ ทั้งนี้พบว่าพื้นที่ตอนล่างที่พบความหนาแน่นของชุมชนสูง ในเขตอำเภอบ้านแหลม พบการเพิ่มขึ้นของระดับของแอมโมเนียมและออร์โธฟอสเฟทได้อย่างชัดเจนกว่าพื้นที่อื่นๆ ในการศึกษานี้ ยังพบว่าในพื้นที่ทางตอนล่าง ในช่วงฤดูแล้ง ระดับของคลอโรฟิลล์เอ (Chl) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณแอมโมเนียม (NH) ดังสมการ: $Chl = 0.88\ NH^{0.61}$ ($r = 0.65$) และมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณออร์โธฟอสเฟท (PO) ดังสมการ: $Chl = 2.47\ PO^{0.97}$ ($r = 0.85$) ส่วนในช่วงกลางฤดูฝน มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณออร์โธฟอสเฟท (PO) ดังสมการ: $Chl = 3.68\ PO^{0.44}$ ($r = 0.56$)

ผลการศึกษายังสะท้อนให้เห็นว่า หากคำนึงถึงการอนุรักษ์ระบบนิเวศแม่น้ำตาม Base-line ที่ไม่ควรให้ค่าคลอโรฟิลล์เอเฉลี่ย สูงเกิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตร เราควรหาทางควบคุมระดับของแอมโมเนียมในน้ำ ไม่ให้มีปริมาณสูงกว่า 18 ไมโครโมลาร์ และควบคุมระดับของออร์โธฟอสเฟทในน้ำ ไม่ให้มีปริมาณสูงกว่า 2 ไมโครโมลาร์ ในการนี้จำเป็นต้องเฝ้าระวังปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น (โดยเฉพาะในพื้นที่ทางตอนล่าง ในเขตอำเภอบ้านแหลม) และเร่งวางแนวทางเพื่อการควบคุมปริมาณสารอาหารพืชที่จะเข้าสู่พื้นที่แม่น้ำเพชรบุรีอย่างมีประสิทธิภาพ โดยควรให้ความสำคัญด้านการส่งเสริมความรู้และความตระหนักถึงปัญหาที่จะเกิดร่วมกัน ซึ่งจะก่อให้เกิดการขับเคลื่อนในการป้องกันปัญหา Eutrophication และอนุรักษ์ทรัพยากรทางน้ำที่เกี่ยวข้องได้อย่างเป็นรูปธรรมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากห้องปฏิบัติการวิจัยดินตะกอนและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ภาควิชาชีววิทยาประมง และภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้วิจัยขอขอบคุณนักวิชาการและเจ้าหน้าที่ฝ่ายประสานงานข้อมูลในส่วนของกองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ ที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนให้การสนับสนุนข้อมูลด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำรายเดือนอย่างละเอียดครบถ้วนในทุกพารามิเตอร์ที่ทำการขอความอนุเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2562). **รายงานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน**. 91 หน้า. กรุงเทพฯ. กรมควบคุมมลพิษ สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 (ราชบุรี) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. (2567). **คุณภาพน้ำ**. กรุงเทพฯ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมชลประทาน. (2562). **รายงานสถานการณ์น้ำแม่น้ำเพชรบุรี**. กรุงเทพฯ. กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จานนท์ ศรีเกตุ. (2552). **ผลของกิจกรรมชุมชนที่มีต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี.** (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท) คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. (2559). **สายน้ำเพชร สายน้ำแห่งชีวิต**. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 68 หน้า.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. (2564). **จากต้นน้ำถึงปากแม่น้ำ บทบาททางนิเวศอุทกวิทยา และการจัดการเชิงอนุรักษ์**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). 414 หน้า. กรุงเทพฯ. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. (2558). **สรีรวิทยาและนิเวศวิทยาของแพลงก์ตอนพืชทะเล**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะประมง.

นพรุจ แก้วฉวี. (2560). **บทบาทของปัจจัยทางสัณฐานวิทยา อุทกวิทยา และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีต่อลักษณะทางปริมาณและคุณภาพของของแข็งแขวนลอยรวมในระบบนิเวศแม่น้ำเพชรบุรี**. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท) คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิชาศิษฐ์. (2557). **การบูรณาการองค์ความรู้ทางนิเวศวิทยา อุทกวิทยา และสัณฐานวิทยาเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางนิเวศอุทกวิทยา: กรณีศึกษาแม่น้ำเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี**. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก). คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิชาศิษฐ์ แสงเมฆ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ และ เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. (2554). อิทธิพลของการเคลื่อนตัวของน้ำต่อความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศแม่น้ำ: กรณีศึกษาแม่น้ำเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง** 5(1): 89–98.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร. (2555). **ลุ่มน้ำเพชรบุรี**. 138 หน้า. กรุงเทพฯ.

หวานใจ หลำพรม. (2561). **รูปแบบการตั้งถิ่นฐานประชากรริมฝั่งน้ำเพื่อการจัดการน้ำเสียของแม่น้ำเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ประเทศไทย.** (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก) คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Caraco NF, Cole JJ. (1999). Human impact on nitrate export: An analysis using major world rivers. **Ambiol.** 28: 167–170.

Correll DL. (1999). Phosphorus: a rate limiting nutrient in surface waters. **Poultry. Sci**. 78: 674–682.

Mainstone CP, Parr W. (2002). Phosphorus in rivers – ecology and management. **Sci. Total. Environ**. 282–283, 25–47.

McGarrigle ML. (1993). Aspects of river eutrophication in Ireland. **Ann. Limnol**. 29, 355–364.

OCED. (1982). **Eutrophication of Water: Monitoring Assessment and Control**. Organization of Economic Co-operation and Development, Paris.

Sangmek P, Meksumpun C. 2014. Assessment of impacts from various hydro-ecological factors on oxygen budgets of a regulated river: A case study of the Phetchaburi river, western Thailand. **Water Science and Technology** 69(7), 1565–1572.

Schindler DW. (1974). Eutrophication and recovery in experimental lakes: Implication for lake management. **Science** 184, 897–899.

Sharopley AN, Smith SJ. (1990). Phosphorus transport in agricultural runoff: The role of soil erosion. **In: Soil Erosion on Agricultural Land**, Boardman J, Foster LDL, Dearing JA (eds.). John Wiley and Sons, Chichester, New York. pp. 351–366.

Sharply AN, Chapra SC, Wedwpohl R, Sims JT, Daniel TC, Reddy KR. (1994). Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: Issues and options. **J. Environ. Qual**. 23, 437–451.

Wilson TD, Lisle D, Schooler J, Hodges SD, Klaaren KJ, LaFleur SJ. (1993). Introspecting about reasons can reduce post-choice satisfaction. **Pers. Soc. Psychol. Bull**. 19, 331–339.

บทบาทของปัจจัยทางนิเวศอุทกวิทยาและการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ต่อการเปลี่ยนแปลงประชาคมแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำเจ้าพระยา

Roles of hydro– ecological factors and land utilization on changes of phytoplankton community in the Chao Phraya river

ศุภวิชญ์ บุญครอง[1] และ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์[1*]

Supawitch Boonkrong[1] and Charumas Meksumpun[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาบทบาทของปัจจัยทางนิเวศอุทกวิทยาและการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ต่อการเปลี่ยนแปลงประชาคมแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยา ดำเนินการโดยการวิเคราะห์ฐานข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวข้องในช่วงปี พ.ศ. 2553–2565 โดยกำหนดสถานีศึกษา 18 สถานี ครอบคลุมตั้งแต่พื้นที่ตอนต้นแม่น้ำ (ในเขตจังหวัดนครสวรรค์) ถึงพื้นที่ปลายน้ำ (ในเขตจังหวัดสมุทรปราการ) ผลการศึกษาวิจัยพบว่าการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสรวม (TP) อย่างชัดเจนโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง มีบทบาทในเชิงบวกต่อความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มหลักที่พบในแม่น้ำ (Division Bacillariophyta) ($r=0.76$) ทั้งนี้ ควรควบคุมไม่ให้มีค่า TP สูงกว่า 0.30 mg/L ผลการศึกษายังพบว่า การเพิ่มขึ้นของ TP มีความสัมพันธ์ เชิงบวกกับสัดส่วนของพื้นที่ชุมชนโดยรอบ ($r=0.73$) และปริมาณน้ำท่า ($r=0.40$) อย่างไรก็ตาม หากปริมาณน้ำท่ามีระดับที่สูงกว่า $2,000\times10^6$ ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ก็จะช่วยเจือจาง TP ให้มีค่าต่ำลง ซึ่งนับเป็นส่วนหนึ่งในการควบคุมการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชได้ สำหรับผลการวิเคราะห์แนวโน้มของสถานการณ์สารอาหารพืชชนิดสำคัญ พบว่าปริมาณ TP มีการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (> 0.20 mg/L) ตั้งแต่ประมาณปี พ.ศ. 2561–2562 เป็นต้นมา ลักษณะดังกล่าวทำให้พื้นที่แม่น้ำโดยเฉพาะในตอนล่างเข้าสู่สถานการณ์ยูโทรฟิเคชัน ซึ่งจำเป็นต้องหาแนวทางการควบคุมปัจจัยสาเหตุอย่างจริงจัง ทั้งนี้ เพื่อช่วยอนุรักษ์ดูแลระบบนิเวศและทรัพยากรที่มีในพื้นที่แม่น้ำให้อยู่ในสมดุลที่เหมาะสมได้ต่อไป

คำสำคัญ: แพลงก์ตอนพืช, ฟอสฟอรัสรวม, การใช้ประโยชน์ในพื้นที่, ปริมาณน้ำท่า, ปัญหายูโทรฟิเคชัน, แม่น้ำเจ้าพระยา

[1] ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10900

[1] Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

*Corresponding author : ffiscmc@ku.ac.th

Abstract

Research on impacts of hydro-ecological factors and land utilization on changes of phytoplankton community in the Chao Phraya river was carried out by analysis of secondary information during 2010-2022 in 18 stations covering all of the river areas (from upper-reach river in Nakhon Sawan province to lower-reach river in Samut Prakan province). The results indicated that the significant increases of total phosphorus (TP) especially in drought season had positive relationships with density of main division phytoplankton in the river (Division Bacillariophyta) (*r=0.76*). Accordingly, we suggest to control TP to the levels less than 0.30 mg/L. Additionally, the increases of TP had positive relationship with proportion of community area surround the river (*r=0.73*) and with the Inflow (*r=0.40*), However, if the inflow increased more than $2{,}000\times10^6$ m^3/month, TP should be diluted. Such phenomena can be one of appropriate approach to control phytoplankton population. Analysis on changing trend of nutrients impacting on main phytoplankton indicated that TP significant had increased (> 0.20 mg/L) from 2018-2019. Such situation should drive Chao Phraya river into eutrophication status, especially in the lower area. Therefore, related causes should be critically considered and control in order to further conserve for ecosystem and related resource stability of the river areas.

Keywords: Phytoplankton, Total phosphorus, Land utilization, Inflow, Eutrophication, Chao Phraya river

บทนำ

การเกิดสถานการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณอ่าวไทยตอนในมักเกิดขึ้นอย่างฉับพลันและยากที่จะคาดการณ์ได้ (Weijia *et al.*, 2022) ทำให้ผู้ประกอบการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำบริเวณอ่าวไทยตอนในไม่สามารถเตรียมการรับมือได้อย่างทันท่วงที ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อภาคการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการทำประมงที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากการเน่าเสียของแพลงก์ตอนพืชที่ตายลง ทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลงและค่าแอมโมเนียเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำต่างๆ (จารุมาศ, 2564; จารุมาศและคณะ, 2561) ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าสาเหตุหลักของการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสีในอ่าวไทยตอนใน เป็นผลมาจากการที่มีปริมาณสารอาหารพืชจากแผ่นดินไหลลงสู่ทะเลอย่างต่อเนื่อง (ณพ, 2556) โดยไหลลงมาตามแม่น้ำสายหลัก 4 สาย ประกอบด้วยแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำท่าจีน ในบริเวณแม่น้ำสายหลักดังกล่าว พบว่าแม่น้ำเจ้าพระยานับเป็นแม่น้ำสายใหญ่ที่สุด ซึ่งนำเอามวลน้ำตั้งแต่จังหวัดนครสวรรค์ ไหลออกสู่อ่าวไทยตอนในที่จังหวัดสมุทรปราการ เป็นระยะทางกว่า 372 กิโลเมตร (กรมชลประทาน, 2567) โดยระหว่างทางนั้น ระบบนิเวศของแม่น้ำได้รับสารอาหารพืชที่ปนเปื้อนมาจากการใช้พื้นที่ของชุมชนโดยรอบ นอกจากนี้ยังได้รับมวลน้ำที่เพิ่มมาจากปริมาณน้ำท่า น้ำฝน และ/หรือแหล่งน้ำสาขาต่างๆ ตามช่วงฤดูกาล (Singkran *et al.*, 2019) ซึ่งสามารถส่งผลต่อปริมาณสารอาหารพืชที่ไหลลงสู่อ่าวไทยตอนในได้

ในการศึกษาด้านแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยาที่ผ่านมา พบว่ามีแพลงก์ตอนพืชกลุ่มหลัก 4 Divisions ได้แก่ Chlorophyta, Cyanophyta, Bacillariophyta และ Euglenophyta โดย Division ที่มักพบความหนาแน่นมากที่สุด คือ Bacillariophyta ซึ่งมีความหนาแน่นผันแปรไปตามช่วงฤดูกาล และมักพบได้มากในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน – เมษายน) ซึ่งมีปริมาณสารอาหารพืชที่เพิ่มสูงขึ้น ขณะที่จะพบน้อยลงในช่วงฤดูน้ำหลาก (พฤษภาคม – ตุลาคม) ซึ่งมีปริมาณน้ำท่าและความขุ่นของน้ำที่เพิ่มสูงขึ้น (ศิริพล, 2557; ศิโรจน์และคณะ, 2557; ฐิติมนและสุชาติ, 2562) ซึ่งลักษณะดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่แม่น้ำกิดจาก

ปัจจัยร่วมหลายด้าน และหากมีปัจจัยกระตุ้นที่มากเกินพอ ก็อาจทำให้เกิดสถานการณ์การสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบนิเวศและทรัพยากรสัตว์น้ำ ดังเช่นที่เกิดขึ้นในพื้นที่อ่าวไทยตอนในได้เช่นกัน

การศึกษาวิจัยนี้ จึงมีเป้าหมายเพื่อศึกษาผลกระทบจากปัจจัยต้นทางนิเวศอุทกวิทยา (อาทิ ปริมาณน้ำท่าและปริมาณสารอาหารพืช) และระดับการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยาในบริเวณต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงและการตอบสนองของประชาคมของแพลงก์ตอนพืช นอกจากนี้ ยังทำการวิเคราะห์แนวโน้มของสถานการณ์สารอาหารพืชในพื้นที่แม่น้ำ รวมทั้งพัฒนาโมเดลทางนิเวศวิทยาที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะทำให้ทราบทิศทางการเปลี่ยนแปลงของประชาคมแพลงก์ตอนพืช โดยผลจากการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดแนวทางในการควบคุมสถานการณ์ยูโทรฟิเคชันที่อาจจะเกิดเพิ่มมากขึ้นได้ในอนาคต ซึ่งนับเป็นองค์ความรู้เพื่อการอนุรักษ์ดูแลระบบนิเวศและทรัพยากรในแม่น้ำ ให้อยู่ในสภาวการณ์ที่เหมาะสมต่อไป

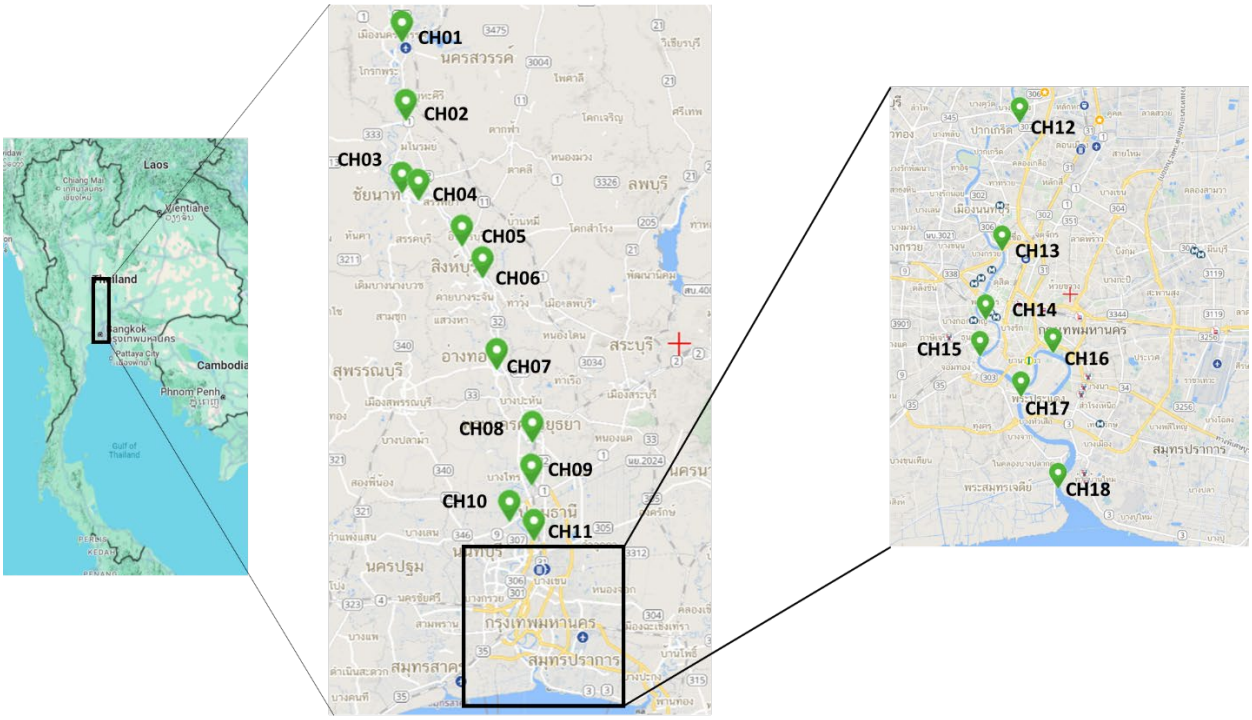
วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

กำหนดพื้นที่ศึกษาในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ประกอบด้วยพื้นที่ตั้งแต่สะพานเดชาติวงศ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ จนถึง อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ รวมทั้งสิ้น 18 สถานี (**ภาพที่ 1**) และอ้างอิงตามการแบ่งเขตโดยกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งได้แบ่งเขตแม่น้ำเจ้าพระยาตามมาตรฐานคุณภาพน้ำเป็น 3 เขต ประกอบด้วย 1) เขตตอนบน (แหล่งน้ำประเภทที่ 2) ได้แก่ สถานี CH01 สะพานเดชาติวงศ์, สถานี CH02 สะพานท่าน้ำอ้อย, สถานี CH03 สนามกีฬาเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ จังหวัดชัยนาถ, สถานี CH04 เขื่อนเจ้าพระยา, สถานี CH05 สะพานอินทร์บุรี, สถานี CH06 สะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา (ทล.311), สถานี CH07 ศาลากลางจังหวัดอ่างทอง (ทล.309) 2) เขตตอนกลาง (แหล่งน้ำประเภทที่ 3) ได้แก่ สถานี CH08 ป้อมเพชร, สถานี CH09 โรงงานกระดาษบางปะอิน, สถานี CH10 สถานีตำรวจภูธร อำเภอสามโคก, สถานี CH11 จุดสูบน้ำดิบเพื่อการประปาสำแล,สถานี CH12 สะพานนนทบุรี (ทล.307) และ 3) เขตตอนล่าง (แหล่งน้ำประเภทที่ 4) ได้แก่ สถานี CH13 สะพานพระรามหก, สถานี CH14 สะพานพระพุทธยอดฟ้า, สถานี CH15 สะพานกรุงเทพฯ, สถานี CH16 ท่าเรือกรุงเทพฯ, สถานี CH17 หน้าที่ว่าการอำเภอพระประแดง, และ สถานี CH18 พระสมุทรเจดีย์ (ศาลากลางจังหวัดสมุทรปราการ) (**ภาพที่ 1**)

การศึกษารวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ดำเนินการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิทางด้านชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชที่มีการศึกษามา จากฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ รวมทั้งรายงานการศึกษาวิจัยต่างๆ ตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2553 ถึงปัจจุบัน เพื่อการประเมินชนิดเด่นและลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล สำหรับข้อมูลนิเวศอุทกวิทยาทางด้านปริมาณ ปริมาณสารอาหารพืชในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยา เพื่อการประเมินความสัมพันธ์และวิเคราะห์แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงตามเวลาในระยะยาวนั้น ได้ทำการติดต่อขอความอนุเคราะห์ข้อมูล (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553–2565) จากกรมควบคุมมลพิษ ส่วนข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือน ได้จากการสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูลของกรมชลประทาน (กรมชลประทาน, 2567) และสำหรับข้อมูลด้านความหนาแน่นประชากรตลอดจนลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบพื้นที่แม่น้ำในเขตจังหวัดต่างๆ นั้น ได้ทำการสืบค้นข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2564)



ภาพที่ 1 พื้นที่และสถานีในการศึกษาวิจัยในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยา
(ที่มา: ปรับปรุงจาก https://map.longdo.com/p/A10011333)

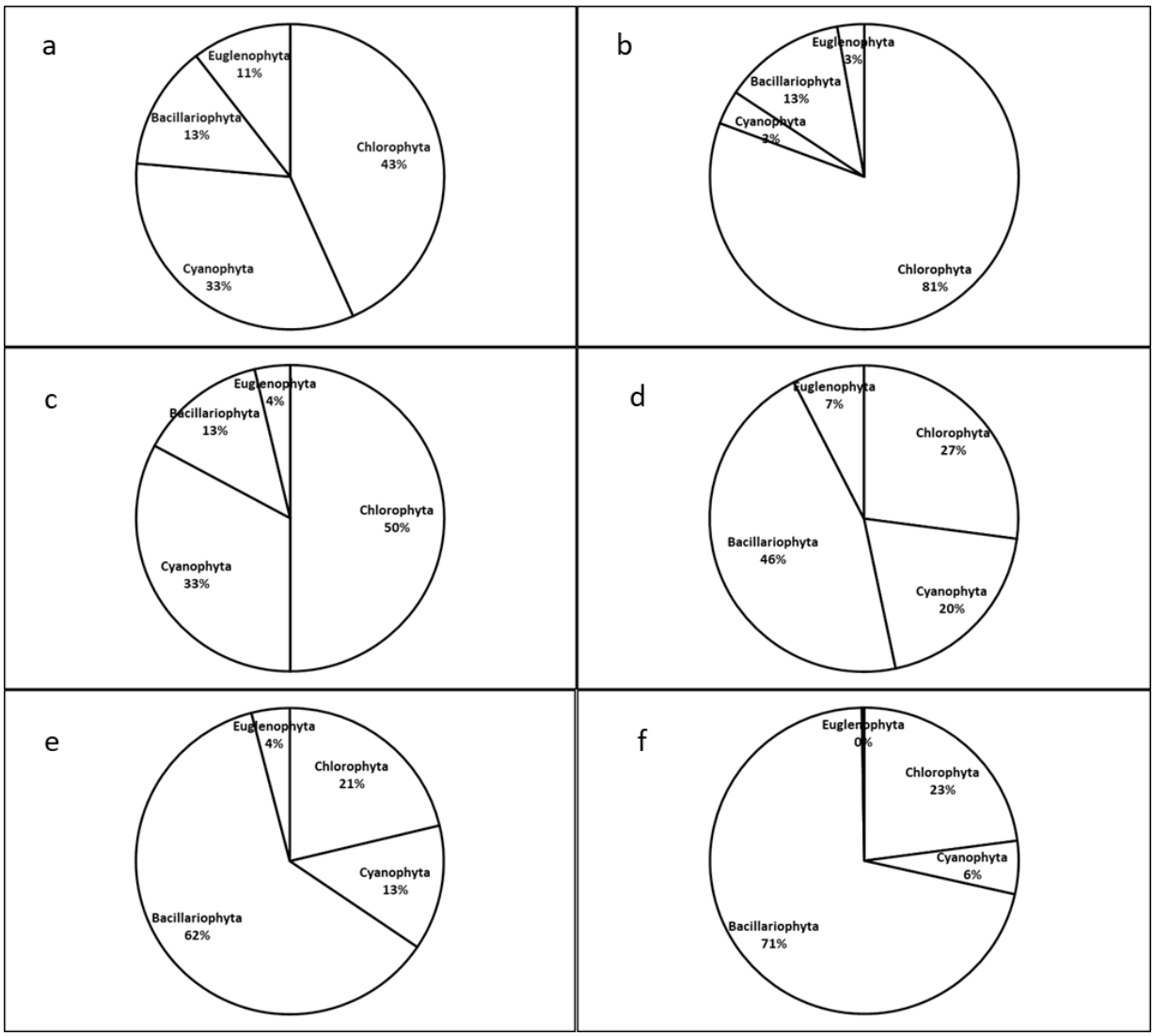
อนึ่ง ในการศึกษาได้มุ่งเน้นการวิเคราะห์หาโมเดลความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มต่างๆ กับปริมาณสารอาหารพืชทั้งในรูปของแอมโมเนียม ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัสรวม ตลอดจนวิเคราะห์บทบาทจากปริมาณน้ำท่า และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา นอกจากนี้ ยังทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของปัจจัยต้นที่สำคัญต่างๆ โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2565 เพื่อประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและโอกาสการเกิดปัญหายูโทรฟิเคชันในพื้นที่แม่น้ำเขตที่จำเพาะต่างๆ ทั้งนี้ ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล ดำเนินการโดยใช้ Pearson's Correlation Coefficient ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และสังเคราะห์แนวทางการป้องกันปัญหายูโทรฟิเคชันที่สอดคล้องกับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นต่อไป

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

ลักษณะของประชาคมแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำเจ้าพระยา

ผลจากการประมวลข้อมูลทุติยภูมิที่มีการรายงานมา พบว่างานศึกษาโดยส่วนใหญ่มักเป็นการศึกษาติดตามเฉพาะพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยาในเขตจังหวัดหนึ่งๆ และขาดงานการศึกษาที่ต่อเนื่องซึ่งมีระยะเวลาที่มากกว่า 1-2 ปี ทำให้การประเมินการตอบสนองของแพลงก์ตอนพืชต่อสถานการณ์ทางนิเวศอุทกวิทยาในภาพรวมของระบบนิเวศแม่น้ำในระยะยาวมีข้อจำกัด (Muttamara, Candelaria,1994; Horiuchi *et al.*, 2020) อย่างไรก็ตาม พบการศึกษาของ ฐิติมน และสุชาติ (2562) ที่มีพื้นที่ศึกษาที่ครอบคลุมตั้งแต่แม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน (ในเขตจังหวัดชัยนาท) ถึงปลายน้ำที่ออกสู่อ่าวไทยตอนใน (ในเขตจังหวัดสมุทรปราการ) และรายงานด้านชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชอย่างต่อเนื่องทุกฤดูกาลในช่วงเวลาประมาณ 1 ปี (ปีพ.ศ. 2560-2561) ซึ่งสามารถนำฐานข้อมูลมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับข้อมูลทางนิเวศอุทกวิทยาต่างๆ และข้อมูลด้านการใช้ประโยชน์ในพื้นที่โดยรอบได้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นทางด้านชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณ 18 สถานี (**ภาพที่ 1**) ในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยา ในภาพรวมพบว่าในพื้นที่ต้นน้ำ อาทิ สถานี CH05 มีแพลงก์ตอนพืชใน Division Chlorophyta เป็นประชากรหลักในแหล่งน้ำ โดยคิดเป็น 43% ในช่วงเดือนพฤษภาคม – พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 และ 81% ในช่วงธันวาคม พ.ศ. 2560 – เมษายน พ.ศ. 2561 (**ภาพที่ 2**)

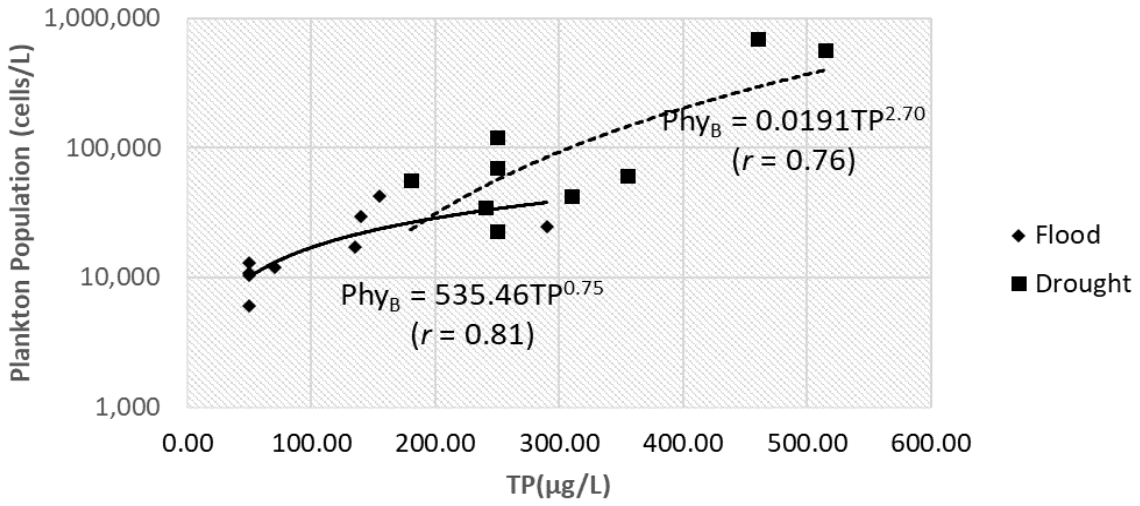


ภาพที่ 2 สัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชที่พบในช่วงฤดูน้ำหลาก (เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2650 – พฤศจิกายน พ.ศ. 2561) เปรียบเทียบกับในช่วงฤดูแล้ง (เดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 – เมษายน พ.ศ. 2561) ในสถานีตัวแทนของพื้นที่ตอนบน (สถานี CH05; ภาพ a – b) ตอนกลาง (สถานี CH09; ภาพ c – d) และตอนล่าง (สถานี CH18; ภาพ e – f)
(ที่มา: ปรับปรุงจาก ฐิติมนและสุชาติ, 2562)

ในพื้นที่ตอนกลางของแม่น้ำ อาทิ สถานี CH09 ช่วงเดือน พฤษภาคม – พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ก็ยังพบ Division Chlorophyta เป็นประชากรหลัก อย่างไรก็ตาม ในช่วงฤดูแล้ง (เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2560 – เมษายน พ.ศ. 2560) ที่ปริมาณน้ำท่าลดลงและมีการสะสมของสารอาหารพืชมากขึ้น มักพบแพลงก์ตอนพืชใน Division Bacillariophyta เป็นประชากรหลัก โดยคิดเป็น 46% สำหรับในสถานีปลายน้ำ ที่มีการสะสมของสารอาหารพืชสูงกว่าพื้นที่ตอนบนและตอนกลางอาทิ ในสถานี CH18 นั้น สามารถพบแพลงก์ตอนพืชใน Division Bacillariophyta เป็นประชากรหลัก ในทั้ง 2 ช่วงฤดูกาล (**ภาพที่ 2**)

บทบาทของสารอาหารพืชต่อประชากรแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยา

ในการศึกษาวิเคราะห์บทบาทของสารอาหารพืช (ในรูปของแอมโมเนียม ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัสรวม)พบว่าสารอาหารในรูปของฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus) เท่านั้น ที่แสดงความสัมพันธ์กับประชากรของแพลงก์ตอนพืช ทั้งนี้ Total phosphorus (TP) แสดงบทบาทในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ (**ภาพที่ 3**) เฉพาะกับแพลงก์ตอนพืช ใน Division Bacillariophyta (Phy_B) ซึ่งเป็นประชากรหลักของพื้นที่ตอนกลางและตอนล่างของแม่น้ำเจ้าพระยา โดยพบความสัมพันธ์ในช่วงฤดูน้ำหลาก (เดือนพฤษภาคม–พฤศจิกายน พ.ศ. 2561) และในช่วงฤดูแล้ง (เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561–เมษายน พ.ศ. 2562) ดังสมการ $Phy_B = 535.46\ TP^{0.75}$ ($r = 0.81$) และ $Phy_B = 0.02\ TP^{2.70}$ ($r = 0.76$) ตามลำดับ โดยผลการศึกษาพบว่าในฤดูแล้งมีปริมาณของฟอสฟอรัสรวมมากกว่าในฤดูน้ำหลากอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งนับเป็นการกระตุ้นทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนของประชากรแพลงก์ตอนพืชได้มากกว่านั่นเอง (เชษฐพงษ์, 2558; จารุมาศและคณะ, 2561)

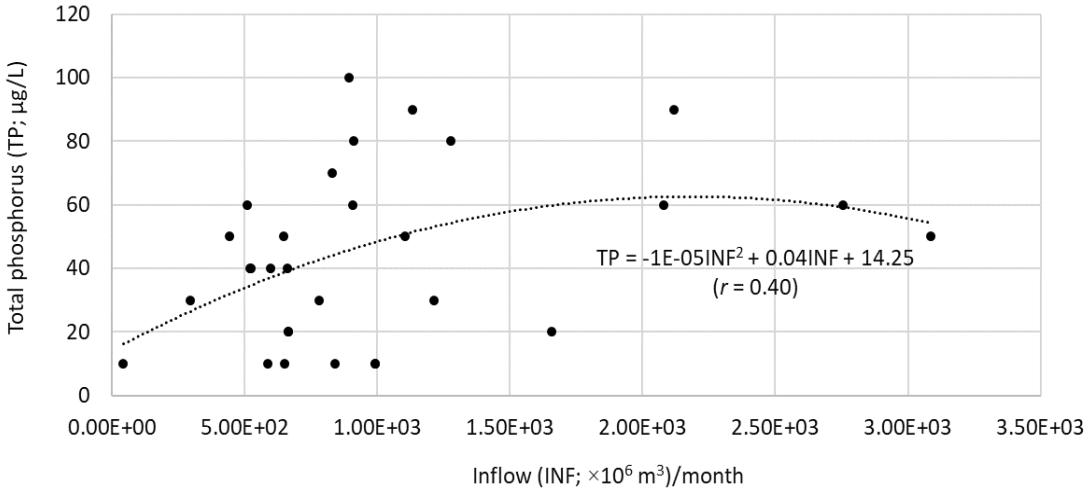


ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชใน Division Bacillariophyta (Phy_B) กับปริมาณฟอสฟอรัสรวม (TP) ที่พบในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยา ในช่วงฤดูน้ำหลาก (Flood; เดือนพฤษภาคม–พฤศจิกายน พ.ศ. 2561) และในช่วงฤดูแล้ง (Drought; เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561–เมษายน พ.ศ. 2562)

อนึ่ง ในการศึกษานี้ยังพบว่า หากเราต้องการควบคุมประชากรแพลงก์ตอนพืชกลุ่มหลักนี้ ไม่ให้มีความหนาแน่นสูงเกิน 100,000 cells/L จำเป็นต้องหาทางควบคุมปริมาณฟอสฟอรัสรวม (โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง) ไม่ให้มีค่าเกิน 300 µg/L ซึ่งจะเป็นการควบคุมไม่ให้เกิดปัญหาจากสถานการณ์ยูโทรฟิเคชันในพื้นที่แม่น้ำได้ต่อไป (จารุมาศ, 2564)

บทบาทของปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณฟอสฟอรัสรวมในแม่น้ำเจ้าพระยา

การศึกษาบทบาทของปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่พบในพื้นที่แม่น้ำในภาพรวม พบว่าปริมาณน้ำท่าไม่แสดงบทบาทอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณฟอสฟอรัสรวมในแม่น้ำ อย่างไรก็ตาม หากทำการวิเคราะห์ข้อมูลแยกตามเขตจังหวัดต่างๆ แล้ว พบว่าปริมาณน้ำท่า (Inflow; INF) ในพื้นที่แม่น้ำของเขตจังหวัดพระนครศรีอยุธยา แสดงบทบาทในระดับปานกลางต่อปริมาณฟอสฟอรัสรวม (TP) ในแม่น้ำ (ค่า Correlation coefficient; r = 0.40) ดังสมการ TP = -10^{-5} INF^2 +0.04 INF+14.25 (**ภาพที่ 4**) ขณะที่ในเขตพื้นที่จังหวัดอื่นๆ มีค่า Correlation Coefficient ที่ต่ำ



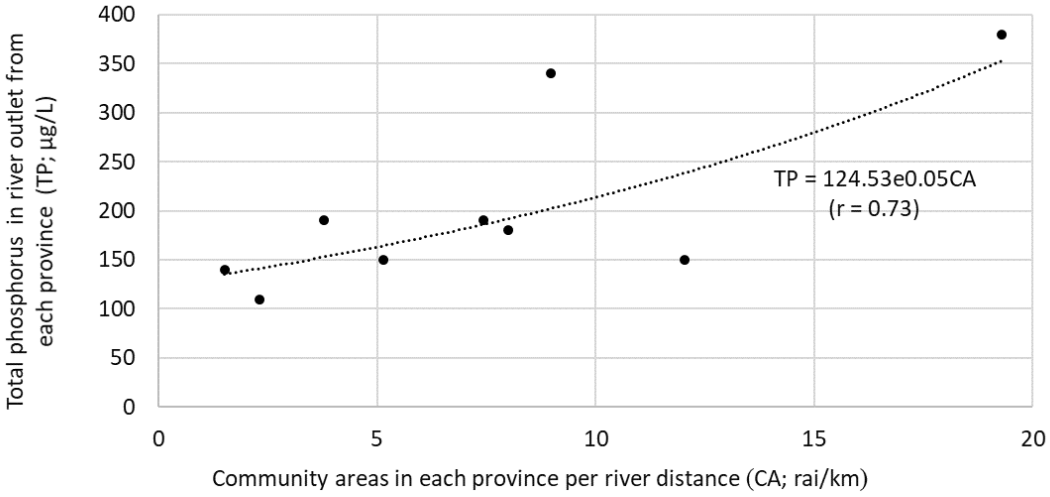
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus; TP) กับปริมาณน้ำท่า (Inflow; INF)) ในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยาในเขตจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในช่วงปี พ.ศ. 2553–2565

ผลการศึกษายังพบว่าในพื้นที่เขตจังหวัดพระนครศรีอยุธยานี้ ในช่วงที่ปริมาณน้ำท่าค่อยๆ เพิ่มขึ้นในช่วงแรก (<2,000×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน) นั้น ปริมาณฟอสฟอรัสรวมจะเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกับปริมาณน้ำท่า (**ภาพที่ 4**) ซึ่งทั้งนี้ อาจเกิดจากการที่สารอาหารพืชถูกชะล้างลงจากพื้นดินได้มากในช่วงต้นถึงกลางฤดูฝน (Singkran *et al.*, 2019) อย่างไรก็ตาม เมื่อปริมาณน้ำท่าเพิ่มสูงขึ้น (เกินกว่า 2,000×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน) ปริมาณฟอสฟอรัสรวมจะเริ่มคงที่ และมีแนวโน้มที่ลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการถูกเจือจางด้วยมวลน้ำต้นทุนในปริมาณสูงที่ไหลลงมาได้

บทบาทจากการใช้พื้นที่ของชุมชนโดยรอบต่อปริมาณฟอสฟอรัสรวมในแม่น้ำเจ้าพระยา

ในการศึกษานี้ได้วิเคราะห์ลักษณะการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ของชุมชนโดยรอบแม่น้ำในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะด้านการเป็นเขตที่ตั้งของชุมชน และเขตพื้นที่การทำเกษตรกรรม) โดยได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลด้านการใช้พื้นที่จากกรมพัฒนาที่ดินในเขตจังหวัดที่แม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่าน ตั้งแต่จังหวัดนครสวรรค์ถึงจังหวัดสมุทรปราการ (ซึ่งมีข้อมูลครบทุกด้าน เฉพาะในช่วงปี พ.ศ. 2560) ผลการศึกษาพบว่าเมื่อมีสัดส่วนของพื้นที่ชุมชนโดยรอบแม่น้ำต่อความ

ยาวของแม่น้ำ (CA) ในระดับที่สูง ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในแม่น้ำ (TP) ก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย ดังสมการ TP = 124.53 $e^{0.05\ CA}$ (*r = 0.73*) (**ภาพที่ 5**)



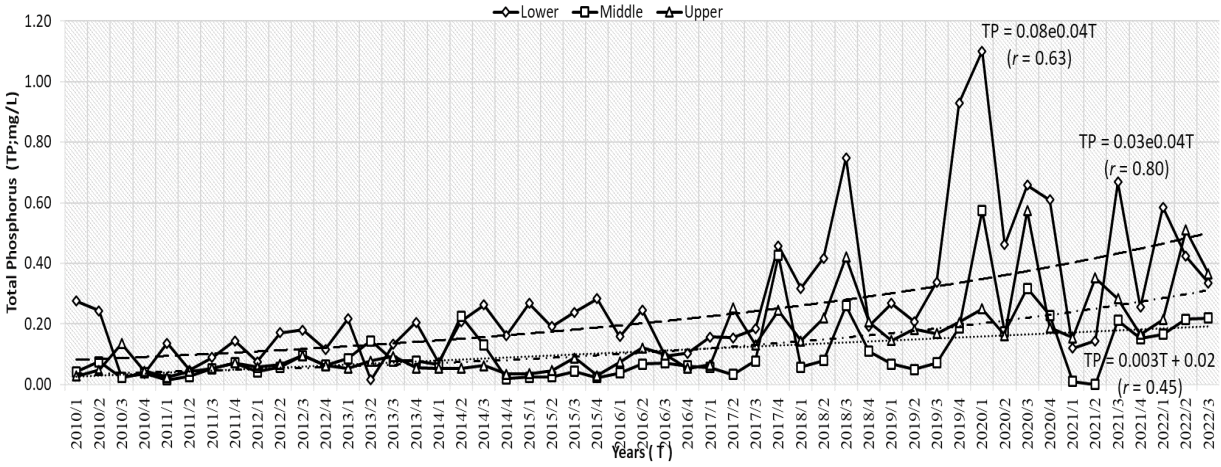
ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus; TP) กับสัดส่วนของพื้นที่ชุมชนโดยรอบแม่น้ำต่อความยาวของแม่น้ำ (Community area per river distance; CA) (ข้อมูลรวมทุกเขตจังหวัดที่แม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่าน ในช่วงปี พ.ศ. 2560)

ลักษณะดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงผลกระทบจากน้ำทิ้งชุมชน ที่สามารถทำให้เกิดการปนเปื้อนของฟอสฟอรัสลงสู่แหล่งน้ำได้อย่างชัดเจน นับเป็นปัญหาที่ควรหาทางบริหารจัดการ เนื่องจากมีผลกระทบต่อเนื่องสู่ปัญหายูโทรฟิเคชัน (จารุมาศและคณะ, 2561) ซึ่งฟอสฟอรัสที่เพิ่มมากขึ้นในแหล่งน้ำสามารถทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชมาได้ (**ภาพที่ 3**)

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสรวม

การประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสรวมในแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งดำเนินการโดยการวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลรายเดือนตามเส้นทางของแม่น้ำ ในช่วงปีพ.ศ. 2553–2565 พบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสรวมในแม่น้ำเจ้าพระยา สะท้อนภาพที่เกิดการเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนในช่วงตั้งแต่ปีพ.ศ. 2562 เป็นต้นมา (**ภาพที่ 6**)

ในการศึกษานี้พบว่าแม่น้ำในพื้นที่เขตตอนล่างมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นสูงที่สุด ขณะที่แม่น้ำในเขตตอนบนแสดงแนวโน้มของปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่สูงกว่าในตอนกลาง ในช่วงหลังจากปีพ.ศ. 2561 เป็นต้นมา ทั้งๆ ที่เดิมเคยมีระดับที่ต่ำกว่า (ตามการเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำผิวดินของกรมควบคุมมลพิษ) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าพื้นที่ตอนบนมีการรับเอาปริมาณสารอาหารพืชที่สูงขึ้นจากเดิม นอกจากนี้ สารอาหารพืชอาจจะถูกนำไปใช้โดยการดูดซับของแพลงก์ตอนพืชได้น้อยกว่าในพื้นที่ตอนกลาง ทั้งนี้ เนื่องจากในพื้นที่ตอนบนมักมีปัจจัยจำกัดโดยเฉพาะทางด้านความขุ่นของน้ำ และการมีอัตราการไหลที่สูงกว่าพื้นที่ตอนกลางนั่นเอง



ภาพที่ 6 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าฟอสฟอรัสรวมในช่วงปีพ.ศ. 2553 ถึง 2565 (ใช้ฐานข้อมูล 4 ครั้งต่อปี; ในเดือนกุมภาพันธ์ เดือนพฤษภาคม เดือนสิงหาคม และ เดือนธันวาคม ตามลำดับ)
(ที่มา: ปรับปรุงจากกรมควบคุมมลพิษ, 2567)

อนึ่ง เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสรวมดังกล่าว พบว่าระดับที่เพิ่มขึ้นนั้นมีค่าสูงเกิน 0.20 mg/L ตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2561–2562 เป็นต้นมา ระดับดังกล่าวนับเป็นระดับที่สามารถกระตุ้นให้แพลงก์ตอนพืชกลุ่มหลัก (Division Bacillariophyta) ในพื้นที่แม่น้ำ (โดยเฉพาะในพื้นที่ตอนล่าง) เกิดการสะพรั่งจนมีความหนาแน่นที่สูงเกิน 100,000 cells/L ได้ (**ภาพที่ 3**) ลักษณะการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่พบนี้ นับว่าสะท้อนสภาวการณ์ปัญหาที่สามารถส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและทรัพยากรทางน้ำ ซึ่งทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องควรหาทางควบคุมและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างจริงจังต่อไป

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ผลจากการศึกษาวิจัยพบว่าปัจจัยต้นทางนิเวศอุทกวิทยา (ปริมาณสารอาหารพืช และปริมาณน้ำท่า) และระดับการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยา มีบทบาทต่อการตอบสนองและการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของประชาคมของแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่แม่น้ำ โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชกลุ่มหลักของพื้นที่ (Division Bacillariophyta) ซึ่งได้รับอิทธิพลจากการเพิ่มของปริมาณฟอสฟอรัสรวมอย่างชัดเจนโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง และพบว่าผลกระทบจากพื้นที่ชุมชนได้สะท้อนบทบาทที่เด่นชัดต่อการเพิ่มของปริมาณฟอสฟอรัสรวมในพื้นที่แม่น้ำได้เช่นกัน นอกจากนี้ ยังพบว่าปัจจัยด้านปริมาณน้ำท่ามีผลเชิงบวกต่อค่าของฟอสฟอรัสรวม อย่างไรก็ตาม หากปริมาณน้ำท่าไหลเข้าสู่ระบบแม่น้ำในอัตราที่สูงกว่า $2{,}000\times10^{6}$ ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ก็จะช่วยเจือจางปริมาณสารอาหารพืชดังกล่าว ซึ่งนับเป็นกระบวนการที่ช่วยควบคุมการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชในทางอ้อมได้

ผลการศึกษาในภาพรวมยังพบว่า พื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยาโดยเฉพาะในเขตตอนล่างมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงของประชาคมแพลงก์ตอนพืชที่ตอบสนองต่อการเพิ่มของปริมาณฟอสฟอรัสรวม (ที่สูงกว่า 0.20 mg/L) ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2561–2562 เป็นต้นมา สถานการณ์ดังกล่าวทำให้ในระบบนิเวศแม่น้ำได้เข้าสู่สถานการณ์ปัญหายูโทรฟิเคชัน ซึ่งทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องควรเร่งหาแนวทางในการควบคุมสถานการณ์ที่อาจจะเกิดเพิ่มมากขึ้นได้ ทั้งนี้ เพื่อช่วยอนุรักษ์ดูแลระบบนิเวศและทรัพยากรในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยา ให้อยู่ในสภาวการณ์ที่เหมาะสมและเกิดประโยชน์ต่อชุมชนได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากห้องปฏิบัติการวิจัยดินตะกอนและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ และภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้วิจัยขอขอบคุณนักวิชาการและเจ้าหน้าที่ฝ่ายประสานงานข้อมูลในส่วนของกองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ ที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ตลอดจนให้การสนับสนุนข้อมูลด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำรายเดือนอย่างละเอียดครบถ้วนในทุกพารามิเตอร์ที่ทำการขอความอนุเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2567). **ข้อมูลคุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา 2553-2565**. กองจัดการคุณภาพน้ำ. ฝ่ายน้ำจืด

กรมชลประทาน. (2567). **ปริมาณน้ำท่ารายเดือน-ปี ลุ่มน้ำภาคกลาง**. ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคกลางแม่น้ำเจ้าพระยา สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา. สืบค้นจาก **http://hydro-5.rid.go.th/** และ **https://water.rid.go.th/hwm/ swq/sediment/graphsed/chaop/chaop.htm**. วันที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ. 2567.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2558). **สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปี พ.ศ. 2558**. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน.กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน. สืบค้นจาก http://www1.ldd.go.th/web_OLP/ Lu_58/Lu58_C/AYA58.htmn วันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2567.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2559). **สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดนนทบุรี ปี พ.ศ. 2559**. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน.กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน. สืบค้นจาก http://www1.ldd.go.th/WEB_OLP/Lu_59/Lu59_C/NBI2559.htm วันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2567.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2562). **สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดสมุทรปราการ ปี พ.ศ. 2562**. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน.กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน. สืบค้นจาก http://www1.ldd.go.th/web_OLP/ Lu_62/Lu62_ C/ATG2562.htm วันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2567.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2562). **สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดสิงห์บุรี ปี พ.ศ. 2560**. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน. กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน. สืบค้นจาก http://www1.ldd.go.th/web_OLP/Lu_62/Lu62_C/ATG2562.htm วันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2567.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2562). **สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดอ่างทอง ปี พ.ศ. 2562**. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน.กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน. สืบค้นจาก http://www1.ldd.go.th/web_OLP/Lu_62/Lu62_C/CNT2562.htm วันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2567.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2563). **สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2563**. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน.กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน. สืบค้นจาก http://www1.ldd.go.th/WEB_OLP/Lu_63/Lu63_N/NSN2563.htm วันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2567.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2564). **สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดปทุมธานี ปี พ.ศ. 2564**. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน.กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน. สืบค้นจาก http://www1.ldd.go.th/WEB_OLP/Lu_64/Lu64_C/PTE2564.htm วันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2567.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. (2564). **จากต้นน้ำถึงปากแม่น้ำ บทบาททางนิเวศอุทกวิทยาและการจัดการเชิงอนุรักษ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. 404 หน้า. กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, ขนิษฐา บัวแก้ว, รภัชร์ เม่งช่วย, ณิศรา ถาวรโสตร์ และ เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. (2561). ปัญหายูโทรฟิเคชันและวิกฤติการณ์คุณภาพน้ำปัจจุบันของระบบนิเวศปากแม่น้ำในเขตอ่าวไทยตอนใน. ***ใน*: เรื่องเต็มการประชุมวิชาการพะเยาวิจัย ครั้งที่ 7,** มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ และ เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. (2553). การพัฒนาเกณฑ์คุณภาพนาและดินตะกอนพื้นท้องน้ำเพื่อประเมินสถานการณ์ยูโทรฟิเคชั่นและมลภาวะทางน้ำ: กรณีศึกษาระบบนิเวศแม่น้ำและปากแม่น้ำในพื้นที่แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำเวฬุ. **วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย**, 24(1), 107–116.

เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. (2558). **สรีรวิทยาและนิเวศวิทยาของแพลงก์ตอนพืชทะเล**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะประมง.

ฐิติมน ญาณพืช และ สุชาติ เหลืองประเสริฐ. (2562). การประเมินความสัมพันธ์ของแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา**. วิศวกรรมสาร มก**. 32(107), 65–72.

ณพ สัยละมัย. (2556). **การวิเคราะห์กระแสการไหลของไนโตรเจนในจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงครามบริเวณลุ่มแม่น้ำแม่กลอง**. แม่น้ำเจ้าพระยา.

สำนักการวางผังและพัฒนาเมืองกรุงเทพมหานคร. (2556). **ผังเมืองกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556**. สืบค้นจาก https://webportal.bangkok.go.th/cpud/page/sub/26113/%E0%B8%9C%. วันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2567.

ศิริพล กำแพงทอง. (2557). **การเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา**. คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ศิโรจน์ ศิริทรัพย์, ณัฐาภรณ์ แสงนิล และ สายฝน ทมกระโทก. (2557). Simulation of Estuarine Hydrological Characteristic: A Case Study of the Lower Chao Phraya River**. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา**. 25(1)

Horiuchi Y, Matsuura T, Tebakari T, Wongsa S. (2020, September). Meta–analysis of water quality characteristic of lower Chao Phraya river, Thailand**. In: Proceedings of the 22nd IAHR–APD Congress 2020**, Hokkaido University. Sapporo, Japan.

Muttamara S, Candelaria LS. (1994). Water quality management of the Chao Phraya River (a case study)**. Environmental Technology**. 15(6), 501–516.

Singkran N, Anantawong P, Intharawichian N, Kunta K. (2019). The Chao Phraya River Basin: Water quality and anthropogenic influences. **Water Supply journal**, 19(5), 1287–1294.

Sunda WG, Price NM, Morel FM. (2005). **Trace metal ion buffers and their use in culture studies.** UK: Oxford.

Reynolds CS. (2006). **Ecology of Phytoplankton**. UK: Cambridge.

Weijia W, Shi K, Zhang Y, Li N, Sun X, Zhang D, Zhang U, Qin B, Zhu G. (2022). A ground–based remote sensing system for high–frequency and real–time monitoring of phytoplankton blooms. **Journal of Hazardous Materials**, 439.

บทบาทของแพลงก์ตอนพืชและสารอินทรีย์แขวนลอยต่อความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์ในระบบนิเวศอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์

Role of phytoplankton and organic suspended solid on zooplankton abundance in the Ubolratana reservoir ecosystem

จีรยา ม่วงสีงาม[1], จารุมาศ เมฆสัมพันธ์[2*], ไพลิน จิตรชุ่ม[2]} สันติ พ่วงเจริญ[2] และ พิชาศิษฐ์ แสงเมฆ[3]
Jeeraya Muangsringam[1], Charumas Meksumpun[2*], Pailin Jitchum[2], Santi Poungcharean[2] and Pichasit Sangmek[3]

บทคัดย่อ

การศึกษาบทบาทของแพลงก์ตอนพืชและสารอินทรีย์แขวนลอยต่อความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ดำเนินการโดยการสำรวจและเก็บตัวอย่างทั้งในบริเวณตอนบน ตอนกลาง และตอนล่างของอ่างเก็บน้ำ รวม 8 สถานี ในปีพ.ศ. 2563-2565 ผลการศึกษาพบความอุดมสมบูรณ์ของแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่ตอนบนมีระดับต่ำ-ปานกลาง ส่วนพื้นที่ตอนกลางและตอนล่างมีระดับสูง-สูงมาก แพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์มีความแตกต่างกันตามพื้นที่ ซึ่งในพื้นที่ตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง มีความหนาแน่นเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืช 26,616±29,565, 59,650±34,503 และ 138,354±121,407 cells/L ตามลำดับ และมีความหนาแน่นเฉลี่ยของแพลงก์ตอนสัตว์ 3,610±4,138, 3,711±4,007 และ 4,661±6,388 inds/L ตามลำดับ สำหรับปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอยพบค่าเฉลี่ย 37.5±65.2, 17.5±17.1 และ 15.7±12.5 mg/L ตามลำดับ ในการศึกษาพบบทบาทจากแพลงก์ตอนพืชต่อแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มโคพีพอดในระดับปานกลาง ($r = 0.44$) ขณะที่พบบทบาทจากสารอินทรีย์แขวนลอยต่อแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มโคพีพอด ($r = 0.77$) คลาโดเซอร์แรน ($r = 0.75$) และโรติเฟอร์ ($r = 0.47$) พบในระดับปานกลางถึงสูง ผลการศึกษาในภาพรวมสะท้อนให้เห็นว่าแพลงก์ตอนสัตว์ได้รับบทบาทจากสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำได้มากกว่าบทบาทจากแพลงก์ตอนพืช ซึ่งนับเป็นองค์ความรู้ที่สำคัญและควรประยุกต์ใช้สำหรับการบริหารจัดการมวลน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำให้เหมาะสม เพื่อการรักษาเสถียรภาพของทรัพยากรในพื้นที่ได้ต่อไป

คำสำคัญ: ความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์, แพลงก์ตอนพืช, คลอโรฟิลล์เอ, สารอินทรีย์แขวนลอย, อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์

[1] สาขาวิทยาศาสตร์การประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10900
[1] ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10900
[3] ภาควิชาเกษตรและทรัพยากร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000
[1] Major of Fishery Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900
[2] Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900
[3] Department of Agriculture and Resources, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus 47000
*Corresponding author : fjiscmc@ku.ac.th

Abstract

Study on role of phytoplankton and organic suspended solids on the zooplankton density in the Ubolratana reservoir was carried out by investigation along the riverine zone, transition zone and lacustrine zone, in total of 8 surveyed stations during 2020–2022. The results found that in the Ubolratana reservoir ecosystem the riverine zone was in oligotrophic–mesotrophic status, while the transition and lacustrine zones were in eutrophic–hypertrophic status. It was found that the abundance of phytoplankton and zooplankton varied as the zones and seasons. The riverine, transition and lacustrine zones had the average densities of phytoplankton of 26,616±29,565, 59,650±34,503 and 138,354±121,407 cells/L, respectively, and the average zooplankton densities of 3,610±4,138, 3,711±4,007 and 4,661±6,388 inds/L, respectively. The average organic suspended solid were 37.5±65.2, 17.5±17.1 and 15.7±12.5 mg/L, respectively. This study found that phytoplankton had moderate role on total copepod ($r = 0.44$), while organic suspended solids had moderate to high roles on copepod ($r = 0.77$), cladocerans ($r = 0.75$), and rotifers ($r = 0.47$). The overall results of the study also reflected that zooplankton received higher role from organic suspended solid than from phytoplankton. Such a finding is an important knowledge that should be applied for appropriate management of the inflow of the reservoirs so as to further maintain stability of resources in the water areas.

Keywords: Zooplankton abundance, Phytoplankton, Chlorophyll *a*, Organic suspended solids, Ubolratana reservoir

บทนำ

แพลงก์ตอนสัตว์นับว่ามีบทบาทต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ในระบบนิเวศแหล่งน้ำของพื้นที่อ่างเก็บน้ำ เนื่องจากเป็นแหล่งอาหารธรรมชาติที่สำคัญให้กับสัตว์น้ำวัยอ่อน (Ottersen *et al.*, 2001) ซึ่งสะท้อนให้เห็นความสำคัญต่อระบบนิเวศจากกระบวนการจากล่างขึ้นบน เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ถ่ายทอดพลังงานและสารอาหารในระบบห่วงโซ่อาหาร จากลำดับผู้ผลิตขั้นต้นไปสู่ผู้ผลิตขั้นที่สองและลำดับถัดไป (White, 1978) ทำให้มีการขับเคลื่อนหมุนเวียนของพลังงาน ผ่านการกินอาหาร ซึ่งทำให้เกิดการส่งต่อพลังงานกันเป็นทอดๆ โดยการศึกษาของ Oksanen and Oksanen (2000) และ Gruner *et al.* (2008) ระบุไว้ว่าผู้ผลิตเป็นตัวกำหนดชีวมวลของระดับโภชนาการที่สูงขึ้น ซึ่งมวลชีวภาพที่เกิดขึ้นถูกควบคุมโดยปริมาณสารอาหารธรรมชาติ (McQueen *et al.*, 1989)

ในสถานการณ์ปัจจุบันพบว่าทรัพยากรประมงในระบบนิเวศอ่างเก็บน้ำต่างๆ กำลังอยู่ในสภาวะเสียสมดุล (วารินทร์, 2556) เนื่องจากแหล่งอาหารธรรมชาติอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ได้รับผลกระทบจากการถูกกดดันโดยการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2565b) ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศทำให้เกิดสภาวะความแห้งแล้งในพื้นที่อ่างเก็บน้ำอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะในช่วง 3 – 5 ปีที่ผ่านมา พบว่าอ่างเก็บน้ำส่วนใหญ่ในประเทศไทยมีปริมาณน้ำเก็บกักต่ำกว่าระดับเก็บกักต่ำสุด (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2565a) สภาวะความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นสามารถส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำ โดยเฉพาะปริมาณสารอาหารพืช อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และปริมาณสารอินทรีย์ในมวลน้ำ (Rocha *et al.*, 2018) จากการศึกษาของ รภัชร์ (2563) ในระบบนิเวศอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำที่มีผลผลิตทางการประมงเป็นอันดับ 2 ของประเทศไทย พบว่าในสภาวะที่มีน้ำต้นทุนไหลลงมาน้อยลง แหล่งน้ำภายในระบบนิเวศอ่างเก็บน้ำ

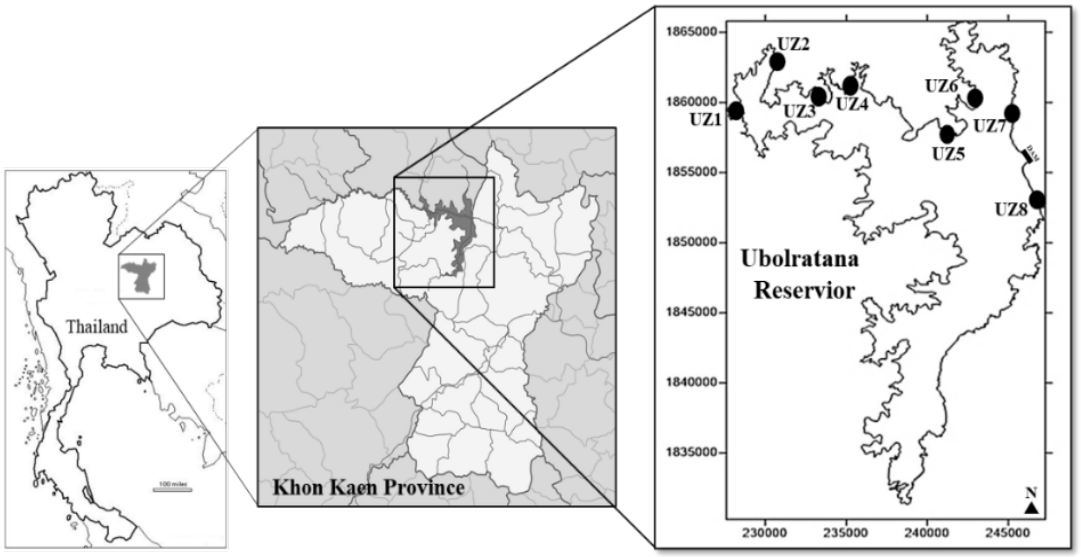
เ ข ี อ น
อุบลรัตน์จะเกิดแพลงก์ตอนพืชในกลุ่ม Cyanophyta เจริญขึ้นมาเป็นกลุ่มเด่นและสามารถพบได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์ รวมถึงการก่อให้เกิดการสะสมสารพิษในระบบห่วงโซ่อาหาร (Jaramillo *et al.*, 2010) สำหรับสารอินทรีย์ที่ล่องลอยในน้ำ พบว่ามีความสำคัญต่อระบบห่วงโซ่อาหารและการเปลี่ยนแปลงของระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ นอกจากนี้ ยังสามารถเป็นแหล่งอาหารธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อลูกปลาวัยอ่อน (Wetzel, 1990) ซึ่งหากระบบนิเวศมีการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์แขวนลอยไปในทิศทางที่ไม่เหมาะสม อาจก่อให้เกิดการเสียสมดุลของระบบนิเวศและเกิดผลกระทบต่อทรัพยากรสัตว์น้ำวัยอ่อนต่างๆ ต่อไปได้ (Amorim and Morra, 2020)

ในการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นในการวิเคราะห์ถึงสถานการณ์ความอุดมสมบูรณ์ บทบาทของแพลงก์ตอนพืชและปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอย ที่เป็นแหล่งอาหารที่เกี่ยวข้องต่อแพลงก์ตอนสัตว์ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ซึ่งผลการศึกษาในภาพรวมจะนำไปสู่การทราบถึงปัจจัยชี้วัดทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรของแพลงก์ตอนสัตว์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรประมงที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่อ่างเก็บน้ำนี้ได้ต่อไป

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาบริเวณชายฝั่งของพื้นที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 3 เขตพื้นที่ ประกอบด้วยพื้นที่รับน้ำตอนบน พื้นที่ตอนกลาง และพื้นที่ตอนล่าง (Mengchouy and Meksumpun, 2022) ในการศึกษานี้ ได้กำหนดสถานีศึกษาในพื้นที่ตอนบน คือ สถานี UZ1 และ UZ2 ในพื้นที่ตอนกลาง คือ สถานี UZ3, UZ4 และในพื้นที่ตอนล่าง คือ สถานี UZ5, UZ6, UZ7, และ UZ8 ตามลำดับ (**ภาพที่ 1**)



ภาพที่ 1 สถานีสำรวจบริเวณชายฝั่งของพื้นที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ประกอบด้วยสถานีในพื้นที่ตอนบน (UZ1, UZ2) ในพื้นที่ตอนกลาง (UZ3, UZ4) และในพื้นที่ตอนล่าง (UZ5, UZ6, UZ7 และ UZ8)

ดำเนินการสำรวจและเก็บตัวอย่าง รวมทั้งหมด 6 ครั้ง ในช่วงปีพ.ศ. 2563–2565 ได้แก่ ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563 (ต้นฤดูฝน) กันยายน พ.ศ. 2563 (กลางฤดูฝน) มกราคม พ.ศ. 2564 (ฤดูแล้ง) กันยายน พ.ศ. 2564 (กลางฤดูฝน) พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (ฤดูแล้ง) และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2565 (ฤดูแล้ง) ตามลำดับ

การศึกษาแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์

ทำการสุ่มตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์บริเวณชายฝั่งในแต่ละพื้นที่ ทั้งหมด 3 จุด บริเวณผิวน้ำ (ความลึกน้ำ 0–30 ซม.) ปริมาตร 20 และ 100 ลิตร ผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 15 และ 22 µm และเก็บรักษาด้วยสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ 4% และทำการจำแนกชนิดของแพลงก์ตอนพืช ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ตามวิธีการจำแนกของ ลัดดา (2543) และยุวดี (2548) การศึกษาความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชโดยการใช้สไลด์นับแพลงก์ตอน (Sedgewick–Rafter Counting chamber) ขนาด 1 ml (Wongrat and Boonyapiwat, 2003) โดยทำการนับจำนวนทั้งหมด 3 ซ้ำ จากนั้นวิเคราะห์ความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชในหน่วยของ เซลล์ต่อลิตร (cells/L)และทำการจำแนกแพลงก์ตอนสัตว์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ตาม Sanoamuang (1998), Sanoamuang and Savatenalinton (2001) และ Dang *et al.* (2015) นอกจากนี้ ทำการแยกแพลงก์ตอนสัตว์เป็น 3 ขนาด (ขนาดเล็ก <250 µm ขนาดกลาง 250–500 µm และขนาดใหญ่ >500 µm) และวิเคราะห์ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ในหน่วยของ ตัวต่อลิตร (inds/L)

การศึกษาคลอโรฟิลล์เอและสารอินทรีย์แขวนลอย

ดำเนินการการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอในน้ำตัวอย่าง โดยการเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึก 0–30 cm จากนั้นกรองน้ำตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง GF/F และสกัดด้วยอะซีโตนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 90 เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ด้วยวิธี Spectrophotometric method ตามวิธีการของ Parsons *et al.* (1984) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอย ทำโดยนำน้ำตัวอย่างที่ได้กรองผ่านกระดาษกรอง GF/C ที่ผ่านการชั่งน้ำหนักกระดาษเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำก่อนทำให้แห้งด้วยเครื่อง Freeze dryer และชั่งน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำตัวอย่างบนกระดาษกรองที่แห้งแล้ว ไปวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอยโดยการเผาที่อุณหภูมิสูง (Ignition loss technique) เพื่อศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ที่หายไปจากน้ำหนักแห้งตั้งต้น (จารุมาศ, 2548)

การวิเคราะห์ข้อมูล

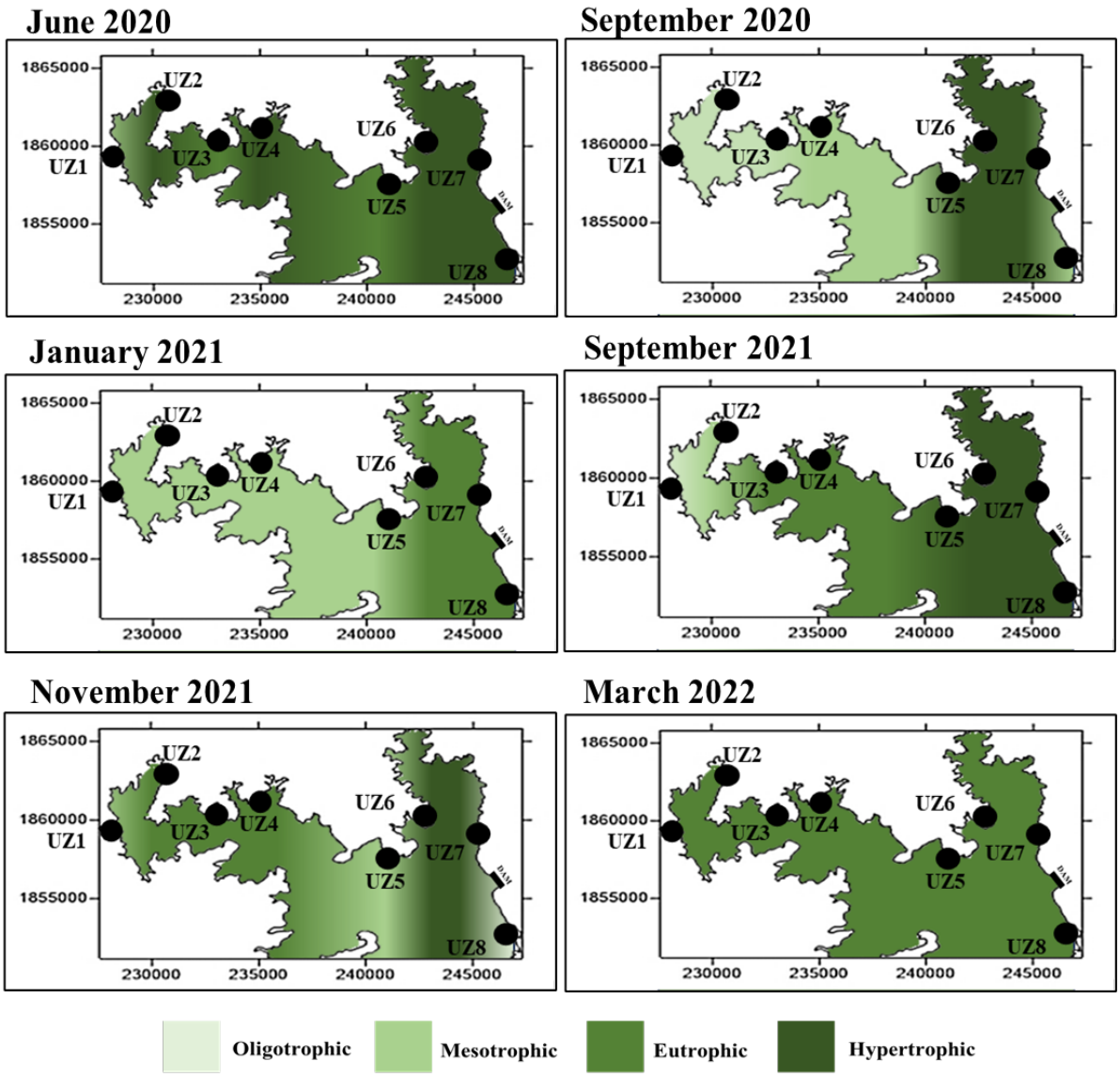
วิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้สถิติเชิงพรรณนา (ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์และปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน ($p<0.05$) (SPSS เวอร์ชัน 27)

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

สถานการณ์ความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศอ่างเก็บน้ำ

สถานการณ์ความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศในพื้นที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และเวลา โดยปริมาณคลอโรฟิลล์เอในพื้นที่ตอนบน พื้นที่ตอนกลาง และพื้นที่ตอนล่าง อยู่ในช่วง 1.0–15.9, 1.1–50.5 และ 2.0–85.7 µg/L ตามลำดับ ทำให้เห็นว่าในพื้นที่ตอนบนมักพบสถานการณ์ความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำ แต่พื้นที่ตอนกลางและตอนล่างมักพบสถานการณ์ความอุดมสมบูรณ์ในระดับปานกลาง–สูงมาก สำหรับความ

แตกต่างตามเวลา พบว่าต้นฤดูฝน ปีพ.ศ. 2563 และฤดูแล้ง พ.ศ. 2565 มีสถานการณ์ความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับสูง–สูงมาก ครอบคลุมทั้งหมดของพื้นที่อ่างเก็บน้ำ สำหรับในช่วงกลางฤดูฝน ปีพ.ศ. 2563 ฤดูแล้ง พ.ศ. 2564 กลางฤดูฝน พ.ศ. 2564 และฤดูแล้ง พ.ศ. 2564 พบสถาณการณ์ความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ตอนบนในระดับต่ำ โดยพื้นที่ตอนกลางมีค่าในระดับปานกลาง–สูง และพื้นที่ตอนล่างมักพบว่ามีค่าในระดับสูง–สูงมาก (**ภาพที่ 2**)



ภาพที่ 2 สถานภาพความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ที่จำแนกเป็นระดับต่ำ (Oligotrophic) ปานกลาง (Mesotrophic) สูง (Eutrophic) และสูงมาก (Hypertrophic) ตามฤดูกาลในช่วงต้นฤดูฝน ปีพ.ศ. 2563 ช่วงกลางฤดูฝน ปีพ.ศ. 2563 ฤดูแล้ง ปีพ.ศ. 2564 กลางฤดูฝน ปีพ.ศ. 2564 ฤดูแล้ง ปีพ.ศ. 2564 และ ฤดูแล้ง ปีพ.ศ. 2565

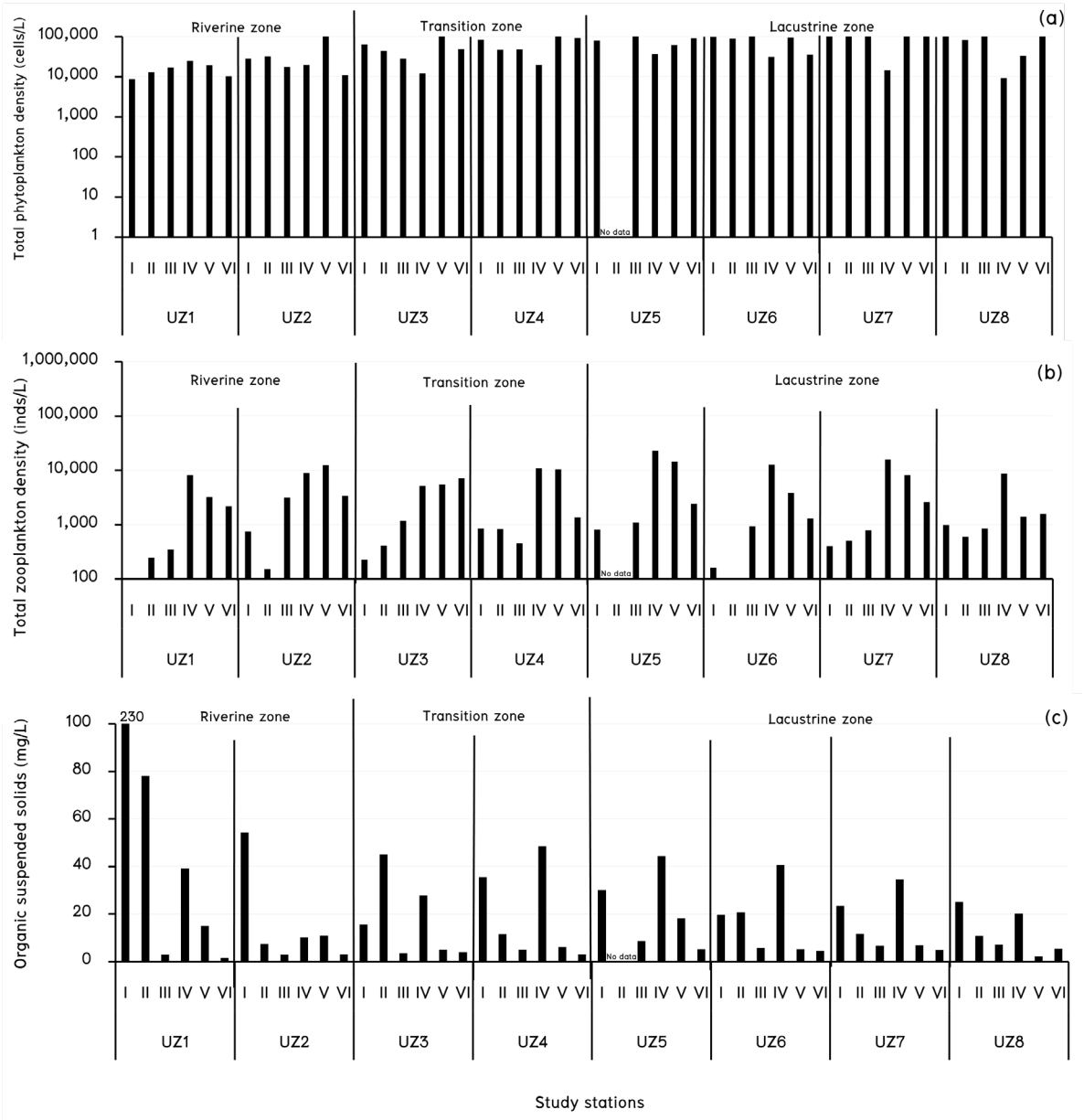
ในภาพรวมการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์เอ สะท้อนให้เห็นว่าสถานภาพความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่อ่างเก็บน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอย่างชัดเจน สถานการณ์ความอุดมสมบูรณ์ที่แตกต่างกันไปดังกล่าว เกิดจากการได้รับอิทธิพลจากปริมาณมวลน้ำไหลเข้าที่ส่งผลต่อการกระจายตัวของแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่ตอนบน และการมีระยะเวลาคงค้างของน้ำสูงที่กว่าในพื้นที่ตอนล่างนั่นเอง (รภัชร์, 2563; จีรยา และคณะ, 2567)

สถานการณ์ของแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำ

ผลการศึกษาแพลงก์ตอนพืชในระบบนิเวศอ่างเก็บน้ำ ในปีพ.ศ. 2563–2565 พบว่าในพื้นที่ตอนบน ตอนกลางและตอนล่าง มีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 26,616±29,565, 59,650±34,503 และ 138,354±121,407 cells/L ตามลำดับ (**ภาพที่ 3a**) ซึ่งจะเห็นได้ว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่ตอนบนมีค่าต่ำสุด เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีโอกาสในการรับน้ำเข้าทำให้มีปริมาณน้ำไหลเข้าที่สูงและสามารถส่งผลต่อการกระจายตัวของแพลงก์ตอนพืช ผนวกกับระยะคงค้างของน้ำในพื้นที่ค่อนข้างต่ำจึงไม่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืช ขณะที่พื้นที่ตอนล่างไม่ได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำไหลเข้า และมีระยะเวลาคงค้างของน้ำสูงจึงมีระยะเวลาเพียงพอต่อการเพิ่มขึ้นของแพลงก์ตอนพืชได้ (รภัชร์, 2563; จีรยาและคณะ, 2567)

สำหรับลักษณะของการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชตามเวลาพบว่าในช่วงฤดูแล้ง ปีพ.ศ. 2564 มีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชสูงกว่าช่วงอื่น ๆ เล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องจากเป็นช่วงที่มีปริมาณเก็บกักต่ำ (16%) ขณะที่ในช่วงกลางฤดูฝน ปีพ.ศ. 2564 พบความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชต่ำกว่าช่วงอื่นเล็กน้อย (**ภาพที่ 3a**) ลักษณะดังกล่าวสามารถเกิดการเพิ่มของเข้มข้นของแร่ธาตุอาหาร รวมถึงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำในช่วงแล้งที่กระตุ้นการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืช เช่นเดียวกับการศึกษาของ Bormans *et al.* (2005) ที่พบว่าปริมาณน้ำเก็บกักที่ต่ำและอุณหภูมิน้ำที่สูงขึ้น เป็นปัจจัยที่สามารถทำให้ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชเพิ่มขึ้นได้

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนสัตว์ ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ปีพ.ศ. 2563–2565 พบว่าพื้นที่ตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง มีความหนาแน่นเฉลี่ยของแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด อยู่ที่ 3,610±4,138, 3,711±4,007 และ 4,661±6,388 inds/L ตามลำดับ(**ภาพที่ 3b**) ซึ่งสะท้อนความแตกต่างตามพื้นที่ของอ่างเก็บน้ำในช่วงที่ทำการศึกษาโดยในพื้นที่ตอนล่าง มีความหนาแน่นสูงกว่าพื้นที่ตอนบนและตอนกลางเล็กน้อย สำหรับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมดตามเวลา พบว่าในช่วงต้นฤดูฝน กลางฤดูฝน ปีพ.ศ. 2563 และฤดูแล้ง ปีพ.ศ. 2564 มีความหนาแน่นอยู่ในระดับต่ำ (**ภาพที่ 3b**) โดยพบความหนาแน่นต่ำสุดอยู่ในช่วงต้นฤดูฝน ปีพ.ศ. 2563 (22 inds/L) ส่วนในกลางฤดูฝน ปีพ.ศ. 2564 เป็นช่วงที่มีความหนาแน่นเพิ่มสูงขึ้น (23,016 inds/L) โดยมีค่าประมาณ 10 เท่า ของช่วงต้นฤดูฝน ปีพ.ศ. 2563, กลางฤดูฝน ปีพ.ศ. 2563 และฤดูแล้ง ปีพ.ศ. 2564 อย่างไรก็ตาม ในช่วงฤดูแล้ง ปีพ.ศ. 2464 และช่วงฤดูแล้ง ปีพ.ศ. 2565 พบความหนาแน่นลดลงประมาณ 10 เท่า จากช่วงกลางฤดูฝน ปีพ.ศ. 2564 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่พบอาจเกิดขึ้นมาจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำเก็บกักในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Vliet and Zwolsman (2008)



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช (Total phytoplankton density; a) แพลงก์ตอนสัตว์ (Total zooplankton density; b) สารอินทรีย์แขวนลอย (Organic suspended solids; c) ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ บริเวณตอนบน (Riverine zone) ตอนกลาง (Transition zone) และตอนล่าง (Lacustrine zone) ในช่วงต้นฤดูฝน ปีพ.ศ. 2563 (ครั้งที่ I) กลางฤดูฝน ปีพ.ศ. 2563 (ครั้งที่ II) ฤดูแล้ง ปีพ.ศ. 2564 (ครั้งที่ III) กลางฤดูฝน ปีพ.ศ. 2564 (ครั้งที่ IV)ฤดูแล้ง ปีพ.ศ. 2564 (ครั้งที่ V)และ ฤดูแล้ง ปีพ.ศ. 2565 (ครั้งที่ VI)

สำหรับปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอยซึ่งโดยทั่วไปมักมาพร้อมกับมวลน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงต้นฤดูฝน จึงมักพบค่าสูงในพื้นที่ตอนบนและตอนกลางและมีค่าต่ำในพื้นที่ตอนล่าง (**ภาพที่ 3**c) โดยผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอยในปีพ.ศ. 2563–2565 พบว่าพื้นที่ตอนบน ตอนกลางและตอนล่างมีค่าเฉลี่ยของปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอย อยู่ที่ 37.5±65.2, 17.5±17.1, และ 15.7±12.5 mg/L ตามลำดับ สะท้อนให้เห็นได้ชัดเจนว่าในพื้นที่ตอนบนเป็นพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำไหลเข้าสูง จึงส่งผลต่อการมีปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอยที่สูงกว่าพื้นที่ตอนกลางและตอนล่างอย่างชัดเจน สำหรับลักษณะการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์

แขวนลอยตามเวลา พบความแตกต่างตามฤดูกาล โดยช่วงต้นฤดูฝน ปีพ.ศ. 2563 ช่วงกลางฤดูฝน ปีพ.ศ. 2563 ช่วงฤดูแล้ง ปีพ.ศ. 2564 ช่วงกลางฤดูฝน ปีพ.ศ. 2564 ช่วงฤดูแล้ง ปีพ.ศ. 2564 และช่วงฤดูแล้ง ปีพ.ศ. 2565 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 54.22±72.1, 32.1±20.1, 5.3±2.2, 33.2±13.0, 8.6±5.5 และ 3.6±1.7 mg/L ซึ่งโดยรวมพบค่าที่สูงในช่วงต้นฤดูฝน ปีพ.ศ. 2563 กลางฤดูฝน ปีพ.ศ. 2563–2564 ในขณะที่ช่วงฤดูแล้ง ปีพ.ศ. 2564–ปีพ.ศ. 2565 มีปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอยลดลงอย่างชัดเจน ผลการศึกษาในภาพรวมสะท้อนให้เห็นว่าของปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอยมีความแตกต่างไปตามเขตพื้นที่และฤดูกาล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Williamson *et al.* (2021) โดยพบว่าปริมาณน้ำไหลเข้าที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอินทรีย์ในมวลน้ำได้

บทบาทของแพลงก์ตอนพืชและปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอยต่อความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์กับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งศึกษาวิเคราะห์แยกเป็น 2 เขตพื้นที่ (ตอนบนถึงตอนกลาง และตอนล่าง) พบว่าในบริเวณพื้นที่ตอนบนและตอนกลาง ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนกลุ่มโรติเฟอร์ขนาดกลาง (Rot_m) มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) กับแพลงก์ตอนพืช (Phy_t) ดังสมการ $Rot_m = 0.004\ Phy_t + 44.881$ ($r = 0.59$) (**ตารางที่ 1**) ในพื้นที่ส่วนตอนบนและตอนกลางนี้ ไม่พบบทบาทของแพลงก์ตอนพืชต่อแพลงก์ตอนสัตว์ในกลุ่มอื่นๆ เลย

สำหรับพื้นที่ตอนล่าง พบว่าความหนาแน่นของโคพีพอดขนาดเล็ก (Cop_s) โคพีพอดขนาดใหญ่ (Cop_l) โคพีพอดทั้งหมด (Cop_t) คลาโดเซอร์แรนขนาดใหญ่ (Cla_l) และแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด (Zoo_t) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับแพลงก์ตอนพืช (Phy_t) ดังสมการ $Cop_s = -0.0093\ Phy_t + 2{,}862.1$ ($r = 0.44$), $Cop_l = -0.003\ Phy_t + 908.62$ ($r = 0.43$), $Cop_t = -0.0166\ Phy_t + 5069.5$ ($r = 0.44$), $Cla_l = -0.001\ Phy_t + 304.2$ ($r = 0.43$) และ $Zoo_t = -0.022\ Phy_t + 7{,}582.2$ ($r = 0.43$) ตามลำดับ (**ตารางที่ 1**)

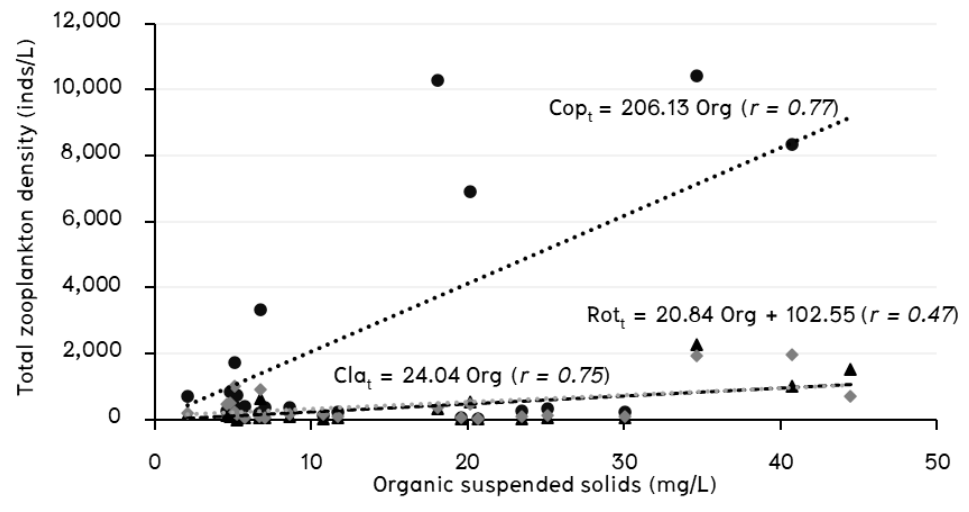
ในภาพรวมสะท้อนให้เห็นว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชที่เพิ่มขึ้นมีบทบาทต่อแพลงก์ตอนสัตว์ในระดับปานกลาง–สูง ซึ่งจากผลการศึกษาค่าสหสัมพันธ์ สะท้อนให้เห็นว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนสัตว์แต่ละกลุ่มได้ใกล้เคียงกัน ขณะที่มีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มคลาโดเซอร์แรนได้น้อยที่สุด ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากแพลก์ตอนสัตว์กลุ่มคลาโดเซอร์แรนมีขนาดค่อนข้างใหญ่และกินอาหารได้หลายรูปแบบ จึงสามารถเลือกกินอาหารประเภทอื่น ๆ นอกจากแพลงก์ตอนพืชได้ด้วย (ไพลิน, 2559)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนสัตว์กับปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอย (Org) พบความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เฉพาะในพื้นที่ตอนล่าง ดังสมการสำหรับโคพีพอดขนาดเล็ก; $Cop_s = 113.70\ Org$ ($r = 0.76$) โคพีพอดขนาดกลาง; $Cop_m = 53.44\ Org$ ($r = 0.75$) โคพีพอดขนาดใหญ่; $Cop_l = 38.99\ Org$ ($r = 0.80$) โคพีพอดทั้งหมด; $Cop_t = 206.13\ Org$ ($r = 0.77$) คลาโดเซอแรน ขนาดกลาง; $Cla_m = 11.31\ Org$ ($r = 0.71$) คลาโดเซอแรนขนาดใหญ่; $Cla_l = 12.70\ Org$ ($r = 0.76$) คลาโดเซอแรนทั้งหมด; $Cla_t = 24.04\ Org$ ($r = 0.75$) โรติเฟอร์ขนาดกลาง; $Rot_m = 15.73\ Org$ ($r = 0.69$) โรติเฟอร์ทั้งหมด; $Rot_t = 24.92\ Org$ ($r = 0.72$) และแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด; $Zoo_t = 312.32\ Org$ ($r = 0.79$) (**ตารางที่ 1**) ซึ่งในภาพรวมที่สามารถพบความสัมพันธ์กับปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอยอย่างมีนัยสำคัญนั้น แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์แขวนลอยมีบทบาทอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มต่างๆ และยังแสดงบทบาทที่มากกว่าบทบาทจากแพลงก์ตอนพืช ทั้งนี้ อาจเนื่องจากการที่พื้นที่เขตชายฝั่งของอ่างเก็บน้ำในตอนล่างมักมีความลาดชันที่ต่ำ (จารุมาศ, 2563) ซึ่งมวลน้ำมีโอกาสได้รับอินทรีย์สารที่มาจากการฟุ้งกระจายของดินตะกอนพื้นท้องน้ำได้ง่ายกว่า และสามารถเป็นอาหารที่ดีให้กับแพลงก์ตอนสัตว์ได้หลายชนิดด้วย (Briand *et al.*, 2003 และ Falconer, 2008)

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ กลุ่มโคพีพอดขนาดเล็ก (Cop_s) โคพีพอดขนาดกลาง (Cop_m) โคพีพอดขนาดใหญ่ (Cop_l) โคพีพอดทั้งหมด (Cop_t) คลาโดเซอแรนขนาดกลาง (Cla_m) คลาโดเซอแรนขนาดใหญ่ (Cla_l) คลาโดเซอแรน (Cla_t) โรติเฟอร์ขนาดกลาง (Rot_m) โรติเฟอร์ (Rot_t) และแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด (Zoo_t) กับแพลงก์ตอนพืช (Phy_t) และปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอย (Org) ในพื้นที่ตอนบนและตอนกลาง (Riverine and Transition zone) และตอนล่าง (Lacustrine zone) ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ (ปีพ.ศ. 2563–2565)

Zooplankton	Riverine and Transition zones	Lacustrine zone	
Cop_s	–	$Cop_s = -0.01\ Phy_t + 2862.1$	(r = 0.45)
		$Cop_s = 113.70\ Org$	(r = 0.76)
Cop_m	–	$Cop_m = 53.44\ Org$	(r = 0.75)
Cop_l	–	$Cop_l = -0.003\ Phy_t + 908.8$	(r = 0.43)
		$Cop_l = 38.99\ Org$	(r = 0.80)
Cop_t	–	$Cop_t = -0.0166\ Phy_t + 5069.5$	(r = 0.44)
		$Cop_t = 206.13\ Org$	(r = 0.77)
Cla_m	–	$Cla_m = 11.31\ Org$	(r = 0.71)
Cla_l	–	$Cla_l = -0.001\ Phy_t + 304.2$	(r = 0.43)
		$Cla_l = 12.70\ Org$	(r = 0.76)
Cla_t	–	$Cla_t = 24.04\ Org$	(r = 0.75)
Rot_m	$Rot_m = 0.004\ Phy_t + 44.9$ (r = 0.59)	$Rot_m = 15.73\ Org$	(r = 0.69)
Rot_t	–	$Rot_t = 20.84\ Org + 102.55$	(r = 0.47)
Zoo_t	–	$Zoo_t = -0.022\ Phyt + 7582.2$	(r = 0.42)
		$Zoo_t = 312.32\ Org$	(r = 0.79)

ในการศึกษานี้ยังพบบทบาทจากสารอินทรีย์แขวนลอยต่อแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มโคพีพอดทั้งหมด คลาโดเซอร์แรน และโรติเฟอร์ ดังสมการ; Cop_t = 206.13 Org (*r = 0.77*), Cla_t = 24.04 Org (r = 0.75) และ Rot_t = 24.92 Org (*r = 0.47*)ตามลำดับ (**ภาพที่ 4**)



ภาพที่ 4 บทบาทจากปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอย (Org) ต่อความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ในกลุ่มโคพีพอดทั้งหมด (Cop$_t$) คลาโดเซอแรน (Cla$_t$) และโรติเฟอร์ (Rot$_t$) ในพื้นที่ตอนล่าง (Lacustrine zone) ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ (ปีพ.ศ. 2563–2565)

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น (*r = 0.47–0.77*) สะท้อนให้เห็นว่าปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอยมีบทบาทต่อแพลงก์ตอนสัตว์แต่ละกลุ่มในระดับปานกลาง–สูง โดยมีบทบาทต่อความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มโคพีพอดได้อย่างชัดเจนที่สุด (*r = 0.77*) ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มโคพีพอดจัดเป็นแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มหลักในระบบนิเวศอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ (จีรยาและคณะ, 2567; Muangsringam *et al.*, 2022) ดังนั้น ผลการศึกษานี้จึงทำให้ทราบว่าสารอินทรีย์แขวนลอยมีบทบาทอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนสัตว์ในภาพรวมที่พบในระบบนิเวศอ่างเก็บน้ำ และจำเป็นต้องหาทางบริหารจัดการปัจจัยต้นดังกล่าวอย่างเหมาะสมต่อไป

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาในภาพรวมพบว่าระบบนิเวศอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ในช่วงปีพศ. 2563–2565 มีระดับความอุดมสมบูรณ์ที่แตกต่างกันตามพื้นที่และฤดูกาลอย่างชัดเจน โดยมักพบว่าพื้นที่ตอนบนถึงตอนกลางมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำ–ปานกลาง ในขณะที่พื้นที่ตอนล่างมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับสูง–สูงมาก และพบความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชแตกต่างกันตามพื้นที่ โดยในพื้นที่ตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 26,616±29,565, 59,650±34,503 และ 138,354±121,407 cells/L ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่ตอนล่างมีค่าสูงที่สุด

ผลการศึกษาความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมดในพื้นที่ตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3,610±4,138, 3,711±4,007 และ 4,661±6,388 inds/L ตามลำดับ ซึ่งความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ในพื้นที่ตอนล่าง มีค่าสูงกว่าพื้นที่ตอนบนและตอนกลางเล็กน้อย ทั้งนี้ พบว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งกลุ่มโคพีพอด คลาโดเซอร์แรน และโรติเฟอร์ ล้วนแล้วได้รับบทบาทอย่างชัดเจนจากปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำมากกว่าการได้รับบทบาทจากแพลงก์ตอนพืชที่มี

ผลการศึกษาในภาพรวมสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการบริหารจัดการปริมาณอินทรีย์สารในน้ำ เพื่อการอนุรักษ์ดูแลกำลังผลิตขั้นที่สองในระบบนิเวศของแหล่งน้ำ ทั้งนี้ เพื่อเป็นการรักษาเสถียรภาพในการผลิตทรัพยากรประมงในพื้นที่ได้อย่างยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้เป็นงานวิจัยสืบเนื่องจากชุดโครงการวิจัย เรื่อง "*ระบบการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรและการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำอย่างยั่งยืน: กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์*" (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ)และได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้วิจัยขอขอบคุณทีมนักวิจัยจากห้องปฏิบัติการวิจัยดินตะกอนและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ภาควิชาชีววิทยาประมง และห้องปฏิบัติการวิจัยสิ่งแวดล้อมทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง ที่ให้ความร่วมมือในการออกสำรวจภาคสนาม และให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ตัวอย่างเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ). (18 เมษายน 2565). **ปริมาณน้ำเก็บกักอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์**. สืบค้นจาก (http://www.egat.co.th.).

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ). (15 เมษายน 2565.) **อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตนN.** สืบค้นจาก (http://www.egat.co.th).

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. (2548). **ดินตะกอน**. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. (2563). **นิเวศอุทกวิทยาของอ่างเก็บน้ำเพื่อการบริหารจัดการเชิงอนุรักษ์** (พิมพ์ครั้งที่ 2), 302 หน้า. กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จีรยา ม่วงสีงาม, จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ และ ไพลิน จิตรชุ่ม . (2567). การเปลี่ยนแปลงอัตราการกินอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์ในสถานการณ์ยูโทรฟิเคชั่นจำลอง. **แก่นเกษตร,** ปีที่ 52 ฉบับที่ 1 (เพิ่มเติม), หน้า 75–81.

ไพลิน จิตรชุ่ม. (2559). **เอกสารประกอบการสอนวิชาแพลงก์ตอนวิทยา**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ยุวดี พีรพรพิศาล. (2548). **สาหร่ายน้ำจืดในภาคเหนือของประเทศไทย**. โชตนาพริ้นท์: เชียงใหม่.

รภัชร์ เม่งช่วย, จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, ขนิษฐา บัวแก้ว, วารินทร์ นิ้มสันติเจริญ และ พิชาศิษฐ์ แสงเมฆ. (2562, มกราคม). เส้นทางของสารอาหารพืชและบทบาทต่อสถานภาพความอุดมสมบูรณ์ของผลผลิตขั้นต้นในพื้นที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์. **งานประชุมวิชาการ พะเยาวิจัย ครั้งที่ 8**, มหาวิทยาลัยพะเยา: พะเยา.

รภัชร์ เม่งช่วย. (2563). **บทบาทของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงการเกิดทดแทนที่ของไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถสร้างสารพิษได้ในระบบนิเวศอ่างเก็บน้ำ: กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์จังหวัดขอนแก่น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ลัดดา วงศ์รัตน์. (2543). **แพลงก์ตอนสัตว์.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพมหานคร.

วารินทร์ ธนาสมหวัง. (2556). **สถานภาพทรัพยากรประมงในแหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำไหลขนาดใหญ่บางแห่งใน ปี 2554**. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง.

Amorim CA, Morra AN. (2020). Effects of the manipulation of submerged macrophytes, large zooplankton and nutrients on a cyanobacterial bloom: A mesocosm study in a tropical shallow reservoir. **Environmental Pollution**, 265, 114997.

Briand JF, Jacquet S, Bernard C, Humbert JF. (2003). Health hazards for terrestrial vertebrates from toxic cyanobacteria in surface water ecosystems. **Veterinary research**, 34(4), 361–377.

Bormans M, Ford PW, Fabbro L. (2005). Spatial and temporal variability in cyanobacterial populations controlled by physical processes. **Journal of plankton Research**, 27(1), 61–70.

Dang PD, Khoi NV, Nga LTN, Thanh DN, Hai HT. (2015). **Identification Handbook of Freshwater Zooplankton of the Mekong River and Tributaries. Mekong River Commission**. Vientiane: Laos.

Falconer RE, Bown JL, White NA, Crawford JW. (2008). Modelling interactions in fungi. **Journal of the Royal Society Interface**, 5(23), 603–615.

Gruner DS, Smith JE, Seabloom EW, Sandin SA, Ngai JT, Hillebrand H, Bolker BM. (2008.) A cross_system synthesis of consumer and nutrient resource control on producer biomass. **Ecology letters**, 11(7), 740–755.

Jaramillo–Londoño JC, Pinto–Coelho, R. M. (2010). Interaction between *Hexarthra intermedia* (Rotifera) and *Bosmina longirostris* (Cladocera): a case of opportunistic, **Journal of Plankton Research**, 32(6), 961–966.

McQueen DJ, Johannes MR, Post JR, Stewart TJ, Lean DR. (1989). Bottom-up and top-down impacts on freshwater pelagic community structure. **Ecological Monographs**, 59(3), 289–309.

Mengchouy R, Meksumpun C. (2022). Spatial and temporal dynamics of water quality and potentially toxic cyanobacteria during drought conditions in a mesotrophic reservoir ecosystem. **Journal of Fisheries and Environment**, 46(2), 1–14.

Muangsringam J, Meksumpun C, Jitchum P, Poungcharean S. (2022). Response of Zooplankton Population to Contrasting Environmental Conditions in a Shallow Mesotrophic Reservoir. **Journal of Fisheries and Environment**, 46(4), 119–134.

Oksanen L, Oksanen T. (2000). The logic and realism of the hypothesis of exploitation ecosystems. **The American Naturalist**, 155(6), 703–723.

Ottersen G, Planque B, Belgrano A, Post E, Reid PC, Stenseth NC. (2001). Ecological effects of the North Atlantic oscillation. **Oecologia**, 128(1), 1–14.

Parson TR, Maita Y, Lalli, CM. (1984). **A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis**. Oxford: Pergamon Press.

Rocha JC, Costa M, Menezes RF, Attayde JL, Becker V. (2018). Water volume reduction increases eutrophication risk in tropical semi–arid reservoirs. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 30, e106.

Sanoamuang S. (1998). Contributions to the knowledge of the Cladocera of north–east Thailand. **Hydrobiologia,** 362, 45–53.

Sanoamuang S, Savatenalinton S. (2001). The rotifer fauna of Lake Kud–Thing, a shallow lake in Nong Khai Province, northeast Thailand. **Hydrobiologia**, 446/447: 297–304.

Vliet VMTH, Zwolsman JJG. (2008). Impact of summer droughts on the water quality of the Meuse river. **Journal of Hydrology,** 353(1–2), 1–17.

White TC. (1978). The importance of a relative shortage of food in animal ecology. **Oecologia**, 33, 71–86.

Wetzel RG. (1990). Reservoir ecosystems: conclusions and speculations. In Thornton KW, Kimmel BL, Payne PE (Ed.), **Reservoir limnology: ecological perspectives**. Wiley Interscience: New York.

Williamson TJ, Vanni MJ, Renwick WH. (2021). Spatial and temporal variability of nutrient dynamics and ecosystem metabolism in a Hyper–eutrophic reservoir differ between a wet and dry year. **Ecosystem,** 24, 68–88.

Wongrat L, Boonyapiwat S. (2003). **Manual of sampling and analytical methods of plankton**. Bangkok: Kasetsart.

การศึกษาพิษเฉียบพลัน และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของปลาไหลนา (*Monopterus albus*) เมื่อสัมผัสกับสารอะทราซีน

Acute toxicity and behavioral changes of swamp Eel (*Monopterus albus*) exposed to atrazine

ปรัชญา ดีรักษา[1*], จงกล พรมยะ[1], ชนกันต์ จิตมนัส[1] และ ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม[1]

Patchaya Deeraksa[1*], Jongkon Promya[1], Chanagun Chitmanat[1] and Khajornkiat Srinuansom[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับความเป็นพิษเฉียบพลัน (LC_{50}) และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของปลาไหลนาเมื่อสัมผัสกับสารอะทราซีน โดยสุ่มปล่อยปลาไหลนาน้ำหนักเฉลี่ย 80.91±21.15 กรัม ในสารละลายอะทราซีนที่มีความเข้มข้น 7 ระดับ ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม), 5, 10, 20, 40, 60 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ทดสอบเป็นเวลา 96 ชั่วโมง บันทึกอัตราการตายที่ 48, 72 และ 96 ชั่วโมง วิเคราะห์ค่า LC_{50} ด้วยวิธีโพรบิท และสังเกตพฤติกรรมที่ 1, 6, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า ค่า LC_{50} ที่ 48, 72 และ 96 ชั่วโมง คือ 59.69, 23.62 และ 15.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในด้านพฤติกรรม ปลาไหลนาในชุดควบคุมมีพฤติกรรมปกติ ส่วนปลาที่สัมผัสสารอะทราซีนมีอาการว่ายน้ำกระวนกระวายไร้ทิศทาง ขับเมือก ฮุบอากาศผิวน้ำ รูก้นบวมแดง และมีเลือดออกที่เหงือก โดยความรุนแรงเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารอะทราซีน สรุปได้ว่าสารอะทราซีนมีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อปลาไหลนา โดยค่า LC_{50} อยู่ระหว่าง 15.44 – 59.69 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำสำคัญ: สารอะทราซีน, ปลาไหลนา, ความเป็นพิษเฉียบพลัน, การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม

[1] สาขาเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1] Fisheries Technology and Aquatic Resources, Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai 50290

*Corresponding author : menakorn12@gmail.com

Abstract

This study aimed to evaluate the acute toxicity (LC_{50}) and behavioral changes in swamp eels (*Monopterus albus*) exposed to atrazine. Swamp eels with an average weight of 80.91±21.15 g were randomly assigned to expose to the atrazine solutions at seven concentrations: 0 (control), 5, 10, 20, 40, 60, and 80 mg/L. The experiment was conducted over 96 hours, with mortality recorded at 48, 72, and 96 hours. The LC_{50} values were determined using the probit analysis method. Behavioral changes were observed at 1, 6, 12, 24, 48, 72, and 96 hours. The results revealed LC_{50} values of 59.69, 23.62, and 15.44 mg/L at 48, 72, and 96 hours, respectively. The control group eels exhibited normal behavior, while those exposed to atrazine displayed erratic swimming, mucus secretion, air-gulping at the surface, swollen and reddened anal regions, and bleeding gills. The severity of these symptoms increased with higher atrazine concentrations. It was concluded that the exposure of atrazine exhibits acute toxicity to swamp eels, with LC_{50} values ranging between 15.44 and 59.69 mg/L.

Keywords: Atrazine, Swamp eel, Acutely toxic, Behavioral changes

บทนำ

ปลาไหลนา ชื่อวิทยาศาสตร์ *Monopterus albus* (Zuiew, 1793) ชื่อสามัญ Swamp Eel หรือ Asian Swamp Eel จัดอยู่ในวงศ์ Synbranchidae อันดับ Synbranchiformes (Kottelat, 1998) เป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ นิยมนำมาบริโภคเป็นอาหารเนื่องจากเนื้อมีรสชาติอร่อย สามารถทำอาหารได้หลากหลายเมนู มีความต้องการสูงทั้งตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ (ขจรเกียรติ์, 2560) จากการสังเกตเบื้องต้นเกษตรกรจะรวบรวมปลาไหลนา โดยใช้เครื่องมือดักจับไปวางจับตามแหล่งอาศัยในธรรมชาติ เช่น ห้วย หนองน้ำ คลอง บึง หรือตามร่องสวน และในนาข้าว (Ip et al., 2004; Hii et al., 2007) ซึ่งมีผลผลิตไม่แน่นอน จึงมีการส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะพันธุ์เชิงพาณิชย์ โดยเกษตรกรจะนำพ่อแม่พันธุ์ปลาไหลนาที่รวบรวมจากธรรมชาติมาใช้ในการเพาะพันธุ์ ทั้งนี้พบว่าพ่อแม่พันธุ์ที่รวบรวมมานั้นส่วนใหญ่ไม่ค่อยมีความสมบูรณ์เพศ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น อายุ ความอุดมสมบูรณ์ของอาหาร ลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม หรือแม้แต่การได้รับสารเคมีจากอุตสาหกรรมหรือสารเคมีทางการเกษตร (Lv et al., 2022) ทั้งนี้ Lv et al. (2022) รายงานว่าปลาไหลนาที่อาศัยในแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่อยู่ใกล้เคียงกับพื้นที่ทำการเกษตรที่มีการใช้สารเคมีทางการเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิต เร่งการเจริญเติบโต รวมทั้งป้องกันและควบคุมศัตรูพืช มีโอกาสได้รับสารเคมีทางการเกษตรเหล่านั้น

ประเทศไทยมีการใช้สารเคมีทางการเกษตรเพื่อป้องกันและกำจัดศัตรูพืชอย่างกว้างขวาง และเมื่อพิจารณาการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตรโดยกรมวิชาการเกษตร (2567) พบว่าสารกำจัดวัชพืชเป็นกลุ่มที่มีปริมาณการนำเข้ามากที่สุด จากรายงานปี พ.ศ. 2566 มีปริมาณการนำเข้าของสารกำจัดวัชพืชมากถึงประมาณ 74,204,221 กิโลกรัม ซึ่งประกอบด้วยสารกำจัดวัชพืชหลายชนิด ได้แก่ สารอะทราซีน มีปริมาณนำเข้า 2,595,406 กิโลกรัม หรือประมาณร้อยละ 3.5 ของสารกำจัดวัชพืชที่นำเข้าทั้งหมด คิดเป็นมูลค่าโดยประมาณ 354,485,364 บาท สารอะทราซีน (atrazine) เป็นสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม chloro-S-trazine ($C_6H_{14}ClN_5$ หรือ 2 chloro-4-ethylamino-6-isopropylmino-S-trazine) เป็นผลึกขาวใสไม่มีสีที่ใช้กำจัดวัชพืชได้ทั้งพืชใบแคบและพืชใบกว้าง โดยดูดซึมเข้าสู่พืชทางราก จากนั้นแพร่กระจายขึ้นไปสู่ยอดเพื่อหยุดยั้งกระบวนการสังเคราะห์แสงทำให้พืชใบเหลืองซีด แห้ง และตายในที่สุด (Turner, 2018) นิยมใช้ในไร่ข้าวโพด อ้อย สับปะรด ผลไม้อีกหลายชนิด และทุ่งนา (รังสิต, 2533; กลุ่มวิจัย

วัชพืช, 2554) มีอัตราการใช้เฉลี่ย 200–250 กรัม/ไร่ ซึ่งเป็นอัตราการใช้ที่ค่อนข้างสูงทำให้เกิดการตกค้างในสิ่งแวดล้อม (อรอนงค์ และคณะ, 2554) สารอะทราซีนมีค่าครึ่งชีวิตมากกว่า 60 วัน และยังสามารถตกค้างในดินได้นานถึง 7–8 เดือน (อำพา และทัศนีย์ภรณ์, 2552) โดยสารอะทราซีนที่ตกค้างในดินจะถูกน้ำฝนชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำต้องสัมผัสกับสารอะทราซีนโดยตรง (Alvarez and Fuiman, 2005; Sherchan and Bachoon, 2011; Wang et al., 2011) ซึ่งปลาจะได้รับสารอะทราซีนที่ปนเปื้อนในน้ำโดยจะเข้าทางผิวหนัง ทางปาก และการหายใจผ่านเหงือก (John, 2007) นอกจากนี้ความเป็นพิษของสารอะทราซีนต่อปลาหรือสัตว์น้ำแต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามความสามารถในการดูดซึม การล้างพิษ และการขับถ่ายของปลาหรือสัตว์น้ำชนิดนั้น ๆ (Viran et al., 2003)

ทั้งนี้มีการรายงานเกี่ยวกับการปนเปื้อนของสารอะทราซีนในพื้นที่การทำการเกษตร โดย อรอนงค์ และคณะ (2554) รายงานว่า ตัวอย่างดิน ตะกอนดิน และน้ำท่าในพื้นที่ปลูกข้าวโพดในช่วงฤดูน้ำหลาก พบมีสารอะทราซีนตกค้างทั้งในดิน ตะกอนดิน และในน้ำท่า ปรากฏว่ามีค่ามากกว่าเกณฑ์ที่คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2543) อนุญาต (3 ไมโครกรัมต่อลิตร) และกวินทิพย์ และวรรณา (2555) รายงานการปนเปื้อนของสารเคมี 4 ชนิด คือ ไกลโฟเสต พาราควอต อะทราซีน และคลอร์ไพริฟอส ในตัวอย่างดิน ตะกอน และพืชในพื้นที่ลุ่มน้ำต่าง ๆ ในจังหวัดน่าน พบว่าสารอะทราซีนตรวจพบในดินในปริมาณมากสุด และมีความสามารถดูดซับในดินได้ดีแต่ไม่ยึดติดแน่นมาก ทำให้คงทนในดินได้น้อยจึงทำให้ถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำได้ง่าย ทั้งนี้ยังมีการรายงานเกี่ยวกับสัตว์น้ำที่ได้สัมผัสกับสารอะทราซีนที่ปนเปื้อนในน้ำ โดย Nwani et al. (2010) รายงานค่าความเป็นพิษเฉียบพลัน (LC_{50}) ของปลาช่อน (*Channa punctatus*) เมื่อสัมผัสกับสารอะทราซีนที่ 96 ชั่วโมง พบว่ามีค่าเท่ากับ 42.381 มิลลิกรัมต่อลิตร Chapadense et al. (2009) รายงานค่า LC_{50} ที่เวลา 96 ชั่วโมง เท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตรในปลาคู้ดำ (*Colossoma macropomum*) เมื่อสัมผัสอะทราซีน

เมื่อนำอะทราซีนมาใช้ส่วนมากจะกระจายตัวลงไปในสิ่งแวดล้อมตกค้างในดิน ปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน รวมถึงกระจายลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ ได้ด้วย อะทราซีนสามารถจับกับอนุภาคดินเหนียวได้ดี แต่มีความสามารถจับกับอนุภาคดินทรายได้ต่ำ ซึ่งทำให้เสี่ยงต่อการปนเปื้อนไปสู่แหล่งน้ำทั้งในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน (Borggaard and Gimsing, 2008) เพราะแหล่งน้ำคือที่รองรับของเสียที่ใหญ่ที่สุด จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น เมื่อมีการปนเปื้อนของอะทราซีนในแหล่งน้ำ ปลาไหลนาก็มีโอกาสที่จะสัมผัสกับสารดังกล่าว และก่อให้เกิดอันตรายได้และท้ายที่สุดมนุษย์ซึ่งเป็นผู้บริโภคในลำดับสูงที่สุด ก็อาจจะได้รับผลกระทบเชิงลบต่อสุขภาพได้ ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปศึกษาความเป็นพิษแบบเรื้อรังต่อชีววิทยาการสืบพันธุ์ การทำงานของต่อมไร้ท่อ และการตกค้างในเนื้อและเลือดของปลาไหลนาต่อไปได้

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลัน (LC_{50}) ของสารอะทราซีนต่อปลาไหลนา
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของปลาไหลนาเมื่อสัมผัสสารอะทราซีน

วิธีวิทยาการวิจัย

การเตรียมตัวอย่างปลาไหลนา (Sample preparation)

นำปลาไหลนาที่มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 80.91±21.15 กรัม จากชาวบ้านที่ดักจับตามทุ่งนาในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 84 ตัว มาพักให้ปรับตัวในบ่อซีเมนต์ขนาด 1.2x1.2 เมตร (ความหนาแน่น 1 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) ใส่ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ความยาว 50 เซนติเมตร จำนวน 2–3 ท่อเพื่อเป็นที่หลบ โดยพักปลาไหลนา

เป็นเวลาอย่างน้อย 10 วัน ให้อาหารเป็นสัตว์น้ำจำพวกกุ้งฝอยและปลาขนาดเล็กวันละ 1 ครั้งในช่วงเย็น (16.00–17.00 น.) ตลอดการทดลอง (ดัดแปลงตามวิธีของขจรเกียรติ์ และคณะ, 2562)

การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity test)

ทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันของสารอะทราซีนต่อปลาไหลนาที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง (96hr–LC_{50}) วางแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มตลอด (completely randomized design) โดยเตรียมสารอะทราซีนในรูปเม็ด (90% Wettable Granule, ไอ ซี พี ลัดดา จำกัด) มาละลายในน้ำปริมาตรน้ำ 5 ลิตร ในถังพลาสติกขนาด 42.0x59.0x33.5 เซนติเมตร ที่ระดับความเข้มข้น 7 ระดับ (ชุดการทดลอง) ๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 5, 10, 20, 40, 60 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากนั้นนำปลาไหลนาที่พักไว้ทั้ง 84 ตัว มาสุ่มปล่อยในแต่ละถัง ๆ ละ 4 ตัว และทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลัน (LC_{50}) โดยบันทึกพฤติกรรมและอัตราการตายของปลาไหลนาที่ 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้ปลาไหลนาที่ตายจะถูกนำออกทันทีเพื่อป้องกันน้ำเสีย (ดัดแปลงตามวิธีของ Marina et al., 2019)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม (Behavior change)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของปลาไหลนาระหว่างทำการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลัน (96 ชั่วโมง) ของสารอะทราซีน โดยสังเกตด้วยสายตาและประเมินพฤติกรรมของปลาไหลนาที่เวลา 1, 6, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ที่มีพฤติกรรมกระวนกระวายว่ายน้ำตลอดเวลา โผล่ปากขึ้นมาเหนือน้ำเพื่อฮุบอากาศตลอดเวลา รวมถึงระบบประสาทที่ผิดปกติ เช่น ว่ายน้ำผิดปกติ (ควงสว่าน) (ดัดแปลงตามวิธีของ นฤนาท และคณะ, 2559)

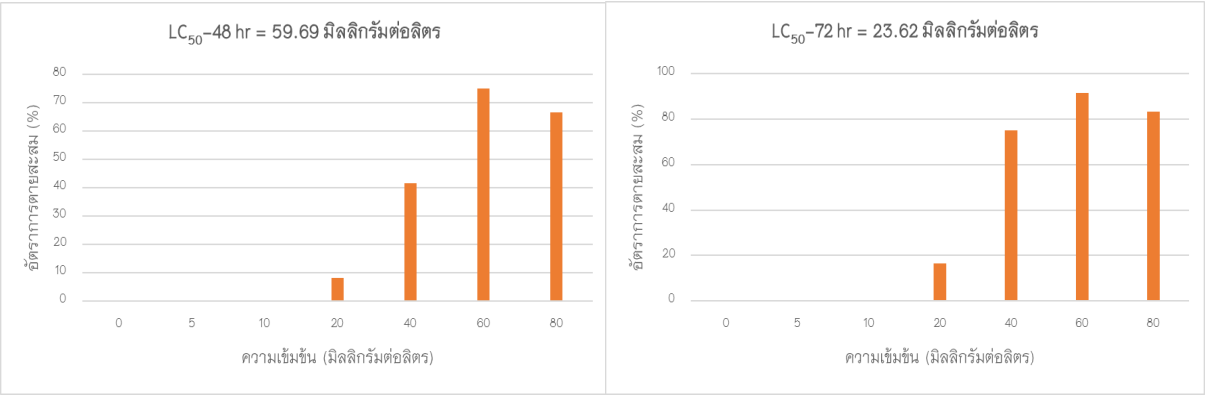
การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

คำนวณหาค่า LC_{50} ความเข้มข้นของสารอะทราซีนที่ทำให้ปลาไหลนาตายร้อยละ 50 ในเวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ตามลำดับ ด้วยวิธีโพรบิท (Probit analysis) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป StatPlus version 5 ซึ่งคำนวณเป็นค่า Log ของความเข้มข้น และคำนวณ Regression เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ ข้อมูลที่ต้องป้อนเข้าโปรแกรม คือ จำนวนปลาตายในชุดควบคุม จำนวนปลาในชุดควบคุม (ถ้ามีจำนวนปลาตายในชุดควบคุม) จำนวนระดับความเข้มข้น ความเข้มข้น จำนวนปลาตายในแต่ละความเข้มข้น และจำนวนปลาทั้งหมดในแต่ละความเข้มข้น (ดัดแปลงตามวิธีของ Finney, 1978)

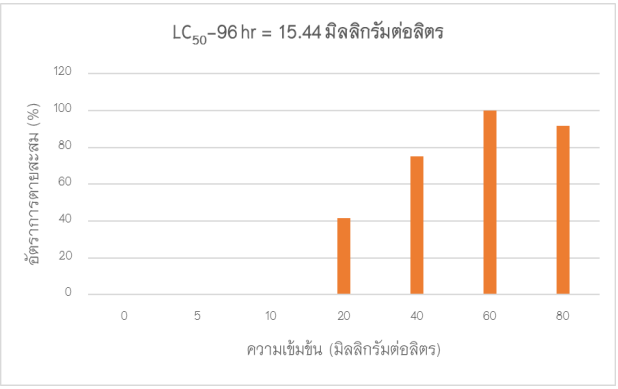
ผลการศึกษา

1. ผลการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันของสารอะทราซีน

สำหรับอัตราการตายสะสมของปลาไหลนาที่ระยะเวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมง พบว่าความเข้มข้นที่ 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่พบการตายของปลาไหลนา แต่ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 20, 40, 60 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร พบมีอัตราการตายสะสมเฉลี่ยเท่ากับ 8.33, 41.66, 75.00 และ 66.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 20, 40, 60 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร พบมีอัตราการตายสะสมเฉลี่ยเท่ากับ 16.66, 75.00, 91.66 และ 83.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 20, 40, 60 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร พบมีอัตราการตายสะสมเฉลี่ยเท่ากับ 41.66, 75.00, 100.00 และ 91.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และความเข้มข้นของสารอะทราซีนที่ทำให้ปลาไหลนาตายครึ่งหนึ่ง (LC_{50}) ที่ระยะเวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เท่ากับ 59.69, 23.62 และ 15.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 1)



ก. ข.



ค.

ภาพที่ 1 พิษเฉียบพลันของสารอะทราซีนที่ทำให้ปลาไหลนาตายครึ่งหนึ่ง (LC_{50}) ช่วงความเชื่อมั่น (CI) 95 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการตายสะสมของปลาปลาไหลนา ที่ระยะเวลา 48 (ก), 72 (ข) และ 96 (ค) ชั่วโมง

2. พฤติกรรมและอัตราการตายปลาไหลนาที่สัมผัสสารอะทราซีน

จากการทดลองผลกระทบของสารอะทราซีนที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน ที่ 0, 5, 10, 20, 40, 60 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่เวลา 1, 6, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ได้ผลแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พฤติกรรมของปลาไหลนาที่สัมผัสสารอะทราซีน

ระดับความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	พฤติกรรมของปลาไหลนา / เวลา
0 (ชุดควบคุม)	ที่ระยะเวลา 1, 6, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ว่ายน้ำ และการหายใจปกติ
5	ชั่วโมงที่ 1 และ 6 มีอาการกระวนกระวาย พยายามเลื้อยออกจากกล่อง ชั่วโมงที่ 12, 24, 48, 72 และ 96 ว่ายน้ำ และการหายใจปกติ
10	ชั่วโมงที่ 1 และ 6 มีอาการกระวนกระวาย พยายามเลื้อยออกจากกล่อง ชั่วโมงที่ 12 และ 24 ว่ายน้ำปกติ ขึ้นฮุบอากาศค่อนข้างบ่อย ชั่วโมงที่ 48, 72 และ 96 ว่ายน้ำ และการหายใจปกติ
20	ชั่วโมงที่ 1 และ 6 มีอาการกระวนกระวาย พยายามเลื้อยออกจากกล่อง ชั่วโมงที่ 12 ว่ายน้ำไร้ทิศทาง ขึ้นฮุบอากาศค่อนข้างบ่อย ชั่วโมงที่ 24 นอนนิ่ง ขึ้นฮุบอากาศตลอดเวลา เริ่มขับเมือก ชั่วโมงที่ 48 เริ่มทรงตัวไม่ได้ หงายท้อง ขึ้นฮุบอากาศตลอดเวลา ขับเมือก ชั่วโมงที่ 72 และ 96 หงายท้อง ขึ้นฮุบอากาศตลอดเวลา ขับเมือก
40	ชั่วโมงที่ 1 และ 6 มีอาการกระวนกระวายรุนแรง พยายามเลื้อยออกจากกล่อง ชั่วโมงที่ 12 ว่ายน้ำไร้ทิศทาง เริ่มทรงตัวไม่ได้ หงายท้อง ขึ้นฮุบอากาศตลอดเวลา ขับเมือก ชั่วโมงที่ 24, 48 และ 72 นอนนิ่งหงายท้อง ขึ้นฮุบอากาศตลอดเวลา ขับเมือกมาก ชั่วโมงที่ 96 นอนนิ่งหงายท้อง ขึ้นฮุบอากาศตลอดเวลา ขับเมือกมาก รูก้นบวมแดง
60	ชั่วโมงที่ 1 มีอาการกระวนกระวายรุนแรง พยายามเลื้อยออกจากกล่อง ชั่วโมงที่ 6 ว่ายน้ำไร้ทิศทาง เริ่มทรงตัวไม่ได้ หงายท้อง ขึ้นฮุบอากาศตลอดเวลา ขับเมือก ชั่วโมงที่ 12 และ 24 นอนนิ่งหงายท้อง ขึ้นฮุบอากาศตลอดเวลา ขับเมือกมาก ชั่วโมงที่ 48 นอนนิ่งหงายท้อง ขึ้นฮุบอากาศตลอดเวลา ขับเมือกมาก รูก้นบวมแดง ชั่วโมงที่ 72 นอนนิ่งหงายท้อง ขึ้นฮุบอากาศตลอดเวลา ขับเมือกมาก รูก้นบวมแดง เลือดออกบริเวณเหงือก ชั่วโมงที่ 96 ตายหมด
80	ชั่วโมงที่ 1 มีอาการกระวนกระวายรุนแรง พยายามเลื้อยออกจากกล่อง ชั่วโมงที่ 6, 12 และ 24 นอนนิ่งหงายท้อง ขึ้นฮุบอากาศตลอดเวลา ขับเมือกมาก ชั่วโมงที่ 48 นอนนิ่งหงายท้อง ขึ้นฮุบอากาศตลอดเวลา ขับเมือกมาก รูก้นบวมแดง ชั่วโมงที่ 72 และ 96 นอนนิ่งหงายท้อง ขึ้นฮุบอากาศตลอดเวลา ขับเมือกมาก รูก้นบวมแดง เลือดออกบริเวณเหงือก

สรุปผลและอธิปรายผล

อภิปรายผล

สารอะทราซีน (atrazine) เป็นสารกำจัดวัชพืชที่ใช้กำจัดวัชพืชได้ทั้งพืชใบแคบและพืชใบกว้าง มีอัตราการใช้ที่ค่อนข้างสูงทำให้เกิดการตกค้างในสิ่งแวดล้อม โดยสารอะทราซีนที่ตกค้างในดินจะถูกน้ำฝนชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำต้องสัมผัสกับสารอะทราซีนโดยตรง ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อศึกษาถึงความเป็นพิษแบบเฉียบพลันและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของปลาไหลนาที่สัมผัสกับสารอะทราซีน

1. อัตราการตายและความเป็นพิษเฉียบพลันของสารอะทราซีน

ความเป็นพิษของอะทราซีนมีความสัมพันธ์กับอัตราการตายของสิ่งมีชีวิต ซึ่ง Walkel et al. (2006) ได้อธิบายว่าปัจจัยที่ควบคุมระดับความเป็นพิษของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ ระยะเวลาในการสัมผัส เส้นทางการได้รับสาร และระดับความเข้มข้นของสารนั้น ๆ ในการศึกษาทางพิษวิทยาที่เกี่ยวข้องกับสารมลพิษที่ใช้ในการเกษตร พบว่า อะทรา

ซีน ซึ่งเป็นสารฆ่าหญ้า มักส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในลักษณะคล้ายคลึงกัน ซึ่งอะทราซีนมีผลต่อสัตว์น้ำและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ โดยกลไกการออกฤทธิ์ของสารนี้สามารถก่อให้เกิดความเครียดทางชีวภาพ การรวมตัวของอะทราซีนกับเอนไซม์ในระบบชีวภาพทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการทางชีวเคมี ส่งผลให้มีการสะสมของสารที่มีผลต่อการทำงานของเซลล์ ซึ่งอาจนำไปสู่อาการกระตุกของกล้ามเนื้อ อัมพาต และการเสียชีวิตในที่สุด (Solomon et al., 2008) ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้พบว่าอัตราการตายของปลาไหลนาจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและระยะเวลาที่ได้รับสัมผัสกับสารอะทราซีน และเมื่อนำอัตราการตายสะสมมาคำนวณค่า LC_{50} พบว่า ค่า LC_{50} ของปลาไหลนาที่สัมผัสสารอะทราซีนเป็นเวลา (LC_{50}) ที่ระยะเวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เท่ากับ 59.69, 23.62 และ 15.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งก่อนหน้านี้ก็มีการรายงานค่าความเป็นพิษเฉียบพลันในปลาหลายชนิด ซึ่งค่าที่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของปลา เนื่องจากปลาแต่ละชนิดมีความสามารถในการต้านทานและขับสารแตกต่างกัน โดย Chapadense et al. (2009) รายงานว่าในปลาคู้ดำ (*Colossoma macropomum*) มีค่า LC_{50} ที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร Ramesh et al. (2009) รายงานว่าในปลาไน (*Cyprinus carpio*) มีค่า LC_{50} ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 18.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Nwani et al. (2010) รายงานว่าในปลาช่อน (*Channa punctatus*) มีค่า LC_{50} ที่ระยะเวลา 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เท่ากับ 77.091, 64.053, 49.100, 44.412 และ 42.381 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

2. พฤติกรรมของปลาไหลนาที่สัมผัสกับสารอะทราซีน

พฤติกรรมคือการแสดงออกและกิริยาท่าทางที่เกิดขึ้นจากสิ่งมีชีวิตหรือระบบที่ประดิษฐ์ขึ้น ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับสิ่งแวดล้อม รวมถึงระบบอื่น ๆ และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ทั้งนี้ พฤติกรรมถือเป็นการตอบสนองต่อสิ่งเร้าหรือข้อมูลที่เข้ามา ไม่ว่าจะเป็นจากภายในหรือภายนอก ทั้งในรูปแบบที่มีสติหรือไม่มีสติ ชัดเจนหรือแอบแฝง และทั้งที่ตั้งใจหรือไม่ได้ตั้งใจโดยเฉพาะในกรณีของปลา การศึกษาพฤติกรรมที่ใช้ในการประเมินผลกระทบจากสารพิษ มักจะมุ่งเน้นไปที่การว่ายน้ำและการเคลื่อนที่ มีการศึกษาเป็นจำนวนมากที่รายงานว่าหลังจากได้รับสารพิษ ปลาแสดงพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างชัดเจน ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดถึงการสัมผัสสารพิษได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ชุติมา และคณะ, 2559; Thanomsit, 2016) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าปลาไหลนามีพฤติกรรมที่เปลี่ยนไปจากปลาในกลุ่มควบคุมอย่างชัดเจน คือ มีอาการกระวนกระวาย ว่ายน้ำไร้ทิศทาง ขับเมือก ฮุบอากาศที่ผิวน้ำตลอดเวลา ทรงตัวไม่ได้ รูก้นบวมแดง และมีเลือดออกที่เหงือก โดยจะรุนแรงมากเมื่อระดับความเข้มข้นสูงขึ้นหลังจากที่สัมผัสสารอะทราซีนก่อนที่จะตาย ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Saglio and Trijasse (1998) รายงานว่าเมื่อปลาทอง (*Carassius auratus*) สัมผัสกับสารอะทราซีนจะมีพฤติกรรมว่ายน้ำพุ่งแบบไร้ทิศทาง ไม่จับกลุ่มว่ายน้ำตลอดเวลา และมีการลอยหัวบริเวณผิวน้ำ Paulino et al.(2012) ทำการศึกษาในปลาอินซีเน็ตยักษ์ (*Prochilodus lineatus*) พบว่า มีการหลั่งเมือกออกมาเนื่องจากผิวหนังชั้นนอกถูกทำลาย และเกิดความเสียหายที่เหงือกอย่างรุนแรงทำให้มีอัตราการหายใจถี่ขึ้น และ Silva et al. (2023) ยังรายงานว่าเมื่อปลาแลมบารีหางเหลือง (*Astyanax altiparanae*) สัมผัสกับสารอะทราซีนส่งผลให้เกิดการพองตัวของเส้นเลือดและทำให้เลือดคั่งในอวัยวะต่าง ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของการตาย

สรุป

สารอะทราซีนก่อให้เกิดผลกระทบต่อปลาไหลนาในเรื่องของอัตราการตาย และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นและระยะเวลาที่สัมผัส ดังนั้นหากมีการปนเปื้อนของสารอะทราซีนในแหล่งน้ำธรรมชาติอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อปลาไหลนาได้ ค่า LC_{50} ที่คำนวณได้จากการทดลองเมื่อสัมผัสสารอะทราซีนของปลาไหลนาที่เวลา 48, 72 และ 96 ชั่ว โมง คือ 59.69, 23.62 และ 15.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร. ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม รศ.ดร. จงกล พรมยะ และ รศ.ดร. ชนกันต์ จิตมนัส ที่ปรึกษางานวิจัย ตลอดจน Prof. Dr. Alan D. Ziegler และคุณกัลยา กันธะวงค์ สำหรับคำแนะนำและการสนับสนุนที่มีค่าตลอดระยะเวลาการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณทีมงานที่ร่วมมือและช่วยเหลือในทุกขั้นตอนของการศึกษา นอกจากนี้ ขอบคุณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่และอุปกรณ์ที่จำเป็นในการดำเนินการวิจัย ทั้งนี้หวังว่าจะมีโอกาสร่วมงานกับทุกท่านในอนาคต การศึกษาครั้งนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากโครงการ “Prevalence of High-Priority Watchlist Contaminants in the Water Resources of Developing Regions: A Focus on Environmental and Human Toxicology of Emerging and Persistent Contaminants” จากสถาบัน Nanyang Environment and Water Research Institute (NEWRI) มหาวิทยาลัย Nanyang Technological University ประเทศสิงคโปร์

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2567). **รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร-ปี-พ.ศ.-2566.** สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร.

กลุ่มวิจัยวัชพืช. (2554). **คำแนะนำการป้องกันกำจัดวัชพืชและการใช้สารกำจัดวัชพืชปี 2554**. สำนักวิจัยการพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 133.

กวินทิพย์ โพธิ์สวัสดิ์ และวรรณา จินกสิกิจ. (2555). **การศึกษาสารตกค้างของสารเคมีปราบศัตรูพืชในดินตะกอนดิน และพืชในพื้นที่ต้นน้ำน่าน.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม. (2560). **การเพาะขยายพันธุ์ปลาไหลนาโดยวิธีกึ่งเลียนแบบธรรมชาติ (Half-artificial breeding of *Monopterus albus*).** วารสารแม่โจ้ปริทัศน์ : กรกฎาคม – สิงหาคม 2560. หน้า 33-38.

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม, ชนัญญา พุทธิปิลันธน์, ชอบธรรม บัวลอย และรักพงษ์ เพชรคำ. (2562). **ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมและความถี่ในการฉีดฮอร์โมน buserelin acetate ต่อการพัฒนาไข่ของแม่พันธุ์ปลาไหลนา (*Monopterus albus*) ในช่วงก่อนฤดูผสมพันธุ์.** วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาส์น / ปีที่ 41 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2562. หน้า 57-73.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (2543). **ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ. 2543) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน [ประกาศ].** ราชกิจจานุเบกษา, 117(ตอนพิเศษ 95 ง), 15 กันยายน 2543.

ชุติมา ถนอมสิทธิ์, อำนวย วัฒนกรสิริ และพอจิต นันทนาวัฒน์. (2559). **ผลของไกลโฟเสทต่อพฤติกรรมและการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกในปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*).** วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 21(2), 204-215.

นฤนาท มารารัมย์, อรรคเดช ขันติวงศ์, ชยพล แรงจบ, อำนวย วัฒนกรสิริ, กฤติมา เสาวกูล และชุติมา ถนอมสิทธิ์. (2559). **ระดับความเป็นพิษ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และอัตราการตายของปลาดุกลูกผสมเมื่อได้รับสัมผัสกับสารกำจัดแมลง (คลอร์ไพรีฟอส).** ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ “ราชมงคลสุรินทร์วิชาการ ครั้งที่ 8” “วิจัยเพื่อประเทศไทย 4.0” (หน้า 204-211). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์.

รังสิต สุวรรณเขต. (2533). **สารกำจัดพืชกับผลทางสรีรวิทยาของพืช.** ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 62–70.

อรอนงค์ ผิวนิล, ศุภมาศ พนิชศักดิ์ พัฒนา,นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์, บงกชรัตน์ ปิติยนต์ และน้ำเย็น ศิริพัฒน์. (2554). **การศึกษาการตกค้างและเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชอะทราซีนในดินพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตะกอนดิน และน้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำห้วยกะโปะ อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์.** การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. หน้า 1–11.

อำพา เหลืองภิรมณ์ และทัศนีย์ภรณ์ จันทร์ศรจักร. (2552). **ผลของอะทราซีนต่อการเจริญพันธุ์ของหนูเมาส์เพศเมีย.** วารสารวิจัย มข. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 14(2). หน้า 150–161.

Alvarez del C, M. & Fuiman, L. A. (2005). **Environmental levels of atrazine and its degradation products impair survival skills and growth of red drum larvae.** Aquatic Toxicology. 74, 229–241.

Borggaard, O, K, & Gimsing, A. L. (2008). **Fate of glyphosate in soil and the possibility of Leaching to ground and surface waters: a review.** Pest Management Science, 64, 441 – 456.

Chapadense, P. F. G., Castro, F. D. J., Almeida, J. A., & Moron, S. E. (2009). **Toxicity of atrazine herbicide in *Colossoma macropomum*.** Revista Brasileira de Saude e Producao Animal, 2009. 10(2), 398–405.

Finney, D.J. 1978. **Statistical method in biological assay.** 3 rd ed. Charles Griffin Co.Ltd, London. 508 pp.

Hii, Y. S., Lee, M. Y., & Chuah, T. S. (2007). **Acute toxicity of organochlorine insecticide endosulfan and its effect on behaviour and some hematological parameters of Asian swamp eel (*Monopterus albus*, Zuiew).** Pesticide biochemistry and physiology, 89(1), 46–53.

Ip, Y. K., Tay, A. S., Lee, K. H., & Chew, S. F. (2004). **Strategies for surviving high concentrations of environmental ammonia in the swamp eel *Monopterus albus*.** Physiological and Biochemical Zoology, 77(3), 390–405.

John, P.J. (2007). **Alteration of certain blood parameters of freshwater teleost *Mystus vittatus* after chronic exposure to Metasystox and Sevin.** Fish Physiology and Biochemistry. 33(1): 15–20.

Kottelat, M. (1998). **Fishes of the Nam Theum and Xe Bangai basins, Laos, with diagnosis of twenty–two new species (Teleostei: Cyprinidae, Balitoridae, Cobitidae, Coiidae and Odontobutidae).** Ichthyological Exploration of Freshwaters. 9, 1–128.

Lv, W., Yuan, Q., Huang, W., Sun, X., Lv, W., & Zhou, W. (2022). **Asian swamp eel *Monopterus albus* population structure and genetic diversity in China. Frontiers in Genetics**, 13, 898958.

Marina, H., Nor Azri, S.N., Wahidah, W., Anur Abdalah, N. M., Kismiyati, Mohd Fazrul, H. A. A., Norainy M, H., & Mohd Ihwan, Z. (2019). **The Toxic Effect of Ametryn on Behaviour and Histopathological Changes of Freshwater Eel (*Monopterus albus*).** Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan, 11(2), 11–18.

Nwani, C. D., Lakra, W. S., Nagpure, N. S., Kumar, R., Kushwaha, B., & Srivastava, S. K. (2010). **Toxicity of the herbicide atrazine: effects on lipid peroxidation and activities of antioxidant enzymes in the freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch).** International journal of environmental research and public health, 7(8), 3298–3312.

Paulino, M. G., Souza, N. E. S., & Fernandes, M. N. (2012). **Subchronic exposure to atrazine induces biochemical and histopathological changes in the gills of a Neotropical freshwater fish, *Prochilodus lineatus*.** Ecotoxicology and environmental safety, 80, 6–13.

Ramesh, M., Srinivasan, R., & Saravanan, M. (2009). **Effect of atrazine (Herbicide) on blood parameters of common carp *Cyprinus carpio* (Actinopterygii: Cypriniformes).** African journal of environmental science and technology, 3(12).

Saglio, P., & Trijasse, S. (1998). **Behavioral responses to atrazine and diuron in goldfish.** Archives of environmental contamination and toxicology, 35, 484–491.

Sherchan, S.P. & Bachoon, D.S. (2011). **The presence of atrazine and atrazine–degrading bacteria in the residential, cattle farming, forested and course regions of Lake Oconee**. Journal of Applied Microbiology. 111, 293–299.

Silva, S. B., Gregório, K. P., de Freitas, R. M. P., Destro, A. L. F., Salaro, A. L., Zuanon, J. A. S., & Freitas, M. B. (2023). **Exposure to the herbicide atrazine induces oxidative imbalance, morphological damage and decreased survival in juvenile fish**. Bioscience Journal, 39.

Solomon, K. R., Carr, J. A., Du Preez, L. H., Giesy, J. P., Kendall, R. J., Smith, E. E., & Van Der Kraak, G. J. (2008). **Effects of atrazine on fish, amphibians, and aquatic reptiles: a critical review.** Critical reviews in toxicology, 38(9), 721–772.

Thanomsit, C. (2016). **Evaluation of abamectin effect on some biochemical constituents and histological alterations in Asian sea bass (*Lates calcarifer*).** Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST), 24(1), 72–81.

Turner, C. Ed. (2018). The Pesticide Manual. **British Crop Protection Council. 18th Ed.U.S. EPA. 2003. Example Exposure Scenarios.** EPA/600/R–03/036. National Center for Environmental Assessment, Washington, DC. 124 pp.

Viran, R., Erkoç, F.Ü., Polat, H, & Koçak, O. (2003). **Investigation of acute toxicity of deltamethrin on guppies (*Poecilia reticulata*).** Ecotoxicology and Environmental Safety. 55 (1): 82–85.

Walkel, C. H., Hopkin, S. P., & Peakall, D. B. (2006). **Principle of Ecotoxicology.** Taylor & Francis: USA.

Xu, W., Jilong, L., Houjuan, X., & Shiwen, X. (2011). **Review of toxicology of atrazine and chlorpyrifos on fish.** College of Veterinary Medicine, Northeast Agricultural University. 18(4) 88–92.

แพลงก์ตอนพืชและการประยุกต์ใช้เพื่อเป็นดัชนีชี้วัดสถานการณ์สิ่งแวดล้อมทางน้ำ: กรณีศึกษาในพื้นที่คลองสุครีบ จังหวัดชลบุรี

Phytoplankton and its application as indicator for aquatic environmental situation: A case study in the Sukhrip canal, Chonburi Province

สยมภู ซาตะนัย[1] และ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์[1*]

Sayompoo Satanai[1] and Charumas Meksumpun[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาแพลงก์ตอนพืชเพื่อการประยุกต์ใช้เพื่อเป็นดัชนีชี้วัดสถานการณ์สิ่งแวดล้อมทางน้ำ ดำเนินการในพื้นที่คลองสุครีบ จังหวัดชลบุรี โดยออกสำรวจในพื้นที่ 6 สถานี รวม 3 ครั้ง ในช่วงฤดูแล้ง (เดือนเมษายน) ต้นฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม) และกลางถึงปลายฤดูฝน (เดือนกันยายน) ในช่วงปี พ.ศ. 2567 ผลการศึกษาพบว่าแพลงก์ตอนพืชมีความหลากหลายทางชนิดที่ต่ำ โดยพบแพลงก์ตอนพืช Division Cyanophyta เป็นกลุ่มหลัก ซึ่งสะท้อนสภาวะความเสื่อมโทรม โดยเฉพาะในพื้นที่ตอนต้นและตอนกลางของลำคลอง ในการศึกษานี้ เราสามารถประยุกต์ใช้ลักษณะการกระจายของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น (ได้แก่ *Oscillatoria* sp. และ *Closterium* sp.) เพื่อประเมินสภาวการณ์ทางสิ่งแวดล้อมได้ ผลการศึกษายังสะท้อนถึงศักยภาพของ *Oscillatoria* sp. ในการเป็นดัชนีชี้วัดสถานภาพและการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศอุทกวิทยาของแหล่งน้ำ นอกจากนี้พบว่าปัจจัยด้านปริมาณน้ำฝนสะสม มีบทบาทอย่างมีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณของ *Oscillatoria* sp. โดยส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นในช่วงต้นฤดูฝน และลดลงในช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน ผลการศึกษาในภาพรวมยังสะท้อนปัญหาจากลักษณะการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ของชุมชนโดยรอบ ซึ่งควรหาแนวทางบริหารจัดการเชิงบูรณาการเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ความสำคัญ: แพลงก์ตอนพืช, คุณภาพน้ำ, *Oscillatoria* sp., *Closterium* sp., น้ำฝนสะสม, ระบบนิเวศลำคลองสุครีบ

[1]ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

*Corresponding author : fjfscmc@ku.ac.th

Abstract

Research on phytoplankton for application as aquatic environmental status index was carried out in the Sukhrip canal, Chonburi province. Field surveys was conducted in 6 stations, 3 times during the dry season (April), the early rainy season (July), and the mid–late rainy season (September) in 2024. Results indicated low diversity of phytoplankton, with major group in Division Cyanophyta, reflecting deterioration particularly in the upper–reach and middle–reach canal zones. In this study, two dominant species (*Oscillatoria* sp. and *Closterium* sp.) could be applied for evaluation of environmental status. The results also reflected potential of *Oscillatoria* sp. as indicator for status and eco–hydrological changes of the water areas. In addition, the accumulated rainfall had significant relations to quantitative changes of *Oscillatoria* sp., that can cause the population increase during early rainy season but decrease during mid–late rainy season. The overall results also implied related problems from surrounding land–based utilization. Thus, integrated management approach should be further designed for effective remediation of the water areas.

Keywords: Phytoplankton, Water quality, *Oscillatoria* sp., *Closterium* sp., Accumulated rainfall, Sukhrip canal ecosystem

บทนำ

ในประเทศที่มีการพัฒนาและการขยายตัวทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม การขยายพื้นที่ทำการเกษตรตลอดจนการตั้งถิ่นฐานของสังคมเมือง ปัญหาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติมักจะเกิดสืบเนื่องตามมา ทั้งนี้เนื่องจากแหล่งน้ำมีโอกาสได้รับน้ำทิ้งจากการใช้ประโยชน์ของชุมชนในรูปแบบต่างๆ มากขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปพบว่าปัญหาเบื้องต้นในแหล่งน้ำมักเกิดจากการที่จุลินทรีย์ในมวลน้ำทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย ที่ปนเปื้อนเข้ามาในมวลน้ำนั้น และทำให้ออกซิเจนละลายน้ำลดลง ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศทางน้ำ (จารุมาศ, 2564) ซึ่งนับเป็นปัญหาหลักที่เกิดขึ้นในแทบทุกแหล่งน้ำของโลก ก็คือการเพิ่มจำนวนของผู้ผลิตขั้นต้นในกลุ่มของแพลงก์ตอนพืช สาหร่ายหรือพรรณไม้น้ำภายในแหล่งน้ำ ซึ่งพบทั้งในระบบนิเวศทะเลสาบ ในอ่างเก็บน้ำ แม่น้ำและปากแม่น้ำ (Mainstone and Parr, 2002) การเพิ่มจำนวนที่พบมากขึ้นเกิดเนื่องจากการที่แหล่งน้ำได้รับปริมาณของแร่ธาตุอาหาร (โดยเฉพาะในกลุ่มของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) ที่ลงมาอย่างมากเกินควร ทำให้เกิดการกระตุ้นการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์จนหนาแน่น ซึ่งอาจเกิดผลกระทบอย่างต่อเนื่องในห่วงโซ่อาหารและผลผลิตทางการประมงได้

แพลงก์ตอนพืชจัดเป็นผู้ผลิตลำดับแรกในห่วงโซ่อาหารและเป็นอาหารของผู้บริโภคลำดับต้นๆ แพลงก์ตอนพืชแต่ละกลุ่มมีลักษณะการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตแบบจำเพาะเจาะจง มีความต้องการปัจจัยด้านสารอาหารและปริมาณแสงที่แตกต่างกันไป ส่งผลให้ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในน้ำมีความแตกต่างกันไปตามพื้นที่และตามฤดูกาล (สันธิวัฒน์และคณะ, 2557; รภัชร์, 2563) ด้วยเหตุดังกล่าว การเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อมทางน้ำที่เกิดขึ้นจึงมีความสำคัญในการกำหนดองค์ประกอบทางชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในระบบนิเวศของแหล่งน้ำ และในทางกลับกัน พบว่าการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชก็สามารถประยุกต์ใช้เป็นดัชนีชี้วัดสถานการณ์ของสิ่งแวดล้อมทางน้ำและผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ในพื้นที่โดยรอบได้อีก

ด้วย (Jeppesen *et al.*, 2015; Parmar *et al.*, 2016; Dung *et al.*, 2016) ทั้งนี้ มีการประยุกต์ใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีทางชีวภาพเพื่อติดตามตรวจสอบคุณภาพของสิ่งแวดล้อม และสะท้อนสภาพความอุดมสมบูรณ์และลักษณะทางนิเวศวิทยาทั้งทิศทางบวกและลบ (ยุวดีและคณะ, 2550; ยุวรัตน์, 2550; เบญจมาภรณ์และคณะ, 2557; สิริพรและปริญญา, 2558) โดยพบความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำ (อาทิ อุณหภูมิของน้ำ ระยะการคงค้างของน้ำ และปริมาณน้ำท่า) (รภัชร์, 2563; จีรยา, 2566) แพลงก์ตอนพืชยังจัดเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวค่อนข้างสูง และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมได้อย่างรวดเร็ว จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นดัชนีชี้วัดสถานการณ์คุณภาพของสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ต่างๆ ได้

ในพื้นที่อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี มีลำคลองสุครีบซึ่งรับน้ำมาจากอ่างเก็บน้ำบางพระ และมีมวลน้ำที่ไหลทอดยาวผ่านพื้นที่ชุมชนในตำบลบางพระ ลงสู่ชายฝั่งทะเลในเขตอ่าวไทยตอนใน (TTD, 2567) ระบบนิเวศของลำคลองจึงได้รับอิทธิพลมาจากบ้านเรือนชุมชนและการใช้พื้นที่โดยรอบ นอกจากนี้ ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลด้วยอิทธิพลจากปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าที่ไหลลงมา ด้วยเหตุดังกล่าว โครงสร้างประชากรและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในระบบนิเวศของพื้นที่คลองสุครีบ จึงน่าจะได้รับผลกระทบจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศอุทกวิทยาและลักษณะการใช้ประโยชน์ที่เกิดขึ้นในภาพรวมได้

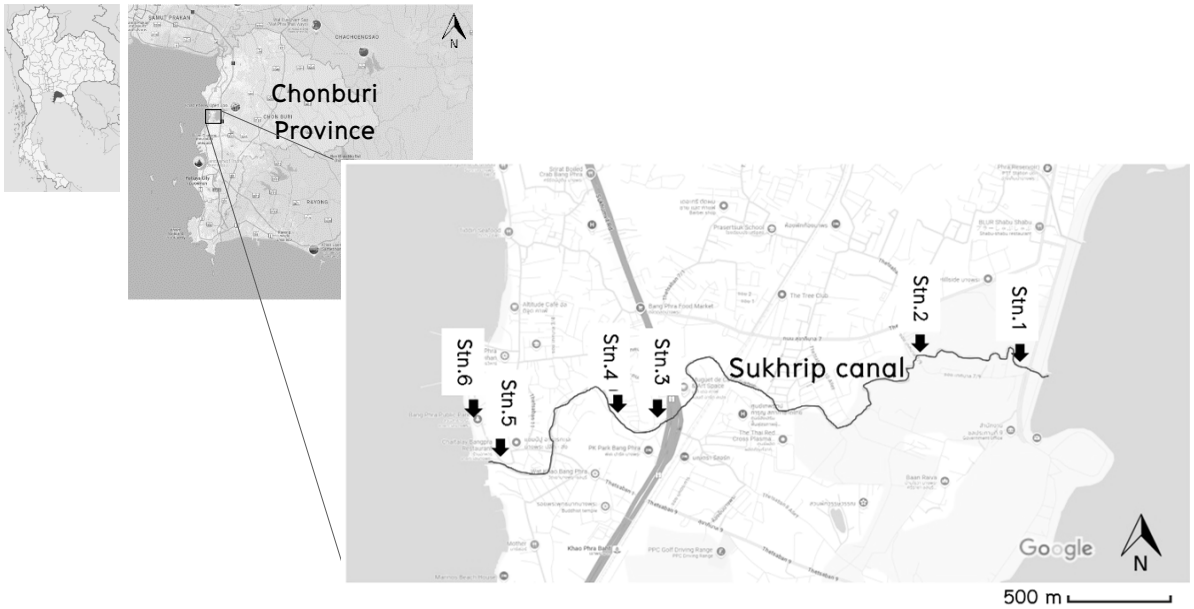
การศึกษาวิจัยนี้ จึงทำการวิเคราะห์ถึงลักษณะความอุดมสมบูรณ์และการเปลี่ยนแปลงประชาคมของแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่ลำคลอง นอกจากนี้ ยังทำการวิเคราะห์ชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่มีศักยภาพในการประเมินสถานการณ์ของสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ในพื้นที่คลองสุครีบตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ ทั้งนี้ เป็นการพิจารณาร่วมกับลักษณะการตอบสนองของประชากรแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต้นที่เกี่ยวข้อง โดยมีเป้าหมายในการสร้างความรู้ความเข้าใจในสถานการณ์และปัญหาของแหล่งน้ำ ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางเพื่อการอนุรักษ์ระบบนิเวศทางน้ำ ตลอดจนการควบคุมคุณภาพแหล่งน้ำให้เหมาะสมต่อไป

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาที่เป็นกรณีตัวอย่างของงานวิจัยนี้ อยู่ในภาคตะวันออกของประเทศไทย ในพื้นที่ของลำคลองสุครีบ เขตตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (TTD, 2567) ทำการศึกษาโดยกำหนดสถานีสำรวจ 6 สถานี ที่ครอบคลุมแนวคลองตั้งแต่บริเวณตอนท้ายของอ่างเก็บน้ำบางพระ ผ่านเขตชุมชนหนาแน่น ไปจนถึงบริเวณปากน้ำที่คลองสุครีบไหลลงเขตทะเล บริเวณสวนสาธารณะบางพระ จังหวัดชลบุรี

ในการศึกษานี้ ได้กำหนดสถานีสำรวจในพื้นที่ตอนต้นของลำคลอง 2 สถานี ได้แก่ บริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำบางพระ (สถานี 1) และบริเวณสะพานเทศบาลซอย 7/9 ตำบลบางพระ (สถานี 2) กำหนดสถานีสำรวจในพื้นที่ตอนกลางของลำคลอง 2 สถานี ได้แก่ บริเวณตลาดน้ำบางพระ (สถานี 3) และบริเวณหน้าวัดวิเวการาม (สถานี 4) และกำหนดสถานีสำรวจในพื้นที่ตอนปลายของลำคลอง 2 สถานี ได้แก่ บริเวณที่ทำการชุมชนท้ายบ้านเขตปากแม่น้ำ (สถานี 5) และบริเวณหน้าสวนสาธารณะชายทะเลบางพระ (สถานี 6) ตามลำดับ (**ภาพที่ 1**)



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาและสถานีสำรวจ 6 สถานี (Stn.1 – 6) ตามแนวคลองสุครีบ เริ่มจากบริเวณตอนท้ายของอ่างเก็บน้ำบางพระ จนถึงพื้นที่ปากคลองที่ออกสู่เขตทะเล (ในตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี)

การศึกษาองค์ประกอบทางชนิดและความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช

ดำเนินการออกสำรวจและเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช รวม 3 ครั้ง ประกอบด้วย ครั้งที่ 1 ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2567 ครั้งที่ 2 ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2567 และครั้งที่ 3 ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2567 ซึ่งเป็นตัวแทนของช่วงฤดูแล้ง ช่วงต้นฤดูฝน และช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน ตามลำดับ ทำการศึกษาในพื้นที่ 6 สถานี (Stn.1–6: **ภาพที่ 1**) สถานีละ 3 ซ้ำ ทั้งนี้ ในการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ดำเนินการในแนวใกล้ชายฝั่งที่ระดับความลึกน้ำ 30 เซนติเมตร โดยใช้ถังตักน้ำปริมาตร 40 ลิตร กรองผ่านถุงแพลงก์ตอนพืช (ขนาดตา 21 ไมโครเมตร) บรรจุใส่ขวดพลาสติกขนาด 100 มิลลิลิตร และทำการรักษาสภาพตัวอย่างด้วยสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ 4 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นทำการจำแนกชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงตามวิธีการจำแนกของ ลัดดา (2542) และยุวดี (2548, 2558) และวิเคราะห์ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชออกมาในหน่วยของเซลล์ต่อลิตร

การศึกษาปัจจัยคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำและปัจจัยทางนิเวศอุทกวิทยา

ทำการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำบริเวณพื้นที่ชายฝั่งในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ประกอบไปด้วยข้อมูลพื้นฐานด้านความลึกของน้ำ (ใช้สายวัดตามแนวดิ่ง) และความโปร่งแสงของน้ำ (ใช้ Secchi disc) และตรวจวัดค่าอุณหภูมิของน้ำและออกซิเจนละลายน้ำ โดยใช้เครื่องตรวจวัดภาคสนาม (YSI model 650) นอกจากนี้ ยังวัดค่าความเป็นกรด–เบสของน้ำโดยใช้ pH meter (model 100A) ทั้งนี้ ตรวจวัดที่ระดับความลึกน้ำ 30–50 เซนติเมตร ณ บริเวณเดียวกับที่เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชในแต่ละสถานี สำหรับข้อมูลทุติยภูมิด้านปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยาที่เกี่ยวข้อง (อาทิ ปริมาณน้ำฝน และปริมาตรน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำบางพระ) ดำเนินการสืบค้นจากฐานข้อมูลของสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (อาทิ https://nationalthaiwater.onwr.go.th/rainfall) และฐานข้อมูลของกรมชลประทาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบด้านระดับที่พบของประชาคมของแพลงก์ตอนพืชในสถานีศึกษาต่างๆ และในแต่ละฤดูกาลนั้น ดำเนินการโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ส่วนการประเมินลักษณะการตอบสนองของประชาคมของแพลงก์ตอนพืช ดำเนินการโดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชและปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องต่างๆ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน ($p<0.05$) (SPSS เวอร์ชัน 27)

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำ

ผลการศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำ พบว่าระดับน้ำในพื้นที่มีความแตกต่างตามเวลา ซึ่งบริเวณตอนต้นของลำคลอง (Stn.1–2) พบระดับน้ำที่ค่อนข้างต่ำ (ไม่พบการปล่อยน้ำออกมาจากอ่างเก็บน้ำบางพระในทุกช่วงฤดูกาล) มีบทบาทต่อระดับการเพิ่มของอุณหภูมิน้ำของน้ำได้ ทั้งนี้ ในช่วง 3 ครั้ง ที่ทำการออกสำรวจ พบอุณหภูมิน้ำของน้ำในช่วงประมาณ 30–34 องศาเซลเซียส (**ตารางที่ 1**) สำหรับในพื้นที่ตอนกลางของคลองสุครีบ (Stn.3–4) ในช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน (เดือนกันยายน พ.ศ. 2567) พบว่ามวลน้ำมีการยกระดับสูงขึ้น และอุณหภูมิของน้ำลดต่ำลง 2–3 องศาเซลเซียส ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงโอกาสการรับเอามวลน้ำท่าที่ไหลลงมาจากพื้นที่ชุมชนโดยรอบได้ง่ายกว่าพื้นที่ลำคลองส่วนอื่น ในการศึกษาพบการเปลี่ยนแปลงของค่าความโปร่งแสงของน้ำที่สอดคล้องกับการรับมวลน้ำท่า โดยค่าความโปร่งแสงของน้ำลดลงในช่วงกลางฤดูฝน ทั้งนี้ เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีการพัดพาเอาตะกอนอินทรีย์สารและแร่ธาตุต่างๆ จากเขตแผ่นดินลงมาสู่แหล่งน้ำได้มากขึ้น (พิชาศิษฐ์และคณะ, 2554; นพรุจ, 2560; จารุมาศ, 2564) อย่างไรก็ตาม ค่าความโปร่งแสงที่พบส่วนใหญ่ในเขตลำคลองมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่า 60 เซนติเมตร ซึ่งเป็นสภาพที่น้ำมีความใส มีแสงส่องถึงได้เพียงพอ และไม่เป็นข้อจำกัดต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำ

ผลการศึกษาด้านความเป็นกรด–เบส (ค่า pH) ของน้ำ พบว่าสถานีศึกษาในภาพรวมมีค่า pH ในระดับปานกลางในช่วงประมาณ 7–8 (**ตารางที่ 1**) ซึ่งเป็นระดับทั่วไปที่ไม่ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของแพลงก์ตอนพืชในน้ำ อย่างไรก็ตาม ในบางสถานีทางตอนต้นของคลอง (อาทิ Stn.1) พบค่า pH ที่แปรปรวนและลดต่ำลง ซึ่งอาจเป็นผลจากสภาวะการย่อยสลายของอินทรีย์สารบริเวณพื้นท้องน้ำที่มีการสะสมของซากวัชพืชต่างๆ ในปริมาณมากได้

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำสิ่งแวดล้อมทางน้ำในสถานีศึกษา ประกอบด้วยค่าความลึกของน้ำ (Depth) ความโปร่งแสง (Transparency; Tran) ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen; DO) อุณหภูมิของน้ำ (Temperature; Temp) และความเป็นกรด–เบส (pH) (ข้อมูลจากการสำรวจ 3 ครั้ง ในเดือนเมษายน กรกฎาคม และกันยายน ปี พ.ศ. 2567)

Study period	Stations	Depth (cm)	Tran (cm)	DO (mg/L)	Temp (C)	pH
April 2024	1	12	100	7.92	31.0	7.60
	2	100	80	4.23	32.0	7.30
	3	60	100	2.68	33.4	7.20
	4	180	80	3.64	33.3	7.58
	5	70	70	5.35	33.6	8.08
	6	23	30	3.12	31.9	8.01
July 2024	1	15	100	5.90	31.4	5.20
	2	110	60	6.50	31.2	6.78
	3	60	100	3.60	31.3	6.88
	4	190	80	6.70	31.5	7.10
	5	90	60	6.50	33.5	6.37
	6	100	30	4.70	33.0	8.36
September 2024	1	20	100	3.49	33.5	6.51
	2	80	60	2.90	30.8	5.46
	3	100	90	⁑	30.2	6.50
	4	200	60	3.39	30.8	5.73
	5	80	60	5.05	31.5	⁑
	6	90	30	4.40	32.0	7.67

⁑ *Sampling error*

ผลการศึกษาด้านออกซิเจนละลายน้ำ (ค่า Dissolved oxygen; DO) ซึ่งนับเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สะท้อนระดับการบริโภคออกซิเจนของจุลินทรีย์และการปนเปื้อนของอินทรีย์สารจากเขตแผ่นดิน พบว่าค่า DO ในลำคลองสุครีบมีลักษณะที่แปรผันสูงไปตามสถานีและฤดูกาล โดยมักมีค่าค่อนข้างต่ำ (2–3 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในพื้นที่ตอนกลาง (โดยเฉพาะใน Stn.3 ซึ่งเป็นเขตที่รับน้ำจากชุมชนได้มากที่สุด) ขณะที่มีค่า DO ในระดับปานกลางในพื้นที่ตอนต้นและพื้นที่ตอนปลายของลำคลองที่ใกล้เขตทะเล ทั้งนี้ พบว่าการแปรปรวนดังกล่าว นอกจากจะเกิดจากอิทธิพลของมวลน้ำจากเขตชุมชนแล้ว ยังเป็นผลสุทธิจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายบริเวณพื้นท้องน้ำและแพลงก์ตอนพืชในมวลน้ำ ตลอดจนการบริโภคออกซิเจนของสัตว์น้ำและจุลินทรีย์ต่างๆ ที่มีในน้ำอีกด้วย

สำหรับผลการศึกษาปริมาณน้ำฝน (Rainfall) และปริมาณน้ำฝนที่สะสม (Accumulated rainfall) ในพื้นที่เขตอำเภอศรีราชา ในช่วงเวลาที่สำรวจต่างๆ ในปี พ.ศ. 2567 โดยประยุกต์ใช้ค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูล ในช่วงระยะเวลา 5

วัน ก่อนถึงวันสำรวจจริง พบว่าในช่วงฤดูแล้ง (เดือนเมษายน พ.ศ. 2567) เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยต่ำที่สุด (3.8 ± 1.2 มิลลิเมตร และ 21.4 ± 6.2 มิลลิเมตร, ตามลำดับ) (**ตารางที่ 2**) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงสภาวะความแล้งในพื้นที่ได้อย่างชัดเจน

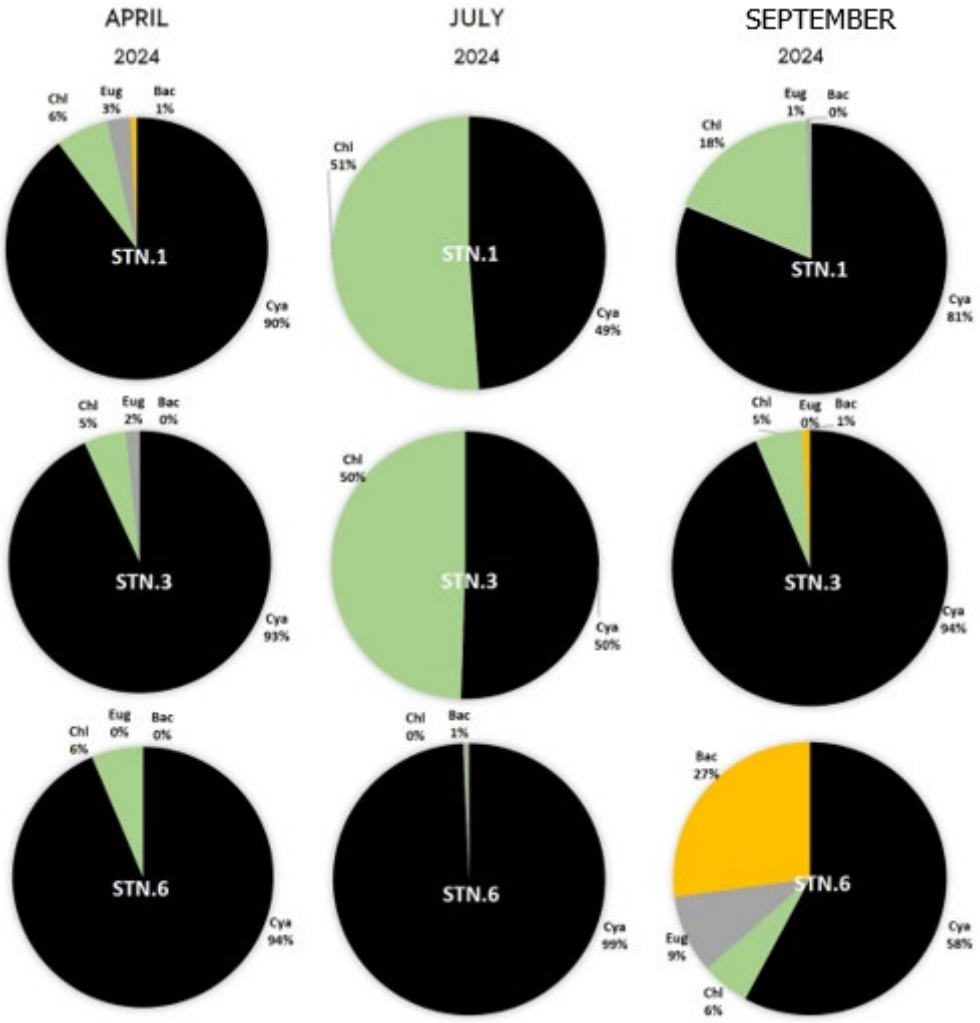
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝน (Rainfall) และปริมาณน้ำฝนที่สะสม (Accumulated rainfall) ในพื้นที่เขตอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในช่วงฤดูแล้ง (Dry season) ต้นฤดูฝน (Early rainy season) และ กลางถึงปลายฤดูฝน (Mid–late rainy season) ของปี พ.ศ. 2567 (ที่มา: ปรับปรุงจาก สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ, 2567)

Seasonal periods	Rainfall (mm)	Accumulated rainfall (mm)	Date for evaluation
Dry season	3.8 ± 1.2	21.4 ± 6.2	4–8 April 2024
Early rainy season	3.4 ± 3.0	302.0 ± 3.9	17–21 July 2027
Mid–late rainy season	25.5 ± 31.1	328.9 ± 24.3	17–21 September 2024

หลังจากช่วงฤดูดังกล่าว ปริมาณน้ำฝนเริ่มเพิ่มขึ้นในช่วงต้นฤดูฝน โดยในช่วงการสำรวจครั้งที่ 2 (เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2567) พบค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนสะสมสูงขึ้นอย่างชัดเจน (302.0 ± 3.9 มิลลิเมตร) อย่างไรก็ตาม ในช่วงของการออกสำรวจครั้งที่ 2 นี้ ไม่ได้อยู่ในช่วงวันที่มีฝนตก (และพบค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนที่ต่ำเพียง 3.4 ± 3.0 มิลลิเมตร) ในการศึกษายังพบว่า ค่าปริมาณน้ำฝนสะสมในพื้นที่ยังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไปถึงช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน โดยในการสำรวจครั้งที่ 3 (เดือนกันยายน พ.ศ. 2567) เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยสูงที่สุด (25.5 ± 31.1 มิลลิเมตร และ 328.9 ± 24.3 มิลลิเมตร, ตามลำดับ) (**ตารางที่ 2**) ซึ่งพบการตกของน้ำฝนในช่วงระยะเวลาที่ทำการออกสำรวจภาคสนามด้วย

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช

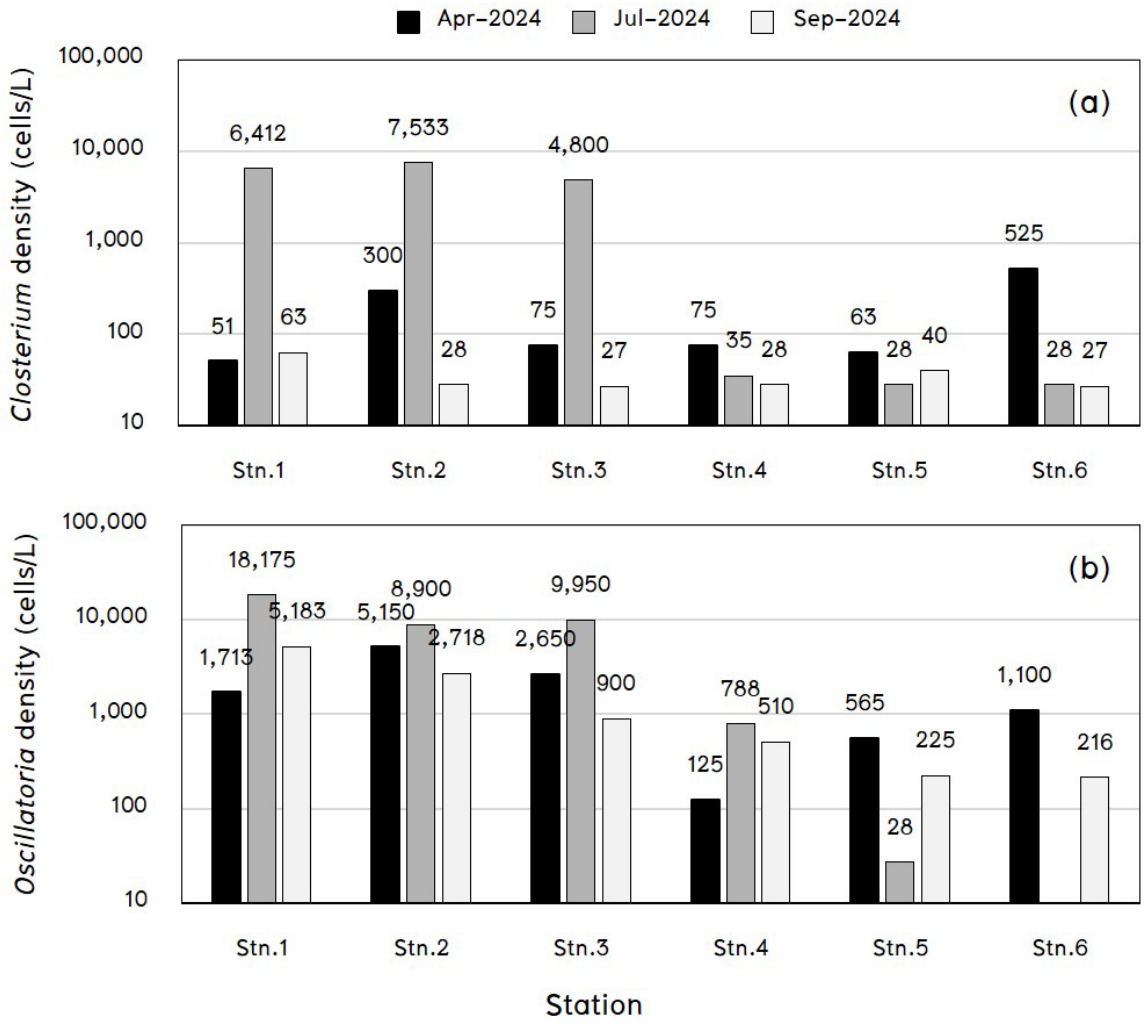
ผลการศึกษาองค์ประกอบทางชนิดของแพลงก์ตอนพืช พบแพลงก์ตอนพืชใน 4 Divisions ประกอบด้วย Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta และ Bacillariophyta ซึ่งในพื้นที่โดยรวมของคลองสุครีบ พบความหลากหลายทางชนิดที่ต่ำ โดยพบแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta เป็นกลุ่มเด่น (มีสัดส่วนถึงประมาณ 49–99 เปอร์เซ็นต์) และกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชที่พบรองลงไป คือ ใน Division Chlorophyta (**ภาพที่ 2**) ผลการศึกษายังพบว่า กลุ่มของแพลงก์ตอนพืชชนิดหลักเกิดการเปลี่ยนแปลงทดแทนที่เห็นได้ชัดเจนในช่วงต้นฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2567) ซึ่งพบการเพิ่มขึ้นของ Division Chlorophyta ในสัดส่วนที่มากขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ตอนต้นและพื้นที่ตอนกลางของคลองสุครีบ (ดังตัวอย่างใน **ภาพที่ 2**: Stn.1, Stn.3) อย่างไรก็ตาม เมื่อเข้าสู่ช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน ที่มีฝนตกอย่างต่อเนื่อง พบว่าแพลงก์ตอนพืชในทุก Division เกิดการลดจำนวนลงในทุกบริเวณ ทั้งนี้ พบว่าสัดส่วนในการลดลงของแพลงก์ตอนพืชใน Division Chlorophyta เกิดได้มากกว่าแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta ด้วยเหตุดังกล่าวในช่วงฤดูกาลนี้จึงยังคงพบแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta เป็นกลุ่มเด่นเช่นเดิม (**ภาพที่ 2**)



ภาพที่ 2 องค์ประกอบ Phylum ของแพลงก์ตอนพืชที่พบในสถานี Stn.1, Stn.3 และ Stn.6 ซึ่งเป็นสถานีตัวแทนของพื้นที่ตอนต้น ตอนกลาง และตอนปลายของคลองสุครีบ ในช่วงการสำรวจ 3 ครั้ง ในเดือนเมษายน กรกฎาคม และกันยายน พ.ศ. 2567 ตามลำดับ (Cya: Cyanophyta, Chl: Chlorophyta, Eug: Euglenophyta, Bac: Bacillariophyta)

แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นและศักยภาพในการเป็นดัชนีชี้วัดสถานการณ์สิ่งแวดล้อมทางน้ำ

สำหรับการวิเคราะห์ชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่มีศักยภาพในการเป็นดัชนีชี้วัดสถานการณ์สิ่งแวดล้อมทางน้ำนั้น ในการศึกษานี้ใช้การพิจารณาจากแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่ปรากฏ ร่วมกับลักษณะการตอบสนองต่อคุณภาพน้ำและปัจจัยทางนิเวศอุทกวิทยาซึ่งเข้ามามีบทบาททำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ โดยผลการศึกษาพบว่า ในช่วงที่ทำการสำรวจในปี พ.ศ. 2567 ที่ผ่านมานี้ พื้นที่คลองสุครีบในภาพรวมพบแพลงก์ตอนพืช 2 ชนิดเด่น ได้แก่ *Oscillatoria* sp. (ใน Division Cyanophyta) และ *Closterium* sp. (ใน Division Chlorophyta) ซึ่งมีการกระจายตัวอยู่ในบริเวณต่างๆ ได้อย่างครอบคลุม โดยมีระดับความหนาแน่นที่แปรผันในช่วงกว้าง (ในช่วง 28–18,175 เซลล์ต่อลิตร และ 27–7,533 เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ) (**ภาพที่ 3**)



ภาพที่ 3 ลักษณะการกระจายความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น *Closterium* sp. (Division Chlorophyta; a) และ *Oscillatoria* sp. (Division Cyanophyta; b) ในสถานีศึกษาต่างๆ ของพื้นที่คลองสุครีบ (Stn.1–6) ในช่วงเดือนเมษายน กรกฎาคม และกันยายน พ.ศ. 2567

สำหรับในลักษณะของการเปลี่ยนแปลงตามช่วงฤดูกาล พบว่า *Oscillatoria* sp. และ *Closterium* sp. มีระดับความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงกลางฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2567) ซึ่งในพื้นที่ตอนต้นคลองสุครีบ (อาทิ Stn.1) สามารถพบการเพิ่มความหนาแน่นของ *Oscillatoria* sp. และ *Closterium* sp. ได้สูงกว่าในช่วงฤดูแล้งถึงประมาณ 11 เท่า และ 126 เท่า ขณะที่ในพื้นที่ตอนกลางคลองสุครีบ (อาทิ Stn.3) สามารถพบการเพิ่มความหนาแน่นสูงกว่าในช่วงฤดูแล้งได้ประมาณ 4 เท่า และ 64 เท่า ตามลำดับ (**ภาพที่ 3**) อย่างไรก็ตาม เมื่อพื้นที่โดยรวมเข้าสู่ช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน (เดือนกันยายน พ.ศ. 2567) พบระดับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชทั้งสองชนิดลดลง ในช่วงดังกล่าว นับเป็นระยะที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุด (**ตารางที่ 2**) ซึ่งพบการตกของน้ำฝนอย่างต่อเนื่องในช่วงวันที่ทำการออกสำรวจอีกด้วย

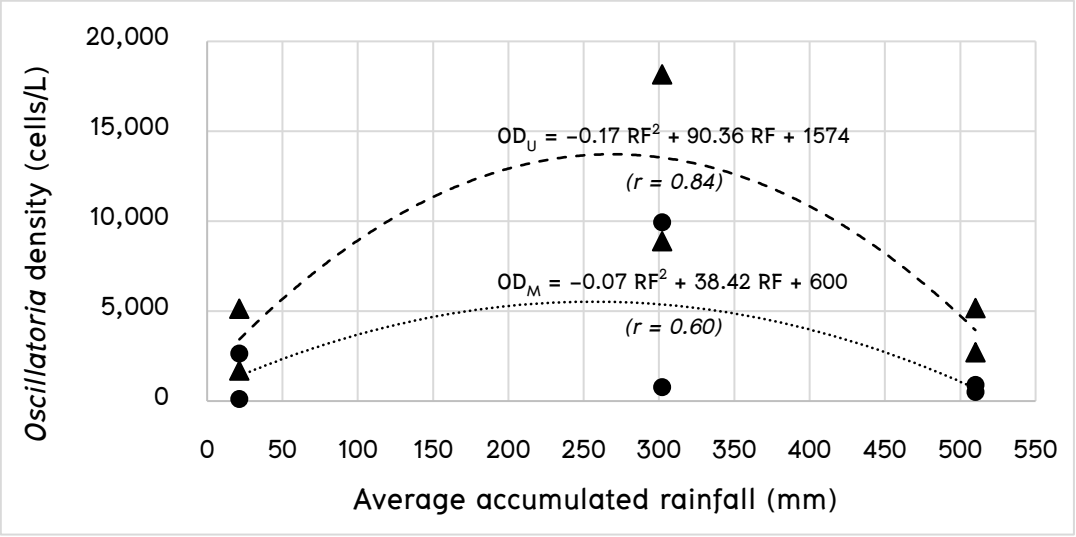
อนึ่ง ในการศึกษายังพบว่า ในพื้นที่ตอนต้นของคลองสุครีบ ซึ่งมีระดับน้ำต่ำและแทบไม่มีการถ่ายเทของน้ำในช่วงฤดูแล้ง (Stn.1–2) และในพื้นที่ตอนกลางบริเวณที่รับน้ำเสียจากชุมชน (Stn.3) ที่มักพบค่าออกซิเจนละลายน้ำ

น้อยกว่าพื้นที่อื่น สามารถพบระดับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชชนิด *Oscillatoria* sp. ได้สูงกว่า *Closterium* sp. อย่างเด่นชัด ขณะที่ในพื้นที่ตอนปลายของลำคลอง (อาทิ ในสถานีชายฝั่งทะเล; Stn.6) พบระดับความหนาแน่นของ *Oscillatoria* sp. ที่ต่ำลง และมักมีความแปรปรวนตามฤดูกาลโดยที่ไม่มีทิศทางที่ชัดเจน (**ภาพที่ 3**) ด้วยเหตุดังกล่าวจึงอาจกล่าวได้ว่า *Oscillatoria* sp. น่าจะเหมาะสมในการเป็นดัชนีชี้วัดสถานการณ์สิ่งแวดล้อมทางน้ำที่เริ่มเกิดความเสื่อมโทรม ดังที่พบได้ในพื้นที่ทางตอนต้นและตอนกลางของคลองสุครีบนั่นเอง

การตอบสนองของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นต่อปัจจัยทางนิเวศอุทกวิทยาของแหล่งน้ำ

ผลการศึกษาเปรียบเทียบด้านชนิดและลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นตามพื้นที่และตามฤดูกาลดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น สะท้อนถึงความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ความหนาแน่นของ *Oscillatoria* sp. ซึ่งจัดอยู่ใน Division Cyanophyta มาเป็นดัชนีชี้วัดสถานภาพและการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศอุทกวิทยาของพื้นที่คลองสุครีบได้ อย่างไรก็ตาม ในการศึกษานี้พบว่าปัจจัยต้นทางนิเวศอุทกวิทยาที่สำคัญ และมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ (สัดส่วนทางชนิด) ของประชากรแพลงก์ตอนพืช คือ ปัจจัยด้านมวลน้ำท่า ที่เหนี่ยวนำโดยการตกของน้ำฝน ซึ่งแตกต่างกันไปตามช่วงฤดูกาล ขณะที่ปัจจัยคุณภาพน้ำอื่นๆ ที่ศึกษา (อาทิ ค่าความโปร่งแสง ค่าอุณหภูมิของน้ำ และค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ) ไม่แสดงบทบาทอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณและคุณภาพของแพลงก์ตอนพืชที่พบ

ในการศึกษานี้พบว่า ความหนาแน่นของ *Oscillatoria* sp. ในพื้นที่ตอนต้นของคลองสุครีบ (Upper-reach *Oscillatoria* density: OD_U; cells/L) และความหนาแน่นของ *Oscillatoria* sp. ในพื้นที่ตอนกลางของคลองสุครีบ (Middle-reach *Oscillatoria* density: OD_M; cells/L) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณน้ำฝนที่สะสมในพื้นที่ (Accumulated rainfall: RF; mm) (ซึ่งประเมินจากค่าเฉลี่ยในช่วงระยะเวลา 5 วันก่อนการสำรวจ) ดังสมการ $OD_U = -0.73\ RF^2 + 255\ RF + 1000$ ($r = 0.74$) และ $OD_M = -0.37\ RF^2 + 124\ RF + 100$ ($r = 0.52$) ตามลำดับ (**ภาพที่ 4**)



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของ *Oscillatoria* sp. ในพื้นที่ตอนต้นของคลองสุครีบ (Upper-reach *Oscillatoria* density: OD_U) และในพื้นที่ตอนกลางของคลองสุครีบ (Middle-reach *Oscillatoria* density: OD_M) กับปริมาณน้ำฝนที่สะสมในพื้นที่ (Accumulated rainfall: RF; mm)

ในการศึกษาพบว่าการเพิ่มความหนาแน่นของ *Oscillatoria* sp.ได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำฝนสะสมที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงต้นฤดูฝน อย่างไรก็ตาม ประชากรของ *Oscillatoria* sp. ในพื้นที่ตอนต้นของคลองสุครีบ (Upper-reach canal) แสดงลักษณะความชันหรืออัตราการเพิ่มความหนาแน่นที่สูงกว่าในพื้นที่ตอนกลาง (**ภาพที่ 4**) ซึ่งลักษณะดังกล่าว เกิดเนื่องจากการที่พื้นที่ตอนต้นมีสภาพน้ำที่ตื้น ใส และถ่ายเทน้อยมาก นอกจากนี้ ยังไม่พบท่อระบายน้ำที่รับจากพื้นที่ชุมชนลงมาโดยตรง ซึ่งทำให้มวลน้ำในพื้นที่มีการเคลื่อนตัวได้น้อย และมีระยะเวลาการพักน้ำ (retention time) ที่นานกว่า และส่งผลให้ประชากรแพลงก์ตอนพืชสามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างต่อเนื่องนั่นเอง (จารุมาศ, 2564; จีรยา, 2566)

ในการศึกษานี้ยังพบว่า หากปริมาณน้ำฝนที่สะสมในพื้นที่มีระดับเฉลี่ยที่สูงมากเกินไป ประชากรของ *Oscillatoria* sp. อาจลดความหนาแน่นลงไปได้ ดังเช่นที่พบในช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน (เดือนกันยายน พ.ศ. 2567) โดยทั้งนี้ เกิดเนื่องจากสภาพการณ์ที่มีมวลน้ำท่าซึ่งมีอัตราการไหลสูงได้เกิดการพัดพาถ่ายเทลงมามากและไม่คงค้างอยู่ในพื้นที่ ซึ่งทำให้แพลงก์ตอนพืชต่างๆ ถูกเจือจางลงไปได้ตามลำดับ (พิชาศิษฐ์และคณะ, 2554)

อนึ่ง ในการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาพบการใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีชีวภาพในการประเมินคุณภาพน้ำอย่างง่าย โดยพิจารณาจากชนิด ปริมาณ และการแพร่กระจาย ร่วมกับการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี (ยุวดีและคณะ, 2550) โดยสามารถประยุกต์ใช้เพื่อการเฝ้าระวังและติดตามการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการใช้เป็นดัชนีสัญญาณเตือนต่างๆ (ยุวรัตน์, 2550; เบญจมาภรณ์และคณะ, 2557; รภัชร์, 2563) ซึ่งสามารถแบ่งแพลงก์ตอนพืชได้เป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย 1) กลุ่มของแพลงก์ตอนพืชที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัดแหล่งน้ำที่มีคุณภาพดี 2) กลุ่มของแพลงก์ตอนพืชที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัดแหล่งน้ำที่มีคุณภาพปานกลาง และ 3) กลุ่มของแพลงก์ตอนพืชที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัดแหล่งน้ำที่มีคุณภาพไม่ดีหรือเกิดปัญหายูโทรฟิเคชัน ทั้งนี้ มีรายงานว่าแพลงก์ตอนพืชใน Division Bacillariophyta อาทิ *Cyclotella* spp., *Dinobryon* spp., *Melosira* spp., *Pinnularia* spp. และ *Staurastrum* spp. สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำที่มีคุณภาพดีได้ (ไพรินและคณะ, 2553; สุภัทราและคณะ, 2558) ส่วนแพลงก์ตอนพืชใน Division Chlorophyta (อาทิ *Closterium* sp. ที่มีรายงานการพบในพื้นที่ห้วยสำราญ จังหวัดศรีสะเกษ) สามารถบ่งชี้ได้ว่าคุณภาพน้ำอยู่ในระดับปานกลาง (สิริพรและปริญญา, 2558) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เจนจิราและคณะ (2559) ในแม่น้ำน่านตอนบน

สำหรับแพลงก์ตอนพืชที่จัดอยู่ใน Division Cyanophyta ซึ่งพบเป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มหลักในการศึกษานี้ มักแสดงถึงความสามารถในการปรับตัวและความทนทานในสภาพแวดล้อมที่เกิดแรงกดดันต่างๆ ได้ดีกว่าแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มอื่น แพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta นี้ (อาทิ *Oscillatoria* sp., *Microcystis pulverea* และ *Microcystis aeruginosa*) ยังถูกพบในแหล่งน้ำบริเวณที่มีสารอินทรีย์สูง (สิริพรและปริญญา, 2558) นอกจากนี้ ยังมักพบในบริเวณที่แหล่งน้ำที่เกิดสถานการณ์ปัญหาจากปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันได้อีกด้วย (Dung *et al.*, 2016; EPA, 2019; จารุมาศและคณะ, 2561; จารุมาศ, 2564)

สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษานี้พบว่าพื้นที่คลองสุครีบมีความหลากหลายทางชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่ต่ำ โดยพบแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta เป็นกลุ่มเด่น (มีสัดส่วนถึงประมาณ 49-99 เปอร์เซ็นต์) และมีกลุ่มแพลงก์ตอนพืชที่พบรองลงไป คือ ใน Division Chlorophyta สำหรับสภาวการณ์ด้านคุณภาพน้ำและการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลสะท้อนให้เห็นความเสื่อมโทรมโดยเฉพาะในพื้นที่ตอนต้นและตอนกลางของคลองสุครีบ ซึ่งในการศึกษานี้สามารถ

ประยุกต์ใช้ลักษณะการกระจายความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชชนิดหลัก ได้แก่ *Closterium* sp. (Division Chlorophyta) และ *Oscillatoria* sp. (Division Cyanophyta) ในสถานีศึกษาต่างๆ เพื่อประเมินสภาวการณ์ทางสิ่งแวดล้อมได้

ผลการศึกษายังสะท้อนถึงศักยภาพของ *Oscillatoria* sp. สำหรับการประยุกต์ใช้เพื่อเป็นดัชนีชี้วัดสถานภาพและการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศอุทกวิทยาของแหล่งน้ำ และพบว่าปัจจัยต้นทางนิเวศอุทกวิทยาที่มีบทบาทอย่างมีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณของ *Oscillatoria* sp. คือ ปัจจัยด้านปริมาณน้ำฝนสะสม ซึ่งสามารถกระตุ้นการเพิ่มความหนาแน่นประชากรของ *Oscillatoria* sp. ในช่วงต้นฤดูฝน และสามารถลดความหนาแน่นของประชากรในช่วงกลางถึงปลายฤดูฝนได้

ผลการศึกษาในภาพรวมทำให้ทราบถึงศักยภาพของแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta (*Oscillatoria* sp.) ในการสะท้อนสถานการณ์และการเปลี่ยนแปลงในคุณภาพของสิ่งแวดล้อมทางน้ำ และพบว่าลักษณะการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ของชุมชนโดยรอบมีบทบาทต่อสถานการณ์ของแหล่งน้ำ ซึ่งจำเป็นต้องสร้างความรู้ความเข้าใจร่วมกัน และหาแนวทางบริหารจัดการเชิงบูรณาการที่เหมาะสม ทั้งนี้ เพื่อการฟื้นฟูสภาพแหล่งน้ำในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณณัฏฐ์ เลิศศรีเทียนทอง ที่ให้ความช่วยเหลือในการสำรวจพื้นที่ภาคสนามเป็นอย่างดี และขอขอบคุณ ดร.จีรยา ม่วงสีงาม ตลอดจนนักวิจัยจากห้องปฏิบัติการวิจัยดินตะกอนและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ภาควิชาชีววิทยาประมง ที่ให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการสำรวจ ตลอดจนการวิเคราะห์แพลงก์ตอนพืชในห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. (2564). **จากต้นน้ำถึงปากแม่น้ำ บทบาททางนิเวศอุทกวิทยาและการจัดการเชิงอนุรักษ์**. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. 404 หน้า. (ISBN 978-616-278-606-8).

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, ขนิษฐา บัวแก้ว, รภัชร์ เม่งช่วย, ณิศรา ถาวรโสตร์ และเชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. (2561). ปัญหายูโทรฟิเคชันและวิกฤติการณ์คุณภาพน้ำปัจจุบันของระบบนิเวศปากแม่น้ำในเขตอ่าวไทยตอนใน. ***ใน:* เรื่องเต็มการประชุมวิชาการพะเยาวิจัย ครั้งที่ 7**, มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา.

จีรยา ม่วงสีงาม. (2566). **กระบวนการจากล่างขึ้นบนที่มีอิทธิพลต่อพลวัตการผลิตขั้นที่สองในเขตชายฝั่งของระบบนิเวศอ่างเก็บน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง: กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์**. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก). สาขาวิทยาศาสตร์การประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เจนจิรา ลานแก้ว, สวาท สายปาระ, ปกรณ์ สุนทรเมธ, อมรชัย ล้อทองคำ และเชาวลีย์ ใจสุข. (2559). ความหลากชนิดของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำของแม่น้ำน่านตอนบนจังหวัดน่าน. **วารสารวิจัย** 9(2): 60-66.

นพรุจ แก้วฉวี. (2560). **บทบาทของปัจจัยทางสัณฐานวิทยา อุทกวิทยา และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีต่อลักษณะทางปริมาณและคุณภาพของของแข็งแขวนลอยรวมในระบบนิเวศแม่น้ำเพชรบุรี**. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก) คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เบญจมาภรณ์ รุจิตร สิริแข พงษ์สวัสดิ์ อัญชลี ทองกำเหนิด และสุทธวรรณ สุพรรณ. (2557). ความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชและการประยุกต์ใช้ในการตรวจติดตามคุณภาพน้ำในบ่อน้ำพื้นที่พิพิธภัณฑ์บัวมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา** 19(1): 47–60.

ไพริน สุดทัง สรัญญา วัชโรทัย ศรีสม สุวรรณวงศ์ และณัฏฐา เสนีวาส. (2553). ความหลากหลายของสาหร่ายในบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์. **วารสารพฤกษศาสตร์ไทย** 2 (ฉบับพิเศษ): 21–31

พิชาศิษฐ์ แสงเมฆ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ และเชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. (2554). อิทธิพลของการเคลื่อนตัวของน้ำต่อความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศแม่น้ำ: กรณีศึกษาแม่น้ำเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง** 5(1), 89–98.

ยุวดี พีรพรพิศาล. (2548). **สาหร่ายน้ำจืดในภาคเหนือของประเทศไทย.** โชตนาพรินท์, เชียงใหม่.

ยุวดี พีรพรพิศาล. (2558). **สาหร่ายน้ำจืดในประเทศไทย.** พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่: โชตนาพริ้นท์. หน้า 54–71.

ยุวดี พีรพรพิศาล จีรพร เพกเกาะ ดวงกมล โพธิ์หวังประสิทธิ์ ธรพล ทนคำดี อดินุช หงษ์สิริชาติ และทัตพร คุณประดิษฐ์. (2550). การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วย AARL–PP Score. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง** 1(1): 71–81.

ยุวรัตน์ ปรมีศนาภรณ์. (2550). การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยดัชนีโปรโตซัวในแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดนนทบุรี. ใน: **การประชุมวิชาการด้านพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ** ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ. 1–7.

รภัชร์ เม่งช่วย. (2563). **บทบาทของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงและการเกิดทดแทนที่ของไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถสร้างสารพิษในระบบนิเวศอ่างเก็บน้ำ กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์จังหวัดขอนแก่น**. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก). สาขาวิทยาศาสตร์การประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลัดดา วงศ์รัตน์. (2542). **แพลงก์ตอนพืช.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สันธิวัฒน์ พิทักษ์พล กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธ์ และศิริลักษณ์ วลัญช์เพียร. (2557). คุณภาพน้ำและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำอิง. **แก่นเกษตร** 42(1), 778–784.

สิริพร ยศแสน และปริญญา มูลสิน. (2558). การใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในการบ่งชี้คุณภาพน้ำในห้วยสำราญ จังหวัดศรีสะเกษ. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.** 38(3): 295–309.

สุภัทรา แก้วมณี เนริสา คุณประทุม และสุนีย์ สีธรรมใจ. (2558). **ความหลากหลายของแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำประปาและสระน้ำบริเวณลานสมเด็จพระนเรศวร มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.** สืบค้นข้อมูลวันที่ 10 เมษายน 2558. ที่มา: www.ncap2015.com.

สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. (2567). **ปริมาณน้ำฝนและน้ำฝนสะสม.** สืบค้นข้อมูลวันที่ 22 กันยายน 2567. ที่มา: https://nationalthaiwater. onwr.go.th/rainfall.

Dung N, Hung VD, Lien NT, Ha LT, Dau PT. (2016). The composition of algae, cyanobacteria and the application in water quality assessment in Truc Bach lake, Hanoi. Journal of Science: **Natural Sciences and Technology** 32(1S), 26–32.

EPA. (2019). Recommended recreational ambient water quality criteria or swimming advisories for two cyanotoxins, microcystin and cylindrospermopsin. **EPA 822r19001**. Environmental Protection Agency.

Jeppesen E, Brucet S, Naselli-Flores L, Papastergiadou E, Stefanidis K, Noges T, Coppens J. (2015). Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity. **Hydrobiologia** 750(1), 201–227.

Mainstone CP, Parr W. (2002). Phosphorus in rivers – ecology and management. **Sciences for the Total Environment**, 282–283, 25–47.

Parmar TK, Rawtani D, Agrawal YK. (2016). Bioindicator: The natural indicator of environmental pollution. **Frontiers in Life Science** 9(2), 110–118.

TTD. (2567). **อ่างเก็บน้ำบางพระ**. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม 2567. ที่มา: http://thailandtourismdirectory.go.th/attraction/4938. Thailand Tourism Directory.

สถานการณ์และการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของแพลงก์ตอนสัตว์ในพื้นที่คลองสุคริบ จังหวัดชลบุรี

Situation and change in the nourishment of zooplankton in the Sukhrip canal areas, Chonburi Province

ณัฏฐ์ เลิศศรีเทียนทอง[1] และ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์[1*]

Nut Lertsrithienthong[1] and Charumas Meksumpun[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาสถานการณ์และการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของแพลงก์ตอนสัตว์ในพื้นที่คลองสุคริบ จังหวัดชลบุรี ดำเนินการในปี พ.ศ. 2567 โดยออกสำรวจ 3 ครั้ง ในช่วงฤดูแล้ง (เดือนเมษายน) ช่วงต้นฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม) และช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน (เดือนกันยายน) ในช่วงปี พ.ศ. 2567 ผลการศึกษาพบว่าแพลงก์ตอนสัตว์ในพื้นที่ลำคลองสุคริบมีสถานการณ์ความอุดมสมบูรณ์ที่ค่อนข้างต่ำ (มีความหนาแน่นเฉลี่ยที่ต่ำในระดับประมาณ 10–30 ตัวต่อลิตร) และไม่พบเลยในพื้นที่ซึ่งคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำไม่เหมาะสม (การมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำ) ในการศึกษานี้พบ Copepods และ Nauplius copepods เป็นกลุ่มที่กระจายตัวอยู่ในทุกพื้นที่ โดยพบความหนาแน่นสูงสุด 343 ตัวต่อลิตร ในช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน ทั้งนี้ พบบทบาทจากปริมาณน้ำฝนสะสมต่อการเพิ่มความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ในกลุ่ม Copepods อย่างมีนัยสำคัญ ผลจากการวิจัยในภาพรวมสะท้อนความเสื่อมโทรมของพื้นที่ตอนต้นของคลองสุคริบที่ไม่พบการระบายน้ำจากพื้นที่อ่างเก็บน้ำบางพระ และพื้นที่ตอนกลางที่รับน้ำทิ้งจากชุมชนโดยรอบ ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของประชาคมของแพลงก์ตอนสัตว์ และจำเป็นต้องหาแนวทางเพื่อการอนุรักษ์และฟื้นฟูระบบนิเวศอย่างเหมาะสมต่อไป

ความสำคัญ: แพลงก์ตอนสัตว์ ความอุดมสมบูรณ์ ปริมาณน้ำฝนสะสม ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คลองสุคริบ

[1] ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10900

[1] Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

*Corresponding author : ffiscmc@ku.ac.th

Abstract

The research on status and changes of zooplankton nourishment was carried out in the Sukhrip canal, Chonburi province during 2024. Field surveys was conducted 3 times during the dry season (April), the early rainy season (July), and the mid–late rainy season (September) in 2024. Results indicated that zooplankton in the Sukhrip canal was in comparatively low nourishment status (low average density of *ca* 10–30 inds/L) and cannot be found in some deteriorated areas (with low dissolved oxygen level). In this study, the Copepods and Nauplius copepods distributed in almost surveyed stations, with the maximum density of 343 inds/L during mid–late rainy season. The accumulated rainfall was found to have significant impact on the increase of Copepods. The overall results also implied deterioration environmental conditions along the upper–reach canal (where no outlet from the Bang Phra reservoir) and along the middle–reach canal (with more waste runoffs from surrounding community was noticed). Such situations should consequently impact the changes in zooplankton community nourishment. Thus, conservative management should be carefully considered for further conservation and remediation of the ecosystem.

Keywords: Zooplankton, Nourishment, Accumulated rainfall, Dissolved oxygen, Sukhrip canal

บทนำ

แพลงก์ตอนสัตว์ เป็นสิ่งมีชีวิตที่ใช้ชีวิตโดยการล่องลอยไปตามกระแสน้ำ มีพฤติกรรมการกินอาหารทั้งที่เป็นการกรองกินและเป็นผู้ล่า แพลงก์ตอนสัตว์ยังเป็นผู้บริโภคขั้นต้นที่มีมากที่สุดในแหล่งน้ำ ซึ่งทำหน้าที่ในการส่งผ่านมวลสารและพลังงานจากผู้ผลิตขั้นต้น (แพลงก์ตอนพืช) ไปยังผู้บริโภคที่อยู่ลำดับการบริโภคถัดไปในห่วงโซ่อาหาร อาทิ สัตว์น้ำวัยอ่อนและสัตว์น้ำตัวเต็มวัย ที่มีพฤติกรรมการกรองกินแพลงก์ตอนเป็นอาหาร ไม่ว่าจะเป็นปลาหรือหอย (ศิริพร, 2549; ศุภมัย, 2552; มลธิราและคณะ, 2559)

แพลงก์ตอนสัตว์นั้นมีความหลากหลายทางชนิดสูง ซึ่งในแต่ละชนิดก็จะมีขนาดที่ต่างกัน หรือแม้แต่ในชนิดเดียวกันก็มีขนาดที่ต่างกันไปตามช่วงวัย ขนาดที่แตกต่างกันไปของแพลงก์ตอนสัตว์นั้น นับว่ามีบทบาทและความสำคัญต่อสัตว์น้ำโดยเฉพาะในกลุ่มปลาวัยอ่อน ซึ่งแต่ละชนิดและแต่ละช่วงวัยมีขนาดของตัวและช่องปากที่ไม่เท่ากัน (Leis and Carson–Ewart, 2000) ด้วยเหตุดังกล่าว ปริมาณและการเจริญเติบโตของปลาวัยอ่อนหรือสัตว์น้ำที่กินแพลงก์ตอนสัตว์เป็นอาหารนั้น จึงอาจได้รับอิทธิพลจากปริมาณของแพลงก์ตอนสัตว์แต่ละขนาดที่พบภายในระบบนิเวศของแหล่งน้ำ และหากคุณภาพของแหล่งน้ำไม่เหมาะสม ก็สามารถส่งผลกระทบต่อความชุกชุมแพลงก์ตอนสัตว์และส่งผลกระทบต่อสัตว์อื่นๆ ต่อกันเป็นลูกโซ่ต่อไปได้

จังหวัดชลบุรี ในพื้นที่อำเภอศรีราชา ตำบลบางพระ มีลำคลองซึ่งรับน้ำมาจากอ่างเก็บน้ำบางพระ ชื่อ คลองสุครีบ ซึ่งมีลักษณะเป็นคลองขนาดเล็กที่มีการใช้ประโยชน์ในการทำการเกษตร การประมง และคมนาคมระบบนิเวศของคลองจึงได้รับอิทธิพลมาจากบ้านเรือนชุมชนและการใช้พื้นที่โดยรอบ นอกจากนี้ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลด้วยอิทธิพลจากปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าที่ไหลลงมา ด้วยเหตุดังกล่าวลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศอุทกวิทยาและคุณภาพของน้ำในคลองสุครีบในภาพรวม จึงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางชนิด ขนาด และโครงสร้างประชากรของแพลงก์ตอนสัตว์ในระบบนิเวศของพื้นที่คลองสุครีบได้ การศึกษาวิจัยนี้ จึงทำการวิเคราะห์ถึง

สถานการณ์ความอุดมสมบูรณ์และลักษณะของการเปลี่ยนแปลงประชาคมของแพลงก์ตอนสัตว์ในพื้นที่ลำคลอง นอกจากนี้ ยังทำการประเมินบทบาทของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงประชาคมของแพลงก์ตอนสัตว์ในพื้นที่คลองสุครีบ ตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ ทั้งนี้ เพื่อให้สามารถเข้าใจสถานการณ์และการตอบสนองของประชาคมของแพลงก์ตอนสัตว์ และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อเสนอแนวทางการอนุรักษ์ระบบนิเวศทางน้ำได้อย่างเหมาะสมต่อไป

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาแนวลำคลองสุครีบ ในตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในภาคตะวันออกของประเทศไทย (**ภาพที่ 1**) โดยกำหนดสถานีศึกษารวม 6 สถานี ที่ครอบคลุมตั้งแต่บริเวณตอนท้ายของอ่างเก็บน้ำบางพระซึ่งเป็นจุดที่ปล่อยน้ำออกมา ไปจนถึงบริเวณปากน้ำที่คลองสุครีบไหลลงเขตทะเล บริเวณสวนสาธารณะบางพระ จังหวัดชลบุรี โดยในการศึกษานี้ ได้กำหนดสถานีศึกษาในพื้นที่ตอนต้นของลำคลอง 2 สถานี ได้แก่ บริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำบางพระ (สถานี A) และบริเวณสะพานเทศบาลซอย 7/9 ตำบลบางพระ (สถานี B) กำหนดสถานีศึกษาในพื้นที่ตอนกลางของลำคลอง 2 สถานี ได้แก่ บริเวณตลาดน้ำบางพระ (สถานี C) และบริเวณหน้าวัดวิเวการาม (สถานี D) และกำหนดสถานีศึกษาในพื้นที่ตอนปลายของลำคลอง 2 สถานี ได้แก่ บริเวณที่ทำการชุมชนท้ายบ้านเขตปากแม่น้ำ (สถานี E) และบริเวณหน้าสวนสาธารณะชายทะเลบางพระ (สถานี F) (**ภาพที่ 1**)



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาและสถานีสำรวจ 6 สถานี (สถานี A – F) ตามแนวคลองสุครีบ จากบริเวณตอนท้ายของอ่างเก็บน้ำบางพระ ถึงพื้นที่ปากคลองที่ออกสู่เขตทะเล (ในตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี)

การศึกษาองค์ประกอบทางชนิดและขนาดของแพลงก์ตอนสัตว์

ดำเนินการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ใน 6 สถานี (**ภาพที่ 1**) สถานีละ 3 ซ้ำ รวม 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2567 ครั้งที่ 2 ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2567 และครั้งที่ 3 ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2567 ซึ่งเป็นตัวแทนของช่วงฤดูแล้ง ช่วงต้นฤดูฝน และ ช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน ตามลำดับ ในการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ดำเนินการในบริเวณใกล้ชายฝั่ง ที่ระดับความลึกน้ำ 30 เซนติเมตร โดยใช้ถังตักน้ำปริมาตร 40 ลิตร กรองผ่านถุงแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดตา 80 ไมโครเมตร บรรจุใส่ขวดพลาสติกขนาด 150 มิลลิลิตร และทำการรักษาสภาพตัวอย่างด้วยสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ 10 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นทำการจำแนกชนิด ขนาด และความหนาแน่น ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ ตามวิธีการจำแนกของ Sanoamuang,1998; Wongrat, 2000; Sanoamuang and Savatenalinton, 2001; Dang *et al.*, 2015 และลัดดา (2543) ทั้งนี้ ในการจำแนกด้านขนาดของแพลงก์ตอนสัตว์ดำเนินการโดยแยกแพลงก์ตอนสัตว์ เป็น 5 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก (100–250 ไมโครเมตร) ขนาดกลาง (250–500 ไมโครเมตร) ขนาดใหญ่ (500–750 ไมโครเมตร) ขนาดใหญ่มาก (750–1,000 ไมโครเมตร) และขนาดใหญ่พิเศษ (> 1,000 ไมโครเมตร) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ และวิเคราะห์ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ออกมา ในหน่วยของตัวต่อลิตร (inds/L)

การศึกษาปัจจัยคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำและการวิเคราะห์ข้อมูลในภาพรวม

ทำการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำประกอบไปด้วยค่าอุณหภูมิของน้ำ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ และค่าความเป็นกรด–ด่าง โดยใช้เครื่องตรวจวัดภาคสนาม (YSI model 650 และ model A100) ทำการศึกษาบริเวณพื้นที่ชายฝั่งในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนด โดยตรวจวัดที่ระดับความลึกน้ำ 30–50 เซนติเมตร ณ บริเวณเดียวกับที่เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ในแต่ละสถานี นอกจากนี้ ทำการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิของปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยาที่เกี่ยวข้อง (อาทิ ปริมาณน้ำฝน และปริมาตรน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำบางพระ) จากการสืบค้นฐานข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาและสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบด้านระดับที่พบของประชาคมของแพลงก์ตอนสัตว์ ดำเนินการโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ส่วนการประเมินลักษณะการตอบสนองของประชาคมของแพลงก์ตอนสัตว์ตามพื้นที่และฤดูกาล ดำเนินการโดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์และปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน ($p<0.05$) (SPSS เวอร์ชัน 27)

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำ

ผลการศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำ พบว่ามีค่าอุณหภูมิของน้ำในช่วงประมาณ 30–34 องศาเซลเซียส และมีระดับความลึกของน้ำที่แปรปรวนตามเวลาน้อย โดยเฉพาะสถานีทางตอนต้นของลำคลองสุครีบที่เชื่อมต่อจากอ่างเก็บน้ำบางพระ โดยในช่วงที่ศึกษาไม่พบลักษณะการปล่อยน้ำออกมาจากพื้นที่ของอ่างเก็บน้ำ)

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำสิ่งแวดล้อมทางน้ำในสถานีศึกษา ประกอบด้วยค่าความลึกของน้ำ (Depth) ความโปร่งแสง (Transparency; Tran) ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen; DO) ความเป็นกรด–ด่าง (pH) และอุณหภูมิของน้ำ (Temperature; Temp) (ข้อมูลผลการสำรวจ 3 ครั้ง ในเดือนเมษายน กรกฎาคม และกันยายน ปี พ.ศ. 2567)

Study period	Station	Depth (cm)	Tran (cm)	DO (mg/L)	pH	Temp (C)
April 2024	A	12	100	7.92	7.60	31.0
	B	100	80	4.23	7.30	32.0
	C	60	100	2.68	7.20	33.4
	D	180	80	3.64	7.58	33.3
	E	70	70	5.35	8.08	33.6
	F	23	30	3.12	8.01	31.9
July 2024	A	15	100	5.90	5.20	31.4
	B	110	60	6.50	6.78	31.2
	C	60	100	3.60	6.88	31.3
	D	190	80	6.70	7.10	31.5
	E	90	60	6.50	6.37	33.5
	F	100	30	4.70	8.36	33.0
September 2024	A	20	100	3.49	6.51	33.5
	B	80	60	2.90	5.46	30.8
	C	100	90	±	6.50	30.2
	D	200	60	3.39	5.73	30.8
	E	80	60	5.05	±	31.5
	F	90	30	4.40	7.67	32.0

± *Analytical errors*

อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่ตอนกลางของคลองสุครีบ (สถานี C–D) ในช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน (เดือนกันยายน พ.ศ. 2567) พบว่ามวลน้ำมีการยกระดับสูงขึ้น (**ตารางที่ 1**) และอุณหภูมิของน้ำลดต่ำลง 2–3 องศาเซลเซียส ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงโอกาสการรับเอามวลน้ำท่าที่ไหลลงมาจากพื้นที่ชุมชนโดยรอบได้ง่ายกว่าพื้นที่ลำคลองส่วนอื่น และขณะเดียวกัน ก็สามารถพบการเปลี่ยนแปลงของค่าความโปร่งแสงของน้ำ โดยมีค่าที่ลดลงอย่างชัดเจนในช่วงกลางฤดูฝน ทั้งนี้ เนื่องจากในช่วงดังกล่าว เกิดการพัดพาเอาตะกอนอินทรีย์สารและแร่ธาตุต่างๆ จากเขตแผ่นดินลงมาสู่แหล่งน้ำได้มากขึ้นนั่นเอง (พิชาศิษฐ์และคณะ, 2554; นพรุจ, 2560; จารุมาศ, 2564)

ผลการศึกษาด้านออกซิเจนละลายน้ำ (ค่า Dissolved oxygen; DO) ซึ่งนับเป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของแพลงก์ตอนสัตว์นั้น พบว่าในพื้นที่ศึกษานี้ ค่า DO ไม่แสดงบทบาทอย่างมีนัยสำคัญต่อแพลงก์ตอนสัตว์ อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่ลำคลองมีลักษณะของ DO ที่แปรผันสูงไปตามสถานีและฤดูกาล โดยมักมีค่าค่อนข้างต่ำ (2–3 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในพื้นที่ตอนกลาง (สถานี C–D) ซึ่งเป็นเขตที่รับน้ำจากชุมชนได้มากที่สุด ขณะที่มีค่า DO

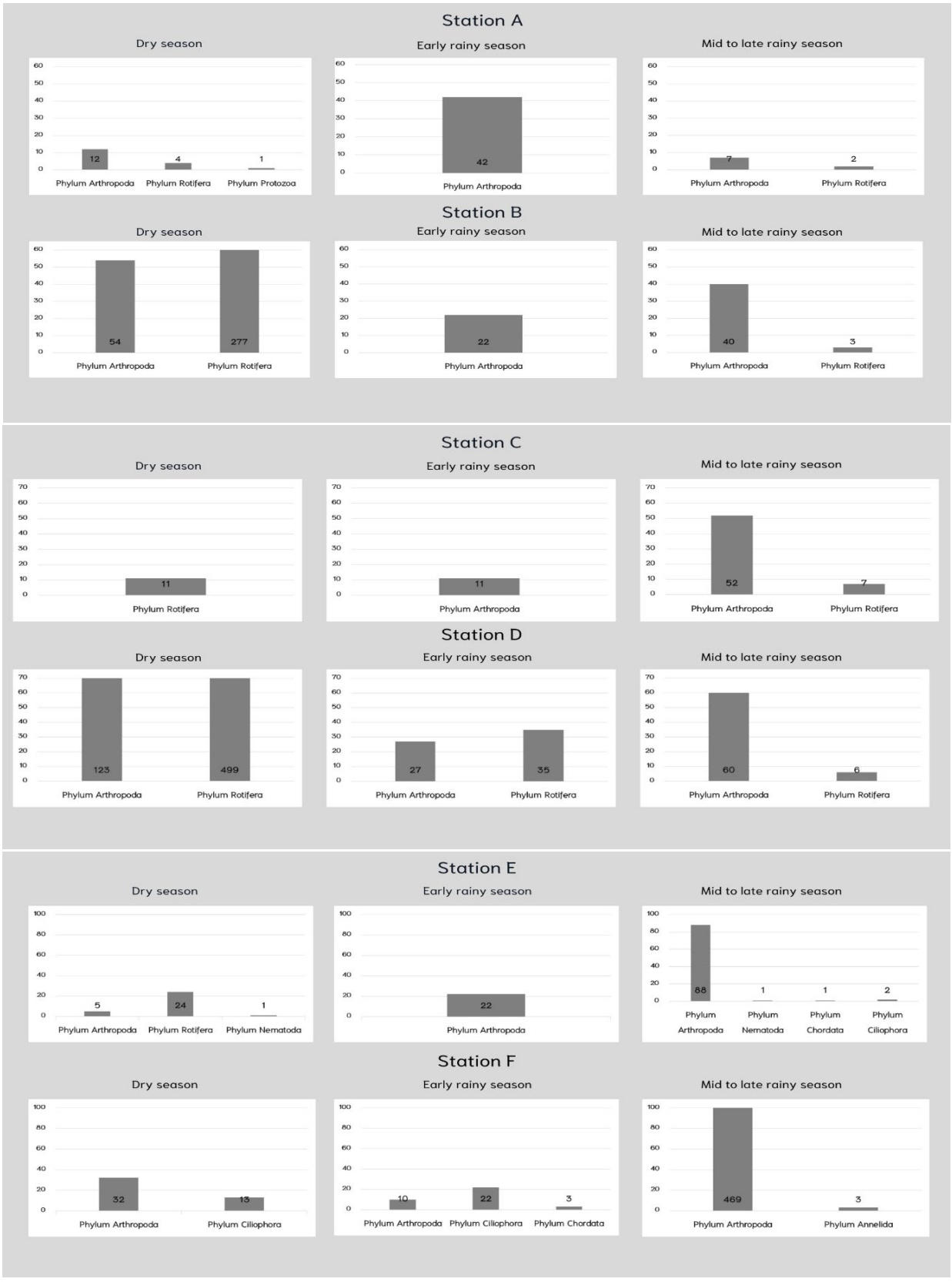
ในระดับปานกลางในพื้นที่ตอนต้นและพื้นที่ตอนปลายของลำคลองที่ใกล้เขตทะเล ทั้งนี้ พบว่าการแปรปรวนดังกล่าวนอกจากจะเกิดจากอิทธิพลของมวลน้ำจากเขตชุมชนแล้ว ยังอาจเกิดจากการเจริญของสาหร่ายบริเวณพื้นท้องน้ำ (ในพื้นที่ลำคลองตอนต้น) และเกิดจากความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืช (ในพื้นที่ลำคลองแนวใกล้เขตปากแม่น้ำ) ซึ่งความแตกต่างของผู้ผลิตขั้นต้นที่มีในพื้นที่ลำคลอง สามารถส่งผลให้ค่า pH แปรปรวนค่อนข้างสูง (5.7–8.4) ได้อีกด้วย (**ตารางที่ 1**)

อนึ่ง สำหรับผลการศึกษาปริมาณน้ำฝนที่สะสมในพื้นที่เขตอำเภอศรีราชา ในช่วงเวลาที่สำรวจต่างๆ ในปี พ.ศ. 2567 พบว่าในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2567 เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนสะสมต่ำที่สุด (ประมาณ 25 มิลลิเมตร) สะท้อนให้เห็นถึงสภาวะน้ำแล้งในพื้นที่ ขณะที่ปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นในช่วงต้นฤดูฝนถึงกลางฤดูฝน โดยในช่วงต้นฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม) ของปี พ.ศ. 2567 นี้ พบปริมาณน้ำฝนสะสมสูงขึ้นอย่างชัดเจน (ประมาณ 300 มิลลิเมตร) และพบค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องไปยังช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน โดยในช่วงที่สำรวจครั้งที่ 3 (เดือนกันยายน พ.ศ. 2567) พบค่าปริมาณน้ำฝนสะสมที่สูงขึ้นถึง 340 มิลลิเมตร) (สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ, 2567) นับเป็นค่าปริมาณน้ำฝนสะสมที่มากกว่าในช่วงฤดูแล้งถึงประมาณ 14 เท่า

องค์ประกอบทางชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบ

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ในพื้นที่คลองสุครีบ ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2567 พบแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด 7 Phylum ได้แก่ Arthropoda, Annelida, Rotifera, Protozoa, Nematoda, Chordata, และ Ciliophora ซึ่งพบว่า Arthropoda เป็น Phylum เด่นที่พบ โดยมีการกระจายตัวอยู่ในทุกพื้นที่ศึกษา (**ภาพที่ 2**)

นอกจากนี้ ยังพบว่า Copepods เป็นแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่น ซึ่งในพื้นที่ตอนต้น ตอนกลาง และตอนปลายของคลองสุครีบ มีความหนาแน่นของ Copepods สูงสุดอยู่ที่ 39, 88 และ 467 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้ พบ Copepod ในระยะ Nauplius ได้มาก (มีความหนาแน่นสูงสุด 343 ตัวต่อลิตร) โดยพบว่า Copepods และ Nauplius copepod แสดงลักษณะความหนาแน่นที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในพื้นที่ตอนกลางของคลองสุครีบ และพบการเพิ่มจำนวนขึ้นสูงสุดในช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน (เดือนกันยายน พ.ศ. 2567) ในช่วงดังกล่าวมีปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าที่พัดพาลงจากเขตแผ่นดินในปริมาณมาก ซึ่งนับเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้ Copepods สามารถเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้เป็นอย่างดี (ดวงทิพย์และคณะ, 2566)



ภาพที่ 2 ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ Phylum ต่างๆ ที่พบในพื้นที่คลองสุครีบ (สถานี A–F) ในช่วงฤดูแล้ง ช่วงต้นฤดูฝน และ ช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน พ.ศ. 2567

ในการศึกษาพบแพลงก์ตอนสัตว์ใน Phylum Protozoa ได้น้อย ทั้งนี้อาจเนื่องจากความจำเพาะของระบบนิเวศ (ชนวัฒน์, 2552) และผลกระทบจากแพลงก์ตอนสัตว์ที่เป็นผู้ล่าต่างๆ ที่มีปริมาณมาก (จีรยาและจารุมาศ, 2565) แต่ส่วนของแพลงก์ตอนสัตว์ใน Phylum Rotifera สามารถพบความหนาแน่นที่สูงในบางช่วงเวลา ในพื้นที่ตอนต้นและตอนกลางของคลองสุครีบ (สถานี B, D) ซึ่งพบความหนาแน่นสูงสุด 499 ตัวต่อลิตร (**ภาพที่ 2**)

แพลงก์ตอนสัตว์ใน Phylum Rotifera ชนิดที่พบมากที่สุด คือ *Brachionus* sp. ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า *Brachionus* เป็นชนิดน้ำที่ทนต่อมลภาวะ สามารถอยู่ได้ในแหล่งที่อยู่อาศัยที่เสื่อมโทรมได้ (Loughheed and Chow–Fraser, 2002; จีรยาและจารุมาศ, 2565) ผลการศึกษาในภาพรวมพบว่า Phylum Rotifera พบได้ในช่วงฤดูแล้ง (เดือนเมษายน พ.ศ. 2567) อย่างไรก็ตาม ระดับความความหนาแน่นมีการลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเริ่มเข้าสู่ฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2567) ที่สภาวะในพื้นที่เปลี่ยนแปลงไป ลักษณะดังกล่าว สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนสัตว์ใน Phylum Ciliophora ซึ่งพบในช่วงฤดูแล้งและต้นฤดูฝน (**ภาพที่ 2**) แต่มักจะไม่พบในช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน ลักษณะเช่นนี้อาจเกิดเนื่องจากปริมาณฝนสะสมที่เพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2567 ซึ่งทำให้มีปริมาณน้ำจืดไหลลงสู่ลำคลองมากขึ้น และส่งผลให้ความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์ลดลงไปได้

การเปลี่ยนแปลงความชุกชุมและองค์ประกอบทางขนาดของแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดเด่น

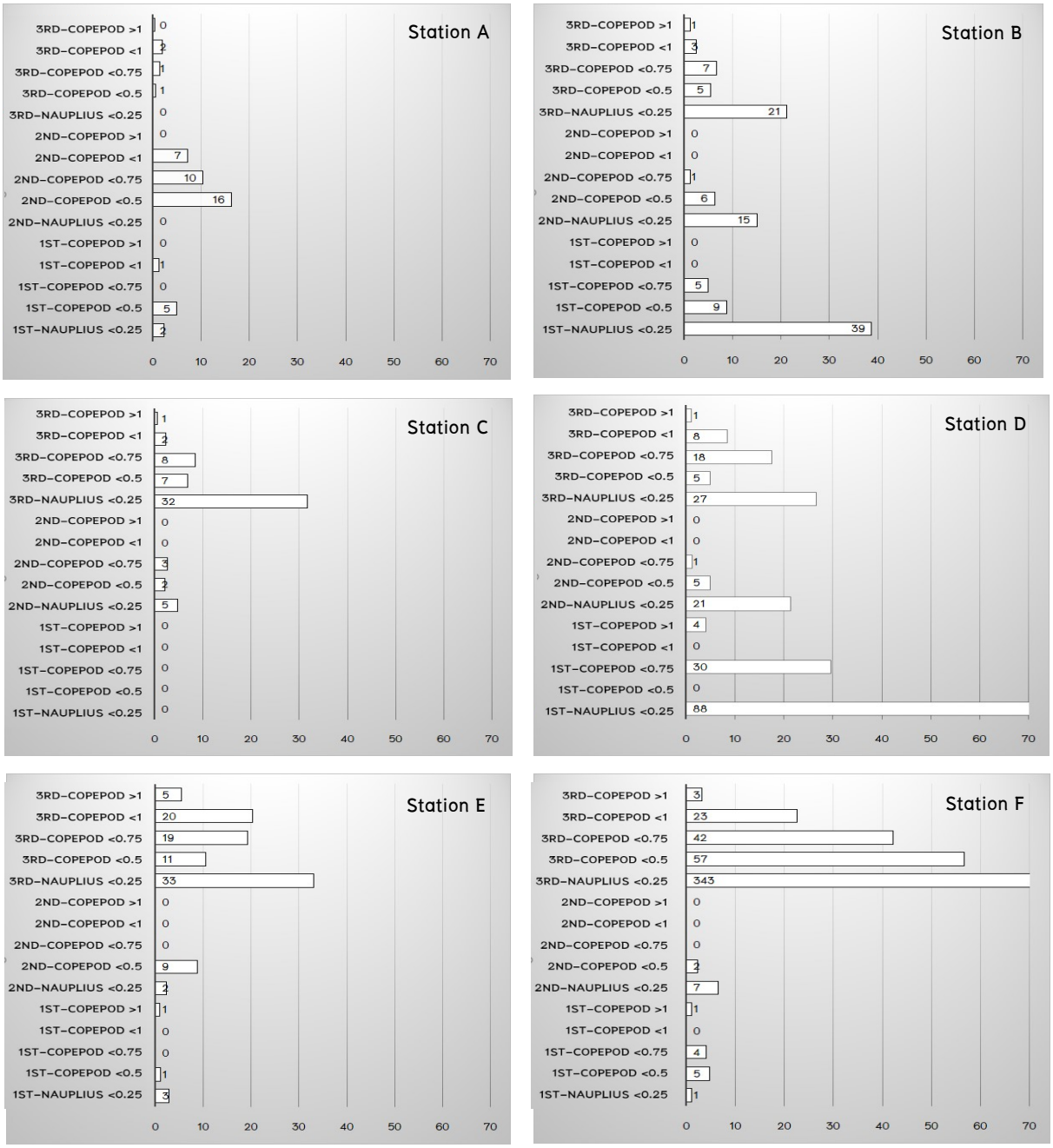
ในการศึกษาด้านแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดเด่น เพื่อการประเมินลักษณะการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ตามพื้นที่และฤดูกาล พบว่าแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มที่พบมากที่สุด คือ Copepods โดยเฉพาะในระยะ Nauplius copepod (พบความหนาแน่นสูงสุด 343 ตัวต่อลิตร) โดยผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ตามพื้นที่ในภาพรวมพบว่าบริเวณสถานี A ซึ่งเป็นตำแหน่งลำคลองสุครีบตอนต้น (ท้ายอ่างเก็บน้ำบางพระ) มักมีความอุดมสมบูรณ์ของ Copepods ต่ำกว่าพื้นที่อื่นๆ (**ภาพที่ 3**) นอกจากนี้ ยังมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลได้น้อย ขณะที่บริเวณสถานี E และ สถานี F (ในพื้นที่คลองสุครีบตอนปลายที่ใกล้เขตทะเล จนถึงแนวชายหาดสวนสาธารณะชายทะเลบางพระ) ซึ่งถึงแม้จะพบความหนาแน่นของ Copepods ที่ค่อนข้างต่ำในช่วงฤดูแล้งและต้นฤดูฝน แต่พบการเพิ่มขึ้นของ Copepods ขนาดต่างๆ รวมทั้ง Nauplius copepod ในช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน (เดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2567) ได้อย่างชัดเจน

ผลจากการศึกษายังพบว่า พื้นที่ตอนกลางของคลองสุครีบ (สถานี C) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีโอกาสรับน้ำเสียจากชุมชนมากกว่าพื้นที่อื่นๆ และมีคุณภาพน้ำไม่ดีโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง (DO 2.68 มิลลิกรัมต่อลิตร; **ตารางที่ 1**) นั้นพบความอุดมสมบูรณ์ของ Copepods ที่ต่ำมากในช่วงต้นฤดูฝน และไม่สามารถพบ Copepods ได้เลยในช่วงฤดูแล้ง อย่างไรก็ตาม การเพิ่มของปริมาณน้ำฝนสะสม ที่สูงขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน ส่งผลให้ระบบนิเวศลำคลองดีขึ้น ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของ Copepods ในทางบวกขึ้นมาได้ (**ภาพที่ 3**)

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบลักษณะของการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลที่สอดคล้องกันนี้ อาทิ งานศึกษาของ ดวงทิพย์และคณะ (2566) สำหรับ Copepods ในบริเวณปากน้ำที่ใกล้เขตทะเล พบว่าการที่ในพื้นที่ได้รับมวลน้ำจืดเข้ามามากขึ้นและทำให้ค่าความเค็มของน้ำลดลงไปนั้น สามารถกระตุ้นให้ Copepods เจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้ดี แต่ในอีกด้านนึง พบว่าแพลงก์ตอนสัตว์จะมีความหลากหลายทางชนิดลดลงได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Goswami (1977) นอกจากนี้ ยังพบว่าน้ำฝนที่ตกชุกในช่วงเดือนกลางฤดูฝน ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของแพลงก์ตอนสัตว์บางกลุ่ม (อาทิ Ciliated protozoa) ลดลงจากระดับที่เคยพบในช่วงฤดูร้อนได้ (ชนวัฒน์, 2552)

อนึ่ง ผลจากการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำกับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ พบบทบาทจากปริมาณน้ำฝนสะสมต่อการเพิ่มความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ในกลุ่ม Copepods อย่างมีนัยสำคัญ ในการศึกษายังพบความผันแปรของค่าออกซิเจนละลายน้ำ และปัญหาที่มีค่าลดต่ำในบางบริเวณ ซึ่ง

สะท้อนภาพต่อการลดลงในความอุดมสมบูรณ์ของแพลงก์ตอนสัตว์ โดยในการศึกษาอื่นๆ ที่ผ่านมา อาทิ Loughheed and Chow-Fraser (2002) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำ สะท้อนถึงความเสื่อมโทรมของสภาพแหล่งน้ำ ทำให้ความหลากหลายทางชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์ลดต่ำลง ซึ่งอาจพบกลุ่มของ Rotifer เช่น *Brachionus* sp. ซึ่งเป็นชนิดที่มักทนต่อมลภาวะและสามารถอาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่อาศัยที่ค่อนข้างเสื่อมโทรมได้



ภาพที่ 3 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางขนาดและระยะของ Copepods ต่างๆ ที่พบในพื้นที่คลองสุครีบ (สถานี A–F) ในช่วงฤดูแล้ง (1ST) ช่วงต้นฤดูฝน (2ND) และช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน (3RD) พ.ศ. 2567

ในการศึกษาที่ผ่านมา ยังมีการกล่าวถึงสถานภาพความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งที่อยู่อาศัย โดยเฉพาะการที่ในแหล่งน้ำมีพรรณพืชน้ำที่สมบูรณ์ ซึ่งจะเป็นแหล่งอาศัย ขยายพันธุ์ และกำบังศัตรูของแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดต่างๆ ได้ ซึ่งระบบนิเวศที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง อาทิ ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำตอนล่างในเขตตื้นที่รับแสงเพียงพอ จึงมักพบการเพิ่มขึ้นของ Copepods ได้ดี เนื่องจากการมีแหล่งที่อยู่อาศัยและมีแหล่งอาหารที่เหมาะสมนั่นเอง (Martin *et al.*, 1981; Olds *et al.*, 2014; จีรยาและจารุมาศ, 2565)

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาในภาพรวมพบว่า แพลงก์ตอนสัตว์ในพื้นที่ลำคลองสุครีบมีสถานการณ์ความอุดมสมบูรณ์ที่ค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 10–30 ตัวต่อลิตร) และไม่พบในพื้นที่ซึ่งเป็นที่คุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำไม่เหมาะสม (ในพื้นที่ตอนต้นและพื้นที่ตอนกลางของคลอง) ผลการศึกษาพบว่า Copepods และ Nauplius copepods เป็นกลุ่มที่กระจายตัวอยู่ในทุกพื้นที่ ซึ่งพบความหนาแน่นสูงสุด 343 ตัวต่อลิตร ในช่วงกลางถึงปลายฤดูฝน (เดือนกันยายน พ.ศ. 2567) ทั้งนี้ พบบทบาทจากปริมาณน้ำฝนสะสมต่อการเพิ่มความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ในกลุ่ม Copepods อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอิทธิพลจากฤดูกาลที่ทำให้มวลน้ำในคลองมีการเพิ่มปริมาณและพัฒนาเชิงคุณภาพขึ้น ส่งผลทำให้เกิดการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของแพลงก์ตอนสัตว์ภายในระบบนิเวศของลำคลองได้

ผลจากการวิจัยในภาพรวม ยังสะท้อนความเสื่อมโทรมของพื้นที่ตอนกลาง และข้อจำกัดของมวลน้ำที่ไม่พบการระบายน้ำจากพื้นที่อ่างเก็บน้ำบางพระลงมา ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบต่อความอุดมมบูรณ์ของประชาคมของแพลงก์ตอนสัตว์ และอาจส่งผลต่อความเป็นอยู่ของทรัพยากรสัตว์น้ำที่เกี่ยวข้องในระบบนิเวศ ซึ่งจำเป็นต้องหาแนวทางเพื่อการอนุรักษ์และฟื้นฟูระบบนิเวศดังกล่าวอย่างเหมาะสมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณสยมภู ชาตะนัย และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนด้านที่พักและการเดินทางในระหว่างการสำรวจพื้นที่ภาคสนาม และขอขอบคุณ ดร.จีรยา ม่วงสีงาม ตลอดจนทีมนักวิจัยจากห้องปฏิบัติการวิจัยดินตะกอนและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ภาควิชาชีววิทยาประมง ที่ให้คำแนะนำด้านเครื่องมือสำรวจและการวิเคราะห์ตัวอย่างเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. (2564). **จากต้นน้ำถึงปากแม่น้ำ บทบาททางนิเวศอุทกวิทยาและการจัดการเชิงอนุรักษ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. 404 หน้า. กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จีรยา ม่วงสีงาม. (2566). **กระบวนการจากล่างขึ้นบนที่มีอิทธิพลต่อพลวัตการผลิตขั้นที่สองในเขตชายฝั่งของระบบนิเวศอ่างเก็บน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง: กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). สาขาวิทยาศาสตร์การประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จีรยา ม่วงสีงาม และ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. (2565). **บทบาทของปัจจัยทางอุทกวิทยาและสิ่งแวดล้อมทางน้ำต่อแพลงก์ตอนสัตว์ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง: กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์จังหวัดขอนแก่น.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). สาขาวิทยาศาสตร์การประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชนวัฒน์ ตันติวรานุรักษ์. (2552). **การสำรวจชิลิเอทโปรโตซัวในน้ำทะเลในจังหวัดชลบุรี.** (รายงานการวิจัย). ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ฐานข้อมูลทรัพยากรทางน้ำหนองหาร. (2560). **แพลงก์ตอนสัตว์**. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม 2567. ที่มา: http://www.nonghandatabase.com/งานวิจัย/งานวิจัยปี-2559-2560/แพลงก์ตอนสัตว์-59/

ดวงทิพย์ อู่เงิน วรเทพ มุธุวรรณ ศิรประภา ฟ้ากระจ่าง และ ชลธิชา สุขประเสริฐ. (2566). ผลของความเค็มและการเก็บเกี่ยวผลผลิตต่อการเพิ่มจำนวนและองค์ประกอบของโคพีพอดธรรมชาติที่เลี้ยงด้วยรำหมัก. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 28**, 703-708. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.

เตือนตา ร่าหมาน ปวีณา แก้วอบล และ ณัฐธยาน์ ฟานเบม. (2560). การเฝ้าระวังคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนสัตว์เป็นดัชนีชีวภาพ. **วารสารสาขาชีววิทยา** 2560, 1214-1215. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

พิชาศิษฐ์ แสงเมฆ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ และ เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. (2554). อิทธิพลของการเคลื่อนตัวของน้ำต่อความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศแม่น้ำ: กรณีศึกษาแม่น้ำเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง** 5(1), 89-98.

พรพฤติกร รัตนไพบูลย. (2566). **พลวัตประชากรแพลงก์ตอนและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ ในอ่างเก็บน้ำแม่จาง กฟผ.แม่เมาะ จังหวัดลำปาง.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

นพรุจ แก้วฉวี. (2560). **บทบาทของปัจจัยทางสัณฐานวิทยา อุทกวิทยา และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีต่อลักษณะทางปริมาณและคุณภาพของของแข็งแขวนลอยรวมในระบบนิเวศแม่น้ำเพชรบุรี**. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก) คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มลธิรา ทองหมัน จันทนา ไพรบูรณ์, อุไรรัฒน์ เนตรหาญ และ ไพลิน จิตรชุ่ม. 2559. การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็กบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง. น. 695-704. ***ใน*: เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54(สาขาประมง)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลัดดา วงศ์รัตน์. (2543). **แพลงก์ตอนสัตว์**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วารินทร์ นิ้มสันติเจริญ. (2563). **การประเมินศักยภาพของพื้นที่ชายฝั่งเขตจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ในการรองรับการผลิตทรัพยากรสัตว์น้ำเศรษฐกิจ: กรณีศึกษาการถ่ายทอดมวลสารตามฤดูกาลผ่านประชากรของแพลงก์ตอนสัตว์**. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท). คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริพร บุญดาว. (2549). **ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชกับแพลงก์ตอนสัตว์บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภมัย พรหมแก้ว. (2552). **นิเวศวิทยาการกินอาหารของโคพีพอดชนิดเด่นบริเวณอ่าวปากพนังจังหวัดนครศรีธรรมราช**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. (2567). **ปริมาณน้ำฝน**. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม 2567. ที่มา: http://www.onwr.go.th/

Dang PD, Khoi NV, Nga LTN, Thanh DN, Hai HT. 2015. **Identification Handbook of Freshwater Zooplankton of the Mekong River and Tributaries. Mekong River Commission**, Vientiane, Laos. 207 pp.

Goswami, S C. (1977). Plankton Studies in the Estuarine System of Goa. ***In*: Proceeding of the Symposium on Warm Water Animal.** p. 227–243.

Leis JM, Carson–Ewart BM. (2000). **The larvae of Indo–Pacific coastal fishes: An identification guide to marine fish larvae (Vol. 2)**. Brill.

Loughheed V, Chow–Fraser P. (2002). Development and use of a zooplankton index of wetland quality in the Laurentian Great Lake Basin. **Ecological Application**, 12(2), 474–486.

Martin DB, Mengel LJ, Novotny JF, Walburg CH. (1981). Spring and summer water levels in a Missouri River reservoir: Effects on age–0 fish and zooplankton. **Transactions of the American Fisheries Society,** 110, 370–381.

Olds BP, Peterson BC, Koupal KD, Schoenebeck CW, Farnsworth–Hoback KM, Hobak WW. (2014). Zooplankton Density Increases in an Irrigation Reservoir During Drought Conditions. **Transactions of the Nebraska Academy of Sciences,** 34, 27–32.

Sanoamuang S. (1998). Contributions to the knowledge of the Cladocera of north–east Thailand. **Hydrobiologia**, 362, 45–53.

Sanoamuang S, Savatenalinton S. (2001). The rotifer fauna of Lake Kud–Thing, a shallow lake in Nong Khai Province, northeast Thailand. **Hydrobiologia**, 446/447: 297–304.

Thailand Tourism Directory. (2567). **อ่างเก็บน้ำบางพระ**. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม 2567. ที่มา: http://thailandtourismdirectory.go.th/attraction/4938.

Wongrat L, Pipatcharoenchai W. (2003). **Zooplankton of Kanchanaburi province, Thailand**. Kasetsart University Fisheries Research Bulletin (Thailand).

ปัจจัยทางอุทกวิทยาต่อการแพร่กระจายของเมตาเซอร์คาเรียในปลาไส้ตันตาแดง (*Cyclocheilichthys apogon*) ในพื้นที่หนองหาร จังหวัดสกลนคร

Hydrological factors affecting the distribution of metacercaria in beardless barb (*Cyclocheilichthys apogon*) in Nong Han Lake, Sakon Nakhon Province

กษิมา พรหมเกิด[1], พัชรี ครูขยัน[2*], ปาริชาติ บัวโรย[3] และ พิชาศิษฐ์ แสงเมฆ[4]
Kasima Promkerd[1], Patcharee Khrukhayan[2*], Parichart Boueroy[3] and Pichasit Sangmek[4]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์บทบาทของปัจจัยทางอุทกวิทยา ที่มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของตัวอ่อนพยาธิใบไม้ในระยะเมตาเซอร์คาเรียในปลาไส้ตันตาแดง จำนวน 117 ตัว จากพื้นที่หนองหาร จังหวัดสกลนคร ได้แก่ ตลาดท่าแร่ และตลาดเทศบาลเมืองสกลนคร ทำการเก็บตัวอย่างปลาตามช่วงฤดูกาล คือ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 (ต้นฤดูฝน) กรกฎาคม พ.ศ. 2567 (กลางฤดูฝน) และเดือนกันยายน พ.ศ. 2567 (ปลายฤดูฝน) โดยนำปลามาตรวจหาเมตาเซอร์คาเรียด้วยวิธีการย่อยเทียม (artificial digestion method) ในห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาเมตาเซอร์คาเรียในปลาไส้ตันตาแดงในเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน พบว่าปลาที่ได้จากตลาดเทศบาลเมืองสกลนคร มีความหนาแน่นของเมตาเซอร์คาเรียโดยเฉลี่ยในปลา 100 ตัว (116.67, 163.64, 1,412.50 เมตาเซอร์คาเรีย ตามลำดับ) สูงกว่าปลาที่ได้จากตลาดท่าแร่ (0.00, 21.05, 93.33 เมตาเซอร์คาเรีย ตามลำดับ) และในเดือนกันยายน (ปลายฤดูฝน) ปลาไส้ตันตาแดงมีความหนาแน่นของเมตาเซอร์คาเรียโดยเฉลี่ย (metacercaria/fish) สูงที่สุด รองลงมา คือ เดือนกรกฎาคม (กลางฤดูฝน) และเดือนพฤษภาคม (ต้นฤดูฝน) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าบทบาทของปัจจัยทางอุทกวิทยา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำกักเก็บในพื้นที่หนองหาร มีบทบาทต่อการแพร่กระจายของเมตาเซอร์คาเรียในปลาไส้ตันตาแดง โดยมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก

คำสำคัญ: พยาธิใบไม้ตับ, เมตาเซอร์คาเรีย, ปลาไส้ตันตาแดง, หนองหาร, อุทกวิทยา

---

[1] สาขาวิทยาศาสตร์การประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2*] ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[3] ภาควิชาอนามัยชุมชน คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000

[4] ภาควิชาเกษตรและทรัพยากร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000

[1] Major of Fishery Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

[2] Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

[3] Department of Community Health, Faculty of Public Health, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus 47000

[4] Department of Agriculture and Resources, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus 47000

*Corresponding author : ffisprk@ku.ac.th

Abstract

This study focused on analyzing the role of hydrological factors that influence the spread of the metacercarial stage of liver fluke larvae in 117 specimens of the Beardless barb (*Cyclocheilichthys apogon*) from Nong Han lake, Sakon Nakhon Province, specifically from Tha Rae Market and Sakon Nakhon Town Municipal Market. Fish samples were collected over three seasons: May 2024 (early rainy season), July 2024 (mid-rainy season), and September 2024 (late rainy season). The fish were examined for metacercaria using the artificial digestion method in the laboratory. The results in May, July and September showed that Beardless barb from Sakon Nakhon Town Municipal Market had a higher mean intensity of metacercaria for 100 fish (116.67, 163.64, 1412.50 metacercaria, respectively) compared to those from Tha Rae Market (0.00, 21.05, 93.33 metacercaria, respectively). In September (late rainy season), the mean intensity of metacercaria (individuals/fish) was highest, followed by July (mid-rainy season) and May (early rainy season), respectively. Moreover, the study of hydrological factors, such as rainfall and water storage level in the Nong Han area, revealed that both rainfall and water level played roles in the spread of metacercaria in the Beardless barb, showing a positive correlation.

Keywords: Liver fluke, Metacercaria, Beardless barb, Nong Han lake, Hydrology

บทนำ

พยาธิใบไม้จัดเป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุขที่สำคัญในไทยและถือเป็นโรคประจำถิ่นในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พยาธิใบไม้เป็นกลุ่มปรสิตที่สามารถติดต่อจากสัตว์สู่คน (fish-born trematode) จากการบริโภคปลาน้ำจืด ในวงศ์ปลาตะเพียน (cyprinid fish) ที่มีการปนเปื้อนปนเปื้อนของตัวอ่อนพยาธิใบไม้ในระยะเมตาเซอร์คาเรียโดยอาหารที่บริโภคไม่ผ่านความร้อนที่เพียงพอ หรือมีการบริโภคแบบกึ่งสุก กึ่งดิบ อย่างเช่น ลาบปลา ก้อยปลา ปลาจ่อม ปลาแจ่ว แหนมปลา และปลาร้า เป็นต้น จากการรายงานพบความชุกของการติดเชื้อพยาธิใบไม้ในคนแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นจำนวน 8-10 ล้านคน (ประเสริฐ, 2562; Sayasone *et al.*, 2017) ซึ่งสำหรับในประเทศไทยมีพยาธิใบไม้ที่สำคัญที่มักพบในแหล่งน้ำ ได้แก่ พยาธิใบไม้ตับ (liver flukes) และพยาธิใบไม้ในลำไส้ขนาดเล็ก (minute intestinal flukes) โดยเฉพาะโรคพยาธิใบไม้ในตับ ที่พบในประเทศไทยมีการรายงานพบผู้ป่วยเป็นจำนวนมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากถึง 6 ล้านคน จากประชากร 20 ล้านคน หรือประมาณ 3% (กองโรคติดต่อทั่วไป , 2565) นอกจากนี้โรคพยาธิใบไม้ในตับ ยังเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งในท่อน้ำดีและมะเร็งตับตามมาได้อีกด้วย และยังพบว่าประชาชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย ป่วยเป็นโรคมะเร็งท่อน้ำดีสูงที่สุดในโลก มีผู้เสียชีวิตจากโรคมะเร็งท่อน้ำดีปีละ 15,000 ถึง 20,000 ราย พบเพศชายมากกว่าเพศหญิง 2.5 เท่า (ธีรวัตนและคณะ, 2563) ซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่าย หรืองบประมาณในการรักษาสูงประมาณ รายละ 500,000 บาท และผู้ป่วยที่ติดเชื้อแล้วมีอัตราการรอดชีวิตต่ำมาก (จิตรานนท์และกิตติยา, 2566)

จากสถานการณ์ปัญหาของตัวอ่อนพยาธิใบไม้ที่ผ่านมา การสร้างความรู้ ความเข้าใจต่อการแพร่ระบาดของตัวอ่อนพยาธิใบไม้ระยะเมตาเซอร์คาเรียจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยผู้วิจัยได้เลือกศึกษาบึงหนองหาร จังหวัดสกลนคร เนื่องจากข้อมูลที่ผ่านมา พบว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดสกลนคร ประชาชนมีการติดเชื้อพยาธิใบไม้ตับสูงเป็นอันดับ 2 คิดเป็น 6.93% (ณรงค์, 2565) เนื่องจากหนองหารเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญของจังหวัดสกลนคร มีความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำมาก มีสัตว์น้ำจืดมากมาย และท่าขึ้นปลากระจายอยู่โดยรอบ โดยเฉพาะปลาน้ำจืดในวงศ์

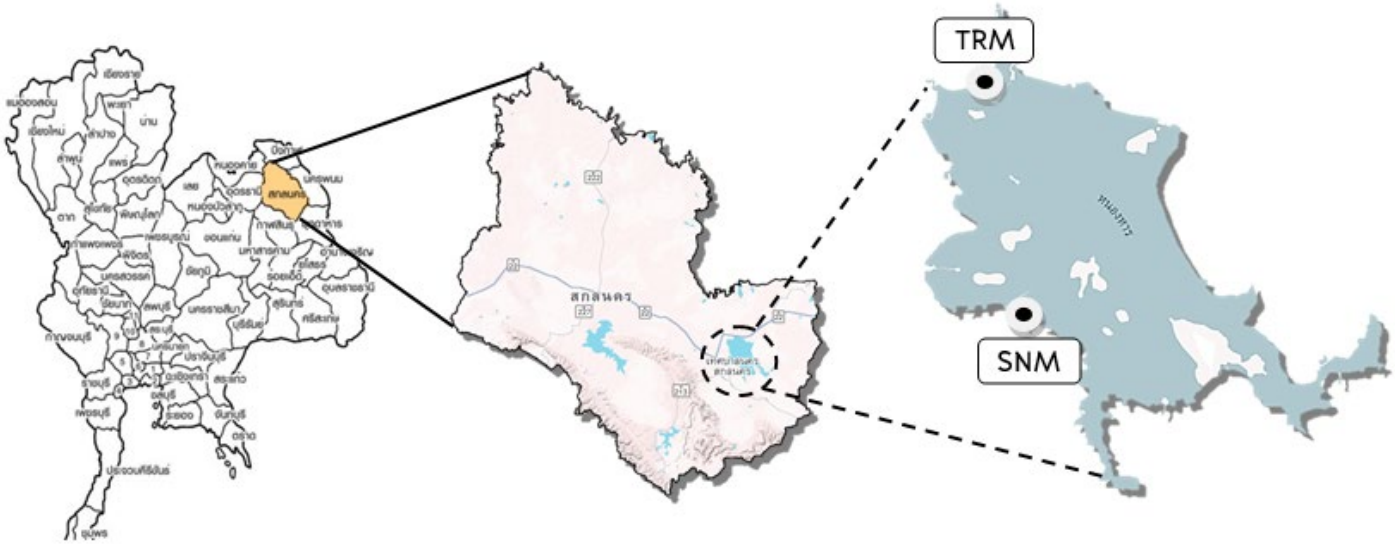
ปลาตะเพียน (cyprinid fish) คนในชุมชนส่วนใหญ่ใช้ในการบริโภค ทรัพยากรสัตว์น้ำในพื้นที่หนองหารจึงส่งผลต่อการดำรงชีวิตของประชาชนในพื้นที่ โดยเฉพาะชุมชนเทศบาลเมืองสกลนครเป็นแหล่งชุมชนขนาดใหญ่ เป็นแหล่งน้ำเพื่อทำการประปาและเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากชุมชน สภาพหนองหารในปัจจุบันจึงเสื่อมโทรมลง จากผลกระทบน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน ทำให้น้ำเกิดการเน่าเสีย มีการสะสมธาตุอาหารและของเสียมากมาย ทำให้เกิดวัชพืชและพรรณไม้น้ำขึ้นมาอย่างแน่นหนา เอื้อต่อการอยู่อาศัยของโฮสต์และตัวอ่อนพยาธิ (สถาบันพัฒนาประชาสังคม, 2562) บวกกับสถานการณ์ปัญหาของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) ในยุคปัจจุบันทำให้อุณหภูมิผิวโลกเพิ่มสูงขึ้นเกิดการละลายตัวของน้ำแข็งขั้วโลก เกิดภัยพิบัติและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงในหลายพื้นที่และหลายรูปแบบ อาทิเช่น ภัยแล้งและน้ำท่วมอย่างฉับพลัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณและคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ จากการแปรผันของปริมาณฝนในหลายพื้นที่ ทำให้ระบบนิเวศในหลายพื้นที่เสียความสมดุลไปจากเดิม (ศิริรัตน์และคณะ, 2563) กรณีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทำให้เกิดภาวะน้ำท่วม มีผลต่อสมดุลน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำ ทำให้ระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำเกิดการฟื้นฟู ความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น ความหลากหลายของชนิดพันธุ์สัตว์น้ำและปริมาณทรัพยากรประมงเพิ่มมากขึ้น ผลกระทบต่างๆ ดังกล่าวจึงส่งผลต่อระบบนิเวศภายในหนองหาร ไม่ว่าจะเป็นการเสื่อมโทรมสภาพของเกาะดอน ระบบนิเวศเสียความสมดุล หรือการสะสมของเชื้อโรคภายในแหล่งน้ำ หากไม่มีการจัดการด้านสุขอนามัยที่ดี อาจส่งผลให้เกิดการแพร่กระจายของหนอนพยาธิได้ หนองหารจึงถือเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการแพร่กระจายของตัวอ่อนพยาธิใบไม้ระยะเมตาเซอร์คาเรีย

ในการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหนาแน่นเฉลี่ยของตัวอ่อนพยาธิใบไม้ระยะเมตาเซอร์คาเรียในปลาไส้ตันตาแดง และศึกษาดูบทบาทปัจจัยอุทกวิทยา อาทิเช่น ปริมาณน้ำฝน และระดับน้ำเก็บกักต่อการแพร่กระจายของเมตาเซอร์คาเรีย เพื่อเป็นข้อมูลแจ้งเตือนหรือเฝ้าระวังในการบริโภคปลาไส้ตันตาแดง เนื่องจากประชาชนในพื้นที่ก็ยังคงต้องมีการบริโภคปลาน้ำจืด เพราะฉะนั้นการทราบช่วงเวลา หรือฤดูกาลที่มักเกิดการแพร่ระบาดของตัวอ่อนพยาธิใบไม้ระยะเมตาเซอร์คาเรีย ก็จะช่วยลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อเมตาเซอร์คาเรีย และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในด้านสาธารณสุขในด้านการเฝ้าระวังโรคได้

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

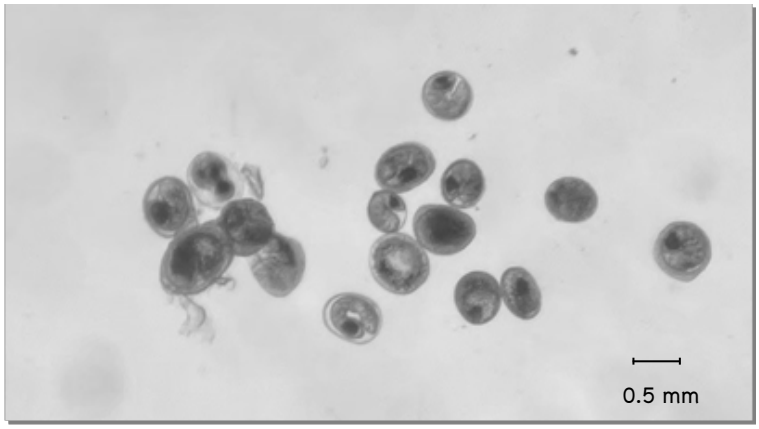
ทำการสำรวจพื้นที่โดยรอบหนองหาร ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดสกลนคร โดยมีขอบเขตของแหล่งน้ำอยู่ทางตอนล่าง ฝั่งทิศตะวันออกของจังหวัด เพื่อทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง (randomly sampling) ปลาไส้ตันตาแดงจากตลาดปลาที่ชาวบ้านหาได้จากในพื้นที่หนองหาร จังหวัดสกลนคร จำนวน 117 ตัว ใน 2 จุดเก็บตัวอย่าง (**ภาพที่ 1**) ประกอบด้วย ตลาดท่าแร่ และตลาดเทศบาลเมืองสกลนคร โดยตัวอย่างที่ได้จะใช้วิธีการซื้อจากผู้ขายที่สามารถบอกแหล่งที่มาของตัวอย่างปลาได้ ระยะเวลาที่ใช้ดำเนินการรวมทั้งสิ้นเป็นจำนวน 3 ครั้ง (3 ฤดูกาล) ได้แก่ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 (ต้นฤดูฝน) กรกฎาคม พ.ศ. 2567 (กลางฤดูฝน) และเดือนกันยายน พ.ศ. 2567 (ปลายฤดูฝน) ตามลำดับ



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา: หนองหาร ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดสกลนคร (ภาพซ้าย) โดยมีขอบเขตของแหล่งน้ำอยู่ทางตอนล่าง ฝั่งทิศตะวันออกของจังหวัด (ภาพกลาง) และพื้นที่หนองหาร (ภาพขวา) ประกอบด้วยพื้นที่ศึกษา คือ ตลาดท่าแร่ (Tha Rae Market: TRM) , ตลาดเทศบาลเมืองสกลนคร (Sakon Nakhon Municipality Market: SNM)

การวิเคราะห์ตัวอ่อนพยาธิใบไม้ระยะเมตาเซอร์คาเรียในปลา

ทำการตรวจหาตัวอ่อนพยาธิใบไม้ระยะเมตาเซอร์คาเรียในปลา ด้วยวิธีการย่อยเทียม (artificial digestion method) โดยวิธีการของ กรรณิการ์และอดุลศักดิ์, 2564 และ Srisawangwong *et al.*, 1997 โดยเริ่มต้นจากการสับปลาเป็นชิ้นเล็กๆและนำปลาไปปั่นร่วมกับสารละลายเปปซิน (0.25% w/v pepsin, 1.5% v/v HCl, 0.85% w/v NaCl) ด้วยเครื่อง mixer blender ในอัตราส่วนปลา 1 กิโลกรัม ต่อสารละลายปปซิน 3 ลิตร บดจนละเอียดแล้วจึงนำไปบ่มในเครื่อง water bath ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1–2 ชั่วโมง เมื่อทำการบ่มเสร็จแล้วนำไปกรองด้วยผ่านตะแกรงกรองขนาด 1,000, 300 และ 100 ไมโครเมตร เพื่อกรองเศษขนาดใหญ่ออก แล้วนำไปตกตะกอนในน้ำเกลือ (0.85% Normal saline) โดยใช้ sediment jar แล้วนำตะกอนที่ตกตะกอนแล้วมาตรวจหาตัวอ่อนระยะเมตาเซอร์คาเรียภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (**ภาพที่ 2**) เพื่อตรวจหาและนับปริมาณของเมตาเซอร์คาเรีย



ภาพที่ 2 ตัวอ่อนพยาธิใบไม้ในระยะเมตาเซอร์คาเรีย ในปลาไส้ตันตาแดง จากพื้นที่หนองหาร ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (30X)

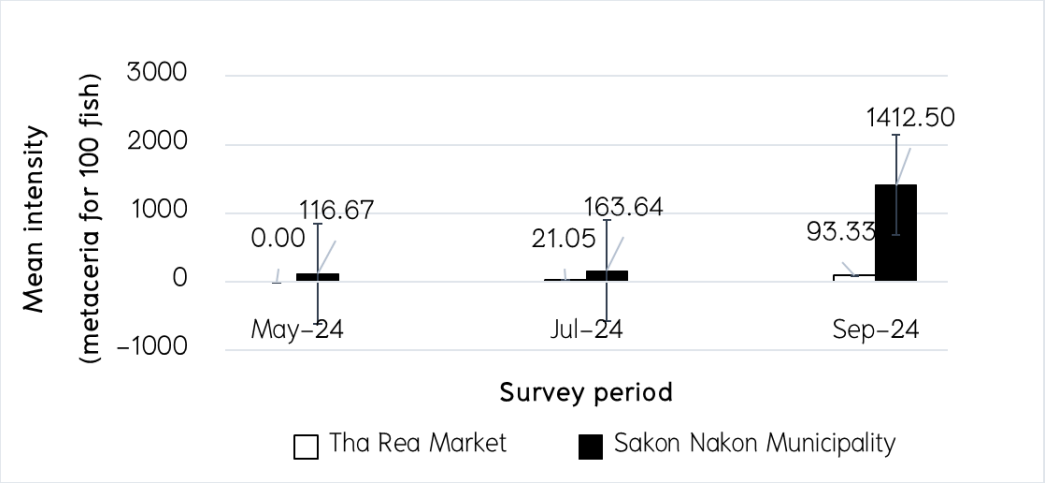
การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้สถิติเชิงพรรณนา (ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) จาก MS Excel ประเมินปริมาณของเมตาเซอร์คาเรียที่พบโดยหาจากความหนาแน่นเฉลี่ย (mean intensity) และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุทกวิทยาและความหนาแน่นของเมตาเซอร์คาเรีย โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน (p<0.05)

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

โดยทั่วไปในระยะเวลาประมาณ 3 เดือนคนในชุมชนสามารถใช้ปลาประมาณ 100 ตัว ในการแปรรูปเป็นอาหารท้องถิ่น อาทิเช่น ปลาร้า ปลาส้ม ดังนั้นโอกาสที่จะได้รับเมตาเซอร์คาเรียได้ ในการศึกษาครั้งนี้จึงวิเคราะห์ความสัมพันธ์ความหนาแน่นของเมตาเซอร์คาเรียในปลา 100 ตัว กับปัจจัยอุทกวิทยา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน และน้ำเก็บกัก

จากการศึกษาความหนาแน่นเฉลี่ย (mean intensity) ของเมตาเซอร์คาเรียในปลาไส้ตันตาแดง เป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยพบการติดเชื้อตัวอ่อนระยะเมตาเซอร์คาเรียในปลาไส้ตันตาแดงที่ได้จากตลาดเทศบาลเมืองสกลนครสูงกว่าปลาไส้ตันตาแดงที่ได้จากตลาดท่าแร่ และพบว่าในเดือนกันยายน (ปลายฤดูฝน) มีความหนาแน่นของเมตาเซอร์คาเรียในปลาไส้ตันตาแดงโดยเฉลี่ยสูงที่สุด (1,412.5 เมตาเซอร์คาเรียในปลา 100 ตัว) รองลงมาคือเดือนกรกฎาคม (กลางฤดูฝน) (163.64 เมตาเซอร์คาเรียในปลา 100 ตัว) และในเดือนพฤษภาคม (ต้นฤดูฝน) พบความหนาแน่นของเมตาเซอร์คาเรียโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ในขณะที่ปลาไส้ตันตาแดงที่ได้จากตลาดท่าแร่ไม่พบการติดเชื้อตัวอ่อนในระยะเมตาเซอร์คาเรีย (**ภาพที่ 3**)

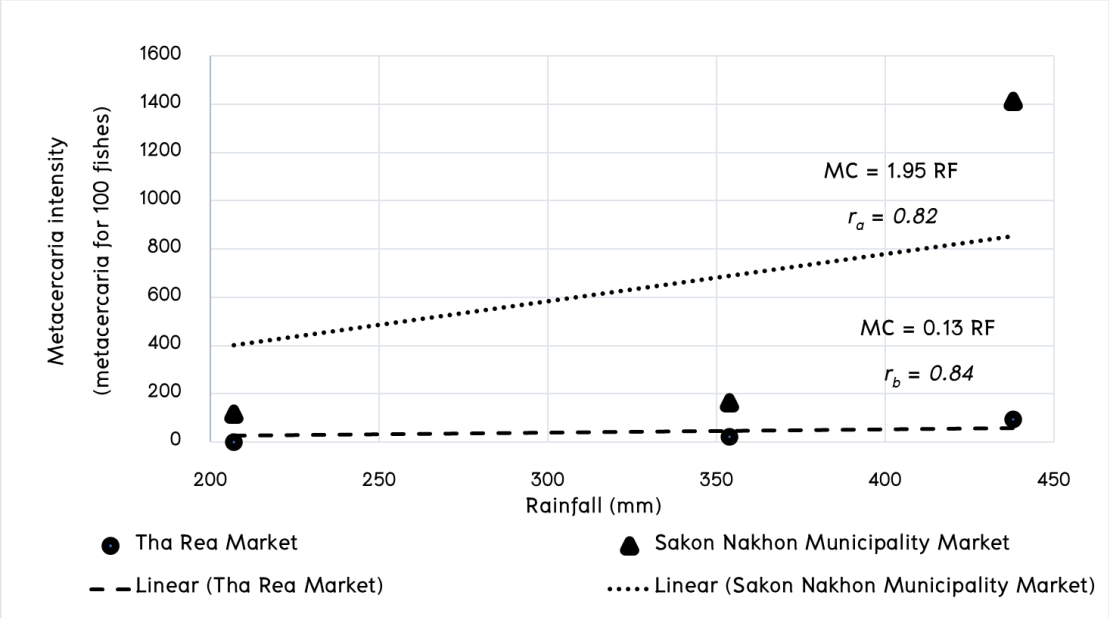


ภาพที่ 3 ความหนาแน่นเฉลี่ยของเมตาเซอร์คาเรียในปลา 100 ตัว (Mean intensity; metacercaria for 100 fishes) ในเดือนพฤษภาคม ถึง กันยายน พ.ศ.2567

จากการวิเคราะห์ความหนาแน่นเฉลี่ยของเมตาเซอร์คาเรียในภาพรวมในเดือนพฤษภาคม (ช่วงต้นฤดูฝน) เดือนกรกฎาคม (กลางฤดูฝน) และเดือนกันยายน (ปลายฤดูฝน) แสดงให้เห็นว่าการติดเชื้อส่วนใหญ่เกิดขึ้นในช่วงเดือนกันยายน ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝนและ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ วัชริยา (2554) Sithithaworn *et al.* (1997) Sukontason *et al.* (1999) และNoikong *et al.* (2011) โดยพบว่าการติดเชื้อของเมตาเซอร์คาเรียจะมีความรุนแรงสูง

ในช่วงหลังฤดูฝนถึงฤดูหนาว (เดือนสิงหาคมถึงมกราคม) และพบความรุนแรงน้อยกว่าในฤดูร้อนและต้นฤดูฝน (กุมภาพันธ์ถึงกรกฎาคม) อาจเนื่องมาจากช่วงฤดูน้ำแดงของจังหวัดสกลนคร อยู่ระหว่างวันที่ 16 พฤษภาคม ถึง 15 สิงหาคม พ.ศ.2567 (กรมประมง, 2567) เป็นช่วงที่สัตว์น้ำมีการเลี้ยงตัวอ่อนและห้ามจับสัตว์น้ำ จึงทำให้สัตว์น้ำมีความอุดมสมบูรณ์สูง และปลาไส้ตันตาแดงเป็นปลาที่พบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำขนาดเล็ก อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ คลอง ทั้งน้ำนิ่งและน้ำไหล มีการกินอาหารทั้งพืช ทั้งสัตว์ (omnivore) เช่น หอย แมลง แพลงก์ตอน และเศษซากสารอินทรีย์ (สิทธิและสาวิกา, 2553) ซึ่งหอยและลูกปลาเป็นเจ้าบ้านระยะต้นของตัวอ่อนพยาธิใบไม้ จึงทำให้ปลาในช่วงนี้มีโอกาสติดตัวอ่อนพยาธิใบไม้ระยะเมตาเซอร์คาเรียได้มากกว่าช่วงอื่นๆ และแหล่งน้ำที่ใกล้แหล่งชุมชนมีโอกาสพบตัวอ่อนพยาธิใบไม้เยอะกว่าแหล่งน้ำอื่น เนื่องมาจากเป็นแหล่งสมสมเชื้อโรคและของเสียมากมาย (Sukontason *et al.*, 1999)

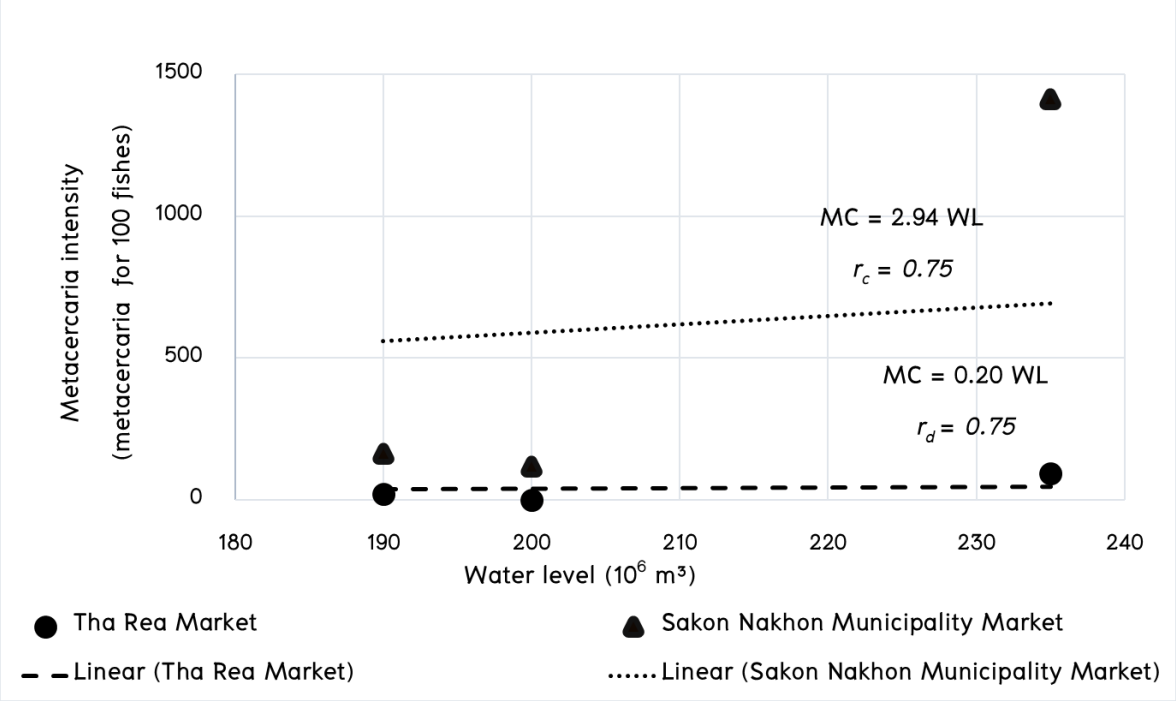
ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและความหนาแน่นของเมตาเซอร์คาเรียในปลาไส้ตันตาแดงที่ตลาดท่าแร่และตลาดเทศบาลเมืองสกลนคร มีความสัมพันธ์ดังสมการ MC = 1.95 RF (r_a = *0.82*) และ MC = 0.13 RF (r_b = *0.84*) ตามลำดับ (**ภาพที่ 4**) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำเก็บกักและความหนาแน่นของเมตาเซอร์คาเรียในปลาไส้ตันตาแดงที่ตลาดท่าแร่และตลาดเทศบาลเมือง มีความสัมพันธ์ดังสมการ MC = 2.94 WL (r_c = *0.75*) และ MC = 0.20 WL (r_d = *0.75*) ตามลำดับ (**ภาพที่ 5**) จากการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำเก็บกักมีบทบาทต่อความหนาแน่นของเมตาเซอร์คาเรีย โดยมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและความหนาแน่นเฉลี่ยของเมตาเซอร์คาเรียสำหรับปลา 100 ตัว ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2567

r_a , r_b คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและความหนาแน่นโดยเฉลี่ยของเมตาเซอร์คาเรีย ในตลาดท่าแร่และตลาดเมืองสกลนคร ตามลำดับ

r_c , r_d คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำเก็บกักและความหนาแน่นโดยเฉลี่ยของเมตาเซอร์คาเรีย ในตลาดท่าแร่และตลาดเมืองสกลนคร ตามลำดับ



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำเก็บกักและความหนาแน่นของเมตาเซอร์คาเรียสำหรับปลา 100 ตัว ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2567

r_a , r_b คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและความหนาแน่นโดยเฉลี่ยของเมตาเซอร์คาเรีย ในตลาดท่าแร่และตลาดเทศบาลเมืองสกลนคร ตามลำดับ

r_c , r_d คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำเก็บกักและความหนาแน่นโดยเฉลี่ยของเมตาเซอร์คาเรีย ในตลาดท่าแร่และตลาดเทศบาลเมืองสกลนคร ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น ($r_a = 0.82$, $r_b = 0.84$, $r_c = 0.75$ และ $r_d = 0.75$) สะท้อนให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำเก็บกัก มีบทบาทต่อความหนาแน่นเมตาเซอร์คาเรียในระดับสูง ถ้าหากปริมาณน้ำฝนและน้ำกักเก็บเพิ่มมากขึ้นภายในพื้นที่หนองหาร โอกาสที่ตัวอ่อนของพยาธิใบไม้ระยะเมตาเซอร์คาเรียเพิ่มมากตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Wiwanitkit (2005) ที่รายงานว่าปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นอาจกระตุ้นการแพร่กระจายของตัวอ่อนพยาธิใบไม้ในระยะเมตาเซอร์คาเรียได้ เนื่องจากในช่วงที่มีปริมาณของน้ำที่มากอาจไปกัดเซาะพื้นที่ชายฝั่งในชุมชนและพัดพาไข่พยาธิใบไม้ที่อยู่ในอุจจาระไหลลงสู่แหล่งน้ำ ไข่พยาธิก็จะพัฒนาตัวอ่อนจนเป็นระยะเมตาเซอร์คาเรีย นอกจากนี้การที่ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำกักเก็บเพิ่มสูงขึ้นยังไปเอื้อการแพร่กระจายของตัวอ่อนระยะเซอร์คาเรีย (ระยะตัวอ่อนว่ายน้ำอิสระ) และเพิ่มอัตราการเผชิญหน้ากับโฮสต์กึ่งกลาง ทำให้โฮสต์ของพยาธิใบไม้ ได้แก่ หอยน้ำจืด และปลาน้ำจืด มีโอกาสติดเชื้อของตัวอ่อนเมตาเซอร์คาเรียเพิ่มมากขึ้น (Wiroonpan *et al.*, 2022) เมื่อคนบริโภคปลาที่มีตัวอ่อนพยาธินี้เข้าไปก็จะเสี่ยงต่อการเป็นโรคพยาธิใบไม้ และอาจนำไปสู่การเป็นโรคมะเร็งท่อน้ำดีได้

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาการติดเชื้อเมตาเซอร์คาเรียในปลาไส้ตันตาแดง (*Cyclocheilichthys apogon*) ในพื้นที่รอบหนองหาร ได้แก่ ตลาดท่าแร่ และตลาดเทศบาลเมืองสกลนคร เป็นจำนวน 3 เดือน คือ เดือนพฤษภาคม (ต้นฤดูฝน) เดือนกรกฎาคม (กลางฤดูฝน) และเดือนกันยายน (ปลายฤดูฝน) พบการติดเชื้อตัวอ่อนพยาธิใบไม้ในระยะเมตาเซอร์คาเรียในปลาไส้ตันตาแดงสูงที่สุด ในเดือนกันยายน (ปลายฤดูฝน) และต่ำที่สุดในเดือนพฤษภาคม (ต้นฤดูฝน) และพบว่าปลาไส้ตันตาแดง ในตลาดเทศบาลเมืองสกลนคร มีความหนาแน่นของเมตาเซอร์คาเรีย สูงกว่าปลาไส้ตันตาแดงที่ได้จากตลาดท่าแร่ และจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและความหนาแน่นของเมตาเซอร์คาเรียในปลาไส้ตันตาแดง และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกักเก็บในบึงหนองหารและความหนาแน่นของเมตาเซอร์คาเรียในปลาไส้ตันตาแดง พบว่าปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำกักเก็บที่มากขึ้นส่งผลต่อการแพร่กระจายของเมตาเซอร์คาเรียในปลาไส้ตันตาแดงของทั้ง 2 ตลาด ให้มากขึ้นตามไปด้วย

ดังนั้น ผลจากการศึกปัจจัยต่างๆในข้างต้น ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยด้านฤดูกาล ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำกักเก็บล้วนเป็นตัวแปรสำคัญที่สามารถส่งผลต่อการแพร่กระจายของเมตาเซอร์คาเรียได้ โดยเฉพาะในช่วงปลายฤดูฝน ต้นฤดูหนาว ควรมีการระมัดระวังในการบริโภคปลาน้ำจืดเกล็ดขาว ในวงศ์ปลาตะเพียน (cyprinid fish) เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ตัวอ่อนพยาธิใบไม้ระยะเมตาเซอร์คาเรียมีการแพร่ระบาดมากกว่าช่วงเวลาอื่น หากมีการรับประทานเข้าไปแบบแบบกึ่งสุกกึ่งดิบ เช่นก้อยปลา ลาบปลา ปลาส้มดิบ และส้มตำปลาร้า ก็อาจทำให้เสี่ยงต่อการติดพยาธิและสามารถก่อให้เกิดโรคมะเร็งในท่อน้ำดีตามมา ดังนั้น เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรคจึงควรปรุงปลาให้สุกก่อนบริโภค หรือหากนำมาแช่แข็งก็ควรแช่แข็งที่อุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 5 วัน รวมถึงการหมักด้วยความเค็ม ที่ระดับความเค็ม 41.2 ppt ขึ้นไป เป็นเวลา 2 วัน (Kaenjampa, 2017) หรือหมักที่ระดับความเค็มน้อยลง แต่ระยะเวลาในการหมักก็ควรนานมากขึ้น ก็จะปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสกลนคร ที่สนับสนุนและช่วยเหลือในการจัดหาตัวอย่างปลา และให้คำปรึกษาในข้อมูลต่างๆ และผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ใช้สถานที่ในการปฏิบัติงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. (2567). กรมประมงประกาศ ฤดูน้ำแดง 2567 เริ่ม 16 พ.ค. นี้ เพื่อคุ้มครองสัตว์น้ำจืด สร้างความยั่งยืนให้ระบบนิเวศ ตามนโยบาย รมว.เกษตรฯ. สืบค้นจาก **https://www4.fisheries.go.th**

กรรณิการ์ แก้วจันต๊ะ และ อดุลย์ศักดิ์ วิจิตร. (2564). เมตาเซอร์คาเรียในปลาน้ำจืดที่อ่างเก็บน้ำแม่นึง อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง ประเทศไทย. **วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 10**, ปีที่ 19 ฉบับที่ 1, หน้า 59–70.

กองโรคติดต่อทั่วไป, กรมควบคุมโรค, กระทรวงสาธารณสุข. (2565). รายงานประจำปี 2564. สืบค้นจาก **https://ddc.moph.go.th/uploads/ckeditor2//files/report_y2564.pdf**

จิตรานนท์ โกสีย์รัตนาภิบาล และ กิตติยา ไกรยราช. (2566). ความรู้และพฤติกรรมการป้องกันโรคพยาธิใบไม้ตับของประชาชนกลุ่มเสี่ยงในจังหวัดสกลนคร. **วารสารโรงพยาบาลนครพนม**, ปีที่ 10 ฉบับที่ 2, หน้า 1–17.

ณรงค์ จันทร์แก้ว. (2565). **แผนการพัฒนาระบบบริการสุขภาพสาขาโรคพยาธิใบไม้ตับและมะเร็งท่อน้ำดี ปี 2565-2569 เขตสุขภาพที่ 8**. (เอกสารประกอบการประชุมคณะกรรมการเขตสุขภาพที่ 8 ครั้งที่ 2). 21 หน้า. อุดรธานี: สำนักงานเขตสุขภาพที่ 8.

ธีรวัตน วลัยเสถียร, เกษร แถวโนนงิ้ว, เชิดพงษ์ มงคลสินธุ์, สุมาลี จันทลักษณ์, วราพร สุดบุญมา, ศุจินันท์ ตรีเดช, อนุชา มลาลัย, ณัฐกิตต์ โคตรมะ, ธนะชัย จำรัสไว, สนธยา กลิ่นทัต และ ช่อมาลา อุทัยอินทร. (2563). คนรุ่นใหม่ ร่วมใจ ขจัดภัยโรคพยาธิ และมะเร็งท่อน้ำดี. สืบค้นจาก **https://ddc.moph.go.th/uploads/publish /1149120210529085028.pdf**

ประเสริฐ ประสมรักษ์. (2562). เปรียบเทียบความชุกของการติดเชื้อพยาธิใบไม้ตับ ความรู้ และพฤติกรรป้องกันในประชากรกลุ่มเสี่ยงพื้นที่รอบแหล่งน้ำชุ่มชนชนบทและชุมชนเมือง. **ศรีนครินทร์เวชสาร**, ปีที่ 34 ฉบับที่ 6, หน้า 628-634.

วัชริยา ภูรีวิโรจน์กุล. (2554). การสำรวจชนิดของปลาที่ติดพยาธิใบไม้ระยะเมตาเซอร์คาเรียจากบางท้องที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง**, ปีที่ 5 ฉบับที่ 2, หน้า 75-86.

ศิริรัตน์ สังขรักษ์, พัชชาพันธ์ รัตนพันธ์, อาทิตย์ เพ็ชร์รักษ์, สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ. (2563). ผลกระทบของสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงต่อทรัพยากรน้ำและการจัดการ. **วารสารสิ่งแวดล้อม**, ปีที่ 24 ฉบับที่ 1, หน้า 1-8.

สถาบันพัฒนาประชาสังคม. (2562). ข้อมูลพื้นฐาน หนองหาร จังหวัดสกลนคร. สืบค้นจาก **https://www.csdi.or.th**

สิทธิ กุหลาบทอง และ สาวิกา กัลปพฤกษ์. (2553). พฤติกรรมการกินอาหารของปลาไส้ตันตาแดง (*Cyclocheilichthys apogon*) ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนา จังหวัดกาญจนบุรี. **การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 20**, มหาวิทยาลัยทักษิณ. สงขลา.

Kaenjampa P, Tangkawattana S, Smith JF, Sukon P, Tangkawattana P. (2017). Elimination of *Haplochis taichui* metacercaria in cyprinoid fish with freezing temperature and soured fish (plasom) with salinity. **Southeast Asian J Trop Med Public Health**, 48(4), 777-785.

Noikong W, Wongsawad C, Phalee A. (2011). Seasonal variation of metacercariae in cyprinoid fish from Kwea Noi Bamroongdan dam, Pitsanulok Province, Northern Thailand. **Southeast Asian J Trop Med Public Health**, 42(1), 58-62.

Sayasone S, Meister I, Andrew JR, Odermatt P, Vonghachack Y, Xayavong S, Senggnam K, Phongluxa K, Hattendorf J, Bogosh II, Keiser J. (2017). Efficacy and safety of praziquantel against light infections of *Opisthorchis viverrine*: a randomized parallel single-blind dose-ranging trial. **Clinical Infectious Diseases**, 64(4), 451-458.

Sithithaworn P, Pipitgool V, Srisawangwong T, Elkins DB, Haswell-Ekins MR. (1997). Seasonal variation of *Opisthorchis viverrine* infection in cyprinoid fish in north-east Thailand: implications for parasite control and food safety. **Bulletin of the World Health Organization**, 75(2), 125-131.

Srisawangwong T, Sithithaworn P, Tesana S. (1997). Metacercariae isolated from cyprinoid fishes in Khon Kaen district by digestion technic. **Southeast Asian J Trop Med Public Health**, 28(1), 224–226.

Sukontason K, Piangjai S, Muangyimpong Y, Sukontason K, Methanitikorn R, Chaithong U. (1999). Prevalence of trematode metacercariae in cyprinoid fish of Ban Poa district, Chiang Mai Province, Northern Thai. **Southeast Asian J Trop Med Public Health**, 30(2), 365–370.

Wiroonpan P, Chontananarth T, Chai JY, Purivirotkul W. (2022). High diversity of trematode metacercariae that parasitize freshwater gastropods in Bangkok, Thailand, and their infective situations, morphologies and phylogenetic relationships. **Parasitology**, 149(7), 913–933.

Wiwanitkit V. (2005). The relation between rainfall and the prevalence of metacercariae in freshwater fish in Thailand. **Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health**, 36(4), 120–122.

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นแสมทะเลในป่าชายเลนจังหวัดชลบุรีโดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

Estimating carbon sequestration of *avicennia marina* in Chonburi's mangrove forests using geoinformation Technology

ธีรนัย แจ้งกระจ่าง[1], ณัฐนนท์ เบญจธนรัตน์[1], สิทธิชัย พรมพูนพะเนา[1], ณรงค์ พลีรักษ์[1*]

Teeranai Jaengkrajang[1], Nattanon Benjathanarat[1], Sitthichai Promphunphanao[1], Narong Pleerux[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของแสมทะเล (Avicennia marina) ในพื้นที่ป่าชายเลน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ โดยใช้ข้อมูล Point cloud ที่ได้จากเครื่อง Portable Laser Scanner (PLS) และการคำนวณสมการแอลโลเมตรี ผลการศึกษาพบว่ามีจำนวนต้นแสมทะเล 3,107,901 ต้นในพื้นที่ศึกษา และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดเท่ากับ 85,320,273.78 กิโลกรัม โดยสมการแอลโลเมตรีที่คำนวณได้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง AGB และ DBH อย่างแม่นยำ ผลการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของป่าชายเลนสามารถนำไปใช้ในการกำหนดนโยบายการอนุรักษ์และฟื้นฟูพื้นที่ป่าชายเลนเพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอน ซึ่งช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาโครงการชดเชยคาร์บอนและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: สมการแอลโลเมตรี, แสมทะเล, การกับเก็บคาร์บอน, ภูมิสารสนเทศ, ป่าชายเลน

Abstract

This study aims to estimate the biomass and carbon sequestration of *Avicennia marina* mangroves in the mangrove forest of Mueang District, Chonburi Province, using geoinformatics technology. The research utilizes Point Cloud data from a Portable Laser Scanner (PLS) and allometric equation calculations. The findings reveal that the study area contains a total of 3,107,901 *Avicennia marina* trees, with a total carbon sequestration of 85,320,273.78 kilograms. The allometric equation developed demonstrates a precise relationship between AGB (Above-Ground Biomass) and DBH (Diameter at Breast Height). The results of assessing carbon sequestration in mangrove forests can be utilized to formulate conservation and restoration policies for mangrove areas to enhance carbon storage, thereby helping to reduce greenhouse gas emissions. Additionally, this data serves as a fundamental basis for developing carbon offset projects and promoting sustainable natural resource management.

Keywords: Allometric equation, *Avicennia marina*, Carbon Sequestration, Geoinformatics mangrove forest

[1] สาขาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี 20131

[1] Major of Geography and Geoinformatics, Faculty of Humanities and Social Sciences, Burapha University, Chon Buri, 20131

*Corresponding author : narong_p@go.buu.ac.th

บทนำ

สถานการณ์ของป่าชายเลนในประเทศไทยกำลังเผชิญกับทั้งโอกาสและความท้าทาย ในปัจจุบันป่าชายเลนในประเทศไทยกำลังได้รับความสนใจในฐานะพื้นที่สำคัญสำหรับการอนุรักษ์และการพัฒนาที่ยั่งยืน มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการกักเก็บคาร์บอน ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งจากคลื่นและลมพายุ นอกจากนี้ ป่าชายเลนยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำและพืชหลายชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและระบบนิเวศ อย่างไรก็ตาม ป่าชายเลนในประเทศไทยกำลังประสพปัญหาการบุกรุกพื้นที่เพื่อการพัฒนาชายฝั่งและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ส่งผลให้พื้นที่ป่าลดลงอย่างต่อเนื่อง (Sudtongkong & Webb, 2008) การฟื้นฟูป่าชายเลนได้เริ่มมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการปลูกป่าและการใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการจัดการพื้นที่ (Giri et al., 2011) นอกจากนี้ ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้น ยังคงเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่กระทบต่อความยั่งยืนของป่าชายเลน (Alongi, 2002) การฟื้นฟูและการจัดการป่าชายเลนต้องได้รับการสนับสนุนจากทั้งชุมชนและหน่วยงานภาครัฐ เพื่อรักษาความสมดุลของระบบนิเวศและประโยชน์ทางเศรษฐกิจในระยะยาว (ถาวร ศรีศักดา, 2560)

ป่าชายเลนในจังหวัดชลบุรีมีความสำคัญในด้านการกักเก็บคาร์บอนและการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งจากคลื่นทะเล และเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำสำคัญหลายชนิด เช่น ปลา ปู และกุ้ง ป่าชายเลนในชลบุรีประสบปัญหาจากการบุกรุกพื้นที่เพื่อการพัฒนา เช่น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และโครงการท่องเที่ยว ส่งผลให้พื้นที่ป่าชายเลนลดลงอย่างต่อเนื่อง (Chua, 2013) โดยมีปัจจัยเสริม ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลยังเป็นภัยคุกคามต่อระบบนิเวศป่าชายเลน (Gilman et al., 2008)

การนำภูมิสารสนเทศ (Geoinformatics) มาใช้ในการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในป่าชายเลนมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากช่วยในการจัดทำแผนที่การกระจายตัวของป่าชายเลนในพื้นที่ต่าง ๆ สามารถวิเคราะห์พื้นที่การกักเก็บคาร์บอนได้อย่างแม่นยำ (Fatoyinbo et al., 2008) ภูมิสารสนเทศยังมีบทบาทสำคัญในการประเมินมวลชีวภาพ (Biomass) ของป่าชายเลนผ่านภาพถ่ายดาวเทียมและการใช้เครื่องมือ LiDAR ทำให้สามารถคำนวณปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Lucas et al., 2006; Kovacs et al., 2011) นอกจากนี้ ภูมิสารสนเทศยังเชื่อมโยงกับการหาสมการแอลโลเมตรี (Allometric Equation) ที่ใช้ในการคำนวณมวลชีวภาพของป่าชายเลนโดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับข้อมูลภาคสนาม (Komiyama et al., 2005) สมการแอลโลเมตรีเหล่านี้ช่วยให้การประเมินมวลชีวภาพและคาร์บอนที่สะสมในต้นไม้แต่ละชนิดของป่าชายเลนมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น (Chave et al., 2005; Kauffman et al., 2011) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อรวมกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้จากการใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศทำให้สามารถคำนวณการกักเก็บคาร์บอนในระดับภูมิภาคได้อย่างละเอียด (Simard et al., 2019) และยังสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าชายเลนและมวลชีวภาพได้ในระยะยาว (Murdiyarso et al., 2015; Sasmito et al., 2020) ดังนั้น การใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล เช่น ภาพถ่ายจากดาวเทียม รวมกับการสำรวจข้อมูลภาคสนามด้วยเครื่อง Portable Laser Scanner (PLS) เพื่อหาสมการแอลโลเมตรีสำหรับการประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของป่าชายเลนมีข้อดีหลายประการเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ ได้แก่ สามารถประมวลผลพื้นที่ขนาดใหญ่ด้วยความแม่นยำสูง และลดความจำเป็นในการสำรวจภาคสนามซึ่งต้องใช้แรงงาน เวลา และงบประมาณมาก นอกจากนี้ ยังให้ข้อมูลที่ละเอียดและสอดคล้องกับพื้นที่จริงมากขึ้น ซึ่งมีความสำคัญสำหรับการประเมินและอนุรักษ์ระบบนิเวศป่าชายเลนที่มีความซับซ้อน (Xie et al., 2023; Jiang et al., 2022).

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของแสมทะเล โดยประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ได้แก่ การสำรวจและเก็บข้อมูล Point Cloud ของต้นแสมทะเลด้วยเครื่อง Portable Laser

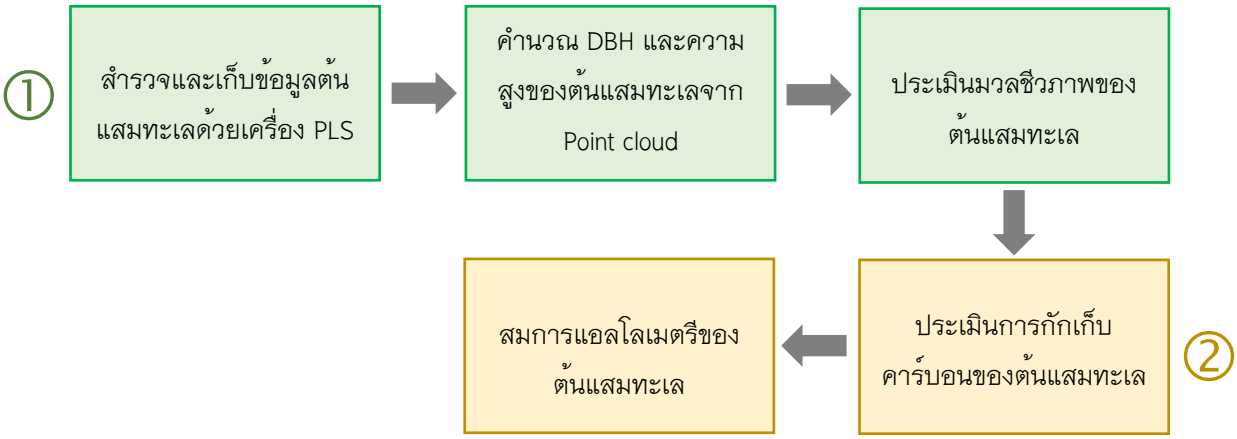
Scanner (PLS) และคำนวณสมการแอลโลเมตรีของแสมทะเล พื้นที่ศึกษา ได้แก่ ป่าชายเลนที่อยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ผลการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการกำหนดนโยบายการอนุรักษ์และฟื้นฟูพื้นที่ป่าชายเลนเพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอน ซึ่งช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาโครงการชดเชยคาร์บอนและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

ประเมินมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของแสมทะเลในอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

งานวิจัยนี้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การประเมินมวลชีวภาพของแสมทะเลจากข้อมูล Point cloud ที่ได้จากการสำรวจด้วยเครื่อง PLS จากนั้นคำนวณความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at Breast Height: DBH) และความสูงต้นแสมทะเลจาก Point Cloud ต่อมาเป็นงานส่วนที่ 2 คือ การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของแสมทะเล และคำนวณสมการแอลโลเมตรีของแสมทะเลที่อยู่ในพื้นที่ป่าชายเลน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

อุปกรณ์ ข้อมูล และขั้นตอนการดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1.1 ฮาร์ดแวร์ ได้แก่

1.1.1 คอมพิวเตอร์

1.1.2 เครื่อง GPS

1.1.3 Portable Laser Scanner (PLS) (รุ่น LiGrip H120) ใช้สำหรับเก็บข้อมูล Point cloud ของแสมทะเล และตัวควบคุม Portable Laser Scanner

1.1.4 กล้องถ่ายรูป

1.2 ซอฟท์แวร์ ได้แก่

1.2.1 Microsoft Word และ Microsoft Excel

1.2.2 ซอฟท์แวร์ทางภูมิสารสนเทศ

1.2.3 ซอฟท์แวร์ประมวลผลข้อมูล Point cloud ได้แก่ Cloud Compare, Leica Infinity และ Command Python ใช้สร้างสมการแอลโลเมตรี

2. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ข้อมูลจำนวนต้นแสมทะเล ได้จากการนับต้นแสมทะเลจากแปลงตัวอย่างขนาด 10 x 10 เมตร จำนวน 16 แปลง ซึ่งจะถูกนำไปใช้สำหรับการประเมินจำนวนต้นแสมทะเลในพื้นที่ศึกษา

2.2 ข้อมูล Point cloud ของแสมทะเลที่ได้จากการสำรวจและเก็บข้อมูลด้วยเครื่อง PLS

2.3 ข้อมูลแผนที่แสมทะเลในอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ได้รับความอนุเคราะห์จากโครงการวิจัย เรื่อง การจัดการระบบนิเวศป่าชายเลนในจังหวัดชลบุรีอย่างยั่งยืนด้วยแนวคิดบลูคาร์บอนและเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา (2567)

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การสำรวจและนับจำนวนต้นแสมทะเล

3.1.1 กำหนดขนาดของแปลงตัวอย่างเท่ากับ 10 × 10 เมตร จำนวน 16 แปลง โดยแต่ละแปลงกระจายทั่วพื้นที่ศึกษา

3.1.2 สร้างแปลงตัวอย่างโดยใช้เชือกขึงเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10 × 10 เมตร จากนั้นนับจำนวนต้นแสมทะเลและบันทึกผล เก็บข้อมูลจำนวนต้นแสมทะเลจนครบทั้ง 16 แปลง

3.1.3 คำนวณต้นแสมทะเลเฉลี่ยต่อแปลง

3.2 การสำรวจแสมทะเลด้วยเครื่อง PLS

3.2.1 สำรวจพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนในพื้นที่ศึกษาเบื้องต้นเพื่อกำหนดขอบเขตแปลงตัวอย่างเฉพาะพื้นที่ที่มีต้นแสมทะเลเท่านั้น

3.2.2 วางแผนการสำรวจโดยกำหนดแปลงตัวอย่างขนาด 20 x 20 เมตร จำนวน 3 แปลง สำหรับสำรวจและเก็บข้อมูล Point cloud ของต้นแสมทะเล

3.2.3 ลงพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูลต้นแสมทะเลในพื้นที่แปลงตัวอย่างด้วยเครื่อง PLS จนครบ 3 แปลง ข้อมูลที่ได้จากเครื่อง PLS อยู่ในรูปแบบ Point Cloud

3.3 การประเมินมวลชีวภาพของแสมทะเล

3.3.1 จากการสำรวจต้นแสมทะเลด้วยเครื่อง PLS ข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบ Point Cloud ขั้นตอนต่อมาทำการคัดเลือกต้นแสมทะเลที่สมบูรณ์จากแปลงตัวอย่าง 3 แปลง ๆ ละ 15 ต้น รวมทั้งสิ้น 45 ต้น ด้วยโปรแกรม Cloud Compare จากนั้นตัดแบ่งต้นแสมทะเลออกเป็นท่อน ๆ ด้วยเครื่องมือ Segment และทำการปรับแต่งและลบ Point Cloud ส่วนเกินออกจนเหลือเฉพาะต้นแสมทะเลที่สมบูรณ์

3.3.2 การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก หรือ DBH ณ ระดับความสูงเหนือพื้นดิน 1.35 เมตร ด้วยเครื่องมือ Cross Section และ Point Picking ในโปรแกรม Cloud Compare

3.3.3 คำนวณค่า AGB ของต้นแสมทะเลแต่ละท่อนด้วยเครื่องมือ Stockpile ในโปรแกรม Leica Infinity ทั้งนี้ AGB ที่ได้ในขั้นตอนนี้เป็นค่า AGB ก่อนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน กำหนดให้เป็น AGB_{bef}

3.3.4 การคำนวณค่า AGB ด้วยวิธีการนี้จะต้องปรับแก้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากอุปกรณ์ โดยนำค่า 0.1405 คูณกับค่า AGB ของต้นแสมทะเลที่คำนวณได้จากข้อ 3.3.3 (กำหนดให้เป็นค่า AGB คลาดเคลื่อน หรือ AGB_{adj}) จากนั้นนำค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้นี้ไปลบออกจากค่า AGB ที่คำนวณได้จากข้อ 3.3.3 โดยกำหนดให้ AGB ที่ได้ในขั้นตอนนี้เป็น AGB หลังการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อน หรือ AGB_{aft}

3.4 การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของแสมทะเล

คำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของแสมทะเลได้ดังสมการที่ (1)

$$CO_2 = AGB \times \%C \times (44/12) \quad (1)$$

โดย CO_2 คือ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของแสมทะเล

AGB คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นที่ดินของแสมทะเล

%C คือ สัดส่วนปริมาณการกักเก็บคาร์บอนน้ำหนักแห้งของแสมทะเล (ร้อยละ 47)

44/12 คือ การแปลงคาร์บอนให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์จากน้ำหนักโมเลกุล CO_2

3.5 คำนวณสมการแอลโลเมตรีของแสมทะเล

เตรียมข้อมูล AGB และ DBH ของแสมทะเลที่คำนวณได้จากขั้นตอนก่อนหน้านี้ และจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบของ .CSV จากนั้นคำนวณสมการแอลโลเมตรีของแสมทะเลด้วยโปรแกรมและภาษา Python

ผลการศึกษา

1. จำนวนต้นแสมทะเล

จากการสำรวจและนับจำนวนต้นแสมทะเล 16 แปลง แต่ละแปลงมีขนาด 10 x 10 เมตร พบว่า มีจำนวนต้นแสมทะเลทั้งหมด 736 ต้น ดังนั้น ในพื้นที่ 10 x 10 เมตร หรือ 100 ตารางเมตร จะมีต้นแสมทะเลเฉลี่ยเท่ากับ 46 ต้น

จากข้อมูลแผนที่แสมทะเลในอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากโครงการวิจัยเรื่องการจัดการระบบนิเวศป่าชายเลนในจังหวัดชลบุรีอย่างยั่งยืนด้วยแนวคิดบลูคาร์บอนและเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา (2567) พบว่ามีพื้นที่แสมทะเลเท่ากับ 6,756,307.47 ตารางเมตร หรือ 6.76 ตารางกิโลเมตร ดังนั้น ในพื้นที่ศึกษาจึงมีต้นแสมทะเลรวมทั้งสิ้น 3,107,901 ต้น

2. ค่า AGB และ DBH ของแสมทะเล

จากข้อมูล Point Cloud ของแสมทะเลจำนวน 45 ต้น นำมาผ่านประมวลผลด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผลลัพธ์สำคัญที่ได้ คือ ค่า AGB_{bef}, AGB_{aft} และค่า DBH ของแสมทะเลแต่ละต้น

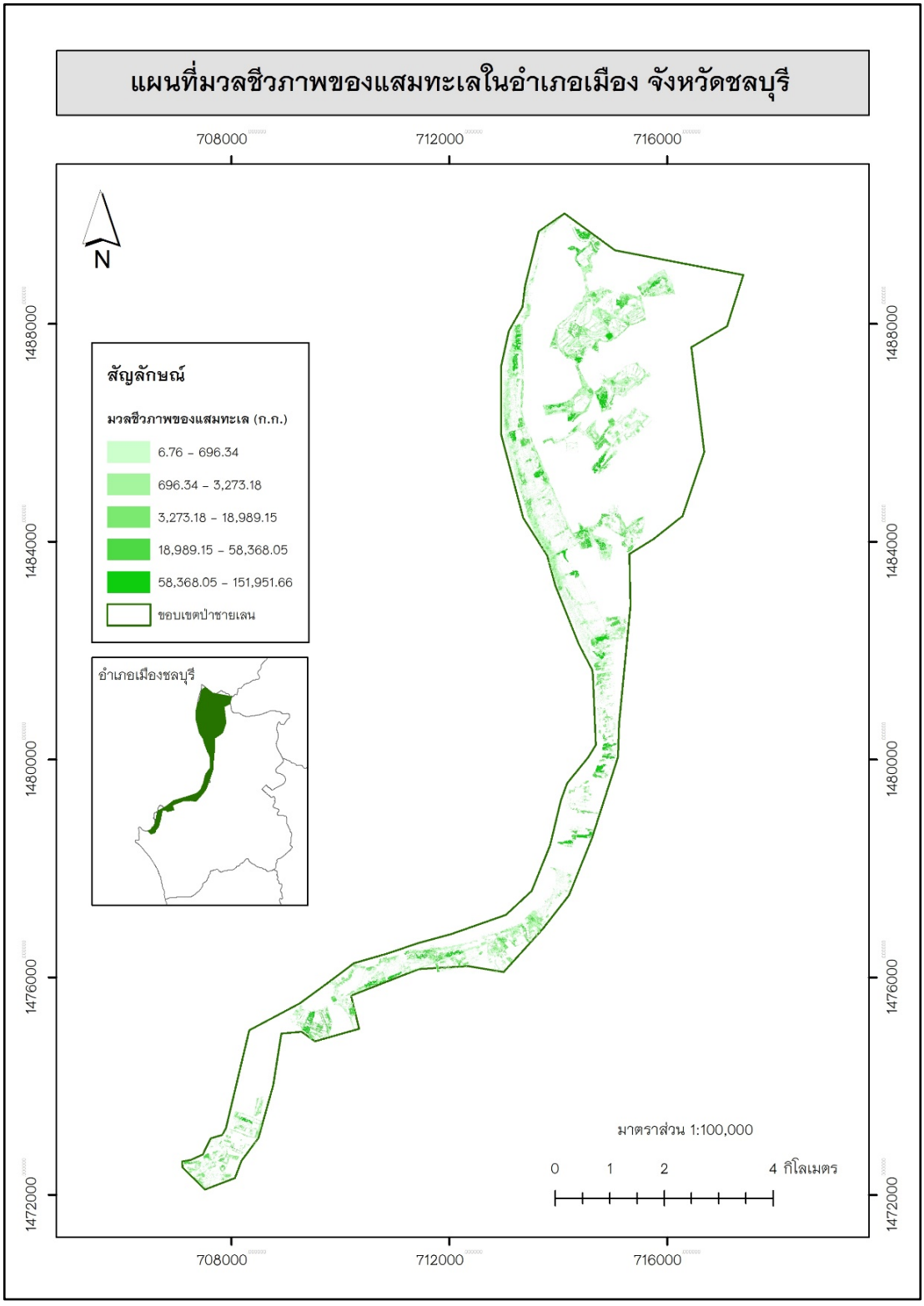
ผลการศึกษาพบว่า ต้นแสมทะเลที่มี AGB_{aft} มากที่สุด คือ ต้นหมายเลข 12 มีค่าเท่ากับ 64.45 กิโลกรัม และมีค่า DBH เท่ากับ 19.43 เซนติเมตร รองลงมาเป็นต้นแสมทะเลหมายเลข 2 มีค่า AGB_{aft} เท่ากับ 48.44 กิโลกรัม และค่า DBH เท่ากับ 18.81 เซนติเมตร และต้นแสมทะเลหมายเลข 8 มีค่า AGB_{aft} 48.01 กิโลกรัม และมีค่า DBH เท่ากับ 17.97 เซนติเมตร ส่วนต้นแสมทะเลที่มีค่า AGB_{aft} น้อยที่สุด ได้แก่ ต้นหมายเลข 29 มีค่าเท่ากับ 3.02 กิโลกรัม และมีค่า DBH เท่ากับ 6.34 เซนติเมตร จากจำนวนต้นแสมทะเลทั้ง 45 ต้น นำมาคำนวณค่าเฉลี่ยปรากฏว่า ต้นแสมทะเลในพื้นที่ศึกษามีค่า AGB_{aft} และ DBH เฉลี่ยเท่ากับ 15.93 กิโลกรัม และ 11.01 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า AGB_{bef}, AGB_{adj}, AGB_{aft} และค่า DBH

ต้นที่	AGB_{bef} (ก.ก.)	AGB_{adj} (ก.ก.)	AGB_{aft} (ก.ก.)	DBH (ซ.ม.)	ต้นที่	AGB_{bef} (ก.ก.)	AGB_{adj} (ก.ก.)	AGB_{aft} (ก.ก.)	DBH (ซ.ม.)
1	31.70	4.45	27.25	14.39	25	8.80	1.24	7.56	8.76
2	56.35	7.91	48.44	18.81	26	8.81	1.24	7.58	8.63
3	5.27	0.74	4.53	4.93	27	28.96	4.07	24.89	16.02
4	30.73	4.31	26.41	14.05	28	18.38	2.58	15.80	13.48
5	11.54	1.62	9.92	6.83	29	3.52	0.49	3.02	6.34
6	36.29	5.09	31.19	16.43	30	11.65	1.64	10.01	10.65
7	4.07	0.57	3.50	4.07	31	5.18	0.73	4.45	5.32
8	55.85	7.84	48.01	17.97	32	16.43	2.31	14.13	12.61
9	21.22	2.98	18.24	13.81	33	7.03	0.99	6.04	7.01
10	9.88	1.39	8.49	9.66	34	14.75	2.07	12.67	12.54
11	7.61	1.07	6.54	6.97	35	11.64	1.63	10.01	10.55
12	74.98	10.53	64.45	19.43	36	5.18	0.73	4.45	5.22
13	24.57	3.45	21.12	13.65	37	9.68	1.36	8.32	8.54
14	33.29	4.67	28.62	15.57	38	7.97	1.12	6.85	7.76
15	55.70	7.82	47.88	18.09	39	19.75	2.77	16.97	11.59
16	6.72	0.94	5.78	9.92	40	8.09	1.14	6.95	6.66
17	26.21	3.68	22.53	15.34	41	8.61	1.21	7.40	6.21
18	16.34	2.29	14.04	11.88	42	10.90	1.53	9.37	7.65
19	5.24	0.73	4.50	6.88	43	14.13	1.98	12.15	13.24
20	9.35	1.31	8.04	7.21	44	18.74	2.63	16.11	12.70
21	15.06	2.11	12.95	9.83	45	14.33	2.01	12.31	12.53
22	12.15	1.71	10.44	8.42	**รวม**	**834.20**	**117.12**	**717.07**	**495.57**
23	17.84	2.50	15.33	13.66	**เฉลี่ย**	**18.54**	**2.60**	**15.93**	**11.01**
24	13.78	1.93	11.84	13.76					

หมายเหตุ AGB_{bef} คือ AGB ก่อนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน AGB_{adj} คือ AGB คลาดเคลื่อน และAGB_{aft} คือ AGB หลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน

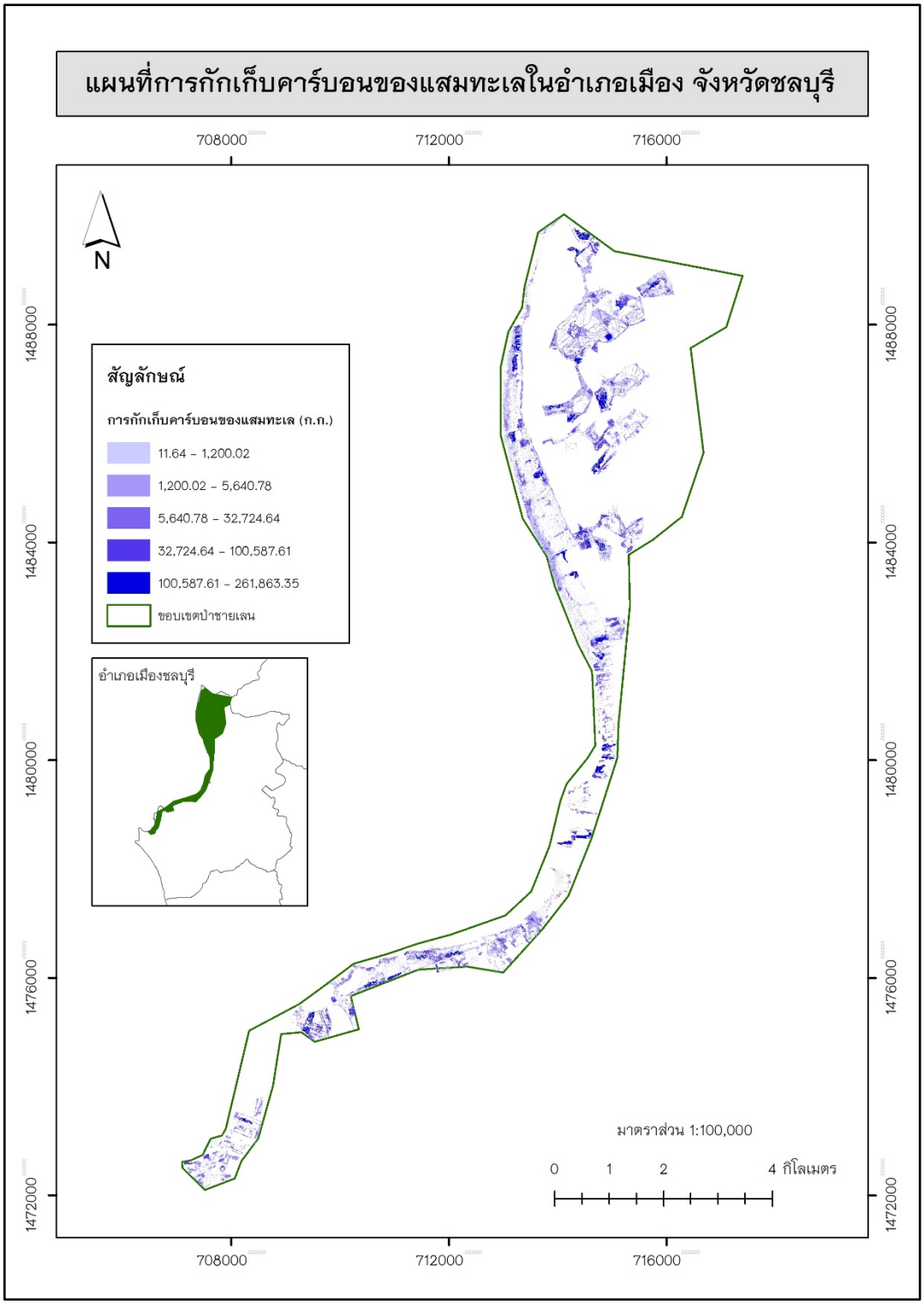
พื้นที่ป่าชายเลนในอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี มีต้นแสมทะเลจำนวน 3,107,901 ต้น ทั้งนี้จากตารางที่ 1 พบว่า AGB เฉลี่ยของต้นแสมทะเลมีค่าเท่ากับ 15.93 กิโลกรัม ดังนั้น จึงสามารถประเมินค่า AGB ของต้นแสมทะเลในพื้นที่ศึกษาได้เท่ากับ 45,508,862.93 กิโลกรัม ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 มวลชีวภาพเหนือพื้นที่ (AGB) ของแสมทะเลในพื้นที่ป่าชายเลน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

3. ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของแสมทะเล

ภาพที่ 3 แสดงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของแสมทะเลในพื้นที่ศึกษา โดยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 85,320,273.78 กิโลกรัม หรือ 27.45 กิโลกรัม/ต้น



ภาพที่ 3 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของแสมทะเลในพื้นที่ป่าชายเลน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

4. สมการแอลโลเมตรีของแสมทะเล

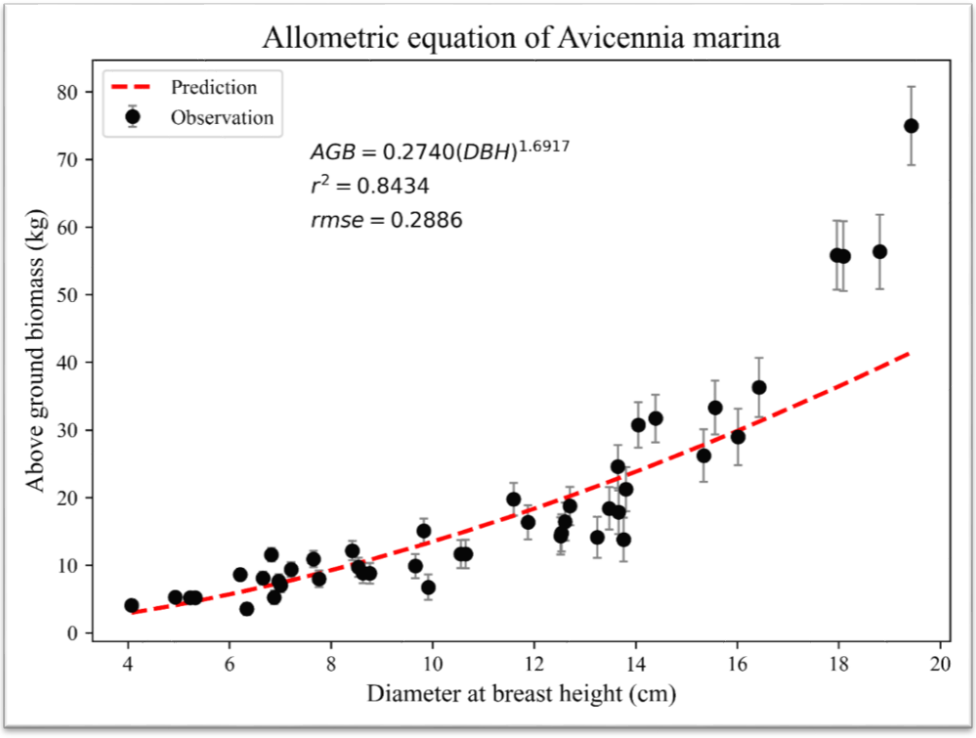
จากการคำนวณสมการแอลโลเมตรีของแสมทะเลด้วยความสัมพันธ์ระหว่างค่า AGB และ DBH ในพื้นที่ป่าชายเลน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี พบว่า ค่า AGB และ DBH มีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับดี พิจารณาได้จากค่า r^2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.8434 และมี rmse เท่ากับ 0.2886 (ภาพที่ 4) ดังนั้น สมการแอลโลเมตรีที่ได้จากการวิจัยนี้จึงมีความถูกต้องสูง สามารถนำไปใช้ในการประเมินมวลชีวภาพของต้นแสมทะเลมีลักษณะใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษาได้เป็นอย่างดี สมการแอลโลเมตรีของแสมทะเลแสดงได้ดังสมการที่ (2)

$$AGB = 0.2740(DBH)^{1.6917} \quad (2)$$

โดย AGB คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นแสมทะเล

DBH คือ ความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นแสมทะเล

0.2740 และ 1.6917 คือ เป็นค่าคงที่ (Coefficients) ของต้นแสมทะเลซึ่งได้จากการวิจัยนี้



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า AGB, DBH และสมการแอลโลเมตรีของแสมทะเลในป่าชายเลน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

สรุปผลและอธิปรายผล

การประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการวิเคราะห์ข้อมูล Point Cloud ในการคำนวณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของแสมทะเล โดยการใช้เครื่อง Portable Laser Scanner (PLS) และสมการแอลโลเมตรีที่พัฒนาขึ้นทำให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำ สามารถนำไปใช้ในการประเมินปริมาณคาร์บอนในระบบนิเวศป่าชายเลนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อมูลเหล่านี้มีความสำคัญต่อการอนุรักษ์และจัดการป่าชายเลนในระยะยาว รวมถึงการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าการใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการประยุกต์ข้อมูล Point Cloud ที่ได้จาก PLS นั้น ทำให้สามารถประเมินการกักเก็บคาร์บอนในต้นแสมทะเลได้อย่างถูกต้อง โดยเฉพาะสมการแอลโลเมตรีที่พัฒนาขึ้นจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในพื้นที่จริง ความสัมพันธ์ระหว่าง AGB และ DBH มีความสอดคล้องกันในระดับสูง ซึ่งสนับสนุนผลการศึกษาของ Komiyama et al. (2008) ที่ระบุว่าสมการแอลโลเมตรีสามารถใช้คำนวณมวลชีวภาพของป่าชายเลนได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสอดคล้องกับการใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในงานวิจัยของ Fatoyinbo et al. (2008) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมและการใช้ LiDAR ในการวิเคราะห์มวลชีวภาพของป่าชายเลน

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Giri et al. (2011) ที่ใช้ข้อมูลดาวเทียมในการประเมินป่าชายเลนทั่วโลก การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้เครื่องสแกนแบบ PLS ช่วยให้การประเมินมีความละเอียดและแม่นยำยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในระดับท้องถิ่น ข้อมูลเชิงลึกที่ได้จากการสำรวจภาคสนามช่วยเสริมความแม่นยำในการคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอน และสอดคล้องกับการศึกษาของ Chave et al. (2005) ที่ระบุว่าการใช้สมการแอลโลเมตรีควบคู่กับข้อมูลภาคสนามมีความสำคัญอย่างยิ่งในการประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าเขตร้อน งานวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศมาประยุกต์ในการจัดการและอนุรักษ์ป่าชายเลนได้ อย่างไรก็ดี ควรมีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อทดสอบความแม่นยำของสมการแอลโลเมตรีในพื้นที่ป่าชายเลนประเภทอื่น ๆ และการเปรียบเทียบกับการใช้เทคโนโลยีอื่น เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อประเมินประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ต่าง ๆ ได้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง การจัดการระบบนิเวศป่าชายเลนในจังหวัดชลบุรีอย่างยั่งยืนด้วยแนวคิดบลูคาร์บอนและเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยบูรพา งบประมาณกองทุนวิจัยและพัฒนา ประจำปี พ.ศ. 2567

เอกสารอ้างอิง

ถาวร ศรีศักดา. (2560). การฟื้นฟูป่าชายเลนในประเทศไทย: แนวทางการจัดการและบทเรียนจากภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. **วารสารวิจัยทรัพยากรธรรมชาติ**, 12(1), 45–56.

Alongi, D. M. (2002). Present state and future of the world's mangrove forests. **Environmental Conservation**, 29(3), 331–349.

Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.–P., Nelson, B. W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B. & Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, 145(1), 87–99.

Chua, T. E. (2013). Coastal and marine management in Southeast Asia: Balancing environmental and socio–economic goals. **Ocean & Coastal Management**, 85, 248–256.

Fatoyinbo, T. E., Simard, M., Washington–Allen, R. A., & Shugart, H. H. (2008). Landscape–scale extent, height, biomass, and carbon estimation of Mozambique's mangrove forests with Landsat ETM+ and Shuttle Radar Topography Mission elevation data. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, 113(G2).

Gilman, E. L., Ellison, J., Duke, N. C., & Field, C. (2008). Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review. **Aquatic Botany**, 89(2), 237–250.

Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L. L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., ... & Duke, N. (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography**, 20(1), 154–159.

Jiang, S., Zhang, H., & Nguyen, T. (2022). Estimating biomass and carbon storage in mangroves using Portable Laser Scanners and allometric models. **Remote Sensing of Environment**, 267, 112734.

Kauffman, J. B., Heider, C., Cole, T. G., Dwire, K. A., & Donato, D. C. (2011). Ecosystem carbon stocks of Micronesian mangrove forests. **Wetlands**, 31(2),343–352.

Komiyama, A., Poungparn, S., & Kato, S. (2005). Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. **Journal of Tropical Ecology**, 21(4), 471–477.

Komiyama, A., Ong, J. E., & Poungparn, S. (2008). Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. **Aquatic Botany**, 89(2), 128–137.

Kovacs, J. M., Wang, J., & Blanco-Correa, M. (2011). Mapping mangrove leaf area index at the species level using IKONOS and LAI-2000 sensors for the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 91(3), 545–555.

Lucas, R. M., Mitchell, A. L., Rosenqvist, A., Proisy, C., Melius, A., & Ticehurst, C. (2006). The potential of L-band SAR for quantifying mangrove characteristics and change: Case studies from the tropics. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, 16(3), 233–249.

Murdiyarso, D., Donato, D., Kauffman, J. B., Stidham, M., & Kanninen, M. (2015). Carbon storage in mangrove and peatland ecosystems: A preliminary analysis. **Center for International Forestry Research (CIFOR)**.

Sasmito, S. D., Murdiyarso, D., Friess, D. A., & Kurnianto, S. (2020). Mangrove blue carbon stocks and dynamics are controlled by hydrogeomorphic settings and land-use change. **Global Change Biology**, 26(5), 3028–3039.

Simard, M., Fatoyinbo, T. E., Smetanka, C. M., Rivera-Monroy, V. H., Castaneda-Moya, E., Thomas, N., & Van der Stocken, T. (2019). Mangrove canopy height globally related to precipitation, temperature and cyclone frequency. **Nature Geoscience**, 12(1), 40–45.

Sudtongkong, C., & Webb, E. L. (2008). Outcomes of state-vs. community-based mangrove management in southern Thailand. **Ecology and Society**, 13(2), 27.

Xie, X., Wu, Y., & Li, J. (2023). Assessment of carbon sequestration in coastal ecosystems using remote sensing and LiDAR. **Journal of Coastal Research**, 39(2), 231–245.

ประเมินศักยภาพการกักเก็บ คาร์บอนของสวนยางพาราเพื่อการวางแผนส่งเสริมคาร์บอนเครดิตจังหวัดเชียงราย

The evaluation of carbon stock potential in rubber plantations for the extension of carbon credits planning in Chiang Rai Province

ณัฐวุฒิ ผลกุศล[1] และ สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ[1*]

Natthawut Phonkusol[1] และ Sukthai Pongpattanasiri[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ปลูกยางพาราในจังหวัดเชียงรายเพื่อประเมินมูลค่าคาร์บอนเครดิตเพื่อจัดทำแผนที่นำร่องในการส่งเสริมการประเมินมูลค่าคาร์บอนเครดิต โดยข้อมูลพื้นที่ปลูกยางพาราในจังหวัดเชียงรายมีพื้นที่ทั้งหมด 351,266 ไร่ มีปริมาณคาร์บอนในต้นยางพารา 4,872,072.83 tco_2e มีมูลค่าคาร์บอนเครดิต 1,411,488,219 บาท เป็นพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์ 126,403.75 ไร่ มีปริมาณคาร์บอนในต้นยางพารา 1,820,968.43 tco_2e มีมูลค่าคาร์บอนเครดิต 527,552,763 บาท พื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธ์ 224,862.25 ไร่ มีปริมาณคาร์บอนในต้นยางพารา 3,051,104.41 tco_2e มีมูลค่าคาร์บอนเครดิต 883,935,458 บาท มีการแบ่งโซนพื้นที่ปลูกยางพาราเพื่อส่งเสริมการประเมินคาร์บอนเครดิตทั้งหมด 3 โซน

คำสำคัญ: คาร์บอนเครดิต, การจัดการสวนยางพารา, การกักเก็บคาร์บอน

Abstract

This research aims to analyze rubber plantation areas in Chiang Rai province to assess carbon credit value and develop a pilot map to promote carbon credit valuation. The total rubber plantation area in Chiang Rai province is 351,266 rai, with a carbon stock in rubber trees of 4,872,072.83 tCO2e and a carbon credit value of 1,411,488,219 baht. Of this total, 126,403.75 rai has land titles, with a carbon stock of 1,820,968.43 tCO_2e and a carbon credit value of 527,552,763 baht. The remaining 224,862.25 rai without land titles has a carbon stock of 3,051,104.41 tCO_2e and a carbon credit value of 883,935,458 baht. The rubber plantation areas have been divided into 3 zones to promote carbon credit assessment.

Keywords: Carbon credit, Rubber plantation management, Carbon stock

[1] School of Energy and Environmen, University of Phayao, Phayao, 56000

[1] คณะวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[*] Corresponding author: sukthai_po@up.ac.th

บทนำ

ในปัจจุบันทั่วทุกภูมิภาคบนโลกนี้ต่างเผชิญกับความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศซึ่งมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยในพื้นที่ต่างๆ สูงขึ้น ส่งผลให้ในบางพื้นที่เกิดพายุที่มีความรุนแรงและมีฝนตกหนักเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันบางพื้นที่มีสภาพอากาศแห้งแล้ง นักวิทยาศาสตร์ได้ลงความเห็นพ้องตรงกันว่าทั้งหมดนี้ล้วนเป็นผลที่เกิดจากภาวะโลกร้อน ซึ่งอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น การคมนาคมขนส่ง การผลิต การบริโภคและอุปโภค เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมต่างๆ เหล่านี้ล้วนส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide: CO_2) ซึ่งมีปริมาณมากอยู่ในชั้นบรรยากาศโดยปกติ CO_2 ถูกจัดการให้อยู่ในสมดุลของธรรมชาติโดยกระบวนการทางธรรมชาติ เช่น การดูดซับและกักเก็บในรูปของมวลชีวภาพในต้นไม้ แต่ในปัจจุบันปริมาณ CO_2 ในอากาศมีปริมาณมากเกินกว่าที่ต้นไม้จะดูดซับไว้ได้หมด

การดูดซับและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในต้นไม้ถูกส่งเสริมเป็นแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบการปลูกป่าหรือเพิ่มพื้นที่สีเขียว โดยมีรายงานความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนจากสวนยางพาราเท่ากับ 8.11–30.99 ตัน CO_2eq/rai(ระวีวรรณ,2555)นอกจากยางพารายังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยทั้งนี้พบว่าความต้องการยางพาราและยางแผ่นมีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อันเนื่องมาจากการขยายตัวของเศรษฐกิจไทยและของโลก จากข้อมูลสถิติการส่งออกยางพารา ปี พ.ศ. 2536 มีการส่งออกประมาณ 1.4 ล้านตัน และเพิ่มเป็น 2.5 ล้านต้นในปี พ.ศ. 2546 ในปี พ.ศ. 2553 มีการส่งออกถึง 2.8 ล้านตัน (สานักงานกองทุนสงเคราะห์การทาสวนยาง, 2554)

จากพื้นที่ส่งเสริมการปลูกยางพาราและระยะเวลาส่งเสริมตั้งแต่ 2536 ทำให้หน่วยงานต่างๆเล็งเห็นความสำคัญในการใช้ประโยชน์สวนยางพาราเพื่อเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนตลอดจนส่งเสริมการซื้อขายคาร์บอนเครดิตจะเห็นได้จากการที่ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO) ร่วมกับ การยางแห่งประเทศไทย (กยท.) ลงนามบันทึกข้อตกลงความร่วมมือ “การพัฒนาโครงการบริหารจัดการคาร์บอนเครดิต”ภายใต้ความร่วมมือนี้ TGO จะส่งเสริมและสนับสนุนการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (T-VER) และคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยที่ กยท. จะนำพื้นที่ปลูกยางของ กยท. ไปขึ้นทะเบียนโครงการ T-VER ด้านการเกษตรและป่าไม้ รวมทั้งรับรองและคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดหรือกักเก็บได้เพื่อเป็น“คาร์บอนเครดิต”

ซึ่งโครงการที่ TGO การยางแห่งประเทศไทย ดำเนินการสามารถเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรนอกเหนือจากรายได้หลักที่ได้จากการจำหน่ายน้ำยางพาราซึ่งช่วงอายุที่สามารถเริ่มกรีดน้ำยางได้อยู่ที่อายุ 7 ปีและเมื่อถึงอายุ 25 ปี จะไม่สามารถให้น้ำยางที่มีคุณภาพตามที่ตลาดต้องการได้เกษตรกรนิยมตัดโค่นต้นยางพาราเพื่อจำหน่ายเป็นไม้ยางพาราเพื่อรอการแปรรูปต่อไป ในทางกลับกันหากพิจารณาความสามารถในการกักเก็บและดูดซับก๊าซเรือนกระจกซึ่งสามารถประเมินคาร์บอนเครดิตเพื่อขายคาร์บอนเครดิตเพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรสวนยางพาราได้ซึ่งช่วงอายุที่ต้นยางพาราเหมาะสมสำหรับการประเมินคาร์บอนเครดิตมากที่สุดจะอยู่ในช่วงอายุ 1–15 ปี ซึ่งในช่วงอายุนี้ 1–15 ปี ยังสามารถมีผลผลิตน้ำยางพาราได้อีกอย่างน้อยอีก 10 ปี และประเมินคาร์บอนเครดิตของต้นยางพาราก่อนที่จะโค่นต้นยางพาราซึ่งทำให้ทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นช่องทางในการเพิ่มมูลค่าและดูแลรักษาให้กับพื้นที่สวนยางพาราในจังหวัดเชียงรายอย่างไรก็ตามในพื้นที่เชียงรายยังไม่เคยมีการประเมินความเหมาะสมของบริเวณสวนยางพาราที่ควรส่งเสริมและวางแผนการค้าคาร์บอนเครดิตในพื้นที่นำร่องต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่สวนยางพาราแต่ละช่วงอายุ

วิธีการศึกษา

บทนี้จะเป็นวิธีการดำเนินในการประมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกของพื้นที่สวนยางพาราของจังหวัดเชียงรายและประมาณการมูลค่าคาร์บอนเครดิตของพื้นที่สวนยางพาราของจังหวัดเชียงราย

1. รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

1.1 ข้อมูลพื้นที่ปลูกยางพาราจังหวัดเชียงราย(ข้อมูลจากการยางแห่งประเทศไทย)

- พื้นที่ปลูกยางพารา ช่วงอายุ 1-5 6-10 11-15 16-20 21-25 26+ ปี
- พื้นที่ปลูกยางพาราจังหวัดเชียงรายที่มีเอกสารสิทธิ์(ไร่)
- พื้นที่ปลูกยางพาราจังหวัดเชียงรายที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์(ไร่)

1.2 ข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนของต้นยางพาราแต่ละช่วงอายุ(ข้อมูลจาก ระวี เจียรวิภาและคณะ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปี 55)

ช่วงอายุต้นยางพารา (ปี)	ปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกของต้นยางพารา (tCO_2e)
1-5	1.07
6-10	1.34
11-15	1.21
16-20	1.08
21-26+	0.96

1.3 ข้อมูลการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในต้นยางพารา

- สมการแอลโลเมตรีประเมินมวลชีวภาพกลุ่มพรรณไม้ทั่วไป

$W_S = 0.0396 (D^2H)^{0.933}$

$W_B = 0.00349 (D^2H)^{1.030}$

$W_L=(28/(WS+ WB+0.025))^{-1}$

$W_T = W_S + W_B + W_L$

หมายเหตุ W_S = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กก.)

W_B = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กก.)

W_L = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กก.)

W_T =มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กก.)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (ซม.)

H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

– ปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$) =

มวลชีวภาพรวม(kg/ไร่) = ขนาดพื้นที่โครงการ (ไร่) x มวลชีวภาพของต้นไม้ (kg)

ปริมาณคาร์บอนของพื้นที่ปลูกยางพารา (kgC/ไร่) = มวลชีวภาพรวม (kg/ไร่) x 0.47 (kgC)

ปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$) = ปริมาณคาร์บอนของพื้นที่ปลูกยางพารา (kgC/ไร่) x (44/12) ($kgCO_2eq$)

ค่าสัดส่วนคาร์บอน = 0.47 ค่ามวลโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอน= 44/12

2. ประเมินการกักเก็บคาร์บอนโดยใช้ค่าเฉลี่ยการกักเก็บ

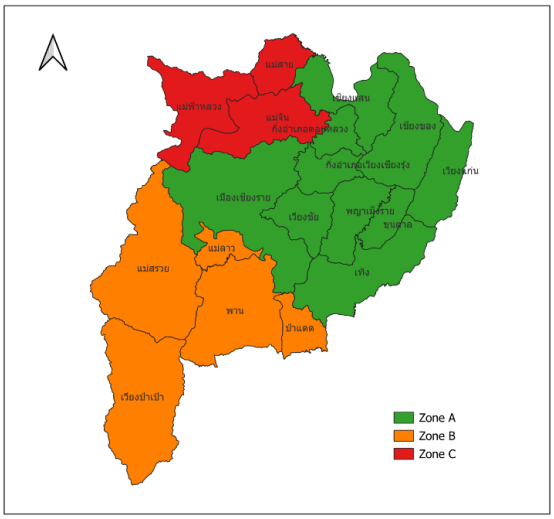
ค่าการกักเก็บคาร์บอนต้นยางพารา (tCO_2e) = พื้นที่ปลูกยางพาราแต่ละช่วงอายุ (ไร่) x ค่าปริมาณการกักคาร์บอนของต้นยางพาราแต่ละช่วงอายุ (tCO_2e)

3. คำนวณมูลค่าคาร์บอนเครดิต

มูลค่าคาร์บอนเครดิต (บาท) = ค่าการกักเก็บคาร์บอนต้นยางพารา(tCO_2e) x ราคาคาร์บอนเครดิตใน Carbon market (บาท)

4. จัดโซนนิ่งพื้นที่ตามความเหมาะสมเพื่อการส่งเสริมการประเมินคาร์บอนเครดิต

การแบ่งโซนพื้นที่เพื่อบริหารจัดการแบ่งออกเป็น 3 โซน โดยแบ่งจากความหนาแน่นของพื้นที่ปลูกยางพาราและอำเภอที่ติดกัน ดังนี้ โซน A มี 10 อำเภอ ประกอบด้วย อ.เมืองเชียงราย อ.เวียงชัย อ.เชียงของ อ.เทิง อ.เชียงแสน อ.พญาเม็งราย อ.เวียงแก่น อ.ขุนตาล อ.เวียงเชียงรุ้ง อ.ดอยหลวง โซน B มี 5 อำเภอ ประกอบด้วย อ.พาน อ.แม่สรวย อ.เวียงป่าเป้า อ.แม่ลาว อ.ป่าแดด โซน C มี 3 อำเภอ ประกอบด้วย อ.แม่ฟ้าหลวง อ.แม่สาย อ.แม่จัน



รูป 2 การจัดโซนนิ่งพื้นที่ตามความเหมาะสมในการประเมินคาร์บอน

ที่มา : ผู้วิจัย

ผลการศึกษา

ตาราง 1 พื้นที่ปลูกต้นยางพาราแต่ละช่วงอายุ

โซนพื้นที่	จังหวัดเชียงราย	พื้นที่ปลูกต้นยางพาราแต่ละช่วงอายุ(ไร่)						รวมพื้นที่ทุกช่วงอายุ(ไร่)	ร้อยละของแต่ละพื้นที่
		1–5(ปี)	6–10(ปี)	11–15(ปี)	16–20(ปี)	21–25(ปี)	26+(ปี)		
A	มีเอกสารสิทธิ์	4,346.80	2,838.85	33,431.75	59,462.10	5,416.35	378.60	105,874.45	36.29
	ไม่มีเอกสารสิทธิ์	16,237.05	14,548.71	68,743.84	77,451.45	8,107.40	749.70	185,838.15	63.71
	รวมโซน	20,583.85	17,387.56	102,175.59	136,913.55	13,523.75	1,128.30	291,712.60	100.00
B	มีเอกสารสิทธิ์	1,163.00	417.30	4,214.80	5,985.40	700.70	126.60	12,607.80	34.42
	ไม่มีเอกสารสิทธิ์	3,717.05	1,522.05	9,654.85	8,202.55	872.55	55.55	24,024.60	65.58
	รวมโซน	4,880.05	1,939.35	13,869.65	14,187.95	1,573.25	182.15	36,632.40	100.00
C	มีเอกสารสิทธิ์	191.25	127.90	4,426.95	2,869.70	228.35	77.35	7,921.50	34.56
	ไม่มีเอกสารสิทธิ์	1,812.70	1,300.40	5,651.40	5,709.85	511.40	13.75	14,999.50	65.44
	รวมโซน	2,003.95	1,428.30	10,078.35	8,579.55	739.75	91.10	22,921.00	100.00
	มีเอกสารสิทธิ์	5,701.05	3,384.05	42,073.50	68,317.20	6,345.40	582.55	126,403.75	35.99
	ไม่มีเอกสารสิทธิ์	21,766.80	17,371.16	84,050.09	91,363.85	9,491.35	819.00	224,862.25	64.01
	รวมทั้งจังหวัด	27,467.85	20,755.21	126,123.59	159,681.05	15,836.75	1,401.55	351,266.00	100.00
	ร้อยละมีเอกสารสิทธิ์	20.76	16.30	33.36	42.78	40.07	41.56	35.99	
	ร้อยละไม่มีเอกสารสิทธิ์	79.24	83.70	66.64	57.22	59.93	58.44	64.01	

จากตาราง 1 จะเห็นได้ว่าพื้นที่ปลูกยางพาราในจังหวัดเชียงรายมีพื้นที่ทั้งหมด 351,266 ไร่ เป็นพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์ 126,403.75 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 35.99 ของพื้นที่ทั้งหมด เป็นพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธ์ 224,862.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 64.01 ของพื้นที่ทั้งหมด มีการแบ่งโซนพื้นที่ปลูกยางพาราเพื่อส่งเสริมการประเมินคาร์บอนเครดิตทั้งหมด 3 โซน ได้แก่ โซน A มีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมด 291,712.60 ไร่ เป็นพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์ 105,874.45 ไร่คิดเป็นร้อย 36.29 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ 185,838.15 ไร่ คิดเป็นร้อย 63.71 ของพื้นที่ทั้งหมด โซน B มีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมด 36,632.40 ไร่ เป็นพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์ 12,607.80 ไร่คิดเป็นร้อย 34.42 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ไม่มี

เอกสารสิทธิ์ 24,024.60 ไร่ คิดเป็นร้อย 65.58 ของพื้นที่ทั้งหมดโซน C มีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมด 22,921.00 ไร่ เป็นพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์ 7,921.50 ไร่คิดเป็นร้อย 34.56 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ 14,999.50 ไร่ คิดเป็นร้อย 65.44 ของพื้นที่ทั้งหมด

ตาราง 2 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นยางพาราแต่ละช่วงอายุ

จังหวัดเชียงราย		ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นยางพาราแต่ละช่วงอายุ(tco_2e)						รวมพื้นที่ทุกช่วงอายุ	ร้อยละของแต่ละพื้นที่
		1–5(ปี)	6–10(ปี)	11–15(ปี)	16–20(ปี)	21–25(ปี)	26+(ปี)		
A	มีเอกสารสิทธิ์	92,658.78	15,096.30	376,204.60	1,065,915.68	55,264.52	12,375.91	1,617,515.79	37.53
	ไม่มีเอกสารสิทธิ์	346,066.52	77,348.89	773,564.96	1,388,414.69	82,724.30	24,512.05	2,692,631.40	62.47
	รวมโซน	438,725.31	92,445.19	1,149,769.56	2,454,330.37	137,988.82	36,887.96	4,310,147.20	100.00
B	มีเอกสารสิทธิ์	1,894.47	1,357.08	24,780.16	50,927.69	5,065.75	929.70	84,954.84	37.06
	ไม่มีเอกสารสิทธิ์	6,055.47	4,949.05	56,760.34	69,782.64	6,307.74	408.00	144,263.24	62.94
	รวมโซน	7,949.94	6,306.13	81,540.50	120,710.34	11,373.49	1,337.69	229,218.08	100.00
C	มีเอกสารสิทธิ์	728.72	1,072.33	60,368.96	52,349.13	5,387.51	1,456.07	121,362.73	36.48
	ไม่มีเอกสารสิทธิ์	6,909.90	10,909.06	77,051.85	104,150.51	12,064.74	258.77	211,344.83	63.52
	รวมโซน	7,638.62	11,981.39	137,420.82	156,499.64	17,452.25	1,714.84	332,707.56	100.00
	มีเอกสารสิทธิ์	94,315.56	18,049.43	456,608.62	1,168,552.96	66,842.59	16,599.27	1,820,968.43	37.38
	ไม่มีเอกสารสิทธิ์	359,998.31	92,683.28	912,122.25	1,562,987.38	99,971.96	23,341.22	3,051,104.41	62.62
	รวมทั้งจังหวัด	454,313.87	110,732.71	1,368,730.87	2,731,540.34	166,814.56	39,940.49	4,872,072.83	100.00
	ร้อยละพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์	20.76	16.30	33.36	42.78	40.07	41.56	37.38	
	ร้อยละพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์	79.24	83.70	66.64	57.22	59.93	58.44	62.62	

จากตาราง 2 จะเห็นได้ว่าปริมาณคาร์บอนในต้นยางพาราในจังหวัดเชียงรายมีปริมาณทั้งหมด 4,872,072.83 $tco2_e$ ปริมาณคาร์บอนในต้นยางพาราพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์ 1,820,968.43 $tco2_e$ คิดเป็นร้อยละ 37.38 ของพื้นที่ทั้งหมด ปริมาณคาร์บอนในต้นยางพาราพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธ์ 3,051,104.41 $tco2_e$ คิดเป็นร้อยละ 62.62 ของพื้นที่ทั้งหมด มีการแบ่งโซนพื้นที่ปลูกยางพาราเพื่อส่งเสริมการประเมินคาร์บอนเครดิตทั้งหมด 3 โซน ได้แก่ โซน A ปริมาณคาร์บอนในต้นยางพาราทั้งหมด 4,310,147.20 $tco2_e$ ปริมาณคาร์บอน

ในต้นยางพาราพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์ 1,617,515.79 $tco2_e$ คิดเป็นร้อย 37.53 ของพื้นที่ทั้งหมด ปริมาณคาร์บอนในต้นยางพาราพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ 2,692,631.40 $tco2_e$ คิดเป็นร้อย 62.47 ของพื้นที่ทั้งหมด โซน B ปริมาณคาร์บอนในต้นยางพาราทั้งหมด 229,218.08 $tco2_e$ ปริมาณคาร์บอนในต้นยางพาราพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์ 84,954.84 $tco2_e$ คิดเป็นร้อย 37.06 ของพื้นที่ทั้งหมด ปริมาณคาร์บอนในต้นยางพาราพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ 144,263.24 $tco2_e$ คิดเป็นร้อย 62.94 ของพื้นที่ทั้งหมด โซน C ปริมาณคาร์บอนในต้นยางพาราทั้งหมด 332,707.56 $tco2_e$ ปริมาณคาร์บอนในต้นยางพาราพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์ 121,362.73 $tco2_e$ คิดเป็นร้อย 36.48 ของพื้นที่ทั้งหมด ปริมาณคาร์บอนในต้นยางพาราพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ 211,344.83 $tco2_e$ คิดเป็นร้อย 63.52 ของพื้นที่ทั้งหมด

ตาราง 3 มูลค่าคาร์บอนเครดิตของต้นยางพาราแต่ละช่วงอายุ

	จังหวัดเชียงราย	มูลค่าคาร์บอนเครดิตของต้นยางพาราแต่ละช่วงอายุ(บาท)						รวมพื้นที่ทุกช่วงอายุ	ร้อยละของแต่ละพื้นที่
		1–5(ปี)	6–10(ปี)	11–15(ปี)	16–20(ปี)	21–25(ปี)	26+(ปี)		
A	มีเอกสารสิทธิ์	26,844,175	4,373,549	108,990,234	308,806,431	16,010,684.09	3,585,424	468,610,499	37.53
	ไม่มีเอกสารสิทธิ์	100,258,931	22,408,746	224,109,504	402,237,619	23,966,056.95	7,101,386	780,082,242	62.47
	รวมโซน	127,103,109	26,782,295	333,099,739	711,044,051	39,976,741.04	10,686,810	1,248,692,745	100.00
B	มีเอกสารสิทธิ์	548,84	393,159	7,179,060	14,754,261	1,467,598.43	269,343	24,612,266	37.06
	ไม่มีเอกสารสิทธิ์	1,754,330	1,433,789	16,444,038	20,216,728	1,827,415.36	118,201	41,794,503	62.94
	รวมโซน	2,303,177	1,826,948	23,623,098	34,970,992	3,295,013.79	387,542	66,406,769	100.00
C	มีเอกสารสิทธิ์	211,117	310,664	17,489,491	15,166,066	1,560,815.52	421,838	35,159,996	36.48
	ไม่มีเอกสารสิทธิ์	2,001,867	3,160,463	22,322,691	30,173,444	3,495,275.83	74,968	61,228,710	63.52
	รวมโซน	2,212,984	3,471,128	39,812,185	45,339,510	5,056,091.35	496,806	96,388,707	100.00
	มีเอกสารสิทธิ์	27,324,160	5,229,100	132,284,083	338,541,478	19,364,966.75	4,808,974	527,552,763	37.38
	ไม่มีเอกสารสิทธิ์	104,295,110	26,851,273	264,250,937	452,813,073	28,962,876.53	6,762,184	883,935,458	62.62
	รวมทั้งจังหวัด	131,619,271	32,080,373	396,535,020	791,354,551	48,327,846	11,571,159	1,411,488,219	100.00
	ร้อยละพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์	20.76	16.30	33.36	42.78	40.07	41.56	37.38	
	ร้อยละพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์	79.24	83.70	66.64	57.22	59.93	58.44	62.62	

จากตาราง 3 จะเห็นได้ว่ามูลค่าคาร์บอนเครดิตของต้นยางพาราในจังหวัดเชียงรายมีมูลค่าทั้งหมด 1,411,488,219 บาท มูลค่าคาร์บอนเครดิตของต้นยางพาราพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์ 527,552,763 บาท คิดเป็นร้อยละ 37.38 ของพื้นที่ทั้งหมด มูลค่าคาร์บอนเครดิตต้นยางพาราพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธ์ 883,935,458 บาท คิดเป็นร้อยละ 62.62 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่โซน A มูลค่าคาร์บอนเครดิตของต้นยางพาราทั้งหมด 1,248,692,745 บาท มูลค่าคาร์บอนเครดิตของต้นยางพาราพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์ 468,610,499 บาท คิดเป็นร้อย 37.53 ของพื้นที่ทั้งหมด มูลค่าคาร์บอนเครดิตของต้นยางพาราพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ 780,082,242 บาท คิดเป็นร้อย 62.47 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่โซน B มูลค่าคาร์บอนเครดิตของต้นยางพาราทั้งหมด 66,406,769 บาท มูลค่าคาร์บอนเครดิตของต้นยางพาราพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์ 24,612,266 บาท คิดเป็นร้อย 37.06 ของพื้นที่ทั้งหมด มูลค่าคาร์บอนเครดิตของต้นยางพาราพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ 41,794,503 บาท คิดเป็นร้อย 62.94 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่โซน C มูลค่าคาร์บอนเครดิตของต้นยางพาราทั้งหมด 96,388,707 บาท มูลค่าคาร์บอนเครดิตของต้นยางพาราพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์ 35,159,996 บาท คิดเป็นร้อย 36.48 ของพื้นที่ทั้งหมด มูลค่าคาร์บอนเครดิตของต้นยางพาราพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ 61,228,710 บาท คิดเป็นร้อย 63.52 ของพื้นที่ทั้งหมด

สรุปผลการทดลอง

จากข้อมูลพื้นที่ปลูกยางพาราในจังหวัดเชียงรายมีพื้นที่ทั้งหมด 351,266 ไร่ มีปริมาณคาร์บอนในต้นยางพารา 4,872,072.83 $tco2_e$ มีมูลค่าคาร์บอนเครดิต 1,411,488,219 บาท เป็นพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์ 126,403.75 ไร่ มีปริมาณคาร์บอนในต้นยางพารา 1,820,968.43 $tco2_e$ มีมูลค่าคาร์บอนเครดิต 527,552,763 บาท พื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธ์ 224,862.25 ไร่ มีปริมาณคาร์บอนในต้นยางพารา 3,051,104.41 $tco2_e$ มีมูลค่าคาร์บอนเครดิต 883,935,458 บาท มีการแบ่งโซนพื้นที่ปลูกยางพาราเพื่อส่งเสริมการประเมินคาร์บอนเครดิตทั้งหมด 3 โซน

ข้อเสนอแนะงานวิจัย

1. พื้นที่ที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ไม่สามารถขายคาร์บอนเครดิตได้แต่ต้นยางพารายังมีการกักเก็บคาร์บอนในต้นยางเป็นการดูแลระบบนิเวศโดยรอบได้

2. ในพื้นที่ที่มีการประเมินคาร์บอนเครดิตไม่สามารถตัดต้นยางได้เป็นการลดการโค่นต้นยางพาราก่อนเวลาหมดผลผลิตเป็นการลดการเกิดภูเขาหัวโล้นได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก อาจารย์ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุขทัย พงษ์พัฒนศิริ หัวหน้าศูนย์วิจัยพลังงานทดแทนและสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยพะเยา ช่วยอำนวยความสะดวกในการลงพื้นที่เก็บข้อมูล และขอขอบคุณการยางแห่งประเทศไทยที่ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลและอนุเคราะห์ข้อมูล งานวิจัย ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ ผู้ศึกษาค้นคว้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

การยางแห่งประเทศไทย (2567). **ข้อมูลพื้นที่ปลูกยางพาราจังหวัดเชียงราย.** กรุงเทพฯ: การยางแห่งประเทศไทย

ระวี เจียรวิภา (2555). **การประเมินการเก็บกักคาร์บอนและรายได้จากการชดเชยคาร์บอนในสวนยางพารา,** วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 17 (2555) 2 : 91–102. https://ojs.lib.buu.ac.th/index.php/science/article/view/2662

ชณัฐฎา แสงงาม. (2559). **การประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพารา จากภาพถ่ายดาวเทียม**. เชียงใหม่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:143276

วรพจน์ กนกกันฑพงษ์ และคณะ (2558) **การวิจัยเชิงนโยบายการจัดทำคาร์บอนเครดิต และประเมินความต้องการใช้น้ำ จากการดำเนินการปลูกสร้างสวนยางพารา ระยะที่ 3 ในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก 250,000 ไร่: รายงานฉบับสมบูรณ์**

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), (2559), **ปลูกต้นไม้ยังไงให้ลดโลกร้อน,** สืบค้นเมื่อ 6 ตุลาคม 2567, https://www.tgo.or.th/2020/file_managers/uploads/file_managers/source/PUBLICATION/final%20Tree_version%2002.pdf

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2564). **ก๊าซเรือนกระจก Greenhouse Gases,** สืบค้นเมื่อ 6 ตุลาคม 2567. https://actionforclimate.deqp.go.th/knowledge/2537/

การศึกษาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์เอนโซที่มีต่อค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดในจังหวัดอุตรดิตถ์ ประเทศไทย

A Study on the relationship of the El Niño–Southern Oscillation (ENSO) phenomenon to maximum temperature anomalies in Uttaradit Province, Thailand

ชัยณรงค์ รักธรรม[1*], ธนารัตน์ ปัญญา[1] และ พรรพษา เนตรประดิษฐ์[1]

Chainarong Raktham[1*], Thanarat Panya[1], and Phanphasa Netpradit[1]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์เอนโซ (ENSO)ที่มีต่อค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุดและค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดในจังหวัดอุตรดิตถ์ ประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023 ด้วยข้อมูลสถิติอุณหภูมิสูงสุดรายวันจังหวัดอุตรดิตถ์จากศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ ประเทศไทย นำมาคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือน กับข้อมูลค่าดัชนี Oceanic Nino Index (ONI) ที่แสดงความรุนแรงปรากฏการณ์เอนโซเฉลี่ยราย 3 เดือนจากองค์การบริหารมหาสมุทรและชั้นบรรยากาศแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา ผ่านความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดราย 3 เดือนกับดัชนี ONI โดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้นตรง และ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (R^2) ด้วยโปรแกรมภาษาไพทอนผลการศึกษาพบว่า ค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดจังหวัดอุตรดิตถ์ (y) กับค่าดัชนี ONI (x) ระหว่างปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023 มีความสัมพันธ์ระดับสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 $y=0.60x - 20.76$ และ $R^2 = 1$ สามารถใช้เป็นสมการเชิงทำนายปรากฏการณ์เอนโซต่อค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดที่จะเกิดขึ้นในจังหวัดอุตรดิตถ์ได้

คำสำคัญ: ค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดราย 3 เดือน, ปรากฏการณ์เอนโซ, จังหวัดอุตรดิตถ์

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ (วิชาเอกฟิสิกส์) คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000

[1] Program in Sciences (Physics Major) Education Faculty of Education, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit Province, 53000

*Corresponding author : glaraktham@gmail.com

Abstract

This study aims to examine the relationship between the El Niño phenomenon and the anomalies of monthly maximum temperatures in Uttaradit Province, Thailand, from 2017 to 2023. Monthly maximum temperature data for Uttaradit was obtained from the Northern Meteorological Center of Thailand and was used to calculate the moving average. This was compared with the Oceanic Niño Index (ONI) data, which reflects the severity of the El Niño phenomenon on a monthly basis, provided by the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) of the United States. The relationship between the temperature anomalies and the ONI was analyzed using linear regression equations and Pearson correlation coefficients (R^2) with computer software. The results showed a very high correlation between the monthly maximum temperature anomalies in Uttaradit Province (y) and the ONI (x) from 2017 to 2023, represented by the equation $y = 0.5952x - 20.756$, with an R^2 value of 1. This equation can be used to predict the impact of the El Niño phenomenon on the expected temperature anomalies in Uttaradit Province.

Keywords: Monthly maximum temperature anomalies, ENSO Phenomenon, Uttaradit Province

บทนำ

เอนโซ เป็นคำที่ใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิกเขตศูนย์สูตรและความผันแปรของสภาพอากาศ ซึ่งรวมถึงปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา เมื่อเกิดเอลนีโญ (ENSO warm phase) อุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณตอนกลางและตะวันออกของแปซิฟิกเขตศูนย์สูตรจะอุ่นขึ้นผิดปกติ ส่วนลานีญา (ENSO cold phase) เป็นปรากฏการณ์ที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลในบริเวณเดียวกันเย็นลงกว่าปกติ(กรมอุตุนิยมวิทยา ,2546) ปรากฏการณ์เอลนีโญเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อกระแสน้ำอุ่นในมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกถูกพัดไปแทนที่น้ำเย็นในแปซิฟิกตะวันออก เนื่องจากลมสินค้ามีกำลังอ่อนลง ส่งผลให้ชายฝั่งอเมริกาใต้มีฝนตกมากขึ้น ขณะที่บริเวณแปซิฟิกตะวันตก ปรากฏการณ์ลานีญาเกิดขึ้นเมื่อกระแสน้ำทะเลอุ่นในแปซิฟิกตะวันออกถูกพัดไปสะสมในแปซิฟิกตะวันตกมากขึ้น เนื่องจากลมสินค้ามีกำลังแรงขึ้น ส่งผลให้บริเวณแปซิฟิกตะวันตกและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีอุณหภูมิน้ำทะเลสูงขึ้นและเกิดฝนมากขึ้น(ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ.2564)

ผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศของประเทศใกล้เส้นศูนย์สูตรที่อยู่รอบมหาสมุทรแปซิฟิก รวมทั้งประเทศไทยและประเทศที่อยู่ในแถบซีกโลกใต้ นำมาซึ่งความแปรผันของภูมิอากาศ ทำให้เกิดสภาวะ แห้งแล้งหรือตกฝนมากเหมือนอย่างที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

สภาพภูมิอากาศและฤดูกาลที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลมาจากลมมรสุมเช่น ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ส่งผลให้ประเทศไทยมีฤดูกาลที่เด่นชัดคือ ฤดูฝน และฤดูแล้ง ซึ่งมาในช่วงเวลาที่ค่อนข้างแน่นอน นอกจากอิทธิพลของลมมรสุมแล้ว

จังหวัดอุตรดิตถ์เป็นจังหวัดที่อยู่ทางภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสลับซับซ้อน จึงทำให้อากาศค่อนข้างร้อนอบอ้าวในช่วงฤดูร้อน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประจำปีมีค่า 33.9 องศาเซลเซียส และมีค่าผันแปรไปตามฤดูกาลโดยในฤดูร้อนอากาศค่อนข้างร้อนอบอ้าว อุณหภูมิมีค่าระหว่าง 34.5–38.0 องศาเซลเซียส โดยมีอากาศร้อนที่สุดอยู่ในเดือนเมษายน มีค่า 38.0 องศาเซลเซียส เคยตรวจอุณหภูมิสูงที่สุดได้ 44.5 องศาเซลเซียส เมื่อ

วันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2503 (ซึ่งเป็นสถิติอุณหภูมิสูงที่สุดของประเทศไทย) ฤดูฝนอุณหภูมิจะมีค่าระหว่าง32.7–35.9 องศาเซลเซียส ฤดูหนาวอุณหภูมิจะเริ่มลดลง เดือนธันวาคมมีอุณหภูมิลดลงมากที่สุดมีค่า31.1 องศาเซลเซียส(กรมอุตุนิยมวิทยา ,2546)

ในปี พ.ศ. 2560 – 2566 (ค.ศ. 2017 – 2023) จังหวัดอุตรดิตถ์มีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ระหว่าง 40.0 – 43.2 องศาเซลเซียส เป็นสภาพอากาศร้อนจัด(Very Hot)จึงเสี่ยงที่จะเกิดสภาพอากาศร้อนจัดและแห้งแล้งดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์เอนโซที่มีต่ออุณหภูมิสูงสุดในจังหวัดอุตรดิตถ์ ประเทศไทยและศึกษาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์เอนโซที่มีต่อค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดในจังหวัดอุตรดิตถ์ ประเทศไทยเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในจังหวัดอุตรดิตถ์เพื่อที่จะสามารถรับมือกับจากปรากฏการณ์เอนโซที่จะเกิดขึ้นได้

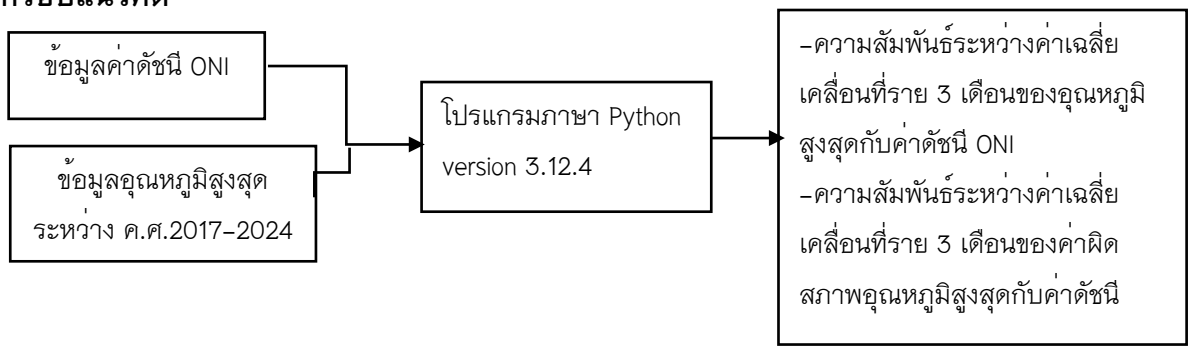
วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์เอนโซที่มีต่ออุณหภูมิสูงสุดราย 3 เดือนในจังหวัดอุตรดิตถ์ ประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์เอนโซที่มีต่อค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดในจังหวัดอุตรดิตถ์ ประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน(ถ้ามี)

กรอบแนวคิด



เอกสารที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเพื่อจัดทำวิจัยครั้งนี้ ได้มีการตรวจสอบเอกสาร ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องศึกษาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์เอนโซที่มีต่ออุณหภูมิสูงสุดราย 3 เดือนในจังหวัดอุตรดิตถ์ ประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023 และศึกษาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์เอนโซที่มีต่อค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดราย 3 เดือนในจังหวัดอุตรดิตถ์ ประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษา ดังนี้

Kessler, (2002) ชี้ให้เห็นว่า ENSO ไม่ได้เป็นวัฏจักรที่เชื่อมโยงกันเสมอไป แต่เป็นเหตุการณ์ที่แยกต่างหากในแต่ละครั้ง การเกิดขึ้นของ เอลนีโญ มักต้องการแรงกระตุ้นจากภายนอก เช่น การเพิ่มขึ้นของปริมาตรน้ำอุ่นในมหาสมุทร ซึ่งไม่ได้เป็นผลจาก ลานีญา ก่อนหน้า งานวิจัยนี้เปลี่ยนแปลงแนวคิดที่เคยมีมาเกี่ยวกับ ENSO และทำความเข้าใจกับกลไกที่ซับซ้อนของปรากฏการณ์ทางภูมิอากาศนี้ ศิมนัส จันทร์ผกาและคณะ (2560) ศึกษาอิทธิพลของปรากฏการณ์เอนโซที่มีผลกระทบต่อการกระจายตัวของฝนรายเดือนในประเทศไทย พบว่า มีความสัมพันธ์ผกผันระหว่างค่า SOI และปริมาณฝนในประเทศไทย โดยค่า SOI ที่เป็นบวก (เอลนีโญ) ส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้นและปริมาณฝนลดลง ในขณะที่ค่า SOI ที่เป็นลบ (ลานีญา) ทำให้อุณหภูมิลดลงและปริมาณฝนเพิ่มขึ้น จังหวัดที่ได้รับผลกระทบ

อย่างมากมีทั้งหมด 25 จังหวัด โดยค่า R อยู่ระหว่าง –0.925 ถึง –0.607 ในขณะที่อีก 50 จังหวัดได้รับผลกระทบในระดับเล็กน้อยถึงปานกลางนุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, (2556) กล่าวว่าค่าผิดสภาพ Anomaly คือระดับของปริมาณที่แตกต่างออกไปจากค่ากลางมากน้อยเพียงใดโดยค่าผิดสภาพนี้จะนำไปหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี SOI(Southern Oscillation Index) ซึ่งเป็นค่าผิดสภาพของปรากฏการณ์เอนโซ่เช่นเดียวกัน เพื่อที่เราจะได้ทราบถึงผลการศึกษาผลกระทบจากปรากฏการณ์การเอ็นโซ่ที่มีต่อประเทศไทย และกมนทัต มูลศรี, (2562) ศึกษาผลกระทบจากปรากฏการณ์ เอนโซต่อปริมาณผลผลิตพืชอาหารในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ผลการศึกษาดัชนี ONI (Oceanic Nino Index)มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งหมายถึงเมื่อเกิด เอลนีโญ จะมีปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์ลดลง แต่จะเพิ่มขึ้นในช่วง ลานีญา ONI มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิและอัตราการระเหยน้ำ ทำให้ เอลนีโญ ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นและน้ำระเหยมากขึ้น

สมมุติฐาน

ปรากฏการณ์เอนโซและค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุดสถานีวัดอุตรดิตถ์ ประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023 มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง

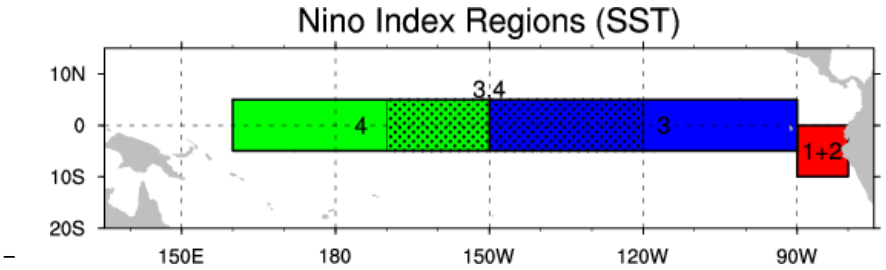
ปรากฏการณ์เอนโซและค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดสถานีวัดอุตรดิตถ์ ประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023 มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง

วิธีวิทยาการวิจัย ข้อมูล การออกแบบการทดลอง

ข้อมูล

ค่าดัชนี Oceanic Nino Index (ONI) ใช้ชี้วัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิกตอนกลางเพื่อบ่งชี้การเกิด เอลนีโญ (ONI มากกว่า 0.5) และ ลานีญา (ONI น้อยกว่า –0.5) อย่างน้อย 5 เดือนติดต่อกัน ซึ่งส่งผลต่ออุณหภูมิน้ำทะเลในอ่าวไทยและทะเลอันดามัน โดย เอลนีโญ ทำให้อุณหภูมิน้ำทะเลสูงขึ้น ส่วน ลานีญา ทำให้น้ำทะเลอุณหภูมิลดลง

ข้อมูลที่ใช้คำนวณค่าดัชนี ONI คือ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของค่าผิดสภาพอุณหภูมิผิวน้ำทะเลจากข้อมูล Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 5 (ERSSTv5) (Huang et al., 2017) ในพื้นที่ Niño 3.4 (5°N–5°S, 120°W–170°W) ดังภาพ 1 บนพื้นฐานข้อมูลกลาง 30 ปี ที่จะปรับข้อมูลล่าวสุดทุกๆ 5 ปี ข้อมูลค่าดัชนี ONI ที่นำมาใช้นี้จัดเตรียมโดยสำนักงานบริหารมหาสมุทรและบรรยากาศแห่งชาติ (NOAA) สหรัฐอเมริกา ข้อมูลปัจจุบันเมื่อวันที่ 5 กันยายน ค.ศ. 2024 เนื่องจากข้อมูลจะปรับให้เป็นปัจจุบันทุกๆ วันพฤหัสบดีแรกของแต่ละเดือน ดังตาราง 1



ภาพ 1 พื้นที่แสดงบริเวณ Nino index ด้วยอุณหภูมิผิวน้ำทะเล (Trenberth, K. and NCAR Staff, 2024)

ตาราง 1 Oceanic Niño Index (ONI) (Climate Prediction Center Internet Team, 2024)

Year	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
DJF	−0.3	−0.9	0.7	0.5	−0.1	−1	−0.7
JFM	−0.2	−0.9	0.7	0.5	−0.9	−0.9	−0.4
FMA	0.1	−0.7	0.7	0.4	−0.8	−1	−0.1
MAM	0.2	−0.5	0.7	0.2	−0.7	−1.1	0.2
AMJ	0.3	−0.2	0.5	−0.1	−0.5	−1	0.5
MJJ	0.3	0	0.5	−0.3	−0.4	−0.9	0.8
JJA	0.1	0.1	0.3	−0.4	−0.4	−0.8	1.1
JAS	−0.1	0.2	0.1	−0.6	−0.5	−0.9	1.3
ASO	−0.4	0.5	0.2	−0.9	−0.7	−1	1.6
SON	−0.7	0.8	0.3	−1.2	−0.8	−1	1.8
OND	−0.8	0.9	0.5	−1.3	−1	−0.9	1.9
NDJ	−1	0.8	0.5	−1.2	−1	−0.8	2

ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดของสถานีตรวจอากาศจังหวัดอุตรดิตถ์ กรมอุตุนิยมวิทยา จัดเตรียมโดยศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ เป็นข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด–ต่ำสุด และปริมาณฝนของภาคเหนือ (รายวัน) ระหว่างปี ค.ศ. 2017–2023 จากสถานีตรวจอากาศทั่วภาคเหนือ (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ, 2024)

การออกแบบการทดลอง

การศึกษานี้มุ่งเน้นเพื่อศึกษาเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์เอนโซที่มีต่อ (1) อุณหภูมิสูงสุดราย 3 เดือนและ (2) ค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดในจังหวัดอุตรดิตถ์ ประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023 เนื่องจากระยะเวลา 7 ปีเป็นระยะเวลาเพียงพอที่ครอบคลุมปรากฏการณ์เอนโซที่เกิดหนึ่งครั้งเป็นระยะเวลา ตั้งแต่ 5 เดือนขึ้นไป (กมนทัต มูลศรี , 2562) (Kessler, 2002) และข้อจำกัดการเข้าถึงข้อมูลของศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ

นำข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดรายวันที่ได้จะถูกนำมาคำนวณเป็นอุณหภูมิสูงสุดรายเดือน หลังจากนั้นนำมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุด แบ่งเป็น DJF JFM FMA MAM AMJ MJJ JJA JAS ASO SON OND และ NDJ ซึ่งแต่ละช่วงแสดงถึงค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนติดกันนั้นๆ ของอุณหภูมิสูงสุด เช่น DJF คือ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุดของเดือน December January February (DJF), JFM คือ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุดของเดือน January February March (JFM), FMA คือ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุดของเดือน February March April (FMA) ทำนองเดียวกันจนกระทั่งถึง NDJ คือ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุดของเดือน November December January (NDJ) เพื่อให้เป็นช่วงเวลาเดียวกับข้อมูลค่าดัชนี ONI

นำข้อมูลค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุดกับค่าดัชนี ONI ในแต่ละช่วงคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (R^2) และสมการถดถอยเชิงเส้นจากนั้นแสดงผลด้วยโปรแกรมภาษา Python version 3.12.4 (Python Software Foundation, 2024) ซึ่งเป็นโปรแกรมภาษาที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายและมีการประยุกต์ใช้ที่หลากหลาย เช่น สิทธิ โง้ววัฒนา , (2022) พยากรณ์ปริมาณการเข้าชมเว็บไซต์สำหรับธุรกิจอีคอมเมิร์ซ

โดยใช้ภาษาไพทอน ณิชาณัช เกศมุกดา , (2021) ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อคัดแยกงานเสียของผลิตภัณฑ์ ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ กรอภิชิต เหง้าพันธ์ และ สมพร ปั่นโภชา, (2022) พยากรณ์ความผันผวนของตลาดหลักทรัพย์โดยใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ในโปรแกรมภาษาไพทอน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุดกับค่าดัชนี ONI โดยใช้เกณฑ์การแปลผลระดับความสัมพันธ์ของชูศรี วงศ์รัตนะ (2541)

0.91 – 1.00	มีความสัมพันธ์ระดับสูงมาก
0.71 – 0.90	มีความสัมพันธ์ระดับสูง
0.31 – 0.70	มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง
0.11 – 0.30	มีความสัมพันธ์ระดับต่ำ
0.00	ไม่มีความสัมพันธ์กัน

และ ศิมนัส จันทร์ผกา และคณะ (2560) กล่าวว่า 0.6 ขึ้นไปในงานอุทวิทยาถือว่ามีความสัมพันธ์ในระดับที่ยอมรับได้ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ 0.6 ขึ้นไปร่วมกับชูศรี วงศ์รัตนะ จะสามารถใช้เกณฑ์การแปลผลระดับความสัมพันธ์ได้ดังนี้

0.91 – 1.00	มีความสัมพันธ์ระดับสูงมาก
0.71 – 0.90	มีความสัมพันธ์ระดับสูง
0.60 – 0.70	มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง
0.31 – 0.60	มีความสัมพันธ์ระดับต่ำ
0.11– 0.30	มีความสัมพันธ์ระดับต่ำมาก
0.00	ไม่มีความสัมพันธ์กัน

- หลังจากนั้นคำนวณค่าผิดสภาพ (Anomaly) ของอุณหภูมิสูงสุด (Maximum Temperature Anomaly, Tmax Anomaly)จากสมการ (1)

$$Tmax\ Anomaly = \frac{x_i - \bar{x}}{SD} \quad (1)$$

เมื่อ $Tmax\ Anomaly$ คือ ค่าผิดสภาพของอุณหภูมิสูงสุด

Xi คือ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุดสถานีวัดอุตรดิตถ์ของช่วงนั้นๆ

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนอุณหภูมิสูงสุดสถานีวัดอุตรดิตถ์ระหว่างมกราคม 2017 – ธันวาคม 2024

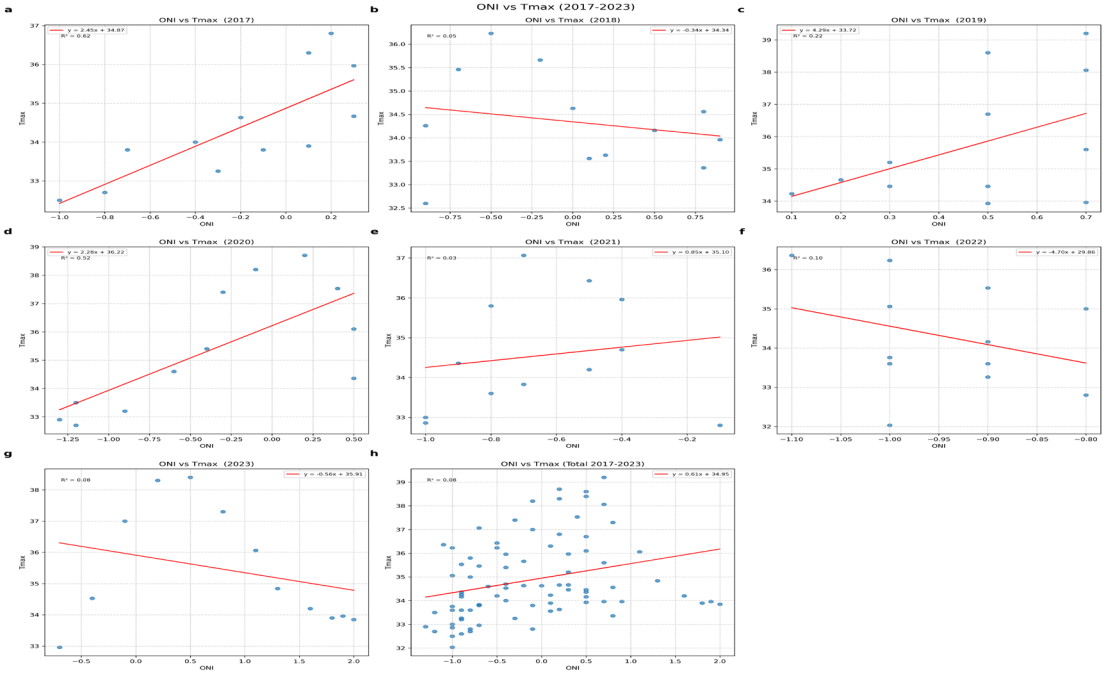
SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนอุณหภูมิสูงสุดสถานีวัดอุตรดิตถ์ระหว่างมกราคม 2017 – ธันวาคม 2024

–นำข้อมูลค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดกับค่าดัชนี ONI ในแต่ละช่วงคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (R^2) และสมการถดถอยเชิงเส้นจากนั้นแสดงผลด้วยโปรแกรมภาษา Python version 3.12.4 และ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดกับค่าดัชนี ONI โดยใช้เกณฑ์การแปลผลระดับความสัมพันธ์เดียวกัน

- ทดสอบค่าความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นด้วยการทดสอบ ANOVA จากโปรแกรม SPSS

ผลการศึกษา

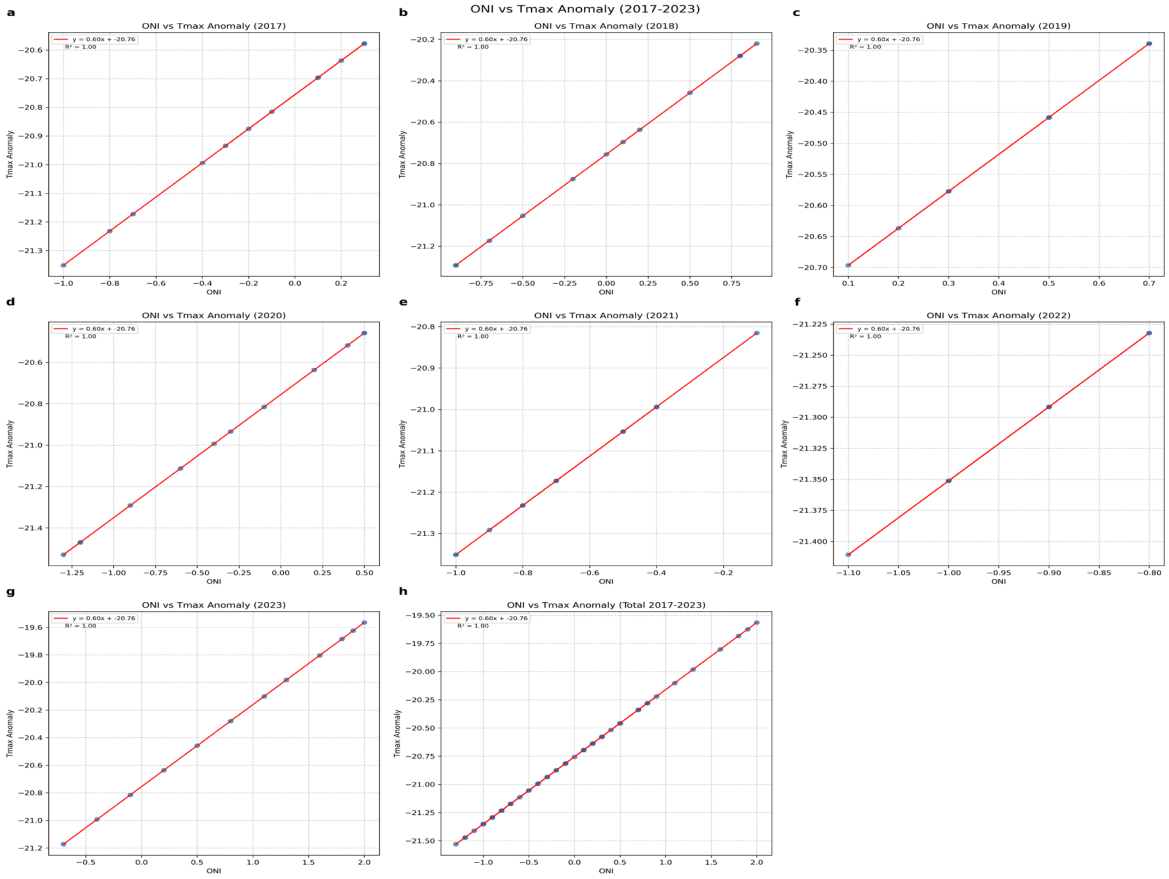
1. **ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุด กับค่าดัชนี ONI ในปี ค.ศ. 2017 – 2023 โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันและสมการถดถอยเชิงเส้นตรง**



ภาพ 2 (A)– (H) ความสัมพันธ์ของระหว่างค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุด กับค่าดัชนี ONI ในปี ค.ศ. 2017 – 2023 โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันและสมการถดถอยเชิงเส้นตรง (เส้นสีแดงหมายถึงเส้นสมการถดถอยเชิงเส้นตรง)

จากภาพ 2 (a)– (h) ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุดกับค่าดัชนี ONI ในปี ค.ศ. 2017 – 2023 โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันและสมการถดถอยเชิงเส้นตรง พบว่า ปี ค.ศ. 2017 มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง (R^2 =0.62) ดังภาพ 2(a) ปี ค.ศ. 2020 มีความสัมพันธ์ระดับต่ำ (R^2 =0.52) ดังภาพ 2(d) ปี ค.ศ. 2019 มีความสัมพันธ์ระดับต่ำมาก (R^2 =0.22) ดังภาพ 2(c) และ ปี ค.ศ. 2018, 2021, 2022, 2023 และ 2017 – 2023 ไม่มีความสัมพันธ์กัน (R^2 =0.03 –0.10) ดังภาพ 2(b) 2(e) 2(f) 2(g) และ 2(h) ตามลำดับ ในขณะที่ปี ค.ศ. 2017, 2019, 2020, 2021 และ 2017 – 2023 ดังภาพ 2(a) 2(c) 2(d) 2(e) และ 2(h) ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุดกับค่าดัชนี ONI เป็นปฏิภาคโดยตรงซึ่งกันและกัน แต่ ปี ค.ศ. 2018 2022 และ 2023 ดังภาพ 2(b) 2(f) และ2(g) ตามลำดับ ดังนั้น ปี ค.ศ. 2017 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุด กับค่าดัชนี ONI ในปี ค.ศ. 2017 – 2023 แสดงให้เห็นว่าเมื่อค่า ONI เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้อุณหภูมิสูงสุดเพิ่มขึ้นด้วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 นั่นคือในภาพรวมปรากฏการณ์เอนโซส่งอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุดและสถานีจังหวัดอุตรดิตถ์ในระดับต่ำ – ไม่ส่งผลเลย

2. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดกับค่าดัชนี ONI ในปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023 โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันและสมการถดถอยเชิงเส้นตรง



ภาพ 3 (a)– (h) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดกับค่าดัชนี ONI ในปี ค.ศ. 2017 – 2023 โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันและสมการถดถอยเชิงเส้นตรง (เส้นสีแดงหมายถึงเส้นสมการถดถอยเชิงเส้นตรง)

จากภาพ 3 (a)– (h) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดกับค่าดัชนี ONI ในปี ค.ศ. 2017 – 2023 โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันและสมการถดถอยเชิงเส้นตรง พบว่า ปี ค.ศ. 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 และ ค.ศ. 2017 – 2023 มีความสัมพันธ์ระดับสูงมาก (R^2 = 1.00) ดังภาพ 3 (a)– (h) และ ค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดแปรผันตรงกับค่าดัชนี ONI ในทุกๆปีด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นตรง y = 0.60x – 20.76 ดังภาพ 3(a) – (h) หมายความว่า ONI 1 หน่วยที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อค่าผิดสภาพ 0.60 หน่วย ความสัมพันธ์ระดับสูงมากนี้อาจเกิดขึ้นได้จาก 1.ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณมาจากสถานีตรวจอากาศอุตรดิตถ์เพียงสถานีเดียว ทำให้ได้ตัวแทนของสถานีเป็นความสัมพันธ์เดียวกัน 2.ข้อมูลที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ถูกทำเป็นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนก่อนการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ทั้ง ONI และ Tmax Anomaly ทำให้สัญญาณรบกวนของข้อมูลถูกลดทอนลงไป ความคลาดเคลื่อนจึงลดลงไปด้วย อนึ่งสมการที่ใช้ในการหาค่าผิดสาพมีความคล้ายคลึงกับการหาค่า Z-value ของการกระจายของข้อมูลบนโค้งปกติ 3.ข้อมูลที่ใช้เป็นช่วงเวลา 7 ปี เท่าที่สามารถเข้าถึงออนไลน์ได้

อาจจะเป็นข้อมูลที่สั้นจนเกิดลักษณะความสัมพันธ์เชิงเส้นระดับสูงได้ ดังนั้น ปรากฏการณ์เอนโซส่งผลควบคุมค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดอย่างสมบูรณ์

3. การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุด และค่าผิดสภาพของอุณหภูมิสูงสุด ในปี ค.ศ.2017 – 2023

Year	R^2_{Tmax}	P value	$R^2_{TmaxAnomaly}$	P value
2017	0.62	0.002**	1.000	0.000***
2018	0.05	0.506	1.000	0.000***
2019	0.22	0.122	1.000	0.000***
2020	0.52	0.009**	1.000	0.000***
2021	0.03	0.620	1.000	0.000***
2022	0.10	0.325	1.000	0.000***
2023	0.08	0.382	1.000	0.000***
2017 – 2023	0.08	0.009**	1.000	0.000***

**** ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01**

***** ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.001**

ตารางเปรียบเทียบค่าประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุด และค่าผิดสภาพของอุณหภูมิ สูงสุด ในปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023

ผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุด และค่าผิดสภาพของอุณหภูมิสูงสุด ในจังหวัดอุตรดิตถ์ ประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023 พบว่าความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุดกับค่าดัชนี ONI แสดงนัยสำคัญทางสถิติ ในปี ค.ศ. 2017 ค.ศ. 2020 (R^2 = 0.52 ,0.62 , p < .01) มีความสัมพันธ์ระดับปานกลางและระดับต่ำอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 ในขณะที่การศึกษาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์เอนโซที่มีต่อค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดราย 3 เดือนในจังหวัดอุตรดิตถ์ ประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023 พบว่าค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดค่าดัชนี ONI แสดงนัยสำคัญทางสถิติระหว่างปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023 (R^2 = 1.000 , p < .0001) มีความสัมพันธ์ระดับสูงมากและมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ .0001 ดังนั้นค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดสามารถนำไปใช้พยากรณ์อุณหภูมิสูงสุดในจังหวัดอุตรดิตถ์ได้

จากตารางค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของ อุณหภูมิสูงสุด และค่าผิดสภาพของอุณหภูมิสูงสุดกับค่าดัชนีในปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023 พบว่า ปี ค.ศ. 2017 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุดมีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์เอนโซระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 ปี ค.ศ. 2020 และ 2017 – 2023 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุดมีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์เอนโซระดับต่ำถึงไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 ในขณะที่ ค่าผิดสภาพของอุณหภูมิสูงสุดมีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์เอนโซระดับสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .001 ดังนั้นค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดสามารถนำไปใช้พยากรณ์สภาพภูมิอากาศในจังหวัดอุตรดิตถ์ได้

สรุปผลและอธิปรายผล

การศึกษาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์เอนโซที่มีต่ออุณหภูมิสูงสุดราย 3 เดือนในจังหวัดอุตรดิตถ์ ประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023 พบว่า ปรากฏการณ์เอนโซที่มีต่ออุณหภูมิสูงสุดราย 3 เดือนในจังหวัดอุตรดิตถ์มีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูงสุดในจังหวัดอุตรดิตถ์ใน ปี ค.ศ. 2017 ค.ศ. 2020 แต่ไม่ได้เป็นปัจจัยเดียวที่ส่งผล เนื่องจากไม่สามารถบอกความสัมพันธ์ได้ในบางปี ค.ศ. 2018 ค.ศ. 2019 ค.ศ. 2021 ค.ศ. 2022 ค.ศ. 2023 และ ค.ศ. 2017 – 2023 อาจจะหมายถึงอุณหภูมิสูงสุดในจังหวัดอุตรดิตถ์ ได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย เช่นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่ส่งผลเด่นชัดต่อฤดูกาลในประเทศไทย นอกจากนี้ปรากฏการณ์เอนโซเป็นเหตุการณ์ที่เกิดแยกจากกันในแต่ละครั้งไม่ได้เป็นวัฏจักรที่เชื่อมโยงกัน (Kessler, W.S., 2002) ซึ่งเราไม่สามรถเห็นการเปลี่ยนแปลงเป็นวัฏจักรในระยะเวลาระหว่าง ปี ค.ศ. 2017 – 2023 ได้

ในขณะที่ ค่าผิดสภาพของอุณหภูมิสูงสุด (y) ในจังหวัดอุตรดิตถ์ ได้รับอิทธิพลจากสภาวะเอนโซ (x) โดยสมบูรณ์ พบว่า ค่า R^2 = 1.00 และ Y ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2017 – ค.ศ. 2023 มีค่า R^2 = 1.00 และมี Y = 0.60x – 20.76 มีความสัมพันธ์ระดับสูงมากอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ .001 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์เอนโซที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูงสุดในจังหวัดอุตรดิตถ์อย่างมีนัยสำคัญ ความสัมพันธ์ที่สมบูรณ์ของค่าผิดสภาพอุณภูมิสูงสุดกับค่าดัชนี ONI แสดงถึงควาเชื่องโยงทางไกลระหว่างสภาสะเอนโซและค่าผิดสภาพของอุณหภูมิสูงสุดในจังหวัดอุตรดิตถ์ผลการศึกษานี้มีนัยสำคัญต่อการพยากรสภาพภูมิอากาศในจังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิมนัส จันทร์ผกา, (2561) และ กมนทัต มูลศรี, (2562) พบว่าเอลนีโญส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้นและ นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ กล่าวถึงใน ศิมนัส จันทร์ผกา และคณะ (2560) ได้หาความสัมพันธ์ของค่าผิดสภาพกับ SOI มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก

ถึงแม้ว่างานวิจัยนี้ได้ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าดัชนี ONI และ ค่าผิดสภาพอุณหภูมิสูงสุดสถานีจังหวัดอุตรดิตถ์ประเทศไทย ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี ONI และค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 3 เดือนของอุณหภูมิสูงสุดแสดงให้เห็นความแปรปรวนตามเวลาที่สูงอย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังจำกัดการวิเคราะห์เพียงคู่ของตัวแปรสองตัวคือ ค่าดัชนี ONI และ อุณหภูมิสูงสุด ควรขยายการศึกษาออกเพิ่มขึ้นเพื่อรวมดัชนีสภาพภูมิอากาศอื่นๆเพิ่มเติม ขยายการศึกษาไปยังพื้นที่อื่นๆเพิ่มเติมมากยิ่งขึ้น และขยายช่วงเวลาการศึกษาให้มากว่า 7 ปี อาจจะครอบคลุมถึงการเปลี่ยนแปลงในระดับทศวรรษหรือประยุกต์ใช้สมการถดถอยเชิงเส้นตรงที่ได้ไปใช้ในการพยาการณ์แผนงานด้านการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ขอขอบคุณ ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ กรมอุตุนิยมวิทยาประเทศไทย และ NOAA Climate Prediction Center สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณอาจารย์ ดร. ชัยณรงค์ รักธรรม อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของของอาจารย์และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้

ผู้วิจัยหวังว่า งานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดี สำหรับข้อบกพร่องต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา, (2546). แก้ไขข้อมูลครั้งล่าสุดเมื่อ 22 มกราคม 2546. **การเปิดปรากฏการณ์เอนโซ.** เข้าถึงข้อมูลจาก https://www.tmd.go.th

กรมอุตุนิยมวิทยา, (2556). แก้ไขข้อมูลครั้งล่าสุดเมื่อ 11 กันยายน 2556. **อุตุนิยมวิทยาน่ารู้เพื่ออการเกษตรจังหวัดอุตรดิตถ์**. เข้าถึงข้อมูลจาก http://www.arcims.tmd.go.th/DailyDATA/Agromettoknow

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ, (2566). **ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน ของภาคเหนือ(รายวัน)**. เข้าถึงข้อมูลจาก จาก http://www.cmmet.tmd.go.th/forecast/pt/Max_Min_Rainfall.php

ธนกฤษ นันฝั้น, และจิตรานุช จิตรประเสริฐ, (2565). **การจำลองสภาพอากาศเชิงตัวเลขของลมในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์วิทยาเขตทุ่งกะโล่ ด้วยแบบจำลอง WRF**.รายงานปัญหาพิเศษทางฟิสิกส์ หลักสูตรครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ชูศรี วงศ์รัตนะ, (2541). **เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย.** พิมพ์ครั้งที่ 7 กรุงเทพฯ : เทพเนรมิตการพิมพ์

ศิมนัส จันทร์ผกา กอบเกียรติ ผ่องพุฒิ และณัฐ มาแจ้ง, (2560). **การศึกษาอิทธิพลของปรากฏการณ์เอนโซที่มีผลกระทบต่อการกระจายตัวของฝนรายเดือนในประเทศไทย.** รายงานสืบเนื่องจากงานประชุมวิชาการ 11th THAICID NATIONAL SYMPOSIUM .มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฐานิต นุกูลราษฎร์, (2562). **ผลกระทบของอุณหภูมิผิวทะเลแปซิกตะวันตกเฉียงเหนือที่มีต่อพายุหมุนเขตร้อนและส่งผลต่อประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริญ หล่อพิทยากร, (2559). **อิทธิพลของเอนโซต่อปริมาณฝนในภาคตะวันออกของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2545-2559.** บทความวิจัย วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีปีที่ 25 ฉบับที่ 4 กรกฎาคม – สิงหาคม 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา ประเทศไทย

Python Software Foundation, (2024). Python (Version 3.12.4) [Computer software]. https://www.python.org

Trenberth, K.& National Center for Atmospheric Research Staff (Eds). Last modified 2024-03-20 "The Climate Data Guide: Nino SST Indices (Nino 1+2, 3, 3.4, 4; ONI and TNI)." Retrieved from https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-sst-indices-nino-12-3-34-4-oni-and-tni on 2024-10-20.

Huang, B., Thorne, P. W., Banzon, V. F., Boyer, T., Chepurin, G., Lawrimore, J. H., Menne, M. J., Smith, T. M., Vose, R. S., & Zhang, H. (2017). Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, Version 5 (ERSSTv5): Upgrades, Validations, and Intercomparisons. Journal of Climate, 30(20), 8179-8205. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0836.1

Climate Prediction Center Internet Team, Climate Prediction Center. Last modified 2024-08-20 "Cold & Warm Episodes by Season." Retrieved from https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php on 2024-09-20.

Kessler, W.S. 2002. Is ENSO a cycle or a series of events. Geophys.Res. Lett., 29,2125. doi:10.1029/2002GL015924.

Kusreesakul K. (2009), Spatio-temporal Rainfall Changes in Thailand and Their Connection with Regional and Global Climate Variability, Master Thesis, Prince Songkhla University. (in Thai)

Dore MHI. (2005). Climate change and changes in global precipitation patterns: what do we know?. Environ Int., 31,1167–1181.

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของคุกกี้คีโตเจนิคในระหว่างการเก็บรักษา

Study of quality changes of Ketogenic Cookies product during storage

ณัฐพงษ์ มุงเมือง[1], จุฬาลักษณ์ จันทร์หอม[1], ภาณุพงศ์ น้อยผล[1], จุฑาวุฒิ อุชุปัจ[2], กิตติมา ลีละพงศ์วัฒนา[3] และ ธีระพล เสนพันธุ์[1*]

Natthapong Mungmueang[1], Julalux Chanhom[1], Panupong Noipon[1], Juthawat Uchupaj[2,] Kittima Leelapongwattana[3] and Theeraphol Senphan[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี คุณค่าทางโภชนาการ การทดสอบทางประสาทสัมผัส คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตเป็นระยะเวลา 45 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตมีลักษณะเป็นสีน้ำตาล เกาะตัวกันขึ้นรูปได้ดี มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) อยู่ในช่วง 6.12–6.38 2.23–2.56 และ 1.43–1.65 ตามลำดับ ส่วนค่าความแข็งอยู่ในช่วง 13.68–15.20 นิวตัน นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตมีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และปริมาณเส้นใยอาหารอยู่ในช่วงร้อยละ 3.20–3.55 29.26–29.64 15.85–16.44 20.30–25.16 11.70–15.83 และ 14.50–14.59 ตามลำดับ โดยมีพลังงานต่อหน่วยบริโภคเท่ากับ 197.92 กิโลแคลอรี่ ต่อหน่วยบริโภค ส่วนค่าความเป็นกรด–ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 7.41–7.46 และ 11.90–12.35 °Brix ตามลำดับ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ในด้านสี กลิ่นโกโก้ ความกรอบ รสหวาน รสขม และความชอบโดยรวม เท่ากับ 4.20 3.80 4.12 4.18 3.75 และ 4.23 คะแนน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 45 วัน มีค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก (TBARS) อยู่ในช่วง 63.14–263.24 mg MDA/g sample และไม่มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา (น้อยกว่า 10 CFU/g) ดังนั้นผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตสามารถเก็บรักษาในอุณหภูมิห้องได้อย่างเหมาะสมเป็นระยะเวลา 30 วัน เมื่อพิจารณาจากค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก

คำสำคัญ: คุกกี้คีโตเจนิค, การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ, การเก็บรักษา

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[2] บริษัท เพียว เคมีกัลส์ จำกัด กรุงเทพมหานคร 10240

[3] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

[1] Program in Science and Technology Faculty of Engineering and Agro–Industry Maejo University Thailand 50290

[2] Purechemicals Co., Ltd., Bangkok 10240

[3] Program in Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University

*Corresponding author : theeraphol_s@mju.ac.th

Abstract

This research aims to develop an instant ketogenic cookie product and to study its physical and chemical properties, nutritional value, sensory evaluation, microbial quality, and shelf life over a period of 45 days. The produced keto cookies were initially brown, well-formed, with lightness (L^*), redness (a^*), and yellowness (b^*) values ranging from 6.12 to 6.38, 2.23 to 2.56, and 1.43 to 1.65, respectively. The hardness value was between 13.68 and 15.20 N. Furthermore, the keto cookie product had moisture, fat, protein, ash, carbohydrate, and dietary fiber content ranging from 3.20% to 3.55%, 29.26% to 29.64%, 15.85% to 16.44%, 20.30% to 25.16%, 11.70% to 15.83%, and 14.50% to 14.59%, respectively, with an energy content of 197.92 kilocalories per serving. The pH and total soluble solids content were between 7.41 and 7.46, and 11.90 to 12.35 °Brix, respectively. Additionally, the keto cookie product received sensory evaluation scores for color, cocoa aroma, crispness, sweetness, bitterness, and overall preference of 4.20, 3.80, 4.12, 4.18, 3.75, and 4.23 points, respectively. However, the keto cookies stored for 45 days showed thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) values ranging from 63.14 to 263.24 mg MDA/g sample, with no microbial growth (yeasts and molds less than 10 CFU/g). Therefore, the instant ketogenic cookie product can be stored appropriately at room temperature for 30 days, considering the thiobarbituric acid reactive substances.

Keywords: Ketogenic, Keto cookies, Food diet

บทนำ

คุกกี้เป็นขนมอบที่มีส่วนประกอบจากแป้งสาลี น้ำตาล และเนย มักนิยมรับประทานพร้อมกับชา หรือกาแฟ เป็นอาหารว่าง ปัจจุบันการดำเนินชีวิตของสังคมไทยมีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้พฤติกรรมการบริโภคเน้นไปบริโภคอาหารที่สะดวกซื้อ และเข้าถึงได้ง่าย แต่มีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ (Myrisis *et al.*, 2022; Tanasombun *et al.*, 2014) ดังนั้นการพัฒนาตำรับอาหารประเภทขนมอบเพื่อต่อยอดมูลค่าผลิตภัณฑ์อาหารและส่งเสริมคุณค่าทางโภชนาการเพื่อสุขภาพที่ดีของผู้บริโภคจึงได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น (Chuamsomphong *et al.*, 2014) ซึ่งกระแสอาหารเพื่อสุขภาพกำลังเป็นที่ตื่นตัวและได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน ความสนใจ และตระหนักในด้านสุขภาพและโภชนาการจึงเป็นแรงผลักดันให้ประชาชนทั่วไปต้องการเข้าถึงข้อมูล ด้านสุขภาพมากขึ้นกว่าแต่ก่อน เช่นกัน รูปแบบอาหารต่าง ๆ จึงมักจะถูกพูดถึงหรืออ้างถึงผลต่อสุขภาพต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นประโยชน์ในการลดน้ำหนักตัว ผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับชีวเคมีในร่างกาย รวมไปจนถึงผลต่อระบบอื่น ๆ ในร่างกาย เช่น ระบบหลอดเลือดและหัวใจ ระบบสมอง และผลในด้านของการชะลอวัย เป็นต้น ส่งผลให้ผู้ผลิตอาหารหลาย ๆ ราย เริ่มให้ความสนใจในการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพ (Health food) เพื่อต้องการตอบสนองต่อตลาดผู้บริโภค และความนิยมที่กำลังเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2560)

อาหารเพื่อสุขภาพ หมายถึงอาหารที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกาย นอกเหนือจากสารอาหารหลักที่จำเป็นต่อร่างกาย อาจมีประโยชน์ในการช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อโรคต่าง ๆ (Munekata *et al.*, 2021) ปัจจุบันอาหารเพื่อสุขภาพได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย เนื่องจากผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญกับอาหารและสุขภาพมากขึ้น จึงทำให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพทั้งในด้านการวิจัยและเชิงพาณิชย์ เช่น การเสริมวิตามิน เส้นใย กรด

ไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย หรือผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลต่ำ ลดเกลือ และลดไขมัน เป็นต้น ซึ่งคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สูงอย่างมาก (Jurek, 2022)

นอกจากการเลือกรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ พฤติกรรม และวิถีชีวิตของคนในสังคมเมืองที่ได้เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้เกิดแนวคิด หรือวิธีการเลือกรับประทานอาหารที่เน้นสารอาหารเฉพาะกลุ่ม หรือไม่ทานอาหารบางชนิด เพื่อเป็นอีกทางเลือกในการรักษาสุขภาพของผู้บริโภคเอง เช่น การรับประทานอาหารจำพวกผักและผลไม้ ไม่ทานเนื้อสัตว์ แต่ยังคงเลือกรับประทานนม เนย ชีส และไข่ได้ตามปกติ ซึ่งเรียกว่า “อาหารมังสวิรัติ (Vegetarian)” หรือ กลุ่มผู้บริโภคที่การไม่รับประทานอาหารที่มีแหล่งใด ๆ จากสัตว์ ซึ่งเรียกว่า “วีแกน (Vegan)” (Grassian, 2019) นอกจากนี้ กระแสความนิยมในรับประทานอาหารแบบกำหนดสัดส่วนของสารอาหารที่ต้องได้รับในแต่ละมื้อ ซึ่งเรียกว่า “คีโตเจนิคไดเอท (Ketogenic diet)” ก็เป็นอีกหนึ่งรูปแบบที่ได้รับความสนใจ โดยเฉพาะผู้บริโภคที่ให้ความใส่ใจในเรื่อง การลดน้ำหนักส่วนเกิน (Tzenios *et al.*, 2023)

คีโตเจนิคไดเอท คือรูปแบบของการทานอาหารที่ทำให้เกิดคีโตนบอดี (Ketone bodies) ขึ้นมาในร่างกาย โดยการรับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ ประมาณร้อยละ 5–10 จากปริมาณแคลอรี่ต่อวัน มีไขมันดีสูง ประมาณร้อยละ 70–75 จากปริมาณแคลอรี่ต่อวัน และมีโปรตีนประมาณร้อยละ 20–25 จากปริมาณแคลอรี่ต่อวัน เพื่อเปลี่ยนระบบการใช้พลังงานของร่างกาย จากการใช้พลังงานจากน้ำตาลมาเป็นการใช้พลังงานจากไขมันด้วยการรับประทานไขมันจากพืชและสัตว์เป็นพลังงานหลัก ซึ่งนอกจากมีประโยชน์ต่อการลดน้ำหนัก งานวิจัยหลายเรื่องยังแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของแนวคิดการรับประทานอาหารนี้ เช่น การลดความเสี่ยงของโรคหัวใจ เนื่องจากการลดประมาณอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตหรือแป้ง จะนำไปสู่การชะลอการสร้างคลอเลสเตอรอลภายในร่างกาย ลดความเสี่ยงโรคเบาหวาน โดยการวิจัยพบว่า อาสาสมัครกลุ่มที่ทานอาหารแบบคาร์โบไฮเดรตต่ำ (Low-Carb) จะมีความอยากอาหารน้อยลง ระดับกลูโคสก็ถูกจำกัดไปด้วย ทำให้สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ เป็นต้น (Dashti *et al.*, 2004; Dynka *et al.*, 2023; Feinman *et al.*, 2015) ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตเจนิค โดยเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพให้ตอบสนองต่อการทำตลาดทั้งในกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป และกลุ่มธุรกิจผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี คุณค่าทางโภชนาการ การทดสอบทางประสาทสัมผัส คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต เป็นระยะเวลา 45 วัน

วิธีวิทยาการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างคุกกี้คีโตเจนิค

นำผงอัลมอนด์บดจำนวน 30.00 กรัม นำมาร่อนผ่านตะแกรง จากนั้นชั่งส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ ผงโกโก้ 2.60 กรัม ผงไข่รวม 15.09 กรัม น้ำตาลไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (IMO) 5.20 กรัม น้ำตาลพาลาทีน 9.20 กรัม ผงหญ้าหวานสกัด 0.01 กรัม ผงเนย 5.00 กรัม ผงฟู 0.80 กรัม กลิ่นโกโก้ 0.60 กรัม มาผสมให้เข้ากัน แล้วเติมน้ำสะอาด 19.50 กรัม และน้ำมันรำข้าว 12.00 กรัม ทำการกวนผสมให้เข้ากันด้วยผสมอาหารแบบมือถือ (EHM3407, Electrolux, China) นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วนำมาขึ้นรูปคุกกี้ด้วยเครื่องกดคุกกี้ จากนั้นนำไปอบด้วยเตาอบ (MX-DO24E, Semon, Taiwan) โดยใช้ไฟบนล่างที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา

25 นาที จากนั้นอบต่อด้วยอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที โดยกลับถาดอบทุก ๆ 10 นาที พักให้เย็นลงแล้วนำคุกกี้คีโตที่ได้มาบรรจุลงถุงอลูมิเนียมฟรอยด์ ขนาดบรรจุถุงละ 100 กรัม นำไปตั้งเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ต่อไป

1. คุณสมบัติทางกายภาพ

1.1 ลักษณะปรากฏ

ลักษณะปรากฏทางกายภาพ (physical appearance) ของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตโดยการถ่ายรูปด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัล (X-A3, Fujifilm, Japan)

1.2 ค่าสีและค่าความแข็ง

วิเคราะห์ค่าสี (color values) ของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตด้วยเครื่องวัดค่าสี (Color Flex EZ, Hunter Lab, U.S.A) ในระบบ CIE ซึ่งทำการวิเคราะห์ค่า *L** value (ค่าความสว่าง) *a** value (ค่าสีแดง–สีเขียว) *b** value (ค่าสีเหลือง–สีน้ำเงิน)

วิเคราะห์ค่าความแข็ง (hardness values) ของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต ดัดแปลงตามวิธีของ Poonnakasem *et al.* (2015) ด้วยเครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Brookfield รุ่น CTX โดยใช้หัววัดแบบ cylindrical probe (TA4/1000)

2. คุณสมบัติทางเคมี

2.1 องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตโดยวิเคราะห์ปริมาณร้อยละความชื้น (moisture) เถ้า (Ash) โปรตีน (protein) และไขมัน (fat) ตามวิธีของ AOAC วิธีการที่ 927.05 942.05 920.38 และ 984.13 ตามลำดับ (AOAC, 2000) ส่วน การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยผลต่างจากการคำนวณ คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) คือ 100 – (ความชื้น (ร้อยละ) + ไขมัน (ร้อยละ) + โปรตีน (ร้อยละ) + เถ้า (ร้อยละ) + เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)) และการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบ (Crude fiber) ด้วยวิธีย่อยด้วยด่างตามวิธีของ AOAC (AOAC, 2000)

2.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH values) ของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตโดยละลายตัวอย่างผงคุกกี้จำนวน 5 กรัม ในน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าความเป็นกรดด่างด้วยเครื่องพีเอช มิเตอร์ (Starter3100, OHAUS, USA)

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids) ของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต โดยละลายตัวอย่างผงคุกกี้จำนวน 5 กรัม ในน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร ทำการกรองแล้วนำของแข็งที่ไม่ละลายออก จากนั้นนำไปวัดค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยเครื่องรีแฟคโตมิเตอร์แบบมือถือ (HI96801, HANNA, USA)

2.3 ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก

ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก (Thiobarbituric acid–reactive substances; TBARS) ของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต ตามวิธีของ Jayasingh and Cornforth (2004) โดยนำตัวอย่างคุกกี้ที่บดละเอียดจำนวน 10 กรัม เติมสารละลายผสมระหว่างกรดไตรคลอโรอะซีติก (Trichloroacetic acid; TCA) เข้มข้นร้อยละ 15 (น้ำหนัก/ปริมาตร) และกรดไทโอบาร์บิทิวริก (Thiobarbituric acid; TBA) เข้มข้นร้อยละ 0.375 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 0.2 นอร์มอล (N) จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 10 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีก่อนที่จะนำไปปั่นเหวี่ยง ด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์ (Centrifuge 5910, Eppendor, Germany) ที่ความเร็ว 8,500 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงเก็บส่วนใส (supernatant) มาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (VIS-732G, Rayleigh, China) ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

เตรียมกราฟมาตรฐานด้วยมาโลนัลดีไฮด์ (malondialdehyde; MDA) และรายงานผลในหน่วย mg MDA/Kg sample โดยคำนวณจากสมการดังนี้

TBARS (mg MDA/Kg sample) = ปริมาณมาโลนัลดีไฮด์ (µg) ที่อ่านได้จากกราฟมาตราฐาน/น้ำหนักตัวอย่าง (g)

3. คุณค่าทางโภชนาการ

ปริมาณพลังงาน (energy) ของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตโดยวิธีการคำนวณ ตามวิธีของ กรมอนามัย (2544)

โปรตีน ปริมาณ 1 กรัม ให้พลังงานจำนวน 4 กิโลแคลอรี

ไขมัน ปริมาณ 1 กรัม ให้พลังงานจำนวน 9 กิโลแคลอรี

คาร์โบไฮเดรต ปริมาณ 1 กรัม ให้พลังงานจำนวน 4 กิโลแคลอรี

นำพลังงานที่ได้จากการคำนวณของสารอาหารทั้ง 3 ชนิดมารวมกัน จะได้เป็นพลังงานทั้งหมด

4. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

วิเคราะห์คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตในวันที่ 0-45 โดยบรรจุคุกกี้คีโตลงถุงอลูมิเนียมฟรอยด์ ขนาดบรรจุสูตรละ 10 กรัม โดยตั้งเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) โดยผู้ทดสอบจำนวน 35 คน ทำการประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) รสหวาน รสขม และการยอมรับโดยรวม โดยใช้วิธี 5-point hedonic test (คะแนนความชอบมากที่สุด 5 คะแนน คะแนนความชอบน้อยสุด 1 คะแนนะ และคะแนนที่มากกว่า 3 ถือว่าสามารถยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตได้)

5. คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

วิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่ได้มาบรรจุลงถุงอลูมิเนียมฟรอยด์ ขนาดบรรจุถุงละ 100 กรัม โดยตั้งเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ได้แก่ 1. จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี AOAC 966.23 ต้องน้อยกว่า 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และ 2. ยีสต์และราด้วยวิธี AOAC 997.02 ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม อ้างอิงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช 118/2546) เรื่องคุกกี้

6. การวิเคราะห์คุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ประเมินคุณภาพในระหว่างการเป็นรักษา (Shelf-life quality) ของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต ได้แก่ ลักษณะปรากฏ ค่าสี ค่าความแข็ง องค์ประกอบทางเคมี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์โดยจะติดตามคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 0 15 30 และ 45 วัน

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ

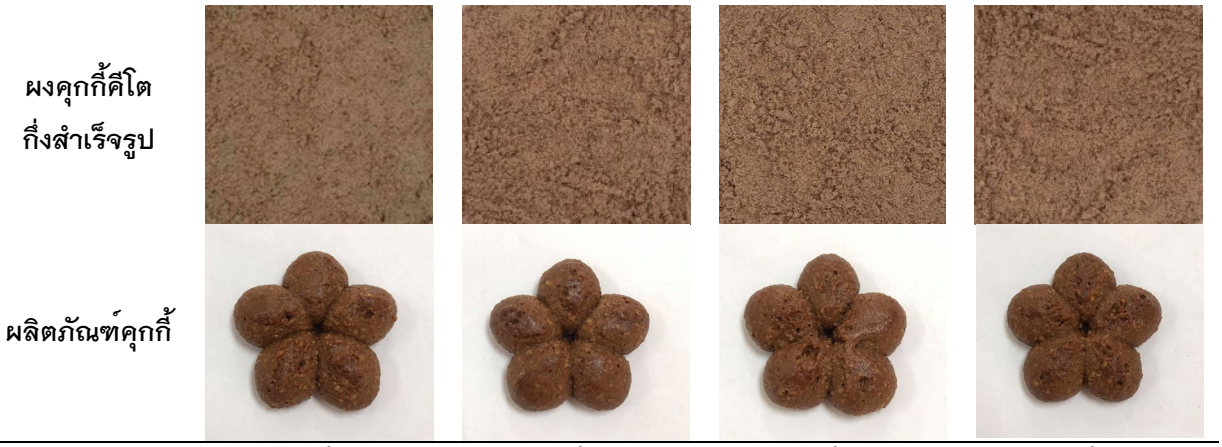
วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชั่น 29.0 (statistical package for the social science for windows version 29.0) (SPSS Inc., Chicago, USA)

ผลการศึกษา

1. คุณสมบัติทางกายภาพ

1.1 ลักษณะปรากฏ

ลักษณะปรากฏของผงคุกกี้คีโตกึ่งสำเร็จรูปและผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 45 วัน แสดงดังภาพที่ 1 พบว่าลักษณะปรากฏของผงคุกกี้คีโตกึ่งสำเร็จรูปมีสีน้ำตาล มีการกระจายตัวของอนุภาคผงที่สม่ำเสมอ ส่วนผลิตภัณฑ์คุกกี้มีสีน้ำตาล มีการเกาะตัวกันขึ้นรูปได้ดี โดยลักษณะปรากฏของผงคุกกี้คีโตกึ่งสำเร็จรูปและผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0–45 วัน มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยหรือแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อเทียบจากค่าสี (ตารางที่ 1) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ทางสถิติ ($p \geq 0.05$)



ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏของผงคุกกี้คีโตกึ่งสำเร็จรูปและผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 45 วัน

1.2 ค่าสีและค่าความแข็ง

ค่าสีและค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 45 วัน แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ค่าสี(L^* a^* และ b^*) ของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่าความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 6.12–6.38 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) อยู่ในช่วง 2.23–2.56 และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) อยู่ในช่วง 1.43–1.65 ส่วนค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่เก็บรักษาในช่วงวันที่ 0 15 30 และ 45 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งอยู่ในช่วง 13.68–15.20 นิวตัน โดยเนื้อสัมผัสของคุกกี้ที่ดีควรกรอบและร่วนพอดี ไม่แข็งหรือร่วนเกินไป (คฑามาศ และน้อมจิตต์, 2563)

ตารางที่ 1 ค่าสีและค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 45 วัน

ค่าสี	วันที่ 0	วันที่ 15	วันที่ 30	วันที่ 45
L^{*ns***}	6.38±0.32	6.24±0.06^{ns}	6.15±0.12^{ns}	6.12±0.12^{ns}
a^{*ns}	2.23±0.16	2.36±0.31^{ns}	2.37±0.17^{ns}	2.56±0.29^{ns}
b^{*ns}	1.65±0.21	1.56±0.43^{ns}	1.52±0.12^{ns}	1.43±0.65^{ns}
ความแข็ง (นิวตัน)	15.20±1.63^{*a**}	14.52±1.89^{b}	14.11±1.51^{c}	13.68±2.23^{d}

* แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

$^{**\ a-d}$ ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{***\ ns}$ ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$)

2. คุณสมบัติทางเคมี

2.1 องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 45 วัน แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรตของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอยู่ในช่วงร้อยละ 3.20–3.55 20.30–25.16 และ 11.70–15.83 ตามลำดับ ส่วนปริมาณไขมัน โปรตีน เส้นใยอาหาร อยู่ในช่วงร้อยละ 29.26–29.64 15.85–16.44 และ 14.50–14.59 ตามลำดับ โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 45 วัน

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	วันที่ 0	วันที่ 15	วันที่ 30	วันที่ 45
ความชื้น	3.20±0.00^{*b**}	3.22±0.12^{b}	3.47±0.12^{a}	3.55±0.06^{a}
ไขมัน^{ns***}	29.64±0.14	29.30±0.23	29.33±0.40	29.26±0.57
โปรตีน^{ns}	16.44±0.28	16.12±0.54	16.21±0.43	15.85±0.74
เถ้า	20.30±1.75^{d}	21.53±0.74^{c}	23.14±0.23^{b}	25.16±0.01^{a}
คาร์โบไฮเดรต	15.83±0.50^{a}	12.69±0.64^{b}	13.32±0.51^{c}	11.70±0.43^{d}
เส้นใยอาหาร^{ns}	14.59±1.38	14.51±0.32	14.55±0.46	14.50±0.89

* แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

$^{**\ a-d}$ ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

$^{***\ ns}$ ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$)

2.2 ค่าความเป็นกรด–ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ค่าความเป็นกรด–ด่างและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 45 วัน แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า ค่าความเป็นกรด–ด่างของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตอยู่ในช่วง 7.41–7.46 ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตอยู่ในช่วง 11.90–12.35 °Brix ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษา 45 วัน

ตารางที่ 3 ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 45 วัน

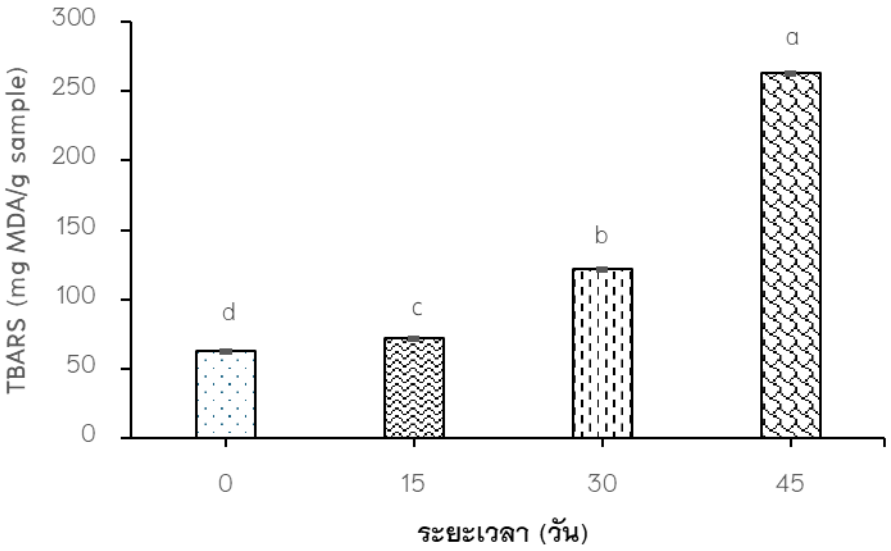
องค์ประกอบทางเคมี	วันที่ 0	วันที่ 15	วันที่ 30	วันที่ 45
ค่าความเป็นกรดด่าง^{ns***}	7.42±0.01*	7.41±0.04	7.45±0.02	7.46±0.06
ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด (°Brix)^{ns}	12.35±0.07	12.20±0.14	11.90±0.14	12.20±0.28

* แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

$^{*** ns}$ ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$)

2.3 ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก

ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 45 วัน แสดงดังภาพที่ 2 พบว่า ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกอยู่ในช่วง 63.14-263.24 mg MDA/g sample



ภาพที่ 2 ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของค่ากรดไทโอบาร์บิทูริกผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่เก็บรักษาเป็นเวลา 45 วัน

3. คุณค่าทางโภชนาการ

คุณค่าทางโภชนาการของไขมันของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตต่อหน่วยบริโภคจำนวน 35 กรัม (1 ชิ้น) ให้พลังงานทั้งหมด 197.92 กิโลแคลอรี่ ต่อหน่วยบริโภค โดยคิดเป็นพลังงานคีโตเจนิคจากกลุ่มไขมันร้อยละ 67.40 กลุ่มโปรตีนร้อยละ 16.61 และกลุ่มคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 15.99 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตในต่อหน่วยบริโภค (35 กรัม)

สารอาหาร	สารอาหาร (ร้อยละ)	พลังงาน (กิโลแคลอรี)	คีโต (ร้อยละ)
ไขมัน	29.64	133.38	67.40
โปรตีน	16.44	32.88	16.61
คาร์โบไฮเดรต	15.83	31.66	15.99
รวม	–	197.92	100.00

4. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่ผ่านการ แสดงดังตารางที่ 5 พบว่า ในวันที่ 0 มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่นโกโก้ ความกรอบ รสหวาน รสขม และความชอบโดยรวม เท่ากับ 4.20 3.80 4.12 4.18 3.75 และ 4.23 คะแนน ตามลำดับ และวันที่ 45 หรือวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่นโกโก้ ความกรอบ รสหวาน รสขม และความชอบโดยรวม เท่ากับ 4.21 2.98 3.02 3.94 3.11 และ 2.72 คะแนน ตามลำดับ โดยกำหนดให้คะแนนความชอบมากที่สุด 5 คะแนน คะแนนความชอบน้อยสุด 1 คะแนน และคะแนนที่มากกว่า 3 ถือว่าสามารถยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตได้

ตารางที่ 5 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต

ระยะเวลา	สี^{ns***}	กลิ่นโกโก้	ความกรอบ	รสหวาน	รสขม	ความชอบโดยรวม
วันที่ 0	4.20±1.23*	3.80±1.05^{a**}	4.12±0.82^{a}	4.18±0.57^{a}	3.75±1.21^{a}	4.23±1.45^{a}
วันที่ 15	4.23±1.15	3.38±0.91^{b}	4.02±0.93^{a}	4.21±0.69^{a}	2.89±1.60^{c}	4.11±0.32^{a}
วันที่ 30	4.18±1.07	3.17±0.77^{b}	3.54±1.02^{b}	4.02±1.18^{b}	3.27±0.67^{b}	3.24±1.34^{b}
วันที่ 45	4.21±1.19	2.98±1.11^{c}	3.02±1.25^{c}	3.94±0.45^{b}	3.11±0.92^{b}	2.72 ±1.10^{c}

* แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

** a–c ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

*** ns ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$)

5. คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 45 วัน แสดงดังตารางที่ 6 พบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตในวันที่ 0 15 30 และ 45 วัน ไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ และรา

ตารางที่ 6 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 45 วัน

จุลินทรีย์	วันที่ 0	วันที่ 15	วันที่ 30	วันที่ 45
จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	< 10	< 10	< 10	< 10
ยีสต์ และรา (CFU/g)	< 10	< 10	< 10	< 10

* < 10 หมายถึง ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

สรุปผลและอธิปรายผล

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะปรากฏของตัวอย่างผงคุกกี้คีโต แสดงดังภาพที่ 1 พบว่า ในวันที่ 0 ผงคุกกี้คีโตมีลักษณะการกระจายตัวที่สม่ำเสมอ และเมื่อเก็บรักษาถึงวันที่ 30 ผงคุกกี้คีโตมีลักษณะการเกาะตัวเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2) แต่เมื่อนำมาร่อนผ่านตะแกรงเพื่อเตรียมขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต พบว่า คุณภาพของผงคุกกี้คีโตยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 45 วัน ทั้งรูปร่าง และความมันเงา ส่วนลักษณะสีของผงคุกกี้ เมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นสีจะเข้มข้นตาม แต่ก็ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต ดังนั้นระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 45 วัน ไม่มีผลต่อคุณภาพของผง และผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต ส่วนค่าสี (Color value) ประกอบด้วยค่า L^* a^* และ b^* ซึ่งแสดงถึงองค์ประกอบของสีในลักษณะต่าง ๆ ค่า L^* บ่งบอกถึงระดับความสว่าง โดยมีช่วงค่า 0–100 เมื่อค่า L^* ใกล้ 100 หมายถึงความสว่างมาก หรือใกล้สีขาว และเมื่อเข้าใกล้ 0 หมายถึงความสว่างน้อยหรือใกล้สีดำ ค่า a^* แสดงระดับของสีแดง ในขณะที่ค่า b^* แสดงถึงระดับของสีเหลือง โดยค่าสีของผงคุกกี้คีโต แสดงตารางที่ 1 พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ที่ลดลงหลังการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตเป็นเวลา 45 วัน แสดงให้เห็นว่าสีของตัวอย่างเข้มขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างของสารบางชนิดในคุกกี้ โดยเฉพาะในส่วนของไขมันที่เกิดการเสื่อมสภาพ หรือการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) ในสารประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในสูตร ซึ่งจะส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์มีความเข้มขึ้น ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้นเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 45 วัน ในทางกลับกันค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) กลับลดลง ในส่วนของค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 45 วัน พบว่าค่าความแข็งของคุกกี้มีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น จากวันที่ 0 มีค่าความแข็งเท่ากับ 15.20 นิวตัน ลดลงเหลือ 13.68 นิวตัน เมื่อเก็บรักษาครบ 45 วัน ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่สูงขึ้นเมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้น การเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งเมื่อบรรยากาศส่งผ่านความชื้นให้ผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต (Naratip Poonnakasem, 2016)

องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากการส่งผ่านความชื้นระหว่างคุกกี้กับบรรยากาศ โดยภาชนะที่เก็บรักษาสามารถให้ความชื้นผ่านเข้าออกได้ โดยมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 3.20–3.55 ซึ่งตามมาตรฐานชุมชน (มผช 118/2546) กำหนดให้มีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 4 (โดยน้ำหนัก) จัดได้ว่าความชื้นของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (Thai Industrial Standards Institute, 2003) ส่วนองค์ประกอบของไขมัน โปรตีน และปริมาณเส้นใยอาหารไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) อยู่ในช่วงร้อยละ 29.26–29.64 15.85–16.44 และ 14.50–14.59 ตามลำดับ และปริมาณคาร์โบไฮเดรตในวันที่ 0 มีปริมาณร้อยละ 15.83 ในวันที่ 45 ลดลงเหลือร้อยละ 11.70 ปริมาณเถ้าที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 จากร้อยละ 20.30 เป็นร้อยละ 25.16 ซึ่งคิดเป็นพลังงานต่อหน่วยบริโภค เท่ากับ 197.92 กิโลแคลอรี่ ต่อหน่วยบริโภค โดยคิดเป็นพลังงานคีโตเจนิคจากกลุ่มไขมันร้อยละ 67.40 กลุ่มโปรตีนร้อยละ 16.61 และกลุ่มคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 15.99 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด–ด่างของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตอยู่ในช่วง 7.41–7.46 ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตอยู่ในช่วง 11.90–12.35 °Brix ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ตามระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 45 วัน ($P \geq 0.05$)

ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก (TBARS) เป็นการวัดสารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาสิ้นสุดออกซิเดชัน ซึ่งบ่งบอกถึงผลิตภัณฑ์ระเหยง่าย (volatile decomposition product) ที่เกิดจากปฏิกิริยาแล้วได้สาร malonaldehyde โดยปฏิกิริยานี้ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสี และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถตรวจวัดได้จากการบดตัวอย่างให้ละเอียดสม่ำเสมอเพื่อใช้ในวิธี thiobarbituric acid (TBA) ในการวัดสาร

malonaldehyde ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อันดับสองของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ช่วยบ่งชี้ถึงอายุการเก็บรักษาและระดับความเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์ไขมัน (นิธิยา, 2548) จากการวิเคราะห์ พบว่า ค่า TBARS เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงการเก็บรักษา โดยเริ่มเพิ่มสูงในวันที่ 30 (120 mg MDA/g sample) และวันที่ 45 (260 mg MDA/g sample) ซึ่งต่างจากวันที่ 0 และ 15 เนื่องจากผลิตภัณฑ์คีโตมีไขมันสูง ไม่มีสารกันหืน และไม่ได้บรรจุในสภาวะสุญญากาศ ส่งผลให้เกิดการออกซิเดชันเมื่อสัมผัสอากาศ ในงานวิจัยของ Naratip Poonnakasem (2016) พบว่าค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมไฟเบอร์ที่ทำให้ผู้บริโภคเริ่มรับรู้ถึงกลิ่นหืนเท่ากับ 250 mg MDA/g sample จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งควรกำหนดระยะเวลาการเก็บรักษาผงคุกกี้ไม่ให้ค่า TBARS เกิน 250 mg MDA/g sample ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่บรรจุลงถุงอลูมิเนียมฟรอยด์ ขนาดบรรจุถุงละ 100 กรัม สามารถเก็บรักษาได้ในอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลาที่เหมาะสม 30 วัน

การประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต แสดงตารางที่ 5 จากผู้ทดสอบจำนวน 35 คน โดยเป็นประชาชนทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝนทำการประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น (โกโก้) เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) รสหวาน รสขม และการยอมรับโดยรวม โดยใช้วิธี 5–point hedonic test พบว่า ในวันแรกผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ (มากกว่า 3 คะแนน) โดยมีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 4.20 3.80 4.12 4.18 3.75 และ 4.23 คะแนน ตามลำดับ ส่วนวันที่ 30 ยังสามารถยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต โดยมีคะแนน คุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น (โกโก้) เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) รสหวาน รสขม และการยอมรับโดยรวม เท่ากับ 4.18 3.17 3.54 4.02 3.27 และ 3.24 คะแนน ตามลำดับ ส่วนวันที่ 45 ของการเก็บรักษา มีคะแนนด้านกลิ่น และความชอบโดยรวมที่ต่ำกว่า 3 คะแนน ดังนั้นผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตที่บรรจุลงถุงอลูมิเนียมฟรอยด์ ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 30 วัน สามารถการยอมรับคุณภาพด้านประสาทสัมผัสได้ ซึ่งสอดคล้องกับค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก

คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโต แสดงดังตารางที่ 6 จากผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์แสดงให้เห็นว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา มีจำนวนน้อยกว่า 10 CFU/g หรือไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่องคุกกี้ (มผช 118/2546) โดยกำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และปริมาณยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (Thai Industrial Standards Institute, 2003) ซึ่งเป็นการเสดงถึงกระบวนการเตรียมที่ถูกสุขลักษณะ อีกทั้งยังเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ที่มีความชื้นต่ำ ไม่มีน้ำอิสระ (Water activity) เพียงพอที่จุลินทรีย์จะสามารถนำไปใช้ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้คีโตเจนิคกึ่งสำเร็จรูป สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากการสนับสนุนจาก บริษัท เพียว เคมีกัลส์ จำกัด คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ที่สนับสนุนวัตถุดิบ สถานที่ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย. (2544). **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย** (พิมพ์ครั้งที่ 2). นนทบุรี: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

คฑามาศ เข้าเมือง และน้อมจิตต์ สุธีบุตร. (2563). การพัฒนาคุกกี้เนยสดเสริมงาขี้ม่อน.ใน: **การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2563. มหาวิทยาลัยรังสิต.** หน้า 683-691.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2548). **วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2560). **โอกาสทำเงิน เกาะกระแสอาหารสุขภาพ**. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2567, จาก: https://www.kasikornbank.com/th/business/sme/KSMEKnowledge/article/KSMEAnalysis/Documents/HealthFoodBusinessGrowth.pdf.

AOAC, (2000). **International A: Official methods of analysis of the AOAC international**. The Association: Arlington County, VA, USA.

Chuamsomphong B, Kajornsaksirikul P, Rosemode W. and Khumkhom S. (2014). Development of standard recipe for jujube tartetatin. **SDU Research Journal Sciences and Technology**. 7(2), 57-65.

Dashti H M, Mathew T C, Hussein T, Asfar S K, Behbahani A, Khoursheed M A, Al-Sayer H M, Bo-Abbas Y Y. and Al-Zaid N S. (2004). Long-term effects of a ketogenic diet in obese patients. **Experimental and Clinical Cardiology**, 9(3), 200-209.

Dynka D, Kowalcze K, Charuta A. and Paziewska A. (2023). The ketogenic diet and cardiovascular diseases. **Nutrients**, 15(15), 368-372.

Feinman R D, Pogozelski W K, Astrup A, Bernstein R K, Fine E J, Westman E C, Accurso A, Frassetto L, Gower B A. and McFarlane S I. (2015). Dietary carbohydrate restriction as the first approach in diabetes management: critical review and evidence base. **Nutrition**, 31(1), 1-13.

Grassian D T. (2019). A New Way of Eating: Creating Meat Reducers, **Vegetarians and Vegans. University of Kent**. 3(1), 12-19.

Jayasingh P. and Cornforth D P. (2004). Comparison of antioxidant effects of milk mineral, butylated hydroxytoluene and sodium tripolyphosphate in raw and cooked ground pork. **Meat Science**, 66(1), 83-89.

Jurek J M. (2022). Health benefits of functional foods. **Functional foods,** 33(2) 419-441.

Munekata P E, Pateiro M, Zhang W, Dominguez R, Xing L, Fierro E M, and Lorenzo J M. (2021). Health benefits, extraction and development of functional foods with curcuminoids. **Journal of Functional Foods**, 79(1), 384-392.

Myrisis, G., Aja, S., & Haros, C. M. (2022). Substitution of critical ingredients of cookie products to increase nutritional value. Biology and Life Sciences Forum,

Naratip Poonnakasem.(2016). Development of Butter Cookie with Fiber from Pomelo Albedo. **Journal of Food Health and Bioenvironmental Science**, 9(1), 35-49.

Poonnakasem N, Laohasongkram K, and Chaiwanichsiri S. (2015). Influence of hydrocolloids on batter properties and textural kinetics of sponge cake during storage. **Journal of Food Quality**, 38(6), 441–449.

Tanasombun P, Siripanwattana C, Prasengchom S, and Ngamsangiam N. (2014). Replacement of palmyra plam powder in fresh noodle. **SDU Research Journal Sciences and Technology**, 7(1), 105–123.

Thai Industrial Standards Institute. (2003). **Thai community standard product cookie**. Bangkok: Thailand Industrial Standards Institute.

Tzenios N, Tazanios M, Chahine M, and Jamal P O B. (2023). The positive effects of the keto diet on muscle building: a comprehensive overview. **Special Journal of the Medical Academy and other Life Sciences**, 1(4), 325–336.

การใช้เทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูงศึกษาคลื่นนิ่งในเส้นเชือก

Using high-speed video analysis techniques to study standing waves in a string

ชลพิชา ชัยชะนะ*, จิราภรณ์ ปุณนวัจน์พรกุล[1] และจิตรกร กรพรม[2]

Chonpicha Chaichana[1*], Jiraporn Poonyawatpornkul[2] and Chittakron Kronphom[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของอนุภาคบนเส้นเชือกที่เกิดคลื่นนิ่งโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูง และเปรียบเทียบอัตราเร็วคลื่นที่ได้กับค่าทางทฤษฎี การทดลองใช้กล้องบันทึกภาพความเร็ว 1,000 เฟรมต่อวินาที ร่วมกับโปรแกรมแทรกเกอร์ในการติดตามการเคลื่อนที่ของอนุภาคบนเส้นเชือกที่เกิดคลื่นนิ่งตั้งแต่ 1 ถึง 6 ลูป ผลการศึกษาพบว่าความยาวคลื่นลดลงเมื่อจำนวนลูปของคลื่นนิ่งเพิ่มขึ้น และอนุภาคบนเส้นเชือกมีอัตราเร็วเชิงมุมเฉลี่ยคงที่ประมาณ 314 เรเดียนต่อวินาที จากการคำนวณพบว่าความถี่เฉลี่ยเท่ากับ 50.07 เฮิรตซ์ มีค่าคลาดเคลื่อนจากความถี่ไฟฟ้าในบ้านเพียงร้อยละ 0.14 เมื่อเปรียบเทียบอัตราเร็วคลื่นที่วัดได้กับค่าทางทฤษฎี พบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเพียงร้อยละ 0.22 ซึ่งน้อยกว่าร้อยละ 1 ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า เทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูงมีความแม่นยำในการหาค่าอัตราเร็วคลื่น สามารถช่วยให้ผู้เรียนและครูทุกระดับการศึกษาเห็นภาพปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง และเชื่อมโยงกับหลักการฟิสิกส์ในห้องเรียนได้อย่างชัดเจน

คำสำคัญ: เทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง, คลื่นนิ่งในเส้นเชือก, อัตราเร็วคลื่น, แทรกเกอร์

Abstract

This research aims to study the motion of particles on a string under standing waves using high-speed video analysis and to compare the observed wave velocity with theoretical values. Experiments recorded video at 1,000 frames per second, using Tracker software to monitor particle motion on the string in configurations with 1 to 6 loops. Results indicate that wavelength decreases as the number of loops increases, with particles on the string maintaining an average angular velocity of approximately 314 rad/s across all six configurations. Calculated frequency averaged 50.07 Hz, with only 0.14% deviation from household electricity frequency. Comparing the measured wave velocity from video analysis to theoretical values, an average deviation of 0.22% was found, remaining below 1%. These results demonstrate the precision of high-speed video analysis in determining wave velocity accurately. This study provides valuable insights for students and educators across educational levels, enhancing visualization of real-world wave phenomena and facilitating connections to classroom physics principles.

Keywords: High-speed video analysis technique, Standing wave, wave velocity, Tracker

[1] สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Science Teaching, Faculty of Science, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

*Corresponding author : armyamychon@gmail.com

บทนำ

เนื้อหาเรื่อง คลื่นกล เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นนามธรรม มีความเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ยกตัวอย่างเช่น คลื่นนิ่งในสายกีต้า โดยเกิดจากการรวมตัวกันของคลื่น 2 ขบวน ที่มีความถี่และแอมพลิจูดเท่ากัน เคลื่อนที่สวนทางกันผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน และปลายของตัวกลางถูกตรึงไว้กับที่ คลื่นนิ่งในเส้นเชือกจะทำให้เกิดลูป (loop) และมีการสั่นพ้องเกิดขึ้นระหว่างจุดกำเนิดคลื่นและเส้นเชือก (ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป) จึงเป็นเนื้อหาที่มีความเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และน่าสนใจ แต่ที่ผ่านมาการจัดการเรียนการสอนเรื่องนี้ ยังประสบปัญหาผู้เรียนขาดการเชื่อมโยงหลักการทางทฤษฎีกับปรากฏการณ์ธรรมชาติจริง ทำให้ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ก็ได้มีนักวิจัยทางฟิสิกส์ศึกษาหลายท่านพยามยามหาแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าว เช่น Bonato et al. (2017) ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูงที่มาจากการบันทึกด้วยโทรศัพท์มือถือ มาจัดกิจกรรมการทดลองเรื่อง คลื่นกล โดยการสร้างคลื่นด้วยสปริง นำไปหาค่าอัตราเร็ว และความถี่ของคลื่น ซึ่งจากการจัดกิจกรรมให้นักเรียนพบว่านักเรียนได้เรียนรู้บางแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับฟิสิกส์ของปรากฏการณ์คลื่นกล และได้สร้างความเข้าใจที่ถูกต้องจากความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน นอกจากนั้น จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล และวิไลพร ลักษมีวาณิชย์ (2564) ยังได้ศึกษาผลของแรงต้านอากาศต่อการตกของกรวยกระดาษด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง การดำเนินงานวิจัยได้ใช้กล้องวีดีโออัตราเร็วสูงบันทึกการเคลื่อนที่ด้วยอัตรา 240 ภาพต่อวินาทีและใช้โปรแกรมแทรกเกอร์ (Tracker) ในการวิเคราะห์การตกแบบมีแรงต้านของกรวยกระดาษสี่ขนาด (มวลเท่ากันที่ 12 กรัม) และปล่อยที่ระดับความสูง 2.50 เมตร การศึกษาการตกแบบมีแรงต้านของกรวยกระดาษด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูงนี้สามารถพิสูจน์ทฤษฎีและเป็นแนวทางให้ผู้สอนนำไปอธิบายเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาการตกแบบมีแรงต้านในห้องเรียนกับสถานการณ์จริง และสรายุทธ์ พานเทียน (2566) การพัฒนาทักษะการเขียนแผนภาพอิสระของวัตถุของนักเรียนด้วยโปรแกรมแทรกเกอร์ นำโปรแกรมแทรกเกอร์ มาใช้ประกอบกับการทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติ จากนั้นให้ผู้เรียนนำเหตุการณ์จากการทดลองด้วยโปรแกรมแทรกเกอร์ มาเขียนแผนภาพอิสระ และกำหนดตัวแปรเงื่อนไขเริ่มต้นต่าง ๆ ลงในแผนภาพอิสระนั้น จากนั้นทำการคำนวณจนได้ผลลัพธ์ตามที่ผู้วิจัยกำหนด ซึ่งผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีทักษะการเขียนแผนภาพอิสระของวัตถุหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 รวมไปถึงจันจิรา มีภิปราย และคณะ (2566) ได้ศึกษาการชนกันของวัตถุในของเหลวด้วยโปรแกรมแทรกเกอร์ สำหรับการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยศึกษารูปแบบการเคลื่อนที่และสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุในของเหลวในแต่ละช่วงเวลาก่อนและหลังชนกันด้วยโปรแกรมแทรกเกอร์ อ้างอิงกับระบบพิกัดแบบคาร์ทีเซียน 2 มิติ และหางานอันเนื่องมาจากแรงต้านของของเหลวอีกด้วยพร้อมกันนี้ยังศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ต่อการเรียนในหัวข้อโมเมนตัมและการชน ผลการวิจัยพบว่า ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยคะแนนระหว่างเรียน (การประเมินการทดลองและแบบฝึกหัดระหว่างเรียน) และหลังเรียน (ผลการเรียนรู้) ในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง การชนกันของวัตถุในของเหลว โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์วิดีโอแทรกเกอร์ ช่วยสอน มีค่าเป็น 85.67 และ 81.98 ตามลำดับ และความเข้าใจและการนำไปใช้ ด้านทักษะวิทยาศาสตร์ขั้นสูง โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียนสูงหว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะใช้เทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง โดยการนำเอาเทคโนโลยีกล้องบันทึกค่าวิดีโออัตราเร็วสูงมามาตรวจจับการเคลื่อนที่ของเส้นเชือกที่เกิดคลื่นนิ่ง ซึ่งเกิดจากการทำให้เกิดจำนวนลูป (loop) ที่ต่างกัน แล้วนำวิดีโอไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมแทรกเกอร์ เพื่อวิเคราะห์อัตราเร็วของคลื่นแล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎี

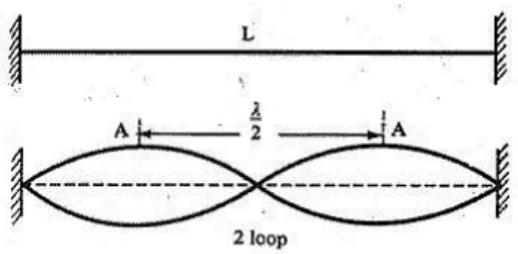
วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของอนุภาคบนเส้นเชือกที่เกิดคลื่นนิ่งโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูง
2. เพื่อเปรียบเทียบอัตราเร็วคลื่นของคลื่นนิ่งในเส้นเชือกโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูงกับค่าทางทฤษฎี

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คลื่นนิ่งเกิดจากการรวมตัวกันของคลื่น 2 ขบวนที่มีความถี่และแอมพลิจูดเท่ากัน เคลื่อนที่สวนทางกันผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน ในกรณีของคลื่นนิ่งสะท้อนกลับจากปลายอีกด้านหนึ่งที่ตรึงอยู่กับที่ การเกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือกทำให้เกิดลูป ได้ในลักษณะตั้งแต่ 1, 2, 3...ลูป เป็นต้น โดยที่ปลายทั้งสองของเส้นเชือกเป็นตำแหน่งบัพ (node) และตำแหน่งปฏิบัพ (antinode) อยู่ระหว่างตำแหน่งบัพเหล่านั้น ถ้าเกิดคลื่นนิ่งปรากฏ 2 ลูป ในความยาวของเส้นเชือกเท่ากับความยาวคลื่น λ เป็นต้น ดังนั้นถ้าเกิดคลื่นนิ่งจำนวน n ลูป ในความยาวของเส้นเชือก L แล้ว ทำให้ได้ความยาวคลื่นต่างกัน ดังแสดงในสมการ 3.1



ภาพที่ 1 ลักษณะของคลื่นนิ่งที่ 2 ลูป

$$\lambda = \frac{2L}{n} \qquad (3.1)$$

ขณะที่มีการเกิดคลื่นนิ่งขึ้นบนเส้นเชือกจะมีการสั่นพ้อง (resonance) ระหว่างเกิดขึ้นระหว่างจุดกำเนิดคลื่นกับเส้นเชือกนั่นคือความถี่ของจุดกำเนิดคลื่นเท่ากับความถี่ธรรมชาติของเส้นเชือก ซึ่งมีค่าเฉพาะตามความตึงและระยะ L ของเส้นเชือกนั้น โดยอัตราเร็วคลื่นหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง ความถี่ f และความยาวคลื่น λ คือ

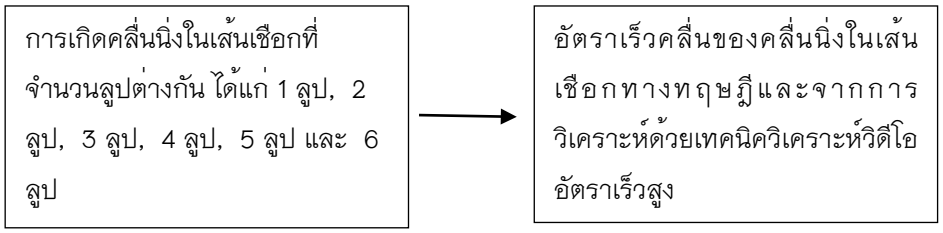
$$v = \lambda f \qquad (3.2)$$

หรือ $$v = \frac{\omega}{2\pi}\lambda \qquad (3.3)$$

เมื่อ $$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

ความเร็วในสมการที่ 3.2 ในงานวิจัยนี้เรียกว่า **ความเร็วจากทฤษฎี** และความเร็วในสมการที่ 3.3 ในงานวิจัยนี้เรียกว่า **ความเร็วจากแทรกเกอร์**

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดงานวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

ตัวแปรต้น : การเกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือกที่จำนวนลูป 1 ลูป, 2 ลูป, 3 ลูป, 4 ลูป, 5 ลูป และ 6 ลูป

ตัวแปรตาม : อัตราเร็วคลื่นของคลื่นนิ่งในเส้นเชือกทางทฤษฎีและจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิควิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง

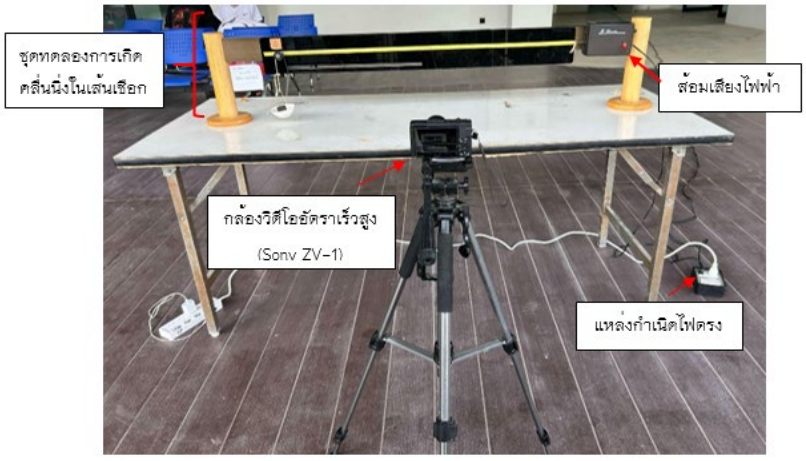
ตัวแปรควบคุม : ชุดอุปกรณ์การสร้างคลื่นนิ่งในเส้นเชือก, อัตราเร็วในการบันทึกภาพ 1,000 เฟรมต่อวินาที

วิธีวิทยาการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของคลื่นนิ่งในเส้นเชือกโดยใช้เทคนิค การวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูงและเพื่อศึกษา อัตราเร็วคลื่นที่ได้จากเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูงเปรียบเทียบกับอัตราเร็วคลื่นทางทฤษฎี ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย วิธีการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูงสำหรับการเคลื่อนที่ของคลื่นนิ่งในเส้นเชือกนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ส่วนประกอบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย 1) แหล่งกำเนิดคลื่นได้แก่ส้อมเสียงไฟฟ้าที่สั่นด้วยความถี่ 50 Hz 2) แหล่งกำเนิดไฟตรง 3) มวลถ่วงขนาดต่างๆ 3) เส้นเชือกยาว 1.28 เมตร 4) กล้องวิดีโออัตราเร็วสูง (Sony ZV-1) ที่มี อัตราการบันทึกภาพ 1,000 เฟรมต่อวินาที การติดตั้งอุปกรณ์แสดงดังภาพที่ 3



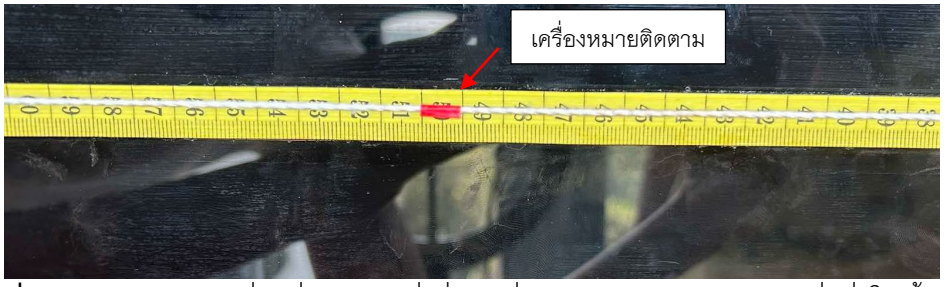
ภาพที่ 3 การติดตั้งอุปกรณ์การเกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือก

วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองเริ่มต้นด้วยติดตั้งอุปกรณ์การเกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือก ทำการเติมน้ำหนักถ่วงจนทำให้เกิดคลื่นนิ่งในเส้นเส้นเชือกจำนวน 1 ลูป โดยที่ลูปที่เกิดขึ้นมีตำแหน่งบัพอยู่ที่ปลายทั้งสองของเส้นเชือกอย่างคมชัด และมีค่าแอมพลิจูดสูงที่สุด บันทึกวิดีโอวิดีโออัตราเร็วสูงของการเกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือกด้วยอัตราเร็วการบันทึกภาพ 1,000 เฟรมต่อวินาที บันทึกน้ำหนักมวลถ่วงและวัดความยาวของแต่ละลูป จากนั้นทำการทดลองซ้ำแต่ทำให้เกิดคลื่นนิ่งจำนวนลูฟมากขึ้นเป็น 2ลูป, 3ลูป, 4ลูป, 5ลูป และ 6 ลูป

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำไฟล์วิดีโออัตราเร็วสูงการเคลื่อนที่ของคลื่นนิ่งในเส้นเชือกที่ได้บันทึกไว้ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมแทรก-เกอร์ โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของตำแหน่งที่ติดเครื่องหมาย (marker) บริเวณ ปฏิบัพของคลื่นกรณีที่การเกิดคลื่นนิ่งมีหลายลูปให้เลือกมา 1 ลูป ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การติดตามการเคลื่อนที่ของตำแหน่งที่ติดเครื่องหมายบริเวณปฏิบัพของคลื่นนิ่งในเส้นเชือก

ข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่สามารถนำไปวิเคราะห์หาอัตราเร่งเชิงมุมและนำไปหาค่าอัตราเร็วคลื่นได้ แสดงดังรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

ผลการศึกษา

ผลการวิจัยที่ได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของคลื่นนิ่งในเส้นเชือกด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูงเปรียบเทียบกับค่าอัตราเร็วของคลื่นนิ่งในเส้นเชือกทางทฤษฎี มีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการติดตามการเคลื่อนที่ของตำแหน่งเครื่องหมาย ซึ่งเป็นตัวแทนของอนุภาคบนคลื่นนิ่งในเส้นเชือก พบว่าอนุภาคบนเส้นเชือกที่เกิดคลื่นนิ่งมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงซ้ำตำแหน่งเดิม เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลา จะเห็นการเคลื่อนที่ในลักษณะเป็นคลื่นรูปไซน์ แสดงดังภาพที่ 5 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมแทรกเกอร์ ได้ใส่สมการ $\mathbf{x = Asin(Bt + C)}$ ลงในโปรแกรมแทรกเกอร์ และทำการเปรียบเทียบสมการการเคลื่อนที่ $\mathbf{x = Asin(\omega t + \emptyset)}$ พบว่าค่าอัตราเร็วเชิงมุม (ω) มีค่าเท่ากับ B และนำไปหาค่าความถี่จาก $\mathrm{f} = \frac{\omega}{2\pi}$

จากทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มแรงตึงเชือกด้วยการใส่มวลถ่วงลงไปทำให้เกิดจำนวนลูป จำนวน 1 ลูป จนถึง 6 ลูป ไม่ทำให้ความเร็วเชิงมุมเปลี่ยนแปลงเนื่องจากค่าที่วิเคราะห์ได้จากแต่ลูปมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 314 rad/s แสดงดังตารางที่ 1



(ก) (ข)

ภาพที่ 5 การหาอัตราเร็วคลื่นของคลื่นนิ่งในเส้นเชือกด้วยเทคนิควิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง
(ก) การติดตามตำแหน่งเครื่องหมาย และ (ข) การติดตามการเคลื่อนที่ของเส้นเชือกในโปรแกรมแทรกเกอร์

2. ผลการหาอัตราเร็วคลื่น

จากการทดลองการเกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือก โดยการเพิ่มแรงตึงเชือก (แรงจากมวลถ่วง) เพื่อให้เกิดจำนวนลูปที่แตกต่างกัน ได้ค่าความยาวคลื่น (สมการ 3.1) อัตราเร็วคลื่นจากค่าทางทฤษฎี (สมการ 3.2) อัตราเร็วเชิงมุม ความถี่ อัตราเร็วคลื่นจากโปรแกรมแทรกเกอร์ (สมการ 3.3) และร้อยละความคลาดเคลื่น แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลค่าแรงตึงเชือก ความยาวคลื่น และอัตราเร็วคลื่นของคลื่นนิ่งในเส้นเชือกที่ได้ทางทฤษฎี

จำนวนลูป (loop)	แรงตึงเชือก (N)	ความยาวคลื่น (m)	ความเร็วคลื่นจากทฤษฎี (m/s)	ค่าจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมแทรกเกอร์			ร้อยละความคลาดเคลื่อน
				อัตราเร็วเชิงมุม (rad/s)	ความเร็วคลื่นจากแทรกเกอร์ (m/s)	ความถี่ จาก $f=\frac{\omega}{2\pi}$ (Hz)	
1	10.55	2.00	100.00	3.15×10^{2}	100.32	50.16	0.32
2	2.35	1.00	50.00	3.14×10^{2}	50.06	50.00	0.12
3	1.16	0.66	33.00	3.13×10^{2}	32.93	49.90	0.21
4	0.62	0.50	25.00	3.14×10^{2}	25.01	50.02	0.04
5	0.37	0.40	20.00	3.14×10^{2}	20.02	50.05	0.10
6	0.26	0.33	16.25	3.16×10^{2}	16.59	50.27	0.54
ค่าเฉลี่ย				3.14×10^{2}		50.07	0.22

จากตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์การหาอัตราเร็วคลื่นของคลื่นนิ่งในเส้นเชือกที่จำนวนลูปต่างกัน ได้แก่ 1 ลูป ไปจนถึง 6 ลูป พบว่าเมื่อเกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือกที่มีจำนวนลูปแตกต่างกัน ทำให้ได้ความยาวคลื่นแต่ละลูปที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน นั่นคือ เมื่อจำนวนลูปมากขึ้นพบว่าความยาวคลื่นของคลื่นนิ่งมีค่าลดลง อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ได้ใช้ส้อมเสียงที่มีความถี่เท่ากับไฟฟ้าในบ้านคือ 50 Hz ผลการทดลองได้ค่าอัตราเร็วเชิงฟมุมคงที่เฉลี่ย 314 rad/s และได้ความถี่เฉลี่ยเท่ากับ 50.07 Hz ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงร้อยละ 0.14

เมื่อนำความยาวคลื่นที่ได้ และความถี่ของไฟฟ้าในบ้านคือ 50 Hz ไปคำนวณหาอัตราเร็วคลื่นทางทฤษฎีจากสมการที่ 3.1 พบว่าค่าอัตราเร็วคลื่นทางทฤษฎีมีค่า 100.00 m/s, 50.00 m/s, 33.00 m/s, 25.00 m/s, 20.00 m/s และ 16.25 m/s สำหรับคลื่นนิ่ง 1 ลูป ถึง 6 ลูป ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์การหาอัตราเร็วคลื่นของคลื่นนิ่งในเส้นเชือกจากโปรแกรมแทรกเกอร์ผ่านอัตราเร็วเชิงมุมจากสมการที่ (3.3) พบว่าได้ค่าเท่ากับ 100.32 m/s, 50.06 m/s, 32.93 m/s, 25.01 m/s, 20.00 m/s และ 16.59 m/s ตามจำนวนลูปตั้งแต่ 1 ลูป ไปจนถึง 6 ลูป ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราเร็วคลื่นทางทฤษฎีพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.22

สรุปผลและอภิปรายผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของอนุภาคบนเส้นเชือกที่เกิดคลื่นนิ่งโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูง และเปรียบเทียบอัตราเร็วคลื่นที่ได้กับค่าทางทฤษฎี การทดลองใช้กล้องบันทึกภาพความเร็ว 1,000 เฟรมต่อวินาที ร่วมกับโปรแกรมแทรกเกอร์ในการติดตามการเคลื่อนที่ของอนุภาคบนเส้นเชือกที่เกิดคลื่นนิ่งตั้งแต่ 1 ถึง 6 ลูป ผลการศึกษาพบว่าความยาวคลื่นลดลงเมื่อจำนวนลูปของคลื่นนิ่งเพิ่มขึ้น และอนุภาคบนเส้นเชือกมีอัตราเร็วเชิงมุมเฉลี่ยคงที่ประมาณ 314 เรเดียนต่อวินาที จากการคำนวณพบว่าความถี่เฉลี่ยเท่ากับ 50.07 เฮิรตซ์ มีค่าคลาดเคลื่อนจากความถี่ไฟฟ้าในบ้านเพียงร้อยละ 0.14 การหาอัตราเร็วคลื่นของคลื่นนิ่งในเส้นเชือกที่จำนวนลูปต่างกัน ได้แก่ 1 ลูป ไปจนถึง 6 ลูป ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโออัตราเร็วสูง สามารถหาอัตราเร็วของคลื่นนิ่งในเส้นเชือกได้ จากสมการ $\mathbf{v = \lambda f}$ พบว่าค่าอัตราเร็วมีค่า 100.32 m/s, 50.06 m/s, 32.93 m/s, 25.01 m/s, 20.00 m/s และ 16.59 m/s ตามลำดับ การวิเคราะห์หาอัตราเร็วคลื่นของคลื่นนิ่งในเส้นเชือกจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูงและอัตราเร็วคลื่นของคลื่นนิ่งในเส้นเชือกจากการคำนวณค่าทางทฤษฎีเมื่อเปรียบเทียบการวิเคราะห์ที่จำนวนลูปต่างๆได้แก่ 1ลูป, 2 ลูป, 3 ลูป, 4 ลูป, 5 ลูป, และ 6 ลูป พบว่าทั้ง 2 วิธีสามารถหาอัตราเร็วคลื่นของคลื่นนิ่งในเส้นเชือกได้ และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.22 ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 1 โดยความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากการกำหนดระยะอ้างอิง และระยะห่างในการบันทึกภาพ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ควรนำไปพัฒนาเป็นสื่อสารการเรียนการสอนเรื่องคลื่นกลที่เกี่ยวข้องได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาในกรณีที่ขนาดของเชือกแตกต่างกัน
2. ควรนำแรงตึงเชือกที่ได้ไปคำนวณหาอัตราเร็วคลื่น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่ให้การสนับสนุน

เอกสารอ้างอิง

จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล และวิไลพร ลักษมีวาณิชย์. (2564). **ผลของแรงต้านอากาศต่อการตกของกรวยกระดาษด้วยเทคนิคการ วิเคราะห์วิดีโอความเร็วสูง.** วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร, 15(2), 146–157

จันจิรา มีภิปราย, พิชชาภา ทองเสวตร, วิศัลย์ศยา นาละคร และสรายุทธ์ พานเทียน. (2566). **การศึกษาการชนกันของวัตถุในของเหลวด้วยโปรแกรมแทรคเกอร์สำหรับการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.** วารสาร มภร.กพ. วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี, 2(2), 143 – 153

สรายุทธ์ พานเทียน. (2566). **การพัฒนาทักษะการเขียนแผนภาพอิสระของวัตถุของนักเรียนด้วยโปรแกรมแทรคเกอร์.** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, 2(2), 48 – 57

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2560). **คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3**. กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว.

Bonato J., Gratton L. M., Onorato P. & Oss S. (2017). **Using high speed smartphonecameras and video Analysis techniques to teach mechanical wave physics.** *Phys. Educ.* 52 045017

ผลของการเสริมเกสรข้าวโพดด้วยโปรตีนไฮโดรไลเซทจากพืชและสัตว์ต่อสุขภาพและอายุขัยของผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera*)

Effects of supplementing maize pollen with plant and animal derived hydrolyzed proteins on the health and lifespan of honey bees (*Apis mellifera*)

พรสวรรค์ หวั่นกั๊วะ[1], รัชชานนท์ จูงาม[1], ศุภคม คล้ายโตนด[1], บาจรีย์ ฉัตรทอง[1], โชค โสรัจกุล[2] และ ขรรค์ชัย ดั้นเมฆ[2*]

Pornsawan Wankua[1], Ratchanon Chungam[1], Supakhom Klaitanoad[1], Bajaree Chuttong[1] Choke Sorachakula, and Khanchai Danmek[2]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอาหารเสริมสำหรับผึ้งพันธุ์โดยใช้เกสรข้าวโพดและโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแหล่งต่าง ๆ เช่น เนื้อไก่ เนื้อหมู และใบหม่อน เกสรข้าวโพดถูกระบุว่าเป็นแหล่งโปรตีนสำคัญ ประกอบด้วยโปรตีน 16.74 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 63.05 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 3.82 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปผสมกับน้ำเชื่อมในอัตราส่วน 2:1 อาหารเสริมที่ได้มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 11.89 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้เสริมโปรตีนไฮโดรไลเซทผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ซึ่งช่วยปรับโครงสร้างโปรตีนให้เหมาะสมสำหรับการย่อยและดูดซึมของผึ้งผลการทดลองพบว่า อาหารเสริมที่เสริมด้วยโปรตีนจากใบหม่อน เนื้อไก่ และเนื้อหมู ช่วยเพิ่มขนาด Hypopharyngeal Gland (HPG) ของผึ้งงานอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยขนาดเฉลี่ยของ HPG-acini อยู่ในช่วง 89.45–90.29 ไมโครเมตร ซึ่งใหญ่กว่าการให้เกสรข้าวโพดเพียงอย่างเดียว (77.91 ไมโครเมตร) นอกจากนี้จากการศึกษาการเจริญเติบโตของผึ้งพันธุ์ที่ได้รับอาหารต่างๆ เป็นระยะเวลา 45 วัน พบว่าผึ้งที่ได้รับเกสรข้าวโพดเสริมโปรตีนมีอัตราการรอดชีวิตสูงขึ้นโดยการเสริมโปรตีนจากเนื้อไก่ให้ผลที่ดีที่สุด ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าอาหารเสริมที่พัฒนาขึ้นจากเกสรข้าวโพดร่วมกับโปรตีนไฮโดรไลเซทสามารถเพิ่มขนาดของ HPG และอัตราการรอดชีวิตของผึ้งงานได้อย่างมีนัยสำคัญ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้จึงสามารถนำไปใช้ช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนเกสรที่เป็นอาหารผึ้งในช่วงฤดูแล้งได้

คำสำคัญ ผึ้งพันธุ์ เกสรข้าวโพด โปรตีนไฮโดรไลเซท อาหารเสริม

[1] ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[2] สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200

[2] Department of Biotechnology, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao 56000

*Corresponding author : 63010910@up.ac.th

Abstract

This study aimed to develop a supplementary diet for *Apis mellifera* (honey bees) using maize pollen and hydrolyzed proteins derived from various sources, including chicken meat, pork, and mulberry leaves. Maize pollen, identified as a key protein source, was found to contain 16.74% protein, 63.05% carbohydrates, and 3.82% fat. When mixed with sugar syrup at a ratio of 2:1, the resulting supplement contained an average protein concentration of 11.89%. To enhance its nutritional value, hydrolyzed proteins were incorporated. These proteins were enzymatically treated to improve their digestibility and bioavailability for honeybees. Experimental results demonstrated that supplementation with hydrolyzed proteins from mulberry leaves, chicken meat, and pork significantly increased the size of the hypopharyngeal glands (HPGs) in worker bees ($p<0.05$). The average HPG-acini size ranged from 89.45 to 90.29 µm, exceeding the size observed in bees fed exclusively on corn pollen (77.91 µm). Additionally, a 45-day growth trial revealed that bees receiving corn pollen supplemented with proteins exhibited higher survival rates, with chicken-derived protein yielding the best outcomes. These findings suggest that the developed supplementary diet, combining maize pollen with hydrolyzed proteins, effectively enhances HPG development and worker bee survival. This innovative approach offers a viable solution for addressing pollen shortages during the dry season, thereby supporting honeybee health and productivity.

Keywords: Honeybees, Maize pollen, Hydrolyzed protein, Supplementary diet

บทนำ

เกสรข้าวโพด (*Zea mays*) เป็นหนึ่งในแหล่งอาหารที่ผึ้งพันธุ์สามารถเข้าถึงได้ โดยเฉพาะในประเทศไทยซึ่งพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตาม เกสรข้าวโพดมีคุณค่าทางโภชนาการที่ต่ำเมื่อเทียบกับเกสรดอกไม้จากพืชชนิดอื่น เช่น ปริมาณโปรตีนประมาณ 17.2 ปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเกสรดอกไม้ชนิดอื่นๆ ซึ่งผึ้งกินต้องการสำหรับการเจริญเติบโตและพัฒนาของตัวอ่อน (Hsu et al., 2021) ดังนั้นหากเกษตรกรเลี้ยงผึ้งพันธุ์โดยต้องพึ่งพาเกสรข้าวโพดเพียงอย่างเดียวในระยะยาวอาจทำให้เกิดภาวะขาดแคลนสารอาหารที่จำเป็น เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน กรดอะมิโน วิตามิน และแร่ธาตุ (Paray et al., 2021) ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการเหล่านี้ของเกสรดอกไม้เป็นปัจจัยพื้นฐานสำคัญที่ส่งผลต่อหลากหลายมิติของชีววิทยาผึ้งพันธุ์ เช่น การเจริญเติบโตและการพัฒนาตัวอ่อนจนถึงระยะเต็มวัย การพัฒนาลักษณะทางกายภาพและสรีระวิทยา การพัฒนาระบบภูมิคุ้มกัน รวมไปถึงการผลิตประชากรภายในรังผึ้ง (Migdał et al., 2024) กรณีที่แหล่งเกสรดอกไม้ที่เป็นอาหารผึ้งพันธุ์ในธรรมชาติขาดแคลนเกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้งพันธุ์จึงได้ปรับ กลยุทธ์ต่าง ๆ ในการจัดหาแหล่งโปรตีนทางเลือก เช่น แป้งถั่วเหลือง ยีสต์เบียร์ หางนม โปรตีนไฮโดรไลเซท และสารทดแทนเกสร (Sihag and Gupta, 2011; Paray et al., 2021) มาผสมกับเกสรเพื่อผลิตเป็นอาหารเสริม หรือ การผสมกับวัตถุดิบต่างๆ เพื่อสร้างเป็นอาหารเกสรเทียมที่มีโภชนาการที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เลี้ยงผึ้งพันธุ์ (DeGrandi-Hoffman et al., 2010; Paray et al., 2021)

วัตถุดิบโปรตีนทดแทนบางชนิดที่ใช้ผลิตอาหารเกสรบางชนิดมักมีขนาดโมเลกุลใหญ่ซึ่งผึ้งไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและยังขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของผึ้ง โปรตีนจากพืชและสัตว์ที่มีกรดอะมิโนครบถ้วน จึงถือเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบหรือสารเสริมในการผลิตอาหารเกสรเทียม เพื่อสนับสนุนการเลี้ยงผึ้งพันธุ์อย่างยั่งยืน (Danmek et al., 2024) ดังนั้นการมุ่งเน้นในการพัฒนาอาหาร

เกสรเทียมที่มีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการเลี้ยงผึ้งพันธุ์ โดยเฉพาะในช่วงที่เกสรธรรมชาติขาดแคลน งานวิจัยหลายชิ้นก่อนหน้านี้ได้แสดงศักยภาพของการใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทในการเสริมโภชนาการของผึ้งพันธุ์ ตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Kumari & Kumar (2020); Danmek et al. (2024) พบว่าผึ้งพันธุ์ที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยโปรตีนไฮโดรไลเซทแสดงความแข็งแรง สุขภาพ และการเติบโตของประชากรผึ้งในรังดีขึ้นในช่วงที่ขาดแคลนอาหารเมื่อเปรียบเทียบกับประชากรในรังผึ้งที่ได้รับสารทดแทนเกสรแบบดั้งเดิมจากสูตรของ Haydak ในปี 1967 นอกจากนี้ Kumar & Agrawal. (2014) ยังได้แสดงให้เห็นว่าการใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทผลิตเป็นอาหารเกสรเทียมมีผลกระทบเชิงบวกต่อพารามิเตอร์ต่างๆ ของรังผึ้ง ได้แก่ การวางไข่ การผลิตตัวอ่อน ประชากรผึ้ง และ การสะสมน้ำผึ้ง ผลการทดลองนี้ไม่เพียงแต่ช่วยส่งเสริมการเจริญของผึ้งพันธุ์เท่านั้น แต่ยังนำไปสู่การแสดงผลที่ดีขึ้นของประชากรผึ้งในช่วงเวลาที่ขาดแคลนอาหาร ดังนั้นผลการศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทผลิตเป็นอาหารเกสรเทียมอาจเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพในการเป็นแหล่งอาหารเสริมแก่ผึ้งพันธุ์ในช่วงเวลาที่ขาดแคลนทางโภชนาการ โดยเฉพาะคุณสมบัติของเนื้อสัมผัส และ ขนาดอนุภาคที่ลดลงซึ่งช่วยเพิ่มการดูดซึมสารอาหารของสัตว์ (dos Santos Cardoso et al., 2021; Osunbami & Adeola, 2022) อย่างไรก็ตาม การใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทจากสัตว์ในอาหารสำหรับแมลงยังมีความจำกัด และถูกนำไปใช้ในกลุ่มแมลงเพียงไม่กี่ชนิด เช่น การใช้เลือดไก่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสำหรับหนอนไหมและจิ้งหรีด (Matsura, 1994; Orinda et al., 2017) ในขณะที่การศึกษาเกี่ยวกับการผลิตผึ้งพันธุ์ยังมีอยู่อย่างน้อยมาก ดังนั้น การปรับปรุงสูตรอาหารเสริมเทียมสำหรับผึ้งพันธุ์โดยใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทจากสัตว์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง จำเป็นต้องประเมินผลกระทบของแหล่งโปรตีนไฮโดรไลเซทต่าง ๆ ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและผลผลิตของผึ้งพันธุ์อย่างเป็นระบบ หากผลการศึกษามีแนวโน้มที่ดี ผู้เลี้ยงผึ้งพันธุ์จะสามารถใช้แหล่งโปรตีนที่มีต้นทุนต่ำเหล่านี้ในการผลิตอาหารเกสรเทียม ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการพึ่งพาเกสรธรรมชาติที่มีราคาแพงในช่วงที่อาหารในธรรมชาติขาดแคลนได้

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบจากการเสริมเกสรข้าวโพดด้วยโปรตีนไฮโดรไลเซทจากพืชและสัตว์ต่อสุขภาพและอายุขัยของผึ้งพันธุ์ โดยมีสมมติฐาน คือ การเสริมเกสรข้าวโพดด้วยโปรตีนไฮโดรไลเซทจากพืชและสัตว์ จะช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการที่ส่งผลให้ผึ้งพันธุ์มีสุขภาพที่แข็งแรง อายุยืนยาว และมีอัตราการเติบโตที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการเสริม ผลที่คาดว่าจะได้รับคาดหวังว่าการเสริมเกสรข้าวโพดด้วยโปรตีนไฮโดรไลเซทจากพืชและสัตว์จะช่วยเพิ่มสารอาหารที่จำเป็น ส่งผลให้ผึ้งพันธุ์มีสุขภาพแข็งแรง อายุยืนยาว และการเติบโตที่ดีขึ้น รวมถึงการเพิ่มประชากรภายในรังและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของผึ้งพันธุ์ นอกจากนี้ยังอาจช่วยสร้างแนวทางใหม่ ๆ สำหรับการผลิตอาหารเสริมที่สามารถใช้ทดแทนเกสรธรรมชาติในช่วงที่เกิดภาวะขาดแคลนอาหาร

วิธีการศึกษา

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

เกสรข้าวโพดซื้อมาจากเกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้ง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2567 (พิกัดภูมิศาสตร์ 19°03'08"N, 98°57'00"E) โดยตัวอย่างเกสรผึ้งจะถูกนำไปยืนยันว่าไม่มีเกสรดอกไม้ชนิดอื่นๆ ปลอมปนโดยการวิเคราะห์ผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) รุ่น Prisma E จาก Thermo Fisher Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา

ตัวอย่างผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera*) ได้ถูกเก็บจากแปลงปฏิบัติการภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประเทศไทย ในระหว่างเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2566 (พิกัดภูมิศาสตร์ 18°47'35.4"N 98°57'39.8"E) การศึกษานี้มุ่งเน้นเฉพาะผึ้งจากรังที่มีสุขภาพดี ซึ่งได้รับการดูแลตาม

มาตรฐานการเลี้ยงผึ้ง โดยมีเกณฑ์สำคัญดังนี้ คือ รังผึ้งมีนางพญาที่สมบูรณ์และวางไข่อย่างสม่ำเสมอ มีการสะสมอาหารในรัง และไม่มีการปนเปื้อนของไรผึ้ง (*Varroa destructor* หรืออื่น ๆ) รังผึ้งที่ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวจะได้รับการคัดแยกคอนผึ้งที่มีดักแด้ เพื่อนำมาเลี้ยงในสภาพควบคุมในที่มืด โดยใช้ตู้บ่ม (incubator) ที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 60% จนกระทั่งดักแด้พัฒนากลายเป็นผึ้งตัวเต็มวัยอายุ 0 วัน (newly emerged bees) ตามวิธีการที่อ้างอิงจาก Danmek et al. (2024)

การเตรียมตัวอย่างโปรตีนไฮโดรไลเซท

โปรตีนเนื้อสัตว์ที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วยเนื้อไก่และเนื้อหมู ซึ่งถูกแปรรูปเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซทโดยใช้วิธีการบ่มร่วมกับเอนไซม์โปรตีเอสเชิงพาณิชย์จากผู้ผลิตในประเทศไทย โดยใช้ในอัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ การย่อยจะดำเนินการที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ด้วยการต้มตัวอย่างในน้ำเป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงนำไปปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อให้ได้โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ปลอดภัยและเหมาะสมสำหรับใช้ในการทดลอง

การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากใบหม่อนตามวิธีการของ Danmek et al. (2024) เริ่มจากการทำความสะอาดและบดใบหม่อนและสกัดโปรตีนออกมาด้วยสารละลายด่างที่มี pH 10 จากโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ โดยใช้อัตราส่วนใบหม่อนสด 1 ส่วน ต่อสารละลายด่าง 3 ส่วน จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิห้องไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที เพื่อนำสารละลายที่มีโปรตีนละลายอยู่แยกออกจากตะกอน แล้วปรับ pH ให้เป็นกรดที่ pH 5 โดยใช้อะซิติกกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ และต้มเดือดเป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้โปรตีนตกตะกอนกลายเป็น Leaf Protein Concentrate (LPC) ซึ่งเป็นสารที่นำมาใช้เป็นโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ผ่านกระบวนการแปรรูปและเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานในงานวิจัยต่อไป

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการทั้งหมดดำเนินการตามแนวทางของ AOAC (Latimer, 2016) โดยตัวอย่างถูกบดผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มม. และทำการวิเคราะห์หาค่าปริมาณสารประกอบต่างๆ เช่น ความชื้น (DM) โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย เถ้า และ และ พลังงานตามลำดับ

การเตรียมอาหารสำหรับใช้ทดสอบ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอาหารเกสรข้าวโพดผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทชนิดต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและอายุขัยของผึ้งพันธุ์ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 กรรมวิธี และดำเนินการซ้ำ 3 ครั้ง ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 (ชุดควบคุม) ใช้เกสรข้าวโพด 100 เปอร์เซ็นต์ กรรมวิธีที่ 2 ใช้เกสรข้าวโพด 75 เปอร์เซ็นต์ ผสมโปรตีนสกัดจากใบหม่อน 25 เปอร์เซ็นต์ กรรมวิธีที่ 3 ใช้เกสรข้าวโพด 75 เปอร์เซ็นต์ ผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเนื้อหมู 25 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีที่ 4 ใช้เกสรข้าวโพด 75 เปอร์เซ็นต์ ผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเนื้อไก่ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อาหารแต่ละสูตรจะนำมาผสมกับไซรัปซึ่งเป็นน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ในอัตราส่วน 2:1 ทำการผสมให้เข้ากันเพื่อผลิตเป็นอาหารเกสรเทียมก่อนที่จะนำไปใช้ในการทดสอบต่อไป

การศึกษาผลของอาหารต่อการเจริญของผึ้งพันธุ์

ผึ้งงานตัวเต็มวัยที่เพิ่งเกิดใหม่จำนวน 30 ตัวในแต่ละกลุ่มการทดลอง ถูกเลี้ยงในกล่องพลาสติกโปร่งแสงชนิดโพลิโพรพิลีน ขนาด 600 มิลลิลิตร ที่ฝาปิดด้านบนมีการเจาะรูระบายอากาศขนาดเล็กน้อยกว่า หรือ เท่ากับ 50 มิลลิลิตร จำนวน 40 รู องค์ประกอบภายในทุกๆ กรงจะมีอาหารเหลว 2 ชนิดใส่ในหลอดฉีดยาแยกกัน คือ น้ำและสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อาหารทดสอบในแต่ละกรรมวิธีจำนวน 2.0 กรัม ถูกใส่ในจานพลาสติกขนาดเล็กและห่อด้วยกระดาษไขที่เจาะรูเล็ก ๆ เพื่อรักษาความนุ่ม และความชื้นสำหรับใช้เป็น

อาหารผึ้งพันธุ์ โดยจะมีการเปลี่ยนอาหารเกสรทดสอบ น้ำ และสารละลายน้ำตาลทุก 3 วัน เพื่อให้มั่นใจว่าอาหารมีคุณภาพและสดใหม่ตลอดระยะเวลาการทดลอง การบันทึกผลการทดลองจะสังเกตและบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับอายุขัยของผึ้งงานในทุกกลุ่มการทดลองดำเนินการทุกวัน เป็นระยะเวลา 45 วัน ในแต่ละวันถ้ามีผึ้งพันธุ์ตายให้หยิบออกจากกล่องทุกครั้ง

การศึกษาการพัฒนาของต่อมไฮโปฟาริงค์ (HPG)

การศึกษาการพัฒนาของ HPG โดยคัดเลือกผึ้งงานอายุ 7 วัน จากแต่ละกลุ่มการทดลองจำนวน 5 ตัว เพื่อนำมาผ่าตัดส่วนหัวเพื่อศึกษาขนาดของ HPG และ Acini โดยใช้คีมคีบสแตนเลส (forceps) ดึงต่อมไฮโปฟาริงเจียมาวางในจานเพาะเชื้อพลาสติกที่มีสารละลาย Normal saline ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ (Al-Ghamdi et al., 2011) แล้วตรวจสอบขนาดของ HPG acini ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Leica M205FCA-Fa, Germany) และ ทำการวัดขนาด acini ด้วยโปรแกรม Lusx ประเทศเยอรมนี

การวิเคราะห์สถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อทดสอบสมมติฐานทางสถิติ โดยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป โดยกำหนดค่าความเชื่อมั่นทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (p – value = 0.05) และ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น การทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีด้วยการใช้ Turkey test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ การวิเคราะห์ผลของอาหารเกสรเทียมต่อช่วงชีวิตของผึ้งพันธุ์ใช้วิธี Kaplan-Meier survival analysis ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS ver.23

ผลการศึกษา

เกสรข้าวโพดมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กทรงกลมหรือรี ขนาดประมาณ 80–100 ไมโครเมตร โดยส่วนใหญ่มีสีเหลืองอ่อนถึงเหลืองสดและบางครั้งอาจมีสีเหลืองอมส้ม ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณสารแคโรทีนอยด์ในเกสร พื้นผิวของเกสรมีลักษณะหยาบและมีหนามเล็ก ๆ ช่วยให้เกาะติดกับตัวแมลงเพื่อการถ่ายละอองเรณูได้ดี **(รูปที่ 1)** เกสรข้าวโพดซึ่งเป็นสารอาหารหลักสำหรับผึ้งพันธุ์ประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 16.74 เปอร์เซ็นต์ รวมถึงไขมัน 3.82 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 63.05 เปอร์เซ็นต์ แร่ธาตุ (เถ้า) 2.55 เปอร์เซ็นต์ และ พลังงาน 344.39 โลแคลอรีต่อ 100 กรัม มีกลิ่นหอมอ่อน รสชาติหวานเล็กน้อย และโครงสร้างเปราะบางที่ไวต่อความชื้น โดยเกสรผึ้งที่เก็บมาจากฟาร์มทดสอบมีความชื้นเฉลี่ย 16.86 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงถือว่า เกสรข้าวโพดนับเป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานสำคัญสำหรับผึ้งพันธุ์ เมื่อนำเกสรข้าวโพดมาผสมกับน้ำเชื่อมความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ในอัตราส่วน 2:1 เพื่อผลิตเป็นอาหารเสริมสำหรับผึ้งพันธุ์ทำให้อาหารเสริมมีค่าโภชนาการของโปรตีนเฉลี่ย 11.89 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเกสรข้าวโพดชนิดเดียวอาจมีโภชนาการ โดยเฉพาะปริมาณโปรตีนที่ต่ำ และกรดอะมิโนที่ไม่ครบถ้วนเพียงพอต่อความต้องการของผึ้งพันธุ์ ดังนั้น จึงมีการพัฒนาแนวทางเสริมด้วยโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเสริมกรดอะมิโนที่จำเป็นให้เหมาะสมยิ่งขึ้นสำหรับการเจริญเติบโตและการผลิตของผึ้งพันธุ์

การปรับปรุงอาหารเสริมโดยการเสริมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแหล่งต่าง ๆ นั้น อันดับแรกตัวอย่างโปรตีนถูกนำไปผ่านกระบวนการย่อยด้วยเอนไซม์โปรตีเอสภายใต้สภาวะควบคุม กระบวนการนี้ช่วยลดขนาดโมเลกุลของโปรตีนทำให้ผึ้งสามารถกิน ย่อย และดูดซึมได้ง่ายขึ้นซึ่งจากภาพจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) พบว่าโปรตีนจากเนื้อไก่ และหมูที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์มีการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้ออย่างชัดเจน โดยเส้นใยมีการแยกตัวและขนาดลดลง เมื่อเทียบกับโปรตีนที่ไม่ได้ผ่านการย่อยซึ่งยังคงมีโครงสร้างกล้ามเนื้อที่สมบูรณ์มากกว่า นอกจากนี้

การใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทจากใบหม่อน (LPC) ยังแสดงให้เห็นว่ามีปริมาณเส้นใยลดลงจึงทำให้โปรตีนจากใบหม่อนเหมาะสมกับการใช้เป็นผสมกับเกสรข้าวโพดเพื่อใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับผึ้งพันธุ์เช่นกัน **(รูปที่ 2)**

ผลการศึกษาพบว่า การเสริมโปรตีนจากแหล่งต่าง ๆ มีผลต่อการพัฒนา Hypopharyngeal Gland (HPG) ของผึ้งงาน โดยการเสริมโปรตีนทั้งสามชนิดช่วยให้ HPG-acini ของผึ้งมีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับการให้เกสรข้าวโพดเพียงอย่างเดียว โดยผึ้งที่ได้รับเกสรข้าวโพดเสริมด้วย LPC โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเนื้อหมู และโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเนื้อไก่มีขนาดของ HPG-acini เฉลี่ย 90.00±4.18, 90.29±1.87 และ 89.45±0.67 ไมโครเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าการให้เกสรข้าวโพดที่มีขนาด acini เฉลี่ย 77.91±9.20 ไมโครเมตร **(รูปที่ 3)** ในด้านอัตราการรอดชีวิตของผึ้งพันธุ์ ผลการศึกษาพบว่า ผึ้งพันธุ์ที่ได้รับโปรตีนเสริมจากใบหม่อน โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเนื้อหมู และโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเนื้อไก่มีอัตราการรอดชีวิตสูงกว่าผึ้งที่ได้รับเกสรข้าวโพดเพียงอย่างเดียว โดยการเสริมโปรตีนจากเนื้อไก่ทำให้ผึ้งมีอัตราการตายต่ำสุดในระยะเวลา 45 วัน **(รูปที่ 4)** ผลลัพธ์นี้จึงยืนยันถึงความสำคัญของการเสริมโปรตีนในเกสรข้าวโพดเพื่อใช้เป็นอาหารเสริมแก่ผึ้งพันธุ์ที่ไม่เพียงแต่ส่งผลดีต่อการพัฒนา HPGs แต่ยังช่วยเพิ่มอัตราการกินและอัตราการรอดชีวิตของผึ้ง

วิจารณ์และสรุปผล

เกสรดอกไม้ให้สารอาหารที่สำคัญสำหรับการสร้างกล้ามเนื้อ ต่อม และเนื้อเยื่อต่าง ๆ โปรตีนในเกสรดอกไม้มีบทบาทสำคัญในกระบวนการพัฒนาไข่และตัวอ่อน และถูกใช้ในการผลิตนมผึ้ง (royal jelly) ซึ่งหลั่งจากต่อมไฮโปฟาริงซ์ (Crailsheim et al., 1992) ซึ่งผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเกสรข้าวโพดสามารถเป็นแหล่งโปรตีนสำคัญสำหรับผึ้งพันธุ์เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนที่ใกล้เคียงกับความต้องการของผึ้ง สอดคล้องกับข้อมูลจากงานวิจัยของ Hsu et al. (2021) ซึ่งรายงานค่าโภชนาการในเกสรข้าวโพดจากไต้หวัน ดังนี้ คือ โปรตีน 17.2 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 21.9 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 2.8 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 2.0 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 78.1 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 443.4 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ตามลำดับ การนำเกสรข้าวโพดไปใช้ผลิตเป็นอาหารเสริมโดยผสมกับน้ำเชื่อมในอัตราส่วน 2:1 ทำให้อาหารเสริมมีค่าโภชนาการของโปรตีนเฉลี่ยลดลงเหลือ 11.89 เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างของค่าโภชนาการระหว่างเกสรข้าวโพดจากประเทศไทยและไต้หวันอาจเกิดจากปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศหรือกระบวนการเก็บเกี่ยวและจัดเก็บ อย่างไรก็ตามผลลัพธ์โดยรวมยังยืนยันว่าเกสรข้าวโพดเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพในการเลี้ยงผึ้งพันธุ์ เพราะ อาหารเสริมที่ผลิตขึ้นมีค่าโภชนาการสอดคล้องกับอาหารเสริมทางการค้าซึ่งเมื่อผสมพร้อมใช้แล้วส่วนมากจะมีค่าโภชนาการไม่ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ และ น้ำตาลไม่ต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Lamontagne-Drolet et al., 2019; Ricigliano et al., 2022) และสอดคล้องกับข้อสรุปของ Zheng et al. (2014) ที่แนะนำให้ใช้อาหารเสริมที่มีปริมาณโปรตีนประมาณ 11.8–13.6% เพื่อเพิ่มการผลิตตัวอ่อนของผึ้งพันธุ์ให้ได้สูงสุดในช่วงต้นฤดูใบไม้ผลิ

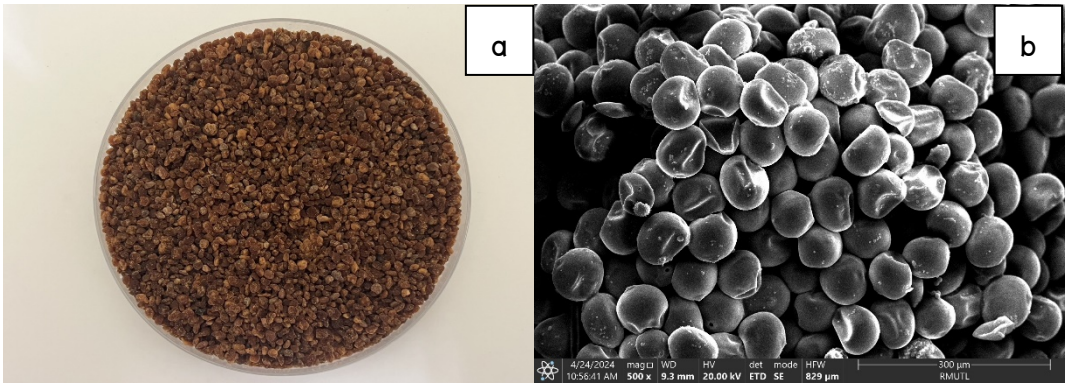
อย่างไรก็ตามเกสรข้าวโพดเพียงชนิดอาจมีค่าโภชนาการไม่ครบถ้วน ดังนั้นการนำแหล่งโปรตีนอื่นๆ มาผสมเพื่อนำไปผลิตเป็นอาหารเสริมเพื่อเลี้ยงผึ้งพันธุ์จึงได้พัฒนาขึ้น ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการใช้เอนไซม์โปรตีเอสในการปรับปรุงโครงสร้างและคุณสมบัติของโปรตีนจากสัตว์ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Mohd Azmi et al. (2022) ทบทวนงานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเอนไซม์โปรตีเอสในการทำให้โปรตีนจากสัตว์นุ่มลงจากการลดขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อและช่องว่างระหว่างเส้นใยในโปรตีนที่ผ่านการย่อย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Zou et al. (2024) และ Rawdkuen & Benjakul (2012) ที่พบว่าโปรตีนไฮโดรไลซ์จากเนื้อสัตว์มีความย่อยได้สูงและอาจเป็นแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับผึ้งพันธุ์ ในขณะที่การใช้ใบหม่อนมาทำเป็น LPC เป็นทางเลือกที่ดีในการเสริมโภชนาการให้กับผึ้งพันธุ์ โดย Danmek et al. (2024) ได้สรุปว่า LPC จากใบหม่อนมีคุณสมบัติเด่นใน

ด้านปริมาณโปรตีนที่สูง และมีกรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น leucine และ lysine ในระดับที่ดี ซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของผึ้งพันธุ์ นอกจากนี้ LPC ยังมีเยื่อใยพืชต่ำทำให้ผึ้งสามารถย่อยและดูดซึมได้ง่ายขึ้น

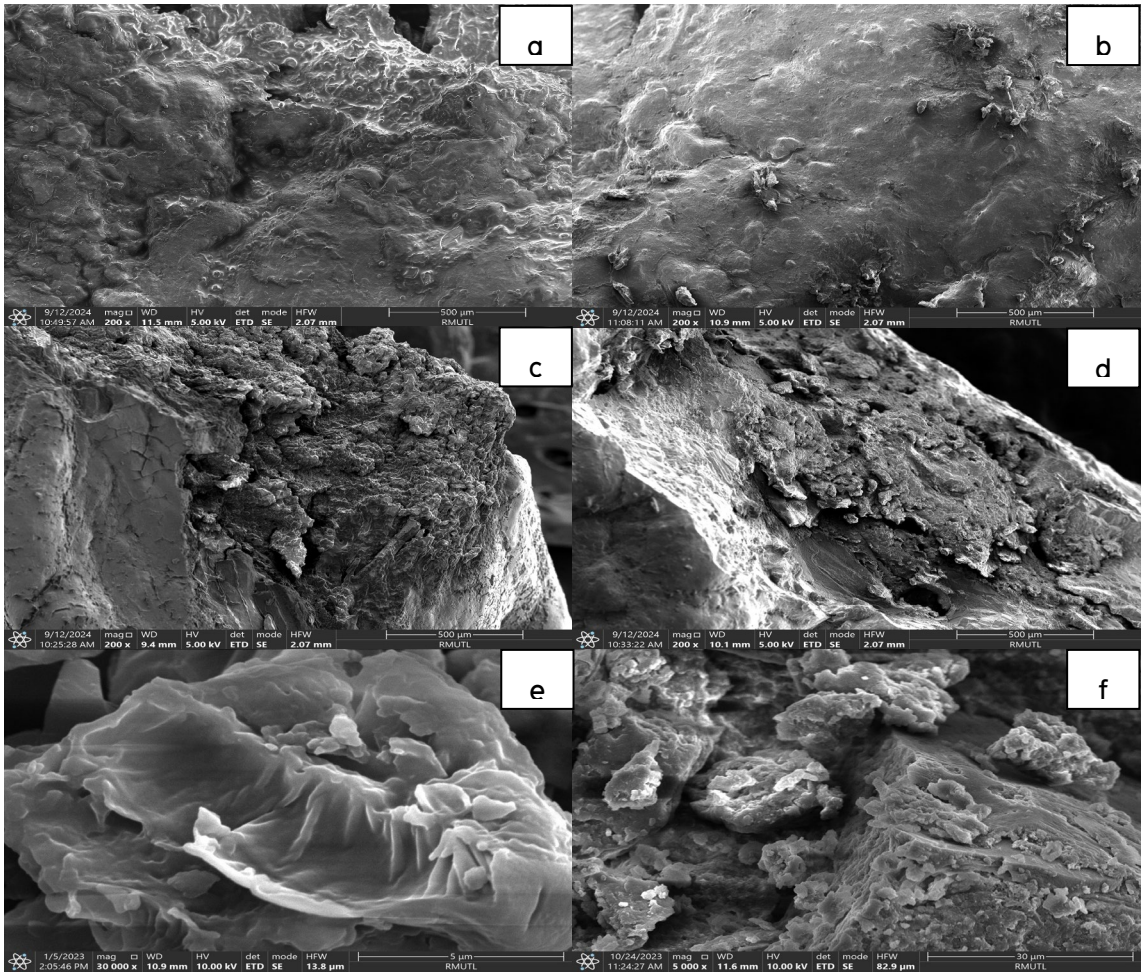
การเสริมโปรตีนจากแหล่งต่าง ๆ ในเกสรข้าวโพดมีผลต่อการพัฒนา Hypopharyngeal Gland (HPG) ของผึ้งงาน โดยการเสริมโปรตีนทั้งสามชนิดช่วยให้ HPG-acini ของผึ้งมีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับการให้เกสรข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในงานวิจัยอื่น ๆ ที่กล่าวถึงผลกระทบของการเสริมโปรตีนต่อการพัฒนา HPGs ของผึ้ง (DeGrandi-Hoffman et al. 2010; Omar et al. 2017; Jang et al., 2022; Danmek et al., 2024) ซึ่งการขยายตัวของ HPG-acini เป็นสัญญาณที่บ่งบอกถึงการพัฒนาในด้านสรีรวิทยาที่ดีของผึ้งพันธุ์ซึ่งอาจส่งผลต่อการผลิตน้ำผึ้งและการดูแลรังของผึ้งในระยะยาว นอกจากนี้ผลของการเสริมโปรตีนได้สอดคล้องกับข้อมูลในงานวิจัยหลายชิ้นที่กล่าวถึงกรดอะมิโนจำเป็นที่ผึ้งพันธุ์ต้องได้รับจากอาหารเช่นเดียวกับการที่โปรตีนช่วยเสริมสร้างการพัฒนา HPG ที่ดีขึ้น (de Groot, 1953; Ghosh et al., 2020) ในขณะเดียวกันผลการศึกษายังพบว่า การเสริมโปรตีนจากแหล่งต่าง ๆ ในเกสรข้าวโพดได้ช่วยเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของผึ้งพันธุ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยผึ้งที่ได้รับโปรตีนจากใบหม่อน โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเนื้อหมู และโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเนื้อไก่มีอัตราการรอดชีวิตสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการให้เกสรข้าวโพดเพียงอย่างเดียวซึ่งอัตราการตายที่ต่ำสุดในผึ้งที่ได้รับเกสรข้าวโพดที่มีการเสริมโปรตีนจากเนื้อไก่แสดงให้เห็นถึงผลดีจากเนื้อไก่ที่อาจมีส่วนช่วยในด้านการเสริมสร้างสุขภาพที่ดีกว่าโปรตีนชนิดอื่นๆ ที่นำมาทดสอบ ดังนั้นสรุปผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การเสริมเกสรข้าวโพดด้วยโปรตีนไฮโดรไลเซทจากพืชและสัตว์สามารถช่วยปรับปรุงสุขภาพและอายุขัยของผึ้งพันธุ์ได้ดี เนื่องจากโปรตีนจากเนื้อสัตว์และพืชช่วยเสริมโภชนาการในเกสรที่อาจขาดคุณภาพ โดยเฉพาะในช่วงที่เกสรธรรมชาติไม่เพียงพอ การนำโปรตีนจากเนื้อสัตว์มาเสริมในเกสรข้าวโพดช่วยเพิ่มการพัฒนา HPG และช่วยเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของผึ้งได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังสามารถใช้โปรตีนจากแหล่งต่างๆ ในการผลิตเกสรเทียมเพื่อใช้เลี้ยงผึ้งในช่วงที่ขาดแคลนเกสรดอกไม้ธรรมชาติ ซึ่งช่วยให้ผึ้งสามารถเติบโตและมีสุขภาพที่ดีในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

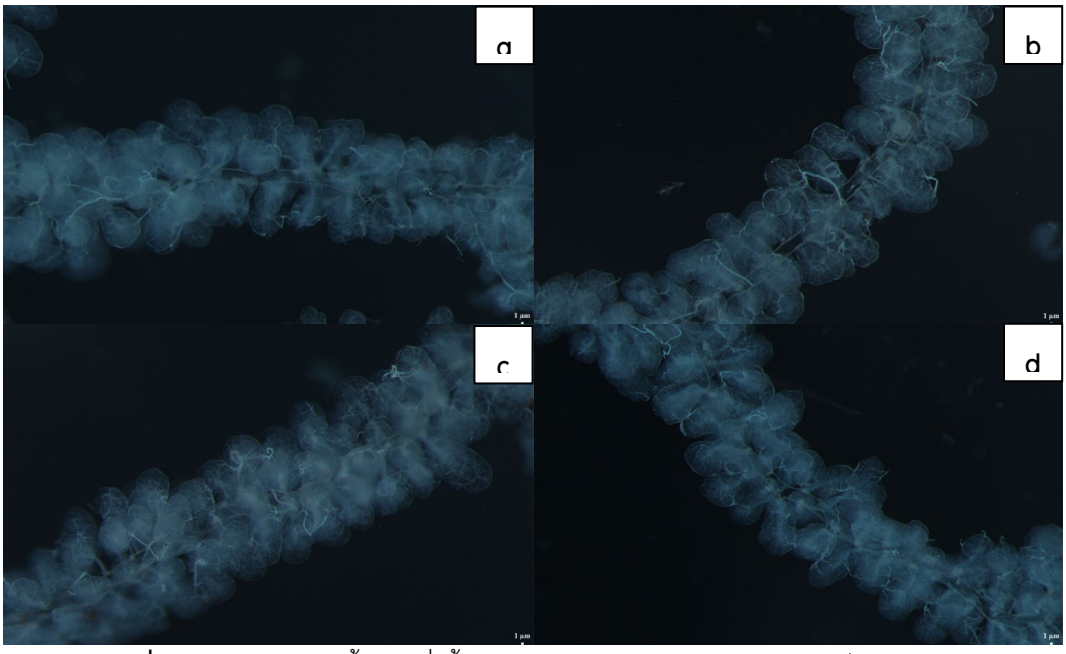
งานวิจัยนี้ดำเนินการอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความร่วมมือทางวิชาการระหว่างมหาวิทยาลัยพะเยา หน่วยปฏิบัติการวิจัย Beelab, Department of Entomology, College of Agriculture and Natural Resources, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan และ Department of Plant Medicals, Andong National University, Republic of Korea ขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 สัญญาเลขที่ N24A670753 และทุนสนับสนุนจาก Fundamental Fund of the University of Phayao (Grant No. 260/2567)



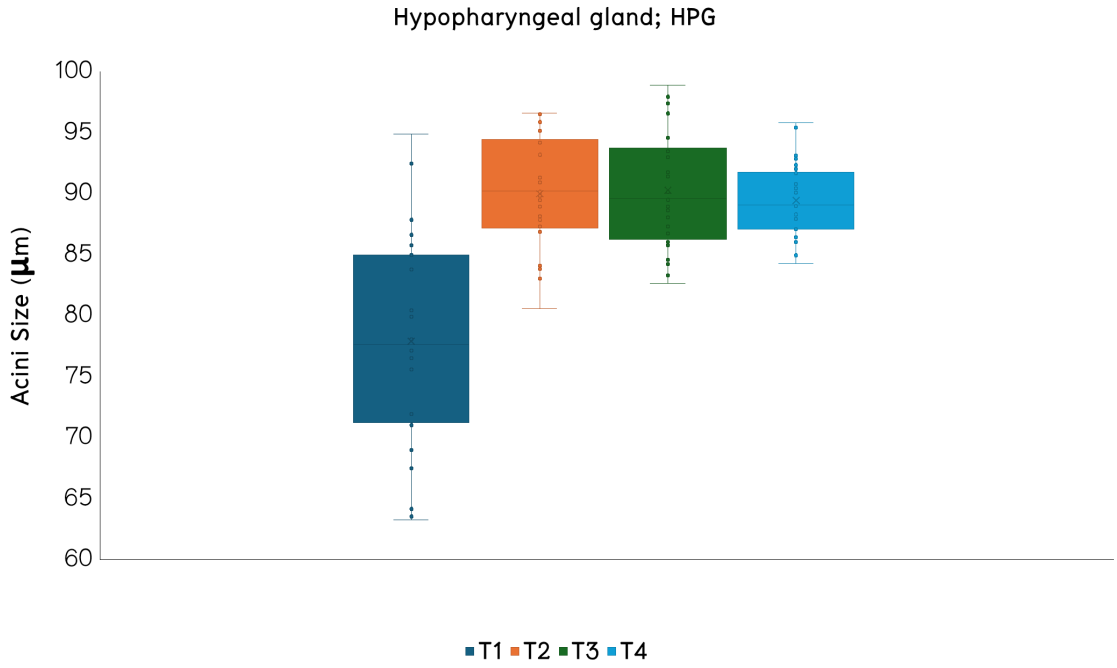
รูปที่ 1 เกสรข้าวโพด (a) และ โครงสร้างพื้นผิวของเกสรข้าวโพด (b)
ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)



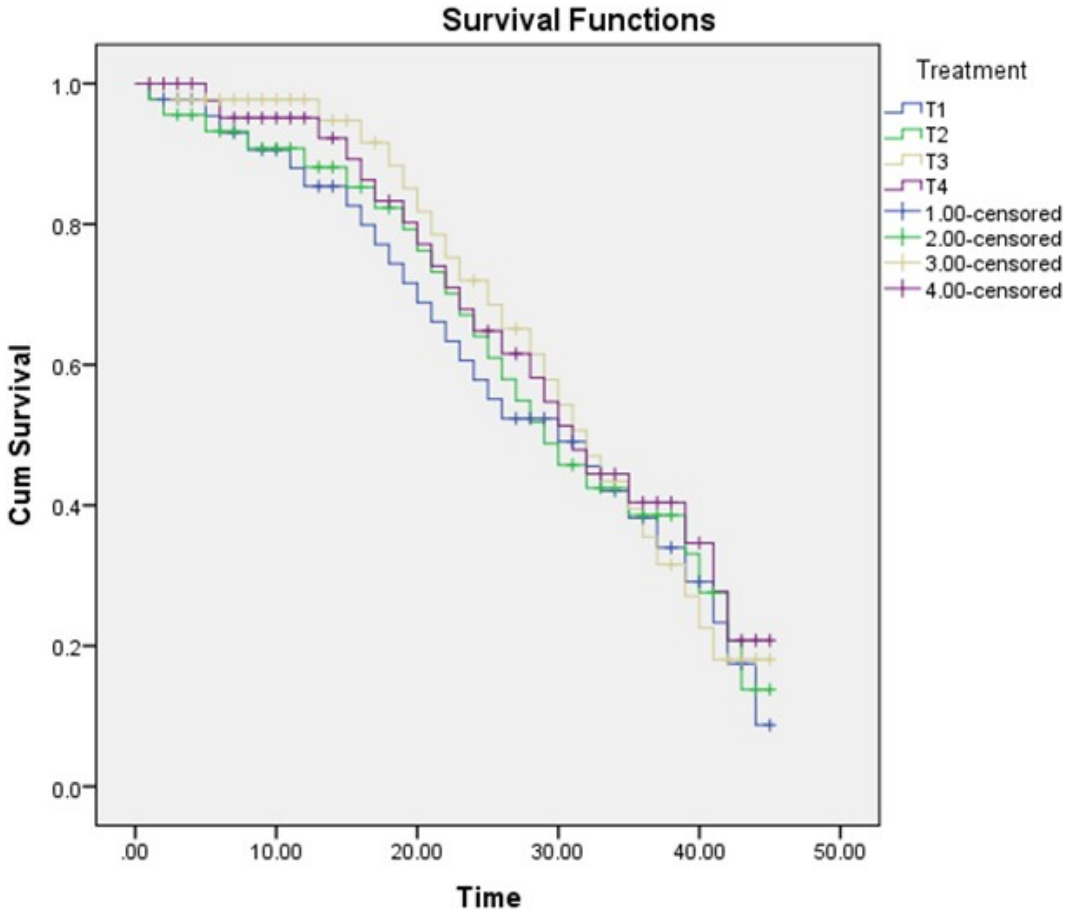
รูปที่ 2 โครงสร้างพื้นผิวของเนื้อหมู เนื้อไก่ และใบหม่อนก่อนและหลังการบ่มและสกัด LPC
ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)
(a) โครงสร้างพื้นผิวของเนื้อหมูก่อนการบ่ม และ (b) หลังการบ่ม (c) โครงสร้างพื้นผิวของเนื้อไก่ก่อนการบ่ม และ (d) หลังการบ่ม (e) โครงสร้างพื้นผิวของใบหม่อนสด และ (f) LPC ที่สกัดจากใบหม่อน



รูปที่ 3 HPG Acini จากผึ้งพันธุ์ที่เลี้ยงด้วยอาหารเกสรเทียมชนิดต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 7 วัน
(a) เกสรข้าวโพด 100% (b) เกสรข้าวโพด 75% เสริมด้วย LPC จากใบหม่อน 25%
(c) เกสรข้าวโพด 75% และโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเนื้อหมู 25%
(d) เกสรข้าวโพด 75% และโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเนื้อไก่ 25%



รูปที่ 4 ค่าเฉลี่ยขนาดของ HPG acini จากผึ้งพันธุ์ที่เลี้ยงด้วยอาหารเกสรเทียมชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 7 วัน
(T1) เกสรข้าวโพด 100% (T2) เกสรข้าวโพด 75% เสริมด้วย LPC จากใบหม่อน 25%
(T3) เกสรข้าวโพด 75% และโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเนื้อหมู 25%
(T4) เกสรข้าวโพด 75% และโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเนื้อไก่ 25%



รูปที่ 5 ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดชีวิตของผึ้งพันธุ์ที่เลี้ยงด้วยอาหารเกสรเทียมชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 45 วัน (T1) เกสรข้าวโพด 100% (T2) เกสรข้าวโพด 75% เสริมด้วย LPC จากใบหม่อน 25% (T3) เกสรข้าวโพด 75% และโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเนื้อหมู 25% (T4) เกสรข้าวโพด 75% และโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเนื้อไก่ 25%

เอกสารอ้างอิง

Al-Ghamdi, A. A., Al-Khaibari, A. M., & Omar, M. O. (2011). **Consumption rate of some proteinic diets affecting hypopharyngeal glands development in honeybee workers.** Saudi journal of biological sciences, 18(1), 73-77.

Crailsheim, K., Schneider, L. H. W., Hrassnigg, N., Bühlmann, G., Brosch, U., Gmeinbauer, R., & Schöffmann, B. (1992). **Pollen consumption and utilization in worker honeybees (Apis mellifera carnica): dependence on individual age and function.** Journal of insect Physiology, 38(6), 409-419.

Danmek, K., Wu, M. C., Kliathin, K., Ng, H. L., Hongsibsong, S., Ghosh, S., Jung, C. & Chuttong, B. (2024). **The potential of mulberry leaf protein concentrate as a supplementary feed on the health and lifespan of honey bees (*Apis mellifera* L.).** Journal of Ecology and Environment, 48.

DeGrandi-Hoffman, G., Chen, Y., Huang, E., & Huang, M. H. (2010). **The effect of diet on protein concentration, hypopharyngeal gland development and virus load in worker honey bees (*Apis mellifera* L.).** Journal of insect physiology, 56(9), 1184-1191.

De Groot, A. P. (1952). **Amino acid requirements for growth of the honeybee (Apis mellifica L.).** Experientia, 8(5), 192-194.

dos Santos Cardoso, M., Godoy, A. C., Oxford, J. H., Rodrigues, R., dos Santos Cardoso, M., Bittencourt, F., & Feiden, A. (2021). **Apparent digestibility of protein hydrolysates from chicken and swine slaughter residues for Nile tilapia.** Aquaculture, 530, 735720.

Ghosh, S., Jeon, H., & Jung, C. (2020). Foraging behaviour and preference of pollen sources by honey bee.

Hsu, C. K., Wang, D. Y., & Wu, M. C. (2021). **A potential fungal probiotic Aureobasidium melanogenum CK-CsC for the western honey bee, Apis mellifera.** Journal of Fungi, 7(7), 508.

Hsu, P. S., Wu, T. H., Huang, M. Y., Wang, D. Y., & Wu, M. C. (2021). **Nutritive value of 11 bee pollen samples from major floral sources in Taiwan.** Foods, 10(9), 2229.

Jang, H., Ghosh, S., Sun, S., Cheon, K. J., Mohamadzade Namin, S., & Jung, C. (2022). **Chlorella-supplemented diet improves the health of honey bee (Apis mellifera).** Frontiers in Ecology and Evolution, 10, 922741.

Kumari, I., & Kumar, R. (2020). **Pollen substitute diet for Apis mellifera: Consumption and effects on colony parameters in sub-tropical himalaya.** Indian Journal of Agricultural Research, 54(2), 147-153.

Kumar, R., & Agrawal, O. P. (2014). **Comparative performance of honey bee colonies fed with artificial diets in Gwalior and Panchkula region.** Journal of Entomology and Zoology Studies, 2(4), 104-107.

Lamontagne-Drolet, M., Samson-Robert, O., Giovenazzo, P., & Fournier, V. (2019). **The impacts of two protein supplements on commercial honey bee (Apis mellifera L.) colonies.** Journal of Apicultural Research, 58(5), 800-813.

Latimer GW. **Official methods of analysis of AOAC International.** 20th ed. Rockville: AOAC International; 2016.

Matsura, Y. (1994). **Utilization of blood meal as a source of dietary protein: 1.** Blood meal used as dietary protein for the silkworm, Bombyx mori L. Japan Agricultural Research Quarterly, 28, 138-142.

Migdał, P., Wilk, M., Berbeć, E., & Białecka, N. (2024). **Brewers' spent grain as an alternative plant protein component of honey bee feed.** Agriculture, 14(6), 929.

Mohd Azmi, S. I., Kumar, P., Sharma, N., Sazili, A. Q., Lee, S. J., & Ismail-Fitry, M. R. (2023). **Application of plant proteases in meat tenderization: Recent trends and future prospects.** Foods, 12(6), 1336.

Omar, E., Abd-Ella, A. A., Khodairy, M. M., Moosbeckhofer, R., Crailsheim, K., & Brodschneider, R. (2017). **Influence of different pollen diets on the development of hypopharyngeal glands and size of acid gland sacs in caged honey bees (Apis mellifera).** Apidologie, 48, 425-436.

Orinda, M. A., Mosi, R. O., Ayieko, M. A., & Amimo, F. A. (2017). **Growth performance of Common house cricket (Acheta domesticus) and field cricket (Gryllus bimaculatus) crickets fed on agro-byproducts.** Journal of Entomology and Zoology Studies, 5(6), 1664-1668

Osunbami, O. T., & Adeola, O. (2022). **Energy value of hydrolyzed feather meal and flash-dried poultry protein for broiler chickens and pigs.** Journal of Animal Science, 100(3), skac073.

Paray, B. A., Kumari, I., Hajam, Y. A., Sharma, B., Kumar, R., Albeshr, M. F., & Khan, J. M. (2021). **Honeybee nutrition and pollen substitutes: A review.** Saudi Journal of Biological Sciences, 28(1), 1167-1176.

Sihag, R. C., & Gupta, M. (2011). **Development of an artificial pollen substitute/supplement diet to help tide the colonies of honeybee (Apis mellifera L.) over the dearth season.** Journal of Apicultural Science, 55(2), 15-29.

Rawdkuen, S., & Benjakul, S. (2012). **Biochemical and microstructural characteristics of meat samples treated with different plant proteases.** African Journal of Biotechnology, 11(76), 14088-14095.

Ricigliano, V. A., Williams, S. T., & Oliver, R. (2022). **Effects of different artificial diets on commercial honey bee colony performance, health biomarkers, and gut microbiota.** BMC veterinary research, 18(1), 52.

Zheng, B., Z. Wu, and B. Xu. 2014. **The effects of dietary protein levels on the population growth, performance, and physiology of honey bee workers during early spring.** Journal of Insect Science, 14(1), 191.

Zou, Q., Chen, Y., Liu, Y., Luo, L., Zheng, Y., Ran, G., & Liu, D. (2024). **Changes in texture and collagen properties of pork skin during salt–enzyme–alkali tenderization treatment.** Foods, 13(20), 3264.

พัฒนาสูตรอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อเพิ่มปริมาณและเหนี่ยวนำการเกิดเหง้าหัวของขมิ้นอ้อย

Develop a culture medium formula for tissue culture to increase the quantity and induce rhizome formation of *Curcuma zedoaria* (Christm.) Roscoe

ชลธิชา หอมหวล[1], ศศิธร ศรีพิมาย, สุกัลยา ภู่ทอง
Chonticha Homhaun, Sasithorn Sriphimai, Sukalya Poothong

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ครั้งนี้เป็นการศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของขมิ้นอ้อย และการเกิดเหง้าหัว โดยการทดลองที่ 1 ได้เติมสารกลุ่มไซโตไคนิน ความเข้มข้น 0, 1 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการไม่เติมและเติมนาโนชีท (nanosheet: NS) ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร บนสูตรอาหารพื้นฐาน MS ทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า สูตรที่เติม thidiazuron (TDZ) ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนยอดใหม่มากที่สุด (4.00 ± 0.58 ยอดต่อชิ้นส่วนพืช) ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ สูตรที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มความสูงของยอดใหม่ คือ benzylaminopurine (BAP) ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า 2.15 ± 0.41 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดการทดลอง ส่วนการทดลองที่ 2 ทำการศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเหนี่ยวนำการเกิดเหง้าหัวขมิ้นอ้อย โดยเติมน้ำตาลซูโครสความเข้มข้นร้อยละ 3, 6, 9, 12 และ 15 ร่วมกับการเติมสารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 0, 1 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร สูตรที่เหมาะสมที่สุด คือ สูตรที่เติมน้ำตาลซูโครสความเข้มข้นร้อยละ 9 ร่วมกับพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 0 หรือ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ สูตรที่เติมน้ำตาลซูโครสความเข้มข้นร้อยละ 12 โดยไม่เติมพาโคลบิวทราโซล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.79, 6.17 และ 6.34 มิลลิเมตร ดังนั้นสูตรดังกล่าวจึงเป็นสูตรเหมาะสมที่สุดในการเหนี่ยวนำการเกิดเหง้าหัวของขมิ้นอ้อย

คำสำคัญ: ขมิ้นอ้อย, ไซโตไคนิน, พาโคลบิวทราโซล, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

[1] คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000
[1] School of Agriculture and Natural, University of Phayao, Phayao 56000
* Corresponding author : sukalya_p@hotmail.com

Abstract

This study aimed to investigate the suitable media formulas for the *in vitro* growth and rhizome formation of *Curcuma zedoaria* (Christm.) Roscoe. In experiment 1, MS medium was supplemented with cytokinins at concentrations of 0, 1 and 4 mg/l, with nano–sheet at concentration of 10 mg/l and without nano–sheet. Plantlets were cultured for 4 weeks. Results showed that the formula with 2 mg/l thidiazuron (TDZ) produced the highest new shoots number (4.00 ± 0.58 shoots/explant). It was significantly different from the control. The most suitable formula for the height of new shoots was 4 mg/l benzylaminopurine (BAP), which provided height of new shoots at 2.15 ± 0.41 cm. However, it was not significantly different from other treatments in the experiment. The experiment 2 focused on the suitable formulas for rhizome formation in *Curcuma zedoaria*. Sucrose was added at 3, 6, 9, 12 and 15%, supplemented with paclobutrazol at concentrations of 0, 1 and 5 mg/l. The most suitable formula for rhizome formation was 9% sucrose, supplemented with 0 or 1 mg/l paclobutrazol, and 12% sucrose without paclobutrazol, which produced rhizome in size of 6.79, 6.17, and 6.34 cm, respectively. Therefore, these formulas were the most suitable for rhizome formation of *Curcuma zedoaria* (Christm.) Roscoe.

Keywords: *Curcuma zedoaria* (Christm.) Roscoe., Cytokinins, Paclobutrazol, Tissue culture

บทนำ

ขมิ้นอ้อย (*Curcuma Zedoaria* (Christm.) Roscoe) เป็นพืชล้มลุก ประเภทใบเลี้ยงเดี่ยว มีเหง้าหัวใต้ดิน เนื้อส่วนของเหง้าเป็นสีเหลืองหรือสีส้มอ่อน และมีกลิ่นหอม โดยใบมีลักษณะรูปใบเรียวยาว โคนใบสอบ ลำต้นที่อยู่เหนือดินของขมิ้นอ้อยเป็นลำต้นเทียมเกิดจากกาบใบหุ้มรวมกัน ดอกของขมิ้นอ้อยมีลักษณะเป็นช่อดอกแบบตั้งตรงออกมาจากเหง้า มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ขมิ้นอ้อยเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย โดยเฉพาะแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งรวมถึงประเทศในแถบคาบสมุทรอินโดจีน เช่น ไทย พม่า ลาว เป็นต้น ในประเทศไทยขมิ้นอ้อยเป็นที่รู้จักและใช้ประโยชน์มาอย่างยาวนาน โดยเฉพาะในด้านสมุนไพรและอาหาร โดยถูกนำมาใช้ในสูตรยาแผนโบราณหลายชนิด เช่น การรักษาอาการอักเสบ การบรรเทาอาการปวดท้อง และบำรุงระบบทางเดินอาหาร (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2558) ขมิ้นอ้อยมีกลิ่นเฉพาะที่มาจากน้ำมันหอมระเหย จึงมักนำมาใช้เพื่อให้กลิ่น ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยยังมีความสำคัญในเชิงพาณิชย์ โดยเป็นสารระเหยจากพืชถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหารและยา นอกจากนี้ยังมีการนำสีจากขมิ้นอ้อยมาทำการย้อมผ้า ซึ่งไม่มีอันตรายต่อสุขภาพ และการใช้สีจากธรรมชาติที่มีความหลากหลายยังเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคแล้วยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้ผ้าทอ (Angel et. al., 2014) นอกจากนี้ขมิ้นอ้อยยังมีสารสำคัญ เช่น เคอร์คิวมิน (curcumin) ซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายประการ เช่น ลดระดับน้ำตาลในเลือด ต้านการอักเสบ ปกป้องความเป็นพิษต่อตับจากแอลกอฮอล์ และแบคทีเรีย รวมทั้งยังชะลอความเสี่ยงของการเกิดโรคทางสมองหรือระบบประสาท เช่น อัลไซเมอร์ (Rahmani et. al., 2018) พื้นที่ในการปลูกขมิ้นอ้อยที่มากที่สุดคือราชบุรีเพียงจังหวัดเดียว แต่จากแนวโน้มการเติบโตของตลาดสมุนไพรไทย ทำให้การพัฒนามาตรฐานการผลิตสมุนไพรและขมิ้นอ้อยเป็นสิ่งจำเป็น ขมิ้นอ้อยควรปลูกในช่วงฤดูฝน เนื่องจากพืชชนิดนี้ต้องการความชื้นในการเจริญเติบโต ซึ่งมีผลต่อการงอกของขมิ้นอ้อย การปลูกขมิ้นอ้อยรวมไปถึงพืชหัวหลายชนิดมักพบปัญหาการระบาดของโรคพืชที่สำคัญ คือ โรคเหี่ยวเขียว ซึ่งเกิดจากเชื้อ *Ralstonia solanacearun* ทำให้เกิดความ

เสียหายอย่างรุนแรง ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิตของขมิ้นอ้อย (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดกำแพงเพชร, 2565) ดังนั้นการประยุกต์ใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อผลิตเหง้าพันธุ์จะทำให้ได้พืชปลอดเชื้อและมีคุณภาพสม่ำเสมอ โดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นการนำเนื้อเยื่อหรือชิ้นส่วนพืชมาเพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ ซึ่งประกอบด้วย น้ำตาล วิตามิน แร่ธาตุ วุ้น และสารควบคุมการเจริญเติบโต ได้แก่ ออกซิน และไซโตไคนิน ภายใต้สภาพปลอดเชื้อ โดยมีการควบคุมอุณหภูมิ แสง และความชื้น (สมเพียรและแสงจันทร์, 2566)

โดยสารกลุ่มไซโตไคนินเป็นสารที่มีความสำคัญสำหรับพืช เนื่องจากมีบทบาทในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ ควบคุมการเจริญเติบโตของลำต้นและใบ กระตุ้นการเกิดตาข้างได้ ควบคุมการพัฒนาของระบบราก การดูดซึม แร่ธาตุและการเคลื่อนย้ายสารอาหาร ควบคุมการออกดอกของพืช และยังมีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Yamaguchi et. al., 2010) โดยสารกลุ่มแรกที่มีการสังเคราะห์ขึ้นมา คือ BA (6–Benzylamnopurine) ในปัจจุบันพบสารที่มีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกัน คือ Thidiazuron (TDZ) เป็นสารที่กระตุ้นการแบ่งเซลล์ การเจริญของตาข้าง และสามารถยับยั้งการเสื่อมสภาพของใบ ทำให้ใบเขียวและอยู่ได้นาน ซึ่งกระบวนการสลายคลอโรฟิลล์จะมีเอมไซม์คลอโรฟิลล์เลสในการ สลายคลอโรฟิลล์ในพืช ส่งผลให้ใบพืชมีการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลือง และยังเป็นกระบวนการสำคัญในการสังเคราะห์น้ำตาลและพลังงานในพืช โดยการใช้ TDZ มีความสำคัญต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ทำให้เซลล์พืชเจริญเร็วขึ้นในอาหารสังเคราะห์ กระตุ้นการสร้างหน่อในเนื้อเยื่อพืช และทำให้การขยายพันธุ์ด้วยเทคนิคนี้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2558)

ปัจจุบันมีสารที่นำมาประยุกต์ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชค่อนข้างหลากหลาย เช่น ไคโตซาน กรดจัสโมนิค หรืออะมิโนแอซิดชนิดต่าง ๆ สารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol: PBZ) ซึ่งเป็นสารชะลอการเจริญเติบโตของพืช และยับยั้งการสร้างเซอร์เบลลินใบพืช เซอร์เบลลินเป็นฮอร์โมนที่กระตุ้นการเจริญเติบโต และการยืดยาวของพืช (Desta and Amare, 2021) ดังนั้นการใช้เทคนิคนี้เพื่อขยายพันธุ์พืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและอนุรักษ์พืช โดยกระตุ้นการเกิดเหง้าหัวในเนื้อเยื่อพืช และส่งเสริมการผลิตสารพฤกษเคมี รวมทั้งประยุกต์ใช้การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรพันธุ์พืชของไทย

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาความเข้มข้นของ สารกลุ่มไซโตไคนิน นาโนซีท น้ำตาลซูโครส และพาโคบิวทราโซลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และการเกิดเหง้าหัวของขมิ้นอ้อยในสภาวะปลอดเชื้อ

วิธีวิทยาการวิจัย

พืชทดลอง

นำชิ้นส่วนขมิ้นอ้อยที่ปลอดเชื้อจากห้องปฏิบัติการสาขาเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา หลังจากนั้นนำไปเลี้ยงบนอาหารสูตร Murashige and Skoog (MS) ที่เติม 6–Benzylaminopurine (BAP) ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยทำการย้ายเนื้อเยื่อ (sub–culture) ทุก 4 สัปดาห์ เพื่อเพิ่มจำนวนยอดเพียงพอกับการทดลอง

การทดลองที่ 1 สารควบคุมการเจริญเติบโตและนาโนซีทของขมิ้นอ้อยในสภาพปลอดเชื้อ

ทำการศึกษาเติมสารกลุ่มไซโตไคนิน ได้แก่ BAP, kinetin (Kn) และ TDZ ที่ระดับความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0, 1, 2 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมและไม่เติมนาโนซีท (NS) ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) โดยมีชุดการทดลองทั้งหมด 19 กรรมวิธี (ตารางที่ 1) กรรมวิธีละ 12 ซ้ำ (ซ้ำละ 3 ชิ้นส่วน) ย้ายชิ้นส่วนขมิ้นอ้อย ตัดแต่งให้ได้ชิ้นส่วนปลายยอดมีความสูงประมาณ 2 เซนติเมตร หลังจากนั้นเพาะเลี้ยงบนอาหารตามกรรมวิธี แล้วนำไปเลี้ยงในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิประมาณ 25±2 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน และความเข้มแสงประมาณ 2,000 – 3,000 ลักซ์ จึงทำการบันทึกผลการทดลองเมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำการวัด ความสูงต้นแม่ (เซนติเมตร) โดยใช้ไม้บรรทัดวัดจากโคนต้นถึงปลายยอดของต้นแม่ ความสูงยอดใหม่ (เซนติเมตร) โดยใช้ไม้บรรทัดวัดจากโคนต้นถึงปลายยอด จำนวนยอดใหม่ (ยอด) โดยนับจำนวนยอดที่เกิดใหม่ที่สูงมากกว่า 1 เซนติเมตร ขึ้นไป จำนวนราก (ราก) โดยนับจำนวนรากที่ยาวมากกว่า 1 เซนติเมตร ขึ้นไป ความยาวราก (เซนติเมตร) วัดจากรากที่ยาวที่สุดของแต่ละต้น จำนวนใบ (ใบ) โดยนับจำนวนใบโดยเฉลี่ยต่อชิ้นส่วนพืช ค่าสีใบ (SPAD Reading scores) โดยเลือกวัดใบของแต่ละต้นภายในขวด ความกว้างและความยาวของใบ (เซนติเมตร) โดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (vernier Calipers)

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของน้ำตาลซูโครสและสารพาโคลบิวทราโซลในการเหนี่ยวนำการเกิดเหง้าหัวในสภาพปลอดเชื้อ

ทำการศึกษาผลของน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 3, 6, 9, 12 และ 15 ร่วมกับ พาโคบิวทราโซล ความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 0, 1 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) มี 15 กรรมวิธี (ตารางที่ 2) กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ (ซ้ำละ 3 ชิ้นส่วน) ที่เติมในอาหารสูตร MS โดยนำชิ้นส่วนขมิ้นอ้อยตัดแต่งให้มีความยาวประมาณ 2 เซนติเมตร เลี้ยงบนอาหารในแต่ละกรรมวิธี แล้วนำไปเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงดังอธิบายข้างต้น ทำการบันทึกคุณภาพของใบโดยการให้คะแนน (1=ใบเล็กเหลือง 2=ใบเขียวซีด 3= ใบยาวเขียวปกติ)ขนาดเหง้า (เซนติเมตร) โดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (vernier Calipers) รวมทั้งบันทึกจำนวนราก (ราก) และความยาวของราก (เซนติเมตร) เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 10 สัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance: ANOVA) และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี ด้วยวิธี Ducan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS

ผลการศึกษา

การทดลองที่ 1: สารควบคุมการเจริญเติบโตและนาโนซีทของขมิ้นอ้อยในสภาพปลอดเชื้อ

พบว่าความสูงของยอดใหม่ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าความสูงระหว่าง 0.71 – 2.15 เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม จำนวนยอดใหม่ จำนวนราก ความยาวราก จำนวนใบ ค่าสีใบ ความกว้างใบ และความยาวใบ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านความสูงของต้นแม่ พบว่าชุดควบคุมและกรรมวิธีที่เติม Kn ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งไม่เติมนาโนซีท ให้ความสูงเฉลี่ยของต้นแม่มากที่สุด คือ 5.03 และ 4.13 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับจำนวนยอดใหม่ พบว่ากรรมวิธีที่เติม TDZ ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร แบบไม่เติมนาโนซีท มีจำนวนยอดใหม่มากที่สุดคือ 4.00 ยอด ในส่วนของจำนวนราก พบว่า กรรมวิธีที่เติม BAP ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่เติมนาโนซีท และกรรมวิธีที่เติม Kn ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร แบบไม่เติมนาโนซีท มีจำนวนรากเฉลี่ยมากที่สุดคือ 5.92 และ 5.50 รากตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ในด้านของจำนวนใบ ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่เติม BAP 4 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่เติมนาโนซีท ให้จำนวนใบมากที่สุดคือ 2.83 ใบต่อต้น ในการเติบโตของใบ พบว่ากรรมวิธีที่ให้ความกว้างใบมากที่สุดคือชุดควบคุมเฉลี่ย 1.50 เซนติเมตร ในส่วนความยาวใบกรรมวิธีที่เติม Kn ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร แบบไม่เติมนาโนซีทให้ความยาวใบสูงสุด เฉลี่ย 4.93 เซนติเมตร (ตารางที่ 4) เมื่อพิจารณาถึงค่าสีใบ พบว่ากรรมวิธีที่เติม BAP ความเข้มข้น 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร แบบไม่เติมนาโนซีท รวมถึงกรรมวิธีที่เติม Kn ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมนาโนซีท ให้ค่าความเขียวของสีใบสูงที่สุด (ตารางที่ 4)

การทดลองที่ 2: การศึกษาผลของน้ำตาลซูโครสและสารพาโคลบิวทราโซลในการเหนี่ยวนำการเกิดเหง้าหัวในสภาพปลอดเชื้อ

จากผลการทดลองพบว่า ลักษณะของใบขมิ้นอ้อยที่เจริญเติบโตบนชุดการทดลองควบคุมมีความสมบูรณ์ที่สุด แต่อย่างไรก็ตามพบว่า เมื่อใช้น้ำตาลซูโครสที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 แม้มีการเติมสารพาโคลบิวทราโซล ลักษณะใบก็คงความสมบูรณ์ได้ ซึ่งมีคะแนนคุณภาพใบดีที่สุด (ภาพที่ 1A และ 3) จากข้อมูลพบว่า กรรมวิธีที่ให้ขนาดเหง้าดีที่สุด คือ กรรมวิธีเติมน้ำตาลความเข้มข้นร้อยละ 9 ร่วมกับการเติมพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 0 และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และกรรมวิธีที่เติมน้ำตาลความเข้มข้นร้อยละ 12 ที่ไม่เติมพาโคลบิวทราโซล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.79, 6.17 และ 6.34 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 1B)

การเจริญเติบโตของราก พบว่า ขมิ้นอ้อยที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่ไม่มีการเติมพาโคลบิวทราโซล และใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสร้อยละ 6 และ 9 ให้จำนวนรากมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ขมิ้นอ้อยที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่ไม่มีการเติมพาโคลบิวทราโซล และใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสร้อยละ 3 และ 6 ให้ความยาวรากมากที่สุด

ตารางที่ 1 กรรมวิธีที่ใช้ในการศึกษาความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตและนาโนซีทต่อการเจริญเติบโตของขมิ้นอ้อยในสภาพปลอดเชื้อ (การทดลองที่ 1)

กรรมวิธี	ความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตและนาโนซีท (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	BAP	Kn	TDZ	NS
1*	0	0	0	0
2	1	0	0	0
3	2	0	0	0
4	4	0	0	0
5	0	1	0	0
6	0	2	0	0
7	0	4	0	0
8	0	0	1	0
9	0	0	2	0
10	0	0	4	0
11	1	0	0	10
12	2	0	0	10
13	4	0	0	10
14	0	1	0	10
15	0	2	0	10
16	0	4	0	10
17	0	0	1	10
18	0	0	2	10
19	0	0	4	10

หมายเหตุ: * คือ ชุดการทดลองควบคุม

ตารางที่ 2 กรรมวิธีที่ใช้ในการศึกษาความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสและสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของขมิ้นอ้อยในสภาพปลอดเชื้อ (การทดลองที่ 2)

กรรมวิธี	ร้อยละของน้ำตาลซูโครส	สารพาโคลบิวทราโซล (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1*	3	0
2	3	1
3	3	5
4	6	0
5	6	1
6	6	5
7	9	0
8	9	1
9	9	5
10	12	0
11	12	1
12	12	5
13	15	0
14	15	1
15	15	5

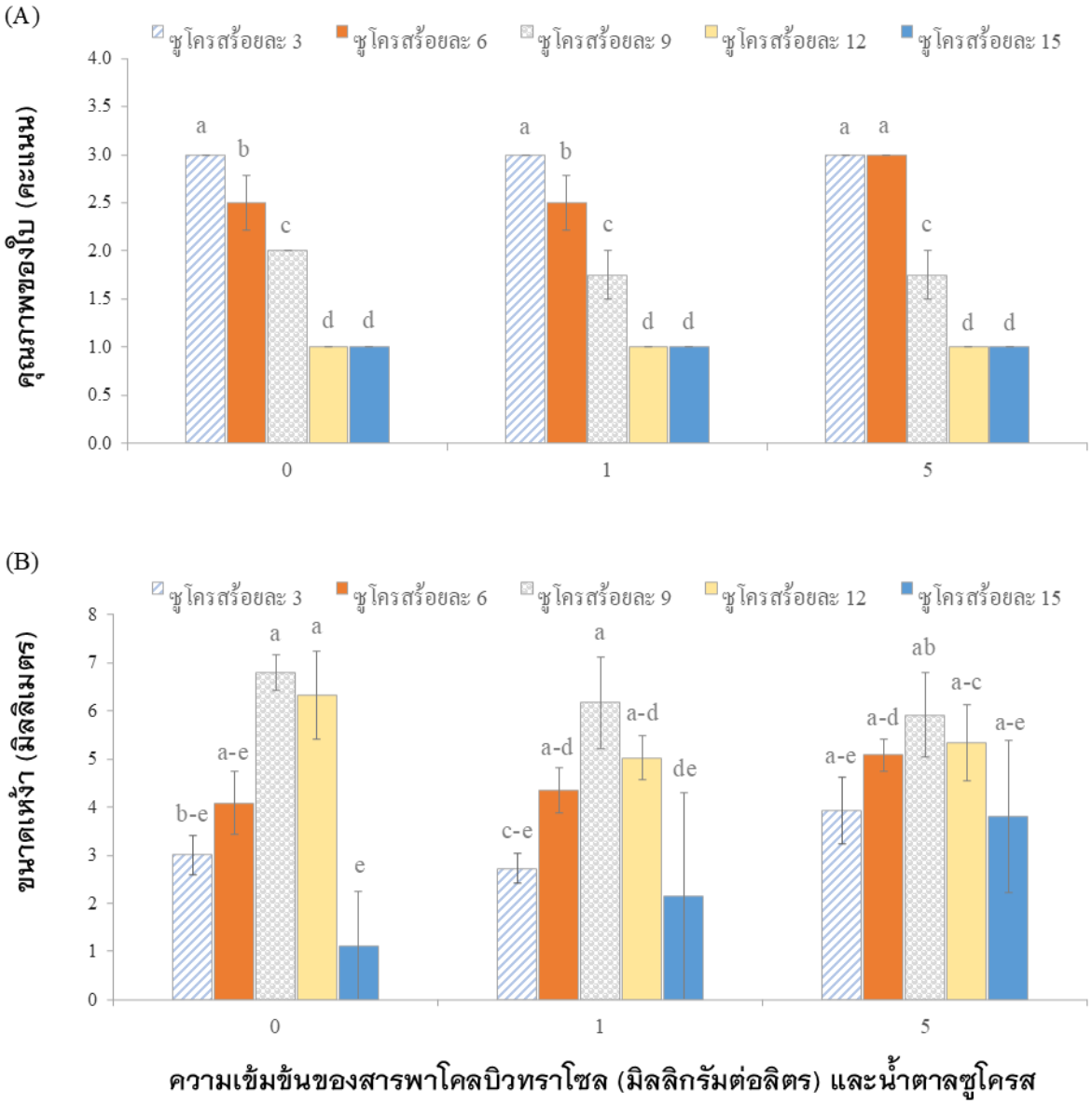
หมายเหตุ: * คือ ชุดการทดลองควบคุม

ตารางที่ 3 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตและนาโนซีทต่อการเจริญเติบโตของขมิ้นอ้อยในสภาพปลอดเชื้อ หลังทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 4 สัปดาห์

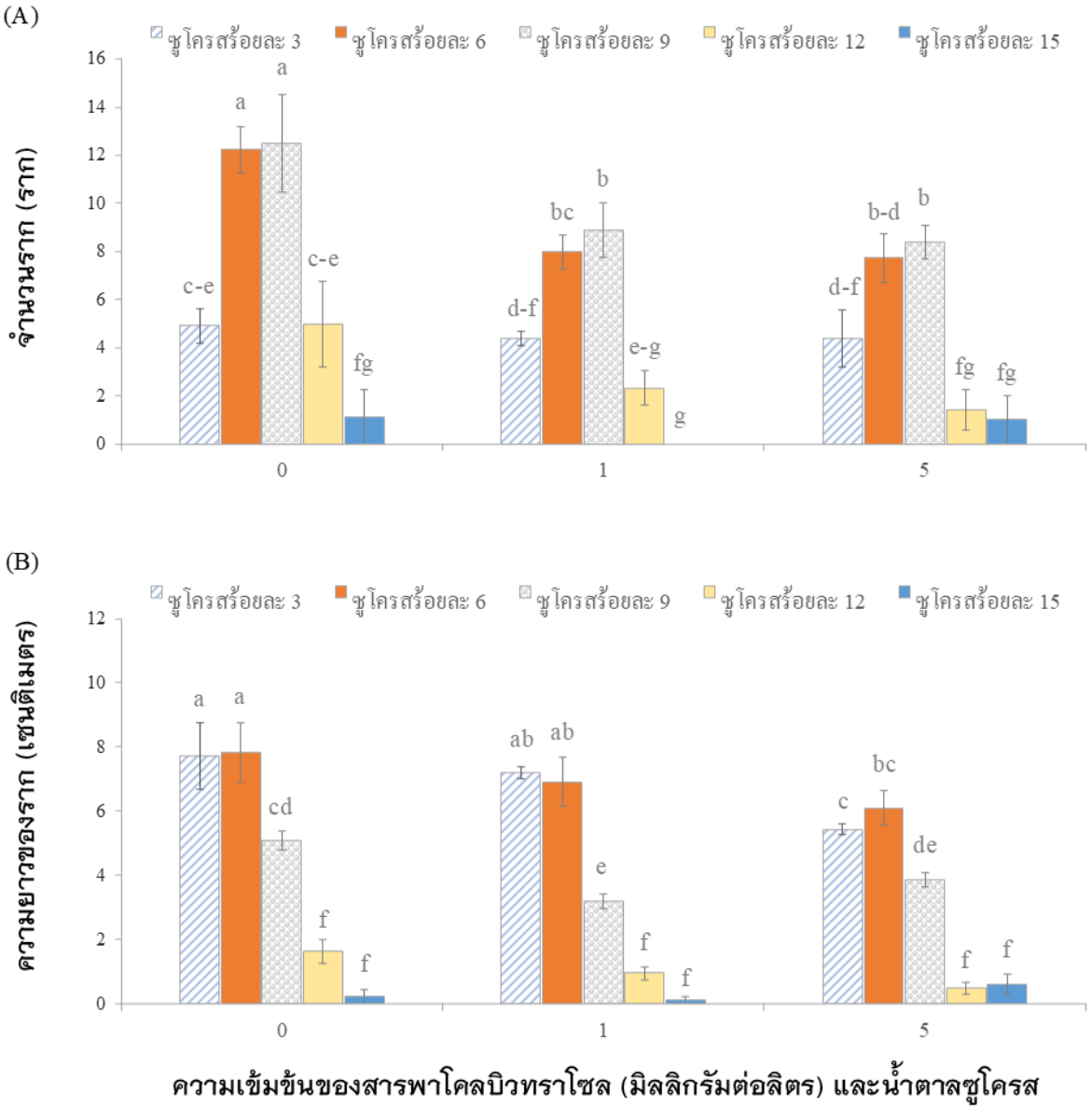
กรรมวิธี	สารควบคุมการเจริญเติบโตและนาโนซีท (มิลลิกรัมต่อลิตร)				การเจริญเติบโตของขมิ้นอ้อย				
	BAP	Kn	TDZ	NS	ความสูงต้นแม่ (เซนติเมตร)	ความสูงยอดใหม่ (เซนติเมตร)	จำนวนยอดใหม่ต่อชิ้นส่วนพืช (ยอด)	จำนวนราก (ราก)	ความยาวราก (เซนติเมตร)
1	0	0	0	0	5.03±0.35 ^{a}	0.71±0.42	0.25±0.13 ^{g}	2.96±0.49 $^{b-d}$	7.26±0.62 ^{a}
2	1	0	0	0	3.03±0.35 $^{b-d}$	1.51±0.17	2.33±0.61 $^{b-d}$	4.79±1.56 ^{ab}	2.76±0.24 $^{c-f}$
3	2	0	0	0	2.88±0.47 $^{b-d}$	1.89±0.26	2.67±0.76 ^{bc}	3.10±0.61 $^{b-d}$	2.48±0.17 $^{c-f}$
4	4	0	0	0	3.42±0.24 $^{b-d}$	2.15±0.41	1.83±0.40 $^{b-f}$	5.92±1.29 ^{a}	2.22±0.14 $^{c-g}$
5	0	1	0	0	4.13±0.37 ^{ab}	0.38±0.38	0.17±0.17 ^{g}	4.85±0.93 ^{ab}	4.77±0.47 ^{b}
6	0	2	0	0	3.20±0.23 $^{b-d}$	1.07±0.44	0.67±0.21 $^{e-g}$	5.50±0.22 ^{a}	3.62±0.20 ^{bc}
7	0	4	0	0	3.75±0.46 ^{bc}	0.90±0.23	1.50±0.43 $^{c-g}$	5.00±0.86 ^{ab}	3.35±0.19 $^{c-e}$
8	0	0	1	0	3.08±0.45 $^{b-d}$	1.51±0.34	2.00±0.45 $^{b-e}$	1.00±0.52 ^{de}	0.76±0.36 ^{gh}
9	0	0	2	0	2.52±0.36 ^{cd}	1.04±0.08	4.00±0.58 ^{a}	0.50±0.22 ^{e}	0.77±0.34 ^{gh}
10	0	0	4	0	2.53±0.46 ^{cd}	1.50±0.17	2.33±0.49 $^{b-d}$	1.33±0.56 ^{de}	1.62±0.54 $^{e-f}$
11	1	0	0	10	3.45±0.49 $^{b-d}$	0.84±0.23	1.50±0.50 $^{c-g}$	4.00±0.89 ^{ab}	2.00±0.24 $^{d-h}$
12	2	0	0	10	2.73±0.30 $^{b-d}$	1.61±0.16	2.33±0.33 $^{b-d}$	4.83±0.54 ^{ab}	1.92±0.08 $^{d-h}$
13	4	0	0	10	2.28±0.45 ^{d}	1.05±0.23	1.50±0.43 $^{c-g}$	1.67±0.56 $^{c-e}$	2.23±0.79 $^{c-g}$
14	0	1	0	10	3.58±0.75 $^{b-d}$	1.12±0.54	0.50±0.22 ^{fg}	3.00±0.45 $^{b-d}$	2.76±0.52 $^{c-f}$
15	0	2	0	10	3.35±0.46 $^{b-d}$	1.20±0.41	1.00±0.37 $^{d-g}$	3.83±0.70 $^{a-c}$	3.13±0.45 $^{c-f}$
16	0	4	0	10	3.28±0.41 $^{b-d}$	0.98±0.24	1.33±0.33 $^{c-g}$	2.83±0.83 $^{b-d}$	2.43±0.57 $^{c-f}$
17	0	0	1	10	3.45±0.28 $^{b-d}$	0.97±0.24	2.00±0.52 $^{b-e}$	0.83±0.31 ^{de}	1.43±0.52 $^{f-h}$
18	0	0	2	10	2.87±0.39 $^{b-d}$	1.30±0.21	3.00±0.52 ^{ab}	0.33±0.21 ^{e}	1.16±0.58 $^{f-h}$
19	0	0	4	10	3.27±0.32 $^{b-d}$	1.11±0.09	2.67±0.33 ^{bc}	0.33±0.21 ^{e}	0.60±0.39 ^{h}
		F-test			3.025	1.643	6.070	6.675	15.117
		(Sig)			(0.0002)	(0.0633)	(1.06×10^{-9})	(1.16×10^{-10})	(3.84×10^{-21})

ตารางที่ 4 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตและนาโนซีทของขมิ้นอ้อยในสภาพปลอดเชื้อ หลังทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ (ต่อ)

กรรมวิธี	สารควบคุมการเจริญเติบโตและนาโนซีท (มิลลิกรัมต่อลิตร)				การเจริญเติบโตของขมิ้นอ้อย (ต่อ)			
	BAP	Kn	TDZ	NS	จำนวนใบต่อชิ้นส่วนพืช (ใบ)	ค่าสีใบ (SPAD Reading scores)	ความกว้างใบ (เซนติเมตร)	ความยาวใบ (เซนติเมตร)
1	0	0	0	0	2.42±0.19 ^{ab}	16.52±1.34 ^{ab}	1.50±0.05 ^{a}	4.60±0.23 ^{ab}
2	1	0	0	0	0.97±0.23 $^{e-g}$	17.37±2.14 ^{a}	1.25±0.22 $^{a-c}$	3.77±0.36 $^{a-c}$
3	2	0	0	0	1.58±0.20 $^{b-e}$	18.45±2.69 ^{a}	1.17±0.22 $^{a-c}$	3.03±0.40 ^{bc}
4	4	0	0	0	2.83±0.40 ^{a}	14.55±1.50 $^{a-c}$	0.90±0.08 $^{b-e}$	3.05±0.35 ^{bc}
5	0	1	0	0	2.33±0.21 $^{a-c}$	14.90±0.60 ^{ab}	1.42±0.06 ^{ab}	4.93±0.34 ^{a}
6	0	2	0	0	1.67±0.21 $^{b-e}$	15.92±1.04 ^{ab}	1.27±0.04 $^{a-c}$	4.02±0.27 $^{a-c}$
7	0	4	0	0	2.50±0.43 ^{ab}	15.80±0.72 ^{ab}	1.25±0.13 $^{a-c}$	4.23±0.33 ^{ab}
8	0	0	1	0	0.50±0.34 ^{g}	4.27±2.88 $^{d-e}$	0.25±0.16 ^{g}	1.02±0.65 ^{d}
9	0	0	2	0	1.33±0.33 $^{c-g}$	12.05±3.14 $^{a-d}$	0.93±0.27 $^{b-e}$	2.42±0.54 ^{cd}
10	0	0	4	0	0.67±0.21 $^{f-g}$	4.23±2.45 $^{d-e}$	0.52±0.20 $^{e-g}$	2.37±0.80 ^{cd}
11	1	0	0	10	1.67±0.56 $^{b-e}$	14.17±2.86 $^{a-c}$	0.80±0.19 $^{c-f}$	3.40±0.72 $^{a-c}$
12	2	0	0	10	1.00±0.37 $^{d-g}$	11.38±4.21 $^{a-e}$	0.58±0.21 $^{d-g}$	2.33±0.75 ^{cd}
13	4	0	0	10	0.50±0.34 ^{g}	7.78±4.18 $^{b-e}$	0.33±0.21 ^{fg}	1.25±0.79 ^{d}
14	0	1	0	10	2.00±0.26 $^{a-d}$	11.07±2.94 $^{a-e}$	1.20±0.14 $^{a-c}$	4.53±0.66 ^{ab}
15	0	2	0	10	1.83±0.31 $^{b-e}$	17.40±1.63 ^{a}	1.07±0.10 $^{a-d}$	3.58±0.33 $^{a-c}$
16	0	4	0	10	1.33±0.33 $^{c-g}$	12.76±3.38 $^{a-d}$	0.83±0.19 $^{c-f}$	3.10±0.65 ^{bc}
17	0	0	1	10	0.50±0.34 ^{g}	5.88±4.46 $^{c-e}$	0.32±0.20 ^{fg}	1.12±0.71 ^{d}
18	0	0	2	10	0.33±0.21 ^{g}	3.22±2.78 ^{e}	0.27±0.17 ^{g}	0.90±0.57 ^{d}
19	0	0	4	10	0.33±0.21 ^{g}	4.45±2.90 $^{d-e}$	0.23±0.15 ^{g}	0.83±0.54 ^{d}
	F-test				7.009	3.801	7.526	6.559
	(Sig)				3.56143E^{-11}	8.7415E^{-06}	5.94209E^{-12}	1.7647E^{-10}



, 1 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมน้ำตาลซูโครสที่ความเข้มข้นร้อยละ 3, 6, 9, 12 และ 15 ต่อคุณภาพของใบ (คะแนน) (A) และขนาดเหง้า (มิลลิเมตร) (B) เมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 10 สัปดาห์



, 1 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมน้ำตาลซูโครสที่ความเข้มข้นร้อยละ 3, 6, 9, 12 และ 15 ต่อจำนวนราก (ราก) (A) และความยาวของราก (เซนติเมตร) (B) เมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 10สัปดาห์



ภาพที่ 3 การเจริญเติบโตของขมิ้นอ้อยที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS โดยมีการเติมสารพาโคลบิวทราโซลและน้ำตาลซูโครสที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน

สรุปผลและอภิปรายผล

การทดลองที่ 1 พบว่า ไซโตไคนินแต่ละชนิดมีผลแตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของขมิ้นอ้อย โดย TDZ ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพสูงสุดในการชักนำการเกิดยอดใหม่ ในขณะที่ BAP ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Kn ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยส่งเสริมการเกิดรากได้ดีที่สุด ผลการทดลองนี้ยังพบว่าการเติมนาโนซีทไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเจริญเติบโต ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฐชนันท์และสุกัลยา (2566) ที่รายงานว่า BAP ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสูตรที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มจำนวนยอดของไพล ในขณะที่ Kn ความเข้มข้น 1–2 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลทำให้ได้จำนวนใบ และค่าความเขียวของใบ รวมทั้งความยาวใบสูงสุด (ณัฐชนันท์และสุกัลยา, 2566) อย่างไรก็ตามการใช้ไซโตไคนินร่วมกับนาโนซีทไม่ได้ช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของทั้งไพลและขมิ้นอ้อย

การทดลองที่ 2 การประยุกต์ใช้สารพาโคลบิวทราโซลมีแนวโน้มที่สามารถเหนี่ยวนำการเกิดเหง้าได้ โดยเฉพาะในกรรมวิธีที่ใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้นร้อยละ 9 ร่วมกับพาโคลบิวทราโซล 0 และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร รวมถึงน้ำตาลซูโครสร้อยละ 12 ที่ไม่เติมสารพาโคลบิวทราโซล ซึ่งพบว่าขมิ้นอ้อยที่เพาะเลี้ยงบนสูตรอาหารดังกล่าวให้ขนาดเหง้าใหญ่ที่สุดที่ 6.79, 6.17 และ 6.34 มิลลิเมตร ตามลำดับ ผลการทดลองนี้แสดงถึงความสำคัญของความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสและสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเหนี่ยวนำการเกิดเหง้าอย่างน่าสนใจ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Baltazar Bernal, et. al., 2023) ที่ศึกษาการใช้สารพาโคลบิวทราโซลและอนุภาคนาโนเงินในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของมันฝรั่งในห้องทดลอง พบว่าพาโคลบิวทราโซลที่ความเข้มข้น 1–2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการใช้อนุภาคนาโนเงินสามารถกระตุ้นการเกิดหัวได้มากที่สุด งานวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ อัมพิกาและคณะ (2561) ที่พบว่า TDZ ร่วมกับซูโครสสามารถชักนำการเกิดยอดในกุหลาบหนูได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยน้ำตาลซูโครสมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการเกิดเหง้าในหลอดทดลองของพืชวงศ์ขิงข่าหลายชนิด รวมทั้งขมิ้น โดย Shirgurkar และคณะ (2001) ได้ทำการปรับทดสอบผลของน้ำตาลซูโครส พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นให้เป็นร้อยละ 6 มีผลทำให้ขมิ้นที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อเกิดเหง้าได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าสูตรอาหารพื้นฐาน MS ที่มีการปรับน้ำตาลซูโครสให้เป็นความเข้มข้นร้อยละ 9 สามารถใช้ในการเหนี่ยวนำการเกิดเหง้าของขิงที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อได้ (Aravind et. al., 2024)

จากศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า การใช้สารกลุ่มไซโตไคนินที่ต่างกันร่วมกับนาโนซีทมีผลที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของขมิ้นอ้อยในด้านต่าง ๆ แม้ว่าจะไม่มีผลต่อความสูงของยอดใหม่ แต่มีผลต่อจำนวนยอดใหม่ จำนวนราก จำนวนใบ ความกว้างใบ และความยาวใบ รวมถึงค่าสีใบ โดยการเติมนาโนซีทไม่ได้ส่งเสริมการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการปรับความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสร่วมกับการเติมพาโคลบิวทราโซล โดยความเข้มข้นของการเหนี่ยวนำการเกิดเหง้าหัวในสภาวะปลอดเชื้อที่สุด คือ น้ำตาลซูโครสความเข้มข้นร้อยละ 9 ร่วมกับพาโคลบิวทราโซลทุกความเข้มข้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา

เอกสารอ้างอิง

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. (2558). **ข้อมูลพืชสมุนไพร.** สืบค้นจาก https://pharmacy.su.ac.th/herbmed/herb/text/herb_detail.php?herbID=52 (สืบค้นเมื่อ 11 ธันวาคม 2567).

ณัฐชนันท์ ดวงก้อน และ สุกัลยา ภู่ทอง. (2566). **อิทธิพลของไซโตไคนินร่วมกับนาโนซีทต่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนยอดของไพลภายใต้สภาพปลอดเชื้อ.** วิทยาศาสตร์การเกษตรและการจัดการ 6(1):48–55.

สมเพียร ฟักทอง และ แสงจันทร์ สอนสว่าง. (2566). **การพัฒนาห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อรองรับตัวอย่างจากชุมชน.** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 2(1): 50–58.

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดกำแพงเพชร. (2565). **ระวัง "โรคเหี่ยวเขียว หรือเหง้าเน่า" ในขมิ้นชัน.** สืบค้นจาก https://www.opsmoac.go.th/kamphaengphet-warning-preview-442891791799 (สืบค้นเมื่อ 11 ธันวาคม 2567).

ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. (2558). **การใช้สารในกลุ่มไซโตไคนินในการปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุไม้ดอกไม้ประดับ**. สืบค้นจาก https://www.phtnet.org/2015/07/152/?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAAR2DSCnyUT69dfW5t7XmH_1tAB8ZRLi9YDPnKQVQvl68uKc1OJbUeoJ_EQ0_aem_0p2rh6jWBVpKKoUPvia2pQ (สืบค้นเมื่อ 23 มิถุนายน 2567).

อัมพิกา ติ๊บกวาง, ศิรศาธิญากร จันทร์ขศิราพร และ กิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์. (2561). **ผลของไซโตไคนินและซูโครสต่อการเพาะเลี้ยงกุหลาบหนู.** วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 23(2): 712–721.

Angel, G.R., Menon, N., Vimala, B. and Nambisan, B. (2014). **Essential oil composition of Eight starchy *Curcuma* species.** Industrial Crops and Products, 60, 233–238.

Aravind, S., Nisthar, E., Chaithanya, K. C., Sivaranjani, R., Kandiannan, K., Srinivasan, V., Mukesh Sankar, S., Nirmal Babu, K. (2024). **Induction of in vitro micro rhizomes and assessment of yield, quality, and clonal fidelity in *ex vitro* established plants of ginger (Zingiber officinale Rosc.).** Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 157, 28.

Baltazar Bernal, O., Spinoso-Castillo, J. L., Mancilla-Álvarez, E., Muñoz-Márquez Trujillo, R. A., Bello-Bello, J. J. (2023). ***In Vitro* Conservation and Regeneration of Potato (Solanum tuberosum L.): Role of Paclobutrazol and Silver Nanoparticles.** Horticulturae, 9(6), 676.

Desta, B., Amare, G. (2021). **Paclobutrazol as a plant growth regulator.** Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 8, 1.

Rahmani, A. H., Alsahli, M. A., Aly, S. M., Khan, M. A., Aldebasi, Y. H. (2018). **Role of curcumin in disease prevention and treatment.** Advanced biomedical research, 7(1), 38.

Shirgurkar, M.V., John, C.K., Nadgauda, R.S. (2001). **Factors affecting *in vitro* microrhizome production in turmeric.** Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 64, 5–11

Yamaguchi, I., Culler, A., Quint, M., Slovin, J., Nakajima, M., Yamaguchi, S., Sakakibara, H., Kuroha, T., Hirai, N., Yokota, T., Ohta, H., Kobayashi, Y., Mori, H., Sakagami, Y. (2010). **Plant Hormones. Comprehensive Natural Products II**. Elsevier, 4, 9–125.

การประชุมวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย 14
PHAYAO RESEARCH CONFERENCE

มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

(Oral Presentation)

การพัฒนาความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

The development of english writing for communication ability using task–based learning with social media for grade 6 students

จิณห์วรา พิมพ์แสง[1*] และ สิทธิพล อาจอินทร์[2]

Jinvara Pimsang[1*] and Sitthipon Art–in[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษาที่ 2567 โรงเรียนบ้านหนองกุงวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาขอนแก่น เขต 1 จำนวน 11 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมครูและนักเรียน แบบสัมภาษณ์นักเรียน แบบทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารท้ายวงจร และแบบทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์เนื้อหาการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารและการวัดแรงจูงใจในการเรียนภาษาอังกฤษ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารเฉลี่ยเท่ากับ 32.27 คิดเป็นร้อยละ 80.67 และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 81.81 ซึ่งสูงกว่าที่กำหนดไว้

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐาน, การเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร, สื่อสังคมออนไลน์

[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002,

[2] รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น, 40002

[1] Master Degree Student in Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, 40002

[2] Associate Professor, Curriculum and Instruction Program, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, 40002

*Corresponding author : Jinvara.k@kkumail.com

Abstract

This research aims to develop English writing for communication ability using task-based learning with social media for Grade 6 students to give the students' average score of not less than 70%, and not less than 70% of the students passing criteria. The target group consists of 11 Grade 6/1 students, Semester 1, Academic Year 2024, at Ban Nong Kung Wittayakarn School, under the Khon Kaen Primary Educational Service Area Office 1, selected through purposive sampling. The research design is action research. The research instruments are 1) lesson plans using task-based learning with social media, totaling 6 lesson plans of 12 hours; 2) after-instruction record forms 3) teacher's teaching behavior observation forms; 4) students' interviews form; 5) ended-spiral of writing English for communication ability tests, and 6) a writing English for communication ability test. Quantitative data will be analyzed using mean ($\overline{X}$), standard deviation (S.D.), and percentage, while qualitative data will be analyzed through content analysis.

The research results indicate that students had an average score of 32.27 in English writing for communication ability, which is 80.67%, with 9 students passing the criteria, representing 81.81%, , met the criteria, which is higher than the specified standard.

Keywords: Task-Based Learning ; English writing for communication ability ; social media

บทนำ

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21" หรือ "21st Century Skills" ทำให้เกิดผลกระทบต่อการจัดการศึกษาทั่วโลก ซึ่งจะเห็นได้จากการกำหนดให้เป็นวาระแห่งชาติของหลายประเทศในการปฏิรูปการศึกษา เช่น "การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21" (21st Century Learning) "การศึกษาในศตวรรษที่ 21" (21st century education), "ผู้เรียนในศตวรรษที่ 21" (21st Century Learner) ฯลฯ สำหรับประเทศไทยเริ่มเมื่อปี พ.ศ. 2551 โดยหน่วยงานภาครัฐได้กำหนดให้มีการปฏิรูปการศึกษาอย่างต่อเนื่อง เรียกว่า การปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่สอง (พ.ศ. 2552-2561) การปฏิรูปรอบนี้มีการปรับหลักสูตรระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานอีกครั้งหนึ่ง เป็นหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อให้สอดคล้องกับทิศทางการปฏิรูปการศึกษาในระดับโลกที่มุ่งเน้นปฏิรูปการเรียนรู้อีกครั้งโดยเน้นสอนให้น้อยลงแต่ให้ผู้เรียนเรียนรู้มากขึ้น (Teach Less, Learn More) ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้รายบุคคลและเป็นกลุ่มที่มีประสิทธิภาพ ดังจะเห็นจากรายงานการวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาเกี่ยวกับการสอนภาษาอังกฤษให้กับผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นต่าง ๆ ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษาที่ใช้แนวการสอนแบบเน้นภาระงาน และผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ที่สูงขึ้น เช่น การเรียนรู้ตามแนวคิดเน้นภาระงาน (Task-Based Learning)

การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลกาภิวัตน์ในศตวรรษที่ 21 ส่งผลกระทบต่อทุกภาคอุตสาหกรรมอย่างมีนัยสำคัญ ปัจจุบันมีภาษาที่ใช้ในการสื่อสารอย่างมากมายและหลากหลายในทุก ๆ ประเทศ ซึ่งแต่ภาษาที่ได้รับการยอมรับและใช้ในการสื่อสารในระดับนานาชาตินั้น คือ ภาษาอังกฤษ (Pandarangga, 2016) ดังนั้น ภาษาอังกฤษจึงมีความสำคัญในการสื่อสารไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารภายในประเทศ และในระดับนานาชาติ ทำให้มนุษยชาติใช้ภาษาอังกฤษในหลายสถานที่ทั่วทุกมุมโลก ไม่ว่าจะเป็นการทำกิจกรรมทางเศรษฐกิจ การเผยแพร่ความรู้ ความเชื่อ การเดินทาง หรือการแบ่งปันประสบการณ์ของตนเองโดยการใช้ภาษาอังกฤษในสถานการณ์เหล่านี้จึงทำให้การเขียน

เป็นทักษะภาษาอังกฤษที่ถูกใช้ในการบันทึกผ่านการเข้ารหัสเป็นลายลักษณ์อักษร โครงสร้างทางภาษา รวมไปถึงการสร้างวาทกรรมของการสื่อสารผ่านตัวอักษร อาทิ การเขียนเพื่อโน้มน้าวจิตใจ การเขียนแสดงความคิดเห็นการเขียนโต้แย้ง การเขียนเพื่อบรรยาย หรือ การสร้างหรือบันทึกเรื่องราวของประวัติศาสตร์เพื่อบันทึกเป็นตัวอักษรและให้ผู้อ่านที่มีความรู้ความเข้าใจของภาษานั้น ๆ สามารถรับรู้เรื่องราวหรือเข้าใจข้อมูลที่ผู้เขียนต้องการจะสื่อออกมาได้ (Graham et al., 2012)

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยพบว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ดังจะเห็นจากรายงานการวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาเกี่ยวกับการสอนภาษาอังกฤษให้กับผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นต่าง ๆ ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา จะเห็นได้จากงานวิจัยของ ปวริศร์ ปิงเมือง (2564) ที่พัฒนาโมไบล์แอปพลิเคชันช่วยการเรียนรู้ภาษาที่ใช้ภาระงานเป็นฐานและเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมการเขียนภาษาอังกฤษของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น; พีรณัฏฐ์ ยาทิพย์ และคณะ (2564) ได้พัฒนาแอปพลิเคชัน 3 มิติสำหรับการสอนภาษาอังกฤษแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและการฝึกปฏิบัติจริง; นันทวัน วิรุณภักดิ์ (2565) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับการใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5; ปวริศร์ ปิงเมือง และประกอบ กรณีกิจ. (2565). ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยโมไบล์แอปพลิเคชันช่วยการเรียนภาษาที่ใช้ภาระงานเป็นฐานและเกมิฟิเคชัน; Muluneh et al. (2018) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะการเขียนบทความภาษาอังกฤษโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน; Hanh and Tuan (2018) เพราะเหตุนี้ผู้วิจัยจึงศึกษาที่จะนำแนวคิดและหลักการของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Willis, 1996) มาบูรณาการร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์เพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนการสอนโดยให้ภาระงานเป็นหลักและเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยทำให้การจัดการเรียนรู้มีความน่าสนใจยิ่งมากขึ้นและทันเทคโนโลยีในปัจจุบันในการนำสื่อสังคมออนไลน์มาเป็นบทบาทสำคัญในการพัฒนาการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร

ด้วยเหตุผลข้างต้นดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมองเห็นความสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยเน้นกระบวนการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะทางภาษาเสริมสร้างความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร จึงนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ กิจกรรมการแลกเปลี่ยนข้อมูล กิจกรรมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น กิจกรรมการนำเสนอข้อมูลใหม่ ให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้โดยใช้ความคิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลและนำเสนอในรูปแบบที่หลากหลายโดยนำมาประยุกต์ใช้ในขั้นที่ 1 ก่อนให้ภาระงาน ขั้นที่ 2 การดำเนินงานแลกเปลี่ยนข้อมูลและแสดงความคิดเห็นและขั้นที่ 3 การเน้นใช้ภาษาโดยการแสดงผลงานผ่านการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารของการจัดการเรียนรู้ โดยการใช้แพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ ได้แก่ Facebook และ TikTok ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง Let's Go Camping! รายวิชาภาษาอังกฤษ อ 16101 สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านหนองกุงวิทยาคาร เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพ และยกระดับการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารให้มากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐาน

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐาน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐาน ของ Willis (1998) ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1) Pre-task (ขั้นก่อนให้ภาระงาน) ขั้นตอนที่2) Task cycle (ขั้นดำเนินงาน) และ ขั้นตอนที่ 3) Language focus (ขั้นเน้นการใช้ภาษา) โดยการวิเคราะห์ภาษา (Language analysis) และฝึกหัดใช้ภาษา (Practice) เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่มีความครอบคลุม ชัดเจน เข้าใจง่าย และมีความเหมาะสมสำหรับเป้าหมายในการวิจัย

สื่อสังคมออนไลน์

สื่อสังคมออนไลน์เป็นสังคมหรือการรวมตัวกันเพื่อสร้างความสัมพันธ์ในรูปของกลุ่มคนรูปแบบหนึ่งซึ่งปรากฏขึ้นบนอินเทอร์เน็ต หรือเรียกว่าชุมชนออนไลน์ ผู้คนสามารถทำความรู้จักกัน แสดงความคิดเห็น แบ่งปันประสบการณ์ เหตุการณ์ต่าง ๆ ร่วมกัน และเชื่อมโยงกันและกันในทิศทางใดทางหนึ่ง โดย วราพร ดำจับ (2562) ได้แบ่งประเภทของสื่อสังคมออนไลน์ตามลักษณะของการใช้งานไว้ 6 ประเภท ได้แก่ 1) เครือข่ายสังคมออนไลน์ (Social networking site) 2) ไมโครบล็อก (Micro-blog) 3) เว็บไซต์ที่ให้บริการ แบ่งปันสื่อ หรือข้อมูลออนไลน์ (Video and photo sharing website) 4) บล็อกส่วนบุคคลและ บล็อกขององค์กร (Personal and corporate blogs) 5) บล็อกที่มีสื่อสิ่งพิมพ์เป็นเจ้าของเว็บไซต์ (Blogs hosted by media outlet) และ 6) วิกิและพื้นที่สาธารณะ ออนไลน์ (Wikis and online collaborative space) จากการศึกษาประเภทของสื่อสังคมออนไลน์ ผู้วิจัยเลือกศึกษา 2 ประเภท ได้แก่ เครือข่ายสังคมออนไลน์ (Social networking site) คือ Facebook และ เว็บไซต์ที่ให้บริการ แบ่งปันสื่อ หรือข้อมูลออนไลน์ (Video and photo sharing website) คือ TikTok เนื่องจากสื่อสังคมออนไลน์ Facebook และ TikTok มีอิทธิพลและมีความเหมาะสมต่อสังคมยุคปัจจุบันเป็นอย่างมาก

การจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์

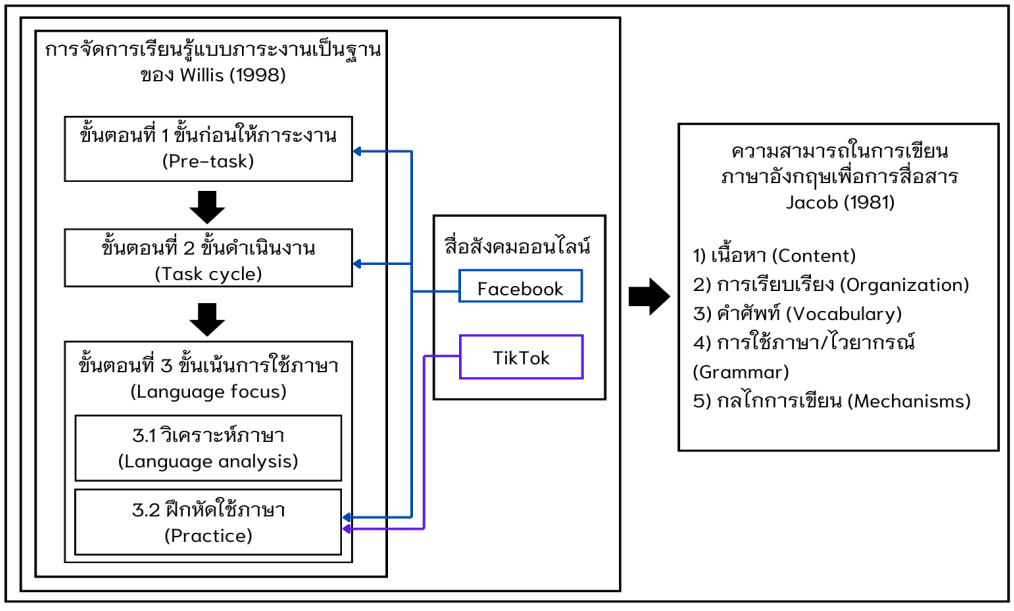
การจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐาน ตามแนวคิด Willis (1998) ร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ ตามนิยามของวราพร ดำจับ (2562) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำมาบูรณาการร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐาน โดยแทรกการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อสังคมออนไลน์ทั้งหมด 3 ขั้นตอนของการจัดการการเรียนรู้โดยเน้นภาระงานงานดังนี้ 1) ขั้นที่ 1 ขั้นก่อนปฏิบัติงาน (Per-task) เป็นขั้นที่ผู้เรียนเตรียมความพร้อมในการปฏิบัติภาระงาน โดยการศึกษาคำศัพท์ โครงสร้างหลักไวยากรณ์เพื่อสร้างความเข้าใจในการอ่านเนื้อเรื่องแล้วตอบคำถาม วิเคราะห์ลักษณะของการเขียนบรรยายและฝึกฝนการเขียนบรรยายโดยครูเป็นผู้กำหนดรูปแบบของการเขียนบรรยาย โดยครูผู้สอนสร้างกลุ่มการเรียนรู้ (Facebook Group) ในแอปพลิเคชัน Facebook เพื่อให้ภาระงานแก่นักเรียนผ่าน Facebook และศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในภาระงานที่ครูมอบให้ 2) ขั้นที่ 2 ขั้นดำเนินงาน (Task cycle) เป็นขั้นที่ผู้เรียนทำงานโดยใช้ภาษาเป็นเครื่องมือในการปฏิบัติภาระงาน การปฏิบัติงานกลุ่ม ผ่านกิจกรรมการเขียนบรรยายในหัวข้อที่กำหนดให้ใน Facebook Group โดยผู้เรียนกำหนดรูปแบบในการเขียนบรรยายด้วยตนเอง 3) ขั้นที่ 3 ขั้นเน้นการใช้ภาษา (Language focus) เป็นขั้นที่เน้นให้ผู้เรียนมีความคล่องแคล่วในการใช้ภาษา และใช้ภาษาให้ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์ โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อย ดังนี้ (1) ขั้นวิเคราะห์ภาษา (Language analysis) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแลกเปลี่ยนผลงานเขียนระหว่าง

กลุ่มเพื่อวิเคราะห์ แก้ไข ตรวจสอบความถูกต้องของการเขียนคำศัพท์ สำนวน และไวยากรณ์ โดยมีครูให้คำแนะนำระหว่างการวิเคราะห์ภาษาและร่วมกันอภิปรายผลงาน (2) ขั้นฝึกหัดใช้ภาษา (Practice) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนจะได้ฝึกการใช้ภาษาให้เกิดความคล่องแคล่วขึ้นอีกโดยการแก้ไขงานเขียนจากบ้านที่ครูกำหนดให้ และนำเสนอผลงานตนเองผ่าน แอปพลิเคชัน Facebook และ TikTok ส่วนตัวของตนเอง

ความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร

ความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารเป็นการถ่ายทอดความคิดของผู้เขียนผ่านตัวอักษรหรือข้อความให้กับผู้อ่านเพื่อเป็นการสื่อสารโดยมีหลักการใช้ภาษาที่ถูกต้อง เช่น การสะกดคำ การใช้เครื่องหมายวรรคตอน การเลือกใช้คำ และการใช้ภาษาที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้ใช้แนวคิดของ Jacob (1981) ซึ่งเป็นการเขียนที่ดีและมีประสิทธิภาพจะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญในอันที่จะทำให้ การเขียนนั้นสามารถสื่อความหมายได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้อง องค์ประกอบเหล่านี้ ได้แก่ 1) เนื้อหา (content) โดยวัดจากความรู้ในเรื่องที่เขียนและความเกี่ยวโยงของเนื้อหาที่กำหนดให้ 2) การเรียบเรียง (Organization) ครูผู้สอนวัดจากการเรียบเรียงของเนื้อหา โดยมีการเกริ่นก่อนเข้าเนื้อหาและบทสรุปของเนื้อเรื่อง 3) คำศัพท์ (Vocabulary) วัดจากการใช้ความเหมาะสมของคำศัพท์ในบริบทนั้นๆ รวมไปถึงความยากง่ายของการใช้คำศัพท์ 4) การใช้ภาษา/ไวยากรณ์ (Grammar) โดยวัดจากความถูกต้องของโครงสร้างไวยากรณ์ ประโยค การเรียงศัพท์ การสะกดคำและการวางคำเชื่อม และ 5) กลไกการเขียน (Mechanisms) โดยคำนึงถึงความสร้างสรรค์ในการเรียบเรียงประโยค การสะกดคำ เครื่องหมายวรรคตอน การย่อหน้า ความสละสลวยในการเขียน และการเขียนพิมพ์และใหญ่ การใช้เครื่องหมายวรรคตอน โครงสร้างประโยค การเลือกใช้รูปแบบภาษา ความรู้ ทางด้านไวยากรณ์การเขียนที่ดีต้องรวมถึงการที่ผู้เขียนจะต้องมีความรู้ในเรื่องที่เขียน และคำนึงถึงจุดประสงค์ในการเขียน รวมถึงการเลือกเนื้อหาการจัดลำดับความคิดการเรียบเรียงเนื้อความให้ สอดคล้องและต่อเนื่องกัน ทำให้ผู้อ่านได้รับอรรถรสและเข้าใจได้ตรงกับผู้เขียน

กรอบแนวคิดในการวิจัยเพื่อการพัฒนาความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วยตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานของ Willis (1998) ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารของ Jacob (1981) สามารถสรุปได้เป็นกอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

รูปแบบของวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Action Research) ซึ่งได้นำหลักการและขั้นตอนทางการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามรูปแบบของ Kemmis & Mc Taggart (1988) เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย มีรายละเอียดการดำเนินงานตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ PAOR ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นวางแผนปฏิบัติการ (Planning) 2) ขั้นการลงมือปฏิบัติ (Action) 3) ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) และ 4) ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติการ (Reflection) โดยนำเอาความสัมพันธ์ของกิจกรรม ที่ดำเนินไปในกระบวนการมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อนำไปปรับปรุงในวงจรปฏิบัติการต่อไป

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านหนองกุงวิทยาคารสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาขอนแก่น เขต 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 11 คน โดยใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ จำนวน 6 แผน ๆ ละ 2 ชั่วโมง เวลา 12 ชั่วโมง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อยกระดับแรงจูงใจในการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ดังรายละเอียดในตารางการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ หน่วยการเรียนรู้ Let's Go Camping! โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ และความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ กำหนดระดับ ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ มีความเหมาะสมของแผนเฉลี่ยเท่ากับ 4.83 มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด

เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลปฏิบัติการ ได้แก่

1) แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้เมื่อสิ้นสุดการสอนแต่ละแผนของผู้วิจัย

2) แบบสังเกตพฤติกรรมครูและนักเรียน เป็นแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ของครูผู้สอนและนักเรียนแต่ละชั่วโมง

3) แบบสัมภาษณ์นักเรียน เป็นแบบสัมภาษณ์ปลายเปิด เพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นในการจัดการเรียนรู้ โดยมีประเด็นการสัมภาษณ์ ดังนี้ 1) นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรกับการเรียนภาษาอังกฤษโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ 2) นักเรียนมีความคิดเห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ สามารถส่งเสริมความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารหรือไม่อย่างไร และ 3) นักเรียนมีความคิดเห็นว่าสื่อการจัดการเรียนรู้ที่นำมาใช้มีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

4) แบบทดสอบการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารท้ายวงจร เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย เพื่อวัดความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษ ของนักเรียนตามแนวคิดของ Jacob (1981) ทั้ง 3 วงจร วงจรละ 2 ข้อ รวมทั้งหมด 6 ข้อ โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบแยกส่วน (Analytic Rubrics) ประกอบด้วย 1) เนื้อหา (content) 2) การเรียบเรียง (Organization) 3) คำศัพท์ (Vocabulary) 4) การใช้ภาษา/ไวยากรณ์ (Grammar) 5) กลไกการเขียน (Mechanisms) ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง พบว่า มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.67–1.00 หลังจากนั้นนำแบบทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารท้ายวงจรที่ผ่านการปรับปรุงไปทดสอบ (Try-out)

กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนหนองกุงวิทยาคาร จำนวน 20 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายแต่ได้เรียนเนื้อหาเดียวกัน ให้มีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20–1.00 ค่าความยากง่าย 0.20–0.80 และค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 0.70–1.00 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารท้ายวงจรที่ 1–3

วงจรที่	*ค่าความยากง่าย (P)*	*ค่าอำนาจจำแนก (r)*	*ค่าความเชื่อมั่น (α)*
1	0.55 – 0.57	0.72 – 0.73	0.77
2	0.61 – 0.62	0.74 – 0.82	0.76
3	0.56 – 0.57	0.72 – 0.75	0.74

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร แบบอัตนัย 2 ข้อ คะแนนเต็มไว้ 40 คะแนน โดยใช้เกณฑ์ประเมินแบบแยกส่วน (Analytic rubrics) ผู้วิจัยได้ปรับจากเกณฑ์ของ Jacob (1981) แบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ 1) เนื้อหา (content) 2) การเรียงความคิด (organization) 3) การใช้คำศัพท์ (Vocabulary) 4) หลักการใช้ภาษา (Grammar) และ5) กลไกทางภาษา (Mechanics) ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง พบว่า มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.67–1.00 หลังจากนั้นนำแบบทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารที่แก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเสนออาจารย์ที่ปรึกษาแล้วนำไปทดลองใช้ (Try–out) กับนักเรียนที่เคยเรียนเนื้อหานี้มาแล้ว นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนหนองกุงวิทยาคาร จำนวน 20 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายแต่ได้เรียนเนื้อหาเดียวกัน ให้มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20–0.80 ค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20–1.00 และค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 0.70–1.00 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร

ค่าความยากง่าย (P)	**ค่าอำนาจจำแนก (r)**	**ค่าความเชื่อมั่น (α)**
0.60 – 0.63	0.55 – 0.60	0.78

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยพัฒนาความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โดยมีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1) ผู้วิจัยจัดทำหนังสือถึงผู้บริหารโรงเรียนบ้านหนองกุงวิทยาคาร เพื่อขออนุญาตทำการวิจัย

2) ผู้วิจัยทำหนังสือเสนอขอแต่งตั้งผู้ช่วยผู้วิจัย จำนวน 1 คน

3) ดำเนินการปฐมนิเทศผู้ช่วยวิจัย และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยให้ความรู้เกี่ยวกับแนวทางจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์

4) ดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน เวลา 12 ชั่วโมง ตามวงจรปฏิบัติการ 3 วงจร

5) ผู้วิจัยและผู้ช่วยผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแผนการจัดการเรียนรู้ทุกแผน ด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และนำข้อมูลที่ได้จากการสะท้อนผลการปฏิบัติมาใช้ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรต่อไป

6) เมื่อสิ้นสุดดำเนินการขัดการเรียนการสอนแต่ละวงจร นักเรียนทำแบบทดสอบทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารท้ายวงจรทั้ง 3 วงจร ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือการประเมินผลของการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร เพื่อนำไปอภิปรายผลและสรุปผลการวิจัยต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

ผลของการทำแบบทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารท้ายวงจรทั้ง 3 วงจร และแบบทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารหลังจากที่เรียนครบทั้ง 3 วงจร โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร โดยใช้สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการหาค่าร้อยละ (Percentage) ของคะแนนและจำนวนคนที่ผ่านเกณฑ์ เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

โดยใช้ข้อมูลจากแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนและครู แบบบันทึกผลการจัดการเรียนการสอน แบบสัมภาษณ์นักเรียน บันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ แล้วนำไปสู่การสรุปผลการวิจัยเพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวทาง หรือรูปแบบการปฏิบัติที่มีประสิทธิภาพ ที่จะนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษและแรงจูงใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งนี้ ผู้วิจัยและผู้ช่วยผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมเพื่อวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) และนำเสนอแบบความเรียง

ผลการวิจัยและอธิปรายผล

ผลการพัฒนาความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์

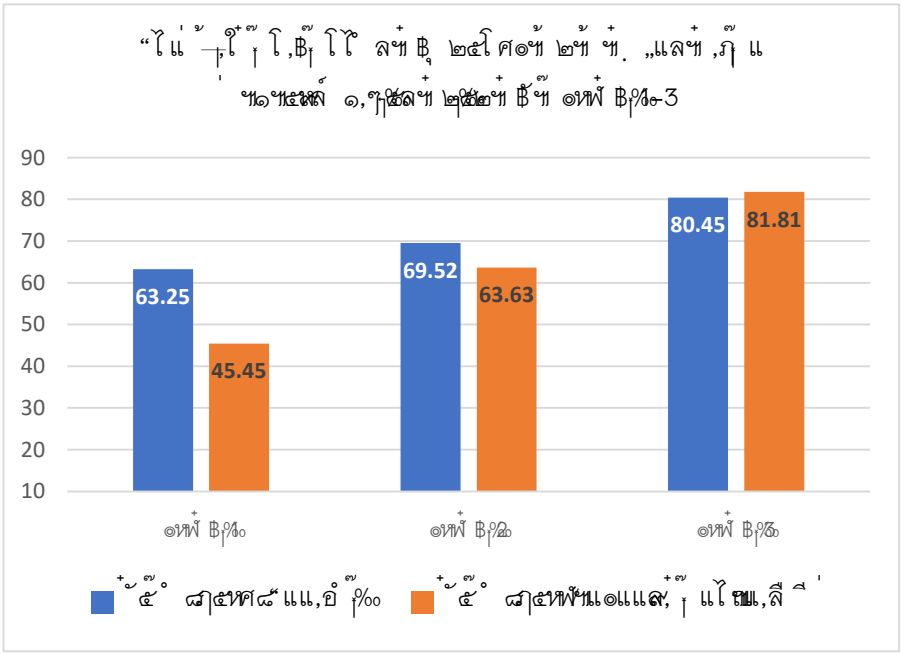
1) ผลการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารท้ายวงจรที่ 1–3

ผู้วิจัยได้ดำเนินกิจกรรมแผนการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรและสิ้นสุดการดำเนินการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารท้ายวงจรทั้ง 3 วงจร นำไปปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละวงจรการวิจัย ตามกระบวนการที่ได้วางแผนไว้ พบว่า ผลการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารและแรงจูงใจในการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียน มีพัฒนาการที่สูงขึ้นตามลำดับวงจรการวิจัยที่ 1–3 โดยผู้วิจัยขอนำเสนอดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารท้ายวงจรที่ 1-3

ผลการทดสอบท้ายวงจร	จำนวนนักเรียน	คะแนน				ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย	จำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์	
		เต็ม	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย			จำนวน (คน)	ร้อยละ
1	11	40	29	18	25.45	3.02	63.25	5	45.45
2	11	40	35	17	27.81	4.76	69.52	7	63.63
3	11	40	39	22	32.18	5.35	80.45	9	81.81

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารท้ายวงจรที่ 1-3 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้น คือ 25.45, 27.81 และ 32.18 คิดเป็นร้อยละ 63.25, 69.52 และ 80.45 ตามลำดับและมีนักเรียนผ่านเกณฑ์สูงขึ้น จำนวน 5, 7 และ 9 คน คิดเป็นร้อยละ 45.45, 63.63 และ 81.81 ตามลำดับ ซึ่งวงจรที่ 1 และวงจรที่ 2 ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และวงจรที่ 3 ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยผู้วิจัยสรุปแผนภูมิเปรียบเทียบระหว่างร้อยละของคะแนนเฉลี่ยร้อยละของจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภูมิเปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารท้ายวงจรที่ 1-3

2) ผลการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร

เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 12 ชั่วโมง วงจรการวิจัยที่ 1-3 ต่อมาผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายตามวัตถุประสงค์การวิจัย โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร แบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ โดยเกณฑ์ที่กำหนด คือ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 และมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป แสดงผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร

จำนวนนักเรียน	คะแนน				ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย	จำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์	
	เต็ม	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย			จำนวน (คน)	ร้อยละ
11	40	39	22	32.27	5.01	80.67	9	81.81

จากตารางที่ 4 ผลการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 32.27 คิดเป็นร้อยละ 80.67 และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 81.81 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ต่อมาผู้วิจัยได้พิจารณาผลการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารตามองค์ประกอบของความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารทั้ง 5 ขั้นตอน แสดงผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารตามองค์ประกอบของ Jacob (1981)

ความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร (Jacob,1981)	*จำนวนนักเรียน*	*คะแนน*		*ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน*	*ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย*	*จำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์*	
		เต็ม	เฉลี่ย			จำนวน (คน)	ร้อยละ
1) เนื้อหา	11	8	7.16	1.26	88.75	10	90.90
2) การเรียบเรียง	11	8	6.72	1.19	84.00	10	90.90
3) คำศัพท์	11	8	6.54	0.93	81.75	10	90.90
4) การใช้ภาษา/ไวยากรณ์	11	8	5.63	1.50	70.37	5	45.45
5) กลไกการเขียน	11	8	5.81	1.32	72.62	7	63.63

จากตารางที่ 5 ผลการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารตามองค์ประกอบของ Jacob (1981) พบว่า ขั้นตอนที่นักเรียนมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ด้านเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.16 คิดเป็นร้อยละ 88.75 รองลงมาคือ ด้านการเรียบเรียง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.72 คิดเป็นร้อยละ 84.00 ด้านคำศัพท์ คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.54 คิดเป็นร้อยละ 81.75 ด้านกลไกการเขียน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.81 คิดเป็นร้อยละ 72.62 และด้านการใช้ภาษา/ไวยากรณ์ คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.63 คิดเป็นร้อยละ 72.62 ตามลำดับ

ผลการพัฒนาความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 32.27 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.01 คิดเป็นร้อยละ 80.67 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 81.81 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อพิจารณาผลการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารตามองค์ประกอบของ Jacob (1981) ทั้ง 5 องค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนสูงที่สุด คือ ขั้นเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 88.75 คิดเป็นร้อยละ 90.90 รองลงมา คือ ขั้นการเรียบเรียง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 84 คิดเป็นร้อยละ 90.90 ขั้นคำศัพท์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ

81.75 คิดเป็นร้อยละ 90.90 ขั้นกลไกลการเขียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 72.62 คิดเป็นร้อยละ 63.63 และขั้นที่มีคะแนนเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนต่ำที่สุด คือ ขั้นการใช้ภาษา/ไวยากรณ์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 70.37 คิดเป็นร้อยละ 45.45 ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะนักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้รับการฝึกฝนความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์อย่างต่อเนื่องตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ละ 2 ชั่วโมง อีกทั้งยังพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารตามองค์ประกอบการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารตามองค์ประกอบตามแนวคิดของ Jacob (1981) ทั้ง 5 องค์ประกอบโดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ ระดับดีความ คะแนนเต็ม 8 ด้านเนื้อหามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.16 ($\overline{X}$ = 7.16, S.D.= 1.26) คิดเป็นร้อยละ 88.75 รองลงมา คือ ด้านการเรียบเรียงมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.72 ($\overline{X}$ = 6.72, S.D.= 1.19) คิดเป็นร้อยละ 84.00 ด้านคำศัพท์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.54 ($\overline{X}$ = 6.54, S.D.= 0.93) คิดเป็นร้อยละ 81.75 ด้านกลไกการเขียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.81 ($\overline{X}$ = 5.81, S.D.= 1.32) คิดเป็นร้อยละ 72.62 และด้านการใช้ภาษา/ไวยากรณ์มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 5.63 ($\overline{X}$ = 5.63, S.D.= 1.50) คิดเป็นร้อยละ 70.37 ตามลำดับ

ทั้งนี้เนื่องมาจาก การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นกระบวนการสอนหรือแบบแผนในการจัดกิจกรรมการสอนภาษาที่ให้ความสำคัญกับการฝึกทักษะหรือความสามารถทางภาษาด้วยการมอบภาระงานเพื่อการสื่อสารที่มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งงานรายบุคคล และงานกลุ่ม นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจากงานที่รับผิดชอบตลอดจนร่วมมือกันโดยสื่อสังคมออนไลน์ที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียนจึงส่งผลในทางบวกเพิ่มความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับแนวคิดของ Nguyen (2012) ที่กล่าวถึงภาระงานว่าเป็นกิจกรรมในชั้นเรียนหรือแบบฝึกหัดที่มีองค์ประกอบ มีการกำหนดวัตถุประสงค์ กลไกในการจัดโครงสร้างและการจัดลำดับปฏิสัมพันธ์ ที่เน้นที่การแลกเปลี่ยนความหมาย ตลอดจนความพยายามในการเรียนภาษาที่ต้องการให้ผู้เรียนเข้าใจจัดการและ/หรือ สร้างภาษาเป้าหมายในขณะที่ใช้แผนการทำงานบางชุด ในขณะเดียวกัน ภาระงานยังเป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนการสอน เป็นเป้าหมายที่มุ่งเน้นความหมายของภาษาก่อน จากนั้นจึงค่อยเน้นรูปแบบของภาษาและต้องดำเนินการโดยนักเรียน ด้วยขั้นตอนที่ชัดเจนหรือร่วมกับวิธีการที่น่าเชื่อถือเพียงพอ และรวมถึง ข้อมูลที่เข้าใจได้ ซึ่งภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ผ่านการปฏิสัมพันธ์ โต้ตอบ (เป็นคู่หรือเป็น กลุ่มเล็ก ๆ) มาแล้ว ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากประสบการณ์การใช้ภาษาเป้าหมายของตนเอง และสุดท้ายผู้เรียนจะเข้าถึงความสมบูรณ์ด้านภาษาผ่านผลลัพธ์ของภาระงานที่ออกมา และยังสอดคล้องกับ Hismanoglu (2011) ที่ให้เหตุผลสนับสนุนการเรียนการสอนภาษาโดยเน้นภาระงาน (TBLT–Task Based Language Teaching) ว่าเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเรียนรู้ภาษาของผู้เรียน เพราะในการสอนภาษาอังกฤษเป็นภาษาต่างประเทศให้กับผู้เรียน ถือว่าเป็นแนวทางการสอนที่ให้ผู้เรียนมีบริบทที่เป็นธรรมชาติสำหรับการใช้ภาษาแม่ในนำเสนอข้อมูล ที่เป็นประโยชน์ต่อภาษาเป้าหมายสำหรับผู้เรียน

การจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานได้นำสื่อสังคมออนไลน์มาบูรณาการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยจึงช่วยส่งเสริมประสิทธิผลในการจัดการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากสื่อสังคมออนไลน์เป็นเครื่องมือสำคัญในการสื่อการกันที่เข้าถึงกลุ่มคนที่รวมกันเป็นสังคม มีการทำกิจกรรม ร่วมกันบนอินเทอร์เน็ต ในรูปแบบของเว็บไซต์หรือแพลตฟอร์มซึ่งมีการแผ่ขยายออกไปเรื่อย ๆ เป็น รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต ทำให้เครือข่ายคอมพิวเตอร์หรืออินเทอร์เน็ตเกิดเป็น สังคมขึ้นมา การสร้างชุมชนใหม่บนอินเทอร์เน็ตนี้เป็นเครื่องมือสำคัญในการติดต่อสื่อสารที่สามารถ ทำกิจกรรมต่าง ๆ ร่วมกันได้ทั้งในด้านการศึกษา ธุรกิจ หรือความบันเทิง โดยเฉพาะ

Facebook และTikTok ที่ทุกคนสามารถเข้าถึงได้เป็นอย่างดีจึงทำให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับ Kamarul et al. (2010) ที่พบว่า Facebook สามารถสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ออนไลน์ที่เอื้อประโยชน์ เพิ่มพูนความสามารถและสร้างความเข้มแข็งแก่ นักเรียนในการเรียนรู้ภาษาอังกฤษอย่างมีความหมายได้ โดยครูต้องกำหนดวัตถุประสงค์เบื้องต้นและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่ก่อให้เกิดการจัดประสบการณ์การเรียนรู้อย่างมีความหมายแก่นักเรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่มี Facebook เป็นสื่อกลาง ซึ่ง Blattner and Fiori (2009) กล่าวว่า การจะทำให้ Facebook มีคุณค่าในการเป็นเครื่องมือสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนด้านภาษานั้น ครูจะต้องช่วยให้นักเรียนเกิดการยอมรับในการใช้เทคโนโลยี เข้าใจในธรรมชาติและขีดความสามารถในการ สื่อสารกับครูและเพื่อนร่วมชั้นที่แอปพลิเคชันนี้สามารถทำให้เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วงส่งเสริมผลการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีการพัฒนาการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 12 ชั่วโมง วงจรการวิจัยที่ 1–3 ต่อมาผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายตามวัตถุประสงค์การวิจัย โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร แบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ โดยเกณฑ์ที่กำหนด คือ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 และมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/1 โรงเรียนบ้านหนองกุงวิทยาคาร ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาขอนแก่น เขต 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 11 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) และผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบ ภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ จำนวน 6 แผน เวลา 12 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยใช้การวิจัยตามรูปแบบของวิจัยปฏิบัติการ โดยแบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 วงจร สรุปผลการวิจัย ดังนี้

ผลการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 32.27 คิดเป็นร้อยละ 80.67 และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 81.81 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยมีผลการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารตามองค์ประกอบของความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารทั้ง 5 ด้าน ผลการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารตามองค์ประกอบของ Jacob (1981) พบว่า ด้านที่นักเรียนมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ด้านเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.16 คิดเป็นร้อยละ 88.75 รองลงมาคือ ด้านการเรียบเรียง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.72 คิดเป็นร้อยละ 84.00 ด้านคำศัพท์ คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.54 คิดเป็นร้อยละ 81.75 ด้านกลไกการเขียน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.81 คิดเป็นร้อยละ 72.62 และด้านการใช้ภาษา/ไวยากรณ์ คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.63 คิดเป็นร้อยละ 72.62 ตามลำดับ

อภิปรายผล

ผลการพัฒนาความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 32.27 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.01 คิดเป็นร้อยละ 80.67 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 81.81 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อพิจารณาผลการทดสอบความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารตามองค์ประกอบของ Jacob (1981) ทั้ง 5 องค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนสูงที่สุด คือ ขั้นเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 88.75 คิดเป็นร้อยละ 90.90 รองลงมา คือ ขั้นการเรียบเรียง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 84 คิดเป็นร้อยละ 90.90 ขั้นคำศัพท์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 81.75 คิดเป็นร้อยละ 90.90 ขั้นกลไกลการเขียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 72.62 คิดเป็นร้อยละ 63.63 และขั้นที่มีคะแนนเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนต่ำที่สุด คือ ขั้นการใช้ภาษา/ไวยากรณ์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 70.37 คิดเป็นร้อยละ 45.45 ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะนักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้รับการฝึกฝนความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์อย่างต่อเนื่องตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ละ 2 ชั่วโมง อีกทั้งยังพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารตามองค์ประกอบการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารตามองค์ประกอบตามแนวคิดของ Jacob (1981) ทั้ง 5 องค์ประกอบโดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ ระดับดีความ คะแนนเต็ม 8 ด้านเนื้อหามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.16 (= 7.16, S.D.= 1.26) คิดเป็นร้อยละ 88.75 รองลงมา คือ ด้านการเรียบเรียงมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.72 (= 6.72, S.D.= 1.19) คิดเป็นร้อยละ 84.00 ด้านคำศัพท์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.54 (= 6.54, S.D.= 0.93) คิดเป็นร้อยละ 81.75 ด้านกลไกการเขียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.81 (= 5.81, S.D.= 1.32) คิดเป็นร้อยละ 72.62 และด้านการใช้ภาษา/ไวยากรณ์มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 5.63 (= 5.63, S.D.= 1.50) คิดเป็นร้อยละ 70.37 ตามลำดับ

ทั้งนี้เนื่องมาจาก การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นกระบวนการสอนหรือแบบแผนในการจัดกิจกรรมการสอนภาษาที่ให้ความสำคัญกับการฝึกทักษะหรือความสามารถทางภาษาด้วยการมอบภาระงานเพื่อการสื่อสารที่มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งงานรายบุคคล และงานกลุ่ม นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจากงานที่รับผิดชอบตลอดจนร่วมมือกันโดยสื่อสังคมออนไลน์ที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียนจึงส่งผลในทางบวกเพิ่มความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับแนวคิดของ Nguyen (2012) ที่กล่าวถึงภาระงานว่าเป็นกิจกรรมในชั้นเรียนหรือแบบฝึกหัดที่มีองค์ประกอบ มีการกำหนดวัตถุประสงค์ กลไกในการจัดโครงสร้างและการจัดลำดับปฏิสัมพันธ์ ที่เน้นที่การแลกเปลี่ยนความหมาย ตลอดจนความพยายามในการเรียนภาษาที่ต้องการให้ผู้เรียนเข้าใจจัดการและ/หรือ สร้างภาษาเป้าหมายในขณะที่ใช้แผนการทำงานบางชุด ในขณะเดียวกัน ภาระงานยังเป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนการสอน เป็นเป้าหมายที่มุ่งเน้นความหมายของภาษาก่อน จากนั้นจึงค่อยเน้นรูปแบบของภาษาและต้องดำเนินการโดยนักเรียน ด้วยขั้นตอนที่ชัดเจนหรือร่วมกับวิธีการที่น่าเชื่อถือเพียงพอ และรวมถึง ข้อมูลที่เข้าใจได้ ซึ่งภาระงานที่ได้รับมอบหมายได้ผ่านการปฏิสัมพันธ์ โต้ตอบ (เป็นคู่หรือเป็น กลุ่มเล็ก ๆ) มาแล้ว ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากประสบการณ์การใช้ภาษาเป้าหมายของตนเอง และสุดท้ายผู้เรียนจะเข้าถึงความสมบูรณ์ด้านภาษาผ่านผลลัพธ์ของภาระงานที่ออกมา และฉัตรชัย พรมมารักษ์ (2564) ที่สรุปว่า วิธีการสอนภาษาโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานเป็นวิธีการสอนภาษาที่เน้นการฝึกทักษะภาษาด้วยภาระงานที่มอบหมาย โดยเฉพาะทักษะการฟังและทักษะการพูด ซึ่งผู้เรียนจะได้เรียนรู้ในบริบทที่ได้ใช้ภาษาแม่ในการเรียนรู้ เนื่องจากลักษณะเด่นของวิธีการสอน ภาษาโดยการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐานเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและในกระบวนการเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถใช้ ภาษาแม่ของผู้เรียนเพื่อส่งเสริมและมุ่งเน้นการใช้ภาษาเป้าหมายได้อย่างเต็มศักยภาพ และยังสอดคล้องกับ Hismanoglu (2011) ที่ให้เหตุผลสนับสนุนการเรียนการสอนภาษาโดยเน้นภาระงาน (TBLT–Task Based Language Teaching) ว่าเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเรียนรู้ภาษาของผู้เรียน เพราะในการสอนภาษาอังกฤษเป็นภาษาต่างประเทศให้กับผู้เรียน ถือว่าเป็นแนวทางการสอนที่ให้ผู้เรียนมีบริบทที่เป็นธรรมชาติสำหรับการใช้ภาษาแม่ในนำเสนอข้อมูล ที่เป็นประโยชน์ต่อภาษาเป้าหมายสำหรับผู้เรียน ทั้งยังเพิ่มความสามารถในการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มแรงจูงใจในการเรียน อีกทั้งยังเป็นวิธีที่ส่งเสริมการเรียนรู้ภาษาพร้อมกับการฝึกทักษะในการปฏิบัติงานผ่านกระบวนการของการสอนภาษาโดยการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ซึ่งผู้เรียนจะสามารถเชี่ยวชาญในการใช้ประโยชน์จากความสามารถด้านภาษาของตนอย่างเต็มที่ในการสื่อสารเพื่อเปลี่ยนภาษาแม่ไปสู่ภาษาเป้าหมาย และเป็นโอกาสสำหรับผู้เรียนที่จะเรียนรู้ร่วมกันและใช้ความสามารถในการจัดการกับภาษาเป้าหมายอย่างมืออาชีพ

การจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานได้นำสื่อสังคมออนไลน์มาบูรณาการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยจึงช่วยส่งเสริมประสิทธิผลในการจัดการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากสื่อสังคมออนไลน์เป็นเครื่องมือสำคัญในการสื่อการกันที่เข้าถึงกลุ่มคนที่รวมกันเป็นสังคม มีการทำกิจกรรม ร่วมกันบนอินเทอร์เน็ต ในรูปแบบของเว็บไซต์หรือแพลตฟอร์มซึ่งมีการแผ่ขยายออกไปเรื่อย ๆ เป็น รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต ทำให้เครือข่ายคอมพิวเตอร์หรืออินเทอร์เน็ตเกิดเป็น สังคมขึ้นมา การสร้างชุมชนใหม่บนอินเทอร์เน็ตนี้เป็นเครื่องมือสำคัญในการติดต่อสื่อสารที่สามารถ ทำกิจกรรมต่าง ๆ ร่วมกันได้ทั้งในด้านการศึกษา ธุรกิจ หรือความบันเทิง โดยเฉพาะ Facebook และTikTok ที่ทุกคนสามารถเข้าถึงได้เป็นอย่างดีจึงทำให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับ Kamarul et al. (2010) ที่พบว่า Facebook สามารถสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ออนไลน์ที่เอื้อประโยชน์ เพิ่มพูนความสามารถและสร้างความเข้มแข็งแก่ นักเรียนในการเรียนรู้ภาษาอังกฤษอย่างมีความหมายได้ โดยครูต้องกำหนดวัตถุประสงค์เบื้องต้นและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่ก่อให้เกิดการจัดประสบการณ์การเรียนรู้อย่างมีความหมายแก่นักเรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่มี Facebook เป็นสื่อกลาง ซึ่ง Blattner and Fiori (2009) กล่าวว่าการจะทำให้ Facebook มีคุณค่าในการเป็นเครื่องมือสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนด้านภาษานั้น ครูจะต้องช่วยให้นักเรียนเกิดการยอมรับในการใช้เทคโนโลยี เข้าใจในธรรมชาติและขีดความสามารถในการ สื่อสารกับครูและเพื่อนร่วมชั้นที่แอปพลิเคชันนี้สามารถทำให้เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมได้ และสังคมของนักเรียนที่สร้างขึ้นก็จะเกิดประโยชน์อย่างสูงสุดในการพัฒนาการเรียนรู้ด้านภาษาและแรงจูงใจในการเรียนให้เพิ่มสูงขึ้นด้วย นอกจากนั้น Facebook ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีความหมายทั้งในขณะที่นักเรียนกาลังสนทนาโต้ตอบกันและในขณะที่นักเรียนเขียนข้อความไว้บนกระดานของเพื่อน ซึ่งข้อมูลที่นักเรียนได้เรียนรู้นั้นเป็นข้อมูลตามสภาพจริงของการสื่อสารและมีความหลากหลายของเนื้อหา ซึ่งจะเอื้อให้เกิดการพัฒนาความตระหนักในการใช้ภาษาโดยคำนึงถึงบริบททางสังคมและวัฒนธรรมให้สูงขึ้นได้ เช่น กิจกรรมการอภิปรายการใช้คำศัพท์ในสถานการณ์และประเทศต่างๆ ผ่านกระทู้สนทนาใน Facebook ของนักเรียนที่ใช้ภาษาอังกฤษเป็นภาษาที่สอง พบว่า นักเรียนได้เรียนรู้แบบอุปนัยถึงความแตกต่างในการใช้คำศัพท์ให้เหมาะสมถูกกาลเทศะและวัฒนธรรมของแต่ละประเทศ เช่น การกล่าวขอโทษ การกล่าวทักทาย และการขอร้อง เป็นต้น จากบทสนทนาระหว่างนักเรียนที่รวมกลุ่มเรียนรู้เดียวกันใน Facebook จากหลายประเทศ โดยที่นักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้จากกิจกรรมภายในชั้นเรียนของตนเองและหนังสือเรียนภาษาอังกฤษของพวกเขาได้

นอกจากนี้ การจัดการแบบเน้นภาระงานยังช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองและแบบกลุ่ม กระตุ้นความสนใจด้วยสื่อสังคมออนไลน์ทำให้นักเรียนสนใจหรือได้เรียนรู้ทั้งด้านเนื้อหา การเรียบเรียง คำศัพท์ การใช้ภาษา/ไวยากรณ์ และกลไกการเขียนเป็นอย่างดีดังผลการสะท้อนของนักเรียนดังต่อไปนี้ “รู้สึกว่าได้ใช้มือถือคุ้มดีค่ะ เรียนในมือถือได้ด้วย” (แบบการสัมภาษณ์ /นักเรียน 1, 27 กันยายน 2567)...“รู้วิธีการใช้ TikTok มากขึ้นค่ะ ให้ความรู้คนอื่นๆ ด้วย” (แบบการสัมภาษณ์ /นักเรียน 2, 27 กันยายน 2567)... “ชอบค่ะ เพราะได้โชว์ประโยคบทสนทนาให้เพื่อนๆได้เห็นด้วย” (แบบการสัมภาษณ์ /นักเรียน 1, 20 กันยายน 2567)...“ปกติไม่ค่อยได้โพสต์ลง TikTok ครับ ตื่นเต้นครับ” (แบบการสัมภาษณ์ /นักเรียน 2, 20 กันยายน 2567) ซึ่ง สอดคล้องกับผลการวิจัยของ วรางคณา แสงธิป และคณะ (2565) ที่วิจัยเรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบเกมมิฟิเคชันร่วมกับวิธีการสอนแบบเน้นภาระงานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจและแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความ เข้าใจหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และความสามารถในการอ่าน ภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจหลังเรียนเท่ากับ 75.73 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hanh and Tuan (2018) วิจัยเรื่อง ผลการของการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษ พบว่า นักศึกษามีความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษสูงขึ้นก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Viriya (2018) ได้ทำวิจัยโดยการใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานกับนักศึกษาภาษาอังกฤษ ผลการศึกษา พบว่าความสามารถในการอ่าน–เขียนและการพูดของนักศึกษาหลังเรียนรู้แบบเน้นภาระงานสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ต่อความสามารถในการพัฒนาการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร มี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นก่อนปฏิบัติงาน (Per–task) ขั้นที่ 2 ขั้นดำเนินงาน (Task cycle) ขั้นที่ 3 ขั้นเน้นการใช้ภาษา (Language focus) โดยเฉพาะขั้นที่ 1 ครูควรเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์การเรียนรู้และเครือข่ายอินเตอร์เน็ตให้พร้อมที่จะใช้สำหรับการจัดการเรียนรู้ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ โดยผู้สอนควรแชร์เครือข่ายอินเตอร์เน็ตให้กับนักเรียนได้ทันท่วงที ทำให้การจัดการสอนเป็นไปตามเวลาที่กำหนด และนักเรียนบางคนอาจไม่มีโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือสมาร์ทโฟน ควรแบ่งกลุ่มให้นักเรียนทุกคนช่วยเหลือกันในทุกขั้นตอนตลอดการในการปฏิบัติงานกลุ่ม นอกจากนี้ครูควรปรับกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ในด้านนี้ให้หลากหลายและน่าสนใจ หรืออาจปรับเพิ่มเวลาทำกิจกรรมให้มากขึ้นเพื่อพัฒนาด้านกลไกการเขียน และด้านการใช้ภาษา/ไวยากรณ์ ให้สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ผู้วิจัยควรมีการศึกษาวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ต่อความสามารถในการพัฒนาการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารในด้านต่าง ๆ เช่น การฟัง การอ่าน การพูด หรือการเขียน เพื่อพัฒนานักเรียนในด้านต่าง ๆ ควบคู่กับไปด้วย

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิพล อาจอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือสนับสนุน ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนคอยให้กำลังใจอย่างสม่ำเสมอจนสามารถทำการวิจัยในครั้งนี้จนประสบความสำเร็จ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

รวมไปถึงขอกราบขอบพระคุณ นายเจริญวิชฐ์ พิมพ์แสง ที่ให้การสนับสนุนการศึกษาในระดับปริญญามหาบัณฑิต และ ครอบครัวกางเพ็ง ที่คอยให้กำลังใจและให้คำปรึกษาจนผู้วิจัยทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันใดอันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบคุณความดีทั้งมวลแด่บิดาและมารดา ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความกรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันมีคุณค่าแก่ผู้วิจัย เพื่อนำไปพัฒนาวิชาชีพและการศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

คชาภรณ์ บุญปัน. (2560). **การพัฒนาความสามารถการเขียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ CIPPA ร่วมกับกิจกรรม PWIM.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฉัตรชัย พรมมารักษ์. (2564). **การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดพหุภาษาโดยใช้ภาษาแม่เป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนภาษาโดยเน้นภาระงาน เพื่อเสริมสร้างทักษะการฟังและ การพูดภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนกลุ่มชาติพันธุ์ลาหู่ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3**. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน. มหาวิทยาลัยพะเยา

นันทวัน วิรุณภักดิ์. (2565). **การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐานร่วมกับการใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.** วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ปวริศร์ ปิงเมือง. (2564). **การพัฒนาโมไบล์แอปพลิเคชันช่วยการเรียนภาษาที่ใช้ภาระงานเป็นฐานและเกมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนภาษาอังกฤษของนักเรียนมัธยมศึกษา.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปวริศร์ ปิงเมือง และประกอบ กรณีกิจ. (2565). **ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยโมไบล์แอปพลิเคชันช่วยการเรียนภาษาที่ใช้ภาระงานเป็นฐานและเกมิฟิเคชัน.** วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา, 17(22), 104–123.

พีรณัฏฐ์ ยาทิพย์, เกรียงศักดิ์ เตมีย์ และจันทรวรรณ สำราญสำรวจกิจ. (2564). **การพัฒนาแอปพลิเคชัน 3 มิติสำหรับการสอนภาษาอังกฤษแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและการฝึกปฏิบัติจริง.** คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ระวิ แก้วสุกใส ร., & จุสปาโล ช. (2013). **เครือข่ายสังคมออนไลน์ : กรณี เฟสบุ๊ค (Facebook) กับการพัฒนาผู้เรียน**. Princess of Naradhiwas University Journal, 5 (4). Retrieved from https://li0 1 . tci–thaijo.org/index.php/pnujr/article/view/53802

วราพร ดำจับ. (2562). **สื่อสังคมออนไลน์กับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21**. วารสารศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 7(2), 143-159.

Blattner, G. and Fiori, M. (2009). **Facebook in the language classroom: promises and possibilities.** International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 6(1).

Graham et al., 2012 S. Graham, D. McKeown, S. Kiuhara, K. Harris. **A meta-analysis of writing instruction for students in the elementary grades**. Journal of Educational Psychology, 104 (2012), pp. 879-896, 10.1037/a0029185

Hanh and Tuan. (2018). **The effect of task-based language teaching on EFL learners' writing performance at Tien Giang University**. Can Tho University Journal of Science, 54 (5) (2018), pp. 91-97, 10.22144/ctu.jen.2018.031

Hismanoglu & Hismanoglu. (2012). **Task-based language teaching: what every EFL teacher should do**. (Online): www.scienceditect.com: from https://sci-hub.se/10.1016/j.sbspro.2011.03.049

Jacob et al.'s. (1981). **ESL Composition Profile.** (Online): from https://www.researchgate.net/figure/Jacob-et-als-1981-Scoring-Profile_fig1_351689056

Kamarul, K. M., Norlida, A., and Zainol, A. M. J. (2010). **Facebook: an online environment for learning of English in institutions of higher education?.** Internet & Higher Education, 13(4), 179-187.

Lado, R. (1964). **Language and Language Learning**. New York: McGraw Hill.

Muluneh TK. (2018). **Improving Students' Paragraph Writing Skill through Task-Based Approach.** Arts Social Sci J 9: 351. doi: 10.4172/2151-6200.1000351

Pandarangga. (2016). **THE TRANSFORMATION OF ENGLISH AS A GLOBAL LANGUAGE IN THE WORLD**. Retrieved from: https://ejournal.uin-malang.ac.id/index.php/humbud/article /view/3132/pdf

Viriya. (2018). Using Task-Based Learning with Students of Academic English. **Arab World English Journal**. Pp.337-346.

Willis. (1996). **A framework for task-based learning.** [Online]. Available: https://archive.org/details/frameworkfortask0000jane

การศึกษาความต้องการพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษและทักษะจำเป็นในศตวรรษที่ 21 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Needs analysis on english language learning skills and 21st century skills improvement of RMUTL Tak students

นภอร อารีย์[1*]

Napa-on Aree[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความต้องการในการพัฒนาทักษะการเรียนภาษาอังกฤษ และศึกษาความต้องการพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ของนักศึกษาหลักสูตรภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารสากล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือนักศึกษาทุกชั้นปีของหลักสูตรภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารสากล จำนวน 64 คนในปีการศึกษา 2567 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์เนื้อหาในการสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่าทักษะการพูดเป็นทักษะที่จำเป็นที่สุด($\bar{x}$=4.17 และ SD=0.81) ในการพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษรองลงมาคือการฟัง การอ่าน และการเขียน การพูดเป็นทักษะสำคัญในการสื่อสารทั้งในชีวิตการทำงานและในชีวิตประจำวัน โดยการขาดความมั่นใจในการพูดถือเป็นความท้าทายที่สำคัญ ในด้านทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 พบว่าทักษะความสามารถในการปรับตัวและเทคโนโลยีดิจิทัลได้รับการจัดให้เป็นทักษะที่สำคัญที่สุด ($\bar{x}$=4.41 และ SD=0.87) รองลงมาคือทักษะการทำงานเป็นทีม ความรับผิดชอบ และความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนเน้นย้ำในการสัมภาษณ์ว่าทักษะการทำงานร่วมกันและการทำงานเป็นทีมเป็นสิ่งที่ต้องการพัฒนาให้สื่อสารระหว่างบุคคลมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความต้องการ, ทักษะการเรียนภาษาอังกฤษ, ทักษะสำคัญในศตวรรษที่21

[1] สาขาศิลปศาสตร์ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก จังหวัดตาก 63000

*Corresponding author : napaon@rmutl.ac.th

Abstract

The research aimed to explore the needs of English language learning across the four skills among all 4-year students in the E.I.C. program and to investigate the needs of 21st-century skills of the E.I.C students in Rajamangala University of Technology Lanna Tak. The participants comprised all students within four years of study (N=64) in the English for International Communication of 2024 academic year. The research instruments were the five-point Likert scale questionnaires, and semi-structure interviews. The data were analyzed using descriptive statistics and the content analysis for interview. The findings indicated that speaking skills was the most needed skill, $\bar{x}$=4.17 and SD=0.81, for English language learning improvement in extra curriculum activities, followed by listening, reading, and writing. Speaking was emphasized as a critical skill for communication in both professional and everyday life, with a lack of confidence in speaking identified as a key challenge. In terms of 21st-century skills, adaptability and digital technology were ranked as the most essential, $\bar{x}$=4.41 and SD=0.87 followed by teamwork, responsibility, and creativity skills. The students highlighted in the interview that the collaboration and teamwork skills were essential for their future careers, with many expressing a desire to improve their speaking and listening skills for communication in team-based environments.

Keywords; Needs Analysis, English Language Learning skills, 21st-Century Skills

Introduction

English is one of the most widely known languages in the world, and it's considered a global language because "its worldwide reach is much greater than anything achieved historically by Latin or French, and no language has ever been as widely spoken" (Mastin, 2011). Additionally, English is already recognized as the common international language, or *lingua franca*. As a result, people often hear different accents when English is spoken in various parts of the world. English signs and advertisements are also common in many countries. Today, English plays an increasingly important role in many areas of life, including medicine, engineering, business, technology, science, law, politics, entertainment, publishing, and education (Mastin, 2011). Being fluent and compatible in English would benefit students in English majors for further education and future professions.

The other skills, language skills, are 21st-century skills, which are vital for students to succeed in a globalized world. English, the lingua franca of international communication, plays a crucial role in education and employment. For students at tertiary universities, effective English language skills are necessary to enhance academic performance, facilitate global interactions, and prepare for professional careers (Phramaha, 2024). As Thailand continues to integrate into the ASEAN Economic Community, the demand for graduates equipped with strong English communication abilities and 21st-century skills is increasing (Pachontarapak et al., 2024). The demand for 21st-century skills evidences the need to improve the activities and the curriculum of English programs in universities to serve the world workforce requirement.

Richard (2001) emphasized that the needs analysis of EFL is the initiative way in designing the learning activities that could make the success for the learners to achieve the learning outcomes. There are many

benefits of conducting the learners' needs: to find the necessary English language skills that the learners require in the course, to gather information about the experiences that the learners used to face and to determine the cultural, political, and characteristics of the target learners.

This research, therefore, aims to conduct a need for English language learning skills and 21st-century skills among E.I.C. students at RMUTL Tak. The research's findings will present insights into the specific needs and expectations of students in English majors, thus contributing to the development of competent graduates. The research objectives were to explore the needs for English language learning across the four skills among all 4-year students in the E.I.C. program and to investigate the needs of 21st-century skills of E.I.C. students.

Research Questions

1. What are the needs of English language learning across the four skills among all 4-year students in the E.I.C. program?

2. What are the needs of 21st-century skills of the E.I.C. students?

Literature Review

What is Needs Analysis?

Berkeley Lab Training (2022) pointed out that needs analysis identifies deficiencies or problems and determines their causes and solutions. It can be considered a process of identifying the gap between what should happen and what is currently happening, as well as explaining the reasons for these gaps. In this regard, needs analysis is a systematic search to identify discrepancies between actual performance and desired performance, along with the factors that hinder the desired level of performance.

Wannapok (2004) mentioned that Needs analysis is a crucial factor and an essential component for practitioners in English for Specific Purposes (ESP) curricula, including researchers, curriculum designers, materials developers, testers, evaluators, and classroom teachers over many years. Richards (2001) states that needs analysis is a data collection process, which can be defined as "the steps taken to gather information about learners' needs." Needs analysis (NA) generates data that can be utilized in various ways, such as curriculum evaluation, setting objectives, designing assessments and evaluation tools, and providing information about programs for content development (Astika, 2018).

Graves (2000) and Casper (2003) defined needs analysis simply as the activity of collecting information related to what students need in the classroom. The data obtained from needs analysis are beneficial to curriculum designers, as they help clarify the objectives of language programs. Needs analysis also involves assessing learners' current skills, and career expectations, and identifying appropriate curriculum content to develop the necessary skills. This process serves as a crucial tool in designing learner-centered curricula, thereby enhancing the effectiveness and accuracy of the learning experience.

Implementing needs analysis ensures that resources and time are allocated efficiently and aligned with the actual needs of learners, including their target needs and learning requirements. By helping students identify their specific needs, needs analysis acts as a key point in learning and acquiring new knowledge. This allows for

a better alignment of essential skills within ESP requirements with students, ultimately enhancing their capabilities, which can be advantageous for their future careers in certain professions (Kusuma, Hatim, & Uzer, 2023).

Needs Analysis is a systematic process used to determine and prioritize the needs of a particular group, especially in educational contexts. In language education, NA involves identifying the specific language skills, knowledge, and competencies that learners require to achieve their academic, professional, or personal goals. This process includes assessing current proficiency levels, understanding the contexts in which the language will be used, and determining the gaps between the current and desired competencies (Brown, 2009; Richards, 2001). NA can be conducted through various methods such as surveys, interviews, diagnostic tests, and observations, providing educators with valuable data to design effective curricula (Graves, 2000) and Casper, 2003) simply defined a need analysis as the activities of collecting information related to what is required for students for their classes. The data gained from need analysis can benefit the course designer as they help clarify the objective of the language course. The needs analysis also involves assessing learners' current skills, career expectations, and identifying appropriate course content to develop the necessary competencies. This process serves as a crucial tool in designing learner-centered curricula, thereby enhancing the effectiveness and precision of the learning experience. Implementing needs analysis ensures that resources and time are allocated efficiently and aligned with the genuine needs of the learners.

Needs Analysis in English Language Learning and 21st Century Skills

In the needs analysis of English language learning and 21st century skills, their importance has significantly increased, as these skills are no longer confined to language proficiency or communication alone. They also encompass essential competencies for the modern world, such as critical thinking, innovation, collaboration, and technological literacy, all of which are crucial for survival and success in the 21st century (Richards, 2001).

A needs analysis in this context allows educators to identify how learners should develop these skills during language learning, especially for E.I.C. students who must prepare for careers requiring both linguistic proficiency and digital competencies. Trilling and Fadel,2009, emphasize that "21st-century learning should not be limited to academic instruction but must prioritize skills applicable to real-life contexts." For E.I.C. students, learning English in conjunction with 21st-century skills will equip them to succeed in the labor market and thrive in rapidly evolving work environments. Furthermore, Richards,2001, highlights that a comprehensive needs analysis, addressing both language and 21st-century skills, facilitates a flexible instructional design that effectively meets the genuine needs of learners.

What are Students' 21st Century Skills?

21st-century skills refer to the essential competencies required for effective living and working in an era where technology and innovation play a critical role. The Framework for 21st Century Learning identifies key skills such as critical thinking, problem-solving, communication, collaboration, and digital literacy (Partnership for 21st Century Skills, 2006). These skills serve as the foundation for equipping learners to confront future challenges.

Trilling and Fadel (2009) described that 21st century skills encompass the ability to think critically, communicate effectively, and collaborate with others. Furthermore, they include proficiency in utilizing information technology and developing digital knowledge to operate and learn in rapidly evolving environments. Creative thinking and adaptability are also integral components of 21st century skills, empowering students to think innovatively and develop solutions to complex problems.

The demand for new competencies, often termed "21st century skills," has become increasingly prominent. Moreover, it is crucial to recognize that societal changes not only involve shifts in the types of jobs required but also necessitate preparing young individuals for occupations that have yet to emerge (Fisch & McLeod, 2009; Voogt & Odenthal, 1997). While many job roles share fundamental tasks, Anderson (2008) identifies essential skills for thriving in the knowledge-based economy, including; (1) knowledge construction, (2) adaptability, (3) locating, organizing, and retrieving information, (4) information management, (5) critical thinking, and (6) teamwork. As early as 2002, the European Commission emphasized the importance of providing all European Union citizens with access to these "key skills," similar to those outlined by Anderson (2008). Furthermore, scholars and organizations, such as Law, Pelgrum, and Plomp (2008) and the OECD (2004), describe these abilities as lifelong learning competencies. In 2004, education ministers from OECD countries officially adopted lifelong learning as a framework encompassing all intentional learning activities throughout an individual's life. These skills are essential for preparing E.I.C. students to navigate the challenges of the modern workforce and engage successfully in contemporary society, which increasingly demands flexible thinking and the capacity to collaborate with individuals from diverse cultural backgrounds.

Research Methodology

The participants of this study were the students from English for International Communication (E.I.C.) program at RMUTL Tak. There were seventeen students for first-year, thirteen students for second year, twenty-two students for third-year, and twelve students for fourth-year. There comprised are 64 students. The research instruments used in this study consist of a questionnaire and a semi-structured interview.

1. Questionnaire

The questionnaire was designed to collect data on the needs for English language learning skills in extracurricular activities and 21st-century skills which was adapted from Chiewchan, S. (2020) and Raktibul, L. (2023). There were three sections; General Information of the respondents, the survey of the needs of English language learning across the four skills in extracurricular activities among all 4-year students in the E.I.C. program, and the survey of the needs of 21st-century skills. The questionnaires utilized a 5-point Likert scale for

rating: (5) as very important, (4) as fairly important, (3) as neutral, (2) as not so important, and (1) as not at all important (Likert, 1932).

2. In-depth, Semi-Structured Interview

The semi-structured interview was conducted with a purposive sample by using Stratification technique to calculate from the total students into 11 students, selected proportionally from different academic years to ensure diverse perspectives. The interview aimed to gather deeper insights into the students' views on their A needs for English language learning skills and 21st-century skills, which could not be fully captured through the questionnaire alone.

Validity and Reliability

To investigate the validity of the questionnaire items, the questionnaire was given to three English language instructors specializing in teaching English at Rajamangala University of Technology, Lanna Tak to search for IOC value to show the validity of this questionnaire. The validity of this questionnaire was obtained by searching for the IOC value, was 0.91, which means that the questionnaire, interview questions and open-ended questions were valid. Moreover, the questionnaire was administered to students in the English for International Communication Program in Rajamangala University of Technology Lanna, Nan and Phitsanulok campuses, to evaluate its reliability. The Cronbach's alpha coefficient was 0.97.

Data analysis

The data obtained from the questionnaire were analyzed using descriptive statistics, including frequency, mean, and standard deviation, to summarize the overall needs of E.I.C. students in terms of English language learning skills (Listening, Speaking, Reading, Writing) and 21st-century skills (communication, critical thinking, creativity, collaboration, and digital literacy). *The qualitative data* collected from the semi-structured interviews were analyzed using thematic analysis to identify, analyze, and report patterns (themes) within the data (Braun & Clarke, 2006). The thematic analysis involved the following steps: familiarization with the data, generating initial codes, searching for themes, reviewing themes, defining and naming themes, and producing the final report (Nowell, Norris, White, & Moules, 2017). The analysis was conducted iteratively to ensure that the themes were grounded in the data and provided a rich description of the participants' experiences.

Results and Discussion

Speaking skills was the highest demands for improving English language learning skills, followed by listening, reading and writing respectively.

Table 1 Needs of English Language Skills Improvement

English Language Skills	$\bar{x}$	SD
Listening	4.15	0.86
Listening for key points	4.06	0.87
Listening for pleasure	4.45	0.71
Listening in working business career	3.92	1.00
Listening to an English lecture	4.16	0.80
Listening for presentation	4.31	0.75
Reading	3.99	0.94
Reading for analysis and critique	3.91	0.87
Reading a movie subtitle	4.25	0.82
Reading other careers fields (e.g., hotel, airline, logistics)	4.11	0.93
Research reading	3.94	1.05
Academic Reading	3.86	1.01
Speaking	4.17	0.81
Everyday Conversations	4.38	0.75
Speaking on various occasions	4.03	0.78
Job interview speaking	4.49	0.92
Public Relations speaking	3.95	0.86
Speaking for presentation	4.33	0.78
Classroom Discussion	4.27	0.80
Writing	3.41	1.34
Writing and expressing opinions	3.34	1.25
Diary Writing	3.58	1.41
Writing for advertising	3.27	1.24
Research writing	3.45	1.45

The results showed that "job interview speaking" ($\bar{x}$: 4.49) and "everyday conversations"($\bar{x}$:4.38) were perceived as the most crucial areas for improvement, both receiving very high scores. Additionally, speaking for presentations and classroom discussions were also highlighted as important skills, reflecting the need for effective oral communication in diverse situations. Public relations speaking was rated slightly lower, though it was still seen as significant. The overall score for speaking skills was classified as high, demonstrating the importance of proficient communication across multiple platforms and settings. While "listening for pleasure" ($\bar{x}$: 4.45) and "listening for presentations" ($\bar{x}$: 4.31) were identified as areas with the highest need for improvement. Skills such as "listening for key points" (mean score: 4.06) and "listening for international business" ($\bar{x}$: 4.02) were also rated as important, though to a slightly lesser degree. For reading skills, it revealed that "reading movie

subtitles" ($\bar{x}$: 4.25) and "reading in various career fields" ($\bar{x}$: 4.11) were considered the most essential areas, with very high scores assigned to both. Other areas such as academic reading and business reading were rated slightly lower but still acknowledged as important. "Reading for analysis and critique" ($\bar{x}$: 3.91) was also recognized as a critical skill, although it was not as highly prioritized as other categories. Finally, the least highlighted was writing skills. It found that "diary writing" ($\bar{x}$: 3.58) and "expressing opinions" ($\bar{x}$: 3.34) were identified as the most important skills, with high scores assigned to both. Other writing tasks, such as research writing and writing for advertising, were also recognized as necessary but were rated slightly lower. In the open-ended section, several key areas of language skill development were highlighted. The need for improvement in reading and writing skills was mentioned, while grammar skills were emphasized as a desired addition. Listening skills and confidence in speaking were identified, and the ability to apply language skills more effectively across various professions was noted. Finally, communication skills for workplace collaboration were highlighted.

The second research question has investigated the needs of 21st century skills improvement that presented the students had high demand in digital technology skills ($\bar{x}$: 4.41) and adaptability skills ($\bar{x}$: 4.41), both of which were classified as very high needs. These findings indicate that students recognize the importance of being able to collaborate effectively with others, adapt to various situations, and function well in diverse environments. Students mentioned that teamwork skills are vital for working in group projects, while adaptability skills help them manage changes and unexpected situations, both in academic and professional contexts. The importance of interpersonal communication skills in the workplace was emphasized. It was noted that these skills are considered essential for effective collaboration and interaction with colleagues. The ability to communicate clearly and professionally is viewed as crucial for fostering productive work relationships and ensuring smooth operations in professional settings. By improving interpersonal communication, it is believed that workplace efficiency and cooperation can be significantly enhanced, leading to better outcomes for both individuals and teams.

Table 2 Needs for 21st century skills improvement

Item	Question	$\bar{x}$	SD
1	Analytical Thinking skill	4.03	0.93
2	Creativity skills	4.28	0.9
3	Teamwork skills	4.36	0.91
4	Adaptability skills	4.41	0.85
5	Responsibility skills	4.3	0.85
6	Leadership skills	4.25	1.05
7	Digital technology skills	4.41	0.87
8	Data analysis and statistics	4.14	0.97
Average total score		4.27	0.92

Interview Results

Eleven students in the interview session have highlighted the areas in English language skills that need improvement. Speaking skills emerged as the top priority, with 54.5% of participants identifying this as their most critical area for development, emphasizing the importance of verbal communication for presentations and professional interactions. Writing skills were noted by 27.3% of participants, reflecting a need for greater proficiency in grammar and coherence. Listening skills, mentioned by 18.2% of participants, indicate a desire to improve comprehension of spoken English, especially in fast-paced settings. No participants expressed concerns about their reading skills, suggesting confidence in that area. While the reason of choosing those skills were their inefficiency of using grammar and vocabulary (27.3%), lack of confidence in speaking (18.2%) and having difficulty communicating with foreigners in impromptu situation (18.2%). Some students also focus on improving daily communication skills (18.2%) and writing (9.1%) to round out their language abilities. Addressing these needs through targeted strategies, such as creating supportive learning environments and incorporating practical applications, will help students build confidence and proficiency for future academic, professional, and everyday situations.

In the second part, the majority of E.I.C. students focused on improving teamwork skills, with 54.5% of participants emphasizing the importance of collaboration and effective communication in both academic and professional settings. While other skills such as leadership, adaptability, digital technology, responsibility, and problem-solving were acknowledged, they were mentioned less frequently, indicating they may not be perceived as immediate priorities for all students. However, the need for growth in these areas suggests that integrating targeted educational strategies, such as more group activities and leadership opportunities, could enhance students' overall readiness for future challenges. The reason was the lack of proficiency in communication when working with others, indicating that teamwork is found to be challenging. Other notable concerns include a lack of confidence in making decisive judgments, along with challenges in adaptability, responsibility, and problem-solving, each reported by 9.1% of respondents. Additionally, the emergence of new technologies in the future is noted as a relevant challenge, also highlighted by 9.1% of participants.

All of these skills are considered essential for further development, as mentioned in Dondi et al. (2021) on Defining the skills citizens will need in the future world of work. The researcher found that skills and attitudes necessary for the future workforce must adapt to advancements in digital technology. Students also supported that a lack of confidence in communicating could hinder effective teamwork. This aligns with Raktibul (2023), who emphasized that communication skills, a subset of social skills, were found to be the most frequently mentioned skill, emphasizing their continued importance in the future workforce.

Conclusion

The objectives of the research were 1) to explore the needs of English language learning across the four skills among all 4-year students in the E.I.C. program, and 2) to investigate the needs of 21st-century skills of E.I.C. students. A total of 64 participants were involved in this study, to address the research questions and

achieve the study objectives, stratified random sampling was employed to select 11 participants in interview session. These findings align with the research conducted by Chiewchan (2020) on The Need to Develop Language Skills of Undergraduate Students, Rajamangala University of Technology Lanna Nan, which stated that the skill that students wanted to improve their speaking skills. The primary reason was to apply the knowledge and skills to their future careers, followed by effective communication in daily life. This aligns with Raktibul (2023), who emphasized that communication skills, a subset of social skills, were found to be the most frequently mentioned skill, emphasizing their continued importance in the future workforce. All of these skills are considered essential for further development, as mentioned in Dondi et al. (2021) on Defining the skills citizens will need in the future world of work. The researcher found that skills and attitudes necessary for the future workforce must adapt to advancements in digital technology.

Suggestions for future research

1. Expand to Multiple Campuses: To enhance the generalizability of the findings, future studies should include students from other RMUTL campuses or similar institutions. This would provide a broader perspective on the English language learning needs and 21st-century skills of students in different geographical areas and academic settings, ensuring more comprehensive results.

2. Include Objective Assessments: To address self-reporting bias, future research should incorporate objective measures of students' English proficiency and 21st-century skills. This could include standardized language assessments, peer evaluations, or instructor feedback to validate the self-reported data and ensure more accurate insights.

3. Broaden the Scope of Questions: Future studies should aim to develop more comprehensive questionnaires or interview guides to cover a wider range of English language learning needs and 21st-century skills. Including open-ended questions that encourage students to elaborate on their experiences and challenges could lead to richer and more nuanced data.

By incorporating these suggestions, future research could provide more detailed and reliable data, contributing to a better understanding of how to enhance English language education and the development of 21st-century skills among students.

References

Anderson, R. (2008). Implications of the information and knowledge society for education. In J.Voogt, & G. Knezek, (Eds.), **International handbook of information technology in primary and secondary education** (pp. 5–22).

Astika, G. (2018). Needs analysis for curriculum design in ESP. ***Journal of English for Academic Purposes***, 32(2), 27–38. retrieved from https://doi.org/10.1016/j.jeap.2018.05.002

Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., & Rumble, M. (2012). Defining 21st–century skills for students' success. In P. Griffin, B. McGaw, & E. Care (Eds.), ***Assessment and teaching of 21st century skills*** (pp. 17–66). Springer. retrieved from https://doi.org/10.1007/978–94–007–2324–5_2

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. **Qualitative Research in Psychology**, 3(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Brown, H. D. (2007). Principles of language learning and teaching (5th ed.). Pearson Education.

Brown, J. D. (2009). Choosing the Right Approach: The Role of Needs Analysis in Language Curriculum Development. In M. H. Long & C. J. Doughty (Eds.), ***The Handbook of Language Teaching*** (pp. 237–257). Wiley–Blackwell.

Casper, G. (2003). Needs analysis in language courses. Educational Publishing.

Chiewchan, S. (2020). Need to Develop Language Skills of Undergraduate Students, Rajamangala University of Technology Lanna Nan. **Journal of Language Education**, 2(4), 45–59.

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). Designing and conducting mixed methods research. Sage Publications.

Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches (4th ed.). SAGE Publications.

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**, 16(3), 297–334. retrieved from https://doi.org/10.1007/BF02310555

Dondi, M., et al. (2021). Defining the skills citizens will need in the future world of work. McKinsey & Company. retrieved from https://www.mckinsey.com/featured–insights/future–of work/defining–the–skills–citizens–will–need–in–the–future–world–of–work

European Commission: Directorate–General for Employment, Social Affairs and Inclusion. (2011). An Agenda for new skills and jobs: a European contribution towards full employment: communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions. Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2767/28479.

Erdoğan, A. (2019). *An agenda for new skills and jobs in education policy* (1st ed.). Educational Policy Press.

Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. **American Journal of Theoretical and Applied Statistics**, 5(1), 1–4.

Field, A. (2018). Discovering statistics using IBM SPSS statistics. Sage Publications.

Graddol, D. (2006). English Next (1st ed.). British Council.

Hassan, M. S., & Selamat, R. (2020). Statistical analysis of research data. Educational Review.

Hyland, K. (2006). English for academic purposes: An advanced resource book. Routledge.

Kongsat, W., & Thammawong, P. (2008). Item objective congruence (IOC) method for content validation in educational research. *Journal of Educational Measurement Mahasarakham University*, *24*(1), 1–10. retrieved from https://so02.tcithaijo.org/index.php/jemmsu/article/view/174521

Krongbuaban, P. B. P. (2024). English learning problems in the 21st century. Journal of Dhamma for Life, 30(1), 15–30.

Kusuma, K., Hatim, A., & Uzer, R. (2023). *Need analysis of English language used for students in hospitality industry department*. Journal of Hospitality and Tourism Education, 35(2), 123–134. https://doi.org/10.1080/10963758.2023.

Law, N., Pelgrum, W.J., & Plomp, T. (2008). Pedagogy and ICT use in schools around the world. Findings from the IEA SITES 2006 study. CERC Studies in comparative education. Hong Kong: Comparative Education Research Centre, The University of Hong Kong, and Dordrecht: Springer.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. Archives of Psychology, 22(140), 1–55.

Long, M. H. (2005). *Second language needs analysis*. Cambridge University Press. retrieved from https://doi.org/10.1017/CBO9780511667299

Mastin, L. (2011). *The history of English – English as a global language*. The History of English. retrieved from https://www.thehistoryofenglish.com

McKillip, J. (1998). *Need analysis: Theory and methods*. Sage Publications. retrieved from https://doi.org/10.4135/9781412985659

Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic analysis: Striving to meet the trustworthiness criteria. International Journal of Qualitative Methods, 16(1),1–13.

OECD. (2004, February). *Lifelong learning. Observer*, 1–8. Retrieved June 30, 2005, from http://www.oecd.org/dataoecd/17/11/29478789.pdf

Piamsai, C. (2017). An investigation of Thai learners' needs of English language use for intensive English course development. *Pasaa Paritat*, *32*, 63–97.

Raktibul, L. (2023). Skills for the 21st century workplace. (Doctoral dissertation, mahidol university). retrieved from https://archive.cm.mahidol.ac.th/handle/123456789/5115

Richards, J. C. (2001). Curriculum development in language teaching. Cambridge University Press.

Syaifudin, M. (2024). Needs Analysis of English Learning Skills for Students of Hospitality Study Program. *Linguistic, English Education and Art (LEEA) Journal*, *7*(2), 444–455.Swales, J. M. (1990). Genre analysis: English in academic
and research settings. Cambridge University Press.

Tashakkori, A., & Teddlie, C. (2010). Mixed methods in social & behavioral research. Sage Publications.

Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. John Wiley & Sons.

Turner, H., & Carlson, L. (2003). Validating content through the Item Objective Congruence method. Educational and Psychological Measurement, 63(3), 407 418.

Voogt, J., & Odenthal, L. E. (1997). *Emergent practices geportretteerd: Conceptueel raamwerk*. University of Twente.

Wannapok, K. (2004). A study on the importance of needs analysis in ESP curricula. Thai Journal of English Language Teaching, 12(1), 1–10.

Witkin, B. R., & Altschuld, J. W. (1995). *Planning and conducting needs assessments: A practical guide*. Sage.

การประยุกต์ใช้ช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์เพื่อส่งเสริมทักษะการอ่านออกเสียงภาษาเวียดนามของผู้เรียนไทย

Application of online learning tools to enhance vietnamese pronunciation skills of Thai learners

ฮว่าย เหงวียน ถู[1*] และ วรวุฒิ จำลองนาค[2]

Hoai Nguyen Thu[1*] and Woorawoot Jumlongnark[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลการสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์ Padlet และ Google Translate ในการพัฒนาทักษะการอ่านออกเสียงภาษาเวียดนามสำหรับผู้เรียนชาวไทย จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า Padlet และ Google Translate เป็นช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์ที่มีความเป็นไปได้สูงในการแก้ปัญหาความท้าทายด้านการอ่านออกเสียงภาษาเวียดนาม เนื่องจากมีคุณสมบัติที่โดดเด่น ได้แก่ การใช้งานง่าย ไม่มีค่าใช้จ่าย และสามารถเข้าถึงได้อย่างกว้างขวาง นอกจากนี้ บทความยังมุ่งเน้นการส่งเสริมความถูกต้องและความคล่องแคล่วในการอ่านออกเสียงภาษาเวียดนาม ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญสำหรับผู้เรียนชาวไทย โดยนำเสนอแนวทางการใช้ช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์เพื่อสนับสนุนการเรียนภาษาเวียดนามที่มีประสิทธิภาพ และเป็นประโยชน์ต่อทั้งผู้เรียนและผู้สอนในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนภาษาเวียดนามในฐานะภาษาต่างประเทศ

คำสำคัญ: ช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์, Padlet, Google Translate, การออกเสียงภาษาเวียดนาม

Abstract

This article aims to present research synthesis findings on applying online learning platforms Padlet and Google Translate to develop Vietnamese pronunciation skills for Thai learners. Literature review reveals that Padlet and Google Translate are highly potential tools for addressing Vietnamese pronunciation challenges, owing to their distinctive features such as ease of use, cost-effectiveness, and wide accessibility. Moreover, the article focuses on promoting accuracy and fluency in Vietnamese pronunciation, a significant issue for Thai learners. It proposes approaches to utilizing online technology for supporting efficient language learning, and offers benefits for both students and educators in developing Vietnamese language teaching processes.

Keywords: Online learning platforms, Padlet, Google translate, Vietnamese pronunciation

[1] หลักสูตรภาษาและวัฒนธรรมอาเซียน คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150

[2] วิทยาลัยการเมืองการปกครอง มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150

[1] ASEAN Language and Culture, Faculty of Humanities and Social Sciences, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150

[2] College of Politics and Governance, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150

*Corresponding author : nguyen.t@msu.ac.th

บทนำ

ในปี พ.ศ. 2556 ประเทศไทยและเวียดนามได้ยกระดับความสัมพันธ์ทวิภาคีขึ้นเป็นระดับหุ้นส่วนเชิงยุทธศาสตร์ และเป็นสองประเทศแรกที่ได้ก่อตั้งความสัมพันธ์หุ้นส่วนเชิงยุทธศาสตร์ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ต่อมาในปี พ.ศ. 2557 ทั้งสองประเทศได้ร่วมกันจัดทำ "แผนปฏิบัติการขับเคลื่อนความสัมพันธ์หุ้นส่วนเชิงยุทธศาสตร์ระหว่างปี พ.ศ. 2557–2562" โดยครอบคลุมความร่วมมือใน 21 ด้าน ซึ่งเน้นเป็นพิเศษถึงความร่วมมือด้านการศึกษาและการวิจัย ดังนั้น ทั้งไทยและเวียดนามจึงได้ขยายความร่วมมือในรูปแบบต่างๆ และเร่งพัฒนาการศึกษาระดับอุดมศึกษาและการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ร่วมกัน นอกจากนี้ ภาษาเวียดนามยังได้รับความสนใจเป็นอย่างมากจากนักลงทุนและผู้ประกอบการไทยที่เข้าไปลงทุนและดำเนินธุรกิจในประเทศเวียดนาม ซึ่งส่งผลให้มีความต้องการในการจัดการเรียนการสอนภาษาเวียดนามสำหรับผู้เรียนชาวไทยในสถาบันการศึกษาหลาย ๆ แห่ง (Nguyen, 2022)

สำหรับการเรียนรู้ภาษาเวียดนามนั้น การออกเสียงถือเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ไม่อาจมองข้ามได้ เนื่องจากทักษะการออกเสียงที่ดีช่วยให้ผู้เรียนเกิดความมั่นใจในการสื่อสาร และส่งเสริมความสามารถในการฟังและความเข้าใจภาษา อย่างไรก็ตาม สำหรับผู้เรียนชาวไทย การออกเสียงรวมทั้งการอ่านออกเสียงภาษาเวียดนามนับเป็นความท้าทายอันเนื่องมาจากความแตกต่างของระบบเสียงระหว่างภาษาไทยและภาษาเวียดนาม ในด้านการเรียนการสอน มีวิธีการสอนการออกเสียงที่หลากหลายและได้รับการยอมรับ เช่น วิธีการแบบดั้งเดิมโดยการทวนซ้ำและจดจำ วิธีการสอนที่อิงตามหลักการสัทศาสตร์ และวิธีการสื่อสาร (Pennington, 2021) ควบคู่ไปกับพัฒนาการอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีในปัจจุบัน การเรียนภาษาต่างประเทศจึงมีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีมาช่วยในการสอนการอ่านออกเสียง งานวิจัยหลาย ๆ งานชี้ให้เห็นผลกระทบเชิงบวกของเทคโนโลยีต่อทักษะการออกเสียงภาษาที่สองของผู้เรียน (Metruk, 2024) โดยใช้ช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์ที่น่าสนใจอย่าง Google Translate ซึ่งแม้จะยังมีข้อจำกัดด้านความแม่นยำและความเร็ว แต่ยังคงเป็นเครื่องมือช่วยฝึกออกเสียงคำยาก ๆ ได้ดีทีเดียว (Khasanah et al., 2022; Pham et al., 2022) หรือการใช้ Podcast ก็มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาทักษะการออกเสียงและไวยากรณ์ ช่วยให้ผู้เรียนได้ฟังและฝึกออกเสียงตาม (Suseno, 2023) นอกจากนี้ AI Chatbots ได้แสดงผลลัพธ์ที่ดีในการพัฒนาทักษะการออกเสียงในกลุ่มนักศึกษาสายอาชีพเช่นเดียวกัน(Hoang et al., 2023) โดยเฉพาะ Padlet ซึ่งจากการศึกษาของ Syahrizal & Rahayu (2020), Lara Zambrano & López López (2023), Indratama et al. (2023) และ Ta et al. (2023) พบว่าการใช้ช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์ตัวนี้ในชั้นเรียนช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสฝึกพูดอย่างมีประสิทธิภาพ ผ่านการได้รับข้อมูลป้อนกลับ การทบทวนและประเมินการพูดของตนเอง ซึ่งส่งผลทำให้เกิดความมั่นใจและความกระตือรือร้นในการฝึกพูดมากยิ่งขึ้น กระบวนการดังกล่าวช่วยสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่สนับสนุนและส่งเสริมทักษะการออกเสียงอย่างเป็นธรรมชาติ

ดังนั้น บทความวิชาการนี้มุ่งนำเสนอผลการสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์ Padlet และ Google Translate เพื่อพัฒนาทักษะการอ่านออกเสียงภาษาเวียดนามสำหรับผู้เรียนชาวไทย จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า Padlet และ Google Translate เป็นช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์ที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากมีคุณสมบัติสำคัญ เช่น การเข้าถึงง่าย ไม่มีค่าใช้จ่าย และความทันสมัย บทความนี้มีเป้าหมายเพื่อแบ่งปันประสบการณ์การสอนและแนวปฏิบัติที่ได้ผลจริงในห้องเรียน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนภาษาเวียดนามในบริบทของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการแก้ปัญหาและพัฒนาทักษะการอ่านออกเสียงซึ่งถือเป็นความท้าทายสำคัญของผู้เรียนชาวไทย

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อนำเสนอผลการสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์ Padlet และ Google Translate ในการพัฒนาทักษะการอ่านออกเสียงภาษาเวียดนามสำหรับผู้เรียนชาวไทย

ผลการศึกษา

1. ความท้าทายในการออกเสียงภาษาเวียดนามสำหรับผู้เรียนไทย

ภาษาเวียดนามและภาษาไทยจัดอยู่ในตระกูลภาษาคำโดด อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงทั้งสองภาษานี้มีความแตกต่างด้านการออกเสียงหลายประการ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ท้าทายผู้เรียนชาวไทยในการเรียนภาษาเวียดนาม ตามผลการศึกษาของ Tuong (2018) ภาษาเวียดนามมีระบบหน่วยเสียงที่ซับซ้อน ประกอบด้วยพยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์ ด้วยวรรณยุกต์ 6 เสียง (เสียงงาง – thanh ngang; เสียงซัก – thanh sắc; เสียงฮะเหวี่ยน – thanh huyền; เสียงหอย – thanh hỏi; เสียงหงา; thanh ngã; และเสียงหนั่ง – thanh nặng) ผู้ที่เรียนภาษาเวียดนามจึงจำเป็นจะต้องเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของระดับเสียงและความยาวของเสียงอย่างถ่องแท้เพื่อที่จะออกเสียงได้ถูกต้อง ในขณะที่ภาษาไทยมีเพียง 5 วรรณยุกต์และขาดเสียงหงาและเสียงหนั่งเหมือนในภาษาเวียดนาม ลักษณะเช่นนี้ทำให้ผู้เรียนชาวไทยมักสับสนเมื่อออกเสียงวรรณยุกต์ที่มีระดับเสียงต่ำ โดยเฉพาะเสียงหงาและเสียงหนั่ง (Ngu, 2022)

นอกจากนี้ระบบเสียงสระของภาษาไทยและภาษาเวียดนามก็มีความแตกต่างกัน ภาษาไทยมีสระเดี่ยว 24เสียง ซึ่งมากกว่าภาษาเวียดนาม เสียงสระในภาษาเวียดนาม เช่น "ă" และ "â" สร้างความยากลำบากให้กับผู้เรียนไทย เนื่องจากความแตกต่างในการออกเสียงและระดับการเปิดปาก ยิ่งไปกว่านั้น ภาษาไทยมีระบบพยัญชนะควบกล้ำ ในขณะที่ภาษาเวียดนามไม่มี ทำให้การเรียนการออกเสียงภาษาเวียดนามนั้นยากมากขึ้นสำหรับคนไทย (Tuong, 2018)

Buarapha (2006) ได้แสดงผลการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของวรรณยุกต์เวียดนาม (สำเนียงฮานอย) ที่ออกเสียงโดยนักศึกษาไทยที่เรียนภาษาเวียดนาม โดยใช้โปรแกรม Wincecil, ASAP และ Praat เพื่อวิเคราะห์รายการคำหกคำ ได้แก่ ta [ta^{1}], tà [ta^{2}], tá [ta^{3}], tạ [ta^{4}], tã [ta^{5}] และ ta [ta^{6}] รวมถึงรายการคำไทยห้าคำ ได้แก่ ค [kha^{1}], ข [kha^{2}], ฃ [kha^{3}], ค [kha^{4}], และ ข [kha^{5}] การศึกษาพบว่าระบบสัทศาสตร์ของภาษาเวียดนามและภาษาไทยมีความแตกต่างกันในหลายด้าน เช่น คุณภาพเสียง ความยาว ระดับเสียง เส้นโค้งระดับเสียง และช่วงระดับเสียง โดยเฉพาะวรรณยุกต์เวียดนามที่สร้างปัญหาให้กับนักศึกษาไทยที่เรียนภาษาเวียดนาม คือ เสียงฮะเหวี่ยน (huyên) เสียงหอย (hỏi) และ เสียงหงา (ngã)

กล่าวโดยสรุป งานวิจัยที่ผ่านมาชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนชาวไทยเมื่อศึกษาภาษาเวียดนามต้องเผชิญความท้าทายสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านระบบวรรณยุกต์และสระที่มีความแตกต่างทางสัทศาสตร์อย่างมาก ความท้าทายเหล่านี้เกิดจากโครงสร้างภาษาที่ไม่เหมือนกัน เช่น การมีวรรณยุกต์ 6 เสียงในภาษาเวียดนาม เปรียบเทียบกับ 5 เสียงในภาษาไทย รวมถึงความซับซ้อนของระบบเสียงสระที่แตกต่างกัน

การแก้ปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยนวัตกรรมทางเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาช่วยพัฒนาทักษะการออกเสียง เนื่องจากเทคโนโลยีดิจิทัลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ได้มากกว่าวิธีการดั้งเดิม งานวิจัยหลายฉบับ เช่น การศึกษาของ Nasim et al. (2022) ยืนยันว่าผู้เรียนที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการฝึกออกเสียงมีความก้าวหน้ามากกว่ากลุ่มที่ใช้วิธีการแบบดั้งเดิม เทคโนโลยีสมัยใหม่มีความสามารถพิเศษในการพัฒนาทั้งการรับรู้และการผลิตเสียงผ่านสื่อที่ปรับแต่งให้เหมาะสมกับการฝึกออกเสียง โดยมีเครื่องมือให้ข้อมูลป้อนกลับได้ทันที เช่น ระบบจดจำเสียงพูดและการแสดงภาพเสียง ตามที่ Levis & Rehman (2022) ได้ชี้ให้เห็น นอกจากนี้ รูปแบบการเรียนรู้ผ่านโมบายแอปพลิเคชัน หรือ Mobile-Assisted Language Learning (MALL) ก็แสดงให้เห็นประสิทธิภาพอย่างชัดเจนในการฝึกออกเสียง

งานวิจัยของ Amalia (2020) พบว่ากลุ่มทดลองที่ใช้ MALL มีพัฒนาการด้านการออกเสียงที่ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น เพื่อให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพ ผู้เรียนชาวไทยควรมุ่งเน้นการฝึกฝนการออกเสียงนอกเหนือจากชั่วโมงเรียนในชั้นเรียน โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเป็นเครื่องมือสนับสนุนการพัฒนาทักษะการอ่านออกเสียงภาษาเวียดนามอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

2. การสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์ Padlet และ Google Translate ในการพัฒนาทักษะการอ่านออกเสียงภาษาเวียดนามสำหรับผู้เรียนชาวไทย

2.1 Padlet เครื่องมือที่เป็นพื้นที่แบ่งปันที่สร้างสรรค์

Padlet เป็นช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์ที่ทันสมัยเปรียบเสมือนพื้นที่เสมือนจริงสำหรับผู้เข้าร่วมใช้แพลตฟอร์มนี้ในการแบ่งปันความคิด ข้อมูล และเอกสารผ่านบันทึกดิจิทัล สามารถทำงานได้อย่างราบรื่นทั้งในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์มือถือ Padlet ช่วยอำนวยความสะดวกในการมีปฏิสัมพันธ์และการทำงานร่วมกันในรูปแบบออนไลน์อย่างมีประสิทธิภาพระหว่างผู้เรียนด้วยกันและระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน จากการศึกษาของ Al Momani & Abu Musa (2022) ได้เสนอว่า Padlet ไม่เพียงแต่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถออกแบบโปสเตอร์ดิจิทัลที่น่าสนใจด้วยอินเทอร์เฟซที่ดึงดูดใจ แต่ยังกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายที่ศึกษาลึกมากขึ้นทั้งในและนอกห้องเรียน งานวิจัยล่าสุดหลายชิ้น รวมถึงการศึกษาของ Ta et al. (2023) และ Al Momani & Abu Musa (2022) ได้นำเสนอผลตอบรับเชิงบวกจากผู้เรียนเกี่ยวกับประสิทธิภาพของ Padlet ในการยกระดับการเรียนการสอนภาษาต่างประเทศและการเอื้อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้สอนอย่างต่อเนื่อง

ในบริบทของการสอนการอ่านออกเสียงโดยเฉพาะและการสอนทักษะการพูดสำหรับผู้เรียนภาษาที่สอง งานวิจัยต่างๆ ยืนยันถึงผลกระทบเชิงบวกที่สำคัญของ Padlet ผ่านสภาพแวดล้อมเชิงการโต้ตอบและระบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่สมบูรณ์รอบด้าน งานวิจัยของ Alastal et al. (2022) ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ Padlet ในการพัฒนาทักษะการพูดภาษาอังกฤษและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผ่านคุณสมบัติของแพลตฟอร์มในการบันทึกและแบ่งปันวิดีโอการพูด ผู้เรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับโดยละเอียดทั้งจากผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้น นำไปสู่การพัฒนาทักษะการออกเสียงและการคิดวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ งานวิจัยของ Syahrizal & Rahayu (2020) ยังเน้นย้ำว่าเมื่อผู้เรียนสามารถแสดงความคิดเห็นและมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นบน Padlet อย่างอิสระ สิ่งนี้ไม่เพียงแต่เสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนรู้ แต่ยังสร้างสภาพแวดล้อมความร่วมมือของการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยกันเองอย่างมีประสิทธิภาพ

ลักษณะของแพลตฟอร์มที่เป็นมิตรกับผู้ใช้และคุณสมบัติที่ยืดหยุ่นของ Padlet ได้กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ช่วยพัฒนาทักษะการพูดและการออกเสียง ความสามารถของช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์ตัวนี้ในการอำนวยความสะดวกในการให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีและกิจกรรมฝึกปฏิบัติแบบโต้ตอบสูงช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการพูดพร้อมกับสร้างความมั่นใจในการสื่อสาร การผสมผสานระหว่างการเข้าถึงง่ายและฟังก์ชันการทำงานที่หลากหลายทำให้ Padlet เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการศึกษาภาษาสมัยใหม่ โดยผู้สอนสามารถประยุกต์ใช้เพื่อสร้างกิจกรรมที่ช่วยปรับปรุงการเรียนการอ่านออกเสียงภาษาเวียดนามของผู้เรียนได้ดังนี้

(1) สร้างพื้นที่การแบ่งปันบน Padlet

ด้วยความสามารถในการแบ่งปันทั้งข้อความ รูปภาพ ไฟล์ ลิงก์ และวิดีโอ ผู้สอนสามารถสร้างพื้นที่ของการแบ่งปัน (share) ความคิดเห็นบน Padlet สำหรับทั้งผู้สอนและผู้เรียน สำหรับผู้สอน แฟลตฟอร์มนี้จะเป็นพื้นที่สำหรับแบ่งปันทรัพยากรการฝึกอ่านออกเสียงของบทเรียน และยังเป็นที่ที่ผู้เรียนสามารถบันทึกการออกเสียงภาษาเวียดนามของตนเองเพื่อรับข้อเสนอแนะจากผู้สอนหรือเพื่อนร่วมชั้นเรียน กิจกรรมนี้จะสร้างสภาพแวดล้อมการมีปฏิสัมพันธ์และความร่วมมือออนไลน์ระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองและระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน

(2) การรับข้อเสนอแนะและการสนับสนุนจากผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้น

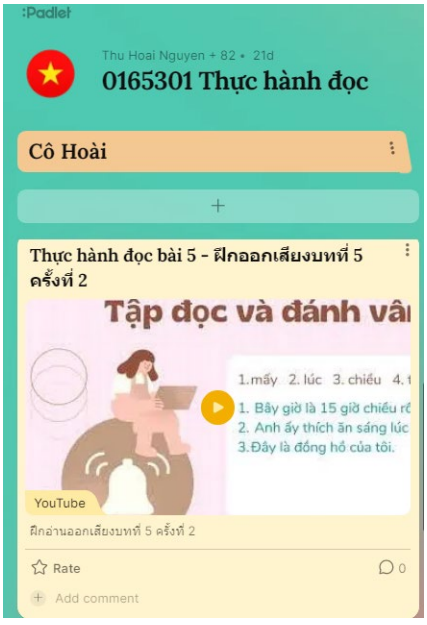
การบันทึกและแบ่งปันความคิดเห็นบน Padlet ทำให้ผู้เรียนได้รับข้อเสนอแนะโดยละเอียดจากผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้นเกี่ยวกับการฝึกอ่านออกเสียงของตน จากนั้นผู้เรียนสามารถแก้ไขการออกเสียงโดยบันทึกไฟล์ใหม่ กิจกรรมเช่นนี้จะช่วยให้ผู้เรียนปรับปรุงทักษะการอ่านออกเสียงภาษาเวียดนามได้อย่างเป็นระบบและมีความต่อเนื่องกัน

(3) การส่งเสริมความเป็นอิสระในการเรียนรู้และการเรียนรู้แบบร่วมมือ

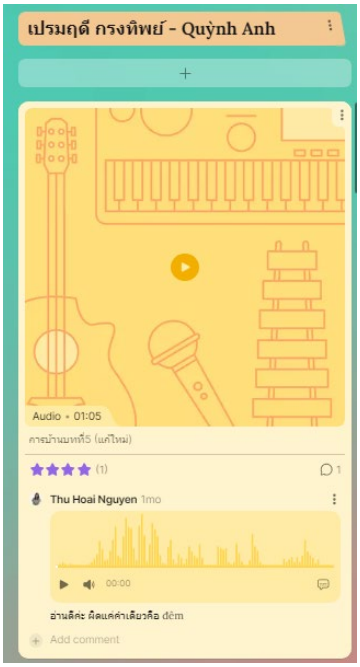
เมื่อได้รับอิสระในการแบ่งปันความคิดเห็นและสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างเสรีบน Padlet ผู้เรียนจะมีความตระหนักมากขึ้นในการเสริมสร้างความเป็นอิสระในการเรียนรู้ ในขณะเดียวกัน การมีปฏิสัมพันธ์และการให้ข้อเสนอแนะซึ่งกันและกันจะสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีประสิทธิภาพ ช่วยให้พวกเขาพัฒนาทักษะการออกเสียงร่วมกัน

(4) การมีกิจกรรมฝึกปฏิบัติที่หลากหลาย

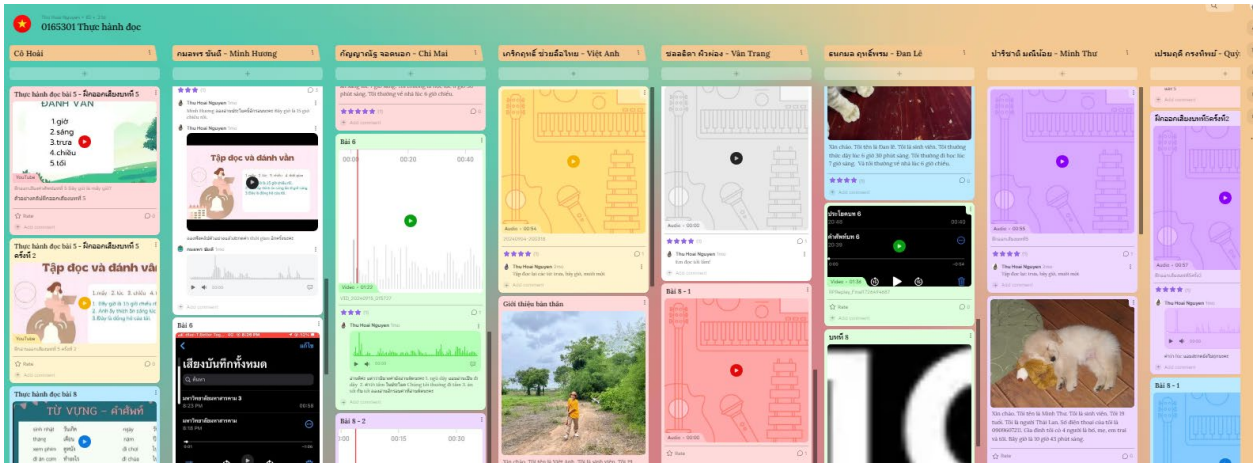
ผู้สอนสามารถใช้ Padlet เพื่อจัดกิจกรรมฝึกการออกเสียงที่หลากหลาย เช่น การแบ่งปันวิดีโอการออกเสียง การสอนกิจกรรมฝึกการสนทนา หรือการสร้างตารางคำศัพท์พร้อมเสียง ผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้นเรียน สามารถให้คะแนนที่เป็นรูปดาวและสามารถแสดงความคิดเห็นให้กับเพื่อนของตนได้ สิ่งนี้จะช่วยกระตุ้นความสนใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในระหว่างการฝึกปฏิบัติ



ภาพที่ 1 แหล่งข้อมูลเรียนรู้จากผู้สอน



ภาพที่ 2 การให้ความคิดเห็นย้อนกลับต่อการออกเสียงของผู้เรียน



ภาพที่ 3 การใช้ Padlet เพื่อสร้างกิจกรรมการฝึกออกภาษาเวียดนามเสียงที่หลากหลาย

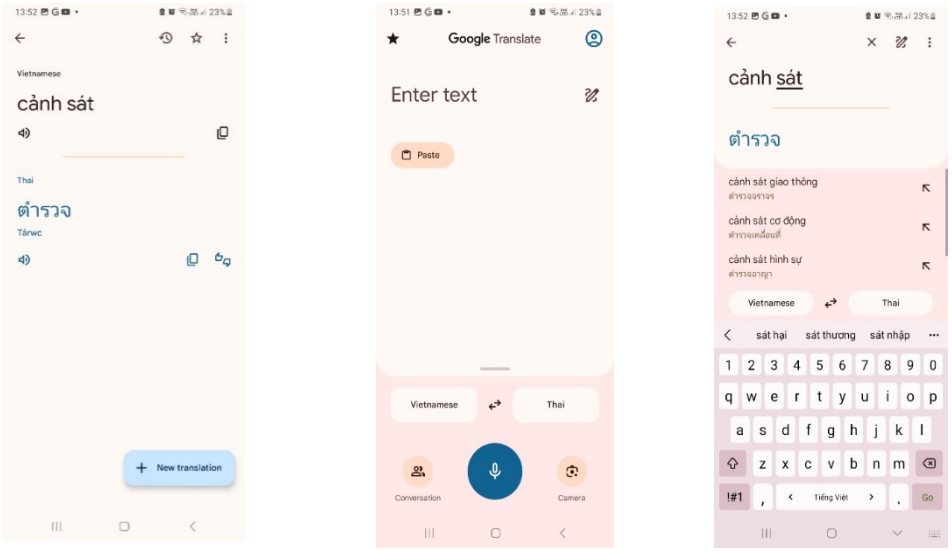
กิจกรรมที่กล่าวมาข้างต้นมาจากการสังเคราะห์งานวิจัยจำนวนมากที่ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ Padlet ในการสนับสนุนการเรียนการสอนการออกเสียงในบริบทออนไลน์ Padlet เป็นแพลตฟอร์มการศึกษาดิจิทัลที่ทันสมัยที่เปรียบเสมือนพื้นที่เสมือนจริงสำหรับการแบ่งปันความคิด ข้อมูล และเอกสารผ่านบันทึกดิจิทัล โดย Choi et al. (2022) พบว่า Padlet สามารถใช้เป็นพื้นที่ให้ผู้เรียนแบ่งปันเทคนิคการออกเสียงที่ยากสำหรับผู้เรียนชาวจีน และใช้โพสต์คลิปวิดีโอเพื่อช่วยแก้ไขข้อผิดพลาดในการออกเสียงที่พบบ่อย นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมการทำงานกลุ่มโดยให้ผู้เรียนอภิปรายและแบ่งปันผลงานกับกลุ่มอื่นๆ สอดคล้องกับการศึกษาของ Alastal et al. (2022) ที่พบว่า Padlet มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการพูดภาษาอังกฤษผ่านคุณสมบัติของแพลตฟอร์มในการบันทึกและแบ่งปันวิดีโอการพูด โดยผู้เรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับโดยละเอียดทั้งจากผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้น ด้านการสอนออนไลน์

Vasylchenko (2021) ระบุว่า Padlet เป็นหนึ่งในแอปพลิเคชันที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการฟังและการออกเสียงในการเรียนภาษาเยอรมันออนไลน์ สอดคล้องกับ Kobayashi (2024) ที่พบว่าการใช้ Padlet ร่วมกับ Zoom ช่วยเพิ่มความเต็มใจในการสื่อสาร (WTC) และทักษะการพูดของผู้เรียน เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้งานง่ายและมีคุณสมบัติในการจัดการข้อมูลที่ดี นอกจากนี้ Syahrizal & Rahayu (2020) ยังพบว่าเมื่อผู้เรียนสามารถแสดงความคิดเห็นและมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นบน Padlet อย่างอิสระ ไม่เพียงแต่เสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนรู้ แต่ยังสร้างสภาพแวดล้อมความร่วมมือของการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม Dianati et al. (2020) พบว่าแม้ Padlet จะมีประโยชน์สำหรับการเรียนรู้แบบอิสระและแบบร่วมมือ แต่อาจใช้งานยากเมื่อมีเนื้อหามากเกินไป ดังนั้น ผู้สอนจึงควรพิจารณาการจัดการเนื้อหาอย่างเหมาะสม เช่น การจัดกิจกรรมฝึกการออกเสียงที่หลากหลายแต่ไม่มากเกินไป เช่น การแบ่งปันวิดีโอการออกเสียง การสอนกิจกรรมฝึกการสนทนา หรือการสร้างตารางคำศัพท์พร้อมเสียง โดยให้ผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้นสามารถให้คะแนนและแสดงความคิดเห็น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ Padlet เพื่อพัฒนาทักษะการออกเสียง

2.2 Google Translate กับการฝึกฝนการออกเสียงด้วยฟังชั่นสะท้อนกลับแบบทันทีทันใด (Real time)

Google Translate (GT) เป็นเครื่องมือแปลภาษาออนไลน์ฟรีของ Google สามารถเข้าถึงได้ทั้งผ่านเว็บและแอปพลิเคชันมือถือ (Android และ iOS) (Tongpoon-Patanasorn & Griffith, 2020) นอกเหนือจากฟังก์ชันการแปลภาษาพื้นฐานแล้ว GT ยังรวมคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์หลายอย่างที่ช่วยสนับสนุนการฝึกฝนและปรับปรุงการออกเสียง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง GT ได้ผสานเทคโนโลยีสำคัญสองอย่าง คือ Text-to-Speech (TTS) และ Automatic Speech Recognition (ASR) สร้างสภาพแวดล้อมที่สมบูรณ์สำหรับการฝึกออกเสียง (van Lieshout & Cardoso, 2022) ด้วยคุณสมบัติของ TTS ผู้ใช้สามารถฟังการออกเสียงมาตรฐานของทั้งข้อความต้นฉบับและข้อความที่แปล โดยคลิกที่ไอคอนลำโพงในแต่ละกล่องข้อความ สิ่งนี้ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจการออกเสียงที่ถูกต้องของแต่ละคำ วลี หรือประโยคที่สมบูรณ์ (Pham et al., 2022) เทคโนโลยี ASR ทำงานผ่านไอคอนไมโครโฟนในกล่องข้อความ อนุญาตให้ผู้ใช้บันทึกเสียงพูดของตนเองได้ เมื่อผู้ใช้พูด GT จะจดจำและแปลงเป็นข้อความโดยอัตโนมัติ ช่วยให้พวกเขาสามารถตรวจสอบความถูกต้องในการออกเสียงของตนเองได้ (van Lieshout & Cardoso, 2022) นอกจากนี้ GT ยังมีคุณสมบัติที่เรียกว่า phrasebook ที่บันทึกคำและวลีที่ใช้บ่อยลงในพจนานุกรมส่วนตัวโดยอัตโนมัติเมื่อผู้ใช้คลิกที่ไอคอนรูปดาว ทำให้สะดวกต่อการทบทวนและฝึกออกเสียงอย่างสม่ำเสมอ

ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ ผู้เรียนสามารถสร้างกระบวนการฝึกฝนที่มีประสิทธิภาพได้ด้วยตนเอง เริ่มจากการฟังการออกเสียงในรูปแบบมาตรฐานผ่าน TTS จากนั้นฝึกฝนและบันทึกเสียงด้วย ASR และสุดท้ายเปรียบเทียบผลลัพธ์เพื่อปรับปรุงและพัฒนาการออกเสียงของตนเอง (van Lieshout & Cardoso, 2022)



ภาพที่ 4 สาธิตการใช้ Google Translate เพื่อฝึกออกเสียงภาษาเวียดนาม

ด้วยคุณสมบัติที่หลากหลาย ฟรี และใช้งานง่าย ครูผู้สอนสามารถนำ Google Translate มาประยุกต์ใช้ในกิจกรรมทั้งในและนอกห้องเรียนได้ดังนี้

(1) กิจกรรมในห้องเรียน

หลังจากที่ผู้เรียนได้ฟังตัวอย่างและฝึกออกเสียงกับครูผู้สอนแล้ว ครูสามารถแบ่งกลุ่มและให้รายการคำศัพท์และประโยคที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อบทเรียนเพื่อฝึกฝนกับ Google Translate เป็นเวลาประมาณ 30 นาที ผู้เรียนสามารถช่วยกันให้คะแนนการออกเสียงของเพื่อนด้วยการตรวจสอบแบบไขว้ ครูควรเดินรอบห้องเรียนเพื่อให้ความช่วยเหลือผู้เรียนเมื่อมีความจำเป็น นอกจากนี้ เพื่อสร้างบรรยากาศที่มีชีวิตชีวาในห้องเรียน ครูสามารถจัดการแข่งขันประจำสัปดาห์เพื่อดูว่าทีมใดออกเสียงได้แม่นยำที่สุดโดยใช้ฟังก์ชัน ASR ในการตรวจสอบความถูกต้อง ทีมที่ได้คะแนนมากที่สุดจะได้รับรางวัลซึ่งจะเป็นการสร้างแรงจูงใจในผู้เรียนสนใจในการเรียนภาษาเวียดนามมากยิ่งขึ้น

(2) กิจกรรมนอกห้องเรียน

สำหรับกิจกรรมนอกเวลาเรียน ครูสามารถมอบหมายกิจกรรมเพิ่มเติมให้ผู้เรียนฝึกออกเสียงประจำวันด้วยรายการคำและประโยคต่างๆ ดังนี้

กิจกรรมบันทึกการออกเสียงประจำวัน ในกิจกรรมนี้ ผู้เรียนสามารถเขียนข้อความสั้นๆ เกี่ยวกับกิจกรรมในแต่ละวันเป็นภาษาไทย จากนั้นใช้ GT แปลเป็นภาษาเวียดนาม ต่อมาก็เปิดฟังการออกเสียงมาตรฐานจากฟังก์ชัน TTS ฝึกอ่านและบันทึกเสียงด้วย ASR เพื่อตรวจสอบ สุดท้าย บันทึกคำยากลงในสมุดวลีเพื่อทบทวน

กิจกรรมฝึกฝนตามหัวข้อที่สนใจ ทุกสัปดาห์ผู้เรียนสามารถเลือกหัวข้อที่สนใจ เช่น ดนตรี กีฬา อาหาร และค้นหาคำใหม่จำนวน 10–15 คำที่เกี่ยวข้อง ฟังการออกเสียงมาตรฐานด้วยฟังก์ชัน TTS สร้างประโยคง่ายๆ ด้วยคำเหล่านี้ บันทึกเสียงและตรวจสอบด้วยฟังก์ชัน ASR บันทึกลงในสมุดวลีเพื่อทบทวนเป็นระยะและติดตามความก้าวหน้าของตนเอง

สิ่งที่น่าสนใจ คือ กิจกรรมเหล่านี้สามารถผสมผสานกับ Padlet เพื่อแบ่งปันกิจกรรมของผู้เรียนและรับฟังข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากครูผู้สอนได้ เนื่องจากงานวิจัยหลายชิ้นได้ยืนยันถึงความสำคัญของการใช้เทคโนโลยี อย่าง Google's ASR ในการฝึกฝนและประเมินการออกเสียงภาษาอังกฤษของผู้เรียนที่ใช้ภาษาอื่นเป็นภาษาแม่ Nakanishi et

al. (2020) ได้เปรียบเทียบความแตกต่างในการระบุข้อบกพร่องด้านการออกเสียงระหว่างครูจริงกับระบบ ASR และพบว่า แม้ว่าระบบ ASR จะระบุข้อบกพร่องได้ไม่ตรงกับครูทุกกรณี แต่ก็มีประโยชน์ในการฝึกฝนการออกเสียง Takenouchi (2022) ได้ศึกษาผลการใช้ ASR ในการฝึกฝนการออกเสียงของผู้เรียนภาษาอังกฤษในญี่ปุ่น และพบว่าสามารถช่วยให้ผู้เรียนปรับปรุงการออกเสียงได้ รวมทั้งผู้เรียนมีทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้ ASR ในทำนองเดียวกัน Tejedor-García et al. (2021) และ Inceoglu et al. (2020) ได้ศึกษาศักยภาพของการใช้ ASR ในการประเมินการออกเสียงสระภาษาอังกฤษของผู้เรียนชาวญี่ปุ่นและเกาหลี พบว่า ASR มีความสามารถในการประเมินความแม่นยำของการออกเสียง ขณะที่ Dillon and Wells (2021, 2023) ก็ได้ชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนให้การตอบรับเชิงบวกกับการใช้ ASR สำหรับฝึกฝนและประเมินการออกเสียง

เมื่อพิจารณากิจกรรมการเรียนการสอนที่อาจช่วยให้การใช้เทคโนโลยี ASR เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ พบว่า การบูรณาการกิจกรรมในห้องเรียนและกิจกรรมนอกห้องเรียนที่ใช้ Google Translate และ ASR ควบคู่กัน เช่น การฝึกออกเสียงคำศัพท์และประโยคในห้องเรียน การบันทึกเสียงประจำวัน และการฝึกฝนตามหัวข้อที่สนใจนอกห้องเรียน จะช่วยให้ผู้เรียนได้ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีเหล่านี้อย่างเต็มที่ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถปรับปรุงความสามารถด้านการออกเสียงภาษาที่สองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลและอธิปรายผล

ในปัจจุบันซึ่งเป็นเป็นยุคดิจิทัล เราไม่อาจปฏิเสธบทบาทของช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์ในฐานะเป็นเครื่องมือสนับสนุนทั้งผู้สอนและผู้เรียนในการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ เครื่องมือเหล่านี้ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มแรงจูงใจและส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนในกิจกรรมการเรียนการสอนเท่านั้น แต่ยังมีส่วนช่วยพัฒนาเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ด้วยตัวเองนอกจากนี้ เครื่องมือดังกล่าวยังช่วยให้ผู้สอนสามารถติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังกระตุ้นให้ผู้สอนต้องเรียนรู้และปรับปรุงตนเองอย่างต่อเนื่องเพื่อพัฒนาวิธีการสอนให้ทันสมัยอยู่เสมอ โดยเฉพาะภาษาเวียดนามในบริบทของการศึกษาในประเทศไทย จากการสังเคราะห์งานวิจัยต่าง ๆ พบว่าการนำช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์เหล่านี้ไปใช้จริง ผู้สอนควรพิจารณาหลายปัจจัย เช่น ระดับความสามารถของผู้เรียน ความพร้อมของเทคโนโลยีและโครงสร้างพื้นฐาน รวมถึงความสอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้ ตัวอย่างเช่น การใช้ Padlet เป็นเครื่องมือสำหรับการฝึกฝนและทบทวนทักษะทางภาษา โดยให้ผู้เรียนเตรียมตัวล่วงหน้าและมีการแบ่งปันความคิดเห็นผ่านแพลตฟอร์มนี้ จากนั้นใช้เวลาในชั้นเรียนเพื่ออภิปรายและแลกเปลี่ยนมากขึ้น การใช้ฟังชั่นเสริมอย่าง ASR ของ Google Translate ก็สามารถช่วยเพิ่มโอกาสการเรียนรู้ การฝึกฝนที่หลากหลายและต่อเนื่อง นอกจากนี้ การบูรณาการเครื่องมือดิจิทัลเหล่านี้เข้ากับวิธีการสอนที่หลากหลายจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์สูงสุด โดยสามารถนำแนวทางการใช้ช่องทางการเรียนรู้ออนไลน์ในบทความนี้ไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนภาษาอื่นๆ ได้เช่นกัน กล่าวโดยสรุป บทความนี้ได้นำเสนอแนวคิดและแนวทางปฏิบัติที่เป็นประโยชน์ในการใช้เครื่องมือดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนภาษาเวียดนามในบริบทของประเทศไทย และขยายผลไปใช้กับการเรียนการสอนภาษาอื่นๆ ได้เช่นกัน การศึกษาแนวทางเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะภาษาต่างประเทศที่สูงขึ้น และมีประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความหมายและน่าสนใจมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Alastal, M., Aladini, A., Jalambo, M., & Alattal, H. (2022). The impact of using the Padlet application on improving 7th graders' English speaking and deductive thinking skills. *European Journal of English Language Teaching, 7*(2), 153–169. http://dx.doi.org/10.46827/ejel.v7i2.4233

Amalia, I. (2020). The application of mobile assisted language learning (mall) in teaching pronunciation. *IJLECR (International Journal of Language Education and Cultural Review), 6*(2), 194–203. DOI: doi.org/10.21009/IJLECR.062.20

Choi, J., Das, A., Edalatishams, I., Eida, M. M., Flanzer, V., Franks, S., ... & Wallace, L. (2022). *Technological Resources for Second Language Pronunciation Learning and Teaching: Research–based Approaches.* Rowman & Littlefield.

Dillon, T., & Wells, D. (2021). Student Perceptions of Mobile Automated Speech Recognition for Pronunciation Study and Testing. *English Teaching, 76*(4), 101–122. https://doi.org/10.15858/76.4.202112.101

Dillon, T., & Wells, D. (2023). Effects of pronunciation training using automatic speech recognition on pronunciation accuracy of Korean English language learners. *English Teaching, 78*(1), 3–23. https://doi.org/10.15858/engtea.78.1.202303.3

Hoang, N. T., Ngoc Han, D., & Le, D. H. (2023). Exploring Chatbot AI in improving vocational students' English pronunciation. *AsiaCALL Online Journal, 14*(2), 140–155. https://doi.org/10.54855/acoj.231429

Inceoglu, S., Lim, H., & Chen, W. H. (2020). ASR for EFL pronunciation practice: segmental development and Learners' beliefs. *Journal of Asia TEFL, 17*(3), 824. http://dx.doi.org/10.18823/asiatefl.2020.17.3.5.824

Indratama, F., Sukmaningrum, R., & Akbariah, B. Y. (2023). Improving students' speaking skill through the use of Dubbing and Padlet. Seminar Nasional Pendidikan Profesi Guru, Universitas PGRI Semarang, 678–686. https://conference.upgris.ac.id/index.php/psnppg/article/view/5165

Kobayashi, S. (2024). Enhancing ICT–Based International Interactions: Impact of Zoom and Padlet on Willingness to Communicate, International Posture, and Speaking Proficiency. *Technology in Language Teaching & Learning, 6*(2), 1–18. https://doi.org/10.29140/tltl.v6n2.1248

Khasanah, U., Madjdi, A. H., & Nuraeningsih, N. (2022). Students' perception on the use of Google Translate in learning Pronunciation. *Borneo Educational Journal (Borju), 4*(1), 50–60. https://doi.org/10.24903/bej.v4i1.912

Lara Zambrano, J. B., & López López, J. E. (2023). Improving linguistic and communicative competences using the online tool Padlet at eighth grade of general basic education. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS, 5*(4), 611–622. https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i4.703

Levis, J. M., & Rehman, I. (2022). Pronunciation and technology. *In Handbook of Practical Second Language Teaching and Learning* (pp. 296–311). Routledge.

Metruk, R. (2024). Mobile–assisted language learning and pronunciation instruction: A systematic literature review. *Education and Information Technologies, 29*, 16255–16282. https://doi.org/10.1007/s10639–024–12453–0

Nakanishi, N., Tam, S. Y., & Ebihara, Y. (2020). Spotting English pronunciation errors comparison among teachers and with automatic speech recognition. *LET Kansai Chapter Collected Papers, 18*, 125–146. https://doi.org/10.50924/letkansai.18.0_125

Nasim, S. M., AlTameemy, F., Ali, J. M. A., & Sultana, R. (2022). Effectiveness of digital technology tools in teaching pronunciation to Saudi EFL learners. *FWU Journal of Social Sciences, 16*(3), 68–82. http://doi.org/10.51709/19951272/Fall2022/5

Ngu, D. T. (2022). Teaching Vietnamese to foreigners based on the linguistic typology of Vietnamese. *Journal for Educators, Teachers and Trainers, 13*(4), 100–106. DOI: 10.47750/jett.2022.13.04.015

Nguyen, H. P. (2022). Hợp tác đào tạo – giáo dục giữa Việt Nam và Thái Lan trong thập niên thứ hai của thế kỷ XXI [Educational cooperation between Vietnam and Thailand in the second decade of the 21st century]. *Southeast Asian Studies Journal, 11*, 57–66. [In Vietnamese] http://thuvienlamdong.org.vn:81/bitstream/DL_134679/62307/1/CVv140S112022058.pdf

Pennington, M. C. (2021). Teaching Pronunciation: The State of the Art 2021. *RELC Journal, 52(*1), 3–21. https://doi.org/10.1177/00336882211002283

Pham, A., Nguyen, Y., Tran, L., Huynh, K., Le, N. & Huynh, P. (2022). University Students' Perceptions on the Use of Google Translate: Problems and Solutions. International *Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 17*(4), 79–94. https://doi.org/10.3991/ijet.v17i04.28179

Pimsen Buarapha. (2006). *Phân tích tương phản hệ thống thanh điệu tiếng Thái Lan và tiếng Việt. Ứng dụng sửa lỗi phát âm thanh điệu cho người Thái Lan học tiếng Việt. [Contrastive Analysis of Thai and Vietnamese Tonal Systems. Application for Correcting Tonal Pronunciation Errors in Thai Students Learning Vietnamese]* [Unpublished doctoral dissertation]. Institute of Linguistics, Hanoi, Vietnam. [In Vietnamese]

Suseno, E. (2023). Using the Podcast Contents to Help EFL Students in Improving Their Grammar and Pronunciation. *Journal Corner of Education, Linguistics, and Literature, 3*(2), 108–120. https://doi.org/10.54012/jcell.v3i2.199)

Syahrizal, T., & Rahayu, S. (2020). PADLET for English speaking activity: A case study of pros and cons on ICT. *Indonesian EFL Journal, 6*(2), 149–156. https://doi.org/10.25134/ieflj.v6i2.3383

Ta, T. B. L., Nguyen, T. V. K., & Nguyen, T. H. (2023). Application of Padlet.com to improve assessment as learning in speaking classes: An action research in Vietnam. *AsiaCALL Online Journal, 14*(1), 1–17. https://doi.org/10.54855/acoj.231411

Takenouchi, T. (2022). The Effects of Pronunciation Instruction Using Speech Recognition Software for Adult Learners of English. *The Journal of the Practical English Phonetics, 3*, 1–29. http://pepsj.org/2022_01_takenouchi.pdf

Tejedor–García, C., Cardeñoso–Payo, V., & Escudero–Mancebo, D. (2021). Automatic Speech Recognition (ASR) Systems Applied to Pronunciation Assessment of L2 Spanish for Japanese Speakers. *Applied Sciences, 11*(15), 6695. https://doi.org/10.3390/app11156695

Tongpoon-Patanasorn, A. & Griffith, K. (2020). Google Translate and Translation Quality: A Case of Translating Academic Abstracts from Thai to English. *PASAA, 60*(1), Article 5. DOI: 10.58837/CHULA.PASAA.60.1.5

Tuong, L. N. (2018). Thai phonetics in comparison with Vietnamese. Scientific *Journal of Tan Trao University, 4*(8), 15–20. https://doi.org/10.51453/2354-1431/2018/251 [In Vietnamese]

van Lieshout, C., & Cardoso, W. (2022). Google Translate as a tool for self-directed language learning. *Language Learning & Technology, 26*(1), 1–19. http://hdl.handle.net/10125/73460

Vasylchenko, O.H. (2021). Features of the development of auditory and pronunciation skills in online German classes. *Scientific Bulletin of Mukachevo State University. Series "Pedagogy and Psychology", 7*(3), 47–54. DOI: 10.52534/msu-pp.7(3).2021.47-54

การจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเทคนิคช่วยจำเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

The delvelopment of english reading comprehension ability of grade 5 students using activity based learning with mnemonic techniques

วริษฐา บุญธรรมมา[1*] และ สิทธิพล อาจอินทร์[2]
Warittha Bunthamma[1*] and Sitthipon Art-in[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐาน ร่วมกับการใช้เทคนิคช่วยจำ โดยให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่นฝ่ายประถมศึกษา ห้อง E1/1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 39 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือวิจัยประกอบไปด้วย1) เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการวิจัย ประกอบไปแผนการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเทคนิคช่วยจำ 6 แผน เวลา 12 ชั่วโมง 2) แบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ 3) แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครู 4) แบบสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ 5) แบบทดสอบความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ ท้ายวงจร 6) แบบทดสอบความสามารถด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐานคือ การหาค่าเฉลี่ย($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ (Percentage) ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีคะแนนความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ เฉลี่ยเท่ากับ 24.18 คิดเป็นร้อยละ 80.60 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 79.49 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นการพัฒนาด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจของผู้เรียน ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกิจกรรรมเป็นฐานร่วมกับเทคนิคช่วยจำ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการเรียนผ่านการทำกิจกรรม ผสานกับเทคนิคช่วยจำที่ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้เรื่องการอ่านได้ดีขึ้น

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐาน, เทคนิคช่วยจำ, ความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ

[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002
[2] รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002
[1] Master Degree Student in Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, 40002
[2] Associate Professor, Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, 40002
*Corresponding author : warittha.b@kkumail.com

Abstract

The objectives of this research was; to develop Reading Comprehension Ability for grade 5 students using Activity Based Learning with Mnemonics Techniques so that the students made a mean score of 70% or higher and at least 70% of them pass the prescribed criterion. The target group consisted of 39 Grade 5 Students, IEC programe, during the first semester of academic year 2024, Khon Kaen University Demonstration Elementary School. The study employed purposive sampling and utilized Action Research with 3 action cycles.The research instruments consisted of 1) lesson plans using Activity Based Learning with Mnemonics Techniques, 6 lesson plans, 12 instructional periods, 2) Post-learning outcome record form 3) teacher and student behavior observation form 4) student interview form 5) end-of-spiral Reading Comprehension Ability test 6) English Reading Comprehension Ability test. Quantitative Data were analyzed by Descriptive Statistics consisted of Mean (X), Standard Deviation (S.D.) and Percentage (%). Qualitative Data analyzed by Content Analysis. The findings were found that: 1) The students made a mean Reading Comprehension Ability score of 24.18 or 80.60 % of the full marks, and 31 students or 79.49% of the group passed the criterion, which higher than the prescribed criterion. This reflects the improvement in reading comprehension among learners through activity-based learning combined with mnemonic techniques. This approach emphasizes learning through engaging activities and integrating mnemonic strategies, which help students effectively connect and retain knowledge related to reading comprehension.

Keywords: Activity based learning, Mnemonic techniques, English reading comprehension ability

บทนำ

ในยุคศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงให้หลายๆด้าน ได้แก่ การศึกษา เทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคม ทักษะในยุคศตวรรษที่ 21 จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นที่ผู้เรียนพึงมี เครือข่าย P21 ได้มีการพัฒนาวิสัยทัศน์และกรอบความคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนได้มีทักษะที่สำคัญคือ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม หรือ 3R และ 4C ซึ่งมีองค์ประกอบ ดังนี้ 3 R ได้แก่ Reading (การอ่าน), การเขียน (Writing) และ คณิตศาสตร์ (Arithmetic) และ4 C (Critical Thinking – การคิดวิเคราะห์, Communication- การสื่อสาร Collaboration-การร่วมมือ และ Creativity-ความคิดสร้างสรรค์ รวมถึงทักษะชีวิตและอาชีพ และทักษะด้านสารสนเทศสื่อและเทคโนโลยี และการบริหารจัดการด้านการศึกษาแบบใหม่ การเรียนภาษาอังกฤษ หรือการเรียนภาษาต่างๆ มีเป้าหมายเพื่อการสื่อสาร ให้ผู้เรียนสามารถพูดคุยสื่อสารโต้ตอบได้ ซึ่งทักษะด้านการสื่อสารเป็นหนึ่งในทักษะที่จำเป็นในยุคศตวรรษที่ 21การเรียนการสอนภาษาอังกฤษ ต้องเรียนรู้ผ่านทักษะทั้ง 4 ด้านคือ ด้านการฟัง การพูด การอ่าน และการเขียนการอ่านเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้และพัฒนาสติปัญญาในสังคมการเรียนรู้เกี่ยวกับการสะกดคำที่ถูกต้อง การลำดับความสำคัญของเนื้อหาที่อ่าน และการเข้าใจความหมายของข้อความ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สามารถช่วยในการพัฒนาสติปัญญาความรู้ ทักษะการพฤติกรรมและค่านิยมต่าง ๆ ของบุคคล ทั้งนี้การอ่านมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงการดำเนินชีวิตไปสู่การพัฒนาทางด้านความคิด สติปัญญา ทักษะการอ่านจึงเป็นทักษะที่สำคัญ ที่จะช่วยให้พัฒนาภาษาและทำให้บรรลุเป้าหมายในการเรียนรู้ทุกสาขาวิชา นอกจากนี้ Anderson (1999) ได้กล่าวว่า การอ่านเป็นทักษะที่สำคัญและเป็นจำเป็นในการเรียนรู้และค้นหาความรู้และ Alderson (2000) กล่าวว่า การพัฒนาทักษะการอ่านมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นทักษะที่จำเป็นในการเรียนภาษาอังกฤษ การพัฒนาทักษะการอ่านเพื่อความเข้าใจ

ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถศึกษาค้นค้าเอกสารวิชาการต่างๆ ที่เป็นภาษาอังกฤษได้ดียิ่งขึ้น มีความรู้ที่กว้างขวางมากขึ้น Carrel (1988) ได้กล่าวไว้ว่าการอ่านเป็นทักษะที่สำคัญอย่างยิ่งในการเรียนภาษาอังกฤษ เมื่อนักเรียนเรียนในระดับการศึกษาที่สูงขึ้น นักเรียนจะต้องอ่านเอกสารตำราวิชาการหรือหนังสือเรียนต่าง ๆ ที่เป็นภาษาอังกฤษได้มากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้พัฒนาทักษะภาษาอังกฤษของนักเรียนในระดับที่สูงขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพนอกจากนี้กระทรวงศึกษาธิการ (2551) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น พื้นฐานพุทธศักราช 2551 ได้กำหนดให้ภาษาอังกฤษเป็นสาระการเรียนรู้พื้นฐานที่ต้องเรียนตลอดหลักสูตร โดยมุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถใช้ภาษาอังกฤษในการติดต่อสื่อสารทั้งในสถานการณ์ของ ชีวิตจริงและนำไปใช้ในการศึกษาต่อระดับสูงต่อไป อย่างไรก็ตามมีรายงานเกี่ยวกับปัญหาด้านการอ่านของผู้เรียนอยู่มาก

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) หรือ สทศ ได้สรุปผล การทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2566 ในรายวิชาภาษาอังกฤษ มีคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ 37.32 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน และมีคะแนนต่ำสุด 0 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนที่น้อยมาก การจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษาอังกฤษในประเทศไทยจึงยังต้องได้รับการพัฒนารูปแบบและวิธีการจัดการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่องโดยเริ่มต้นจากการพัฒนาด้านการอ่านซึ่งเป็นเรื่องพื้นฐานในการเรียนภาษาอังกฤษ การเรียนการสอนในโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่นฝ่ายประถมศึกษา (ศึกษาศาสตร์) ระดับประถมศึกษาปีที่ 5 (IEC) ห้อง E1/1 ปีการศึกษา 2566 ภาคเรียนที่ 1 มีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาทุกด้านได้แก่ ด้านการฟัง ด้านการพูด ด้านการเขียน คำศัพท์ ไวยากรณ์ รวมถึงด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจ ซึ่งจะมีเนื้อหาที่ให้ผู้เรียนได้อ่านทุกหน่วยการเรียนรู้ แต่เมื่อมีการทดสอบปลายภาคเรียน พบว่าในเรื่องของการอ่านเพื่อความเข้าใจพบว่านักเรียนร้อยละ 38.46 มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้สำหรับการวัดและประเมินผลในระดับชั้นเรียนคือร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนจะต้องมีผลการเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป จากการวิเคราะห์สภาพปัญหาที่พบคือนักเรียนยังขาดความเข้าใจในเรื่องวิธีการอ่านเพื่อความเข้าใจ ยังไม่สามารถตอบคำถามจากเรื่องที่ผ่านได้ด้วยตนเอง เนื่องจากยังไม่สามารถจำความหมายของคำศัพท์ที่อยู่ในเนื้อเรื่องที่อ่านได้ จึงไม่สามารถตอบคำถามจากเนื้อเรื่องที่อ่านได้

จากการการศึกษางานวิจัยต่างๆเกี่ยวกับการพัฒนาการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียน ภัทรสร นรเหรียญ และ ชนสิทธิ์ สิทธิ์สูงเนิน (2563) กล่าวว่าการเรียนภาษาต่างประเทศผ่านกิจกรรมเป็นวิธีที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาทักษะในการ ฟัง, พูด, อ่าน, และเขียน ตามลำดับของธรรมชาติการเรียนรู้ภาษา ซึ่งวิธีการเรียนรู้ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับ**การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)** จากแนวคิดของ ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2558) และสาวิตรี โรจนะสมิต อาร์โนลด์ (2555) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการเรียนการสอน เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติหรือการลงมือทำ จากหลักการดังกล่าวการจัดการเรียนรู้ที่มีความสอดคล้องและสามารถพัฒนาความสามารถด้านการจดจำคำศัพท์และด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐาน (Activity Based Learning: ABL) การจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ไม่เน้นให้ผู้เรียนท่องจำแต่ให้ผู้เรียนลงมาปฏิบัติจริงและมีบทบาทในการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยเน้นให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์และเรียนรู้จากกิจกรรมที่ได้ทำจริง (Learning by doing) เพื่อให้ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติด้วยตนเอง (สุทัศ เอกา, 2557) จากงานวิจัยที่ผ่านมา เทคนิคช่วยจำ (Mnemonic techniques) สามารถทำหน้าที่ได้ดีในการเชื่อมโยงสิ่งที่รู้และสิ่งที่ไม่รู้ ให้กับนักเรียน เป็นกลยุทธ์ที่ใช้ในการเพิ่มความจำโดยการเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับคำที่คุ้นเคย สอดคล้องกับ Congos (2011) ที่เชื่อว่าเทคนิคช่วยจำ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถจดจำข้อมูลได้อย่างกว้างขึ้นโดยเฉพาะในรูปแบบของคุณลักษณะ ลำดับขั้นต่างๆ ส่วนประกอบ และขั้นตอน DeLashmutt , 2007 กล่าวว่าเทคนิคช่วยจำ ได้มาเป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มพูนผลคะแนนสอบ

ด้านความเข้าใจ ซึ่งเป็นการย้ำเตือนว่าเทคนิคช่วยจำมีความสำคัญ จากงานวิจัยของ ปวริศา ดีอุดม (2565) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมเป็นฐานการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการอ่านเพื่อความเข้าใจของนักเรียน โดยผลการวิจัยพบว่าคะแนนค่าเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปคือกิจกรรมเป็นฐานการเรียนรู้ (ABL) พัฒนาการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจของนักเรียนดีขึ้น ซึ่งบ่งชี้ว่าการอ่านเพื่อความเข้าใจสามารถพัฒนาได้จากการใช้กิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนลงมือทำและมีส่วนร่วมจริง การศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนมีโอกาสฝึกฝนทักษะการอ่านจากประสบการณ์จริง การใช้กิจกรรมที่เชื่อมโยงกับเนื้อหาที่น่าสนใจและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันสามารถทำให้การเรียนภาษาอังกฤษเป็นเรื่องสนุกสนานและเกิดประสิทธิผลสูงสุด นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคนิคช่วยจำ ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกใช้จินตนาการ ในการนึกถึงคำศัพท์ การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ พัฒนาความคงทนในด้านการจดจำคำศัพท์ ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงการจดจำความหมายของคำศัพท์ไปสู่การอ่านที่มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้นได้

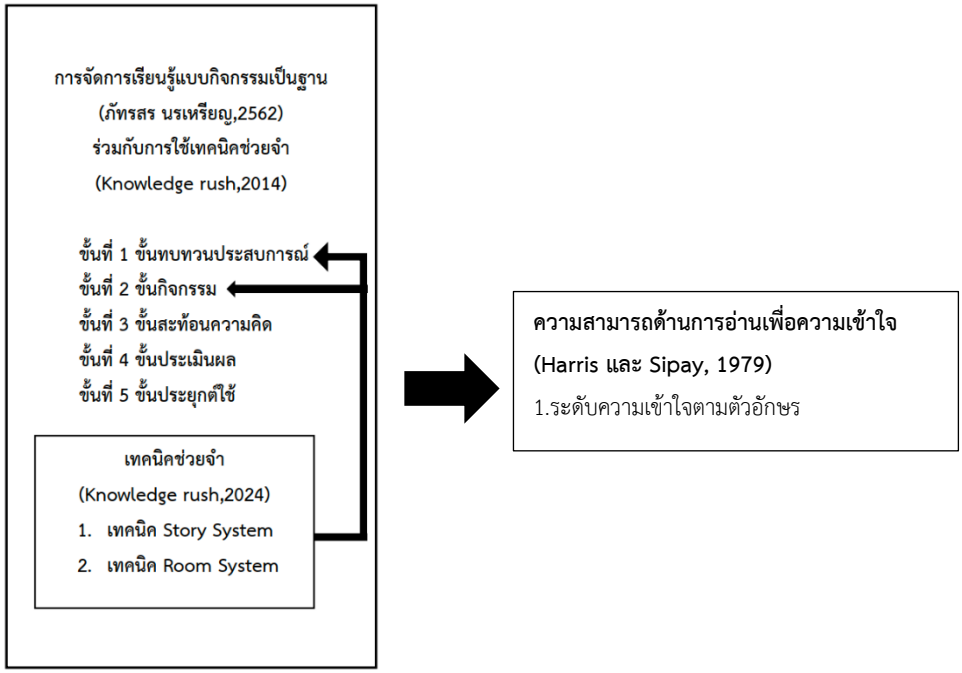
จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาทักษะการอ่านเพื่อความเข้าใจในวิชาภาษาอังกฤษของผู้เรียนโดยใช้ **การจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐาน (Activity-Based Learning: ABL)** ร่วมกับ **เทคนิคช่วยจำ (Mnemonic Techniques)** ซึ่งเป็นวิธีการที่ช่วยกระตุ้นความสนใจและส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำจริงของผู้เรียน และการใช้จินตนาการเพื่อเชื่อมโยงความรู้ต่างๆเข้าด้วยกัน โดยการผสมผสานทั้งสองแนวทางนี้จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการอ่านเพื่อความเข้าใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมั่นใจ ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถอ่านและเข้าใจเนื้อหาภาษาอังกฤษในระดับลึกได้ดีขึ้น ทั้งยังเพิ่มความกระตือรือร้นและความมั่นใจในการใช้ภาษาอังกฤษในชีวิตจริงมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐาน ร่วมกับการใช้เทคนิคช่วยจำ โดยให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาความสามารถด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจวิชาภาษาอังกฤษ ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคนิคช่วยจำ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐาน ตามแนวคิดของ ภัทรสร นรเหรียญ (2562) โดยมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 5 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นทบทวนประสบการณ์ ขั้นที่ 2 ขั้นกิจกรรม ขั้นที่ 3 ขั้นสะท้อนความคิด ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผล ขั้นที่ 5 ขั้นประยุกต์ใช้ และการใช้เทคนิคช่วยจำ (Mnemonics techniques) ตามแนวคิดของ จากแนวคิด Knowledge rush (2014 : Website) ประกอบไปด้วย 2 เทคนิคช่วยจำคือเทคนิค Story System และ Room System เพื่อพัฒนาความสามารถในการจดจำคำศัพท์ ประกอบไปด้วย 2 องค์ประกอบ ตามแนวคิดของ พรสวรรค์ สีป้อ (2550) คือ 1.รูปแบบ 2.ความหมาย และพัฒนาความสามารถด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจ ประกอบไปด้วย 1 องค์ประกอบตามแนวคิดของ Harris และ Sipay (1979) คือ 1. ระดับความเข้าใจตามอักษร (Literal Comprehension) โดยผู้วิจัยได้สรุปกรอบแนวคิดในการวิจัยดังภาพดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการรวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (1988) เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยตามวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ PAOR ประกอบด้วย 1) ขั้นการวางแผน (Planning) 2) ขั้นการปฏิบัติการ (Action) 3) ขั้นการสังเกตการณ์ (Observation) และ 4) ขั้นการสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflection) จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ เพื่อพัฒนาความสามารถในการจดจำคำศัพท์และความสามารถด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจวิชาภาษาอังกฤษ ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคนิคช่วยจำ

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่นฝ่ายประถมศึกษา ศึกษาศาสตร์ สังกัด กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมห้อง E1/1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 39 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งนักเรียนควรได้รับการพัฒนาความสามารถด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจภาษาอังกฤษ เนื่องจากนักเรียนร้อยละ 40 มีผลคะแนนด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจในแบบทดสอบท้ายบทเรียนที่ 1–3 เฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้สำหรับการวัดและประเมินผลในชั้นเรียนคือ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.แผนการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐาน ร่วมกับการใช้เทคนิคช่วยจำ โดยมีคะแนนความเหมาะสมเฉลี่ยที่ 4.84 อยู่ในระดับมากที่สุด

2.แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูและนักเรียน

3.แบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้

4.แบบทดสอบความสามารถด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจ ท้ายวงจร เป็นข้อสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวนวงจรละ 10 ข้อ 3 วงจร รวมเป็น 30 ข้อ โดยการหาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบความสามารถการอ่านเพื่อความเข้าใจท้ายวงจรที่ 1–3 และวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการอ่านเพื่อความเข้าใจ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบวัดความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจท้ายวงจร

แบบทดสอบวัดความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ	**ค่าความยากง่าย (P)**	**ค่าอำนาจจำแนก (r)**	**ความเชื่อมั่น (Reliability)**
วงจรที่ 1	0.41–0.72	0.41–0.68	0.78
วงจรที่ 2	0.43–0.64	0.49–0.71	0.76
วงจรที่ 3	0.41–0.62	0.33–0.72	0.81

5.แบบทดสอบความสามารถด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจเป็นข้อสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 30 ข้อ โดยได้หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบความสามารถการอ่านเพื่อความเข้าใจ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คัดเลือกข้อสอบจำนวน 30 ข้อพบว่าแบบทดสอบมีค่าระดับความยากง่าย (P) ตั้งแต่ 0.40 –0.71 ค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ .0.43–0.75 และวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการอ่านเพื่อความเข้าใจ มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.83

4.การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัย เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจวิชาภาษาอังกฤษ ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคนิคช่วยจำ ซึ่งผู้วิจัยมีการเก็บข้อมูลดังนี้

ขั้นเตรียมการก่อนการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยได้ปฐมนิเทศเพื่อชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับการดำเนินการวิจัยและวิธีการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคนิคช่วยจำ เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ซึ่งเป็นแนวทางพัฒนาการจัดการเรียนการสอนรายวิชาภาษาอังกฤษเพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ จึงแบ่งเนื้อหาตามแผนการจัดการเรียนรู้เป็น 3 วงรอบ

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ

1.1 ดำเนินการรวบรวมข้อมูลสภาพปัญหาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนภาษาอังกฤษและปัญหาด้านความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจของผู้เรียน

1.2 ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามลำดับขั้นโดยใช้รูปแบบการจัดเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเทคนิคช่วยจำ 5 ขั้นตอน

1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลในการทดลองปฏิบัติทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยเครื่องมือที่สร้างขึ้นเอง ได้แก่ แบบสัมภาษณ์นักเรียน แบบสังเกตพฤติกรรมทางการเรียน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สะท้อนผลการปฏิบัติเพื่อเป็นแนวทางแก้ไขปรับปรุงสำหรับใช้ในวงรอบปฏิบัติต่อไป

2. การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ

การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบทดสอบความสามารถด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจภาษาอังกฤษเมื่อสิ้นสุดแต่ละวงรอบการปฏิบัติ ให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจภาษาอังกฤษที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แล้วนำผลการทดสอบไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น แล้ววิเคราะห์ สรุปผล และแปลความหมายข้อมูลต่อไป

4.การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

ความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ โดยใช้การหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการคำนวณค่าร้อยละ (%) เพื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดคือ ให้นักเรียนมีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ70 ของคะแนนเต็ม และจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)จากแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูและนักเรียน แบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ แบบสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ นำข้อมูลที่ได้มาสรุปเป็นความเรียงเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาข้อบกพร่อง ปัญหาและอุปสรรคเพื่อหาแนวทางแก้ไขและปรับปรุงพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนในการดำเนินการครั้งต่อไป

ผลการศึกษา

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐาน ร่วมกับการใช้เทคนิคช่วยจำ โดยให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียน สาธิตมหาวิทยาลัยของแก่นฝ่ายประถมศึกษา (ศึกษาศาสตร์) สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ห้อง E1/1 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 39 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ ควรได้รับการพัฒนาความสามารถในการจดจำคำศัพท์และความสามารถด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจวิชาภาษาอังกฤษ ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐาน ร่วมกับการใช้เทคนิคช่วยจำ ตามแผนการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 6 แผนรวม 12 ชั่วโมง จัดเป็นวงจรปฏิบัติการ 3 วงจร ผลการวิจัยมีรายละเอียดข้อมูลตามลำดับ ดังต่อไปนี้

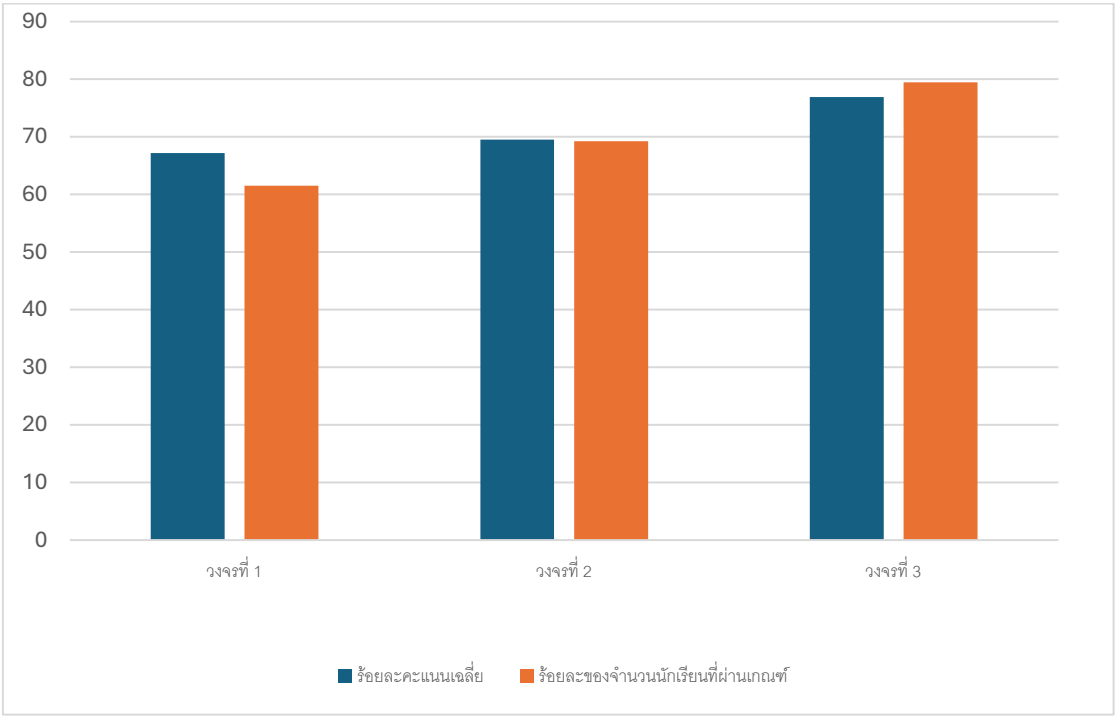
1.สรุปผลการทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 วงจร

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเทคนิคช่วยจำ โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ ท้ายวงจรที่ 1-3 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1-3

วงจรที่	จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	ผลการประเมิน			
					ผ่านเกณฑ์		ไม่ผ่านเกณฑ์	
					คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ
1	39	10	6.72	67.18	24	61.54	15	38.46
2	39	10	6.95	69.49	27	69.23	12	30.77
3	39	10	7.69	76.92	31	79.49	8	20.51

จากตารางที่ 2 ผลทดสอบความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยและมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์สูงขึ้นตามลำดับ โดยวงจรที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.69 คิดเป็นร้อยละ 76.92 และมีจำนวน นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 31คน คิดเป็นร้อยละ 79.49 โดยแสดงผลจากการเปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจท้ายวงจรที่ 1-3 ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภูมิเปรียบเทียบเปรียบเทียบผลจากการเปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจท้ายวงจรที่ 1-3

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นผลการทดสอบความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจของผู้เรียนในวงจรที่ 1 และ 2 มีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยมีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน ร้อยละ 61.54 และ ร้อยละ 69.23 ตามลำดับ ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยได้มีการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้และพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 3 และ ผลการทดสอบความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจของผู้เรียนในวงจรที่ 3 มีการพัฒนาขึ้น คือ จำนวนนักเรียนร้อยละ 79.49 มีคะแนนผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2. ผลการพัฒนาความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ โดยการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเทคนิคช่วยจำ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

หลังจากหลังจากผู้วิจัยดำเนินการปฏิบัติการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมงตามวงจรปฏิบัติการที่ 1–3 แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ กับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบทดสอบความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เพื่อวัดและประเมินผลการวิจัยว่า การพัฒนาความสามารถด้านการจดจำคำศัพท์ภาษาอังกฤษ ของนักเรียนอยู่ในระดับใด โดยมีเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ นักเรียนจะต้องมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 และจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป ซึ่งมีผลการทดสอบความสามารถดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ

จำนวนนักเรียน	คะแนน				S.D.	ร้อยละ	จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์		จำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์	
	เต็ม	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย			จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
39	30	30	18	24.18	3.43	80.60	31	79.49	8	20.51

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 24.18 คิดเป็นร้อยละ 80.60 ของคะแนนเต็ม และนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 79.49 ของจำนวนนักเรียน ทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

สรุปผลและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาความสามารถด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจวิชาภาษาอังกฤษ ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคนิคช่วยจำ ซึ่งจากกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการและผลการวิจัย ผู้วิจัยจึงนำเสนอการอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

ความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคนิคช่วยจำ พบว่า นักเรียนมีความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 24.18 คิดเป็นร้อยละ 80.60 ของคะแนนเต็ม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 3.43 และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 79.49 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เพราะนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทุกคนได้รับการฝึกฝนเรื่องการอ่าน

ภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคนิคช่วยจำ จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง อีกทั้งยังพบว่า นักเรียนมีความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ ตามองค์ประกอบการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ ตามแนวคิดของ Harris และ Sipay (1979) 1 องค์ประกอบ โดยพิจารณาจากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ จำนวน 1 องค์ประกอบ คือ ระดับความเข้าใจตามอักษร คะแนนเต็ม 30 คะแนน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 24.18 คิดเป็นร้อยละ 80.60 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเทคนิคช่วยจำ ช่วยพัฒนาการเรียนในรายวิชาภาษาอังกฤษของผู้เรียนด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจ

ศศิธร ลิจันทร์พร (2556) กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้โดยกิจกรรมเป็นฐานไว้ว่า หมายถึง การออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการเรียนรู้และความเข้าใจของผู้เรียนผ่านกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติของผู้เรียนเอง เช่น การสร้างสรรค์ผลงาน และการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นความกระตือรือร้นและความสนใจในการเรียนรู้ การจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เหมาะสมมีผลทำให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจและเรียนรู้ได้ดีขึ้น การวางแผนการใช้สื่อที่มีคุณภาพเพื่อสนับสนุนกิจกรรมการเรียนรู้เป็นส่วนสำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาความรู้ของบุคคล ทั้งนี้การเน้นให้ผู้เรียนได้ทำการลงมือปฏิบัติผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ไม่เพียงเฉพาะการเพิ่มความสนุกสนานในการเรียนรู้เท่านั้น แต่ยังเป็นวิธีที่มีผลเชิงลึกในการพัฒนาความเข้าใจและความรู้ในบทเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรม การรรทำงานกลุ่ม การได้สะท้อนความคิดซึ่งกันและกันในกลุ่ม ซึ่งสามารถมีส่วนช่วยพัฒนาในด้านทักษะการอ่านของผู้เรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานตามแนวคิดของตามแนวคิดของ ภัทรสร นรเหรียญ (2562) มีขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 5 ขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนเน้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ได้แสดงความคิดเห็น ได้สะท้อนความของนักเรียนกับผู้อื่น ได้ประเมินผลการทำกิจกรรมว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในระดับใด และได้ประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้เรียน ส่งผลให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจ ทำให้ผู้เรียนมีความสามารถด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจที่ดีขึ้น นอกจากนี้ เทคนิคช่วยจำเป็น กลยุทธ์หรือวิธีการที่มนุษย์นำมาใช้เพื่อจดจำสิ่งต่างๆมีส่วนช่วยให้นักเรียนสามารถจดจำความหมายของคำศัพท์ ต่างๆซึ่งสงผลให้นักเรียน สามารถนำความรู้เรื่องของความหมายของคำศัพท์ไปประยุกต์ใช้ในการอ่านได้ สอดคล้องกับThe Access Center (2000: Website) ได้สรุปเกี่ยวกับเทคนิคช่วยจำไว้ว่า เทคนิคช่วยจำ หมายถึงยุทธวิธีการสอนที่เชื่อมโยงข้อมูลเก่าและข้อมูลใหม่ หรือความรู้เก่ากับความรู้ใหม่ของผู้เรียนเข้าด้วยกัน และ Sdorow and Rickabaugh (2002) กล่าวว่ากลยุทธ์ช่วยจำคือกลวิธีสำหรับรวบรวมข้อมูลข่าวสารและการจัดเรียบเรียงความจำให้เป็นระบบ ง่ายต่อการละลึก

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผสมผสานการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นการทำกิจกรรมร่วมกับการใช้เทคนิคช่วยจำ 2 เทคนิค คือ Story System และ Room System โดยได้สอดแทรกการใช้เทคนิคช่วยจำในขั้นที่ 1 ขั้นทบทวนประสบการณ์ และขั้นที่ 2 ขั้นกิจกรรม โดยแบ่งขั้นตอนการสอน ออกเป็น 5 ขั้นตอนคือ ขั้นที่ 1 ขั้นทบทวนประสบการณ์ ครูให้คำแนะนำการเรียนรู้แก่นักเรียน ทบทวนและสำรวจความรู้เดิม กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ โดยสอดแทรกเทคนิค Room System คือการจินตนาการถึงสถานการณ์ หรือห้องว่างๆ ที่จะสามารถนำสิ่งของไปวาง ให้นึกถึงคำศัพท์และคิดว่าจะวางไว้ในตำแหน่งใดในห้อง ขั้นที่ 2 ขั้นกิจกรรม นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมทำงานร่วมกันตามกิจกรรมที่ครูจัดเตรียมไว้ โดยสอดแทรกเทคนิค Story System เป็นการใช้นิทานหรือเรื่องเล่านำคำศัพท์ที่เรียนเข้าไปใส่ในเรื่อง ขั้นที่ 3 ขั้นสะท้อนความคิด ให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดและองค์ความรู้ที่ได้รับจากการเข้าร่วมกิจกรรมโดยคิดวิเคราะห์สถานการณ์และกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นขณะเข้าร่วมกิจรรมและนำเสนอ

ผลงานของตนเองหรือของกลุ่ม ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผล ประเมินผลการเรียนรู้จากสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนมาขั้นที่ 5 ขั้นประยุกต์ใช้ นำสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้นำมาใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือสถานการณ์ใกล้เคียงกับสิ่งที่ได้เรียนรู้มา โดยการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเทคนิคช่วยจำช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถในเรื่องการเพื่อความเข้าใจที่ดีขึ้น

ผลการวิจัยสอดคล้องกับพิชชุดา น่วมนองบุญ (2562) การพัฒนาแบบฝึกเสริมการอ่านภาษาอังกฤษที่เน้นการเรียนศัพท์ที่มีต่อความสามารถในการอ่านเพื่อความเข้าใจ โดยใช้การเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐาน (Activity–Based Learning)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนนวลนรดิศวิทยาคม รัชมังคลาภิเษก ผลการวิจัยพบว่า (1) ประสิทธิภาพของแบบฝึกเสริมการอ่านภาษาอังกฤษ มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 76.84/77.89 ซึ่งถือว่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 75/75 (2) ความสามารถด้านศัพท์และการอ่านเพื่อความเข้าใจของนักเรียนสูงขึ้นหลังจากที่เรียนด้วยแบบฝึกเสริมการอ่านภาษาอังกฤษอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (3) นักเรียนมีความคิดเห็นในระดับดีมากต่อแบบฝึกเสริมการอ่านภาษาอังกฤษ และสอดคล้องกับ ศุภาพิชญ์ มณีสาคร โฟน โบร์แมนน,วรรณวดี ณภัค และปิยอร วจนะทินภัทร (2563) ผลการจัดการเรียนการสอนเชิงรุกแบบ Activity Based Learning ต่อการรับรู้การอ่านและการเขียนภาษาอังกฤษและทัศนคติต่อการเรียนของนักศึกษาพยาบาล ผลการวิจัยพบว่า 1. ความรู้เกี่ยวกับการอ่านและการเขียนภาษาอังกฤษหลังเรียนเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t(df)= –19.602(76), p= 0.000) 2. การรับรู้ทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ (t(df)= –21.062(76), p= 0.000) และการรับรู้ทักษะการเขียนภาษาอังกฤษ (t(df)= –23.605(76), p= 0.000) หลังเรียนดีขึ้นมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการ ABL ช่วยให้นักศึกษาได้พัฒนาความรู้ ทักษะด้านการอ่านและการเขียนภาษาอังกฤษและมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนภาษาอังกฤษ และสอดคล้องกับ ปวริศา ดีอุดม (2565) ผลของการจัดกิจกรรมเป็นฐานการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการอ่านเพื่อความเข้าใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า 1) คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานช่วยเพิ่มความเข้าใจในการอ่านภาษาอังกฤษของนักเรียน 2) นักเรียนมีความเห็นอยู่ในระดับดีมากว่า การจัดกิจกรรมเป็นฐานการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการอ่านเพื่อความเข้าใจ สามารถพัฒนาการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจได้โดยมีคะแนนความคิดเห็นเฉลี่ยอยู่ที่ 3.81 (S.D. = 0.85) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Zahoor–ul–Haq , Bushra Ahmad Khurram and Arshad Khan Bangash (2019) พัฒนาทักษะการอ่านด้วยการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่าเมื่อมีการทดสอบหลังเรียน กลุ่มทดลองมีผลคะแนนด้านการอ่านดีกว่ากลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่าครูจำเป็นต้องให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอ่านผ่านการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมเป็นฐาน

จากผลการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นแสดงว่า การจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคนิคช่วยจำส่งผลให้ผลการทดสอบความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจของนักเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยการอ่านเพื่อความเข้าใจมีความสำคัญเพราะเป็นความรู้พื้นฐานที่สะท้อนความเข้าใจของผู้เรียนในด้านเนื้อหาที่อ่าน สอดคล้องกับ Anderson (1985) กล่าวการอ่านเพื่อความเข้าใจคือความสามารถของผู้อ่านที่สามารถใช้ความคิดติดตามสิ่งที่ผู้เขียนนำเสนอไว้ ผู้อ่านจะสามารถเข้าถึงจุดประสงค์ของผู้เขียนได้ก็ต่อเมื่อสามารถเข้าใจภาษาของผู้เขียนและสามารถตีความได้ตรง จุดมุ่งหมายของผู้เขียนที่ต้องการสื่อถึงผู้อ่าน และยังสอดคล้องกับ ตัวชี้วัดและมาตรฐานการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานปีการศึกษา 2551 ที่มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนสามารถบอกใจความสำคัญและตอบคำถามจากการฟังและอ่านบทสนทนา นิทาน และเรื่องสั้นๆ ได้ สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเทคนิคช่วยจำช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีผลคะแนนด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจที่

สูงขึ้น เนื่องจากได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องผ่านการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือทำและการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ด้วยเทคนิคช่วยจำที่ส่งผลให้ผู้เรียนมีความสามารถด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจที่ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยฉบับนี้ บทความวิจัยฉบับนี้เป็นบทความวิจัยเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เป็นการนำองค์ความรู้ที่ได้รับจากการศึกษานำมาถ่ายทอด ต่อยอด พัฒนาและแก้ไข ปัญหาการศึกษาที่เกิดขึ้น ซึ่งการดำเนินงานวิจัยมิอาจสำเร็จลุล่วงลงไปได้หากปราศจาก คณะผู้บริหาร คณาจารย์ นักเรียน โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายประถมศึกษา (ศึกษาศาสตร์) ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย และให้การดูแลเอาใจใส่ตลอดระยะเวลาที่ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยนี้ และความกรุณาของกัลยาณมิตรและผู้มีพระคุณ ทุกท่านโดยเฉพาะคณาจารย์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สาขาหลักสูตรและการสอน ที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ แนะนำให้ข้อคิดเห็นทางวิชาการอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และ นอกจากนี้ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณเจ้าของเอกสารและงานวิจัยทุกท่าน ที่ผู้วิจัยได้นำมาอ้างอิงในการทำวิจัยจนกระทั่งบทความวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ข้อเสนอแนะ

จากข้อค้นพบในการวิจัยและการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยมีแนวคิดที่เสนอแนะ 2 ส่วน คือ ข้อเสนอแนะสำหรับการประยุกต์ใช้ และข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยต่อไป ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับประยุกต์ใช้

1.ควรใช้เนื้อหาในการอ่านที่หลากหลาย นอกเหนือจากเนื้อหาในชั้นเรียน ได้แก่ บทสนทนา นิทาน เรื่องสั้นๆ เพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน

2.ควรใช้การเสริมแรง ผ่านการให้รางวัล หรือการลงโทษ เพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน

3.ควรเปิดโอกาศให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นหรือตอบคำถามมากขึ้นเพื่อสะท้อนความรู้และความเข้าใจของผู้เรียน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

1.ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการในการอ่านเพื่อความเข้าใจด้วยการสอนแบบกิจกรรรมเป็นฐานร่วมกับเทคนิคช่วยจำ ในรายวิชาและระดับชั้นอื่น ๆ เช่น รายวิชาสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม รายวิชาภาษาไทย รายวิชาวิทยาศาสตร์ และรายวิชาอื่น ๆ ที่ต้องเน้นเรื่องความเข้าใจเป็นฐานในการต่อยอดความรู้ให้ละเอียดขึ้น เป็นต้น

2.ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการในการอ่านเพื่อความเข้าใจด้วยการสอนแบบกิจกรรรมเป็นฐานร่วมกับเทคนิคช่วยจำด้านอื่นๆที่มีความหลากหลายมากขึ้น

2.ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบกิจกรรรมเป็นฐานร่วมกับเทคนิคช่วยจำเพื่อช่วยพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษด้านอื่นๆ ได้แก่ การฟัง การพูด และการเขียน

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ.Active Learning.ข่าวสารวิชาการคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.ประจำเดือนพฤศจิกายน 2553.

ปวริศา ดีอุดม. (2565). **ผลของการจัดกิจกรรมเป็นฐานการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการอ่านเพื่อความเข้าใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**.วารสาร มจร อุบลปริทรรศน์, ปีที่ 9 ฉบับที่ 2, พฤษภาคม – สิงหาคม

พรสวรรค์ สีป้อ. (2550). **สุดยอดวิธีสอนภาษาอังกฤษนำไปสู่การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่.** กรุงเทพมหานคร: ไทยร่มเกล้า.

พิชชุดา น่วมนองบุญ. (2562). การพัฒนาชุดกิจกรรมแบบเน้นงานปฏิบัติ เพื่อเสริมสร้างทักษะการพูดภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนนวลนรดิศวิทยาคม รัชมังคลาภิเษก.**การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, ครั้งที่ 10**.

ภัทรสร นรเหรียญ; และ ชนสิทธิ์ สิทธิ์สูงเนิน. (2563). **การจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับสื่อประสมเพื่อพัฒนาความสามารถ ในการฟังและการพูดภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2.**วารสารมนุษยสังคมปริทัศน์ (มสป.**)**, ปีที่ 22 ฉบับที่ 2, กรกฎาคม-ธันวาคม 2563

มติชนออนไลน์(อินเตอร์เน็ต).2567;สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม 2567 ได้จาก https://www.matichon.co.th/education/news_4556176

ศศิธร ลิจันทร์พร. (2556).**การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมเป็นฐานโดยใช้แอพพลิเคชัน เพื่อการศึกษาบนอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่เพื่อส่งเสริมความมีวินัยของนักเรียน ประถมศึกษา ตอนปลาย.**วิทยานิพนธ์ คุรุศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีและ สื่อสารการศึกษา.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภาพิชญ์ มณีสาคร โฟน โบร์แมนน และคณะ. (2563). ผลการจัดการเรียนการสอนเชิงรุกแบบ Activity based learning ต่อการรับรู้การอ่านและการเขียนภาษาอังกฤษและทัศนคติต่อการเรียนของนักศึกษาพยาบาล. รายงานบทความวิจัยฉบับสมบูรณ์ นำเสนอต่อ คณะทำงานพิจารณาทุนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนและวิจัยในชั้นเรียน สถานพัฒนาคณาจารย์ เมื่อวันที่ 29 กันยายน 2563.

สุทัศน์ เอกา. (2557). การเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐาน. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน 2566 ได้จาก http://www.krumontree.com/www/index.php/documents/74-abl-activity-basedlearning.

Anderson, N.J. (1999). **Exploring second language reading: Issue and strategies**.Toronto: Heinle Publishes

Alderson, J. C. (2000). **Assessing reading**. Cambridge: Cambridge University

Carrell, P.L. and Eisterhold, J.C. (1983). Schema Theory and ESL Reading Pedagogy. **TESOL Quarterly**, 17, 553–573. http://www.krumontree.com/www/index.php/documents/74-abl-activity-basedlearning.

Congos, D. H. (2011). **Starting Out in Community College**. New York.McGraw–Hill.

DeLashmutt, Kathy, (2007). **A Study of the Role of Mnemonics in Learning Mathematics. Summative Projects for MA Degree. 19. University of Nebraska**

Harris. A.J., and E.R. Sipay. (1979). **Effective Teaching of Reading**. New York: David Nokey Company Inc.kin University, Australia.

Kemmis, & McTaggart, R. (1988). **The Action research planner** (3rd ed). Geelong: Deakin University, Australia.

Partnership for 21st Century Learning. (2015). Framework for 21 Century Learning (Internet). Accessed 2024 March 10, Avaiable from http://www.p21.org/about–us/p21–framework

Sdorow, L. M. & Rickabaugh, C. A. (2002). **Psychology** (5th ed.). New York: The McGraw Hill Companies.

The Access Center. (2000). **Using mnemonic instruction to facilitate access to the general education curriculum**. Accessed April 20, 2020. Available from http://www.ldonline.org/article/15577?theme=print

Zahoor–ul–Haq , Bushra Ahmad Khurram and Arshad Khan Bangash. (2019) Development of Reading Skill through Activity Based Learning at Grade–VI in Khyber Pakhtunkhwa. **Bulletin of Education and Research, v41 n1 p85–104**

การพัฒนาความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

The development of Chinese listening ability for gread 4 students using task-based learning with gamification

บุณยนุช ธำรงทรัพย์[1*] และ สิทธิพล อาจอินทร์[2]

Boonyanuch Thamrongsub[1*] and Sitthipon Art-in[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับแบบเกมมิฟิเคชันให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป กลุ่มเป้าหมาย คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายประถมศึกษา (ศึกษาศาสตร์) จำนวน 38 คน โดยเลือกแบบเจาะจง การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐานร่วมกับแบบเกมมิฟิเคชันชันจำนวน 6 แผน จำนวน 12 ชั่วโมง 2) แบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ 3) แบบสังเกตพฤติกรรมครูและนักเรียน 4) แบบสัมภาษณ์นักเรียน 5) แบบทดสอบความสามารถด้านการฟังภาษาจีนท้ายวงจร 6) แบบทดสอบความสามารถด้านการฟังภาษาจีน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์เนื้อหาจากแบบสัมภาษณ์นักเรียน แบบสังเกตพฤติกรรมของครูและนักเรียน

ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถด้านการฟังภาษาจีนเฉลี่ยเท่ากับ 22.84 คิดเป็นร้อยละ 76.14 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนผ่านเกณฑ์จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 84.21 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ บทสรุปของงานวิจัยนี้ สามารถนำการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชันไปพัฒนาความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐาน, เกมมิฟิเคชัน, ความสามารถด้านการฟังภาษาจีน

[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[2] รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[1] Master Degree Student in Cuuricurum and Instrction Program, Faculty of Education, KhonKaen University, KhonKaen 40002

[2] Associate Professor, Cuuricurum and Instrction Program, Faculty of Education, KhonKaen University, KhonKaen 40002

*Corresponding author : bootha@kku.ac.th

Abstract

The objectives of this research were to develop Chinese Listening Ability for grade 4 students using Task–based Learning with Gamification so that the students made a mean score of 70% or higher and at least 70% of them pass the prescribed criterion and The target group consisted of 38 Grade 4 Students, during the first semester of academic year 2024, Khon Kaen University Demonstration Elementary School (Suksasart). The study was based on Action Research consist 3 action spirals. The research instruments consisted of 1) lesson plans using Task–based Learning with Gamification, 6 lesson plans, 12 instructional periods, 2) Post–learning outcome record form 3) teacher and student behavior observation form 4) student interview form 5) end–of–spiral Chinese Listening Ability test 6) Chinese Listening Ability test. Quantitative Data were analyzed by Descriptive Statistics consisted of Mean, Standard Deviation and Percentage. The Qualitative data were analyzed using content analysis, based on Student interviews form and Observations of teacher and student behavior form.

The findings were found that the students made a mean Chinese Listening Ability score of 22.84 or 76.14% of the full mark, and 32 students or 84.21% of group passed the criterion, which higher than the prescribed criterion. The conclustion of this research indicate that task–based learning with gamification can effectively enhance students' Chinese listening ability.

Keywords: Task–based learning, Gamification, Chinese listening ability

บทนำ

การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญอย่างหนึ่งคือการเรียนรู้ภาษาจีนเป็นภาษาต่างประเทศที่สอง ที่คนในยุคปัจจุบันนิยมและใช้ในเอเชียเป็นอย่างมาก ภาษาจีนเป็นหนึ่งในห้าภาษาหลักขององค์การสหประชาชาติ แสดงให้เห็นว่าประเทศจีนเป็นประเทศที่มีโอกาสทางธุรกิจสูงมีแนวโน้มการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง จึงปฏิเสธไม่ได้ว่าการรู้ภาษาจีนย่อมเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง คนที่สามารถใช้ภาษาจีนในการติดต่อสื่อสารได้คล่องแคล่ว เท่ากับมีเครื่องมือชิ้นสำคัญที่จะนำไปสู่การสร้างความสัมพันธ์ (Lang and Xie,2019) การประกอบอาชีพ และการศึกษาหาความรู้ในวิทยาการแขนงต่าง ๆ ยิ่งในทวีปเอเชียภาษาจีนมีอิทธิพลเป็นอย่างมากและเป็นภาษาที่มีการใช้อย่างแพร่หลายและเพิ่มมากขึ้นทุกวัน (Chokdeemeesuk , 2015) ในด้านการศึกษารัฐบาลผลักดันให้คนไทยเรียนภาษาจีน โดยกระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดหลักสูตรให้วิชาภาษาจีนให้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรภาษาต่างประเทศ ได้กำหนดนโยบายปฏิรูปการเรียนการสอนภาษาจีนโดยกำหนดให้สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ให้สถานศึกษานำภาษาจีนไปสู่การปฏิบัติในแนวทางเดียวกัน คือการจัดการเรียนการสอนภาษาจีนโดยเน้นให้นักเรียนเกิดความสามารถสื่อสารได้และมีการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนภาษาจีนโดยให้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน

การจัดการเรียนการสอนภาษาจีนเป็นภาษาต่างประเทศภาษาที่สองในประเทศไทย ได้ขยายตัวเพิ่มมากยิ่งขึ้นเพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยมีจุดมุ่งหมายของการเรียนภาษาจีนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คือ พัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะและสามารถสื่อสารภาษาจีนขั้นพื้นฐานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งการฟัง พูด อ่าน เขียน และแสดงออก (สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ, 2021) แต่ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาภาษาจีนในปัจจุบันจะพบว่าการเรียนการสอนภาษาจีนนั้นนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่บรรลุจุดประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ ทำให้นักเรียนที่เรียนภาษาจีนไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ถึงแม้ประเทศ

ไทยจะเล็งเห็นถึงความสำคัญและมีการส่งเสริมให้เรียนภาษาจีนเพิ่มขึ้น ปัญหาที่พบในการเรียนการสอนภาษาจีนของนักเรียน โดยส่วนมากที่พบคือ ทักษะด้านการฟังและทักษะด้านการพูด โดยที่นักเรียนที่เรียนในรายวิชาภาษาจีนมักขาดการลงมือปฏิบัติหรือการทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่ช่วยส่งเสริมและพัฒนาทักษะการฟัง และการพูดภาษาจีน อีกทั้งนักเรียนมีโอกาสค่อนข้างน้อยในการฝึกทักษะที่เป็นเชิงปฏิบัติ โดยส่วนใหญ่จะเน้นไปในรูปแบบของการเรียนการสอนภาษาที่เน้นการสอน อีกทั้งสาเหตุหลัก มาจากการสอนวิชาภาษาจีนในไทย ไม่ส่งเสริมทักษะการสื่อสาร ซึ่งประกอบไปด้วยทักษะการฟัง พูด อ่านและเขียน สอดคล้องกับ (เด็น จินยูและวิภาพรรณ ขุนบุญจันทร์,2562) ที่ได้พบปัญหาของการสอนภาษาจีนในประเทศไทย จากมุมมองของเจ้าของภาษาที่มีประสบการณ์ในการสอนภาษาจีนในประเทศไทย โดยพบปัญหาหลักที่ทักษะการฟังและการพูด เช่นเดียวกันกับที่ได้กล่าวมาข้างต้น ซึ่งแนวทางการจัดการเรียนรู้ภาษาจีนนั้นมีอยู่หลากหลายวิธีแต่วิธีที่เหมาะสมกับยุคที่ต้องการให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริง นักเรียนต้องได้เรียนรู้ด้วยการลงมือทำ เน้นให้นักเรียนทำกิจกรรมที่หลากหลายเพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาทักษะการฟังเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เน้นการกระตุ้นผู้เรียนให้มีจุดมุ่งหมายขณะฟัง ซึ่งแนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับ วิธีการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task-Based Learning) ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางของชั้นเรียนและกระบวนการการเรียนรู้โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านการฝึกปฏิบัติกิจกรรมทางภาษาโดยผู้สอนมีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจนและแน่นอนว่าต้องการฝึกอะไรแก่นักเรียนให้นักเรียน และให้นักเรียนได้เรียนรู้อะไรและต้องการสื่อสารอะไรได้เพื่อพัฒนานักเรียนเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนการสอนผ่านการปฏิบัติงาน (วิจารณ์ พานิช, 2555) ในด้านของเทคนิคเกมมิฟิเคชัน ซึ่งเป็นกลไกของการออกแบบเกมมาใช้เพื่อสร้างแรงจูงใจและสร้างความสนุกสนาน รวมไปถึงการนำเทคนิค รูปแบบและกฎเกณฑ์ของเกมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้และให้เหมาะสมกับนักเรียนระดับประถมศึกษาที่ไม่มีสมาธิที่จะเรียนได้ตลอดเวลา จากความสำคัญของทักษะการฟังดังกล่าว ผู้วิจัยจึงอยากพัฒนาความสามารถการฟังภาษาจีนนักเรียนโดยให้สอดคล้องกับการสอนปัจจุบันของกระทรวงศึกษาธิการได้กล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนภาษาจีนกลางเป็นภาษาต่างประเทศเป็นภาษาที่สองในประเทศไทยได้ขยายตัวเพิ่มมากยิ่งขึ้นเพื่อให้สอดรับทันต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วโดยมีจุดมุ่งหมายของการเรียนภาษาจีนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คือ พัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะและสามารถสื่อสารภาษาจีนขั้นพื้นฐานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งการฟัง พูด อ่าน เขียน และแสดงออก มีเทคนิควิธีการสอน ที่หลากหลายและเข้ากับยุคสมัยเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ (กระทรวงศึกษาธิการ,2565)

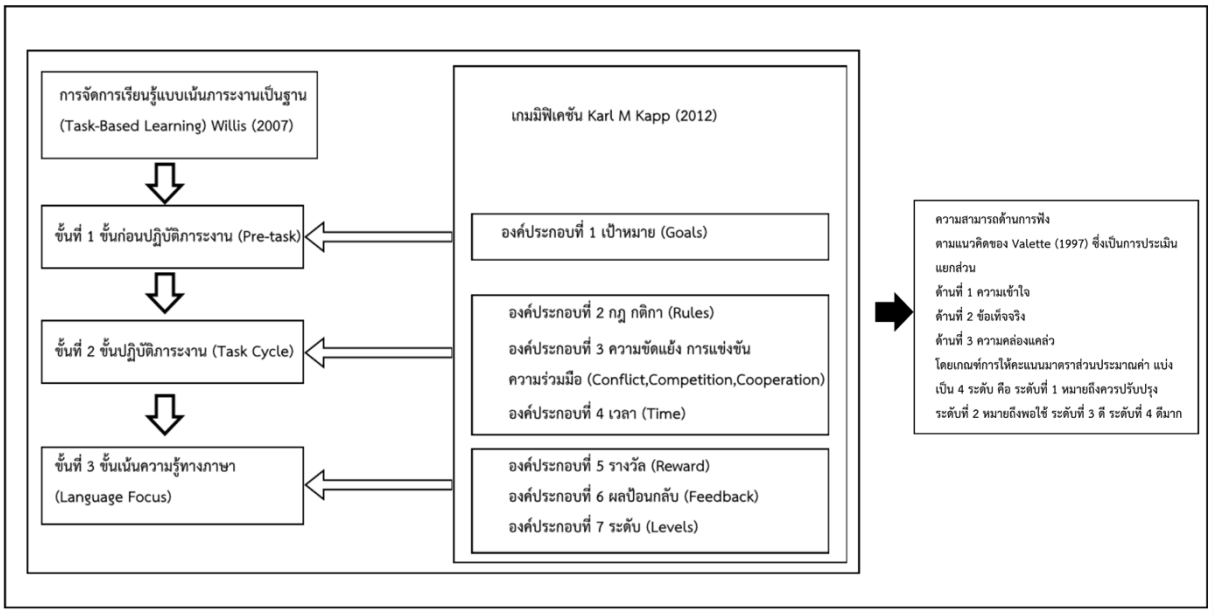
ผู้วิจัยจึงพัฒนาความสามารถด้านการฟังภาษาจีนที่เป็นทักษะเริ่มแรกในการเรียนภาษา เนื่องจากในบริบทของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่นฝ่ายประถมศึกษา (ศึกษาศาสตร์) ที่นักเรียนพึ่งเริ่มเรียนภาษาจีน ผู้วิจัยจึงอยากพัฒนานักเรียนในทักษะการฟัง ซึ่งเป็นทักษะแรกในการเรียนภาษา เพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนภาษาจีนและให้นักเรียนสามารถนำไปต่อยอดในการเรียนภาษาจีนในทักษะอื่นๆ อีกทั้งนักเรียนเป็นนักเรียนระดับประถม ซึ่งไม่มีสมาธิในการเรียนรู้ได้ทั้งชั่วโมง ผู้วิจัยจึงใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐาน (Task-Based Learning) ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อนำรูปแบบการสอนที่ให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของชั้นเรียนและกระบวนการการเรียนรู้โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านการฝึกปฏิบัติกิจกรรมร่วมกับการใช้การโต้ตอบของเกม ซึ่งก่อให้เกิดความสนุกสนานมาใช้ในการกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจในกิจกรรม ใช้ในการจัดการเรียนรู้สำหรับเด็กประถม ที่อยู่ในวัยชอบเล่น ชอบทำกิจกรรม และไม่สามารถนั่งเรียนอยู่กับที่ได้เป็นเวลานานเพื่อให้ได้เรียนรู้ร่วมกันจนเกิดเป็นความรู้ที่คงทนถาวรและนำไปใช้ต่อยอดทักษะต่างๆ ในอนาคต รวมไปถึงการนำเทคนิค รูปแบบและกฎเกณฑ์ของเกมมาใช้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนุกสนานท้าทายและกระตุ้นให้ผู้เรียนมากยิ่งขึ้น ให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนความสามารถด้านการฟังให้มีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีการสอนแบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบเกมมิฟิเคชัน ให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของกลุ่มตัวอย่าง ขึ้นไป

กรอบแนวคิด

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาความสามารถด้านการฟังภาษาจีน โดยใช้แนวคิดของ Valette (1997) ซึ่งเป็นแยกส่วน แบ่งเป็น 3 ด้าน คือด้านที่ 1 ความเข้าใจ ด้านที่ 2 ข้อเท็จจริง และด้านที่ 3 ความคล่องแคล่ว โดยใช้วิธีการสอนแบบเน้นภาระงานเป็นฐาน (Task-based learning) โดยใช้แนวคิดของ Willis (2011) มีทั้งสิ้น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นก่อนปฏิบัติภาระงาน (Pre- task) ขั้นตอนที่ 2 ขั้นปฏิบัติภาระงาน (Task Cycle) ขั้นตอนที่ 3 ขั้นเน้นความรู้ทางภาษา (Language Focus) ร่วมกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบเกมมิฟิเคชัน โดยใช้แนวคิดของ Karl M Kapp (2012) ซึ่งมีองค์ประกอบ ดังนี้ 1. เป้าหมาย (Goals) 2. กฎ กติกา (Rules) 3. ความขัดแย้ง การแข่งขัน หรือความร่วมมือ (Conflict, Competition, or Cooperation) 4. เวลา (Time) 5. รางวัล (Reward) 6. ผลป้อนกลับ (Feedback) และ 7. ระดับ (Levels) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามหลักการและขั้นตอนของ Kemmis & Taggart ประกอบด้วยกิจกรรมการวิจัย 4 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้สังเกตการณ์ชั้นเรียนรายวิชาภาษาจีน และสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในการเรียนรู้รายวิชา
ภาษาจีน ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ(ภาษาจีน) และหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายประถมศึกษา (ศึกษาศาสตร์) กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาจีน) และดำเนินการขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ซึ่งได้รับการอนุมัติ เลขที่โครงการ HE673304 จากนั้นสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบภาระงานเป็นฐาน (Task-based Learning) ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง □ □ □ □ □ □ ฉันมีดินสอสามด้าม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง 商店有四双鞋 ร้านค้ามีรองเท้าสี่คู่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง 我想吃包子和比萨饼 ฉันอยากทานซาลาเปาและพิซซ่า

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง 面包在上边 ซาลาเปาอยู่ข้างบน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง 教室里面有椅子 ในห้องเรียนมีเก้าอี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง 学校后面有公园 ด้านหลังโรงเรียนมีสวนสาธารณะ

จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผน ตรวจสอบความถูกต้องและประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

2) การปฏิบัติตามแผนที่กำหนด (Act)

ผู้วิจัยดำเนินการนำแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ที่ได้ปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาขึ้นตามคำแนะนำของ
ผู้เชี่ยวชาญไปใช้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนกับกลุ่มเป้าหมาย และหลังจากดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการครบ 3 วงจรแล้ว ทดสอบโดยแบบทดสอบความสามารถด้านการฟังภาษาจีนแล้วนำผลไปสรุปผลการวิจัย

3) การสังเกตผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน (Observer)

ผู้วิจัยสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยความรอบคอบทั้งผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย โดยการจดบันทึกลงในแบบ
บันทึกพฤติกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งจะสังเกตทั้งสิ่งที่คาดหวังจะให้เกิดและสิ่งที่ไม่คาดหวัง โดยอาศัยเครื่องมือในการเก็บรวบรวม ข้อมูลหลายชนิด ได้แก่ แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ของครู แบบสังเกตพฤติกรรมของครูและนักเรียน แบบสัมภาษณ์นักเรียน แบบทดสอบความสามารถในการฟังภาษาจีนท้ายวงจร

4) การสะท้อนผล (Reflect)

ผู้วิจัยประเมินหรือตรวจสอบกระบวนการวิจัยที่ได้จากการสังเกตและบันทึกพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

กลุ่มเป้าหมาย ว่าประสบผลสำเร็จหรือเกิดปัญหาใดที่เป็นข้อจำกัดต่อการดำเนินการครั้งนี้ รวมทั้งสรุปข้อมูลที่ได้จากการดำเนินการวิจัยเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรต่อไป

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่นักเรียน นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 (ยูนิท ดี) กลุ่ม 1 โรงเรียนสาธิต
มหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายประถมศึกษา (ศึกษาศาสตร์) ปีการศึกษา 2567 จำนวน 38 คน การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยมีเกณฑ์ในการเลือกคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 (ยูนิท ดี) กลุ่ม 1 มีความสามารถในการฟังภาษาจีนอยู่ในระดับปานกลาง ผู้วิจัยจึงอยากพัฒนาให้ความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียนอยู่ในระดับที่สูงขึ้น เพื่อเป็นพื้นฐานในทักษะการเรียนรู้ที่สูงขึ้นต่อไป

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 2) เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติ 3) เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการ

แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาภาษาจีน โดยใช้วิธีการสอนแบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบเกมมิฟิเคชันจำนวน 6 แผนการเรียนรู้ จำนวน 12 ชั่วโมง ซึ่งมีผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับค่าเฉลี่ย 4.66 ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

3.2 เครื่องมือที่ใช่ในการสะท้อนผลการปฏิบัติ

เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติ ประกอบด้วย

1) แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ของครู

2) แบบสังเกตพฤติกรรมของครูและนักเรียน

3) แบบสัมภาษณ์นักเรียน

4) แบบทดสอบความสามารถในการฟังภาษาจีนท้ายวงจร ทดสอบแบบปากเปล่า วงจรละ 2 ข้อ จำนวน 3 วงจร รวม 6 ข้อ ซึ่งมีค่าความสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการฟังภาษาจีนเท่ากับ 1.00 หมายถึง มีความสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการฟังภาษาจีน และในวงจรที่ 1 มีค่าความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.66 – 0.69 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.24 – 0.27 ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.99 วงจรที่ 2 มีค่าความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.68 – 0.72 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.21 – 0.23 ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.98 และวงจรที่ 3 มีค่าความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.74 – 0.77 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.28 – 0.33 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.96

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถในการฟังภาษาจีน ทดสอบแบบปากเปล่า จำนวน 2 ข้อ ซึ่งมีค่าความสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการฟังภาษาจีนเท่ากับ 1.00 หมายถึง มีความสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการฟังภาษาจีน และมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.68 – 0.69 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.21 – 0.29 ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.98

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นเป็นการวิจัยเชิงทดลอง ผู้วิจัยได้ดำเนินการในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ก่อนการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำความเข้าใจร่วมกับผู้ช่วยวิจัยและปฐมนิเทศนักเรียนเกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาภาษาจีน โดยใช้วิธีการสอนแบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบเกมมิฟิเคชันเพื่อสร้างข้อตกลงและสร้างความเข้าใจร่วมกัน

2 ดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาภาษาจีน โดยใช้วิธีการสอนแบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบเกมมิฟิเคชัน จำนวน 3 หน่วยการเรียนรู้ 6 แผน เวลา 12 ชั่วโมงแบ่งเป็น 3 วงจรปฏิบัติการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3.หลังสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลโดยแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ของครู แบบสังเกตพฤติกรรมของครูและนักเรียน แบบสัมภาษณ์นักเรียน แบบทดสอบความสามารถในการฟังภาษาจีนท้ายวงจร เพื่อให้ได้ข้อมูลสะท้อนผลการปฏิบัติและนำมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติต่อไป

4. เมื่อจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูล โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถในการฟังภาษาจีน เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้จัดประเภทของการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทและดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ ของคะแนนแบบทดสอบความสามารถในการฟังภาษาจีน แบบทดสอบความสามารถในการฟังภาษาจีนท้ายวงจรและแบบทดสอบความสามารถในการฟังภาษาจีน นำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) แจกแจงข้อค้นพบในเชิงอธิบาย โดยผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากเครื่องมืออันได้แก่แบบสัมภาษณ์นักเรียนและแบบสังเกตพฤติกรรมของครูและนักเรียนมาวิเคราะห์และประเมินสภาพการจัดกิจกรรมการเรียนเรียนรู้ที่เกิดขึ้น ว่าปฏิบัติได้ดีเพียงใด มีปัญหาและอุปสรรคอย่างไร เพื่อเป็นแนวทาง ในการแก้ไขปรับปรุงและพัฒนาการเรียน การสอนให้มีประสิทธิภาพในวงจรต่อไป แล้วนำเสนอผลการวิจัย

ผลการศึกษา

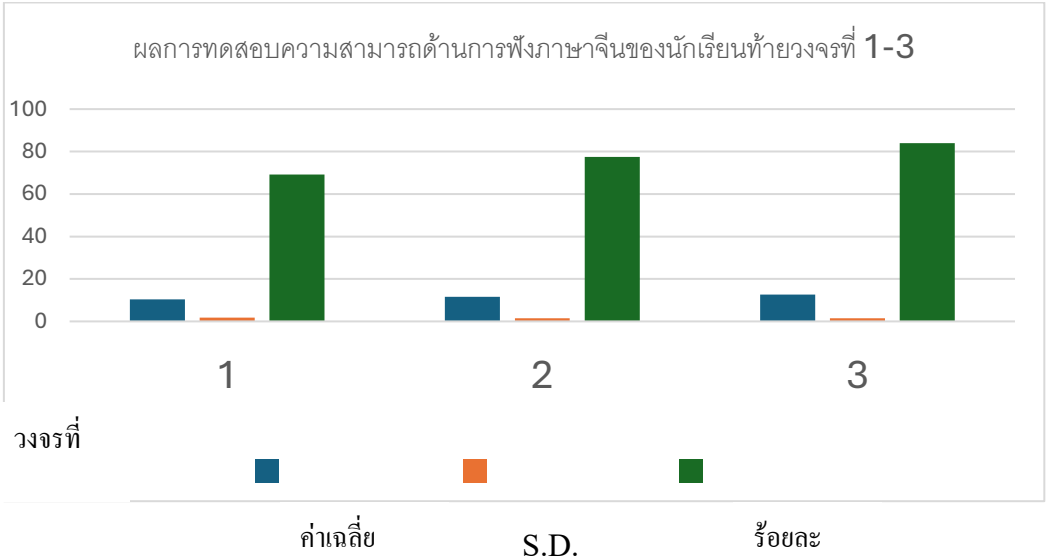
หลังจากผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-6 รวม 12 ชั่วโมง ตามวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 และผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการฟังภาษาจีนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยแบบทดสอบความสามารถในการฟังภาษาจีนท้ายวงจร ทดสอบแบบปากเปล่า จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 15 คะแนน เพื่อวัดและประเมินการวิจัยในจุดประสงค์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการฟังภาษาจีนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีการสอนแบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบเกมมิฟิเคชันให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป ซึ่งมีผลการทดสอบความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียนท้ายวงจรที่ 1-3

ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียนท้ายวงจรที่ 1-3

วงจรที่	จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเฉลี่ย (คะแนนเต็ม 15 คะแนน)			นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์		นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์	
		ค่าเฉลี่ย	S.D.	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ
1	38	10.40	1.82	69.12	18	47.36	20	52.63
2	38	11.63	1.53	77.54	27	71.05	11	28.94
3	38	12.60	1.49	84.03	30	78.94	8	21.05

จากตารางที่ 1 พบว่าผลการทดสอบความสามารถในการฟังภาษาจีนท้ายวงจรที่ 1-3 นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 10.40, 11.63, 12.60 คิดเป็นร้อยละ 69.12 ร้อยละ 77.54 และร้อยละ 84.03 ตามลำดับ และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 18, 27, 34 คิดเป็นร้อยละ 47.36 ร้อยละ 71.05 และร้อนละ 78.94 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่านักเรียนมีคะแนนสูงขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ในแต่ละวงจรปฏิบัติการมีจำนวนเพิ่มขึ้น สามารถแสดงเป็นแผนภูมิการทดสอบความสามารถในการฟังภาษาจีนท้ายวงจรที่ 1-3 ได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถดานการฟังภาษาจีนท้ายวงจรที่ 1-3 และจำนวนนักเรียนคะแนนทดสอบผ่านเกณฑ์

หลังจากผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-6 รวม 12 ชั่วโมง ตามวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 และผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการฟังภาษาจีนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยแบบทดสอบความสามารถในการฟังภาษาจีน ทดสอบแบบปากเปล่า จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน เพื่อวัดและประเมินการวิจัยในจุดประสงค์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการฟังภาษาจีนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีการสอนแบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบเกมมิฟิเคชันให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป ซึ่งมีผลการทดสอบความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียน ดังตาราง 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียน

จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเฉลี่ย (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)			นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์		นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์	
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ
38	22.84	2.04	76.14	32	84.21	6	15.76

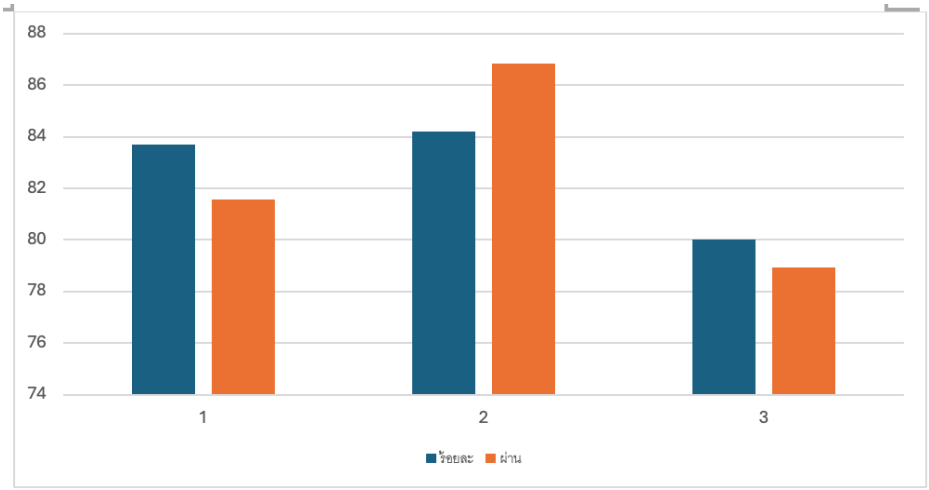
จากตารางที่ 2 พบว่าผลการทดสอบความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 22.87 คิดเป็นร้อยละ 76.23 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 84.21 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

เมื่อพิจารณาความสามารถด้านการฟังภาษาจีนตามองค์ประกอบของ Valette (1997) ปรากฏดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความสามารถด้านการฟังภาษาจีนตามองค์ประกอบของ Valette (1997)

ความสามารถด้านการฟังภาษาจีนตามองค์ประกอบของ Valette (1997)	จำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย	คะแนน		S.D.	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย	จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์	
		เต็ม	เฉลี่ย			จำนวน (คน)	ร้อยละ
1.ความเข้าใจ	38	5	4.18	0.80	83.68	31	81.57
2.ข้อเท็จจริง	38	5	4.21	0.70	84.21	33	86.84
3.ความคล่องแคล่ว	38	5	4	0.73	80.00	30	78.94

จากตารางที่ 3 พบว่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากผลการทดสอบความสามารถด้านการฟังภาษาจีนทั้ง 3 ด้าน ด้านที่มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านข้อเท็จจริง คิดเป็นร้อยละ 84.21 รองลงมาคือ ด้านความเข้าใจ คิดเป็นร้อยละ 83.68 และองค์ประกอบที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดคือด้าน ความคล่องแคล่ว คิดเป็นร้อยละ 80 ตามลำดับ ผลที่ได้สามารถแสดงเป็นแผนภูมิผลการทดสอบความสามารถด้านการฟังภาษาจีนได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถด้านการฟังภาษาจีนตามองค์ประกอบของ Valette (1997)

สรุปผลและอภิปรายผล

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชันให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป พบว่า ความสามารถด้านการฟังภาษาจีนมีนักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 22.84 คิดเป็นร้อยละ 76.14 และมีนักเรียน ผ่านเกณฑ์จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 84.21 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจาก การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน เป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน โดยมีการพัฒนาต่อเนื่องตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผน รวม 12 ชั่วโมง ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาความสามารถด้านการฟังภาษาจีน โดยเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียน ทั้ง 3 องค์ประกอบตามองค์ประกอบของ Valette (1997) ได้แก่ 1) ความเข้าใจ 2) ข้อเท็จจริง 3) ความคล่องแคล่ว โดยองค์ประกอบที่มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ องค์ประกอบด้านข้อเท็จจริง คิดเป็นร้อยละ 84.21 รองลงมาคือ องค์ประกอบด้านด้านความเข้าใจ คิดเป็นร้อยละ 83.68 และองค์ประกอบที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ องค์ประกอบด้านความคล่องแคล่ว คิดเป็นร้อยละ 80 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ช่วยให้นักเรียนมีความสามารถด้านการฟังภาษาจีน ซึ่งเป็นทักษะแรกในการเริ่มเรียนภาษาและการสื่อสาร โดยหากนักเรียนสามารถฟังภาษาจีนได้ถูกต้อง จะสามารถตอบคำถามหรือบอกความต้องการของตนเองได้ และสามารถนำไปใช้ในการสนทนาในชีวิตประจำวัน อีกทั้งสามารถนำไปใช้ในการเรียนในอนาคตและเป็นพื้นฐานในการเรียนภาษาจีน ซึ่งสอดคล้องกับ ฐิติรัตน์ ลดาวัลย์ (2552) กล่าวว่า การฟังเป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการทำงานอย่างตั้งใจของระบบประสาท ซึ่งจะต้องประกอบด้วย การได้ยิน การรับรู้หรือสัญชาตญาณ การจำได้ และความเข้าใจหมายความ ว่าในการฟังนั้นต้องมีการรับสารและตีความหมายของสารที่ได้ยินนั้นด้วย การฟังจึงนับว่าเป็นศิลปะอย่างหนึ่งที่ผู้ฟังต้องใช้ทักษะไหวพริบและความคิดเป็นสำคัญ เพื่อต่อยอดไปยังทักษะการพูดและการสื่อสารต่อไป

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ช่วยให้นักเรียนและพัฒนาตนเองในด้านการฟังภาษาจีน หลาย ๆ ด้านกล่าวคือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เป็นการจัดการเรียรู้ที่เน้นงานปฏิบัติ คือนักเรียนได้มีโอกาสใช้ภาษาจริงระหว่างการปฏิบัติภาระงาน ชิ้นงานที่กำหนดมีความสอดคล้องกับสถานการณ์จริงสามารถนำไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน ส่งผลให้นักเรียนเห็นความสำคัญของเนื้อหาที่เรียน อีกทั้งเกมมิฟิเคชันทำให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนและกระตุ้นให้เกิดการมีส่วนร่วมเฉพาะบุคคลกลุ่มบุคคลและชุมชนเพื่อขับเคลื่อนให้เกิดพฤติกรรม เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการฟังและการพูดภาษาจีนเพื่อเป็นพื้นฐานในการใช้ชีวิตและต่อยอดในทักษะต่อไป ดังข้อความสนับสนุนต่อไปนี้“...การเรียนแบบใช้ภาระงานและเกมช่วยให้หนูฟังและพูดภาษาจีนได้ดีขึ้นค่ะ เพราะหนูได้ฝึกพูดตอนซื้อของ และต้องฟังเพื่อนถามเป็นภาษาจีน แล้วตอบกลับไป หนูสนุกมากเพราะได้เล่นเป็นทั้งคนซื้อและคนขาย ได้ใช้ภาษาจีนจริงๆ กับเพื่อนๆ ค่ะ”(การสัมภาษณ์,นักเรียนคนที่ 13, 9 สิงหาคม 2567) ซึ่งสอดคล้องกับ Underwood (1993) อธิบายว่า การฟัง เป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ความสนใจและความพยายาม เพื่อให้ทราบความหมายของสิ่งที่ได้ยิน การที่จะประสบผลสำเร็จนั้น ผู้ฟังต้องเข้าใจความหมายที่ผู้พูดต้องการสื่อ เพราะความหมายของประโยคที่ผู้พูดพูดนั้น อาจมีความหมายหลายอย่าง ผู้ฟังต้องจำคำพูดและวิเคราะห์สิ่งอื่น ๆ ที่ใช้เสนอข่าวสารนั้น

ผลการวิจัยสอดคล้องกับผลการวิจัยของ คุณาพร มีเจริญ และ อุบลวรรณ ส่งเสริม (2564) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการฟังพูดภาษาจีนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นภาระงานร่วมกับสื่อมัลติมีเดียสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการฟัง-พูดภาษาจีนของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นภาระงานร่วมกับสื่อมัลติมีเดียสูงกว่าก่อนเรียน การจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐานที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจากงานหรือกิจกรรมด้วยตนเองสามารถนำมาพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยร่วมกับแนวคิดของสื่อมัลติมิเดียดังผลงานวิจัยหรือแนวคิดของเกมมิฟิเคชัน สามารถพัฒนาความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยฉบับนี้เป็นบทความวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียนกับการจัดการเรียนรู้ เป็นการนำเอาองค์ความรู้ที่ได้รับจากการทำวิจัยมาถ่ายทอด ต่อยอด พัฒนาและแก้ไขปัญหาการศึกษาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนและในการเรียนภาษาจีน ซึ่งการดำเนินงานวิจัยมิอาจสำเร็จลุล่วงไปได้หากปราศจากความร่วมมือความกรุณาของผู้มีพระคุณและกัลยาณมิตรทุกท่านโดยเฉพาะรองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพล อาจอินทร์ ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น รองผู้อำนวยการโรงสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายประถมศึกษา (ศึกษาศาสตร์) คณาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายประถมศึกษา (ศึกษาศาสตร์)ทุกท่าน นักศึกษาปฏิบัติการสอนในสถานศึกษา นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 (ยูนิท ดี 2 กลุ่ม 1) ที่อำนวยความสะดวกช่วยเหลือทั้งในการตรวจเครื่องมือในการลงวิจัยและนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการลงวิจัยในครั้งนี้ นอกจากนี้ข้าพเจ้าใคร่ขอบพระคุณเจ้าของเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ผู้วิจัยได้นำมาอ้างอิงจนในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัย อันเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจที่นำการจัดการเรียนรู้แบบ
เน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชันเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียน ไปประยุกต์ใช้ดังนี้

1.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1) การนำการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชันเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการ
ฟังภาษาจีนของนักเรียน ไปใช้ในขั้นตอนการทำกิจกรรมควรตั้งกฎและกติกาให้ชัดเจนก่อนเริ่มกิจกรรม เนื่องจากเมื่อทำกิจกรรมแล้วนักเรียนเกิดความสนุกสนาน จะทำให้บรรยากาศในห้องเรียนควบคุมได้ยาก

2) การนำการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชันเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการ
ฟังภาษาจีนของนักเรียน ไปใช้ในขั้นตอนการทำกิจกรรมควรบริหารจัดการเวลา และเลือกรูปแบบกิจกรรมให้เหมาะสมกับเวลาที่มี

1.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) ในการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยควรนำเอาการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชันเพื่อ
พัฒนาความสามารถด้านการฟังภาษาจีนของนักเรียน โดยนำเอาผลของการพัฒนาการฟังภาษาจีนพัฒนาให้ได้ความสามารถทางการฟังและการพูดภาษาจีน

2) ในการวิจัยครั้งต่อไป การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานเป็นฐาน ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาอื่นๆ เช่นภาษาอังกฤษ ภาษาญี่ปุ่น เพื่อพัฒนาความสามารถของนักเรียนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ [อินเทอร์เน็ต]. 2565 ; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2566.ได้จาก https://bict.moe.go.th/wp-content/uploads/2022/03/digital-63-65.pdf

กรมวิชาการ [อินเทอร์เน็ต]. 2545; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 7 มกราคม 2567. ได้จาก http://fonnoylove.blogspot.com

คุณาพร มีเจริญ และ อุบลวรรณ ส่งเสริม [อินเทอร์เน็ต]. 2564; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2567. ได้จาก http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/3276/1/59263301.pdf

ฐิติรัตน์ ลดาวัลย์ [อินเทอร์เน็ต]. 2552; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2567. ได้จาก https://e-thesis.snru.ac.th/file_thesis/2018010757421229139_ref.pdf

เด็น จินยู และ วิภาพรรณ ขุนบุญจันทร์ [อินเทอร์เน็ต]. 2562; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2567. ได้จาก https://so01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSocSci/article/view/193990

วิจารณ์ พานิช [อินเทอร์เน็ต]. 2555; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2567. ได้จาก ahttps://eresearch.rbru.ac.th/pdf-uploads/thesis-1705

สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ [อินเทอร์เน็ต]. 2021; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2566. ได้จาก https://bict.moe.go.th/wp-content/uploads/2022/03/digital-63-65.pdf

ไชยฉัตร โรจน์พลทามล [อินเทอร์เน็ต]. 2562; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2566. ได้จาก http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/3879/1/620620134.pdf

Branden [Internet].2006; Accessed 2023 November 12. Available from: https://massupha.wordpress.com

Chokdeemeesuk [Internet].2015; Accessed 2023 November 7. Available from: https://opac01.rbru.ac.th/multim/journal/05176.pdf

Nunan [Internet].2004; Accessed 2023 November 11. Available from: https://massupha.wordpress.com

K. M. Kapp, Lee, and Hammer [Internet].2012; Accessed 2023 November 7. Available from: https://www.researchgate.net/_The_gamification_of_learning_and_instruction_Gamebased_methods_and_strategies

Lang and Xie [Internet].2019; Accessed 2023 November 21. Available from: https://doi.org/10.1075/csl

Underwood [Internet].1993; Accessed 2023 November 21. Available from: https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/034003529301900109

Willis [Internet].2011; Accessed 2023 November 21, Available from: https://massupha.wordpress.com

การพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์

The development of thai reading ability for grade 1 students using the brain-based learning with phonics method

วิสสุตา นาโสก[1*] และ สิทธิพล อาจอินทร์[22*]

Wissuta Nasok[1*] and Sitthipon Art-in[2*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนบ้านหนองโกโพธิ์เงินคำผักกูด จำนวน 11 คน รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้รายวิชาภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องวันสงกรานต์ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ จำนวน 1 หน่วย 6 แผน เวลา 12 ชั่วโมง 2) แบบทดสอบความสามารถด้านการอ่านออกเสียงท้ายวงจร และ 3) แบบวัดความสามารถด้านการอ่านออกเสียง วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดนการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ (%) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถด้านการอ่านออกเสียงเฉลี่ยเท่ากับ 25.61 คิดเป็นร้อยละ 85.3 ของคะแนนเต็ม มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 10 คน คิดเป็น 90.90 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสมองเป็นฐาน, การอ่านออกเสียง, วิธีการสอนแบบโฟนิกส์

[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[2] รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

1 Master Degree Student in Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, 40002

2 Associate Professor, Curriculum and Instruction Program, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, 40002

*Corresponding author : Vissuta_n@kkumail.com

Abstract

The objectives of this research were to develop Thai language reading ability for Grade 1 student so that the students made a mean score of 70 % or higher and at least 70% of them pass the prescribed criterion. The target group consisted of 11 Grade 1 students, during the first semester of academic year 2024, Ban NongKo PhoNeang Kham PakKood School. The study was based on Action Research consists of 3 Action spirals. The research instruments consisted of 1) Thai language lesson plans using the brain–based learning with the phonics method, 6 lesson plans, 12 instructional periods, 2) end–of–spiral Thai language reading ability test 3) Thai language reading ability test. Quantitative Data were analyzed by Descriptive Statistics consisted of Mean ($\bar{X}$), Standard Deviation (S.D.) and Percentage (%). The findings were found that The students made a mean Thai language reading ability score of 25.61 or 85.3% of the full marks, and 10 students or 90.90% of the group passed the criterion, which higher than the prescribed criterion.

Keywords: Brain–based learning, Thai reading ability, Phonics method

บทนำ

ในยุคศตวรรษที่ 21 เป็นยุคที่โลกต้องเผชิญกับความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการพัฒนาประชากรหรือเยาวชนให้เติบโตเป็นบุคคลที่มีคุณภาพของประเทศจึงเป็นสิ่งสำคัญเพราะพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ควรมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมซึ่งนำไปสู่การพัฒนาทักษะต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นทักษะอาชีพการงาน ทักษะทางสังคม อันนำไปสู่โอกาสในการดำรงชีวิตที่ดีขึ้น ดังนั้นการศึกษาที่ตอบโจทย์กับศตวรรษนี้ ต้องเรียนรู้ไปสู่ทักษะในวิชาเพื่อดำรงชีวิต ในโลกของความเป็นจริงการเรียนต้องเน้นการลงมือทำ หรือการฝึกฝนทักษะต่าง ๆ โดยทักษะในศตวรรษที่ 21 อันเป็นทักษะพื้นฐานที่ทุกคนต้องรู้ตลอดชีวิตได้แก่ ทักษะการอ่าน ทักษะการเขียน และทักษะทางคณิตศาสตร์ (วิจารณ์ พานิช, 2556) จากนโยบายด้านการศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานสำนักทดสอบทางการศึกษาเล็งเห็นถึงความสำคัญของการอ่านและการเขียนของเยาวชนไทยจึงได้กำหนดให้มีการประเมินผลสัมฤทธิ์นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ได้แก่ 1) อ่านออก 2) อ่านรู้เรื่อง และ 3) เขียนได้ โดยจัดทำแบบทดสอบการอ่านออกเขียนได้ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เพื่อนำข้อมูลสารสนเทศที่ได้ไปวางแผนแก้ปัญหาและพัฒนาคุณภาพผู้เรียนในระดับชั้นต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะฉะนั้นการให้ความสำคัญถึงการปูพื้นฐานการอ่านออกเขียนได้ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2558)

การอ่านเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญต่อการแสวงหาความรู้ของนักเรียน หากนักเรียนไม่สามารถอ่านออกเสียงได้ย่อมประสบปัญหาต่อการเรียนรู้ ในการอ่านนั้นนักเรียนจะต้องสามารถรู้จักพยัญชนะ สระ วรรณยุกต์ และสามารถอ่านและเขียนคำที่ประสมในแม่ ก กา ได้ หรือสะกดถูกต้อง สามารถอ่านคำที่มีตัวสะกดตรงตามมาตราและคำที่มีตัวสะกดไม่ตรงตามมาตราได้ สามารถอ่านคำที่มีสระลดรูปหรือสระเปลี่ยนรูปได้ สามารถอ่านและเขียนคำควบกล้ำ คำที่มีอักษรนำ และคำที่มีตัวการันต์ได้และสามารถเรียนรู้และมีวิธีการอ่านที่ถูกต้อง รู้จักฝึกฝนการอ่านอยู่เสมอ เพราะจะช่วยให้มีพื้นฐานการอ่านที่ดี นอกจากนี้การอ่านยังเป็นการเพิ่มอาหารสมองที่ช่วยพัฒนาสติปัญญาให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ และเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาและตอบสนองต่อความต้องการทางด้านอารมณ์และจิตใจ (อัฉราพรรณ พาไสย์, 2560)

ปัจจุบันประเทศไทยพบปัญหาเยาวชนอ่านไม่ออกในระดับที่น่าเป็นห่วง โดยจากการประเมินความสามารถด้านการอ่านของผู้เรียน (Reading Test: RT) ในปีการศึกษา 2565 พบเยาวชนกว่า 36,060 คน คิดเป็นร้อยละ 6.17 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่มีปัญหาด้านการอ่านออกเสียง และเยาวชนกว่า 7,868 คน คิดเป็นร้อยละ 1.34 ที่มีปัญหาด้านการอ่านรู้เรื่อง (สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2566) ซึ่งจากปัญหาการอ่านดังกล่าวแม้ว่าร้อยละของนักเรียนที่อ่านไม่ออกมีจำนวนไม่มาก ทว่าหากปล่อยให้ปัญหาดังกล่าวดำเนินต่อไปย่อมเป็นปัญหาฝังลึกของระบบการศึกษาเนื่องจากพัฒนาการของนักเรียนกลุ่มอ่านไม่ออกเหล่านี้จะยังคงอยู่และส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้รายวิชาอื่น ๆ ต่อไป จากปัญหาดังกล่าวนับว่าเป็นปัญหาใหญ่สำหรับการศึกษาไทยในปัจจุบันโดยเหตุแห่งปัญหาของการอ่านไม่ออกของเยาวชนไทย สาเหตุแรก คือ ครูให้เวลากับการฝึกทักษะการอ่านไม่เพียงพอ สอนวิธีการเรียนรู้รายวิชาภาษาไทยไม่ดีพอ ไม่มีศิลปะในการสอน สาเหตุที่สองเกิดจากนักเรียนส่วนมากอาจมีเหตุปัจจัยแฝงเร้นในชีวิตประจำวัน เช่น นักเรียนมีสภาวะสมาธิสั้นจากการดูโทรทัศน์หรือเล่นเกมในช่วงวัยแรกถึง 7 ขวบ ขาดเรียนบ่อย ย้ายโรงเรียนบ่อย ป่วยเรื้อรัง ขาดความอบอุ่น อาศัยอยู่กับตายาย มีภาวะทุพโภชนาการ เป็นต้น (ศิวกานท์ ปทุมศูติ, 2552)

จากปัญหาการอ่านไม่ออกของนักเรียนชั้นประถมศึกษาส่งผลให้นักเรียนเครียดและเบื่อหน่ายการเรียนรู้จึงมีผู้ได้เสนอแนวทางและหลักการจัดการเรียนการสอนให้แก่ครูผู้สอนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แก่ผู้เรียนทำให้การเรียนรู้ของผู้เรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังที่ Carroll (1963) อธิบายว่าครูที่มีประสิทธิภาพต้องเป็นครูที่สอนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ แต่การสอนที่ดีไม่ได้ขึ้นอยู่กับการสอนของครูเท่านั้น แต่ต้องขึ้นอยู่กับผู้เรียนด้วย ดังนั้น ผู้สอนต้องให้ความสำคัญกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการทำงานของสมองซึ่งเป็นอวัยวะสำคัญในการเรียนรู้ ในความเป็นจริงการสอนที่ดีไม่ได้ขึ้นอยู่กับการสอนของครูเท่านั้น แต่ต้องขึ้นอยู่กับผู้เรียนด้วย ดังนั้นผู้สอนต้องให้ความสำคัญกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการทำงานของสมองซึ่งเป็นอวัยวะสำคัญในการเรียนรู้ ดังที่ Caine (2005) ได้เสนอหลักการจัดการเรียนการสอนโดยใช้สมองเป็นฐาน (Brain – Based Learning) เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ความรู้ด้านประสาทวิทยาที่เกี่ยวกับการทำงานของสมองที่มีผลต่อการเรียนรู้มาใช้ในการออกแบบวิธีการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับการทำงานของสมองอย่างเป็นธรรมชาติ โดยมุ่งเน้นการพัฒนาการทำงานของสมองด้านการจัดการ (Executive Function) ที่ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาด้านการวางแผนและการจัดระบบความคิด การใช้เหตุผล มีทักษะที่หลากหลาย คิดอย่างมีวิจารณญาณ และมีกระบวนการจำ นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการด้านสังคม อารมณ์ และสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้นผ่านการทำงานของสมองอย่างเป็นธรรมชาติแสดงให้เห็นว่าสมองส่วนนี้มีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นอย่างมาก ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนโดยใช้สมองเป็นฐานจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการนำมาใช้การพัฒนาการอ่านของนักเรียนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเป็นระดับชั้นที่เริ่มต้นเรียนการอ่านและเขียนภาษาไทย ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างมากที่นักเรียนต้องเรียนรู้การอ่านออกเสียงที่ถูกต้อง ในขณะเดียวกันยังมีแนวคิดอีกหนึ่งแนวคิดที่น่าสนใจในการพัฒนาการอ่านออกเสียงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนต้นโดย วันเพ็ญ เดียวสมคิด (2551) กล่าวว่า วิธีการใช้กิจกรรมการเรียนในขั้นตอนของการเริ่มต้นปูพื้นฐานการอ่านออกเสียงของนักเรียนโดยการสอนโดยใช้เทคนิกโฟนิกส์ นับว่าเป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจในการสอนอ่านออกเสียงผ่านการให้นักเรียนได้ฝึกอ่าน โดยเน้นความสัมพันธ์ระหว่างเสียงกับสัญลักษณ์ของเสียง วิธีการนี้ใช้เป็นแนวทางหนึ่งที่จะสามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนภาษาไทยในระดับชั้นต้น ๆ คือ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1–3 เพื่อพัฒนาการอ่านออกเสียงคำที่มีพยัญชนะ และสระซึ่งเป็นการเริ่มเรียนของเด็กชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่นักเรียนต้องจำพยัญชนะและสระให้ได้ รวมไปถึงออกเสียงให้ถูกต้องเสียก่อนจึงจะเป็นพื้นฐานที่ดีในการที่จะเรียนคำที่ยากต่อไป ดังนั้นเพื่อให้เข้าใจอย่างชัดเจนผู้วิจัยจึงเห็นถึงความสำคัญของการอ่านออกเสียงคำ พยัญชนะ สระ โดยใช้เทคนิคการสอนแบบโฟนิกส์ สอดคล้องกับ

ปิยพร เกื้ออนันต์ (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถด้านการอ่านและการเขียนคำภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาโดยใช้วิธีการสอนแบบโฟนิกส์ร่วมกับการใช้สื่อประสม การเสริมแรง และเพื่อนช่วยเพื่อน พบว่า นักเรียนมีความสามารถด้านการอ่านและการเขียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทุกคน รวมไปถึงพบว่าดัชนีความก้าวหน้าด้านการอ่านเฉลี่ยที่ร้อยละ 82.70 และดัชนีความก้าวหน้าด้านการเขียนเฉลี่ยที่ร้อยละ 82.80 ชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนแบบโฟนิกส์สามารถพัฒนาความสามารถด้านการอ่านและการเขียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาและสังเกตคุณภาพการเรียนการสอนและปัญหาที่เกิดขึ้นโดยได้มีการประเมินผลการเรียนรู้รายวิชาภาษาไทยตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ของ ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านหนองโกโพธิ์เงินคำผักกูด พบว่า นักเรียนส่วนมากยังมีปัญหาในด้านการอ่านออกเสียงโดยปัญหาเกิดจากการที่นักเรียนจำเสียงพยัญชนะ สระไม่ได้ ผสมเสียงพยัญชนะสระไม่เป็น สับสนในด้านการอ่านออกเสียง ด้วยเหตุที่กล่าวมานี้ส่งผลให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ยังคงประสบปัญหาด้านการอ่านออกเสียง ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าวจึงได้นำแนวคิดสมองเป็นฐาน (Brain – Based Learning) และวิธีการสอนแบบโฟนิกส์มาพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านหนองโกโพธิ์เงินคำผักกูด สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาร้อยเอ็ด เขต 3 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยผู้วิจัยมีความคาดหวังว่าการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางในการยกระดับความสามารถด้านการอ่านและการเขียนให้กับนักเรียนและเป็นแนวทางแก่ครูผู้สอนในการพัฒนาและแก้ไขปัญหาการอ่านและการเขียนของนักเรียนสืบต่อไป

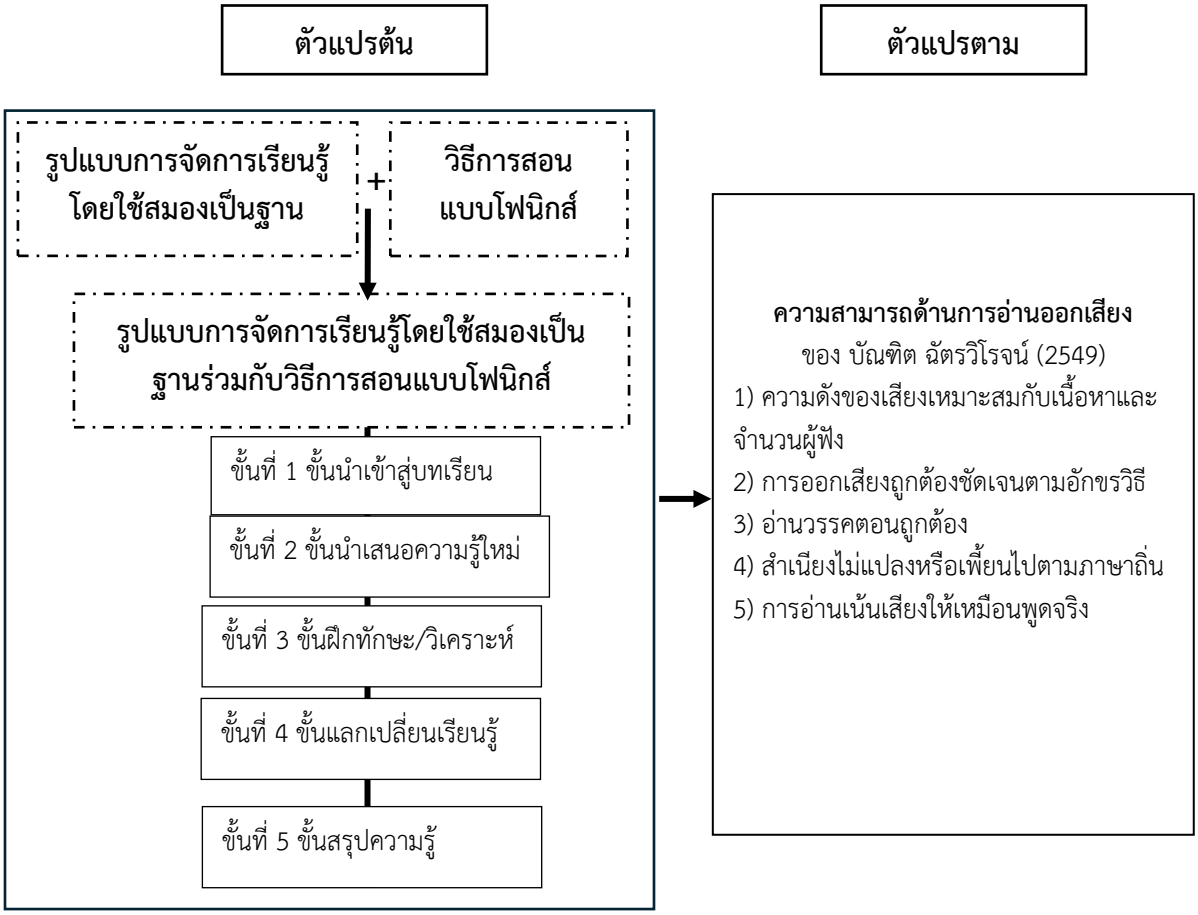
วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสมองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดวิธีการสอนแบบโฟนิกส์โดยให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ ผู้วิจัยได้ศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยจึงได้สังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสมองเป็นฐาน (BBL) จากนักวิจัยหลายท่าน ออกมาเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นที่ 2 ขั้นนำเสนอความรู้ใหม่ ขั้นที่ 3 ขั้นฝึกทักษะ ขั้นที่ 4 ขั้นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และขั้นที่ 5 ขั้นสรุปความรู้ ร่วมกับแนวคิด การสอนแบบโฟนิกส์ โดยผู้วิจัยเลือกสอนแบบการสังเคราะห์การออกเสียง (synthetic phonies) มีขั้นตอนการสอน 5 ขั้น ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Introduction) ขั้นที่ 2 ขั้นสอน (Teach) ขั้นที่ 3 ขั้นฝึก (Practice) ขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ใช้ (Apply) และ ที่ 5 ขั้นประเมินผล (Assess)โดยนำมาพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงตามองค์ประกอบของการอ่านออกออกเสียงของบัณฑิต ฉัตรวิโรจน์ (2549) ซึ่งสังเคราะห์มาเพียง 5 ข้อ เพื่อให้เหมาะสมกับการอ่านออกเสียงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ได้แก่ 1) ความดังของเสียงเหมาะสมกับเนื้อหาและจำนวนผู้ฟัง 2) การออกเสียงถูกต้องชัดเจนตามอักขรวิธี 3) อ่านวรรคตอนถูกต้อง 4) สำเนียงไม่แปลงหรือเพี้ยนไปตามภาษาถิ่น และ 5) การอ่านเน้นเสียงให้เหมือนพูดจริง

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ มีกรอบแนวคิด ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Classroom Action Research) โดยมีวัตถุประสงค์ในการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนบ้านหนองโกโพธิ์เงินคำผักกูด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาร้อยเอ็ด เขต 3 นักเรียนกลุ่มปกติ จำนวน 11 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการวิจัยโดยจำแนกตามลักษณะของการใช้งานได้ 3 ประเภท ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ จำนวน 1 หน่วย 6 แผน เวลา 12 ชั่วโมง เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้เนื้อหาการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาภาษาไทย รหัสวิชา ท11101 ประเมินความเหมาะสมของแผนโดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ของลิเคิร์ท (Likert, 1961) พบว่ามีค่าเฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 4.79 คือแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติการวิจัย ได้แก่

แบบทดสอบความสามารถด้านการอ่านออกเสียงท้ายวงจร แบบปฏิบัติ ในแต่ละวงจร มีการอ่านประโยค 10 ข้อ และอ่านข้อความ 1 ข้อความ นำไปใช้หลังสิ้นสุดการเรียนการสอนในแต่ละวงจร เมื่อนำไปวิเคราะห์พบว่า วงจรที่ 1 วงจรที่ 2 และวงจรที่ 3 มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 ประสิทธิภาพของแบบทดสอบจากค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และความความเชื่อมั่น นำผลคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบมาวิเคราะห์รายข้อ พบว่า วงจรที่ 1 มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.47 – 0.55 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.47 – 0.52 และความความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.86 วงจรที่ 2 มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.46 – 0.68 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.44 – 0.78 และความความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.72 และวงจรที่ 3 มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.49 – 0.78 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.53 – 0.79 และความความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.76

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการวิจัย ได้แก่

แบบวัดความสามารถด้านการอ่านออกเสียงเป็นแบบปฏิบัติประกอบด้วย อ่านประโยค 20 ข้อ และอ่านข้อความ 2 ข้อความ ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) พบว่าข้อสอบวัดความสามารถด้านการอ่านออกเสียงมีค่าเท่ากับ 1.00 มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.46 – 0.64 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.48 – 0.63 และความความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.86

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการการพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสมองเป็นฐาน ร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ โดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ รายละเอียดการเก็บรวบรวมข้อมูลมีดังนี้

4.1 ก่อนการดำเนินการวิจัยผู้วิจัยปฐมนิเทศผู้ช่วยวิจัยและนักเรียน โดยชี้แจงจุดประสงค์การวิจัยและการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์เพื่อสร้างความเข้าใจในแนวเดียวกัน

4.2 ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนการสอน โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ในรายวิชาภาษาไทย หน่วยที่ 6 เรื่อง วันสงกรานต์ ที่สร้างขึ้น จำนวน 6 แผนการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง โดยอาศัยเนื้อหาจากบทเรียน แบ่งเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ วงจรปฏิบัติการละ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 6 แผน

4.3 หลังสิ้นสุดการสอนในแต่ละวงจรปฏิบัติการ จะมีการประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยพิจารณาจากแบบทดสอบความสามารถด้านการอ่านออกเสียงท้ายวงจรแบบปฏิบัติจริง โดยอ่านออกเสียงประโยค

10 ประโยค และอ่านออกเสียงข้อความ 1 ข้อความ รวมทั้งหมด 11 ข้อ นำข้อมูลสะท้อนผลการปฏิบัติเพื่อปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรต่อไป

4.4 เมื่อสอนครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติแล้ว ผู้วิจัยทดสอบความสามารถด้านการอ่านออกเสียงของนักเรียนจากเครื่องมือประเมินผลการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถด้านการอ่านออกเสียง

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

ผลของการทดสอบความสามารถในการอ่านออกเสียงโดยใช้สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ คือ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการหาค่าร้อยละ (Percentage) ของคะแนน และจำนวนคนที่ผ่านเกณฑ์เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

ผลการศึกษา

ผลการพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์

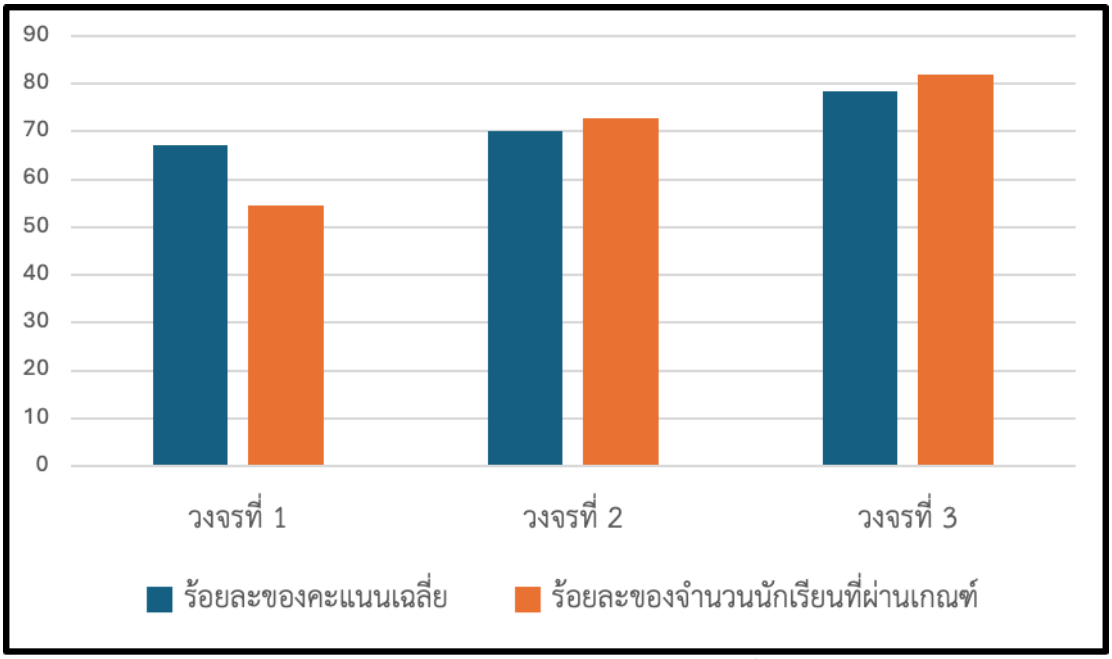
1. ผลการทดสอบความสามารถด้านการอ่านออกเสียงท้ายวงจรที่ 1 – 3

หลังจากผู้วิจัยดำเนินการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้เมื่อสิ้นสุดแต่ละวงจรผู้วิจัยได้ทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการอ่านออกเสียงท้ายวงจรที่ 1 – 3 แบบปฏิบัติจริงเพื่อวัดและประเมินผลการวิจัยการพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงภาษาไทยของนักเรียน โดยมีกำหนดไว้ คือ ให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความสามารถด้านการอ่านออกเสียงท้ายวงจรที่ 1 – 3

ผลการทดสอบท้ายวงจร	จำนวนนักเรียน	คะแนน				ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย	จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์	
		เต็ม	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย			จำนวน (คน)	ร้อยละ
1	11	30	27.5	12.5	20.95	5.16	69.85	6	54.54
2	11	30	25.8	16	21.03	3.34	70.09	7	63.63
3	11	30	28.5	20	23.41	2.65	78.03	9	81.81

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบความสามารถในการอ่านออกเสียงท้ายวงจรที่ 1 – 3 พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยและจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์สูงขึ้นตามลำดับ โดยแสดงการเปรียบเทียบผลจากการทดสอบความสามารถในการอ่านออกเสียงท้ายวงจรที่ 1 – 3 ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภูมิเปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถด้านการอ่านออกเสียง ตามแนวคิดของ บัณฑิต ฉัตรวิโรจน์ (2549) ท้ายวงจรที่ 1 – 3

2. ผลการทดสอบความสามารถด้านการอ่านออกเสียงของนักเรียน

หลังจากผู้วิจัยดำเนินการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้สิ้นสุดทั้ง 6 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง ตามวงจรที่ 1 – 3 แล้ว ผู้วิจัยได้ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถด้านการอ่านออกเสียง แบบปฏิบัติจริง ประกอบด้วย แบบทดสอบการอ่านประโยค 20 ประโยค และอ่านข้อความ 2 ข้อความ คะแนนเต็ม 30 คะแนน เพื่อวัดและประเมินผลการวิจัยว่าการพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงของนักเรียนอยู่ในระดับใด โดยมีเกณฑ์กำหนดไว้ คือ มีคะแนนความสามารถในการอ่านออกเสียงเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป ของนักเรียนทั้งหมด ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความสามารถด้านการอ่านออกเสียง

จำนวนนักเรียน	คะแนน				ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย	จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์	
	เต็ม	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย			จำนวน (คน)	ร้อยละ
11	30	29	20.5	25.57	3.19	85.23	10	90.90

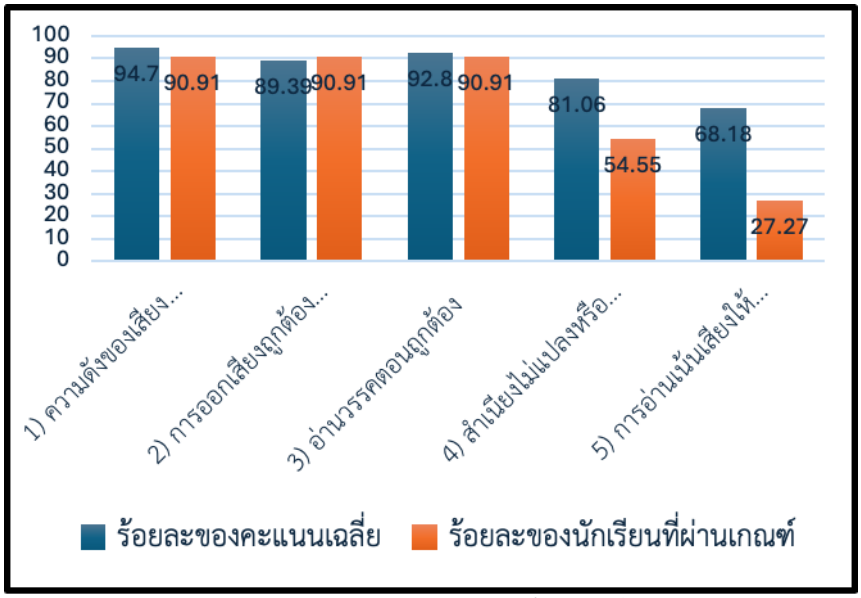
จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบความสามารถด้านการอ่านออกเสียง พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 25.57 คิดเป็นร้อยละ 85.23 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 10 คน จากนักเรียนทั้งหมด 11 คน คิดเป็นร้อยละ 90.90 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ผลการทดสอบความสามารถด้านการอ่านออกเสียงรายด้านตามแนวคิดการอ่านออกเสียงของ บัณฑิต ฉัตรวิโรจน์ (2549) โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ ปรากฏดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความสามารถด้านการอ่านออกเสียงตามองค์ประกอบของ บัณฑิต ฉัตรวิโรจน์ (2549)

ความสามารถด้านการอ่านออกเสียงตามองค์ประกอบของบัณฑิต ฉัตรวิโรจน์ (2549)	จำนวนนักเรียน	คะแนน		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ร้อยละคะแนนเฉลี่ย	จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์	
		เต็ม	เฉลี่ย			จำนวน (คน)	ร้อยละ
1) ความดังของเสียงเหมาะสมกับเนื้อหาและจำนวนผู้ฟัง	11	6	5.68	0.63	94.70	10	90.91
2) การออกเสียงถูกต้องชัดเจนตามอักขรวิธี	11	6	5.36	0.67	89.39	10	90.91
3) อ่านวรรคตอนถูกต้อง	11	6	5.57	0.65	92.80	10	90.91
4) สำเนียงไม่แปลงหรือเพี้ยนไปตามภาษาถิ่น	11	6	4.86	0.92	81.06	6	54.55
5) การอ่านเน้นเสียงให้เหมือนพูดจริง	11	6	4.09	1.02	68.18	3	27.27

จากตารางที่ 4 พบว่า ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบความสามารถในการอ่านออกเสียงทั้ง 5 ขั้นตอน ตามองค์ประกอบของ บัณฑิต ฉัตรวิโรจน์ (2549) ขั้นที่มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ความดังของเสียงเหมาะสมกับเนื้อหาและจำนวนผู้ฟัง คะแนนเต็ม 6 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.68 คิดเป็นร้อยละ 94.70 รองลงมา คือ อ่านวรรคตอนถูกต้อง คะแนนเต็ม 6คะแนน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.57 คิดเป็นร้อยละ 90.91 การออกเสียงถูกต้องชัดเจนตามอักขรวิธี คะแนนเต็ม 6 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.36 คิดเป็นร้อยละ 89.39 สำเนียงไม่แปลงหรือเพี้ยนไปตามภาษาถิ่น คะแนนเต็ม 6 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.86 คิดเป็นร้อยละ 81.06 และขั้นที่มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ การอ่านเน้นเสียงให้เหมือนพูดจริง คะแนนเต็ม 6 คะแนนคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.09 คิดเป็นร้อยละ 68.18 ตามลำดับ โดยแสดงการเปรียบเทียบผลจากการทดสอบความสามารถในการอ่านออกเสียงตามแนวคิดการอ่านออกเสียงของ บัณฑิต ฉัตรวิโรจน์ (2549) รายด้านปรากฏดังรูปภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงผลความสามารถด้านการอ่านออกเสียง ตามองค์ประกอบของบัณฑิต ฉัตรวิโรจน์ (2549) รายด้าน

สรุปผลและอธิปรายผล

ความสามารถด้านการอ่านออกเสียงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถด้านการอ่านออกเสียงเฉลี่ยเท่ากับ 25.57 ($\bar{x}$ = 25.57, S.D. = 3.19) คิดเป็นร้อยละ 85.23 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 10 คน จากนักเรียนจำนวนทั้งหมด 11 คน คิดเป็น 90.90 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เนื่องจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้รับการฝึก ปฏิบัติด้านการอ่านออกเสียงตามหลักการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน รวม 12 ชั่วโมง อีกทั้งคะแนนความสามารถด้านการอ่านออกเสียง ตามองค์ประกอบการอ่านออกเสียงของบัณฑิต ฉัตรวิโรจน์ (2549) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน พบว่า เมื่อพิจารณาจากร้อยละของค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ขั้นที่มีคะแนนสูงที่สุด คือ ด้านความดังของเสียงเหมาะสมกับเนื้อหาและจำนวนผู้ฟัง คะแนนเต็ม 6 คะแนน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.68 ($\bar{x}$ = 5.68, S.D. = 0.63) คิดเป็นร้อยละ 94.70 รองลงมา คือ การอ่านวรรคตอนถูกต้อง คะแนนเต็ม 6 คะแนน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.57 ($\bar{x}$ = 5.57, S.D. = 0.65) ลำดับต่อมา คือ การออกเสียงถูกต้องชัดเจนตามอักขรวิธี คะแนนเต็ม 6 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.36 ($\bar{x}$ = 5.36, S.D. = 0.67) คิดเป็นร้อยละ 89.39 สำเนียงไม่แปลงหรือเพี้ยนไปตามภาษาถิ่น คะแนนเต็ม 6 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.86 ($\bar{x}$ = 4.86, S.D. = 0.92) คิดเป็นร้อยละ 81.06 และขั้นที่มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ การอ่านเน้นเสียงให้เหมือนพูดจริง คะแนนเต็ม 3 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.05 ($\bar{x}$ = 2.05, S.D. = 0.58) คิดเป็นร้อยละ 68.18 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคะแนนในแต่ละขั้นพบว่านักเรียนที่ได้คำแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านความดังของเสียงเหมาะสมกับเนื้อหาและจำนวนผู้ฟัง เนื่องจากในขั้นตอนนี้มีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อนเมื่อผู้อ่านสามารถอ่านออกเสียงได้ดังฟังชัด มีการใช้โทนเสียงขึ้นลงดังเหมาะสมกับจำนวนผู้ฟังมีความมั่นใจในการอ่าน

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการอ่านออกเสียงเพิ่มขึ้นผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับ สืบวงศ์ ชื่นสมบัติและคณะ

(2564) ที่ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนผ่านโมบายเลิร์นนิงตามหลักการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ เพื่อเสริมสร้างทักษะการออกเสียงคำศัพท์ภาษาอังกฤษ พบว่า รูปแบบการสอนผ่านโมบายเลิร์นนิงตามหลักการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ หรือที่เรียกว่า BBLP Model ได้รับการรับรองโดยผู้เชี่ยวชาญและมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.80, S.D. = 0.43) เห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสมองเป็นถามร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ได้รับการยอมรับจากผู้เชี่ยวชาณว่าสามารถนำรูปแบบการสอนดังกล่าวไปใช้พัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงได้ ทั้งยังมีงานวิจัยของอภิลักขณี อนันเต่า (2561) ที่ได้พัฒนาทักษะการอ่านออกเสียงภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ พบว่า 1) นักเรียนมีคะแนนทักษะการอ่านออกเสียงภาอังกฤษเฉลี่ยเท่ากับ 35.83 คิดเป็นร้อยละ 89.58 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 21 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 21.79 คิดเป็นร้อยละ 72.64 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 18 คน คิดเป็นร้อยละ 75.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และงานวิจัยของ สุธีรา บุนนาค (2559) ที่ได้ศึกษาผลของการสอนภาษาไทยโดยใช้สื่อการสอนประเภทโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีทักษะการอ่านออกเสียงภาษาไทยของนักเรียนไทยหลักสูตรนานาชาติในระดับประถมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า 1) หลังการเรียนด้วยวิธีการสอนภาษาไทยแบบโฟนิกส์โดยใช้สื่อการสอนประเภทโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มตัวอย่างมีทักษะการอ่านออกเสียง ภาษาไทยสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) หลังการเรียนด้วยวิธีการสอน ภาษาไทยแบบโฟนิกส์โดยใช้สื่อการสอนประเภทโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีคะแนนทักษะการอ่านออกเสียงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากงานวิจัยของ สืบวงศ์ ชื่นสมบัติและคณะ (2564) งานวิจัยของอภิลักขณี อนันเต่า (2561) และงานวิจัยของสุธีรา บุนนาค (2559) ทำให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานสามารถนำมาพัฒนาพัฒนาเป็นรูปแบบการสอนเพื่อใช้พัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียง ทั้งยังสามารถนำมาพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยฉบับนี้เป็นบทความวิจัยเพื่อบูรณาการการวิจัยกับการจัดการเรียนการสอน เป็นการนำองค์ความรู้ที่ได้รับจากการศึกษานำมาต่อยอดเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ที่เกิดขึ้น ซึ่งการดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความร่วมมือและความกรุณาของกัลญาณมิตรและผู้มีพระคุณทุกท่าน ไม่ว่าจะเป็น จากรองศาสตรจารย์ ดร. สิทธิพล อาจอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้เป็นผู้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางการทำงานแก่ผู้วิจัยจนงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จ ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านหนองโกโพธิ์เงินคำผักกูด ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านคำนาดี คณะครูที่ให้ความช่วยเหลือตลอดการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย และขอขอบพระคุณผู้ช่วยวิจัยที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อมาช่วยสังเกตการสอน ทั้งยังให้ข้อเสนอแนะแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดี รวมทั้งขอขอบใจนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านหนองโกโพธิ์เงินคำผักกูด ปีการศึกษา 2567 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลบรรลุตามวัตถุประสงค์และทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่จะศึกษาหรือมีความสนใจที่จพนำการจัดการเรียนรู้แบบสมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ไปใช้ในการพัฒนา ดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ต้องให้เวลานักเรียนในการฝึกฝนสะกดคำ ครูผู้สอนต้องมีตัวอย่างคำศัพท์ให้นักเรียนได้ฝึกฝนพร้อมทั้งสังเกตการอ่านของนักเรียนเป็นรายบุคคล เนื่องจากคำศัพท์บางคำมีเสียงใกล้เคียงกันนักเรียนอาจเข้าใจผิดเพราะฉะนั้นครูผู้สอนต้องสังเกตการอ่านออกเสียงของนักเรียนอย่างใกล้ชิด

2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ในแต่ละขั้นตอนครูผู้สอนต้องคอยกระตุ้นนักเรียนให้มีส่วนร่วมในกิจกรรม ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำนักเรียนอย่างใกล้ชิดและควรมีการเสริมแรงทางบวก เพื่อเป็นกำลังใจให้นักเรียนในการทำกิจกรรม

3) กระบวนการอ่านออกเสียงของบัณฑิต ฉัตรวิโรจน์ (2549) ประกอบด้วยความดังของเสียงเหมาะสมกับเนื้อหาและจำนวนผู้ฟัง การออกเสียงถูกต้องชัดเจนตามอักขรวิธี การอ่านวรรคตอนถูกต้อง สำเนียงไม่แปลงหรือเพี้ยนไปตามภาษาถิ่น และการอ่านเน้นเสียงให้เหมือนพูดจริงซึ่งนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ยังไม่มีความคุ้นเคยกับวิธีการอ่านออกเสียงที่มีคำยาว ๆ และต้องคำนึงถึงผู้ฟังเช่นนี้ จากผลการวิจัยพบว่าในขั้นตอนของการอ่านเน้นเสียงให้เหมือนพูดจริงนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้เป็นจำนวนมากเนื่องจากในขั้นตอนนี้ผู้ที่สามารถอ่านออกเสียงได้ในลักษณะดังกล่าวจะต้องมีความชำนาญในการอ่านระดับหนึ่ง ครูผู้สอนจึงต้องใช้เวลาในการฝึกฝนการอ่านมากยิ่งขึ้นพร้อมทั้งให้กำลังใจ สะท้อนผลการอ่านแก่นักเรียนบ่อย ๆ เพื่อให้นักเรียนคุ้นเคยและมีความมั่นใจมากยิ่งขึ้น

4) ในการจัดกลุ่มนักเรียนในแต่ละวงจร ควรเปลี่ยนกลุ่มให้นักเรียน เพื่อเปลี่ยน บรรยากาศในชั้นเรียน ให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหากับกลุ่มใหม่ ๆ และเพื่อให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นกับผู้อื่นมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ไปใช้พัฒนาร่วมกับทักษะอื่น ๆ ของนักเรียน เช่น ทักษะการพูด และทักษะการเขียนในระดับที่สูงขึ้น เป็นต้น

2) ควรพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ไปใช้ในการพัฒนาทักษะการอ่านและการเขียนในระดับชั้นอื่น ๆ

3) ควรพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ไปใช้ในการพัฒนาการอ่านสื่อประเภทอื่น ๆ เช่น อ่านข่าว อ่านเรื่องสั้น เป็นต้น

4) ควรพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์ไปใช้ในการพัฒนาทักษะการเขียนด้านอื่น ๆ ในระดับที่สูงขึ้นไป เช่น เขียนเรื่องจากภาพ เขียนเชิงสร้างสรรค์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

บัณฑิต ฉัตรวิโรจน์. (2549). **การสอนภาษาอังกฤษระดับประถมศึกษา.** กรุงเทพฯ : พัฒนศึกษา.

ปิยพร เกื้ออนันต์. (2564). **ศึกษาการพัฒนาความสามารถด้านการอ่านและการเขียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีการสอนแบบโฟนิกส์ร่วมกับการใช้สื่อประสม การเสริมแรงและเพื่อนช่วยเพื่อน.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, สกนนคร.

วันเพ็ญ เดียวสมคิด. (2551). **การสอนภาษาไทยเป็นภาษาที่สองตามแนวการสอนแบบโฟนิกส์เพื่อพัฒนาความพร้อมทางภาษาไทยของนักเรียนโรงเรียนอนุบาลบ้านปลาดาว อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่.** (การค้นคว้าอิสระศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

วิจารณ์ พานิชย์. (2556). **การสร้างผู้เรียนสู่ศตวรรษที่ 21.** กรุงเทพฯ: มูลนิธิสยามกัมมาจล.

ศิวกานท์ ปทุมสูติ. (2552). **เด็กอ่านไม่ออกเขียนไม่ได้ แก้ง่ายนิดเดียว (ใหม่).** กรุงเทพฯ : นวสานส์การพิมพ์.

สุธีรา บุนนาค. (2559). **ผลของการสอนภาษาไทยแบบโฟนิกส์โดยใช้สื่อการสอนประเภทโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีต่อทักษะการอ่านออกเสียงภาษาไทยของนักเรียนไทยหลักสูตรนานาชาติ ในระดับประถมศึกษา**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาคุรุศาสตร์มหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2558). **การประเมิน ความสามารถด้านการอ่านของผู้เรียน (RT) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1,** สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2566. จาก https://bet.obec.go.th/7997/14/09/2023/.

สืบวงศ์ ชื่นสมบัติ. (2564). **ผลการใช้เว็บแอปพลิเคชันตามรูปแบบการเรียนการสอนผ่านโมบายเลิร์นนิงตามหลักการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานร่วมกับวิธีการสอนแบบโฟนิกส์เพื่อ เสริมสร้างทักษะการออกเสียงคำภาษาอังกฤษ.** (ปริญญานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2566). **ผลสอบระดับประเทศ RT ปีการศึกษา 2565.** สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2566. จากhttp://180.180.244.42/NT/.

อภิลักขณี อนันเต่า. (2562). **การพัฒนาทักษะการอ่านเสียงภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดโดยใช้สมองเป็นฐานร่วมกับวิธีสอนแบบโฟนิกส์.** (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

อัฉราพรรณ พาไสย์. (2560). **การจัดการเรียนรู้เพื่อการอ่านออกเขียนได้ของครูภาษาไทย: กรณีศึกษาโรงเรียนมี สุข จังหวัดขอนแก่น**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

Caine, R. N.,& Caine, G. (2005). **12 Brain/mind learning principles in action: The fieldbook for making connections, teaching and the human–brain**. Corwin Press.

Carroll, J. (1963). **A Model of School Learning.** Teachers College Record

Likert, Rensis. (1961). **New Pattern of Management.** New York : MacGraw – Hill.

การพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

The development of teamwork competency using steam education with gamification concept of grade 3 students

ปติณญา ภูผาศรี[1*] และ สิทธิพล อาจอินทร์[2]

Patinya Phuphasri[1*] and Sitthipon Art-in[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยให้นักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของนักเรียนทั้งหมด มีผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมในระดับ 3 ระดับสามารถขึ้นไป กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนบ้านหนองกุง จำนวน 15 คน การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน จำนวน 6 แผน เวลา 12 ชั่วโมง 2) แบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ 3) แบบสังเกตพฤติกรรมครูและนักเรียน 4) แบบสัมภาษณ์นักเรียน 5) แบบประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมท้ายวงจร 6) แบบประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยการหาค่าร้อยละ (%) และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 86.67 ของนักเรียนทั้งหมด มีคะแนนสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม ในระดับ 3 ระดับสามารถขึ้นไป ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

คำสำคัญ: แนวคิดเกมมิฟิเคชัน, สมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม, สะตีมศึกษา

[1]นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[2]รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[1] Master Degree Student in Curriculum and Instruction Program, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

[2] Associate Professor in Curriculum and Instruction Program, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

*Corresponding author : patinya.p@kkumail.com

Abstract

The objectives of this research were to develop Teamwork Competency for grade 3 students using STEAM Education with Gamification Concept so that the students at least 70% would have an assessment of Teamwork Competency at level 3 or higher. The target group consisted of 15 Grade 3 Students, during the first semester of academic year 2024, Bannongkung School. The study was based on Action Research consists 3 action spirals. The research instruments consisted of 1) lesson plans using STEAM Education with Gamification Concept, 6 lesson plans, 12 instructional periods, 2) Post-learning outcome record form 3) teacher and student behavior observation form 4) student interview form 5) end-of-spiral Teamwork Competency assessment form 6) Teamwork Competency assessment form. Quantitative Data were analyzed by Descriptive Statistics consisted of Percentage (%). Qualitative Data analyzed by Content Analysis.

The findings were found that: The students have an assessment Teamwork competency at level 3 or higher, which consisted of 13 students or 86.67% of the group passed the criterion, which higher than the prescribed criterion.

Keywords: Gamification concept, Teamwork competency, STEAM education

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของโลกในปัจจุบันทั้งในด้านระบบเศรษฐกิจ สังคม และสถานการณ์สังคมผู้สูงอายุ ส่งผลให้ทุกประเทศทั่วโลกมีการกำหนดทิศทางการผลิตและพัฒนาคนในประเทศให้มีทักษะและสมรรถนะระดับสูง มีความสามารถเฉพาะทางมากยิ่งขึ้น ประเทศไทยจึงมีการจัดทำแผนการศึกษาแห่งชาติระยะยาว พ.ศ. 2560–2579 มีเป้าหมายว่าผู้เรียนจะต้องมีทักษะสำคัญและจำเป็นในโลกศตวรรษที่ 21 (แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579, น.16) ซึ่งมีทักษะที่จำเป็นทั้งในด้านการเรียนรู้และการทำงาน ประกอบด้วย 1) ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี 2) ทักษะชีวิตและการทำงานที่เน้นทักษะทางสังคม ความสามารถในการปรับตัว ความเป็นผู้นำ ความคิดริเริ่ม และความรับผิดชอบ และ 3) ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมที่เน้นกระบวนการคิด มีความสัมพันธ์กับทักษะทางปัญญา (Cognitive Skill) และทักษะการคิดขั้นสูง (Higher Order Thinking) ซึ่งประกอบด้วย การสื่อสาร การคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม การคิดเชิงวิพากษ์ และการร่วมมือในการทำงาน ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันต้องบูรณาการทั้งทักษะทางปัญญาที่เป็นกระบวนการคิด ทักษะชีวิตและทักษะทางเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อให้เกิดศักยภาพในการเรียนรู้ และการปรับตัวในสถานการณ์ต่าง ๆ ในปัจจุบัน

การจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ควรเตรียมความพร้อมให้กับเยาวชนเพื่อการมีทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ซึ่งเยาวชนส่วนมากขาดทักษะในการทำงาน โดยธรรมชาติของงานในปัจจุบันมีความซับซ้อน มุ่งเน้นในคุณภาพและความสำเร็จของงานที่เกิดจากความร่วมมือ เพราะฉะนั้นการทำงานเป็นทีมจึงเป็นจุดสำคัญของการพัฒนาคนในองค์กร อีกทั้งประเทศไทยกำลังเข้าสู่การใช้งานหลักสูตรฐานสมรรถนะในโรงเรียนทั่วประเทศจริง สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2564) กล่าวว่า ในยุคศตวรรษที่ 21 มีการเปลี่ยนแปลงและและแปรผันอย่างรวดเร็วในทุกด้าน ทุกประเทศย่อมต้องการทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพ มีความรู้ความสามารถในการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้เจริญก้าวหน้า จึงได้เสนอสมรรถนะหลัก (Core Competencies) ที่ออกแบบเพื่อให้สอดรับกับสถานการณ์โลก เทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคมที่เปลี่ยนไป สมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม

จึงเป็นสมรรถนะหนึ่งของผู้เรียนที่ควรมี เพื่อให้ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมผู้อื่นได้และบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนด ซึ่งครูผู้สอนต้องจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ที่เป็นแบบพลวัตร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับครู และผู้เรียนกับสภาพแวดล้อม (อรธิดา ประสาร, 2565) โดยที่ผู้เรียนต้องเป็นสมาชิกทีมที่ดีและมีภาวะผู้นำ จากนั้นนำไปใช้ในกระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบด้วยความโปร่งใสตรวจสอบได้ มีการประสานความคิดเห็นที่แตกต่างสู่การตัดสินใจร่วมกันอย่างเป็นทีมและมีความรับผิดชอบร่วมกัน ความสัมพันธ์ที่ดีและจัดการความขัดแย้งภายใต้สถานการณ์ปกติและสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนได้ ซึ่งสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) การเป็นผู้นำและเป็นสมาชิกที่ดี 2) กระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ และ 3) สร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2564)

จากการศึกษาคุณภาพการเรียนการสอนและปัญหาที่เกิดขึ้น โดยได้มีการประเมินผลการเรียนรู้และสมรรถนะของผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านหนองกุง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสกลนคร เขต 2 และจากการสังเกตชั้นเรียนของผู้วิจัยและการสัมภาษณ์ครูผู้สอนในโรงเรียน พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีปัญหาเกี่ยวกับสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม สังเกตได้จากผู้เรียนไม่สามารถการทำงานร่วมกันได้ ขาดความสามารถในการจัดระบบและกระบวนการทำงานของตนเองร่วมกับผู้อื่น (รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษาโรงเรียนบ้านหนองกุง, 2566) เนื่องจากผู้เรียนขาดการปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครู ทำให้ไม่สามารถเป็นสมาชิกทีมที่ดีและขาดมีภาวะผู้นำในกลุ่มที่จะนำไปใช้กับกระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ ไม่รู้บทบาทหน้าที่ของตนเองและเป้าหมายของทีม จึงทำให้ผู้เรียนไม่สามารถทำภารกิจที่ครูมอบหมายบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมาย

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมสมรรถนะนักเรียน พบว่า สะตีมศึกษา (STEAM Education) เป็นแนวคิดของการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการที่ได้รับการสนับสนุนจากสหรัฐอเมริกา แนวคิดหนึ่งประกอบไปด้วยการบูรณาการของ 5 สาระวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ สะตีมศึกษามีพื้นฐานมาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างนักเรียนให้เติบโตเป็นพลเมืองที่มีความสามารถและทักษะรอบด้าน และมีทางเลือกในการประกอบอาชีพผ่านการเรียนรู้แบบบูรณาการโดยมีสถานการณ์เป็นฐาน เพื่อให้นักเรียนมีความสามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างเนื้อหารายวิชาต่าง ๆ และในสถานการณ์ใหม่ได้มีความรู้ที่กว้างขึ้น อีกทั้งสามารถจดจำได้ในระยะยาว เพื่อให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา มีความสามารถในการทำงานเป็นทีม สามารถพัฒนาความสนใจของนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้ที่เรียนรู้ตลอดชีวิต (Yakman, 2008) สอดคล้องกับ Riley (2014) ที่กล่าวว่า สะตีมศึกษาเป็นแนวคิดทางการศึกษาที่นำทางนักเรียนไปสู่การสืบสอบ การอภิปราย การคิดวิเคราะห์ และมีการวางแผนแบบร่วมมือกับสมาชิกภายในกลุ่ม ช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการในด้านความรู้และทักษะที่มีความจำเป็น เช่น การคิดเชิงระบบ การสื่อสาร การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ เป็นการสร้างความเข้าใจในองค์ความรู้ผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาการคิดตั้งคำถามแก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งนำข้อมูลที่พบนั้นไปบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ (พสธร วงค์ชารี, 2562) และแนวคิดที่จะตอบสนองวิธีการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 คือ เกมมิฟิเคชัน (Gamification) เป็นแนวคิดที่ถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียน ซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนและมีส่วนร่วมได้ดียิ่งขึ้น โดยทำให้กิจกรรมการเรียนรู้นั้นมีรูปแบบคล้ายเกม นักเรียนเกิดความสนุกสนานและรู้สึกท้าทาย ช่วยให้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนยิ่งขึ้น ครูผู้สอนต้องมีการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของตนเองให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ และยังช่วยสร้างบรรยากาศการจัดการเรียนรู้ให้มี

ความสนุกสนาน (สุภาพร สมจิตต, 2566) โดยเกมมิฟิเคชันจะทำให้นักเรียนรู้สึกตื่นเต้นและสามารถสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ ส่งผลให้เกิดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม มีกระบวนการที่ไม่ซับซ้อนง่ายต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน ใช้ปัญหาและสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันมาจัดเป็นลักษณะของเกม ทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาและส่งเสริมกระบวนการทำงานเป็นทีม เนื่องจากต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นตลอดเวลาขณะเล่นเกม ส่งผลให้ผู้เรียนมีทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการสื่อสาร เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (ช่อผกา สุขุมทอง, 2563) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Smiderie, R., et al. (2020) เกมมิฟิเคชันสามารถเปลี่ยนพฤติกรรมของนักเรียนได้ สามารถเพิ่มระดับการมีส่วนร่วมของนักเรียน อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ได้ การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน จึงมีลักษณะให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้โดยมีสถานการณ์ปัญหาโดยใช้สถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน ให้นักเรียนมีการร่วมมือเป็นทีมในการแก้ปัญหาร่วมกัน ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้เรียน เช่น การแก้ไขสถานการณ์ปัญหาจะต้องใช้ทักษะที่หลากหลาย การแข่งขันในรูปแบบทีม หรือการทำงานร่วมกันเพื่อบรรลุเป้าหมายร่วม กิจกรรมเหล่านี้ช่วยพัฒนาทักษะการสื่อสาร การแบ่งปันความรู้ และการทำงานร่วมกันในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการทำงานเป็นทีม นอกจากนี้ การใช้เกมมิฟิเคชันยังช่วยให้การเรียนรู้มีความสนุกสนานและน่าสนใจมากขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นและพร้อมที่จะเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ซึ่งทั้งหมดนี้ล้วนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเสริมสร้างสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน

จากสภาพปัญหาการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะเพื่อพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ เตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และมีสมรรถนะสำคัญในศตวรรษที่ 21

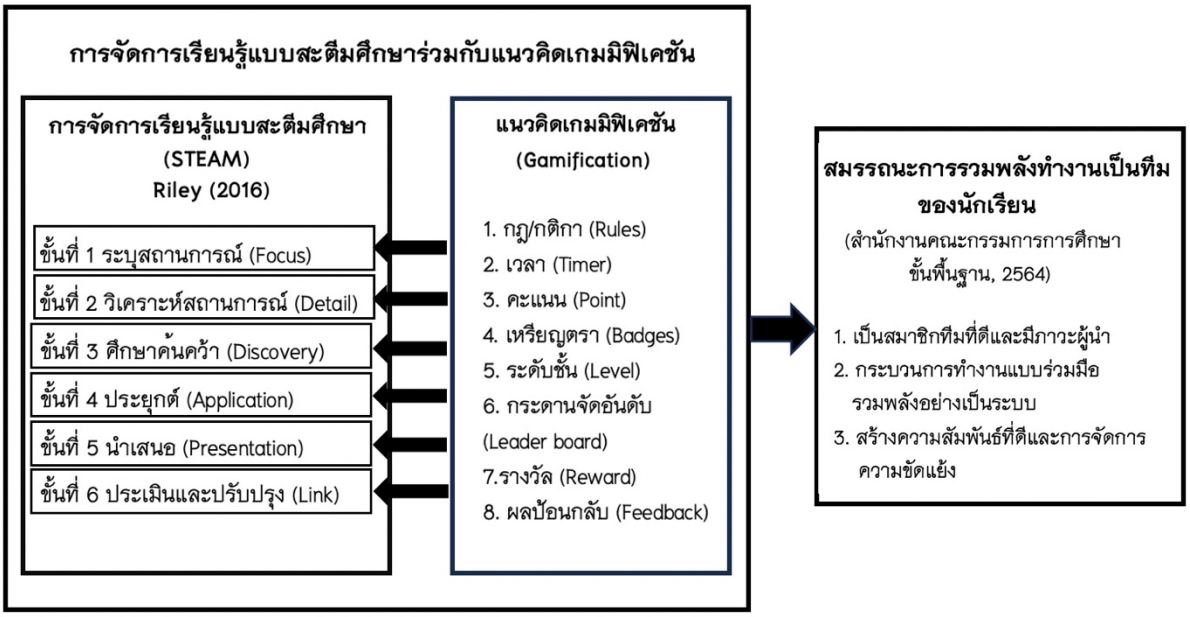
วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน โดยให้นักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของนักเรียนทั้งหมด มีผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมในระดับ 3 ระดับสามารถขึ้นไป

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงนำการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา (STEAM) ตามแนวคิดของ Riley (2016) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ระบุสถานการณ์ ขั้นที่ 2 วิเคราะห์สถานการณ์ ขั้นที่ 3 ศึกษาค้นคว้า ขั้นที่ 4 ประยุกต์ ขั้นที่ 5 นำเสนอ และขั้นที่ 6 ประเมินและปรับปรุง ร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้ 1. กฎ/กติกา (Rules) 2. เวลา (Timer) 3. คะแนน (Point) 4. เหรียญตรา (Badges) 5. ระดับชั้น (Level) 6. กระดานจัดอันดับ (Leader board) 7. รางวัล (Reward) 8. ผลป้อนกลับ (Feedback) โดยการนำมาประยุกต์ใช้ในการกระตุ้นนักเรียนให้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของนักเรียน มี 3 องค์ประกอบ ตามแนวคิดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2564) คือ 1. เป็นสมาชิกทีมที่ดีและมีภาวะผู้นำ 2. กระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ และ 3. สร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง ซึ่งเป็นกระบวนการทำงาน และการทำกิจกรรมของตนเองและร่วมกับผู้อื่น โดยมีแบบแผนขั้นตอน ในการดำเนินการวิจัยการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และสมรรถนะการรวมพลัง

ทำงานเป็นทีม โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยมีกรอบแนวคิด ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (1988) โดยในแต่ละขั้นจะดำเนินการต่อเนื่องเป็นวงจร PAOR ได้แก่ 1) วางแผน (Plan) 2) ปฏิบัติการสอน (Act) 3) สังเกตการณ์ (Observe) 4) สะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) จำนวน 3 วงจร วงจรละ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ละ 2 ชั่วโมง รวม 12 ชั่วโมง

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านหนองกุง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสกลนคร เขต 2 ที่กำลังศึกษาอยู่ภาคเรียน ที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 15 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการวิจัยโดยจำแนกตามลักษณะของการใช้งานได้ 3 ประเภท ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.2 ตัวชี้วัด ป. 3/1 ป. 3/2 ป. 3/3 ป. 3/4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ละ 2 ชั่วโมง เวลา 12 ชั่วโมง ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ผลของแรงที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แรงสัมผัส

วงจรปฏิบัติการที่ 2

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง แรงไม่สัมผัส

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง แม่แหล็ก

วงจรปฏิบัติการที่ 3

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง แรงแม่เหล็ก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ประโยชน์ของแม่เหล็ก

ประเมินความเหมาะสมของแผนโดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีค่าเฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 4.86 คือมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติการวิจัย ได้แก่

1) แบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบบันทึกเหตุการณ์ที่มีลักษณะปลายเปิด ที่ผู้สอนใช้บันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อันเกิดจากการสังเกตเพื่อที่จะนำข้อมูลไปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งต่อไป

2) แบบสังเกตพฤติกรรมครูและนักเรียน เป็นแบบบันทึกที่มีลักษณะปลายเปิด เพื่อให้ผู้วิจัยบันทึกเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนการสอน

3) แบบสัมภาษณ์นักเรียน เป็นแบบสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ในภาพรวม สื่อการเรียนรู้ ชิ้นงาน กิจกรรมที่นักเรียนชอบมากที่สุดและชอบน้อยที่สุด และกิจกรรมการเรียนรู้ที่ควรปรับปรุง โดยสัมภาษณ์หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนการสอน

4) แบบประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมท้ายวงจรวัดได้จากแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) จำนวน 36 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการวิจัย ได้แก่

แบบประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม วัดได้จากแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) จำนวน 36 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้ทำวิจัยจัดทำเอกสารต่าง ๆ ที่เป็นเครื่องมือในการวิจัย ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ ข้อมูลด้วยตนเองโดยมีรายละเอียดวิธีการเก็บข้อมูลเป็นลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

4.1 ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์จากทางโรงเรียนบ้านหนองกุง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสกลนคร เขต 2 ในการทดลองใช้เครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลของการวิจัยในครั้งนี้

4.2 ผู้วิจัยปฐมนิเทศเพื่อชี้แจงทำความเข้าใจกับนักเรียนให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจบทบาทของนักเรียน จุดประสงค์การเรียน เพื่อการปฏิบัติตนได้อย่างถูกต้อง

4.3 ผู้วิจัยได้ทำการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ถูกพัฒนาโดยการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน จำนวน 6 แผน เวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 วงจรปฏิบัติการ วงจรละ 2 แผน

4.4 ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเครื่องมือสะท้อนผลปฏิบัติการ ได้แก่ แบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมครูและนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้สิ้นสุด

แต่ละวงจร ผู้ช่วยวิจัยทำการสัมภาษณ์นักเรียน จากนั้นทำการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมท้ายวงจรของนักเรียน

4.5 เมื่อเสร็จสิ้นการสอนผู้วิจัยทำการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม โดยใช้แบบประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม และนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

1. ผลของการทำแบบประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม ใช้สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ คือ การหาค่าร้อยละ (Percentage) ของคะแนน และจำนวนคนที่ผ่านเกณฑ์เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ให้นักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด มีผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมอยู่ในระดับ 3 ระดับสามารถขึ้นไป โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

1) การประเมินผ่าน แต่ละระดับ/ด้าน ต้องได้มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 50 ของ แต่ละระดับ/ด้าน เช่น ระดับที่ 3 ประกอบด้วย ด้านที่ 1 การเป็นสมาชิกที่ดีและมีภาวะผู้นำ จำนวน 3 ข้อ ด้านที่ 2 กระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ จำนวน 3 ข้อ และด้านที่ 3 ด้านการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง จำนวน 3 ข้อ รวม 9 ข้อ นักเรียนจะต้องได้ 5 ข้อขึ้นไป จึงจะผ่านในระดับที่ 3

2) การแปลผลให้ยึดตามระดับสูงสุดที่นักเรียนผ่านเกณฑ์ ซึ่งมี 4 ระดับ คือ เริ่มต้น กำลังพัฒนา สามารถ และเหนือความคาดหวัง

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพการวิเคราะห์เนื้อหา ใช้ข้อมูลจากแบบบันทึกผลการจัดการเรียนการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมครูและนักเรียน แบบสัมภาษณ์นักเรียน บันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาข้อบกพร่อง ปัญหาและอุปสรรค เพื่อหาแนวทางแก้ไขและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในการดำเนินการวงจรต่อไป โดยนำเสนอผลที่ได้ในรูปของความเรียง

ผลการศึกษา

ผลการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน

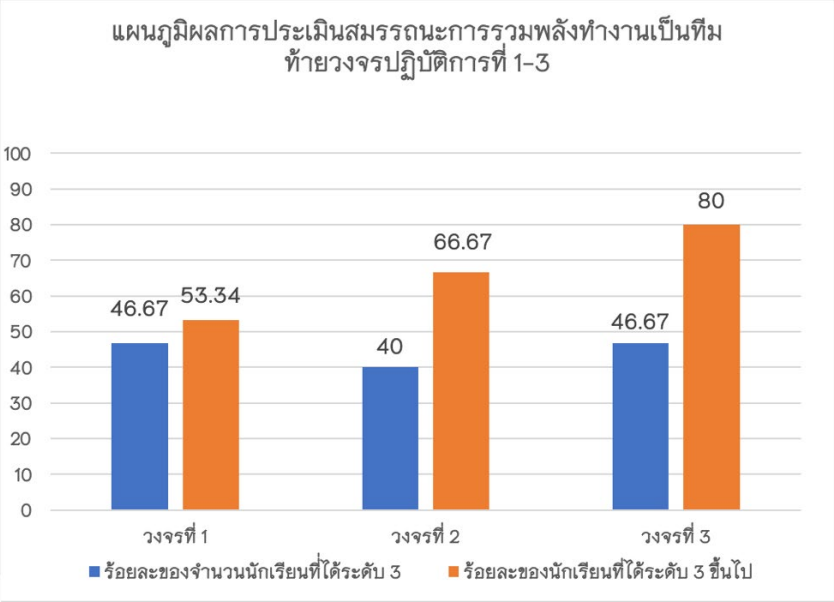
1. ผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1–3

หลังจากผู้วิจัยดำเนินการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้สิ้นสุดในแต่ละวงจร ประกอบด้วยวงจรที่ 1 (แผนการจัดการเรียนรู้ 1 และ 2) วงจรที่ 2 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4) และวงจรที่ 3 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 และ 6) เมื่อสิ้นสุดแต่ละวงจรผู้วิจัยได้ประเมินนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) จำนวน 36 ข้อ เพื่อประเมินผลการวิจัยการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของนักเรียน โดยให้นักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของนักเรียนทั้งหมด มีผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมในระดับ 3 ระดับสามารถขึ้นไป ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1-3

จำนวนนักเรียน 15 คน	จำนวนนักเรียนที่มีผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมท้ายวงจรที่ 1-3 ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3								จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ระดับ 3 (สามารถ) ขึ้นไป	
	ระดับ 1 เริ่มต้น		ระดับ 2 กำลังพัฒนา		ระดับ 3 สามารถ		ระดับ 4 เหนือความคาดหวัง			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
วงจรที่ 1	2	13.33	5	33.33	7	46.67	1	6.67	8	53.34
วงจรที่ 2	1	6.67	4	26.67	6	40.00	4	26.67	10	66.67
วงจรที่ 3	0	0.00	3	20.00	7	46.67	5	33.33	12	80.00

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 ของนักเรียนพบว่า มีผลการประเมินวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมผ่านเกณฑ์ระดับ 3 ระดับสามารถขึ้นไป จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 53.34 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมผ่านเกณฑ์ระดับ 3 ระดับสามารถขึ้นไป จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมผ่านเกณฑ์ระดับ 3 ระดับสามารถขึ้นไป จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แสดงผลการเปรียบเทียบผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมท้ายวงจรปฏิบัติการได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภูมิเปรียบเทียบผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมท้ายวงจรที่ 1 – 3

2. ผลการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม

หลังจากที่ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สิ้นสุดจำนวน 6 แผน 12 ชั่วโมง ตามวงจรการปฏิบัติการที่ 1–3 ผู้วิจัยได้ทำการประเมินนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยประเมินสมรรถนะพลังทำงานเป็นทีมเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) จำนวน 36 ข้อ ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม

จำนวนนักเรียนทั้งหมด (คน)	จำนวนนักเรียนที่มีผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1–3								จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ระดับ 3 (สามารถ) ขึ้นไป	
	ระดับ 1 เริ่มต้น		ระดับ 2 กำลังพัฒนา		ระดับ 3 สามารถ		ระดับ 4 เหนือความคาดหวัง			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
15	0	0.00	2	13.33	8	53.33	5	33.33	13	86.67

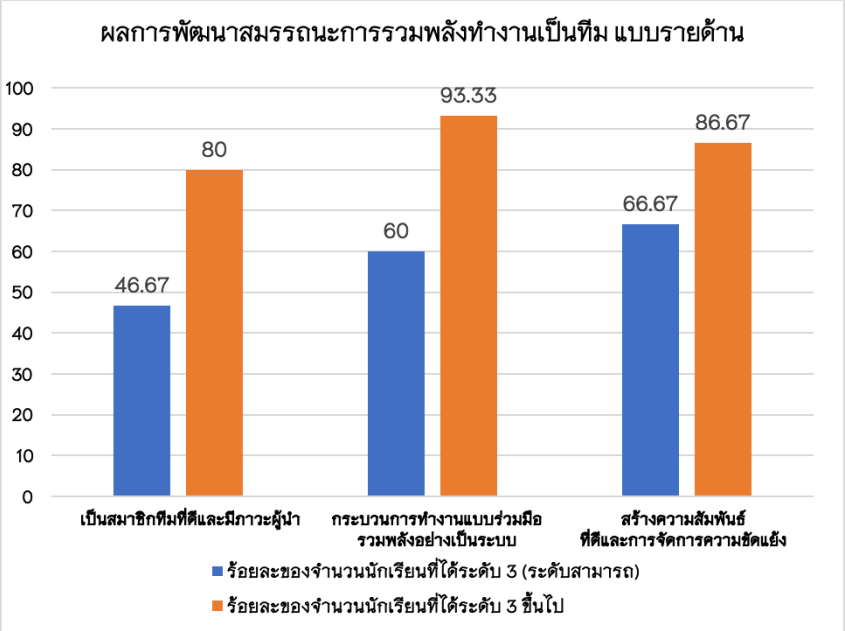
จากตารางที่ 2 พบว่านักเรียนมีผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมผ่านเกณฑ์ระดับ 3 สามารถขึ้นไป จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 86.67 จึงสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้และมีระดับที่นักเรียนได้มากที่สุด คือ ระดับ 3 จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33

เมื่อพิจารณาการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม แบบรายด้าน ได้ผลดังตารางที่ 3 ผลการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม แบบรายด้าน

ตารางที่ 3 ผลการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม แบบรายด้าน

ด้านการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม	จำนวนนักเรียนทั้งหมด (คน)	จำนวนนักเรียนที่มีผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1–3								จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ระดับ 3 (สามารถ) ขึ้นไป	
		ระดับ 1 เริ่มต้น		ระดับ 2 กำลังพัฒนา		ระดับ 3 สามารถ		ระดับ 4 เหนือความคาดหวัง			
		จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เป็นสมาชิกทีมที่ดีและมีภาวะผู้นำ	15	0	0.00	3	20.00	7	46.67	5	33.33	12	80.00
2. กระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ	15	0	0.00	1	6.67	9	60.00	5	33.33	14	93.33
3. สร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง	15	0	0.00	2	13.33	10	66.67	3	20.00	13	86.67

จากตารางที่ 3 พบว่าผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของนักเรียนตามเกณฑ์การประเมินของสำนักงานทดสอบทางการศึกษา พบว่า ด้านเป็นสมาชิกทีมที่ดีและมีภาวะผู้นำ มีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 12 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 ของนักเรียนทั้งหมด ด้านกระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ มีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 14 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33 ของนักเรียนทั้งหมด และด้านสร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้งจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 13 คน คิดเป็นร้อยละ 86.67 ของนักเรียนทั้งหมด โดยด้านกระบวนการทำงานรวมพลังอย่างเป็นระบบมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์มากที่สุด จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์รองลงมาคือ ด้านสร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง และด้านเป็นสมาชิกทีมที่ดีและมีภาวะผู้นำเป็นด้านที่มีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์น้อยที่สุด สามารถแสดงเป็นแผนภูมิผลการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมแบบรายด้านได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภูมิผลการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม แบบรายด้าน

สรุปผลและอธิปรายผล

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน ด้วยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปและอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

การประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม ซึ่งมีองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ 1) ด้านการเป็นสมาชิกทีมที่ดีและมีภาวะผู้นำ 2) ด้านกระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลัง 3) ด้านการสร้างความสัมพันธ์และจัดการความขัดแย้ง ซึ่งในนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3 สามารถแบ่งระดับของออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับที่ 1 ระดับเริ่มต้น ระดับที่ 2 ระดับกำลังพัฒนา ระดับที่ 3 ระดับสามารถ และระดับที่ 4 ระดับเหนือความคาดหวัง พบว่านักเรียนมีผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมผ่านเกณฑ์ระดับ 3 สามารถขึ้นไป จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 86.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้รับการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม ผ่านกระบวนการทำงานกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ผ่านการระดม

ความคิดในกลุ่มของตนเองและกลุ่มอื่น ๆ ในชั้นเรียน โดยการการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชันอย่างต่อเนื่อง จำนวน 6 แผน เวลา 12 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านกระบวนการทำงานรวมพลังอย่างเป็นระบบมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์มากที่สุด จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์คือ 14 คน ร้อยละ 93.33 ซึ่งรองลงมาคือ ด้านสร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง นักเรียนผ่านเกณฑ์ 13 คน คิดเป็นร้อยละ 86.67 และด้านเป็นสมาชิกทีมที่ดีและมีภาวะผู้นำ 12 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 เป็นด้านที่มีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์น้อยที่สุด สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2564) กล่าวว่า สมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม เป็นความสามารถจัดระบบและกระบวนการทำงาน กิจการ และการประกอบการใด ๆ ทั้งของตนเอง และร่วมกับผู้อื่น โดยใช้การรวมพลังทำงานเป็นทีม มีแผน ขั้นตอนให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมาย มีภาวะผู้นำ มีความโปร่งใส ตรวจสอบได้ มีการประสานความคิดเห็นที่แตกต่างสู่การตัดสินใจและแก้ปัญหาเป็นทีม อย่างรับผิดชอบร่วมกัน สร้างความสัมพันธ์ที่ดีและจัดการความขัดแย้งภายใต้สถานการณ์ที่ยุ่งยาก

ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชันเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ กระตุ้นให้นักเรียนมุ่งคิดแนวทางการหาคำตอบหรือวิธีแก้ปัญหาที่หลากหลาย ช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการในด้านความรู้และทักษะที่มีความจำเป็น เช่น การสื่อสาร การทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น โดยนักเรียนจะได้รับโอกาสในการทำกิจกรรมที่ต้องร่วมมือกันคิด วิเคราะห์ และแก้ปัญหา การทำงานในลักษณะนี้จะกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาทักษะการสื่อสาร การแบ่งหน้าที่ และการตัดสินใจร่วมกัน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการทำงานเป็นทีม ส่งเสริมให้นักเรียนและมีส่วนร่วมได้ดียิ่งขึ้น โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้นั้นมีรูปแบบคล้ายเกม นักเรียนรู้สึกท้าทายและเกิดความสนุกสนานในการเรียนรู้ ช่วยให้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนยิ่งขึ้น และยังช่วยสร้างบรรยากาศการจัดการเรียนรู้ให้มีความสนุกสนาน (สุภาพร สมจิตต, 2566) และยังก่อให้การจูงใจให้เกิดการกระทำ (Motivate Action) คือ กระบวนการของการใช้พลังงานและความสนใจอย่างมีทิศทางโดยมีเจตนาเพื่อให้เกิดพฤติกรรมหรือการกระทำตามมาสำหรับบุคคลที่มีแรงกระตุ้น (กฤษณพงศ์ เลิศบำรุงชัย, 2560) ความท้าท้ายของกิจกรรมไม่ยากหรือง่ายจนเกินไป การสร้างให้เกิดกระบวนการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ผ่านการใช้กระดานจัดอันดับทำให้นักเรียนมองเห็นภาพรวมของคะแนนของนักเรียนแต่ละกลุ่ม แล้วนำไปแลกเป็นเหรียญตราเพื่อใช้ทำกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ส่งผลให้เกิดความท้าทาย ต้องการแข่งขัน เพื่อให้กลุ่มได้เลื่อนระดับชั้นและจะได้รับรางวัลในแต่ละการเลื่อน ตามกฎ/กติกาที่ตั้งไว้ ภายในเวลาที่กำหนด และมีผลป้อนกลับเมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการทำงานเป็นทีม รับผิดชอบในบทบาทหน้าที่ของตนและของทีม มีความยืดหยุ่นในการทำงานร่วมกับกลุ่มคนที่แตกต่าง นำจุดเด่นของตนและสมาชิกมาใช้ ในการทำงานให้บรรลุเป้าหมาย สะท้อนการทำงานของตนเองและทีมส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของทีม สร้างแรงบันดาลใจในการพัฒนาตนเอง ให้เป็นที่ยอมรับและไว้วางใจ ประสานความร่วมมือภายในทีม และระหว่างทีม และการพัฒนาทีมที่เข้มแข็ง ร่วมกันกำหนดเป้าหมาย แผนการทำงาน ขั้นตอน และกระบวนการทำงานเป็นทีม เห็นภาพความสำเร็จของทีม คำนึงถึงประโยชน์ของทีมก่อนประโยชน์ส่วนตนแบ่งบทบาทหน้าที่ให้เหมาะสมกับศักยภาพของสมาชิก รับผิดชอบตามบทบาทหน้าที่ด้วยความใส่ใจ มีความพยายามในการทำงานและสนับสนุนช่วยเหลือให้เกิดความสำเร็จ มีการรับฟัง แลกเปลี่ยนและประสานความคิดเห็นที่แตกต่าง มีทัศนคติเชิงบวกในการทำงานร่วมกับผู้อื่น เห็นคุณค่าของสัมพันธภาพที่ดี สร้างและรักษาความสัมพันธ์อันดีในทีม ให้ความไว้วางใจซึ่งกันและกันปฏิบัติต่อผู้อื่นด้วยความจริงใจ เห็นอกเห็นใจในฐานะที่เป็นมนุษย์ด้วยกัน เคารพและเห็นประโยชน์ของความแตกต่างหลากหลาย มีทักษะและใช้วิธีการป้องกันและจัดการความขัดแย้งได้อย่างเป็นระบบ

ผลการวิจัยสอดคล้องกับพิมพ์พิชชา ศาสตราชัย (2562) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาต่อทักษะการทำงานเป็นทีม ผลการวิจัยพบว่า ทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนหลังเรียนผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับจันทิมา นิลอุบล ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง และชาริณี ตรีวรัญญู (2566) ได้ศึกษาการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยการเรียนรู้สะเต็มด้วยการสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมที่สูงขึ้นทุกองค์ประกอบ คือ สมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม นักเรียนร้อยละ 76.90 แสดงความสามารถระดับ 3 ในองค์ประกอบที่ 1 การเป็นสมาชิกทีมที่ดีและมีภาวะผู้นำ และองค์ประกอบ ที่ 2 กระบวนการทำงานแบบร่วมมือพลังอย่างเป็นระบบ นักเรียนร้อยละ 61.50 แสดงความสามารถระดับ 2 ในองค์ประกอบที่ 3 การสร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง สอดคล้องกับอุดมวดี วรรณกูล (2564) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดเกมมิฟิเคชัน เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานเป็นทีม พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานเป็นทีมที่ได้รับการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ มีผลคะแนนรายด้านเท่ากับ 1 – 0.67 นักเรียนมีทักษะการทำงานเป็นทีมในระยะก่อน ระหว่าง และหลังการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน จะช่วยให้นักเรียนมีทักษะในการทำงานกลุ่ม เพราะฉะนั้นควรให้นักเรียนเปลี่ยนกลุ่มทุกครั้งในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาการการทำงานร่วมกับผู้อื่น เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิด สลับบทบาทหน้าที่ในกลุ่ม

1.2 การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการทำงานเป็นทีม นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ดังนั้นครูควรปรับเวลาในการจัดการเรียนการสอนให้ยืดหยุ่นและเหมาะสมกับกิจกรรมหรือเนื้อหาที่สอน

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรใช้การจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชันในการพัฒนาสมรรถนะด้านอื่น ๆ เช่น สมรรถนะการจัดการตนเอง สมรรถนะการคิดขั้นสูง สมรรถนะการสื่อสาร เป็นต้น

2.2 ควรใช้การจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชันในรายวิชาอื่น ๆ เช่น ศิลปะ คณิตศาสตร์ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิพล อาจอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะ รองศาสตราจารย์ ดร. อังคณา ตุงคะสมิต ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. มณฑา ชุมสุคนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. มนตรี วงษ์สะพาน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุ ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านหนองกุงและคณะครูที่ให้ความช่วยเหลือตลอดการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอขอบใจนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2567 ที่น่ารัก มีความเอาใจใส่ กระตือรือร้น ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ท้ายที่สุดผู้วิจัยขอขอบพระคุณครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่งที่ให้โอกาสทางการศึกษา สนับสนุนและเป็นกำลังใจในการศึกษาของผู้วิจัยเป็นอย่างดียิ่งตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

กฤษณพงศ์ เลิศบำรุงชัย. (2560). **เกมมิฟิเคชัน (Gamification) โลกแห่งการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยเกม.** สืบค้นจาก http://touchpoint.in.th/gamification/

จันทิมา นิลอุบล, ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง และชาริณี ตรีวรัญญู. (2566). การพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมและสมรรถนะการสื่อสารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยการเรียนรู้สะเต็มด้วยการสืบเสาะหาความรู้. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 61: สาขาศึกษาศาสตร์, สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ, สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 61.** (หน้า 13–26). เครือข่ายวิจัยประชาชื่น.

ช่อผกา สุขุมทอง. (2563). **การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับเกมวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของโลก ระดับประถมศึกษา**. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยทักษิณ.

พสธร วงค์ชารี. (2561). **การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษา เรื่อง แรง และการเคลื่อนที่เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.** (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร.

โรงเรียนบ้านหนองกุง. (2566). **รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษาโรงเรียนบ้านหนองกุง ปีการศึกษา 2566.** สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสกลนคร เขต 2.

สุภาพร สมจิตต. (2566). **การใช้เกมมิฟิเคชันเพื่อพัฒนาทักษะการพูดและแรงจูงใจในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3.** (การค้นคว้าแบบอิสระศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2564). **สมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม.** สืบค้น 9 กันยายน 2566, จาก https://cbethailand.com/

อรธิดา ประสาร. (2565). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่มีชุมชนเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมสมรรถนะความคิดขั้นสูงและสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา. **วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น,** ปีที่ 8 ฉบับที่ 7, หน้า 13–31

อุดมวดี วรรณกูล. (2564). **การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานเป็นทีมใน รายวิชาการศึกษาค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้.** (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Kemmis, S. & McTaggart, R. (1988). **The action research planner.** Geelong: University Press.

Riley, S. (2014). **How to STEAM: The STEAM process**. สืบค้น 9 กันยายน 2566, จาก http://educationcloset.com/steam/how-to-steam/

Riley, S. (2016). **6 Steps to creating a STEAM-centered classroom.** สืบค้น 9 กันยายน 2566, จาก http://educationcloset.com/2016/02/25/6-steps-to-

Smiderie, R., et al. (2020). The impact of gamification on students' learning, engagement and behavior based on their personality traits. **Smart Learn. Environ**. 7, 3 (2020). สืบค้น 9 กันยายน 2566, จาก https://doi.org/10.1186/s40561-019-0098-x

Yakman, G. (2008). **STEAM Education: An oveview of creating a model of integrativen education.** สืบค้น 9 กันยายน 2566, จาก https://www.academia.edu/8113795/STEAM_ducatio__w of creating a model of integrative education

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites

Enhancing Grade 5 students' academic performance in the topic of weather phenomena by integrating 5E inquiry–based learning with the use of Google Sites as an online platform

เมธาพร ม่วงจันทึก[1], วิภา เก่งกาจ[1], ธนกร ยิมิสุโท[1], วิระภรณ์ ไหมทอง[2] และ ประพิณ ขอดแก้ว[2*]
Methaporn Muangjanthuek[1], Wipa Kengkad[1], Thanakorn Yimisutho[1], Wiraporn Maithong[2] and Prapin Khodkeaw[2*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ผ่านการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites และ 2) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดแม่แก้ดน้อย จำนวน 30 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มแบบ Cluster sampling

ผู้วิจัยได้ทำข้อตกลงร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับความรับผิดชอบในการทำงานและความตั้งใจในการศึกษาเนื้อหาจาก Google Sites หลังจากนั้น ผู้วิจัยและนักเรียนจะลงชื่อในใบสัญญา หากนักเรียนสามารถปฏิบัติตามที่ได้ตกลงกันไว้ โดยส่งงานให้ครบถ้วนและตรงเวลา ผู้วิจัยจะมอบการเสริมแรงเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียนต่อไป เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) บทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบ t–test แบบ Dependent

ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับ Google site อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.71 SD = 0.46) นอกจากนี้ยังพบว่าการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพิ่มแรงจูงใจในการเรียนและช่วยพัฒนาทักษะการคิดของนักเรียนได้

คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E), บทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

[1]หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300
[2] บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300
*Corresponding author : Prapink1@hotmail.com

Abstract

This research aimed to 1) compare students' learning achievement before and after learning through the 5E inquiry-based learning approach combined with online lessons using Google Sites, and 2) examine students' satisfaction with the 5E inquiry-based learning approach integrated with Google Sites. The sample consisted of 30 fifth-grade students from Wat Mae Kaed Noi School, selected through cluster sampling.

Prior to the study, the researcher established agreements with the students regarding their responsibility for completing assignments and actively engaging with the content on Google Sites. Both the researcher and students signed a contract, and students who fulfilled their commitments by submitting assignments completely and on time received positive reinforcement to encourage further learning. The research instruments included: 1) online lessons using Google Sites, 2) 5E inquiry-based learning lesson plan, 3) Pre-test and post-test to assess learning achievement, and 4) a student satisfaction questionnaire. Data were analyzed using mean, percentage, standard deviation, and dependent t-test statistics.

The results revealed that the 5E inquiry-based learning approach combined with online lessons using Google Sites significantly improved students' learning achievement, with post-test scores being significantly higher than pre-test scores at the 0.05 level. Additionally, students reported a high level of satisfaction with this learning approach ($\bar{x}$ = 4.71, SD = 0.46). The findings also indicated that integrating the 5E inquiry-based learning model with Google Sites enhanced students' self-directed learning, increased their learning motivation, and contributed to the development of their thinking skills.

Keywords: Inquiry-based learning (5E), online lessons using Google Sites, academic achievement

บทนำ

โลกในศตวรรษที่ 21 ต้องการบุคลากรที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน การศึกษาจึงมีบทบาทสำคัญในการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนเพื่อให้เติบโตเป็นบุคลากรที่มีคุณภาพในอนาคต (Fensham, 2008) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในห้องเรียนควรจัดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามที่หลักสูตรกำหนด ด้วยกระบวนการแบบเดียวกันกับที่นักวิทยาศาสตร์สืบเสาะ แต่อาจมีรูปแบบที่หลากหลายตามบริบทและความพร้อมของผู้สอนและผู้เรียน (สสวท., 2562) หนึ่งในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีการนำมาใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์อย่างแพร่หลายไปทั่วโลก คือ การจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E (5E Learning Cycle) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้เรียนรู้ผ่านการสืบค้นและค้นพบความรู้ด้วยตนเอง กระบวนการนี้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ Engage (สร้างความสนใจ), Explore (สำรวจ), Explain (อธิบาย), Elaborate (ขยายความรู้) และ Evaluate (ประเมินผล) (สสวท., 2562) รูปแบบการสอนแบบ 5E (5E Learning Cycle) เน้นการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง กระตุ้นการคิดวิเคราะห์ และสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้กับชีวิตจริง ซึ่งส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น (ปัทมา ป่าลั่นทม และลดา ดอนหงษา, 2567)

วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับข้อเท็จจริง การหาเหตุและผล โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ ดังนั้นครูจึงต้องมีเทคนิควิธีการ ตลอดจนสื่อในการจัดการเรียนการสอนที่ทำให้

นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ จนกระทั่งนักเรียนเกิดความรู้รวบยอดอย่างถูกต้อง ซึ่งการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมุ่งพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์จึงต้องเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยครูวิทยาศาสตร์ สามารถจัดการเรียนการสอนได้ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน จะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ และเกิดความคงทนในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ (ธีรยุทธ แก้วดำรงชัย และอัมพร วัจนะ, 2565)

ปัจจุบัน เทคโนโลยีสารสนเทศมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นการบูรณาการแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลาย โดยอาศัยอินเทอร์เน็ตและเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือหลัก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้และส่งเสริมประโยชน์สูงสุดต่อผู้เรียน (ศุภกฤต ดิษฐสุวรรณ, 2566) และยังส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการเรียนรู้แบบไร้ขีดจำกัด ลดปัญหาเรื่องเวลาและสถานที่ การใช้เทคโนโลยีเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีคุณภาพ มีความน่าสนใจ ลดความแตกต่างระหว่างบุคคล และนักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ตลอดชีวิต (ปวีนวัสสา บำรุงอุดมรัชต์ และอัมพร วัจนะ, 2564) บทเรียนออนไลน์ Google Site เป็นสื่อการเรียนรู้หนึ่งที่จะทำให้นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีทางการศึกษาในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองได้ (ธีรยุทธ แก้วดำรงชัย และอัมพร วัจนะ, 2565) ช่วยในการเรียนการสอนของครูโดยสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ไม่ว่า จะเป็นรูปแบบไฟล์ เสียง วีดิโอ ที่นักเรียนสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้ง่าย และไม่ว่าจะอยู่ที่ไหน เวลาใด ก็สามารถเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองได้ (อิงอร นิลประเสริฐ และคณะ, 2557) นอกจากนี้ การใช้ดิจิตอลแพลตฟอร์มมีบทบาทในการสนับสนุนงานสอนครูและช่วยลดภาระครูในการเตรียมการสอนอีกด้วย (เขมรัตน์ บุญหล่อสุวรรณ์, 2563)

จากเหตุผลดังกล่าวคณะผู้วิจัยมีความสนใจในนำการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับการใช้ Google Sites เป็นบทเรียนออนไลน์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดแม่แก้ดน้อย อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ นอกจากนี้ ยังมุ่งพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวให้เป็นต้นแบบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้และเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนและนักเรียนที่สนใจต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

จากกรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework) เรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites ผู้วิจัยเสนอรายละเอียด ดังภาพประกอบ



ตัวแปรต้น

การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E), บทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ สำหรับ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ตัวแปรตาม

- ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ
- ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites

วิธีวิทยาการวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อออกแบบและดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดแม่แก้ดน้อย อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 4 ห้อง รวมจำนวนนักเรียน 129 คน

กลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลองที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนวัดแม่แก้ดน้อย จำนวน 30 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนวัดแม่แก้ดน้อย จำนวน 30 คน โดยการสุ่มแบบ Cluster sampling จากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดแม่แก้ดน้อย (ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหัวข้อ "ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ" ของทั้ง 4 ห้องเรียน ในปีการศึกษาที่ผ่านมา ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 0.42$, $p = 0.74$, $p > 0.05$))

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 10 แผน
2. บทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. แบบสอบถามความพึงพอในการจัดการเรียนรู้

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตามลำดับขั้นตอน ต่อไปนี้

1. การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E

ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ ตามการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E จำนวน 10 แผน ใช้เวลาดำเนินกิจกรรมทั้งหมด 10 ชั่วโมง โดย

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โรงเรียนวัดแม่แก้ดน้อย อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อจะได้ทราบข้อมูลสาระการเรียนรู้มาตรฐานการเรียนรู้ตัวชี้วัดผลการเรียนรู้คำอธิบายรายวิชาการวัดประเมินผลและเอกสารประกอบการเรียนรู้เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์เป็นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.2 ศึกษาเนื้อหาเรื่องปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เพื่อสร้างความเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น จากนั้นแบ่งเนื้อหา

1.3 กำหนดจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้ และระยะเวลา ซึ่งแบ่งเนื้อหาออกเป็นเรื่องย่อย จำนวน 10 แผน

1.4 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E เรื่ององค์ประกอบของลม ฟ้า อากาศ ซึ่งมีองค์ประกอบ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้และขั้นประเมินผล

1.5 นำไปหาคุณภาพเครื่องมือโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความชัดเจนและความถูกต้องสอดคล้องระหว่างสาระสำคัญจุดประสงค์กับเนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล

1.6 วิเคราะห์คะแนนประเมินผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ จากผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาค่าเฉลี่ยความเหมาะสมพบว่าค่าความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 (บุญชม ศรีสะอาด,2554)

1.7 นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ ให้สมบูรณ์

2. การสร้าง Google site

2.1 ค้นหาคำว่า Google site ใน Google แล้วเข้าสู่ระบบ

2.2 เมื่อเข้าสู่ระบบแล้วกดตรงเครื่องหมายบวก (เริ่มเว็บไซต์ใหม่) จะขึ้นหน้าเว็บไซต์ที่ไม่มีชื่อ

2.3 เริ่มเปลี่ยนชื่อเรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ และเริ่มตกแต่งหน้าปกเว็บให้สวยงามได้

2.4 สามารถแทรก YouTube หรือสื่อต่าง ๆ ได้ตรงแถบด้านข้างเว็บพร้อมทั้งเปลี่ยนสีพื้นหลังหรือรูปได้พร้อมทั้งเพิ่มกล่องข้อความเนื้อหาเรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศได้

2.5 เมื่อต้องการเพิ่มหน้าสามารถ กดตรงแถบด้านข้างหน้าเว็บและกดตรงเครื่องหมายบวกเพื่อเพิ่มจำนวนหน้าได้จะเห็นตรงแถบด้านบนหน้าเว็บ

2.6 เมื่อสร้างเว็บเสร็จ กดตรงเผยแพร่และกรอกที่อยู่เป็นภาษาอังกฤษตามที่ต้องการ กดปุ่มเผยแพร่เพื่อนำลิงค์ส่งให้ผู้อื่นศึกษาเนื้อหาได้

2.7 เมื่อต้องการเข้าดูเว็บไซต์สามารถกดเข้าลิงค์เข้าดูเนื้อหาได้

3. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยมีวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดย

3.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการศึกษา หลักการสร้างแบบทดสอบ การหาคุณภาพแบบทดสอบวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

3.2 กำหนดจำนวนข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สอดคล้องกับระยะเวลา

3.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ แบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก ตามจำนวนที่กำหนด ให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้

3.4 นำไปหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของภาษา ความถูกต้องของเนื้อหาและความสอดคล้องของลักษณะคำถาม ตัวเลือกกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดโดยใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (index of item–objective congruence: IOC) โดยเลือกเฉพาะข้อที่มีค่า ระหว่าง 0.67 – 1.00 (ปกรณ์ ประจันบาน, 2552)

3.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 30 คน โดยมีการสลับเนื้อหาที่สอนให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/3 มาเรียนในช่วงต้นภาคเรียนที่ 1 แล้วนำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแล้วไปใช้ในคาบการสอนปกติซึ่งอยู่คนละช่วงกับการเอาแบบทดสอบไปทดลองกับกลุ่มทดลองนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/3 ของหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยหาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ คัดเลือกข้อคำถามไว้จำนวน 20 ข้อ โดยข้อคำถามนั้นมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.37–1.00 (ปกรณ์ ประจันบาน, 2552)

3.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการปรับปรุง และวิเคราะห์ข้อมูลแล้วไปใช้ทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

4. การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับ Google site โดย

4.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับความพึงพอใจและวิธีการสร้างแบบสอบถาม

4.2 กำหนดโครงสร้างของข้อคำถามในแบบสอบถามเป็น 4 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา ด้านสื่อการเรียนรู้ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านการนำไปใช้ประโยชน์

4.3 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ จำนวน 15 ข้อ ให้ครอบคลุมข้อมูลที่ต้องการทราบ โดยกำหนดระดับความคิดเห็นเป็น 5 ระดับ ตามมาตราวัดของลิเคิร์ท (Likert scale)

4.4 นำแบบสอบถามความพึงพอใจให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านประเมินความสอดคล้องในรายการประเมินแต่ละข้อ โดยการตรวจสอบให้เกณฑ์ในการตรวจพิจารณาข้อคำถาม ดังนี้

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์
ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์
ให้คะแนน –1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

จากนั้นนำผลคะแนนที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่า **IOC** ตามสูตรการคำนวน

4.5 ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามความพึงพอใจตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จนได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.67 – 1.00 (ปกรณ์ ประจันบาน, 2552)

4.6 นำไปใช้ประเมินความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ต่อการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google site

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังรายละเอียด

1. ทำการทดสอบก่อนเรียนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ ที่สร้างขึ้น

2. ทำการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับเดียวกับที่ใช้ทดสอบก่อนเรียน

3. ให้นักเรียนตอบแบบสอบความความพึงพอใจตามความคิดเห็นของนักเรียน

ผลการศึกษา

1. ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E ร่วมกับGoogle site

1.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E ร่วมกับGoogle site จำนวนทั้งหมด 10 ชั่วโมงโดยได้ทำการเก็บคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาค่าร้อยละค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยการทดสอบค่าที่แบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent sample t-test) เพื่อหาว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนมีความแตกต่างกันหรือไม่ผลปรากฏดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับ Google site

ผลการสอบ	คะแนนเต็ม	คะแนนต่ำสุด	คะแนนสูงสุด	ค่าเฉลี่ย (คะแนน)	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)	SD	t	P
คะแนนก่อนเรียน	20	3	12	9.87	49.33	2.34	9.16	0.00
คะแนนหลังเรียน	20	10	20	14.20	71	2.61		

* ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับ Google site พบว่าคะแนนหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 71 ของนักเรียนมีค่าสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 43.33 เมื่อทำการทดสอบค่าที่แบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent sample t-test) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนพบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.2 ผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนจำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้

เพื่อเป็นการศึกษาว่านักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับการใช้ Google site เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ มีระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดของบลูมสูงขึ้นหรือไม่ผู้วิจัยจึงได้เปรียบเทียบ

คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์โดยการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยการทดสอบค่าที่แบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระทางการเรียนต่อกัน (Dependent sample t-test) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนจำแนกตามระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับ Google site

ระดับพฤติกรรมการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	คะแนนก่อนเรียน			คะแนนหลังเรียน			t	P
		$\bar{x}$	ร้อยละค่าเฉลี่ย	SD	$\bar{x}$	ร้อยละค่าเฉลี่ย	SD		
ความรู้ความจำ	12	5.47	45.56	2.06	8.10	67.5	2.04	7.12	0.00
ความเข้าใจ	5	2.83	56.67	0.83	3.70	74	0.84	5.52	0.00
การวิเคราะห์	3	1.43	47.78	0.86	2.57	85.56	0.57	9.11	0.00

* ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 2 พบว่าพฤติกรรมการเรียนรู้ทุกระดับมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยพฤติกรรมการเรียนรู้หลังเรียนระดับการวิเคราะห์มีร้อยละค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือระดับความเข้าใจ และระดับความรู้ความจำ ตามลำดับ

2. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5 ร่วมกับ Google site วิทยาศาสตร์เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับ Google site เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ โดยเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจได้ผลดังนี้ ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนในหลายด้าน โดยมีการแบ่งเป็น 4 ด้านหลัก ได้แก่ ด้านเนื้อหา คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจรวมของด้านเนื้อหาคือ 4.74 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ "มากที่สุด" ด้านสื่อการเรียนรู้ คะแนนเฉลี่ยของสื่อการเรียนรู้อยู่ที่ 4.73 จัดอยู่ในระดับ "มากที่สุด" ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้เรียนมีความพึงพอใจในกิจกรรมการเรียนรู้รวมอยู่ที่ 4.59 จัดอยู่ในระดับ "มากที่สุด" ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ คะแนนเฉลี่ยของด้านนี้อยู่ที่ 4.78 ซึ่งอยู่ในระดับ "มากที่สุด" โดยรวมแล้ว คะแนนเฉลี่ยทั้งหมดของการประเมินอยู่ที่ 4.71 ซึ่งอยู่ในระดับ "มากที่สุด" แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจในทุกด้านของการเรียนรู้ที่ได้รับ

สรุปผลและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่องการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites ผู้วิจัยได้สรุปผลและอภิปรายผลดังนี้

สรุปผล

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E ร่วมกับGoogle site

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับ Google site พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณาด้าน

พฤติกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกระดับ

2. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับ Google site เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ

นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมตามการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E ร่วมกับ Google site มีความพึงพอใจ อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาทั้ง 4 ด้าน พบว่าทุกด้านมีระดับความพึงพอใจในระดับมาก โดยด้านการนำไปใช้ประโยชน์มีระดับความพึงพอใจสูงสุด รองลงมาคือด้านเนื้อหา ด้านสื่อการเรียนรู้ และด้านกิจกรรมการเรียนรู้ตามลำดับ

อภิปรายผล

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E ร่วมกับGoogle site

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับ Google site เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อย่างไรก็ตามพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น เมื่อพิจารณาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดของบลูมใน 3 ระดับคือ ระดับความรู้ความจำ ความเข้าใจ และวิเคราะห์ พบว่านักเรียนมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทุกระดับแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับ Google site สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ทั้ง 3 ระดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ในแต่ละขั้นมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยขั้นสร้างความสนใจ (Engage) ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมกับแนวคิดใหม่ผ่านคำถามกระตุ้นความคิด หรือสถานการณ์ปัญหา ช่วยให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ขั้นสำรวจ (Explore) นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง สำรวจข้อมูล ทดลอง และสังเกตปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ กระบวนการนี้เน้นการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนสามารถสร้างความเข้าใจจากประสบการณ์ตรง ขั้นอธิบาย (Explain) นักเรียนได้อภิปราย สรุปผล และนำเสนอสิ่งที่ค้นพบจากขั้นสำรวจ พร้อมเชื่อมโยงกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) นักเรียนได้นำแนวคิดที่เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ การให้นักเรียนประยุกต์ใช้แนวคิดในบริบทที่หลากหลายช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึกและทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ และขั้นประเมินผล (Evaluate) นักเรียนสามารถประเมินความเข้าใจของตนเองและปรับปรุงการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับคำกล่าวของนิพนธ์ จันเลน (2557) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหรือ inquiry-based instruction ถูกกล่าวถึงว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนที่ช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเนื้อหา กระบวนการ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ การนำ Google site มาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ทำให้นักเรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาเพื่อทบทวนบทเรียนหลังจากการจัดการเรียนรู้ได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว เรียนรู้ได้ทุกที่ ทุกเวลา ตามอัธยาศัย สอดคล้องกับงานวิจัยของปวีณวัสสา บำรุงอุดมรัชต์ และอัมพร วัจนะ (2564) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites เรื่องสมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีผลคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 16.50 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน

2. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E ร่วมกับ Google site เรื่อง ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศ

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าโดยรวมนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E และ Google site ในระดับพึงพอใจมาก ($\bar{X}$= 4.71 SD = 0.46) เมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่าค่าเฉลี่ยด้านการนำไปใช้ประโยชน์มีค่าสูงสุด ($\bar{X}$= 4.78 SD = 0.42) รองลงมาคือด้านเนื้อหา ($\bar{X}$= 4.74 SD = 0.42) ด้านสื่อการเรียนรู้ ($\bar{X}$= 4.73 SD = 0.46) และด้านกิจกรรมการเรียนรู้ตามลำดับ ($\bar{X}$= 4.59 SD = 0.54) เนื่องจากบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความน่าสนใจ ง่ายต่อการใช้งาน มีความสวยงามเหมาะสมกับระดับผู้เรียน เชื่อมโยงข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในด้านเนื้อหามีความเหมาะสมสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้ ใช้ภาษาที่มีความเข้าใจง่าย จึงทำให้ผู้เรียนเกิดความความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ (พิชญ์สินี ยอดจิตร์ และกรกมล ชูช่วย, 2565) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5E และ Google site สร้างแรงจูงใจในการเรียนให้นักเรียนเพราะมีความสนุกสนาน ไม่เบื่อหน่าย เป็นการเรียนแบบใหม่ที่นักเรียนไม่เคยได้เรียนมาก่อน ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับผลการวิจัยของปวีณวัสสา บำรุงอุดมรัชต์ และอัมพร วัจนะ (2564) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 3.87 , S.D. = 0.71)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำวิจัยไปใช้

1.1 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนไม่คุ้นเคย ควรชี้แจงให้ผู้เรียนเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนในชั้นเรียนให้ชัดเจน เพื่อเป็นการสร้างความพร้อมให้กับผู้เรียน

1.2 ในการออกแบบ Google site ในรูปแบบ On-line ครูควรศึกษาการใช้ให้เข้าใจ ศึกษาข้อดีข้อเสียก่อนนำไปใช้จริง เพื่อช่วยแก้ปัญหาที่ผู้เรียนพบขณะใช้งานได้ทันที

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาใช้การจัดการเรียนรู้ที่ใช้ google site ร่วมกับเทคนิคการจัดการเรียนรู้อื่น ๆ เช่น TGT (Teams-Games-Tournament) หรือ Jigsaw เป็นต้น

กิตติกรรมการประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดแม่แก้ดน้อย และ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เขมรัตน์ บุญหล่อสุวรรณ์. (2563). **ประสบการณ์การใช้ดิจิทัลแพลตฟอร์มสนับสนุนครู**. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

ธีรยุทธ แก้วดำรงชัย และอัมพร วัจนะ. (2565). **การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ด้วยบทเรียนออนไลน์บน Google Sites ร่วมกับเกมวัน เดอ โก เรื่อง ระบบนิเวศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.** Journal of Roi Kaensarn Academi, 7(5), 10–24.

นิพนธ์ จันเลน. (2557). **ความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการจัดห้องเรียนแบบสืบเสาะและแนวทางปรับความเข้าใจ.** นิตยสาร สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 42(190), 5–10.

บุญชม ศรีสะอาด. (2554**). หลักการวิจัยเบื้องต้น.** (พิมพ์ครังที่ 9). กรุงเทพฯ : สุวิริยาสาส์น.

ปกรณ์ ประจันบาน. (2552). **สถิติขั้นสูงสำหรับการวิจัยและประเมิน (Advanced Statistics for Research and Evaluation).** พิษณุโลก : มหาลัยนเรศวร.

ปัทมา ป่าลั่นทม และลดา ดอนหงษา. (2567). **ผลของวงจรการเรียนรู้แบบ 5Es เสริมด้วยแบบฝึกทักษะการเรียนรู้ต่อผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4.** วารสารสมาคมพัฒนาวิชาชีพการบริหารการศึกษาแห่งประเทศไทย (สพบท.), 6(2), 28–43.

ปวีณวัสสา บำรุงอุดมรัชต์ และอัมพร วัจนะ. (2564**). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites เรื่องสมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.** วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 11(1), 260–274.

พิชญ์สินี ยอดจิตร์ และกรกมล ชูช่วย. (2565). **การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเว็บด้วย Google site ร่วมกับสื่อแอนิเมชัน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เรื่อง สนามของแรง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.** วารสารวิชาการ ครุศาสตร์สวนสุนันทา, 6(1), 65–76.

ศุภกฤต ดิษฐสุวรรณ. (2566). **รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการจัดการเรียนรู้ของครูเพื่อยกระดับคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการสุวรรณภูมิ.** Journal of Roi Kaensarn Academi, 8(3). 194–214.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี . (2562). **คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับประถม.** สืบค้นเมื่อ 13 พฤศจิกายน 2567, จาก https://www.scimath.org/ebook-science/item/8922-2018-10-01-01-54-11.

อิงอร นิลประเสริฐ และคณะ. (2557). Google Site. ค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2567, จาก https://noppakornru.files.wordpress.com/2012/09/google_sites.pdf.

Fensham, P. J. (2008). **Science education policy-making. Eleven emerging issues.** Commissioned by UNESCO, Section for Science, echnical and Vocational Education.

การพัฒนามโนมติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน(Model based learning) เรื่องข้างขึ้น – ข้างแรม

Development of conceptual understanding and learning achievement of fourth–grade students using model–based learning on the topic of waxing and waning

พณัชยา อาจศรี[1], สิริลักษณ์ อัครกุลเดช[1] และ อโนดาษ์ รัชเวทย์[1*]

Phanatchaya Arjsri[1], Siriruk Akarakuldate[1] and Anodar Ratchawet[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนามโนมติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีกลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดท่าต้นกวาว จำนวน 19 คน โดยมีนักเรียนปกติ 15 คน และนักเรียนบกพร่องทางการเรียนรู้ 4 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน เรื่อง ข้างขึ้น – ข้างแรม ใช้สถิติเชิงบรรยายในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ Independent Samples t–test ผลการวิจัยพบว่านักเรียนปกติและนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้มีการพัฒนามโนมติโดยวัดจากระดับผลต่างของคะแนนก่อนและหลังเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนักเรียนปกติมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน($\overline{X}$ = 2.87,S.D. = 0.83) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\overline{X}$ = 7.93, S.D. = 1.33) มีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.06 คิดเป็นร้อยละ 50.60 และ คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้($\overline{X}$ = 1.50, S.D. = 1.00) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน($\overline{X}$ = 7.00, S.D. = 1.41) มีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.50 หรือคิดเป็นร้อยละ 55.00 การวิเคราะห์ด้วย t–test พบว่าคะแนนก่อนเรียนระหว่างนักเรียนปกติและนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังเรียนไม่พบความแตกต่าง ผลการวิจัยสนับสนุนว่าการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนามโนมติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพในเรื่องข้างขึ้น–ข้างแรม

คำสำคัญ: การพัฒนามโนมติ, การใช้แบบจำลองเป็นฐาน, ข้างขึ้น–ข้างแรม, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

[1] สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] Science Teaching, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

*Corresponding author : Anodar_rat@g.cmru.ac.th

Abstract

This study examined the effectiveness of active learning using a model-based approach in enhancing student's conceptual understanding and academic achievement. The participants were 19 fourth-grade students from Wat Tha Ton Kwao School, including 15 regular students and 4 students with learning disabilities. Research instruments included pre- and post-tests on the phases of the moon ("Waxing and Waning"), comprising two open-ended reasoning questions and a drawing task to explain 16 moon phases. Data were analyzed using descriptive statistics (mean, percentage, standard deviation) and an Independent Samples t-test. The findings showed significant improvement in conceptual understanding and achievement among all students. For regular students, the mean pre-test score was $\overline{X}$ =2.87, S.D.=0.83, increasing to $\overline{X}$ =7.93, S.D.=1.33, an improvement of 5.06 points (50.60%). For students with learning disabilities, the mean pre-test score was $\overline{X}$ =1.50, S.D.=1.00 increasing to $\overline{X}$ =7.00, S.D.=1.41 an improvement of 5.50 points (55.00%). The t-test revealed a significant difference in pre-test scores between the two groups, but no significant difference in post-test scores. The results confirm the model-based learning approach effectively enhanced conceptual understanding and achievement in "Waxing and Waning" for all students, including those with learning disabilities.

Keywords: Conceptual development, Model based learning, Waxing and Waning, Learning achievement

บทนำ

มโนมติ (Concept) หมายถึง ความคิด ความเข้าใจ ที่สรุปรวมเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งอันเกิดจากการที่ได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ หรือเรื่องนั้น ๆ หลายแบบ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกัน สามารถจำแนกเป็นกลุ่มเป็นพวกได้(สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ,2547) ซึ่งในการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ต้องใช้ทักษะกระบวนการเรียนรู้ที่เฉพาะด้านมีความสำคัญต่อผู้เรียนตามทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 (วรพจน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง และอธิป จิตตฤกษ์,2555)

สภาพการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ข้างขึ้น – ข้างแรม เป็นเรื่องราวที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับลักษณะการปรากฏของดวงจันทร์ในแต่ละคืน ซึ่งมีลักษณะต่างกันทุกคืนและมีความเกี่ยวข้องกับการโคจรรอบโลกของดวงจันทร์ รวมไปถึงการสะท้อนแสงจากดวงอาทิตย์มายังโลกของดวงจันทร์ที่ทำให้เรามองเห็นดวงจันทร์ในแต่ละคืนมีลักษณะแตกต่างกัน พบว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการโคจรของดวงจันทร์และการสะท้อนแสงดวงอาทิตย์มายังโลกของดวงจันทร์ (วสุพงษ์ อิวางและกรีฑา แก้วคง, 2561) เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างต้องใช้จินตนาการสูงเพื่อให้เข้าใจว่าเรามองเห็นดวงจันทร์ในแต่ละคืนมีลักษณะที่ต่างกันได้อย่างไร

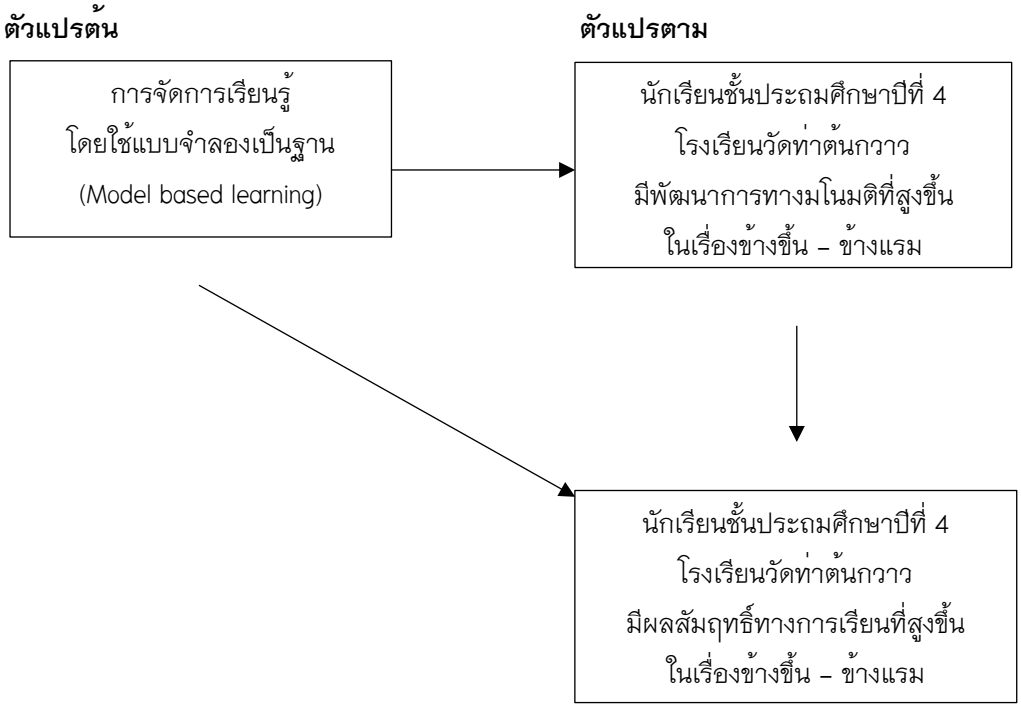
จากสภาพปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยพบว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง (Model based Learning) ในการศึกษาวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ผ่านการเปรียบเทียบและอธิบายเชิงเหตุผล และส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Clement,2000) นอกจากนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองยังสามารถพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Gobert&Buckley,2000) ทั้ง พจนา ศรีกระจ่าง(2563) ยังได้มีการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มาจัดการเรียนรู้เรื่องข้างขึ้น – ข้างแรม โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้

แบบจำลองเป็นฐาน มีแนวคิดมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นทฤษฎีมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาโครงสร้างทางสติปัญญาโดยการสร้างองค์ความรู้ขึ้นมา จากนั้นจึงถ่ายทอดสู่กระบวนการสร้างแบบจำลองภายนอก (External modeling) (สุทธิดา จำรัส, 2555) ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำกระบวนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้เชิงรุกที่นักเรียนจะได้มีส่วนร่วมในชั้นเรียน ซึ่งได้มีการให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำแบบจำลองการเกิดข้างขึ้น – ข้างแรม (Model based Learning) เพื่อให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการคิด แล้วจึงสร้างแบบจำลองขึ้น เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์การเกิดข้างขึ้น–ข้างแรม และเกิดการพัฒนาโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเรื่อง ข้างขึ้น – ข้างแรม ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดท่าต้นกวาว อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ อีกทั้งเพื่อใช้ผลการศึกษาเป็นแนวทางในการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1) เพื่อพัฒนามโนมติในเรื่องข้างขึ้น – ข้างแรม สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดท่าต้นกวาว อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ 2) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model based learning)

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน



วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวิธีวิทยาการวิจัย โดยเริ่มจากการวิเคราะห์หลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดการเรียนรู้ ตามมาตรฐานการเรียนรู้แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(กระทรวงศึกษาธิการ,2551) เพื่อออกแบบหน่วยการเรียนรู้ตามตัวชี้วัด และกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และเกิดทักษะตามที่หลักสูตรกำหนด จากนั้นออกแบบการ

จัดเรียนรู้แบบ Active Learning เทคนิคการใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model based learning) แล้วจึงนำจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ออกแบบไปตรวจสอบความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับความถูกต้องของเนื้อหา และมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) อยู่ระหว่าง 0.60–1.00 โดยเครื่องมือประกอบไปด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 1 แผน และแบบทดสอบเรื่อง ข้างขึ้น – ข้างแรม โดยเป็นคำถามแบบอัตนัยให้อธิบายปรากฏการณ์จำนวน 2 ข้อ และวาดภาพปรากฏการณ์การปรากฏของดวงจันทร์จำนวน 16 ภาพ โดยมีการประเมินผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียน เรื่อง ข้างขึ้น – ข้างแรม จากนั้นนำผลการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์สรุปและอภิปรายผล

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้ ได้แก่ 1)แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องข้างขึ้น – ข้างแรม จำนวน 1 แผนการจัดการเรียนรู้ 2)แบบทดสอบ เรื่อง ข้างขึ้น – ข้างแรม โดยเป็นคำถามแบบอัตนัยให้อธิบายปรากฏการณ์จำนวน 2 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน และ ให้นักเรียนได้วาดภาพปรากฏการณ์การปรากฏของดวงจันทร์จำนวน 16 ภาพ ภาพละ 1 คะแนน โดยมีคะแนนเต็ม 20 คะแนน โดยเมื่อนำไปตรวจสอบความเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับความถูกต้องของเนื้อหา และมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) อยู่ระหว่าง 0.60–1.00

การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินงานในครั้งนี้ใช้สถิติเชิงบรรยายในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งค่าสถิติที่ใช้ คือ ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคำนวณ Independent Samples t–test โดยสมมติว่าความแปรปรวนของทั้งสองกลุ่มเท่ากัน โดยวัดจากผลสัมฤทธิ์ที่ได้จากแบบทดสอบเพียงอย่างเดียว

เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินระดับคุณภาพ

ผู้ดำเนินงานได้ใช้เกณฑ์ในการประเมินคุณภาพโดยวัดจากคะแนนของแบบทดสอบ ดังนี้

1. การตรวจสอบมโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง ข้างขึ้น – ข้างแรม โดยกำหนดเกณฑ์คุณภาพของคะแนนแบบทดสอบ เรื่อง ข้างขึ้น – ข้างแรม หลังการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning (Model based learning) ดังนี้

ค่าคะแนนร้อยละ	เกณฑ์คุณภาพ
80.00 – 100.00	ดีมาก
60.00 – 79.00	ดี
50.00 – 59.00	ปานกลาง
40.00 – 49.00	พอใช้
0.00 – 39.00	ควรปรับปรุง

2. การพัฒนามโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง ข้างขึ้น – ข้างแรม โดยกำหนดเกณฑ์คุณภาพของคะแนนแบบทดสอบ เรื่อง ข้างขึ้น – ข้างแรม หลังการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning (Model based learning) ดังนี้

ร้อยละของคะแนนที่เพิ่มขึ้น	ระดับผลต่างของคะแนน
มากกว่า 80	มากที่สุด
60.00 – 79.00	มาก
40.00 – 59.00	ปานกลาง
20.00 – 39.00	น้อย
10.00 – 19.00	น้อยที่สุด
ลดลงหรือเท่าเดิม	ไม่มีพัฒนาการ

ผลการศึกษา

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบ Model based learning เรื่องข้างขึ้น-ข้างแรม พบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของนักเรียนปกติจำนวน 15 คน มีค่าเท่ากับ 2.87 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.83 แสดงว่าคะแนนสอบก่อนเรียนมีการกระจายไม่มาก คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนปกติ มีค่าเท่ากับ 7.93 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.33 แสดงว่าคะแนนสอบมีการกระจายตัวมากขึ้น โดยคะแนนยังคงมีความใกล้เคียงภายในกลุ่มแต่มีความแตกต่างระหว่างบุคคลมากขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนเรียน (S.D. = 0.83) เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นพบว่ามีค่าเท่ากับ 5.06 หรือคิดเป็นร้อยละ 50.60 ของคะแนนที่เพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ จำนวน 4 คน พบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 1.50 โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.00 แสดงว่าคะแนนสอบในกลุ่มมีการกระจายไม่มาก คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้เท่ากับ 7.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.41 แสดงว่าคะแนนสอบมีการกระจายตัวมากขึ้น โดยคะแนนยังคงมีความใกล้เคียงภายในกลุ่มแต่มีความแตกต่างระหว่างบุคคลมากขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนเรียน (S.D. = 1.00) เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นพบว่ามีค่าเท่ากับ 5.50 หรือคิดเป็นร้อยละ 55.00 ของคะแนนที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model based learning) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ทั้งนักเรียนปกติและนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียน ดังแสดงในตาราง

ตาราง ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ Active learning (Model based learning)

การทดสอบ		คะแนนสอบ (เต็ม 10 คะแนน)		คะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น	ร้อยละของคะแนนที่เพิ่มขึ้น
		คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
นักเรียนปกติ (จำนวน 15 คน)	ก่อนเรียน	2.87	0.83	5.06	50.60
	หลังเรียน	7.93	1.33		
นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ (จำนวน 4 คน)	ก่อนเรียน	1.50	1.00	5.50	55.00
	หลังเรียน	7.00	1.41		

ผลต่างของคะแนนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ นำมาใช้เปรียบเทียบการพัฒนามโนมติจากการที่สามารถทำแบบทดสอบให้อธิบายปรากฏการณ์ จำนวน 2 ข้อ และวาดภาพแสดงการปรากฏของดวงจันทร์จำนวน 16 ภาพ พบว่านักเรียนปกติจำนวน 15 คน มีผลต่างของคะแนนในระดับน้อย จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนปกติทั้งหมด ระดับปานกลาง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 ของจำนวนนักเรียนปกติทั้งหมด และระดับมาก จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ของจำนวนนักเรียนปกติทั้งหมด แสดงว่านักเรียนปกติมีการพัฒนามโนมติหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน Model based learning ในเรื่องข้างขึ้น – ข้างแรม ตั้งแต่ระดับน้อยขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนนักเรียนปกติทั้งหมด โดยวัดจากการพัฒนาที่เพิ่มขึ้นของคะแนนสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ เมื่อพิจารณาผลต่างของคะแนนของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ จำนวน 4 คน พบว่านักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ มีผลต่างของคะแนนอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของจำนวนนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทั้งหมด และระดับมาก จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของจำนวนนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทั้งหมด แสดงว่านักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ มีการพัฒนามโนมติหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน Model based learning ในเรื่องข้างขึ้น – ข้างแรม ตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทั้งหมด โดยวัดจากการพัฒนาที่เพิ่มขึ้นของคะแนนสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ตาราง ตารางระดับของผลต่างของคะแนนเปรียบเทียบผลคะแนนสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

นักเรียนปกติ จำนวน 15 คน

ผลต่างของคะแนน	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ
มากที่สุด	0	0.00
มาก	6	40.00
ปานกลาง	8	53.33
น้อย	1	6.67
น้อยที่สุด	0	0.00
ไม่มีผลต่างของคะแนน	0	0.00
รวม	**15**	**100.00**

นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ จำนวน 4 คน

ผลต่างของคะแนน	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ
มากที่สุด	0	0.00
มาก	2	50.00
ปานกลาง	2	50.00
น้อย	0	0.00
น้อยที่สุด	0	0.00
ไม่มีผลต่างของคะแนน	0	0.00
รวม	**4**	**100.00**

เมื่อนำผลการทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนปกติ และนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ มาคำนวณหาค่า Independent Samples t-test โดยสมมติว่าความแปรปรวนของทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากัน โดยตั้งระดับนัยสำคัญ (α) มีค่าเท่ากับ 0.05 โดยพบว่าก่อนเรียนคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของนักเรียนปกติ ($\overline{X}$ = 2.87, S.D. = 0.83) และเด็กบกพร่องทางการเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 1.50, S.D. = 1.00) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ หลังเรียนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของเด็กปกติ ($\overline{X}$ = 7.93, S.D. = 1.33) และเด็กบกพร่องทางการเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 7.00, S.D. = 1.41) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตาราง

ตาราง ผลการเปรียบเทียบค่า Independent Samples t-test ของคะแนนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนปกติและนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

Independent Samples t-test	ก่อนเรียน	หลังเรียน
	0.0121	0.2356

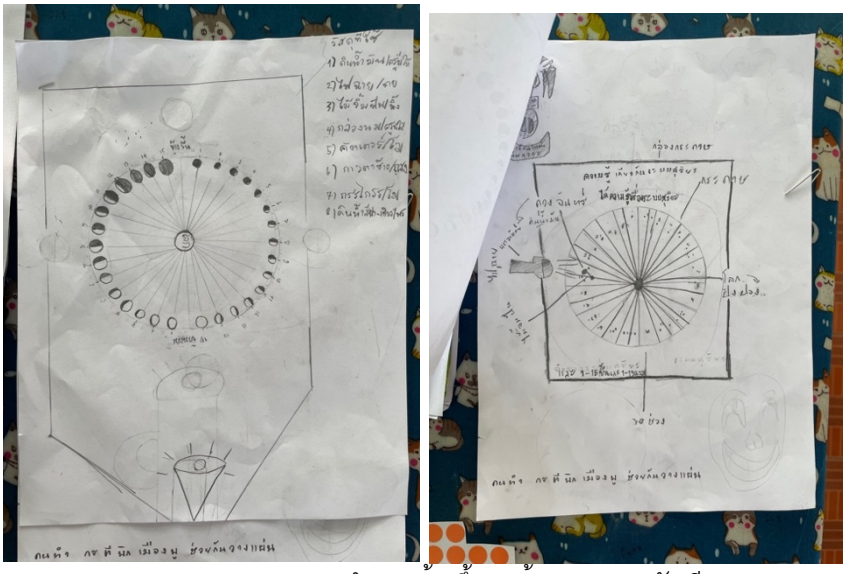
สรุปผลและอภิปรายผล

จากการศึกษาการพัฒนามโนมติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน(Model based learning) เรื่องข้างขึ้น – ข้างแรม โดยมีนักเรียนปกติจำนวน 15 คน และนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ จำนวน 4 คน ผู้วิจัยสามารถอภิปรายตามประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

การพิจารณาผลต่างของคะแนนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ นำมาใช้เปรียบเทียบการพัฒนามโนมติจากการที่นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบให้อธิบายปรากฏการณ์ จำนวน 2 ข้อ และวาดภาพแสดงการปรากฏของดวงจันทร์จำนวน 16 ภาพ พบว่านักเรียนปกติจำนวน 15 คน มีผลต่างของคะแนนในระดับน้อย จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนปกติทั้งหมด ระดับปานกลาง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 ของจำนวนนักเรียนปกติทั้งหมด และระดับมาก จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ของจำนวนนักเรียนปกติทั้งหมด แสดงว่านักเรียนปกติมีการพัฒนามโนมติหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน Model based learning ในเรื่องข้างขึ้น – ข้างแรม ตั้งแต่ระดับน้อยขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนนักเรียนปกติทั้งหมด โดยวัดจากการพัฒนาที่เพิ่มขึ้นของคะแนนสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ เมื่อพิจารณาผลต่างของคะแนนของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ จำนวน 4 คน พบว่านักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ มีผลต่างของคะแนนอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของจำนวนนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทั้งหมด และระดับมาก จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของจำนวนนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทั้งหมด แสดงว่านักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ มีการพัฒนามโนมติหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน Model based learning ในเรื่องข้างขึ้น – ข้างแรม ตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทั้งหมด โดยวัดจากการพัฒนาที่เพิ่มขึ้นของคะแนนสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ผลการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าทั้งนักเรียนปกติและนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ ล้วนมีการพัฒนามโนมติเรื่อง ข้างขึ้น – ข้างแรมจึงส่งผลให้มีคะแนนสอบหลังเรียนเพิ่มขึ้นภายหลังจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับ Gobert (2000) ที่ได้กล่าวไว้ว่าการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การที่ผู้เรียนออกแบบและสร้างแบบจำลองขึ้นมา แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจของผู้เรียนที่แสดงออกมาผ่านการพูด การเรียน การลงมือปฏิบัติ ซึ่งจะทำให้สามารถวิเคราะห์การเรียนรู้และการพัฒนาทางมโนมติของผู้เรียนได้ ทั้งงานวิจัยของวสุพงษ์ อิวาง (2562) ที่พบว่านักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนทัศน์เพิ่มขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการมองภาพเชิงปริภูมิ

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบ Model based learning เรื่องข้างขึ้น-ข้างแรมพบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของนักเรียนปกติ($\overline{X}$ = 2.87,S.D. = 0.83) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนปกติ ($\overline{X}$ = 7.93, S.D. = 1.33) มีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.06 หรือคิดเป็นร้อยละ 50.60 ของคะแนนที่เพิ่มขึ้น และ คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้($\overline{X}$ = 1.50, S.D. = 1.00) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้($\overline{X}$ = 7.00, S.D. = 1.41) มีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.50 หรือคิดเป็นร้อยละ 55.00 ของคะแนนที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อจัดการเรียนเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model based learning)แล้ว

ทั้งนักเรียนปกติและนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยของคะแนนเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงการมีพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่อง ข้างขึ้น – ข้างแรม การจัดการเรียนรู้นี้จึงสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ทั้งนักเรียนปกติ และนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ แม้จะใช้ข้อสอบชุดเดียวกัน เนื่องจากเป็นข้อสอบที่ให้นักเรียนได้อธิบายปรากฏการณ์เกี่ยวกับวัฏจักรและการปรากฏของดวงจันทร์ โดยใช้การวาดภาพ ซึ่งเมื่อนักเรียนได้ผ่านการออกแบบและลงมือปฏิบัติการสร้างแบบจำลองขึ้นมาแล้ว แสดงให้เห็นถึงการที่นักเรียนมีความเข้าใจในการเปลี่ยนแปลงรูปลักษณ์ การปรากฏของดวงจันทร์ด้วยตนเองแล้วจึงแสดงออกผ่านแบบจำลองภายนอก โดยสอดคล้องกับสุทธิดา จำรัส (2555) ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีแนวคิดมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นทฤษฎีมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาโครงสร้างทางสติปัญญาโดยการสร้างองค์ความรู้ขึ้นมา จากนั้นจึงถ่ายทอดสู่กระบวนการสร้างแบบจำลองภายนอก (External modeling)และในวิจัยของงามจิต สุขสมบูรณ์วงศ์ (2562) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ยังสามารถนำไปใช้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์อื่น ๆ ของโลกได้อีกด้วย ดังจะได้เห็นจากผลงานของนักเรียนที่ได้ออกแบบ แบบจำลองข้างขึ้น – ข้างแรม ดังนี้



ภาพการออกแบบแบบจำลองข้างขึ้น – ข้างแรม ของนักเรียน



ภาพผลงานแบบจำลองการเกิดข้างขึ้น – ข้างแรมของนักเรียน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณการสนับสนุนของคณาจารย์ในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และได้รับการอนุเคราะห์เก็บข้อมูลจากโรงเรียนวัดท่าต้นกวาว อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 4

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

งามจิตต์ สุขสมบูรณ์วงศ์. (2562). **การส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์เรื่องปรากฏการณ์ของโลกด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง 3 มิติเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.** [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร].

พจนา ศรีกระจ่าง. (2563). **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการเกิดข้างขึ้นข้างแรม โดยใช้แบบจำลองการเกิดข้างขึ้นข้างแรม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.** [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, โรงเรียนวัดแสลง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาจันทบุรี เขต 1].

วสุพงษ์ อิวาง. (2562). **การพัฒนามโนทัศน์ดาราศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษา โดยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการมองภาพเชิงปริภูมิ.** [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่].

วสุพงษ์ อิวาง และ กรีฑา แก้วคง. (2561). **การสำรวจมโนทัศน์เกี่ยวกับดวงจันทร์ของนักเรียนกลุ่มชาติพันธุ์ (ม้ง) ระดับชั้นประถมศึกษา [บทคัดย่อ].** ใน รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติหลักสูตรและการสอนสัมพันธ์ ครั้งที่ 4 ประจำปี 2560 ครั้งที่ 3 (หน้า 10). ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรพจน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง และ อธิป จิตตฤกษ์. (2555). **ทักษะแห่งอนาคตใหม่: การศึกษาเพื่อศตวรรษที่ 21.** กรุงเทพฯ: โอเพ่นเวิลด์ส.

สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ. (2547). **เรียนรู้สู่ครูมืออาชีพ (พิมพ์ครั้งที่ 6).** กรุงเทพฯ: ดวงกมลสมัย.

สุทธิดา จำรัส. (2555). **แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์.** สืบค้นจาก http://chamrat2012.wordpress.com/2012/04/25/model-and-modeling-teaching/

Clement, J. (2000). **Model-based learning as a key research area for science education.** International Journal of Science Education, 22(9), 1041–1053. https://doi.org/10.1080/095006900416901

Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). **Introduction to model-based teaching and learning in science education.** International Journal of Science Education, 22(9), 891–894. https://doi.org/10.1080/095006900416839

Reformist buddhist thoughts as represented in Wimon Sainimnuan's *The Poor* and Win Lyovarin's *Democracy*

Isaraporn Pissa– ard[1*]

Abstract

Drawing on Peter A. Jackson's contention that Reformist Buddhism functions to address the Thai middle–classes' concern about the failure of mainstream Buddhism in upholding morality in Thai society, this paper examines the representations of Reformist Buddhist thoughts in two novels written by well–known middle–class authors: Wimon Sainimnuan's *The Poor* and Win Lyovarin's *Democracy*. The paper argues that in both novels Reformist Buddhist teachings figure as a source of wisdom that offers hope or even a way out for crucial existential, social and political problems. Nonetheless, as revealed through the close reading of *Democracy*, the overemphasis on moral leaders and the role of morality in maintaining peace and order may not be conducive to democratic processes and ideals. Furthermore, the appeal of reformist Buddhism tends to be limited to members of the middle–class, especially the urbanized ones, whose moral and political aspirations may differ significantly from those of the working class from the rural areas.

Keywords: Reformist Buddhism, Buddhadasa, social ills, Democracy

Introduction

Commenting on the tendency to separate religion from the public sphere and the socio–political power in modern Western societies, Richard King (1999), traced this tendency to the Enlightenment and argues that it can be seen as the starting point of a secularization process that has eroded the authority of institutional religions in the modern west. King observes that in the contemporary West, religion has been increasingly marginalised and excluded from the realm of politics and power (p.13). According to King (1999),

> One consequence of the modern distinction between the spheres of religion and politics has been to foster a suspicion among Westerners that any linkage of the two realms is an example of a 'merely rhetorical' use of religious discourse to mask some underlying political, ideological or 'worldly' intention. (p.13)

Unlike in the modern West, religion in Southeast Asia is generally seen as part of a person's public identity, and it is integral to the issues of social and political authority. This is particularly true with Thailand where Buddhism is seen as an integral part of the Thai identity and has long been employed as a legitimizing political tool by the State and, more recently, by the rising middle class. In the Thai religious imagining, Buddhism

[1] Faculty of Humanities, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

* Corresponding author : patinya.p@kkumail.com isaraporn.p@cmu.ac.th

usually functions as a way to maintain social peace and order, although this does not preclude the spiritual and psychological role of religion. A number of Thai authors, particularly those from the middle-class, tend to depict Buddhism in a way that shows that it is indispensable to the social order. However, the secularization of mainstream Buddhism in contemporary Thailand has caused an anxiety that Buddhism will not be able to provide the much-needed moral and political foundation. This anxiety is reflected in Thai authors' predominant critique of mainstream or popular Buddhism as being tainted by materialism and consumerism (Pissa-ard, I, 2009, pp. 124-140). As Peter A. Jackson (1989) maintains, the emergence of the Buddhist movement known as Reformist Buddhism, which seeks to redefine the spiritual, social and political role of Buddhism, is also partly the result of the anxiety towards the growing secularism of contemporary Thai society (pp. 53-57).

The concern that the erosion of religion will result in immoral and selfish social relations parallels the fear that traditional Buddhism is not able to keep up with drastic socio-economic changes and is, therefore, losing its relevance to modern people's lives. These concerns result in urban, middle-class based Buddhist movements which purportedly seek to restore Buddhism to its pivotal position as society's moral and socio-political foundation. Jackson refers to the form of Buddhism advocated by the middle-class Thais critical of establishment Buddhism as Reformist Buddhism. The Reformist Buddhists have reinterpreted a number of Buddhist beliefs and teachings based on logic, science and rationality. For example, they offer a demythologised interpretation of religious doctrines, shifting the emphasis from next or previous lives to human life in this world and socio-economic development. Unlike mainstream Buddhism, Reformist Buddhism de-emphasizes the importance of merit-making and encourages a person to seek nirvana, redefined as a universally accessible goal for everyone, through his or her own efforts (Jackson, 1989, pp. 48-49). Although functioning as an alternative form of spirituality, Reformist Buddhism is also used by the middle-class to justify their social and political views. Buddhadasa, the well-known reformist monk, enthusiastically advocated the use of Dhamma for social ends and emphasized the symbiotic relationship between the social and the spiritual (Jackson, 1989, pp. 117-12).

In the light of the secularization of popular or mainstream Buddhism, the rising middle-class turns to reformist Buddhism as the moral basis for their political and social visions. Such a trend is evident in some prominent middle-class writers' literary expression. Reformist Buddhism is often represented as a new hope and the answer to the current social and political ills. The downside of this is that Reformist Buddhism largely responds to the socio-political and spiritual needs of the well-educated urban middle-class rather than those of the rural populace whose religious practice is inseparable from superstitious and animist beliefs. The Reformist Buddhists also tend to ignore the class and regional-specific aspect of their version of Buddhism.

Methodology and Conceptual Framework

In the following section of this paper, I will examine the representations of Reformist Buddhist thoughts in two novels authored by well-recognized middle-class authors: Wimon Sainimnuan and Win Lyovarin. The two authors are well-known for their strong faith in Reformist Buddhism and they have publicly advocated the teachings and spiritual practices of Buddhadasa, the late founder of Reformist Buddhism. Such a religious stance

makes it highly interesting to investigate Reformist Buddhist thoughts conveyed in literary works penned by these two authors, particularly Wimon's *The Poor* and Win's *Democracy*, the novels that reflect the authors' profound interest in utilizing Reformist Buddhist thoughts for social renewal and reformation.

Drawing on content analysis method and informed by Peter. A. Jackson's conceptualization of Reformist Buddhism and his analysis of its socio-political mission outlined in the previous section, my central argument is that both *The Poor* (1987) by Wimon Sainimnuan and *Democracy* (1994) by Win Lyovarin are profoundly influenced by Reformist Buddhist teachings and both novels advocate the view that religion is integral to, and has a major role to play in, the socio-political sphere.

Objective

To examine the representations of Reformist Buddhist thoughts in Wimon Sainimnuan's *The Poor* (1987) and Win Lyovarin's *Democracy* (1994)

Results and Discussion

The Poor (1987)

Wimon Sainimnuan's *The Poor* launches a vehement critique of contemporary Thai society, seen as under the influence of capitalism and materialism which causes great suffering to weaker members of society, particularly the rural poor. The author denounces this kind of society as one of selfishness and immorality and proposes that in order to create a new and better society, people must resist capitalism and revive traditional social and religious values which are perceived as the foundation for unselfish social relationships. As will be illustrated, Reformist Buddhism essentially functions as the guiding principle for this kind of social reformation.

The Poor centres on the lives of the urban poor, essentially those who are forced by poverty to leave their rural villages for Bangkok in search of a means to earn their living. These people are victims of the overwhelming capitalist force that deprives them of their land and livelihood. Their traditional way of farming is destroyed by the profit-oriented state and capitalists who persuade them to embrace new but harmful technologies and, in the process, destroy the fertility of their lands and plunge them into enormous debt. Talking about his childhood and home village, the protagonist recalls his family's painful experience when they were forced to sell their home and rice fields to pay off the debts and migrate to Bangkok in search of a job:

> There are many unseen hands which unsettle and destroy the balance of our traditional way of life. These hands drive my family and many others to homelessness and destitution. I think I can identify a number of these destructive hands. The first among them are the hands of the merchants who seek profits. The second are the hands of the government who demand taxes from us. The third are the hands of modernization and progress. We are told to use fertilizers, insecticides and grow new strains of rice so as to increase the produce for the benefit of the merchants and the government but these new technologies destroy our fields and make them so barren and unproductive. Money comes to play a

central role in our lives and soon we are deeply in debt. My father is forced to sell his fields and his home to pay for the debts and then we have to go to Bangkok to try our luck there.[2] (251–252)

The city, however, can provide no assistance for the poor. Worse, it condemns them to life of utmost degradation. In the novel, the city figures as a world in which individualism and materialism manifest themselves at their worst. The novel opens with a gloomy evening in which people are rushing home and they all look cold and worn-out. All of them are caught up in the fierce struggle to make money and each is shut up in their own small world in which no one matters but themselves:

> The gloomy evening arrived sooner than before, but the crowd appeared to be in a greater hurry. They strode into the small alley and paid attention to nothing. They were covered with sweat and their outfits were all crumpled as if they had just fought a weary battle. They looked cold, lifeless and purposeless. One by one they disappeared into their houses, but the great human wave continued to flow unceasingly. (19)

Selfishness and exploitation are also the norms of city life and the poor are depicted as extremely ill-equipped to deal with them. Through the life and sufferings of the protagonist and his family, the novel underlines the helplessness of the poor against inhuman capitalist forces. The protagonist and his family members are all unnamed. They are simply referred to as 'the Young Man', 'Father', 'Mother', and 'Grandchildren'. By refusing to name them, the novel implies that they are meant to represent many others who share the same plight. The family live in a poorly built shack and the money they earn is barely enough to sustain their lives.

Because of his deformed leg, the protagonist is often bullied and beaten by local gangsters who prey on women and the weak. Hard work and poor living conditions gradually destroy the family mentally and physically. Things become worse when the father falls ill and can no longer work. The family is plunged into greater misery and hardship which tragically lead to homicide. In order to point out the cause of the family's suffering, the author evokes the image of a monstrous beast to represent selfish capitalists who deprive the poor of basic necessities in life:

> He saw a gigantic head emerge from the swamp...then its long tail and repulsive body. The beast shook its tail and sent the water flying....but he heard nothing and people near him acted as if nothing unusual had happened.... ....Then he recalled what the old man had told him. These beasts feasted on humans but the victims were completely unaware of their existence.... The gigantic beast moved closer until he saw its eyes. He couldn't believe that they were the eyes of a beast because those eyes seemed to reflect only mercy and kindness.... ...As he peered deeply into the beast's eyes, however, he glimpsed cruelty and ruthlessness. He had no doubt about its true nature anymore. The beast lifted its head up as if it was laughing at his stupidity. (175)

The novel suggests that the only way for the urban poor to have a better life is to go back home and restore the traditional way of life. This traditional way of life is equated with a moral society founded according

[2] The English translation of the excerpts from *The Poor* quoted in this article is my own.

to the principles of 'Dhammic Socialism' which promotes a strong sense of community and a harmonious existence with nature. According to Buddhadasa, the renowned Reformist monk, 'Socialism' means "the point of view and attitude that the common good comes first, that society is more fundamental than the individual, that the interests and needs of society as a whole comes before those of the individual" (Santikaro Bhikkhu 166). Society here is "the collective of all the individuals grouped together for mutual benefit and support" (166–67). 'Dhammic' means "to be composed of, based in, governed by, and in line with Nature and the Law of Nature" (167). Nature here is that which is originated from the natural order, and it is the sum total of reality. Nature and humanity are intrinsically linked and human beings are not above nature but are only part of it and thus they must find their 'Dhamma' or natural role (159–160). The Reformist Buddhists regard these insights as crucial in overcoming the selfishness and materialism of current Thai society. Such a belief is articulated in *The Poor* when the protagonist eventually decides to go back to his home village and actively engage in rebuilding the remains of the past:

> Three months later the young man travelled back to his home village. He told people there what had happened to his family and also recounted the miserable lives of people he had met in Bangkok. He tried to bring back people's memories of their past, the good things and way of life that had been forgotten..... The villagers began to revive the communal labour system which had been replaced by waged labour. Several festivals, communal activities and rituals were brought back to life again. Good things in the past were gradually restored. The neighboring villages were also actively reviving past traditions and communal activities....the villages which were once invaded and nearly destroyed by the cruel waves of modernization were now building up the strength to resist and fight back... (255–256)

The Poor is a good example of how some middle-class Thai authors employ some key Reformist Buddhist teachings in their attempt to show a path towards social renewal. In their view, social ills can be healed through the application of religious insights and the resurrection of traditional social values. In Lin Leawarin's *Democracies on Parallel Lines*, the other novel under consideration, Reformist Buddhist thoughts also shape and inform the political messages the author seeks to convey.

Democracy (1994)

Win Lyovarin's *Democracy* (1994) concentrates on political struggle in Thailand from the end of the absolute monarchy in 1932 until the early 1990s. All through these years Thai political life is depicted as strewn with conflicts and wars among those who hold different political ideologies and goals. The attempt to use Reformist Buddhism to identify and explain the Thai political dilemma is mostly done through incorporation of the major Reformist Buddhist beliefs, namely the teachings about no-self, non-attachment and the law of impermanence, in the epigraphs. As will be illustrated shortly, these epigraphs therefore function to deliver the moral messages that the author wishes to convey.

Author Win Lyovarin attributes one of the major causes of Thai political problems to human selfishness, especially their desire to acquire power for themselves for vested interests. The novel depicts how such a selfish

desire for power leads to wars and results in bloodshed and suffering for many people. Political enemies are unfairly imprisoned, forced to flee the country and murdered. Government officials who are suspected of colluding with the opposing side are unjustly penalized. Innocent citizens are killed. The adverse impacts of human selfishness on society are summed up in the words of Buddhadasa, which serve as the epigraph of the novel's first chapter:

> Selfishness is the cause of the world's problems and sufferings. Numerous wars have been fought because of selfishness or because of an attempt to get rid of selfish people.[3] (26)

The author ridicules the follies which lead some people to believe that they can resist the law of impermanence. By chronologically tracing Thai political development, the novel creates a picture of Thai politics dominated by changes and impermanence. No dictators are shown as able to maintain their power forever. They may rise to the heights of power, but the law of impermanence will see that power will ultimately be snatched from their hands. The words of a Chinese philosopher are cited to convey this moral message:

> No matter how prosperous or fortunate you are, do not see this as a permanent state. If you are not careful, your fortunes may fall Whenever you feel that life is so smooth and blissful, do not jump to the conclusion that nothing can change it. If you do not follow the path of morals, you may encounter problems and difficulties some day. You have to remind yourself that one day your honour, wealth and happiness may abruptly disappear if you do not always do good deeds. (198)

Throughout the novel, the imagery of death recurs as a warning against men's delusion that their power is invincible. Power and worldly possessions are seen as meaningless due to the fact that nothing can escape the law of impermanence which ordains that all things will ultimately dissolve into nothingness:

> ....since everything consists of small elements and these small elements are all subject to birth, change and death or destruction according to the law of permanence, nothing can escape the law of impermanence. They will sooner or later break up, die or disappear. (162)

Those who fight against tyranny and authoritarianism are also cautioned that victory and defeat are not permanent states. Democracy can sometimes be severely challenged although it will never be completely eradicated. To underline this, a flower metaphor is used to represent Thai democracy:

> "The flower of democracy blooms and then fades. It always goes on like this. This is an undeniable truth" (13).

Thai democracy is also compared to a tree which can still remain firmly rooted although it has suffered countless storms:

> "Do you agree with me that Thai democracy is like a big tree over there? Dictatorship is like a storm. When there is a storm, the tree is shaking as if it is going to collapse; still the tree can stay rooted to the ground no matter how many storms it has endured." (12)

[3] The English translation of the excerpts from *Democracy* quoted in this article is my own.

Both the flower and tree images are employed to add some hope in Thai politics yet there is emphasis that this hope must be grounded in acceptance of the law of impermanence. In light of the truth that nothing can maintain its permanent state forever, the Buddhist concept of non-attachment is seen as the best way for people to alleviate their suffering and reduce human conflicts and violence against one another:

> The concept of non-attachment is very useful in people's everyday life. Once people realise that there is nothing that they should attach themselves to, ambitions, gain or loss cannot get the better of them. People will not be so obsessed with sensual pleasure until it causes them trouble. They will be able to perform their personal and public duties with mindfulness and will not be too anxious or worried. Once they learn to practise non-attachment, they will not cry or laugh too much, unlike people who have yet to learn it. (94)

Conclusion

The employment of Reformist Buddhism in *The Poor* and *Democracy* mirrors the prevalent Thai attitude that religion has an integral role to play in the socio-political sphere and is not simply a matter of personal belief or faith. The two novels clearly advocate the application of a religious worldview and teachings in public spheres. The danger of doing this, however, is that it runs the risk of promoting an oppressive form of moralism and, when politics is concerned, too much emphasis may be given to the role of moral leaders rather than civil society and the system of checks and balances which should form more crucial parts in making democracy strong. The stress on moral or virtuous public figures can also be used to promote a political system that verges on dictatorship in which only a few people who are deemed 'moral' and 'incorruptible' are allowed to wield power without taking into account the voice of the majority who are seen as morally and intellectually inferior. It should be noted that conservative political factions in Thailand often express the dream about having heroes or saviors of moral integrity who can help save Thailand from self-serving and greedy leaders. Also, dominant among the conservative Thais is the view that politicians are corrupted, and that poorly educated voters often cast their ballot for candidates who have given them a bribe. In sum, this overemphasis on the role of religion and morality in politics can be detrimental to the development of democracy if it consistently undermines the ideology of democracy, the power of the people, rights and freedoms, and equality.

Of note is that the religious stance mirrored in these two novels differs significantly from the belief of those Thais who embrace supernaturalism. There appears to be a steady increase in the popularity of supernaturalism in Bangkok and other cities, partly due to people's quest for psychological support in time of economic hardship and political uncertainty. Jackson (2003) observes that the rise in the popularity of supernaturalism in Bangkok could stem from the need to find meaningful and highly accessible means to deal with anxieties among the rural immigrants in Bangkok. Cut off from their rural ties and sense of community, rural workers in Bangkok may turn to supernaturalism as a way to help them adjust to life in a competitive and unfamiliar environment. For these Thais, supernaturalism's emphasis on personal protective power and personal success could be more appealing than the rationalism and moralism of Reformist Buddhism (pp. 58-61).

References

Jackson, P. A. (2003). **Buddhadasa: Theravda Buddhism and Modernist Reform in Thailand**. Silkworm Books.

Jackson, P. A. (1989). ***Buddhism, Legitimation, and Conflict: The Political Functions of Urban Thai Buddhism.*** Institute of Southeast Asian Studies.

King, R. (1999). ***Orientalism and Religion: Post-colonial Theory, India and the 'Mystic East'.*** Routledge.

Lyovarin, W. (1994). ***Prachathippatai Bon Sen Kanan* [*Democracy*].** Samakkeesarn, 1994.

Pissa-ard, I. (2009). *Depictions of* ***Thailand in Australian and Thai Writings: Reflections of the Self and Other*** **[Unpublished dissertation].** The University of Sydney.

Sainimnuan, W. (1987). ***Khon Jon [The Poor].*** 2nd ed. Tantawan.

Swearer, D. K. (1999). **Centre and Periphery: Buddhism and Politics in Modern Thailand**. Buddhism and Politics in Twentieth-Century Asia. Ed. Ian Harris.Pinter, pp. 194-228.

Swearer, D. K. (1996). **Sulak Sivaraksa's Buddhist Vision for Renewing Society.** Engaged Buddhism: Buddhist Liberation Movements in Asia. Eds. Christopher S. Queen and Sallie B. King. State University of New York Press, pp.195-235.

Santikaro B. (1996). **Buddhadasa Bhikkhu: Life and Society through the Natural Eyes of Voidness.** Eds. Christopher S. Queen and Sallie B. King. Engaged Buddhism: Buddhist Liberation Movements in Asia. State University of New York Press, pp. 147-193.

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี: กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

Factors influencing the decision to pursue a bachelor's degree: A case study of students at Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai

หฤทัยรัตน์ จันต๊ะคาด[1], สิทธินนท์ มาใจ[1*] และ คงฤทธิ์ ศรีจันทร์[1]

Harutairat Jantakard[1], Sittinon Majai[1*] and Kongrit Srijan[1]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี โดยเน้นการสร้างสมการแบบจำลองที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกหลักสูตรและสถานศึกษาในการศึกษาระดับอุดมศึกษา ข้อมูลถูกเก็บรวบรวมจากนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 82 คน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมตามสมการของทาโรยามาเน่ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% การศึกษาได้ระบุปัจจัยหลักทั้งหมด 7 ด้าน ได้แก่ ด้านการคล้อยตามกลุ่มอ้างอิง ด้านการเงิน ด้านหลักสูตร ด้านการควบคุมพฤติกรรม ด้านการสื่อสาร ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก และ ด้านสภาพแวดล้อม ผลการศึกษา พบว่า ด้านการคล้อยตามกลุ่มอ้างอิงกลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญต่อครอบครัวมากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.31 ด้านการเงินต่อค่าธรรมเนียมศึกษามากที่สุด ที่ 3.86 ด้านหลักสูตรต่อหลักสูตรที่เปิดสอนสามารถนำวิชาชีพไปประกอบอาชีพได้มากที่สุด ที่ 4.48 ด้านการควบคุมพฤติกรรมต่อค่าใช้จ่ายแรกเข้าสำหรับนักศึกษาใหม่ ที่ 4.12 ด้านการสื่อสารต่อชื่อเสียงของมหาวิทยาลัยและการยอมรับของสังคมมากที่สุด ที่ 4.04 ด้านสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการบริการสุขภาพมากที่สุด ที่ 3.92 และ ด้านสภาพแวดล้อมต่อมหาวิทยาลัยมีสภาพแวดล้อมร่มมากที่สุด ที่ 4.17 อีกทั้ง การสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกหลักสูตร และ สถานศึกษา พบว่า หลักสูตรซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาดแรงงาน และการเข้าถึงสื่อประชาสัมพันธ์ของมหาวิทยาลัย ถูกพิจารณามาเป็นอันดับแรก

คำสำคัญ: การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ, ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

[1] สาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงราย 57120

[1] Department of Logistics Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Rai 57120

*Corresponding author: sittinonmajai@gmail.com

Abstract

This study aims to examine the factors influencing students' decisions to pursue undergraduate education by developing a regression model to analyze the relationships among key factors affecting the choice of academic programs and higher education institutions. Data were collected from a sample of 82 first-year students, selected using Taro Yamane's formula with a 90% confidence level. The study identified seven key factors: reference group influence, financial considerations, curriculum, behavioral control, communication, facilities, and environmental conditions. The findings indicate that among reference group influences, family held the highest importance, with a mean score of 4.31. Regarding financial considerations, tuition fees were the most significant factor, scoring 3.86. In terms of curriculum, the ability of the offered programs to support career development received the highest rating at 4.48. For behavioral control, initial expenses for new students were the most influential factor, scoring 4.12. In communication, university reputation and social recognition were emphasized the most, with a score of 4.04. Regarding facilities, access to healthcare services was the most important, with a mean score of 3.92. Finally, in environmental conditions, a shaded and pleasant university setting was the most valued factor, scoring 4.17. Furthermore, the regression analysis revealed that the most influential factors in selecting academic programs and institutions were the alignment of the curriculum with labor market demands and accessibility to the university's promotional media. These findings provide insights into students' decision-making processes, which can inform policy development in higher education institutions.

Keywords: Multiple Linear Regression Analysis, Factors Influencing Decision-Making, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Rai

บทนำ

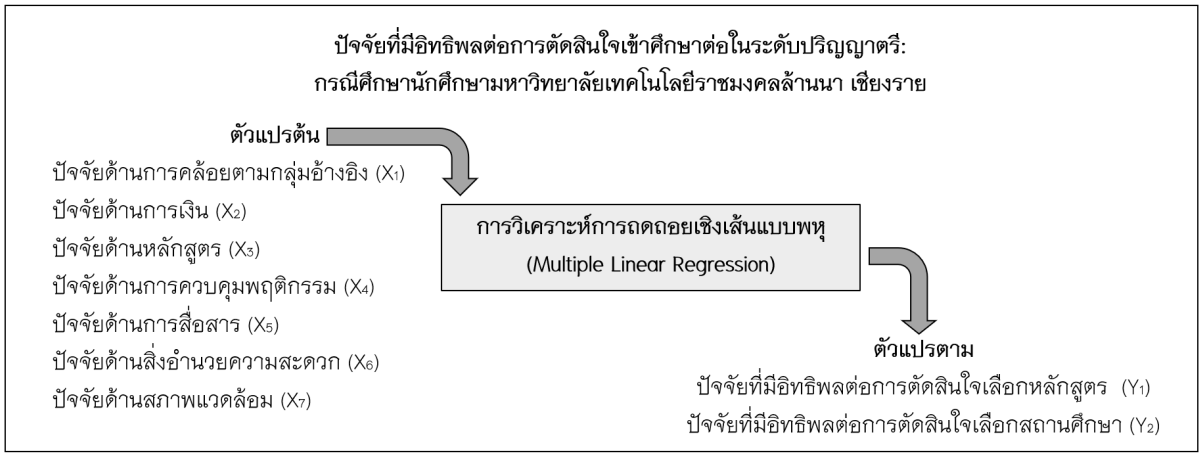
หลักการสำคัญในการพัฒนาคนให้เติบโตอย่างมีคุณภาพ มีทักษะความสามารถ ความรู้ในเชิงวิชาการและเชิงปฏิบัติ รวมถึงทักษะการใช้ชีวิตที่มีการบริหารจัดการในแต่ละด้านอย่างเหมาะสมล้วนเกิดขึ้นได้บนรากฐานของการศึกษา ระบบการศึกษาจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างบุคลากรให้สอดคล้องและตรงกับความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งระบบ ดังนั้นจึงมีการวางแผนรวมถึงการออกแบบระบบการศึกษาที่เน้นการเรียนรู้สำหรับการผลิตบัณฑิตที่เข้าใจศักยภาพของตนเอง พึ่งพาตนเองได้ มีจิตสำนึกด้านความรับผิดชอบต่อตนเอง ครอบครัว ชุมชม และ สังคม ทำให้ประเทศชาติมีความเจริญก้าวหน้า ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมืองและสิ่งแวดล้อม มีความมั่นคงก้าวทันการพัฒนาด้านเทคโนโลยีและการเปลี่ยนแปลงของโลก ซึ่งแนวทางการดำเนินการพัฒนาการศึกษาของประเทศไทยล้วนมีปัจจัยที่มีอิทธิพลในการสร้างและพัฒนาความสามารถด้านต่าง ๆ ที่หลากหลาย ทำให้มีการศึกษาข้อมูลและระบุปัจจัยที่สำคัญเหล่านี้ขึ้น โดยเฉพาะปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาของเด็กไทย ทั้ง สายสามัญ และสายอาชีพ ซึ่งมีปัจจัยสำคัญต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจในการเข้าศึกษาต่อ ได้แก่ ปัจจัยด้านการคล้อยตามกลุ่มอ้างอิง ปัจจัยด้านการเงิน ปัจจัยด้านหลักสูตร ปัจจัยด้านการควบคุมพฤติกรรม ปัจจัยด้านการสื่อสาร ปัจจัยด้านสิ่งอำนวยความสะดวก และ ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ซึ่งในแต่ละบุคคลล้วนมีการให้ระดับความสำคัญในแต่ละปัจจัยที่แตกต่างกัน จากที่กล่าวมาข้างต้น

คณะผู้วิจัยสนใจศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย ปีการศึกษา 2567 ชั้นปีที่ 1 ภาคการเรียนปกติ รวมถึงการสร้างสมการแบบจำลองจากปัจจัยหรือตัวแปรต้นที่มีความเหมาะสมด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression Analysis) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม กล่าวคือ การตัดสินใจเลือกหลักสูตรและสถานศึกษา ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวนำไปสู่การพัฒนาหลักสูตรและสถานศึกษาที่เหมาะสมกับผู้เรียน และสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงแห่งศตวรรษเพื่อสร้างการปรับตัวก้าวสู่สังคมแห่งการเรียนรู้อย่างสร้างสรรค์ขับเคลื่อนระบบการศึกษาไทยให้เกิดความสมดุลอย่างยั่งยืน ตลอดจนสามารถผลิตบัณฑิตที่มีความพร้อมเป็นที่ต้องการของทุกภาคส่วนต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี และ เพื่อสร้างสมการแบบจำลองศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกหลักสูตรและสถานศึกษาสำหรับการศึกษาระดับปริญญาตรี กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

กรอบแนวคิด



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการศึกษา

วิธีการศึกษา

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี

คณะผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกเข้าศึกษาต่อของกลุ่มนักเรียนและนักศึกษา ทั้งสิ้น 15 บทความ [1–15] และสามารถจัดหมวดหมู่ปัจจัยเป็น 7 ปัจจัยหลัก ดังนี้ 1) ปัจจัยด้านการคล้อยตามกลุ่มอ้างอิง ได้แก่ ครอบครัว เพื่อน รุ่นพี่/ศิษย์เก่า คุณครู/คุณครูแนะแนว 2) ปัจจัยด้านการเงิน ได้แก่ ค่าธรรมเนียมการศึกษา (เช่น ค่าลงทะเบียนเรียน) ค่าการผ่อนชำระค่าเทอม ค่าอุปกรณ์การศึกษา ค่าครองชีพ (เช่น ค่าหอพัก ค่าอาหาร) 3) ปัจจัยด้านหลักสูตร ได้แก่ หลักสูตรที่เปิดสอนสามารถนำวิชาชีพไปประกอบอาชีพได้ หลักสูตรที่เปิดสอนเป็นที่ต้องการของตลาดแรงงาน หลักสูตรที่เปิดสอนตรงตามความต้องการของผู้เรียน และ ความรู้ความสามารถด้านวิชาชีพของอาจารย์ผู้สอน 4) ปัจจัยด้านการควบคุมพฤติกรรม ได้แก่ ค่าใช้จ่ายแรกเข้า

สำหรับนักศึกษาใหม่ ค่าใช้จ่ายในครอบครัว (เช่น สภาพคล่องการเงิน ภาระหนี้สิน) ค่าใช้จ่ายการเดินทาง/ระยะทางจากภูมิลำเนามายังสถานศึกษา แรงจูงใจในการเรียนต่อ (เช่น ครอบครัวสนับสนุน) 5) ปัจจัยด้านการสื่อสาร ได้แก่ ชื่อเสียงของมหาวิทยาลัยและการยอมรับของสังคม การโฆษณา (เช่น การแนะแนว ออนไลน์/ออฟไลน์) ประชาสัมพันธ์ (เช่น ป้ายหน้ามหาวิทยาลัย สื่อประชาสัมพันธ์ออนไลน์) เจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์การรับสมัครนักศึกษาใหม่ (เช่น การแนะนำหลักสูตร การแนะนำมหาวิทยาลัย) 6) ปัจจัยด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ได้แก่ การศึกษา (เช่น เครื่องมือและอุปกรณ์การศึกษาทันสมัยและมีความพร้อม การจองห้องประชุม พื้นที่นั่งทำงานกลุ่ม ห้องสมุด) การเดินทาง (เช่น รถรับส่งในมหาวิทยาลัย รถประจำทางสาธารณะ) การบริการสารสนเทศ (เช่น ฐานข้อมูลห้องสมุด ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ระบบดาวน์โหลดซอฟต์แวร์ลิขสิทธิ์) การบริการสุขภาพ (เช่น สนามกีฬา โรงยิม ห้องออกกำลังกาย ห้องสถานพยาบาล ร้านขายยา) สิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ (เช่น ร้านอาหาร ตู้กดเงินสด หอพักนักศึกษา) 7) ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ได้แก่ สถานที่ตั้งของมหาวิทยาลัยสะดวกต่อการเดินทางมาเล่าเรียน สถานที่ตั้งของมหาวิทยาลัยใกล้แหล่งชุมชนและตลาด มหาวิทยาลัยมีสภาพแวดล้อมร่มรื่น อากาศดี และ สวยงาม ดังแสดงในรูปที่ 2 การตัดสินใจเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรและมหาวิทยาลัยได้จากการสร้างสมการเพื่อวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ โดยกำหนดตัวแปรตาม Y_1 คือ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกหลักสูตร และ Y_2 คือ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกสถานศึกษา เนื่องจากสมการนี้พัฒนามาจากหลักสถิติและคณิตศาสตร์เชิงเมทริกซ์ โดยอาศัยหลักการประมาณค่าพารามิเตอร์ผ่านวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดประชากรและขนาดกลุ่มตัวอย่าง

คณะผู้วิจัยได้กำหนดประชากรสำหรับการศึกษาครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย ปีการศึกษา 2567 (รหัสนักศึกษา 67 ชั้นปีที่ 1) ภาคการเรียนปกติ ทั้งสิ้น 453 คน เพื่อใช้ในการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม ด้วยสมการของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% [16] นำมาซึ่งขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 82 คน คณะผู้วิจัยวางแผนเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี โดยเลือกใช้วิธีการสำรวจข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) ด้วยการสอบถามแบบเผชิญหน้า มีการประชาสัมพันธ์บนบอร์ดประชาสัมพันธ์บริเวณอาคารเรียน ตลอดจนใช้การสำรวจรูปแบบออนไลน์ ผ่าน Google Form โดยส่งผ่านลิงก์แบบสอบถามออนไลน์ไปยังช่องทางสื่อสังคมออนไลน์ต่าง ๆ เพื่อเข้าถึงกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบแบบสอบถามปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี

แบบสอบถามแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ หลักสูตรที่กำลังศึกษา ภูมิลำเนา รายรับที่ได้จากผู้ปกครอง อาชีพหลักผู้ปกครอง มหาวิทยาลัยที่ต้องการศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี คณะ/สาขาที่ต้องการศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี เป็นนักศึกษาที่กลับหรือย้ายคณะ/มหาวิทยาลัยมาเรียนปี 1 อีกครั้ง สถานศึกษาเดิม วุฒิการศึกษาเดิม เกรดเฉลี่ยสะสมวุฒิเดิม และ ตอนที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี โดยคณะผู้วิจัยได้ออกแบบแบบสอบถามจากปัจจัยรองทั้งสิ้น 28 ปัจจัย เพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามระบุระดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี จาก 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และ น้อยที่สุด ตลอดจนข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจะถูกนำไปใช้ค้นหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

ขั้นตอนที่ 4 การตรวจสอบความสอดคล้องของแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ

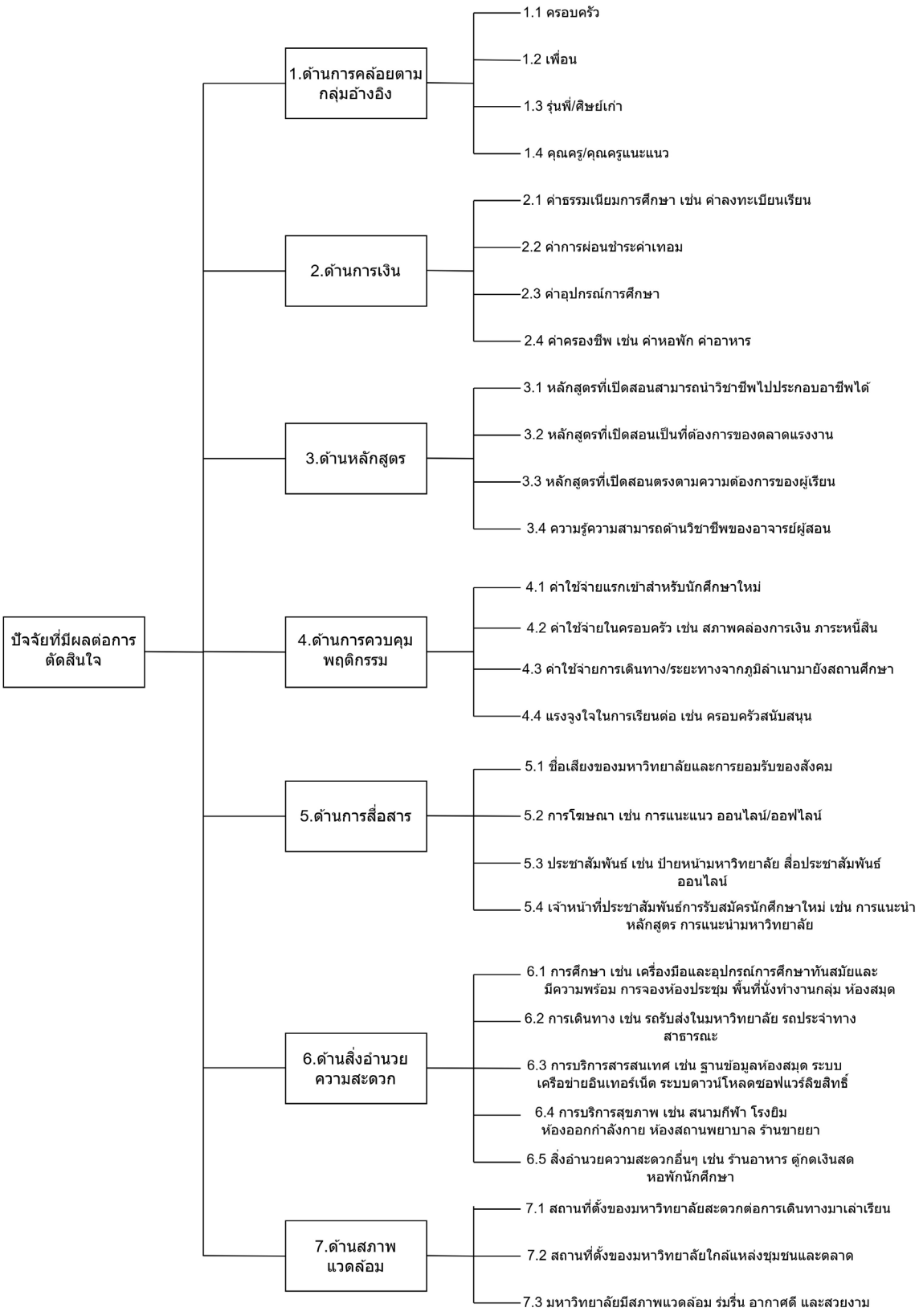
คณะผู้วิจัยตรวจสอบความสอดคล้องของแบบสอบถามในขั้นตอนที่ 3 เพื่อให้แบบสอบถามมีความสมบูรณ์สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยก่อนนำไปใช้สำรวจข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง จำนวน 5 ท่าน จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (Item Objective Congruence: IOC) หรือ ค่าสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา อีกทั้ง คณะผู้วิจัยได้มีการทำแบบทดสอบของแบบสอบถามเพื่อเป็นกระบวนการทดสอบแบบสอบถามก่อนนำไปใช้จริงและได้มีการแก้ไขปัจจัยหลักและปัจจัยรองของแบบสอบถามตอนที่ 2 เพื่อให้แบบสอบถามนั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยมีเกณฑ์ในการตรวจพิจารณาข้อคำถาม ดังนี้ ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ และ ให้คะแนน –1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ [17] จากนั้นนำผลคะแนนที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่า IOC ซึ่งข้อคำถามที่มีค่าดัชนี IOC ตั้งแต่ 0.50 – 1.00 จากผลลัพธ์ของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน มีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาอยู่ที่ 0.50 ถึง 1.00 แสดงให้เห็นว่าข้อคำถามทั้งหมดสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้นำทุกปัจจัยหลักและปัจจัยรองแสดงเป็นข้อคำถามในตอนที่ 2 ของแบบสอบถาม เพื่อใช้สอบถามถึงระดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

ขั้นตอนที่ 5 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ระดับความสำคัญของปัจจัย

คณะผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ซึ่งประกอบด้วย ค่าความถี่ ค่าร้อยละ เพื่อวิเคราะห์ลักษณะของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา ตลอดจน การวิเคราะห์ระดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ซึ่งประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน อีกทั้งทำการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยศึกษา คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของแบบสอบถาม ทั้งสิ้น 82 ฉบับ โดยใช้ระยะเวลาเก็บรวบรวมข้อมูล 2 สัปดาห์

ขั้นตอนที่ 6 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ

คณะผู้วิจัยทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression Analysis) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระแต่ละตัว นำมาซึ่งแบบจำลองสมการตัวแปรตาม สมการที่ 1 หลักสูตรที่เปิดสอนตรงตามความต้องการของผู้เรียน และแบบจำลองสมการตัวแปรตาม สมการที่ 2 ชื่อเสียงของมหาวิทยาลัยและการยอมรับของสังคม จากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย โดยคณะผู้วิจัยเริ่มจากการนำเข้าตัวแปรอิสระแบบ Backward คือ การนำเข้าตัวแปรอิสระทุกตัวในแบบจำลอง จากนั้นทำการตัดตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลน้อยที่สุดหรือไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ มีค่า P–value น้อยกว่า 0.05 ออกจากแบบจำลองทีละตัว จนกระทั่งเหลือเฉพาะตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม [18–19] ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง –1.0 ถึง +1.0 ซึ่งหากมีค่าใกล้ –1.0 หมายถึง ตัวแปรทั้งสองตัวมีความสัมพันธ์ในเชิงตรงกันข้ามอย่างมาก หากมีค่าใกล้ +1.0 หมายถึง ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันโดยตรงอย่างมาก และ หากมีค่าเป็น 0 หมายถึง ตัวแปรทั้งสองตัวไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน



รูปที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี

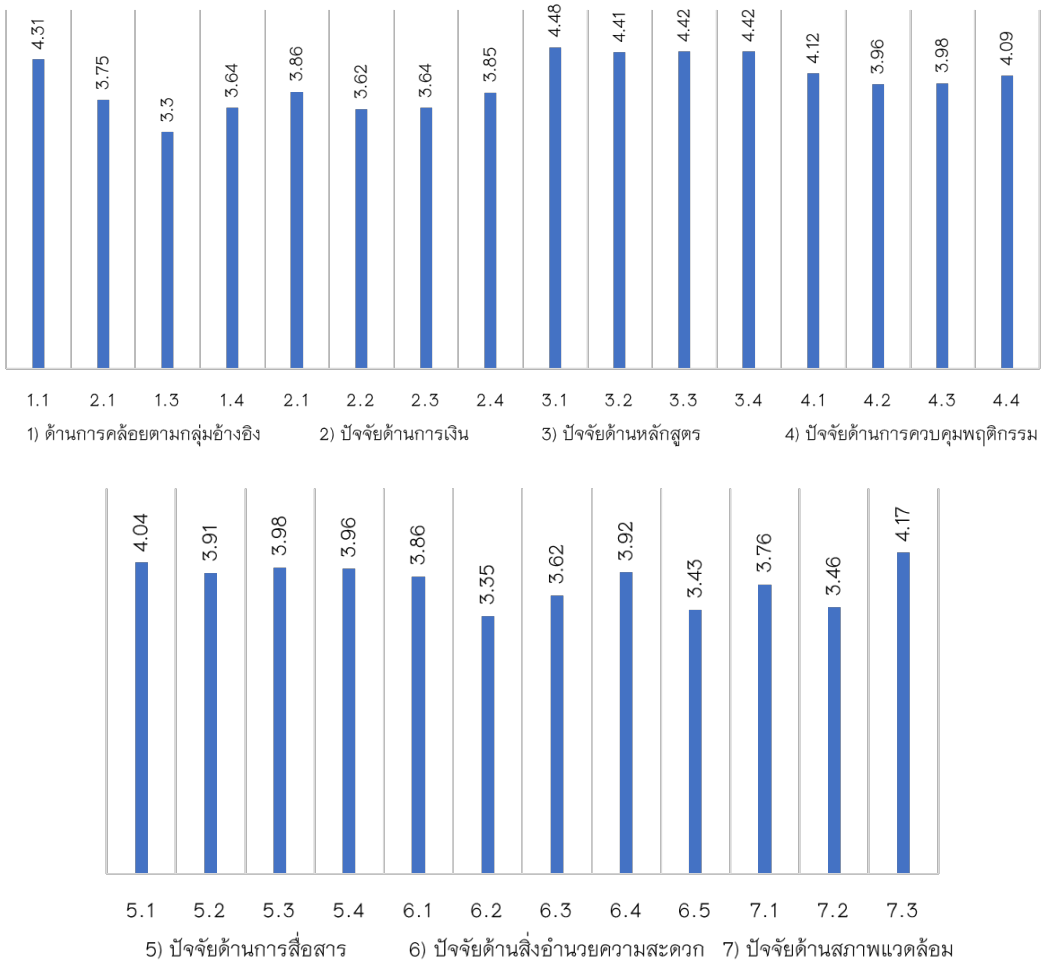
ผลการศึกษา

ภายหลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 82 คน คณะผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์และแสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ดังนี้ 1) เพศ พบว่า กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 62 คน คิดเป็นร้อยละ 75.60 และ เพศหญิง จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 24.40 2) ภูมิลำเนา พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีภูมิลำเนาภายในจังหวัดเชียงรายมากที่สุด จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 48.80 รองลงมา คือ จังหวัดพะเยา จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 13.40 ถัดมาเป็นจังหวัดลำพูนและจังหวัดเชียงใหม่ จำนวนเท่ากันที่ 10 คน คิดเป็นร้อยละ 12.20 รวมถึง จังหวัดน่าน จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 8.50 จังหวัดแพร่ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 2.40 จังหวัดตากและจังหวัดระยอง จำนวนเท่ากันที่ 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1.20 3) อาชีพหลักของผู้ปกครอง พบว่า ผู้ปกครองของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอาชีพรับจ้างและเกษตรกร จำนวนเท่ากันที่ 25 คน คิดเป็นร้อยละ 30.50 รองลงมา คือ ข้าราชการ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 15.90 ถัดมาเป็นธุรกิจส่วนตัว จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 8.50 พนักงานบริษัทเอกชนและอื่น ๆ จำนวนเท่ากันที่ 6 คน คิดเป็นร้อยละ 7.20 4) มหาวิทยาลัยที่ต้องการศึกษาต่อ พบว่า กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 77 คน คิดเป็นร้อยละ 93.90 มีความต้องการศึกษาต่อที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย 5) คณะ/สาขาที่ต้องการศึกษาต่อ พบว่า กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 80 คน คิดเป็นร้อยละ 97.60 ได้เข้าเรียนในคณะ/สาขาที่ตรงต่อความต้องการศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี 5) นักศึกษาที่กลับหรือย้ายคณะ พบว่า กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 6.10 เป็นนักศึกษาที่กลับหรือย้ายคณะ/มหาวิทยาลัยมาเรียนปี 1 อีกครั้ง 6) วุฒิการศึกษาเดิม พบว่า กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 74 คน คิดเป็นร้อยละ 90.20 สำเร็จการศึกษาจากหลักสูตรการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) 7) เกรดเฉลี่ยสะสมวุฒิเดิม พบว่า กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 มีเกรดเฉลี่ยสะสมก่อนเข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี ระหว่าง 3.01 – 3.50

ผลการวิเคราะห์ระดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย ปีการศึกษา 2567 ชั้นปีที่ 1 ภาคการเรียนปกติ ปัจจัยหลักที่ 1 ด้านการคล้อยตามกลุ่มอ้างอิง พบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญต่อครอบครัวมากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.31 รองลงมาคือ เพื่อน ที่ค่าเฉลี่ย 3.75 ถัดมา คือ คุณครู/คุณครูแนะแนว ที่ค่าเฉลี่ย 3.64 และ รุ่นพี่/ศิษย์เก่า ที่ค่าเฉลี่ย 3.30 ปัจจัยหลักที่ 2 ด้านการเงิน พบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญต่อค่าธรรมเนียมศึกษามากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 3.86 รองลงมา คือ ค่าครองชีพ ที่ค่าเฉลี่ย 3.85 ถัดมา คือ ค่าอุปกรณ์การศึกษา ที่ค่าเฉลี่ย 3.64 และค่าการผ่อนชำระค่าเทอม ที่ค่าเฉลี่ย 3.62 ปัจจัยหลักที่ 3 ด้านหลักสูตร พบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญต่อหลักสูตรที่เปิดสอนสามารถนำวิชาชีพไปประกอบอาชีพได้มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.48 รองลงมา คือ หลักสูตรที่เปิดสอนตรงตามความต้องการของผู้เรียน และ ความรู้ความสามารถด้านวิชาชีพของอาจารย์ผู้สอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 4.42 และ หลักสูตรที่เปิดสอนเป็นที่ต้องการของตลาดแรงงาน ที่ค่าเฉลี่ย 4.41 ปัจจัยหลักที่ 4 ด้านการควบคุมพฤติกรรม พบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญต่อค่าใช้จ่ายแรกเข้าสำหรับนักศึกษาใหม่ ที่ค่าเฉลี่ย 4.12 รองลงมา คือ แรงจูงใจในการเรียนต่อ เช่น ครอบครัวสนับสนุน ที่ค่าเฉลี่ย 4.09 ถัดมา คือ ค่าใช้จ่ายการเดินทาง/ระยะทางจากภูมิลำเนามายังสถานศึกษา ที่ค่าเฉลี่ย 3.98 และ ค่าใช้จ่ายในครอบครัว เช่น สภาพคล่องการเงิน ภาระหนี้สิน ที่ค่าเฉลี่ย 3.96

ปัจจัยหลักที่ 5 ด้านการสื่อสาร พบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญต่อชื่อเสียงของมหาวิทยาลัยและการยอมรับของสังคมมากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.04 รองลงมา คือ ประชาสัมพันธ์ เช่น ป้ายหน้ามหาวิทยาลัย สื่อประชาสัมพันธ์ออนไลน์ ที่ค่าเฉลี่ย 3.98 ถัดมา คือ เจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์การรับสมัครนักศึกษาใหม่ เช่น

การแนะนำหลักสูตร การแนะนำมหาวิทยาลัย ที่ค่าเฉลี่ย 3.96 และ การโฆษณา เช่น การแนะแนว ออนไลน์/ออฟไลน์ ที่ค่าเฉลี่ย 3.91 ปัจจัยหลักที่ 6 ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก พบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญต่อการบริการสุขภาพ เช่น สนามกีฬา โรงยิม ห้องออกกำลังกาย ห้องสถานพยาบาล ร้านขายยามากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 3.92 รองลงมา คือ การศึกษา เช่น เครื่องมือและอุปกรณ์การศึกษาทันสมัยและมีความพร้อม การจองห้องประชุม พื้นที่นั่งทำงานกลุ่ม ห้องสมุด ที่ค่าเฉลี่ย 3.86 ถัดมา คือ การบริการสารสนเทศ เช่น ฐานข้อมูลห้องสมุด ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ระบบดาวน์โหลดซอฟแวร์ลิขสิทธิ์ ที่ค่าเฉลี่ย 3.62 ถัดมา คือ สิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ เช่น ร้านอาหาร ตู้กดเงินสด หอพักนักศึกษา ที่ค่าเฉลี่ย 3.43 และ การเดินทาง เช่น รถรับส่งในมหาวิทยาลัย รถรับส่งประจำทางสาธารณะ ที่ค่าเฉลี่ย 3.35 ท้ายที่สุด ปัจจัยหลักที่ 7 ด้านสภาพแวดล้อม พบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญต่อมหาวิทยาลัยมีสภาพแวดล้อมร่มรื่น อากาศดี และ สวยงามมากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.17 รองลงมา คือ สถานที่ตั้งของมหาวิทยาลัยสะดวกต่อการเดินทางมาเล่าเรียน ที่ค่าเฉลี่ย 3.76 และ สถานที่ตั้งของมหาวิทยาลัยใกล้แหล่งชุมชนและตลาด ที่ค่าเฉลี่ย 3.46 ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ระดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี

ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยศึกษา ทั้ง 28 ปัจจัยรอง ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยศึกษาเป็นการบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์/ทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง –1.0 ถึง +1.0 ซึ่งหากมีค่าใกล้ –1.0 หมายถึง ตัวแปรทั้งสองตัวมีความสัมพันธ์ในเชิงตรงกันข้ามอย่างมาก หากมีค่าใกล้ +1.0 หมายถึง ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันโดยตรงอย่างมาก และ หากมีค่าเป็น 0 หมายถึง ตัวแปรทั้งสองตัวไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในเชิงตรงกันข้าม ทั้งสิ้น 3 คู่ปัจจัย ได้แก่ คู่ที่ 1 ปัจจัย 3.1 กับ ปัจจัย 7.2 แสดงค่าสหสัมพันธ์ที่ –0.09 แปลผลได้ว่าหลักสูตรที่เปิดสอนสามารถนำวิชาชีพไปประกอบอาชีพได้นั้นมีความสัมพันธ์ในเชิงตรงกันข้ามกับสถานที่ตั้งของมหาวิทยาลัยใกล้แหล่งชุมชนและตลาด คู่ที่ 2 ปัจจัย 1.4 กับ ปัจจัย 3.1 แสดงค่าสหสัมพันธ์ที่ –0.07 แปลผลได้ว่าคุณครู/คุณครูแนะแนวนั้นมีความสัมพันธ์ในเชิงตรงกันข้ามกับหลักสูตรที่เปิดสอนสามารถนำวิชาชีพไปประกอบอาชีพได้ และ คู่ที่ 3 ปัจจัย 3.1 กับ ปัจจัย 7.1 แสดงค่าสหสัมพันธ์ที่ –0.01 แปลผลได้ว่าหลักสูตรที่เปิดสอนสามารถนำวิชาชีพไปประกอบอาชีพได้นั้นมีความสัมพันธ์ในเชิงตรงกันข้ามกับสถานที่ตั้งของมหาวิทยาลัยสะดวกต่อการเดินทางมาเล่าเรียน ตลอดจนแสดงค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันโดยตรงมากที่สุดสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ คือ ปัจจัย 5.2 กับ ปัจจัย 5.3 แสดงค่าสหสัมพันธ์ที่ 0.86 แปลผลได้ว่าการโฆษณา เช่น การแนะแนวออนไลน์/ออฟไลน์ นั้นมีความสัมพันธ์กันโดยตรงกับประชาสัมพันธ์ เช่น ป้ายหน้ามหาวิทยาลัยสื่อประชาสัมพันธ์ออนไลน์ และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน คือ ปัจจัย 3.4 กับ ปัจจัย 7.2 แปลผลได้ว่าความรู้ความสามารถด้านวิชาชีพของอาจารย์ผู้สอนนั้นไม่มีความสัมพันธ์กับสถานที่ตั้งของมหาวิทยาลัยใกล้แหล่งชุมชนและตลาด

ตารางที่ 1 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยศึกษา

	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	7.1	7.2	7.3
1.1																												
1.2	0.27																											
1.3	0.15	0.61																										
1.4	0.23	0.45	0.62																									
2.1	0.42	0.39	0.42	0.41																								
2.2	0.20	0.15	0.35	0.39	0.52																							
2.3	0.41	0.47	0.50	0.57	0.73	0.57																						
2.4	0.42	0.33	0.30	0.37	0.74	0.41	0.71																					
3.1	0.26	0.14	0.05	-0.07	0.40	0.14	0.21	0.28																				
3.2	0.57	0.22	0.17	0.22	0.51	0.36	0.44	0.51	0.56																			
3.3	0.50	0.27	0.20	0.20	0.50	0.33	0.39	0.45	0.64	0.80																		
3.4	0.40	0.35	0.19	0.16	0.44	0.28	0.36	0.37	0.59	0.69	0.73																	
4.1	0.33	0.11	0.13	0.28	0.48	0.27	0.46	0.43	0.30	0.32	0.25	0.18																
4.2	0.19	0.12	0.25	0.16	0.30	0.28	0.39	0.33	0.31	0.21	0.18	0.07	0.52															
4.3	0.13	0.20	0.27	0.22	0.29	0.27	0.39	0.30	0.27	0.22	0.25	0.19	0.56	0.74														
4.4	0.54	0.30	0.31	0.27	0.44	0.30	0.45	0.37	0.24	0.45	0.49	0.45	0.25	0.24	0.21													
5.1	0.29	0.52	0.49	0.44	0.51	0.37	0.57	0.43	0.32	0.38	0.54	0.53	0.33	0.26	0.38	0.35												
5.2	0.21	0.49	0.41	0.35	0.44	0.35	0.56	0.38	0.33	0.30	0.46	0.44	0.36	0.36	0.38	0.32	0.70											
5.3	0.24	0.52	0.46	0.38	0.49	0.39	0.59	0.39	0.31	0.38	0.53	0.56	0.35	0.26	0.32	0.39	0.78	0.86										
5.4	0.28	0.47	0.41	0.43	0.43	0.40	0.50	0.35	0.28	0.31	0.51	0.43	0.38	0.34	0.44	0.39	0.70	0.83	0.81									
6.1	0.21	0.47	0.49	0.34	0.44	0.29	0.45	0.33	0.33	0.32	0.48	0.45	0.37	0.27	0.40	0.31	0.72	0.61	0.68	0.68								
6.2	0.02	0.33	0.40	0.37	0.21	0.27	0.35	0.20	0.19	0.09	0.25	0.22	0.18	0.24	0.28	0.15	0.61	0.49	0.51	0.50	0.65							
6.3	0.09	0.38	0.41	0.31	0.29	0.19	0.40	0.26	0.21	0.17	0.23	0.33	0.31	0.18	0.34	0.27	0.57	0.44	0.50	0.51	0.71	0.64						
6.4	0.26	0.47	0.47	0.27	0.42	0.27	0.49	0.41	0.35	0.38	0.52	0.47	0.18	0.12	0.27	0.40	0.69	0.55	0.64	0.64	0.75	0.62	0.70					
6.5	0.07	0.21	0.38	0.38	0.20	0.34	0.38	0.16	0.21	0.20	0.29	0.31	0.16	0.18	0.24	0.19	0.59	0.49	0.57	0.54	0.62	0.75	0.64	0.60				
7.1	0.17	0.27	0.42	0.50	0.33	0.30	0.49	0.32	-0.01	0.19	0.15	0.09	0.45	0.20	0.33	0.17	0.46	0.39	0.38	0.39	0.48	0.56	0.47	0.39	0.53			
7.2	0.17	0.20	0.39	0.41	0.30	0.31	0.37	0.19	-0.09	0.13	0.18	0.00	0.32	0.22	0.24	0.19	0.46	0.36	0.35	0.39	0.42	0.52	0.41	0.37	0.54	0.77		
7.3	0.39	0.24	0.29	0.27	0.41	0.22	0.39	0.31	0.14	0.32	0.19	0.15	0.47	0.27	0.23	0.34	0.37	0.36	0.32	0.31	0.22	0.19	0.20	0.26	0.23	0.50	0.46	

ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression) เพื่อสร้างสมการแบบจำลองศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกหลักสูตรและสถานศึกษาสำหรับการศึกษาระดับปริญญาตรี ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวนำไปสู่การพัฒนาหลักสูตรและสถานศึกษาที่เหมาะสมกับผู้เรียน โดยการนำเข้าตัวแปรอิสระแบบ Backward กล่าวคือ การตัดตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลน้อยที่สุดหรือไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ออกจากแบบจำลองทีละตัวจนกระทั่งเหลือเฉพาะตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม

สมการที่ 1 หรือ Y_1 สมการแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกหลักสูตร ดังนี้

$$Y_1 = \beta_0 + X_{3.1}\beta_{3.1} + X_{3.2}\beta_{3.2} + X_{5.1}\beta_{5.1} + X_{5.4}\beta_{5.4} + X_{7.3}\beta_{7.3}$$
$$= 0.090802 + X_{3.1}(0.247145) + X_{3.2}(0.572686) + X_{5.1}(0.154829)$$
$$+ X_{5.4}(0.154903) + X_{7.3}(-0.129980)$$

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกเรียนในหลักสูตรใด ๆ ของกลุ่มตัวอย่างเกิดจากการพิจารณาถึงหลักสูตรนั้น ๆ ว่าเป็นที่ต้องการของตลาดแรงงานหรือไม่ รองลงมา คือ การพิจารณาถึงหลักสูตรที่สามารถประกอบอาชีพได้ภายหลังจากสำเร็จการศึกษา และการแนะนำหลักสูตรจากเจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์การรับสมัครนักศึกษาใหม่ ตลอดจนชื่อเสียงของมหาวิทยาลัยและการยอมรับของสังคม อีกทั้ง สมการดังกล่าวแสดงผลถึงสภาพแวดล้อม อาทิ ความร่มรื่น อากาศดี และสวยงาม ของมหาวิทยาลัย มีอิทธิพลในเชิงตรงกันข้ามต่อการตัดสินใจของกลุ่มตัวอย่างในการเลือกหลักสูตรการศึกษาระดับปริญญาตรี สมการที่ 2 หรือ Y_2 สมการแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกสถานศึกษา ดังนี้

$$Y_2 = \beta_0 + X_{3.3}\beta_{3.3} + X_{5.3}\beta_{5.3} + X_{6.1}\beta_{6.1} + X_{6.2}\beta_{6.2}$$
$$= 0.211172 + X_{3.3}(0.167970) + X_{5.3}(0.460892) + X_{6.1}(0.204390) + X_{6.2}(0.138937)$$

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกเรียนในสถานศึกษาใด ๆ ของกลุ่มตัวอย่างเกิดจากการพิจารณาอันดับแรกจากการประชาสัมพันธ์ของมหาวิทยาลัย อาทิ สื่อประชาสัมพันธ์ออนไลน์ของมหาวิทยาลัย ป้ายประชาสัมพันธ์หน้ามหาวิทยาลัย รองลงมา คือ สิ่งอำนวยความสะดวกในการศึกษา อาทิ เครื่องมือและอุปกรณ์การศึกษาทันสมัยและมีความพร้อม การจองห้องประชุม พื้นที่นั่งทำงานกลุ่ม ห้องสมุด ถัดมา คือ หลักสูตรที่เปิดสอนในสถานศึกษาตรงตามความต้องการของผู้เรียน และสิ่งอำนวยความสะดวกในการเดินทาง อาทิ รถรับส่งในมหาวิทยาลัย รถประจำทางสาธารณะ เป็นต้น

สรุปผลและอภิปรายผล

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี และเพื่อสร้างสมการแบบจำลองศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกหลักสูตรและสถานศึกษาสำหรับการศึกษาระดับปริญญาตรี กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย โดยมีกรอบแนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยสอดคล้องกับการศึกษาของ สมศักดิ์ ศรีสันติสุข และคณะ (2563) สำหรับการกำหนดตัวแปรต้น หรือ ตัวแปรอิสระ มากกว่า 1 ตัว ซึ่งแสดงความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ [10] ตลอดจนสอดคล้องกับการศึกษาของ วลัยพร ขันตะคุ และคณะ (2563) สำหรับการกำหนดตัวแปรตามซึ่งมุ่งศึกษาถึง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกหลักสูตร และ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกสถานศึกษา [20]

ผลการวิเคราะห์ระดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย ปีการศึกษา 2567 ชั้นปีที่ 1 ภาคการเรียนปกติ ปัจจัยหลักที่ 1 ด้านการคล้อยตามกลุ่มอ้างอิง กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญต่อครอบครัวมากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.31 ปัจจัยหลักที่ 2 ด้านการเงิน กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญต่อค่าธรรมเนียมศึกษามากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 3.86 ปัจจัยหลักที่ 3 ด้านหลักสูตร กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญต่อหลักสูตรที่เปิดสอนสามารถนำวิชาชีพไปประกอบอาชีพได้มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.48 ปัจจัยหลักที่ 4 ด้านการควบคุมพฤติกรรม กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญต่อค่าใช้จ่ายแรกเข้าสำหรับ

นักศึกษาใหม่ ที่ค่าเฉลี่ย 4.12 ปัจจัยหลักที่ 5 ด้านการสื่อสาร กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญต่อชื่อเสียงของมหาวิทยาลัยและการยอมรับของสังคมมากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.04 ปัจจัยหลักที่ 6 ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญต่อการบริการสุขภาพ เช่น สนามกีฬา โรงยิม ห้องออกกำลังกาย ห้องสถานพยาบาล ร้านขายยามากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 3.92 และ ปัจจัยหลักที่ 7 ด้านสภาพแวดล้อม กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญต่อมหาวิทยาลัยมีสภาพแวดล้อมร่มรื่น อากาศดี และ สวยงามมากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.17

ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุเพื่อสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกหลักสูตร พบว่า กลุ่มตัวอย่างตัดสินใจเลือกเรียนในหลักสูตรซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาดแรงงานเป็นอันดับแรก รองลงมา คือ หลักสูตรที่สามารถประกอบอาชีพได้ภายหลังจากสำเร็จการศึกษา และการแนะนำหลักสูตรจากเจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์การรับสมัครนักศึกษาใหม่ ตลอดจนชื่อเสียงของมหาวิทยาลัยและการยอมรับของสังคม อีกทั้ง สมการแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกสถานศึกษาแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างตัดสินใจอันดับแรกจากการเข้าถึงสื่อประชาสัมพันธ์ของมหาวิทยาลัย อาทิ สื่อประชาสัมพันธ์ออนไลน์ของมหาวิทยาลัย ป้ายประชาสัมพันธ์หน้ามหาวิทยาลัย รองลงมา คือ สิ่งอำนวยความสะดวกในการศึกษา อาทิ เครื่องมือและอุปกรณ์การศึกษาทันสมัยและมีความพร้อม การจองห้องประชุม พื้นที่นั่งทำงานกลุ่ม ห้องสมุด ถัดมา คือ หลักสูตรที่เปิดสอนในสถานศึกษาตรงตามความต้องการของผู้เรียน และสิ่งอำนวยความสะดวกในการเดินทาง อาทิ รถรับส่งในมหาวิทยาลัย รถประจำทางสาธารณะ ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของณัชชา สุวรรณวงศ์ (2560) ซึ่งพบว่าปัจจัยด้านหลักสูตรเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีอย่างมาก การเปิดสอนในหลักสูตรซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการและความถนัดของนักเรียนส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี ยิ่งไปกว่านั้น วลัยพร ขันตะคุ และคณะ (2563) พบว่าหลักสูตรที่ทันสมัยและเป็นที่ต้องการของตลาดแรงงานเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีเช่นกัน [20–21]

ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาจะเป็นเสมือนแนวทางการพัฒนาหลักสูตรและสถานศึกษาให้เหมาะสมกับผู้เรียนซึ่งสามารถนำไปสู่การทบทวนและวางแผนการดำเนินงานที่จะนำไปสู่การพัฒนาอย่างเป็นรูปธรรม ตลอดจน การต่อยอดผลการศึกษาสู่แนวทางการพัฒนาคุณลักษณะด้านความคิดรวบยอดของผู้บริหารสถานศึกษาซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการบริหารงานของสถานศึกษา และ ประสิทธิภาพการปฏิบัติของบุคลากรทางการศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีในครั้งนี้ อีกทั้ง ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยที่ได้กรุณาเสียสละเวลาและให้คำชี้แนะจนกระทั่งการศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ขอขอบคุณ อาจารย์ กำพล หว่างสี้สกุล อาจารย์ พิทธินันท์ สมไชยวงศ์ ผศ.ดร. นิอร สิริมงคลเลิศกุล อาจารย์ นิวัฒน์ชัย ใจคำ และ อาจารย์ ธนาวัฒน์ ขันติวงศ์ เป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. ไกรสิงห์ สุดสงวน. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร. วารสารวิชาการ Veridian E –Journal Silpakorn University. 2560;10(1): 201–207.
2. จาตุรนต์ สุขุมาลพงษ์. ความต้องการเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัยราชภัฏ อุดรธานีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. Journal of Education Khon Kaen University (Graduate Studies Research). 2560;11(2): 31–40.
3. ชิตเวทย์ จันทศร, กลิ่นแก้ว มาตา, พิจิตรา เกษประดิษฐ์. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาในสาขาวิชาการศึกษาปฐมวัย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี. วารสารวิจัยธรรมศึกษา. 2567;7(1): 176–186.
4. ณัฏฐริยา ภุโพธิ์, ชมพิชาน์ เคนบ้านเป้า, อนุชิต กล้าไพรี, พัชนา สุวรรณแสน. การแบ่งกลุ่มนักศึกษา ตามปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. 2564;6(2): 10–18.
5. ณัฏฐา หงษ์สำโรง, เพชรรัตน์ คำไธสง, วิวรรณ กาญจนวจี, วิมลยา เนื้อทอง. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. 2565;7(2): 1–13.
6. ดวงฤทัย แก้วคำ, วิมลพรรณ อาภาเวท. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีของนักศึกษามหาวิทยาลัยในเขตดุสิต. วารสารเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มทร. พระนคร. 2559;1(2): 42–49.
7. ธนภาพ สอนดี. ปัจจัยที่สงผลตอการเขาศึกษาในระดับชั้นปริญญาตรีของคณะวิทยาศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา. วารสารเศรษฐศาสตรและกลยุทธการจัดการ. 2558;2(2): 59–64.
8. ประจวบ ทองศรี, รังสฤษ ล่าหับ. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาในหลักสูตร อนุปริญญา สาขาการศึกษาปฐมวัย ของวิทยาลัยชุมชนสงขลา. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 2564;32(3): 162–174.
9. มีสิทธิ์ ชัยมณี. การเลือกศึกษาตอระดับปริญญาตรีของนักศึกษา คณะวทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี. วารสารวชาการ มทร. สุวรรณภูมิ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์). 2559;1(1): 97–107.
10. สมศักดิ์ ศรีสันติสุข, มัทนา บัวศรี, เปาซี วานอง. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ของนักศึกษาผ่านระบบ TCAS (Thai University Central Admission System) ปีการศึกษา 2562. วารสารวิชาการวิทยาลัยบริหารศาสตร์. 2563;3(3): 33–47.
11. สายพิณ ทองพัด, ภัคจิรา เกตุบุตร. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกเข้าศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิตของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. Journal of Professional Routine to Research. 2563;7(2): 42–51.
12. สุชาติ หอมจันทร์, กระพัน ศรีงาน, พัชนี กุลฑานันท์, วนิดา หอมจันทร์. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์ (หลักสูตร 5 ปี) มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ปีการศึกษา 2566. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2567;18(1): 89–103.

13. สุริยันต์ บุญเลิศวรกุล, นงลักษณ์ เกตุบุตร. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกยืนยันสิทธิ์เข้าศึกษาระดับปริญญาตรีในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตตรัง ภายใต้ระบบทีแคส (TCAS). วารสารวิชาการ ปขมท. 2562;8(3): 54 – 62.
14. เสกสรรค์ สนวา, สุพัฒนา ศรีบุตรดี, วรฉัตร วริวรรณ. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี คณะนิติรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด. วารสารการบริหารการปกครองและนวัตกรรมท้องถิ่น. 2567;8(2): 15–30.
15. อมรา ดอกไม้, ศุภลักษณ์ ศรีวิไลย. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน. วารสารวิจัยวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. 2565;6(3): 1–11.
16. Yamane, Taro. Statistics an introductory analysis. New York: Harper & Row; 1973.
17. พิศิษฐ ตัณฑวณิช, พนา จินดาศรี. ความหมายที่แท้จริงของค่า IOC. Journal of Educational Measurement Mahasarakham University. 2561;24(2): 3–12.
18. ประยูรศรี บุตรแสนคม. การคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์เข้าในสมการถดถอยพหุคูณ. Journal of Educational Measurement Mahasarakham University. 2554;17(1): 43–60.
19. Seber, G. A., & Lee, A. J. Linear regression analysis. John Wiley & Sons; 2012.
20. วลัยพร ขันตะคุ, จรัญญา สมอุดร, นวรัตน์วดี ชินอัครวัฒน์. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีปีการศึกษา 2563. Journal of Modern Learning Development. 2563;5(4): 28–39.
21. มหาวิทยาลัยราชมงคลล้านนาอีสาน [อินเทอร์เน็ต]. 2560; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 16 สิงหาคม 2567. ได้จาก: https://www.rmuti.ac.th/news/attash/721d0b0232717ccfa663943b4e4fcf46-20170828-2-1541-7433..pdf

การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI

The development of critical thinking skills of grade 11 students using socioscientific issues – based instruction with cooperative learning GI techniques

พรทิภา สีกวนชา[1*] และ สิทธิพล อาจอินทร์[2]

Porntipar Seekuancha[1*] and Sitthipon Art-in[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนขามแก่นนคร โดยให้มีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนขามแก่นนคร ที่กำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 30 คน โดยการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เครื่องมือการวิจัย ประกอบด้วย 1) เครื่องมือการปฏิบัติการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI เรื่อง คลื่น จำนวน 7 แผน 14 ชั่วโมง 2) เครื่องมือสะท้อนผลการปฏิบัติการวิจัย คือ (1) แบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ (2) แบบสังเกตพฤติกรรมครูและนักเรียน (3) แบบสัมภาษณ์นักเรียน (4) แบบทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจร และ 3) เครื่องมือประเมินผลการวิจัย คือ แบบทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ซึ่งจัดทำขึ้นตามองค์ประกอบของสิทธิพล อาจอินทร์ (2550) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ (%) และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยเท่ากับ 24.83 คิดเป็นร้อยละ 82.78 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยข้อมูลเชิงคุณภาพแสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดความท้าทายและความกระตือรือร้นในการสร้างสรรค์ผลงาน และผลการวิจัยครั้งนี้มีประโยชน์กับผู้สอนที่ต้องการใช้ประเด็นที่เกิดขึ้นในสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์, การเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI, ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[2] รองศาสตราจารย์ สาขาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[1] Masters Degree Student in Curriculum and Instruction Program, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, 40002

[2] Associate Professor, Curriculum and Instruction Program, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, 40002

*Corresponding author : porntipar.k@kkumail.com

Abstract

The objectives of the research were to develop Critical thinking skills of grade 11 students using Socioscientific Issues – Based Instruction with Cooperative Learning GI Techniques, so that the students made a mean score of 70 % or higher and at least 70 % of them pass the prescribed criterion. The target group consisted of 30 Grade 11 Students, during the first semester of academic year 2024, Khamkaennakorn School. The study was based on Action Research. The research instruments consisted were: 1) research operational tools of lesson plans using Socioscientific Issues – Based Instruction with Cooperative Learning GI Techniques were 1 unit 7 plans for total 14 hours; 2) research reflection tools, including teacher's learning management recording forms, teacher and student behavior observation forms, student interview forms, ended–Critical thinking skills test; and 3) research assessment tools, Critical thinking skills test of multiple choice question 4 alternative for total 30 items Which is made according to the elements of Sitthipon Art–in (2007). Quantitative Data were analyzed by Descriptive Statistics consisted of Mean ($\overline{X}$), Standard Deviation (S.D.) and Percentage (%). Qualitative Data analyzed by Content Analysis. The findings were found that: The students made a mean Critical thinking skills score of 24.83 or 82.78 % of the full marks, and 28 students or 93.33 % of the group passed the criterion, which higher than the prescribed criterion. The Qualitative Data analyzed by Content Analysis findings Students are challenged and enthusiastic about creating their work and benefit for teachers who intend to bring Socioscientific Issues for promoting critical thinking skills.

Keywords: Socioscientific Issues – Based Instruction, Cooperative Learning GI Techniques, Critical thinking skills

บทนำ

การจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 ได้กำหนดว่า “การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่านักเรียนมีความสำคัญที่สุด นักเรียนทุกคน สามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ ดังนั้น กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้นักเรียน ได้พัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ การจัดการศึกษาทั้งสามรูปแบบในหมวด 3 ต้องเน้นทั้งความรู้ คุณธรรม และกระบวนการเรียนรู้ ในเรื่องสาระความรู้ ให้บูรณาการความรู้และทักษะด้านต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับแต่ละระดับการศึกษา ในเรื่องการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมที่สอดคล้องกับ ความสนใจ ความถนัดของนักเรียน และความแตกต่างระหว่างบุคคล รวมทั้งให้ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการการเผชิญสถานการณ์และการประยุกต์ความรู้มาใช้ป้องกันและแก้ปัญหา จัดกิจกรรมให้นักเรียนฝึกปฏิบัติจริง ผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างสมดุล และปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดี คุณลักษณะอันพึงประสงค์ในทุกวิชา นอกจากนั้น ในการจัดกระบวนการเรียนรู้ยังต้องส่งเสริมให้ครูจัดบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ครูและนักเรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อและแหล่งวิทยาการประเภทต่าง ๆ จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ ซึ่งสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ การวิจัยและนวัตกรรม พ.ศ. 2562 ที่ได้เสนอแนะการพัฒนาวิทยาศาสตร์เป็นการดำเนินกิจการที่เป็นการเพิ่มพูนความรู้ และความสามารถทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม เพื่อยกระดับความสามารถในการผลิตและการบริการ ตลอดจนความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจของประเทศ และความเป็นอยู่ของสังคม โดยรวมถึงการพัฒนาบุคลากรและ

โครงสร้างพื้นฐาน และการพัฒนาขีดความสามารถในการรับและถ่ายทอดเทคโนโลยีทั้งภายในและจากต่างประเทศ เพื่อการพัฒนาประเทศในทุกด้าน (สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2562)

ความสามารถด้านการคิดเป็นคุณสมบัติสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อนักเรียนในศตวรรษที่ 21 โดยมีกระทรวงศึกษาธิการเป็นหน่วยงานหลักของประเทศ ทำหน้าที่จัดการศึกษาให้กับเยาวชนของชาติ เพื่อเตรียมความพร้อมนักเรียนสู่ยุคศตวรรษที่ 21 ส่งเสริมให้นักเรียนมีคุณธรรม รักความเป็นไทย มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดสร้างสรรค์ มีทักษะด้านเทคโนโลยี สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นและสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมโลกได้อย่างสันติ ความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นสมรรถนะของนักเรียนที่ทำให้นักเรียนสามารถบรรลุมาตรฐานการเรียนรู้ สะท้อนคุณภาพของนักเรียนตามเป้าหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ทำให้คนได้พัฒนาวิธีคิดการแก้ปัญหา มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและสามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลาย และสามารถตรวจสอบได้ ความรู้วิทยาศาสตร์ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจ สามารถแข่งขันกับนานาประเทศและดำเนินชีวิตร่วมกันในสังคมโลกได้อย่างมีความสุขโดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ประเทศที่อยู่ในองค์กรเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) ได้ร่วมมือกันจัดโปรแกรมประเมินเรียนระดับนานาชาติที่มีชื่อเรียกว่า PISA โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อติดตามนักเรียนที่จบการศึกษาภาคบังคับว่ามีความรู้และทักษะที่จำเป็นในการอยู่ร่วมกับสังคมได้ โดยมุ่งเน้นไปที่การเรียนรู้ตลอดชีวิต เป้าหมายหลักคือการประเมินการรู้เรื่องทางภาษา คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการแก้ปัญหาเป็นประเด็นหลักนอกจากการวัดทางด้านความรู้และทักษะแล้ว กรอบการประเมินยังมุ่งเน้นไปที่การประเมินแรงจูงใจความเชื่อ และกลยุทธ์ในการเรียนรู้ของนักเรียน (พัชรี จันทร์เพ็ง, 2561) สอดคล้องกับแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579 กำหนดวิสัยทัศน์ไว้ว่า คนไทยทุกคนได้รับการศึกษาและเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพ ดำรงชีวิต อย่างเป็นสุข

ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O–NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2563 ปีการศึกษา 2564 และปีการศึกษา 2565 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พบว่าปีการศึกษา 2563 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 28.96 ซึ่งต่ำกว่าระดับจังหวัด ระดับสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน และระดับประเทศ ที่มีคะแนนเฉลี่ย 31.79, 33.04 และ 32.68 ตามลำดับ และจากการพิจารณาร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกในแต่ละข้อสำหรับโรงเรียน พบว่าร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกในแต่ละข้อต่ำกว่าระดับระดับจังหวัด ระดับสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน และระดับประเทศ ที่มีผลเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกในแต่ละข้อ 26.07, 26.90 และ 26.70 ตามลำดับ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2563) ปีการศึกษา 2564 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 28.81 ซึ่งต่ำกว่าระดับสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่มีคะแนนเฉลี่ย 29.04 และจากการพิจารณาร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกในแต่ละข้อสำหรับโรงเรียน พบว่าร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกในแต่ละข้อมีผลเฉลี่ยต่ำกว่าระดับระดับจังหวัด ระดับสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน และระดับประเทศ ที่มีผลเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกในแต่ละข้อ 23.77, 24.62 และ 24.28 ตามลำดับ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2564) และปีการศึกษา 2565 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 28.75 ซึ่งต่ำกว่าระดับสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่มีคะแนนเฉลี่ย 28.78 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2565) ผู้วิจัยจึงเห็นถึงความสำคัญที่จะต้องเร่งพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์และทักษะดังที่กล่าวมาข้างต้น

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ (Socioscientific issues – based instruction) เป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่มีการถกเถียงหรือให้ความสนใจในสังคม ซึ่งมีความหลากหลายตามบริบท

ของแต่ละสังคม โดยประเด็นดังกล่าวมีส่วนช่วยให้นักเรียนได้มีส่วนร่วม มีการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลและมีการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ, 2565) เป็นประเด็นปัญหาที่เกี่ยวกับทางสังคมที่มีการโต้เถียงโดยมีการเชื่อมโยงแนวคิดหรือขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์ ประเด็นปัญหาที่ซับซ้อน และเป็นปัญหาปลายเปิดที่ไม่มีวิธีแก้ปัญหาที่ชัดเจน ที่เกี่ยวข้องกับการเมือง เศรษฐกิจ และจริยธรรมรวมถึงเป็นประเด็นที่นักเรียนต้องเผชิญในชีวิตประจำวันและชุมชน จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์เข้ากับประเด็นปัญหาในชีวิตประจำวันของนักเรียนได้และเกิดการมีส่วนร่วมในการสร้างความคิดหรือแสดงความคิดเห็นการตัดสินใจอย่างมีข้อมูล (รัชฎาพร สมบัติศรี และร่มเกล้า จันทราษี, 2565) โดยประเด็นที่นำมาจะเป็นประเด็นที่มีข้อถกเถียงกันอยู่ในสังคม และครูจะต้องคอยกระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลเพื่อเป็นหลักฐานในการตัดสินใจเพื่อโต้แย้ง โดยการให้เหตุผลจะอยู่บนพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นการฝึกให้นักเรียนได้มีการพิจารณาและไตร่ตรองประเด็นทางสังคมต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI เป็นเทคนิคการจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการศึกษาค้นคว้าแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับมอบหมายให้ค้นคว้าหาความรู้มานำเสนอ ประกอบเนื้อหาที่เรียนอาจเป็นการทำงานตามใบงานที่กำหนด โดยที่ทุกคนในกลุ่มรับรู้และช่วยกันทำงาน นอกจากนี้การเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI เป็นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบร่วมมือกันเป็นการจัดสถานการณ์การเรียนรู้ที่ใกล้เคียงกับสภาพชีวิตจริง เพราะไม่มีใครรู้ทุกเรื่องเก่งทุกอย่างและทำอะไรได้สำเร็จด้วยตัวคนเดียวซึ่งจะช่วยประหยัดเวลาในการเรียนและซึมซับประสบการณ์นักเรียนจึงต้องเรียนรู้ความแตกต่างระหว่างบุคคลและปรับตัวให้เข้ากับสภาพสังคมที่ทุกคนล้วนแล้วแต่มีความแตกต่างกันการให้นักเรียนได้ร่วมมือร่วมใจกันเป็นการเตรียมคนให้เกิดการมีส่วนร่วมตามแบบสังคมประชาธิปไตย (Kagan, 1994) สอดคล้องกับงานวิจัยของธัญญรัตน์ ลาภสมทบ (2561) ได้ศึกษาผลของการเรียนแบบผสมผสานด้วยการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการสืบสวนสอบสวนเป็นกลุ่มเพื่อส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า (1) บทเรียนแบบผสมผสานด้วยการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการสืบสวนสอบสวนเป็นกลุ่ม เพื่อส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 82.02/81.96 (2) การคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของการเรียนแบบผสมผสานด้วยการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิคการสืบสวนสอบสวนเป็นกลุ่มเพื่อส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

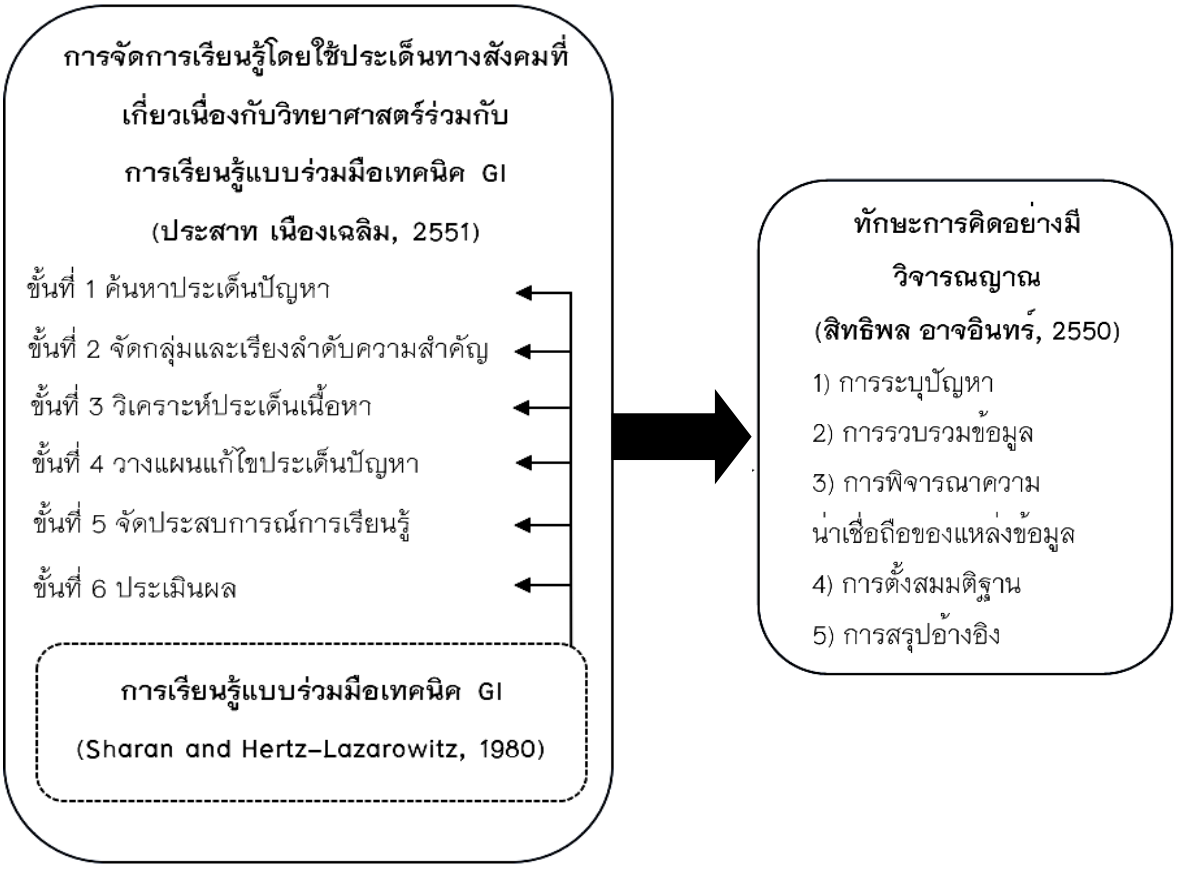
จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI เพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เนื่องจากธรรมชาติของรายวิชาเนื้อหามีความยาก ซับซ้อน เป็นการเตรียมความพร้อมให้นักเรียนนำความรู้และทักษะที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ช่วยยกระดับความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจของประเทศ และความเป็นอยู่ของสังคมต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนขามแก่นนคร โดยให้มีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของประสาท เนืองเฉลิม (2551) เนื่องจากมีความกระชับ ครอบคลุม มีขั้นตอนที่เข้าใจได้ง่าย ชัดเจน นำไปสู่การยกระดับคุณภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ค้นหาประเด็นปัญหา ขั้นที่ 2 จัดกลุ่มและเรียงลำดับความสำคัญ ขั้นที่ 3 วิเคราะห์ประเด็นเนื้อหา ขั้นที่ 4 วางแผนแก้ไขประเด็นปัญหา ขั้นที่ 5 จัดประสบการณ์การเรียนรู้ และขั้นที่ 6 ประเมินผล ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI ตามแนวคิดของ Sharan and Hertz-Lazarowitz (1980) แบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบดังนี้ 1. จัดนักเรียนเข้ากลุ่มคละความสามารถ (เก่ง-กลาง-อ่อน) กลุ่มละ 4 คน 2. กลุ่มย่อยศึกษาเนื้อหาสาระร่วมกัน โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นหัวข้อย่อย ๆ แล้วแบ่งกันไปศึกษาหาข้อมูลหรือคำตอบ และในการเลือกเนื้อหา ควรให้นักเรียนอ่อนเป็นผู้เลือกก่อน 3. สมาชิกแต่ละคนไปศึกษาหาข้อมูล/คำตอบมาให้กลุ่ม กลุ่มอภิปรายร่วมกัน และสรุปผลการศึกษา 4. กลุ่มเสนอผลงานของกลุ่มต่อชั้นเรียน โดยนำมาใช้เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตามแนวคิดของสิทธิพล อาจอินทร์ (2550) มี 5 องค์ประกอบ คือ 1. การระบุปัญหา (Identify Problem) 2. การรวบรวมข้อมูล (Collecting Information) 3. การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล (Credibility of source of Information) 4. การตั้งสมมติฐาน (Hypothesis) และ 5. การสรุปอ้างอิง (Inference) เนื่องจากมีความครอบคลุม มีขั้นตอนที่เข้าใจได้ง่าย ชัดเจน นำไปสู่การปฏิบัติที่เหมาะสมกับระดับนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) และกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งได้นำหลักการและขั้นตอนทางการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามรูปแบบของ Kemmis and Mc Taggart (1988) เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย มีรายละเอียดการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนตามวงจร PAOR ประกอบด้วย ขั้นการวางแผน (Plan) ขั้นการปฏิบัติการ (Act) ขั้นการสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นการสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนขามแก่นนคร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น ที่กำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 30 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง คลื่น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 7 แผนการเรียนรู้ ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รวม 14 ชั่วโมง โดยพบว่า มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.79 อยู่ในระดับมากที่สุด

2. เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติการ ได้แก่

2.1 แบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนการสอน โดยครูเป็นผู้บันทึก

2.2 แบบสังเกตพฤติกรรมครูและนักเรียน เป็นแบบสังเกตที่ผู้ช่วยวิจัยใช้ในการสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูและนักเรียนที่เกิดขึ้นตามสภาพจริงในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

2.3 แบบสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้

2.4 แบบทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจร เป็นแบบทดสอบเพื่อให้ทราบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเสร็จสิ้นในแต่ละวงจรการปฏิบัติ เป็นแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก วงจรละ 10 ข้อ รวม 30 ข้อ ซึ่งผลการประเมินคุณภาพของแบบทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน และนำแบบทดสอบไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 จำนวน 30 คน ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนขามแก่นนคร ที่ผ่านเนื้อหาวิชามาแล้ว ได้ค่าคุณภาพแบบทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจร ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณภาพแบบทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจร

วงจรที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความเชื่อมั่น
1	1.00	0.44 – 0.78	0.33 – 0.78	0.72
2	1.00	0.28 – 0.72	0.33 – 0.78	0.78
3	1.00	0.28 – 0.72	0.22 – 0.78	0.74

3. เครื่องมือที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้

แบบทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ซึ่งผลการประเมินคุณภาพของแบบทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน และนำแบบทดสอบไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียน จำนวน 30 คน ที่ผ่านเนื้อหาวิชามาแล้ว โรงเรียนขามแก่นนคร พบว่า แบบทดสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 ค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.28 – 0.78 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.22 – 0.78 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.92

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI ใช้วิจัยเชิงปฏิบัติการ รายละเอียดการเก็บรวบรวมข้อมูลมีดังนี้

1. ปฐมนิเทศผู้ช่วยวิจัยและนักเรียน โดยชี้แจงจุดประสงค์การวิจัยและการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI เพื่อสร้างความเข้าใจในแนวเดียวกัน

2. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น จำนวน 7 แผนการเรียนรู้ รวม 14 ชั่วโมง โดยอาศัยเนื้อหาจากบทเรียน แบ่งเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

2.1 วงจรปฏิบัติการที่ 1 ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ธรรมชาติของคลื่น และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง อัตราเร็วคลื่น

2.2 วงจรปฏิบัติการที่ 2 ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติการสะท้อนของคลื่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมบัติการหักเหของคลื่น และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สมบัติการแทรกสอดของคลื่น

2.3 วงจรปฏิบัติการที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง สมบัติการเลี้ยวเบนของคลื่น และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การใช้ประโยชน์จากคลื่น

เนื้อหาที่ใช้ในการสอน เป็นเนื้อหาที่ได้จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้รายวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ต้องเรียนรู้ ซึ่งมีผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยเป็นผู้ตรวจสอบ

3. หลังสิ้นสุดการสอนในแต่ละวงจรปฏิบัติการ จะมีการประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยพิจารณาจากแบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมครูและนักเรียน แบบสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจร เป็นแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก วงจรละ 10 ข้อ รวม 30 ข้อ เพื่อให้ได้ข้อมูลสะท้อนผลการปฏิบัติ เพื่อปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรต่อไป

4. เมื่อสอนครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติแล้ว ให้นักเรียนทำแบบทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

5. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง ผู้วิจัยจะเริ่มปฏิบัติในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567

การวิเคราะห์ข้อมูล

ภายหลังที่ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำข้อมูลทั้งหมดมารวบรวมเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย แล้วนำผลการวิจัยที่ได้มาเรียบเรียง ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถแบ่งเป็น 2 ลักษณะดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ (%) เพื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ใช้ข้อมูลจากแบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมครูและนักเรียน แบบสัมภาษณ์นักเรียน ซึ่งจะนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาข้อบกพร่อง ปัญหาและอุปสรรค เพื่อหาแนวทางแก้ไขและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในการดำเนินการวงจรต่อไป โดยนำเสนอผลที่ได้ในรูปของความเรียง ลักษณะการอธิบาย เพื่อนำไปสรุปผลและอภิปรายผล

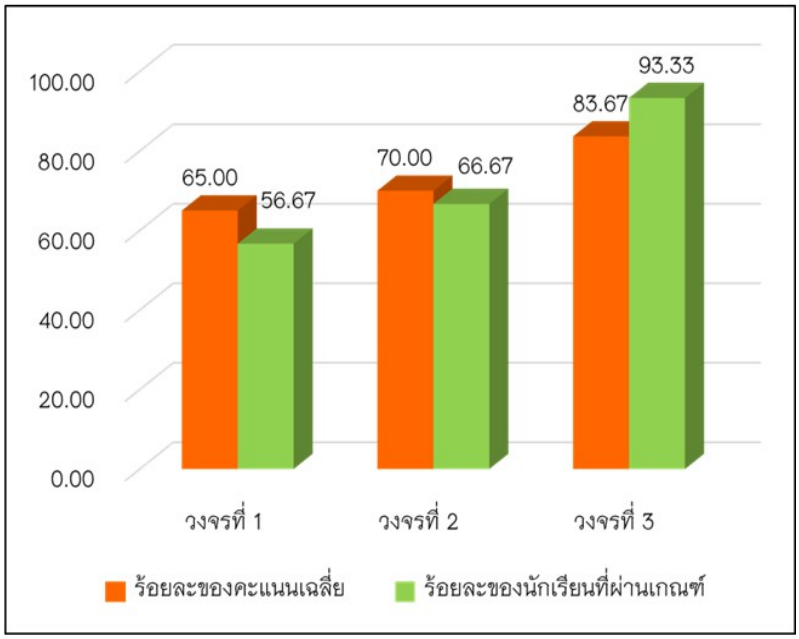
ผลการศึกษา

ผลการทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีผลของคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นกว่าวงจรที่ 1 และวงจรที่ 2 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1–3

ผลการทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจร	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละ	ผลการประเมิน (จำนวนนักเรียน = 30 คน)			
					ผ่าน		ไม่ผ่าน	
					คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ
1	10	6.50	0.50	65.00	17	56.67	13	43.33
2	10	7.00	0.51	70.00	20	66.67	10	33.33
3	10	8.37	0.51	83.67	28	93.33	2	6.67

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1, 2 และ 3 ของกลุ่มเป้าหมาย พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในวงจรที่ 1 คือ 6.50 คิดเป็นร้อยละ 65.00 ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ มีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.67 ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ วงจรที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 7.00 คิดเป็นร้อยละ 70.00 ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ มีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และวงจรที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 8.37 คิดเป็นร้อยละ 83.67 มีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ 28 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจรปฏิบัติการได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภูมิการเปรียบเทียบผลการทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1-3

หลังจากที่ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบ 3 วงจรจำนวน 14 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทำแบบทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณอีกหนึ่งครั้ง ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย แบบ 4 ตัวเลือก เมื่อนักเรียนทำแบบการสอบเสร็จสิ้น ผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัยจะทำการตรวจแบบทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนตามเกณฑ์การประเมินทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ระบุไว้ท้ายแบบทดสอบ ซึ่งมีจำนวน 30 ข้อ เพื่อวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบ่งเป็น 5 ด้านได้แก่ (1) การระบุปัญหา (2) การรวบรวมข้อมูล (3) การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล (4) การตั้งสมมติฐาน (5) การสรุปอ้างอิง โดยผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

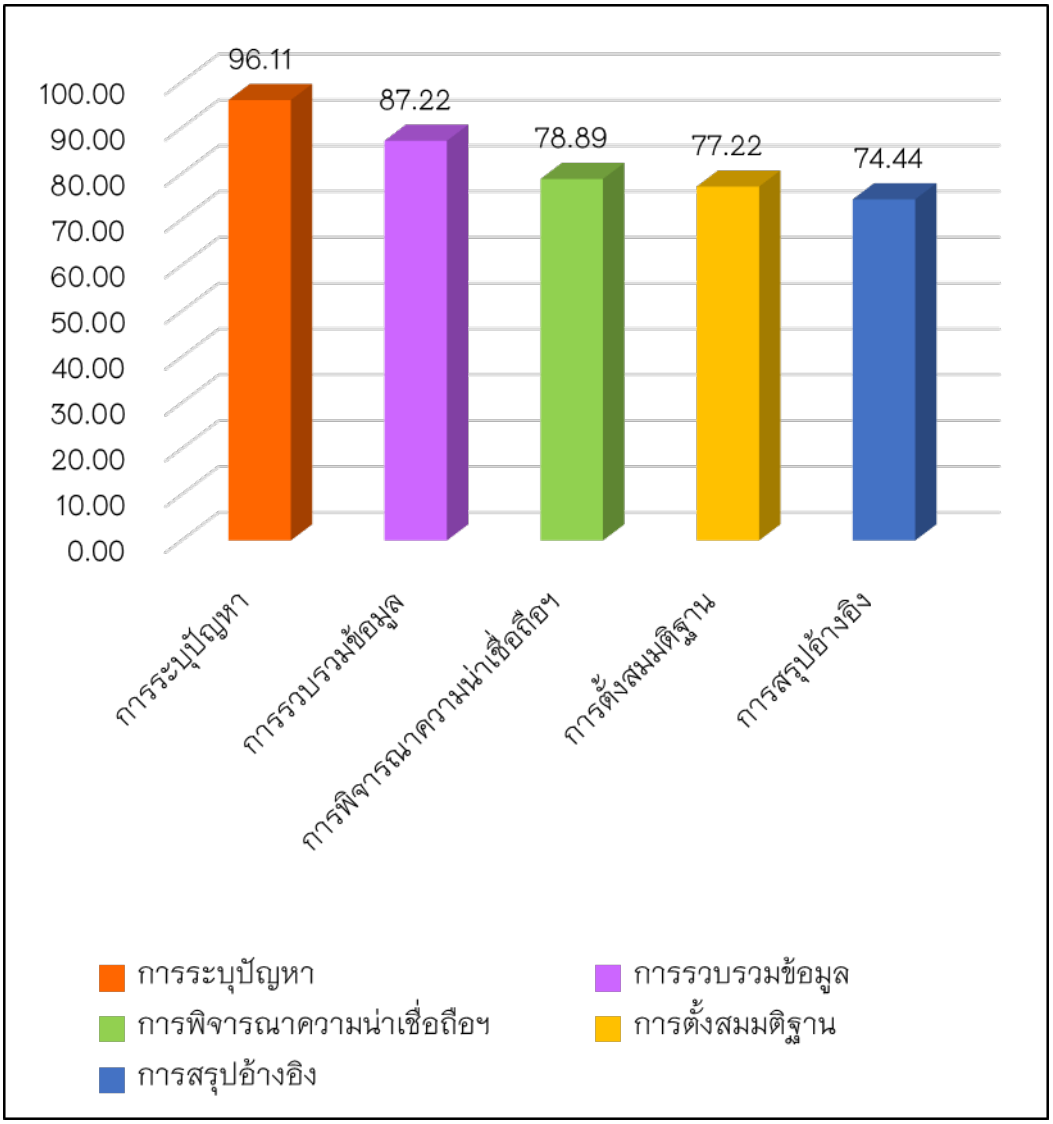
รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละ	ผลการประเมิน (จำนวนนักเรียน = 30 คน)			
					ผ่าน		ไม่ผ่าน	
					คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ
ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	30	24.83	0.51	82.78	28	93.33	2	6.67

จากตารางที่ 3 ผลการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 30 คน พบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ย 24.83 คะแนนจากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.78 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 70 และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้เช่นกัน นอกจากนั้น ผลการประเมินทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนสามารถจำแนกเป็นรายด้านได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยจำแนกเป็นรายด้าน

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละ	ผลการประเมิน (จำนวนนักเรียน = 30 คน)			
					ผ่าน		ไม่ผ่าน	
					คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ
การระบุปัญหา	6	5.77	0.51	96.11	28	93.33	2	6.67
การรวบรวมข้อมูล	6	5.23	0.51	87.22	28	93.33	2	6.67
การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล	6	4.73	0.51	78.89	28	93.33	2	6.67
การตั้งสมมติฐาน	6	4.63	0.51	77.22	28	93.33	2	6.67
การสรุปอ้างอิง	6	4.47	0.50	74.44	28	93.33	2	6.67

จากตารางที่ 4 ผลการประเมินทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 30 คน โดยจำแนกเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนมีคะแนนด้านการระบุปัญหาสูงสุด โดยมีคะแนนเฉลี่ย 5.77 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 96.11 รองลงมา คือ การรวบรวมข้อมูล มีคะแนนเฉลี่ย 5.23 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.22 การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล มีคะแนนเฉลี่ย 4.73 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.89 การตั้งสมมติฐาน มีคะแนนเฉลี่ย 4.63 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.22 และการสรุปอ้างอิง มีคะแนนเฉลี่ย 4.47 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.44 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทั้ง 5 ด้าน โดยแสดงแผนภูมิเพื่อเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภูมิการเปรียบเทียบผลการทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณรายด้าน

ผลการทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 30 คน และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลการประเมินทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ย 24.83 คะแนนจากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.78 และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยสามารถจำแนกคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณออกเป็นรายด้านได้ ดังนี้ (1) การระบุปัญหา มีคะแนน 5.77 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 96.11 (2) การรวบรวมข้อมูล มีคะแนน 5.23 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.22 (3) การพิจารณาความ น่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล มีคะแนน 4.73คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.89 (4) การตั้งสมมติฐาน มีคะแนน 4.63 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.22 (5) อธิบายรายละเอียดที่ได้จากความซับซ้อนของกราฟได้ มีคะแนน 4.47 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.44 จากผลการทดสอบข้างต้นจะเห็นว่าผลการทดสอบในด้านที่ 1 ด้านที่ 2 ด้านที่ 3 ด้านที่ 4 และด้านที่ 5 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

สรุปผลและอภิปรายผล

จากการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 30 คน ดำเนินการวิจัยตามลักษณะการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจร โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 7 แผนการจัดการเรียนรู้รวม 14 ชั่วโมง สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ นักเรียนมีคะแนนผลการประเมินทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ย 24.83 คะแนนจากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.78 และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33 ของนักเรียนทั้งหมดซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านการระบุปัญหา โดยมีคะแนนเฉลี่ย 5.77 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 96.11 รองลงมา คือ การรวบรวมข้อมูล มีคะแนนเฉลี่ย 5.23 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.22 การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล มีคะแนนเฉลี่ย 4.73 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.89 การตั้งสมมติฐาน มีคะแนนเฉลี่ย 4.63 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.22 และการสรุปอ้างอิง มีคะแนนเฉลี่ย 4.47 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.44 ตามลำดับ โดยข้อมูลเชิงคุณภาพพบว่า เมื่อนักเรียนได้รับมอบหมายหัวข้อย่อยเพื่อนำไปศึกษาค้นคว้านักเรียนเกิดความท้าทายและความกระตือรือร้นในการสร้างสรรค์ผลงาน ดังคำกล่าวสนับสนุนที่ว่า “ได้สืบค้นข้อมูล และได้ใช้แหล่งข้อมูลที่ไม่เคยใช้” (ผลการสัมภาษณ์ของนักเรียน/คนที่ 3, 5 สิงหาคม 2567)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI มีร่วมกับรูปแบบการสอนที่ทำให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ได้จากเนื้อหาในการเรียน โดยให้นักเรียนได้ออกแบบและปฏิบัติงานจริงร่วมกับเพื่อนในกลุ่มให้มีการสืบค้นหาข้อมูลจากช่องทางที่หลากหลายทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจที่อยากจะเรียน ประกอบกับการที่ผู้วิจัยให้มีการนำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่อแสดงผลงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่สร้างขึ้นมาทำให้แต่ละกลุ่มเกิดความสนุกสนานและความมุ่งมั่นในการสร้างสรรค์ผลงาน ดังคำกล่าวสนับสนุนที่ว่า “สนุกกับการพูดหน้าห้อง ได้ท้าทายตัวเอง” (ผลการสัมภาษณ์ของนักเรียน/คนที่ 1, 19 สิงหาคม 2567) “ได้ฝึกให้ตัวเองทำอะไรที่ไม่ได้ทำบ่อย ๆ การพูดต่อหน้าเพื่อน และครู” (ผลการสัมภาษณ์ของนักเรียน/คนที่ 2, 26 สิงหาคม 2567) ผลการวิจัยสอดคล้องกับผลงานวิจัยของกีรติกา อินทร์ชัย และคณะ (2564) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 69.41 แต่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 และมีขนาดของการคิดอย่างมีวิจารณญาณเท่ากับ 1.73 แสดงให้เห็นว่ามีพัฒนาการของคะแนนอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2565) ได้ศึกษาการพัฒนาการคิดเชิงระบบร่วมกับการตระหนักรู้ในตนเองเรื่อง พอลิเมอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานภายใต้การศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลางจนถึงมาก ซึ่งสูงขึ้นตามลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเมื่อนักเรียนพบปัญหาหรือสถานการณ์ที่ซับซ้อนขึ้น นักเรียนจะมีความสามารถในการคิดเชิงระบบในระดับที่มากขึ้น

จากข้อความที่กล่าวมาข้างต้นเป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI สามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็น

ทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดความคิดจากสถานการณ์ปัญหาที่พบเจอได้ในชีวิตประจำวัน เช่น ค้นจากอินเทอร์เน็ต วารสาร นิตยสาร หนังสือพิมพ์ หรือประเด็นที่เกิดขึ้นในสถานศึกษาหรือชุมชน/ท้องถิ่น ซึ่งช่วยยกระดับคุณภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยที่นักเรียนมีความรู้ในศาสตร์ มีกระบวนการคิดอย่างมีวิจารญาณและมีคุณธรรม จริยธรรมเป็นหลักในการคิด นักเรียนมีคุณลักษณะเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ มีความรู้ ความสามารถและทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 นักเรียนได้ใช้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและมีมุมมองที่อย่างหลากหลาย สามารถอธิบายและอ้างอิงได้บนพื้นฐานที่มีอยู่อย่างเพียงพอ และการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติสืบค้นข้อมูลด้วยตนเองตามหัวข้อที่ได้รับมอบหมายผ่านการทำกิจกรรมเป็นกลุ่มโดยที่นักเรียนกลุ่มเก่ง–กลาง–อ่อน ได้มีการสื่อสารแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ทำให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียนส่งผลให้มีพัฒนาการในการเรียนรู้และทักษะการคิดอย่างมีวิจารญาณที่ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยอันเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่จะศึกษาหรือมีความสนใจที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI ไปใช้ดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ครูควรให้นักเรียนได้เปลี่ยนกลุ่มทุกครั้งในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้มีพัฒนาการในการทำงานร่วมกับผู้อื่น และควรมีการสับเปลี่ยนหน้าที่กันภายในภายในกลุ่ม เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้เรียนรู้การเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี อีกทั้งยังส่งเสริมความกล้าแสดงออก การแสดงความคิดเห็นการอภิปรายและการมีส่วนร่วมกับสังคม

2. การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค GI มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรชี้แนะแนวทางและขั้นตอนการทำกิจกรรมอย่างละเอียดและควรให้เวลาในการทำกิจกรรม ให้มีความยืดหยุ่นเหมาะสมไม่ควรรีบสรุปบทเรียนเร็วเกินไป เนื่องจากจะเป็นการปิดกั้นความคิดของนักเรียน

3. การนำเสนอผลงานและการอภิปรายของนักเรียนในการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ครูควรเปิดโอกาสเปิดพื้นที่ให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความสามารถอย่างอิสระ โดยครูเป็นผู้เสริมแรงและใช้คำถามที่กระตุ้นความคิดความสงสัยให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นที่หลากหลายและสร้างสรรค์

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นทักษะที่จำเป็นและมีความสำคัญยิ่งในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในโรงเรียนนั้นสามารถจัดกิจกรรมที่พัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้กับนักเรียนได้ทุกรายวิชาไม่ใช่เฉพาะวิชาในกลุ่มของวิทยาศาสตร์เพียงเท่านั้น ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรมีการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในรายวิชาอื่น ๆ ร่วมด้วย

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาของผู้อำนวยการโรงเรียนขามแก่นนคร คณะครูที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดการเก็บข้อมูล และขอขอบพระคุณผู้ช่วยวิจัยที่ได้เสียสละเวลาในการสังเกตการสอน และให้ข้อเสนอแนะกับผู้วิจัยเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย รวมทั้งขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขามแก่นนคร ปีการศึกษา 2567 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลบรรลุตามวัตถุประสงค์ และขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิพล อาจอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาข้อเสนอแนะ ด้วยความเอาใจใส่ปลูกฝังให้ผู้วิจัยมีความรักในการทำงาน มีวินัย ละเอียดรอบคอบ ตลอดจนสนับสนุนให้กำลังใจและเป็นแบบอย่างที่ดีแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยซาบซึ้งในความกรุณาของท่านอาจารย์และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์หลักสูตรศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิตทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ที่มีคุณค่ายิ่งในการทำวิทยานิพนธ์

เอกสารอ้างอิง

กีรติกา อินทร์ชัย และคณะ. (2564). **การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.** วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ ศรีนครินทรวิโรฒ, ปีที่ 22 ฉบับที่ 2, หน้า 1–18.

ธัญญรัตน์ ลาภสมทบ. (2561). **ผลของการเรียนแบบผสมผสานด้วยการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการสืบสวนสอบสวนเป็นกลุ่มเพื่อส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2551). **การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด Socioscientific.** วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, ปีที่ 2 ฉบับที่ 3, หน้า 99–105.

พัชรี จันทร์เพ็ง. (2561). **การประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติเพื่อการวิจัย.** จังหวัดขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

รัชฎาพร สมบัติศรี และร่มเกล้า จันทราษี. (2565). **การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน เรื่อง กรด–เบส ที่มีผลต่อสมรรถนะในการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.** วารสารวิชาการ คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ปีที่ 7 ฉบับที่ 2, หน้า 31–45.

ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ. (2565). **การพัฒนาการคิดเชิงระบบร่วมกับการตระหนักรู้ในตนเอง เรื่อง พอลิเมอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานภายใต้การศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน.** วารสารวิชาการ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ปีที่ 7 ฉบับที่ 1, หน้า 59–73.

สิทธิพล อาจอินทร์. (2550). **รูปแบบการพัฒนาทักษะการสอนคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับครูวิทยาศาสตร์ประถมศึกษา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2563). **การทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน O-NET (Ordinary National Educational Test) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.** กรุงเทพมหานคร.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2564). **การทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน O-NET (Ordinary National Educational Test) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.** กรุงเทพมหานคร.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2565). **การทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน O-NET (Ordinary National Educational Test) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.** กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ. (2562). **พระราชบัญญัติการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ การวิจัยและนวัตกรรม พ.ศ. 2562.** กรุงเทพมหานคร.

Kagan, S. (1994). **Cooperative Learning. San Clemente, CA: Resources for Teachers, Inc.**

Kemmis, S & McTaggart, R. (1988). **The Action Research Planer (3rd ed.).** Victoria : Deakin University.

Sharan, S. and Hertz-Lazarowitz, R. (1980). **A Group Investigation Method of Cooperative Learning in the Classroom, In Sharan, S., Hare, P., Webb, C. and Hertz-Lazarowitz, R.** (Editors.), Cooperation in Education. Utah: Brigham Young University Press.

การพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT

The development of creative thinking abillity of grade 10 students using creativity–based learning with ChatGPT

ธีรธร รังสีปัญญา[1*] และ สิทธิพล อาจอินทร์[2]

Theerathorn Rangseepanya[1*] and Sitthipon Art–in[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT โดยให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย จำนวน 40 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT จำนวน 6 แผน เวลา 12 ชั่วโมง 2) แบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ 3) แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูและนักเรียน 4) แบบสัมภาษณ์นักเรียน 5) แบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ท้ายวงจร 6) แบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ (%) และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยเท่ากับ 15.63 คิดเป็นร้อยละ 78.13 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 85.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ได้อย่างสัมฤทธิ์ผล นักเรียนเกิดการคิดริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ และต่อยอดพัฒนาจากสิ่งที่มีอยู่ให้แปลกใหม่ รวมทั้งได้รับข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงพัฒนาผลงานให้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL), โปรแกรม ChatGPT, ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์

[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[2] รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[1] Master Degree Student in Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, 40002

[2] Associate Professor, Curriculum and Instruction Program, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, 40002

*Corresponding author : r.theerathorn@kkumail.com

Abstract

The objectives of this research were to develop Creative Thinking Ability for grade 10 students using Creativity–Based Learning with ChatGPT so that the students made a mean score of 70% or higher and at least 70% of them pass the prescribed criterion. The target group consisted of 40 Grade 10 Students, during the first semester of academic year 2024, Kaennakhon Witthayalai School. The study was based on Action Research consists 3 action spirals The research instruments consisted of 1) lesson plans using Creativity–Based Learning with ChatGPT, 6 lesson plans, 12 instructional periods, 2) Post–learning outcome record form 3) teacher and student behavior observation form 4) student interview form 5) end– of–spiral Creative Thinking Ability test 6) Creative Thinking Ability test. Quantitative Data were analyzed by Descriptive Statistics consisted of Mean Standard Deviation (S.D.) and Percentage (%) Qualitative Data analyzed by Content Analysis.

The findings were found that the students made a mean Creativity Thinking Ability score of 15.63 or 78.13% of the full marks, and 34 students or 85.00% of the group passed the criterion, which higher than the prescribed criterion. Therefore, the integration of Creativity–Based Learning (CBL) with ChatGPT effectively enhances students' creative thinking abilities. It encourages them to generate original ideas, extend and innovate upon existing concepts, and receive constructive feedback to refine and improve their work.

Keywords: Creativity–Based Learning; ChatGPT ; Creative Thinking Ability

บทนำ

ในยุคศตวรรษที่ 21 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานต้องการให้ผู้เรียนมีสมรรถนะทางด้านการคิด นักเรียนจะต้องรู้จักคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่างสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศ เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) การคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการคิดระดับสูง ซึ่งจะเกิดขึ้นได้จากการนำกระบวนการคิดพื้นฐานหลากหลายวิธีมาใช้เพื่อการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ให้เกิดขึ้น การจัดการเรียนรู้ที่ครูเชื่อว่า เด็กทุกคนมีพลังแห่งความสร้างสรรค์อยู่ในตัว หากได้รับการส่งเสริมให้เป็นผู้ที่กล้าคิด กล้าตัดสินใจ กระตุ้นให้เกิดการคิดนอกเหนือจากที่เคยพบเจอ เคยอ่าน เคยเขียน มีจินตนาการอย่างอิสระ จะก่อให้เกิดการสะสมประสบการณ์ทางความคิด เมื่อถึงเวลานำออกมาใช้ สมรรถนะทางด้านการคิดสร้างสรรค์ที่มีอยู่จะเร่งให้ความคิดสร้างสรรค์ออกมาเพื่อใช้ในการสร้างผลงานต่าง ๆ

การเรียนการสอนภาษาไทยนั้น นักเรียนจะฝึกทักษะการอ่าน การเขียน การฟัง การดู และการพูด ถ้าครูจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ที่แปลกใหม่ มีมุมมองที่กว้างและลึก มีการคิดสร้างสรรค์อยู่ตลอดเวลาจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ในการใช้ภาษาไทยได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะทักษะการเขียนที่เป็นการสื่อสารเพื่อให้รู้ถึงความรู้ ความคิดเห็น ความรู้สึกและอารมณ์ของผู้เขียน ซึ่งผู้เขียนจะเขียนได้มากน้อยเพียงใดนั้นย่อมขึ้นอยู่กับประสบการณ์และการรับรู้พื้นฐานจากการฟัง การดู และการอ่านด้วย การจัดการเรียนรู้ภาษาไทยในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สาระการเขียน จะมุ่งเน้นการเขียนเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นการเขียนที่ผู้เขียนถ่ายทอดเนื้อหาสาระ ความคิด จินตนาการ อารมณ์ ตลอดจนประสบการณ์ ผ่านงานเขียนที่มีความแปลกใหม่ทั้งทางด้านรูปแบบและเนื้อหา โดยอาศัยศิลปะทางภาษา การใช้สำนวนโวหาร ตลอดจนเทคนิควิธีการนำเสนอในรูปแบบ

ต่าง ๆ ที่ไม่ลอกเลียนแบบผู้ใด โดย สุทธิลักษณ์ อ่วมสถิตย์ (2549) ได้กล่าวว่า การถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นภาษาเขียนได้อย่างสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่พัฒนาได้ โดยครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เขียนอย่างอิสระหรือให้อิสรภาพในการแสดงความคิดเห็น ครูทุกคนสามารถที่จะกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ได้ด้วยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกทางด้านพฤติกรรมและแสดงความคิดเห็นโดยเสรี จุดหมายปลายทางที่จะช่วยให้นักเรียนได้เขียนอย่างอิสระคือเรื่องที่เขียนต้องเหมาะสมกับวัยของเด็ก โดยเฉพาะความคิดสร้างสรรค์นั้นถือว่าเป็นสิ่งสำคัญเป็นเครื่องมือช่วยในการคิดสิ่งใหม่ ๆ ดังความคิดของ Guilford (1967) ที่ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดอเนกนัย คือ เป็นความคิดหลายทิศทาง หลายแง่ หลายมุม คิดได้กว้างไกล นำไปสู่การคิดและประดิษฐ์สิ่งใหม่ ซึ่งองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration) โดยองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบของการเขียนเชิงสร้างสรรค์ ดังนี้ 1) ด้านเนื้อหา มีความสัมพันธ์กับความคิดริเริ่ม เนื่องจากเนื้อหาต้องมีความคิดริเริ่ม มีความแปลกใหม่ และไม่ลอกเลียนแบบผู้อื่น 2) ด้านการใช้ภาษา มีความสัมพันธ์กับความคิดคล่องแคล่ว เนื่องจากผู้เขียนต้องใช้ความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว รวมทั้งคิดหาถ้อยคำให้ได้มากเพื่อที่จะได้มีคลังคำใช้เขียนได้สละสลวย รวมทั้งความคิดคล่องแคล่วในการใช้วลีหรือประโยค และเป็นความสามารถในการคิดสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด อีกทั้งยังมีความสัมพันธ์กับความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม เพราะเป็นความคิดที่ช่วยให้ผู้เขียนสามารถคิดใช้คำและเขียนประโยคได้อย่างหลากหลายและแปลกใหม่ และยังสัมพันธ์กับความคิดละเอียดลออ เป็นความคิดที่ช่วยให้ผู้เขียนใช้ภาษาในการเขียนได้อย่างสละสลวย 3) ด้านการลำดับความคิด มีความสัมพันธ์กับความคิดละเอียดลออ เพราะผู้เขียนต้องคิดเรียงลำดับแนวคิดอย่างละเอียดถี่ถ้วน ไม่ให้เกิดความสับสนวกวน และ 4) ด้านคุณค่าต่อผู้อ่าน มีความสัมพันธ์กับความคิดริเริ่ม เนื่องจากเป็นความคิดที่ผู้เขียนใช้นำเสนอแนวคิดมุมมองใหม่ ๆ ที่จะทำให้ผู้อ่านเกิดความคิดไปในทางที่ดีหรืออาจทำให้ผู้อ่านเกิดความบันเทิงได้ (รัชนีกร การภักดี, 2565) จะเห็นได้ว่า การที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ได้นั้นจะต้องมีการฝึกฝนให้มีทั้งความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ความคิดริเริ่ม (Originality) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration) เพื่อจะได้นำประสบการณ์ที่เคยฝึกมานั้นไปใช้ในการคิดต่อยอดต่อไป

อย่างไรก็ตาม แม้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จะกำหนดให้นักเรียนต้องมีสมรรถนะด้านการคิดสร้างสรรค์ แต่ในสภาพการเรียนการสอนจริงพบว่า การจัดการเรียนการสอนส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่การคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดแก้ปัญหา การคิดอย่างมีเหตุผล ต้องการความคิดค้นหาคำตอบและการตัดสินใจที่ถูกต้อง ขาดการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ขณะเดียวกันจำนวนนักเรียนในชั้นเรียนที่มากเกินไป ทำให้ไม่มีเวลาเพียงพอที่จะทำให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์ เพราะการสร้างสิ่งใหม่และการคิดวิธีแก้ปัญหาใหม่ ๆ ต้องเกิดจากการทำงานจริง หรือการพูดคุยกัน ซึ่งใช้เวลาค่อนข้างมาก (อัมพร เลิศณรงค์, 2559) นอกจากนี้ จากการที่ผู้วิจัยสอนรายวิชาภาษาไทย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า เมื่อครูจัดกิจกรรมทางภาษาไทยที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนยังขาดความคิดสร้างสรรค์ มีแนวความคิดหรือประสบการณ์เดิม ๆ ขาดความคิดริเริ่มแปลกใหม่ หรือความคิดต่อยอดจากสิ่งเดิมที่มีอยู่ ดังนั้น ครูผู้สอนจึงต้องมีบทบาทในการปรับปรุงวิธีการเรียนการสอนและมีหน้าที่ส่งเสริมผู้เรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

แนวคิดรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โครงสร้างหลักของแนวคิดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานพัฒนาชมาจากการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) และแนวทางการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์แบบการคิดแนวขนาน (Parallel Thinking) ของ

เอ็ดเวิร์ด เดอ โบโน (Edward De Bono) ซึ่งเป็นแนวทางการสอนแบบ Active learning คือ การจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนตื่นตัว การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานจะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการค้นคว้า ทักษะการคิด ทักษะการทำงาน รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานประกอบด้วยกระบวนการและบริบท ด้วยการสร้างแรงบันดาลใจกระตุ้นความอยากรู้ เปิดโอกาสให้ค้นหา รวบรวมข้อมูลและนำมาสร้างองค์ความรู้ สอนเมื่อมีการถาม เปิดโอกาสและให้เวลานักเรียนหาทางแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง ใช้เกมเป็นตัวช่วยแบ่งกลุ่มทำโครงงาน และนำเสนอผลงานด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่หลากหลาย โดยครูเปลี่ยนบทบาทจากการเป็นผู้บรรยายเนื้อหาต่าง ๆ อย่างละเอียด มาเป็นผู้อำนวยการให้เด็กเกิดการเรียนรู้ คือ เปลี่ยนจากครู (lecturer) มาเป็นผู้อำนวยการเรียนรู้ (facilitator) โดยมีหน้าที่ส่งเสริมสนับสนุน หาทางให้เด็กสนใจและเรียนด้วยตนเอง แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานมีกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นความสนใจ ขั้นที่ 2 ขั้นตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่ม ขั้นที่ 3 ขั้นการค้นและคิด ขั้นที่ 4 ขั้นนำเสนอ และขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานนี้ จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนกล้าแสดงความคิดเห็น ค้นคว้าจากสื่อเทคโนโลยี เรียนแบบค้นคว้า คิด และนำเสนอ ทำงานเป็นทีม โดยเน้นกระบวนการลงมือทำด้วยความกระตือรือร้นในการค้นคว้า นักเรียนมีความสุขในการเรียน มีทักษะในการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ การสื่อสารและการทำงานเป็นทีมของนักเรียนมีเพิ่มมากขึ้น (วิริยะ ฤาชัยพาณิชย์, 2562) ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน พบว่า มีนักวิจัยหลายท่านได้นำนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ไปใช้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนในหลากหลายวิชา เช่น งานวิจัยของเกษมะณี ลาปะ (2560) ได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับผังกราฟิกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 รายวิชา ส 21103 สังคมศึกษา พบว่า ความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด งานวิจัยของวิพรพรรณ ศรีสุธรรม (2562) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งได้มีการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพ และสามารถพัฒนาการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้อย่างดีขึ้นทุกด้าน งานวิจัยของอุมาภรณ์ บุญกระจ่าง (2562) ได้พัฒนาคู่มือการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับ Bar Model เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ การแก้โจทย์ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งคู่มือการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีประสิทธิผลสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การแก้โจทย์ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อีกทั้งงานวิจัยของอรวรรณ อุดมสุข (2564) ที่ได้นำนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษาไทย โดยได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิก ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวรรณคดีไทย เรื่อง กาพย์พระไชยสุริยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและมีความพึงพอใจในการเรียนอยู่ในระดับมาก และงานวิจัยของกิติยาภรณ์ ศรีวงษ์ชัย (2565) ที่ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับการ์ดเกม (Card Game) รายวิชา ส 13101 สังคมศึกษา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวังก้านเหลืองดรุณกิจ พบว่า ผลการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ChatGPT เป็นเครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย OpenAI โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการสนทนาและให้ข้อมูลในรูปแบบข้อความ ChatGPT สามารถเข้าใจและตอบสนองต่อคำถามหรือบทสนทนาของผู้ใช้ได้อย่างมี

ความหมายและสมเหตุสมผล โดยมีความสามารถในการตอบคำถาม หารือเกี่ยวกับหัวข้อต่าง ๆ ให้คำแนะนำและช่วยแก้ปัญหาในหลาย ๆ ด้าน ทั้งในด้านการศึกษา การทำงาน และการดำเนินชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ยังสามารถช่วยในการพัฒนาทักษะต่าง ๆ เช่น การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการเขียนเชิงสร้างสรรค์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในการส่งเสริมทักษะการเขียน การใช้ ChatGPT ในการสนทนา (chat) เป็นอีกหนึ่งวิธีที่มีประสิทธิภาพสำหรับการพัฒนาทักษะการเขียน โดยโปรแกรม ChatGPT สามารถสร้างโครงร่างงานเขียนเบื้องต้นและจุดประกายแนวคิดหรือไอเดียใหม่ ๆ ในงานเขียนได้อย่างหลากหลายและน่าสนใจ เพื่อนำไปต่อยอดทางความคิดต่อไป (ธนารักษ์ สารเถื่อนแก้ว, 2567) และ Bozic (2023) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของโปรแกรม ChatGPT ไว้ว่า สามารถให้คะแนนและข้อเสนอแนะที่มีต่องานเขียนได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลาของครูได้มากและช่วยให้นักเรียนได้รับผลตอบรับเกี่ยวกับงานเขียนทันที

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT มาใช้พัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูและพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

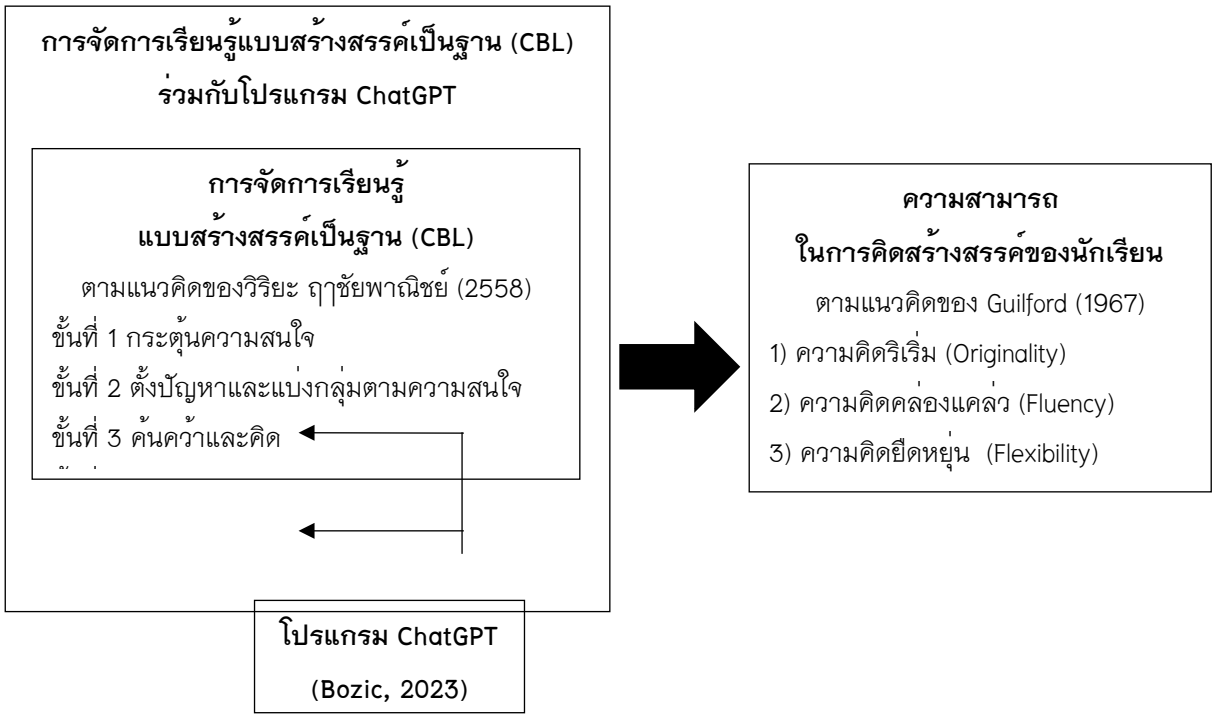
วัตถุประสงค์ในการวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT โดยให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ตามแนวคิดของวิริยะ ฤาชัยพาณิชย์ (2558) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นความสนใจ ขั้นที่ 2 ขั้นตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่มตามความสนใจ ขั้นที่ 3 ขั้นค้นคว้าและคิด ขั้นที่ 4 ขั้นนำเสนอ และขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล มาใช้ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ซึ่งมีประโยชน์ด้านการศึกษาตามแนวคิดของ Bozic (2023) โดยนำโปรแกรม ChatGPT มาใช้เพื่อให้ผู้เรียนใช้ในการค้นหาข้อมูลหาแนวคิดของงานเขียนเชิงสร้างสรรค์หรือสร้างโครงร่างงานเขียนเบื้องต้น รวมทั้งใช้โปรแกรม ChatGPT ในการให้คะแนนและข้อเสนอแนะต่องานเขียนเชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียน ซึ่งผู้วิจัยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน โดยมีองค์ประกอบ 4 องค์ประกอบ ตามแนวคิดของ Guilford (1967) คือ 1) ความคิดคล่อง 2) ความคิดยืดหยุ่น 3) ความคิดริเริ่ม และ 4) ความคิดละเอียดลออ

ในการดำเนินการวิจัยการพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT นั้น ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ได้แก่ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย หลักสูตรสถานศึกษา แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) โปรแกรม ChatGPT และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ นำมาสร้างสรรค์เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังหัวข้อต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) โดยนำหลักและขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and Mc Taggart (1992) เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Planning) ขั้นการดำเนินการ (Action) ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) และขั้นการสะท้อนผล (Reflection) จำนวน 3 วงจร วงจรละ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งสิ้น 6 แผนการจัดการเรียนรู้

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น จำนวน 40 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) โดยพิจารณาจากผลคะแนนการประเมินการอ่าน คิดวิเคราะห์ และเขียน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการอ่าน คิดวิเคราะห์ และเขียน ต่ำกว่านักเรียนในห้องเรียนอื่น ๆ จึงควรได้รับการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนการสอน ได้แก่ 1) กระตุ้นความสนใจ 2) ตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่มตามความสนใจ 3) ค้นคว้าและคิด 4) นำเสนอ และ 5) ประเมินผล จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนละ 2 ชั่วโมง รวมเวลา 12 ชั่วโมง โดยผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.93 คือ แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

ตารางที่ 1 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	**ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้**
แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเขียนบันเทิงคดี	**ขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นความสนใจ** 1) นักเรียนทำกิจกรรม “ซองสุ่ม” โดยนักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็น 8 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันแต่งเรื่องราวจากภาพในซองที่นักเรียนสุ่มได้ 2) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานการแต่งเรื่องหน้าชั้นเรียน จากนั้นนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นต่อผลงานการแต่งเรื่องของเพื่อนร่วมชั้นเรียน 3) นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าผลการแต่งเรื่องของแต่ละกลุ่มมีจุดมุ่งหมายเพื่ออะไร (แนวคำตอบ : มุ่งให้ความสนุกสนานเพลิดเพลินเป็นหลัก แต่ก็ให้ความรู้หรือข้อคิดด้วย) จากนั้นร่วมกันอภิปรายว่าเรื่องที่เพื่อนแต่ละกลุ่มแต่งขึ้นมามีลักษณะอย่างไร (แนวคำตอบ : เรื่องที่แต่งขึ้น เรื่องสมมติ แต่งจากจินตนาการ) และครูชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้และแจ้งให้นักเรียนทราบว่าจะเรียนเรื่อง “การเขียนบันเทิงคดี”
	ขั้นที่ 2 ขั้นตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่มตามความสนใจ 4) นักเรียนชมวีดิทัศน์หนังสั้นเรื่อง ตำนานสะพานขาว จาก https://www.youtube.com/results?search_query=ตำนานสะพานขาว 5) นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า “จากการชมวีดิทัศน์หนังสั้น นักเรียนคิดว่าการสร้างผลงานบันเทิงคดี ควรมีองค์ประกอบอะไรบ้าง (แนวคำตอบ : แก่นเรื่อง ตัวละคร ฉาก บทสนทนา โครงเรื่อง มุมมอง) จากนั้นนักเรียนร่วมกันอภิรายว่าแต่ละองค์ประกอบของบันเทิงมีลักษณะอย่างไรบ้าง โดยร่วมกันอภิปรายผ่านโปรแกรม Mentimeter 6) นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นว่า “งานเขียนประเภทใดที่จัดเป็นบันเทิงคดีบ้าง” (แนวคำตอบ : นวนิยาย เรื่องสั้น นิทาน การ์ตูน บทละคร) จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้เรื่อง หลักการเขียนบันเทิงคดี

	7) นักเรียนแบ่งกลุ่ม 6 กลุ่ม ตามความสนใจ จากนั้นนักเรียนแต่ละคนเขียนบันเทิงคดี ประเภทนิทาน ในประเด็นที่สนใจ โดยมีประเด็นในการเขียนดังนี้ 7.1) ความกตัญญู 7.2) ความเพียรพยายาม 7.3) ความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ 7.4) ความกล้าหาญ 7.5) ความสามัคคี 7.6) ความซื่อสัตย์
	ขั้นที่ 3 ขั้นค้นคว้าและคิด 8) นักเรียนค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับหลักการหรือแนวทางการเขียนบันเทิงคดี โดยใช้โปรแกรม ChatGPT 9) นักเรียนค้นหาข้อมูลตามประเด็นที่จะใช้ในการเขียนบันเทิงคดี จากนั้นลงมือเขียนบันเทิงตามประเด็นที่เลือกในใบงานเรื่อง การเขียนบันเทิงคดี จากนั้นใช้โปรแกรม ChatGPT ให้คะแนนและข้อเสนอต่องานเขียน นักเรียนนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงพัฒนาผลงานก่อนนำเสนอ
	ขั้นที่ 4 ขั้นนำเสนอ 10) นักเรียนนำเสนอผลงานการเขียนบันเทิงคดี โดยครูสุ่มผลงานนักเรียนประเด็นละ 1 – 2 ผลงาน โดยกำหนดเวลานำเสนอคนละไม่เกิน 3 นาที ภายหลังการนำเสนอนักเรียนและครูร่วมกันวิพากษ์ผลงานของเพื่อน
	ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล 11) นักเรียนและครูร่วมกันประเมินผลงานของนักเรียน โดยครูให้ข้อเสนอแนะตามประเด็นองค์ประกอบการประเมินความสามารถการเขียนเชิงสร้างสรรค์ โดยใช้คำถามดังนี้ – ด้านแนวความคิด ผู้เขียนต้องการเสนอแนวความคิดในเรื่องใด มีประเด็นใดน่าสนใจบ้าง มีแนวคิดซ้ำกับผู้อื่นหรือไม่ อย่างไร – ด้านเนื้อหาสาระ ผู้เขียนเขียนเนื้อเรื่องได้ใจความ สมเหตุสมผลหรือไม่ มีเนื้อเรื่องเกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดหรือไม่ และเรียงลำดับเหตุการณ์เป็นอย่างไร – ด้านการเสนอเรื่อง ผู้เขียนจัดลำดับความคิดของเรื่องอย่างไร สมเหตุสมผลหรือไม่ – ด้านการใช้ภาษา ผู้เขียนใช้วลี ประโยค และสำนวนได้อย่างเหมาะสมและเข้าใจง่ายหรือไม่ 13) นักเรียนใช้โปรแกรม ChatGPT ในการให้คะแนนและข้อคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานการเขียนบันเทิงคดี เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังการปรับปรุงพัฒนาผลงานตามข้อเสนอแนะของโปรแกรม ChatGPT

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลเชิงปฏิบัติการวิจัย ได้แก่

1) แบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบบันทึกที่ผู้วิจัยใช้สำหรับบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ เกิดขึ้นขณะปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงในแต่ละแผน การจัดการเรียนรู้เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้

2) แบบสังเกตพฤติกรรมของครูและนักเรียน เป็นแบบบันทึกที่มีลักษณะปลายเปิด เพื่อให้ผู้วิจัยบันทึก เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนการสอน ผู้ช่วยวิจัยสังเกตเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการบันทึกเกี่ยวกับพฤติกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3) แบบสัมภาษณ์นักเรียน เป็นแบบสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ในภาพรวม สื่อการเรียนรู้ ชิ้นงาน กิจกรรมที่นักเรียนชอบมากที่สุดและชอบน้อยที่สุด และกิจกรรมการเรียนรู้ที่ควรปรับปรุง โดยสัมภาษณ์หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนการสอน

4) แบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ท้ายวงจร ซึ่งเป็นแบบอัตนัย วงจรละ 1 ข้อ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ รวมทั้งหมด 3 ข้อ โดยแบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ท้ายวงจรแต่ละวงจรมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องนำมาทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนที่มีบริบทใกล้เคียงกับกลุ่มเป้าหมายจำนวน 35 คน จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์รายข้อเพื่อหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบจากค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และความความเชื่อมั่น โดยเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20 – 1.00 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α– Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป พบว่า ผลการหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ท้ายวงจร สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 2 ผลการหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ท้ายวงจร

วงจรที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความเชื่อมั่น
1	0.78	0.26	0.77
2	0.79	0.24	0.71
3	0.79	0.27	0.80

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นแบบอัตนัย จำนวน 1 ข้อ โดยแบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องนำมาทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนที่มีบริบทใกล้เคียงกับกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 35 คน จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์รายข้อเพื่อหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบจากค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และ ความความเชื่อมั่น โดยเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20 – 1.00 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α– Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป พบว่า

แบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์มีค่าความยากง่าย (P) เท่ากับ 0.78 ค่าอำนาจจำแนก (r) เท่ากับ 0.28 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.83

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 การดำเนินการก่อนการเก็บข้อมูล

1) การสังเกตชั้นเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 เพื่อศึกษาธรรมชาติของชั้นเรียนและศึกษาวิธีคิด ลักษณะของนักเรียนแต่ละคนเพื่อคัดเลือกกลุ่มเป้าหมายในการทำวิจัย

2) ศึกษาทฤษฎี แนวคิด วิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรต้นและตัวแปรตาม

3) สร้างเครื่องมือหาประสิทธิภาพเครื่องมือในการวิจัย ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการวิจัย เครื่องมือที่ใช้สะท้อนผลการปฏิบัติการวิจัย และเครื่องมือที่ใช้ประเมินผลการวิจัย

4.2. การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โดยดำเนินการดังนี้

1) ปฐมนิเทศผู้ช่วยวิจัยและนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยและอธิบายรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT รวมถึงรายละเอียดเกี่ยวกับการเก็บข้อมูลที่ได้จากการสังเกต

2) ดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT กับกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย จำนวน 40 คน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น จำนวน 6 แผน เวลา 12 ชั่วโมง ดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT โดยแบ่งเป็นวงจรปฏิบัติการ 3 วงจร ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 – 2

วงจรปฏิบัติการที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 – 4

วงจรปฏิบัติการที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 – 6

3) ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้จัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะมีการประเมินตามกรอบ ด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติการวิจัย โดยประกอบด้วย แบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูและนักเรียน แบบสัมภาษณ์นักเรียน และแบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ท้ายวงจร เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจร เพื่อให้ได้ข้อมูลมาสะท้อนผลการปฏิบัติการวิจัยและปรับปรุง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อ ๆ ไป

4) เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจร ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลวิจัยด้วยเครื่องมือประเมินผลการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ แบบอัตนัย จำนวน 1 ข้อ

5) ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือสะท้อนผลการปฏิบัติการวิจัยและเครื่องมือ ประเมินผลการวิจัย ไปใช้ในการวิเคราะห์ประเมินความสามารถในการเขียนเชิงสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เพื่อนำไปอภิปรายผลและสรุปผลการวิจัยต่อไป

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ผลของการทำแบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ใช้สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการหาค่าร้อยละ

(Percentage) ของคะแนน และจำนวนคนที่ผ่านเกณฑ์เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

6.2 ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยใช้ข้อมูลจากแบบสังเกตพฤติกรรมของครูและนักเรียน แบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ แบบสัมภาษณ์นักเรียน บันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาข้อบกพร่อง ปัญหาและอุปสรรค เพื่อหาแนวทางแก้ไขและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในการดำเนินการวงจรต่อไป โดยนำเสนอผลที่ได้ในรูปของความเรียง

ผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย คือ เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT โดยให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลา 12 ชั่วโมง ดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการวิจัย จำนวน 3 วงจร ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

1. ผลการพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ท้ายวงจรที่ 1 – 3

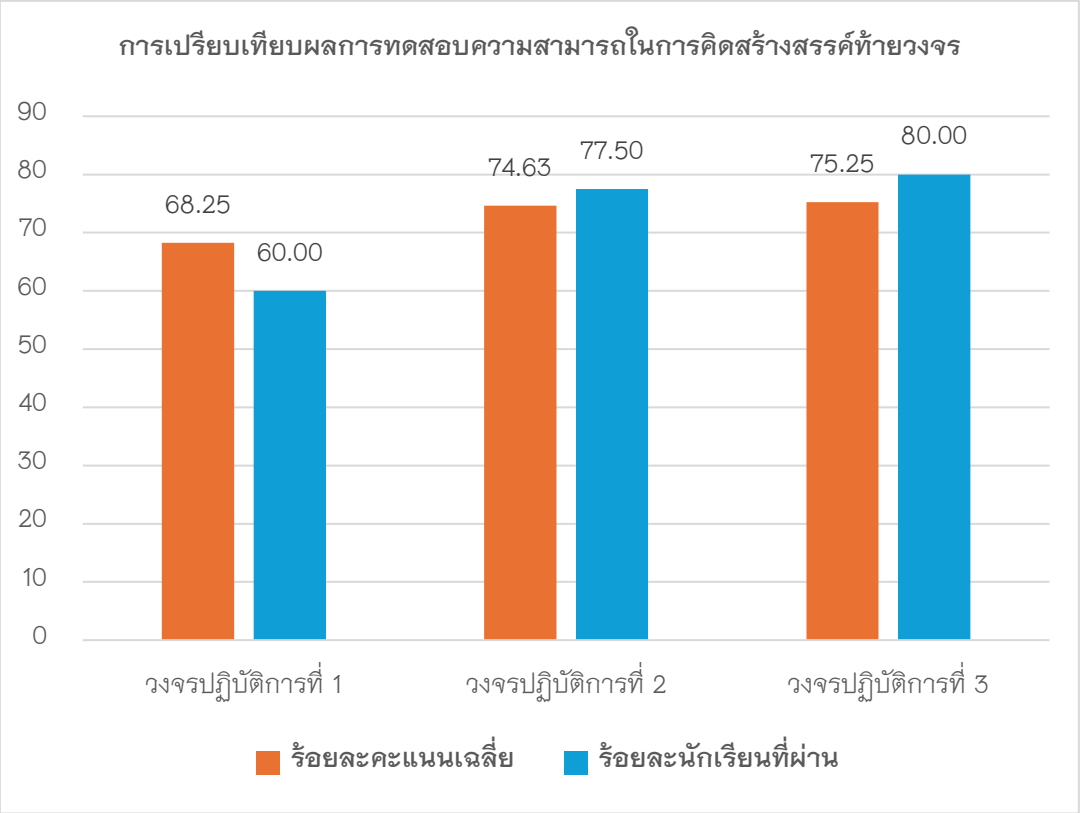
หลังจากการดำเนินการวิจัยในแต่ละวงจรเสร็จสิ้นตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้ ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ท้ายวงจร ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย วงจรละ 1 ข้อ คะแนนเต็ม 20 คะแนน เพื่อวัดผลและประเมินผลที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ซึ่งผลจากการทดสอบท้ายวงจรที่ 1 – 3 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ท้ายวงจร

วงจร	จำนวนนักเรียน	คะแนน				ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์	
		เต็ม	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย			จำนวน (คน)	ร้อยละ
1	40	20	19	8	13.65	68.25	3.61	24	60.00
2	40	20	19	8	14.93	74.63	3.16	31	77.50
3	40	20	20	10	15.05	75.25	2.39	32	80.00

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย พบว่า ผลการทดสอบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ท้ายวงจรเฉลี่ยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 13.65 คิดเป็นร้อยละ 68.25 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 3.61 มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ส่วนวงจรปฏิบัติการที่ 2

มีคะแนนเฉลี่ย 14.93 คิดเป็นร้อยละ 74.63 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 3.16 มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 77.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 15.05 คิดเป็นร้อยละ 75.25 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 2.39 มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ สามารถแสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ท้ายวงจรได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภูมิการเปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ท้ายวงจร

จากแผนภูมิการเปรียบเทียบผลการจากการทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ท้ายวงจรที่ 1 – 3 จะเห็นได้ว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 คะแนนเฉลี่ยและจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ยังต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากเป็นวงจรแรกที่ผู้วิจัยสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ซึ่งนักเรียนไม่คุ้นชินและต้องเรียนรู้การใช้นวัตกรรมใหม่ ๆ ผู้วิจัยจึงวางแผนการวิจัยให้มี 3 วงจรปฏิบัติการ เพื่อให้นักเรียนมีพัฒนาการที่สูงขึ้นและผ่านเกณฑ์ที่กำหนด โดยแผนภูมิข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่า ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT สามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ตามลำดับ

2. ผลการพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT

หลังจากผู้วิจัยดำเนินการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้สิ้นสุดทั้ง 6 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง ตามวงจรที่ 1 – 3 ผู้วิจัยได้ทดสอบนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์แบบอัตนัย จำนวน 1 ข้อ เพื่อวัดประเมินผลการวิจัยว่าการพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับใด

เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ มีคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์

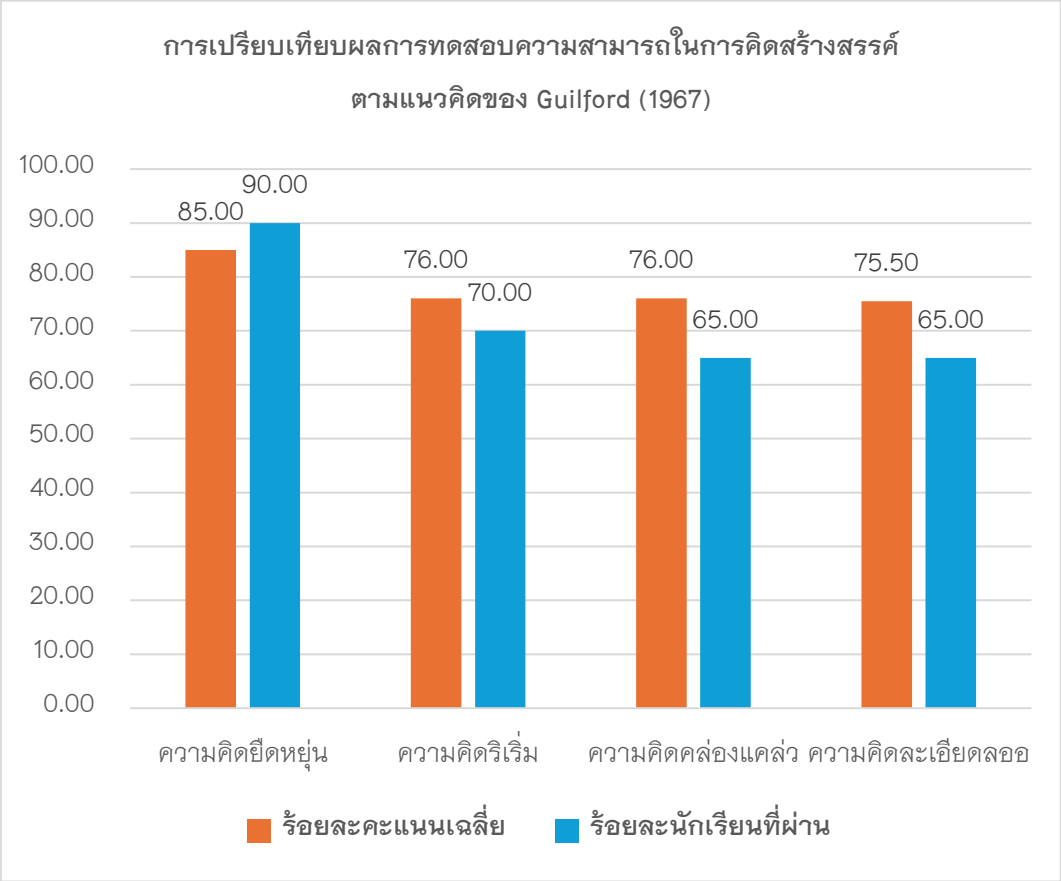
จำนวนนักเรียน	คะแนน				ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์	
	เต็ม	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย			จำนวน (คน)	ร้อยละ
40	20	20	10	15.63	78.13	2.38	34	85.00

จากตารางที่ 4 ผลการทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.63 คิดเป็นร้อยละ 78.13 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 85.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Guilford (1967)

ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์	จำนวนนักเรียน	คะแนน		ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์	
		เต็ม	เฉลี่ย			จำนวน (คน)	ร้อยละ
1) ความคิดริเริ่ม	40	5	3.80	76.00	0.69	28	70.00
2) ความคิดคล่องแคล่ว	40	5	3.80	76.00	0.69	26	65.00
3) ความคิดยืดหยุ่น	40	5	4.25	85.00	0.63	36	90.00
4) ความคิดละเอียดลออ	40	5	3.78	75.50	0.80	26	65.00

จากตารางที่ 5 ผลการทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Guilford (1967) พบว่า คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนตามแนวคิดของ Guilford (1967) องค์ประกอบที่มีคะแนนสูงสุด คือ ความคิดยืดหยุ่น มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 คิดเป็นร้อยละ 85.00 รองลงมา คือ ความคิดริเริ่ม มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 คิดเป็นร้อยละ 76.00 ความคิดคล่องแคล่ว มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 คิดเป็นร้อยละ 76.00 และองค์ประกอบที่มีคะแนนต่ำที่สุด คือ ความคิดละเอียดลออ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.78 คิดเป็นร้อยละ 75.50 สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภูมิการเปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Guilford (1967)

สรุปและอภิปรายผล

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ซึ่งจากกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการและผลการวิจัย ผู้วิจัยสามารถสรุปและอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยเท่ากับ 15.63 คิดเป็นร้อยละ 78.13 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 85.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เนื่องจากนักเรียนในกลุ่มเป้าหมายได้รับการฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT อย่างต่อเนื่อง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน รวม 12 ชั่วโมง อีกทั้งคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Guilford (1967) ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ พบว่า เมื่อพิจารณาร้อยละของคะแนนเฉลี่ยสูงสุด องค์ประกอบที่มีคะแนนสูงสุด คือ ความคิดยืดหยุ่น มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 คิดเป็นร้อยละ 85.00 รองลงมา คือ ความคิดริเริ่ม มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 คิดเป็นร้อยละ 76.00 ความคิดคล่องแคล่ว มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 คิดเป็นร้อยละ 76.00 และองค์ประกอบที่มีคะแนนต่ำที่สุด คือ ความคิดละเอียดลออ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.78 คิดเป็นร้อยละ 75.50 ตามลำดับ

ทั้งนี้ เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ทำให้ผู้เรียนตื่นตัว ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการค้นคว้า ทักษะการคิด ทักษะการทำงาน กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนค้นหา รวบรวมข้อมูลและนำมาสร้างองค์ความรู้ สอนเมื่อมีการถาม เปิดโอกาสและให้เวลานักเรียนหาทางแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง ใช้เกมเป็นตัวช่วยแบ่งกลุ่มทำงาน และนำเสนอผลงานด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่หลากหลาย โดยครูเปลี่ยนบทบาทจากการเป็นผู้บรรยายเนื้อหาต่าง ๆ อย่างละเอียด มาเป็นผู้อำนวยการให้เด็กเกิดการเรียนรู้ โดยมีหน้าที่ส่งเสริมสนับสนุน หาทางให้เด็กสนใจและเรียนด้วยตนเอง มีกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นกระตุ้นความสนใจ ขั้นตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่ม ขั้นค้นคว้าและคิด ขั้นนำเสนอ และขั้นประเมินผล ซึ่งช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนกล้าแสดงความคิดเห็น ค้นคว้าจากสื่อเทคโนโลยี เรียนแบบค้นคว้า คิด และนำเสนอ ทำงานเป็นทีม โดยเน้นกระบวนการลงมือทำด้วยความกระตือรือร้นในการค้นคว้า นักเรียนมีความสุขในการเรียน มีทักษะในการสื่อสาร การทำงานเป็นทีม ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้สูงขึ้น (วิริยะ ฤาชัยพาณิชย์, 2562) อีกทั้งโปรแกรม ChatGPT สามารถสร้างโครงร่างงานเขียนเบื้องต้นและจุดประกายแนวคิดหรือไอเดียใหม่ ๆ ในงานเขียนได้อย่างหลากหลายและน่าสนใจ เพื่อนำไปต่อยอดทางความคิดต่อไป (ธนารักษ์ สารเถื่อนแก้ว, 2567) และ Bozic (2023) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของโปรแกรม ChatGPT ไว้ว่า สามารถให้คะแนนและข้อเสนอแนะที่มีต่องานเขียน ทำให้นักเรียนสามารถนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงพัฒนาผลงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นหนึ่งในสมรรถนะสำคัญที่ต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กล่าวคือ ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของบุคคลในการสร้างสรรค์สิ่งแปลกใหม่ หรือผลิตผลที่ไม่รู้จักมาก่อน ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะเกิดขึ้นจากการผสานความรู้ต่าง ๆ โดยอาศัยประสบการณ์แล้วเชื่อมโยงกับสถานการณ์ที่ต่างจากเดิม สิ่งที่เกิดขึ้นแต่ไม่จำเป็นสิ่งสมบูรณ์อย่างแท้จริง ซึ่งอาจเป็นผลงานทางศิลปะ วรรณกรรม หรือวิทยาศาสตร์ก็ได้ (Torrance, 1962) ซึ่งความคิดสร้างสรรค์สามารถพัฒนาได้และมีความสัมพันธ์กับกระบวนการเรียนรู้ ถ้าผู้เรียนได้รับการกระตุ้นที่ถูกวิธีและมีปริมาณที่เหมาะสมเป็นระบบ และมีความต่อเนื่อง ความคิดสร้างสรรค์ก็จะเจริญเติบโตเต็มศักยภาพ

ความคิดสร้างสรรค์ เป็นทักษะที่สำคัญในการพัฒนาผู้เรียนให้มีกระบวนการคิดนอกกรอบ ริเริ่มแปลกใหม่ และพัฒนาต่อยอดพัฒนาความคิดเพื่อการแก้ปัญหาหรือสร้างทางเลือกที่มีประสิทธิภาพ การสร้างความก้าวหน้าในความรู้หรือการแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ โดยอาศัยจินตนาการและทักษะพื้นฐานด้านการคิดริเริ่ม คิดคล่องคิดยืดหยุ่น คิดละเอียดลออ คิดหลากหลาย คิดวิเคราะห์และสังเคราะห์ เพื่อให้ได้สิ่งใหม่ที่ดีกว่า แตกต่างไปจากเดิม มีประโยชน์ และมีคุณค่าต่อตนเอง ผู้อื่น และสังคม หลังจากที่ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน รวม 12 ชั่วโมง สามารถช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Guilford (1967) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความคิดริเริ่ม 2) ความคิดคล่องแคล่ว 3) ความคิดยืดหยุ่น และ 4) ความคิดละเอียดลออ ซึ่งพบว่า ความคิดยืดหยุ่น มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยสูงสุด โดยเป็นเป็นการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและสามารถดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นสิ่งต่างๆ ได้ โดยผู้วิจัยได้กำหนดแก่นหรือสาระสำคัญของเรื่องซึ่งเป็นเรื่องใกล้ตัวนักเรียนและเป็นประเด็นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถนำไปแต่งเรื่องราวได้อย่างหลากหลาย น่าสนใจ รวมถึงมีการเพิ่มเติมแนวคิดใหม่ ๆ ที่สอดคล้องกับแก่นเรื่องที่กำหนดให้ และยังพบว่า ความคิดละเอียดลออ มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนต้องใช้ความสามารถในการมองเห็นรายละเอียดที่ผู้อื่นอาจมองไม่เห็น

เป็นการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ อย่างมีความหมาย เป็นความคิดที่เกี่ยวข้องกับรายละเอียดที่เป็นการขยายความคิดหลักหรือความคิดครั้งแรกให้สมบูรณ์ สามารถอธิบายได้ชัดเจน เป็นแผนงานที่สมบูรณ์ เป็นคุณลักษณะที่จำเป็นในการสร้างผลงานที่มีความใหม่ ไม่ซ้ำแบบให้เกิดความสำเร็จ ซึ่งต้องอาศัยความละเอียดถี่ถ้วนและรอบคอบ อาจต้องใช้เวลาในการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง จึ่งส่งผลให้ความคิดละเอียดละออมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับ เกษมะณี ลาปะ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับผังกราฟิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 รายวิชา ส 21103 สังคมศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับผังกราฟิก และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชา 21103 สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับผังกราฟิกให้มีนักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 70 ขึ้นไป ผลการวิจัยพบว่าความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนร้อยละ 79.17 มีคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 79.17 ขึ้นไป ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และยังสอดคล้องกับ กิติยาภรณ์ ศรีวงษ์ชัย (2565) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับการ์ดเกม (Card Game) รายวิชา ส 13101 สังคมศึกษา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวังก้านเหลืองดรุณกิจ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ รายวิชา ส 13101 สังคมศึกษา และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชา ส 13101 สังคมศึกษาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับการ์ดเกม (Card Game) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวังก้านเหลืองดรุณกิจ โดยมีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และ มีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ขึ้นไป ผลการวิจัยพบว่า ผลการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชา ส13101 สังคมศึกษา ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับการ์ดเกม (Card Game) สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

จากผลการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ที่ดีขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เนื่องจากเป็นรูปแบบการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ทำให้ผู้เรียนตื่นตัวในการเรียน นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ กระตุ้นให้เกิดทักษะการคิด การนำเสนอ และการทำงานอย่างสร้างสรรค์ อีกทั้งยังกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดในระดับสูง ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ การคิดแก้ปัญหา การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนมีความสามารถในการคิด กล่าวคือ เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศ เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม สามารถแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ และประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยฉบับนี้เป็นบทความวิจัยเพื่อบูรณาการการวิจัยกับการจัดการเรียนการสอน เป็นการนำองค์ความรู้ที่ได้รับจากการศึกษานำมาถ่ายทอด ต่อยอด พัฒนาและแก้ไขปัญหาการศึกษาที่เกิดขึ้น ซึ่งการดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วงลงไปได้ด้วยความร่วมมือ ความกรุณาของกัลยาณมิตรและผู้มีพระคุณทุกท่าน โดยเฉพาะขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย คณะครูที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดการเก็บข้อมูล และขอขอบพระคุณผู้ช่วยวิจัยที่ได้เสียสละเวลาในการสังเกตการสอน และให้ข้อเสนอแนะกับผู้วิจัยเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย รวมทั้งขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย ปีการศึกษา 2567 ที่น่ารัก ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลบรรลุตามวัตถุประสงค์ และทำให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่จะศึกษาหรือมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ไปใช้ในการพัฒนาต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ขณะที่นักเรียนค้นคว้าและคิด โดยใช้โปรแกรม ChatGPT ครูต้องมีการสังเกตและบันทึกกระบวนการค้นคว้าและกระบวนการคิดซึ่งนำมาสู่ผลงานของนักเรียนอย่างถี่ถ้วน ซึ่งนักเรียนจะสร้างสรรค์ผลงานด้วยตนเอง จากนั้นใช้โปรแกรม ChatGPT ในการให้คะแนนและข้อเสนอแนะต่อผลงานแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขผลงานของตนเองให้มีคุณภาพมากขึ้น หรือใช้โปรแกรม ChatGPT สร้างโครงร่างงานเขียนเบื้องต้น จากนั้นนักเรียนต่อยอดความคิดโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในการสร้างผลงาน

2) ครูควรอธิบายความหมายของแต่ละองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์อย่างชัดเจน พร้อมยกตัวอย่างเพื่อให้นักเรียนเข้าใจง่ายขึ้นในแต่ละองค์ประกอบตามแนวคิดของ Guilford (1967) 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมากขึ้น

3) การกำหนดสถานการณ์ปัญหาควรเป็นสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียนนักเรียนพบในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจปัญหาและสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้ รวมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตั้งปัญหาและคิดหาคำตอบด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์

4) การแบ่งกลุ่มของนักเรียน ควรแบ่งกลุ่มนักเรียนตามความสนใจที่ต้องการศึกษาประเด็นนั้น ๆ จะช่วยทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาและสร้างสรรค์ผลงานอย่างมีประสิทธิภาพ

5) ในการทดสอบท้ายวงจรควรมีการวิเคราะห์คะแนนรายด้านตามองค์ประกอบของความสามารถในการคิดสร้างสรรค์เพื่อให้เห็นข้อปรับปรุงในแต่ละด้านเพื่อนำผลมาแก้ไขและพัฒนาด้านนั้นให้ดีขึ้นในวงจรถัดไป

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรนำแนวการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT ไปใช้ในสาระการเรียนรู้ภาษาไทยเรื่องอื่น โดยเลือกเนื้อหาที่เหมาะสม

2) การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPTสามารถพัฒนาความสามารถในการเขียนเชิงสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ได้ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาทักษะ

ทางภาษาไทยอื่นเพิ่มเติม เพื่อนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ไปพัฒนาทักษะทางภาษาไทยด้านอื่น ๆ เช่น การอ่านหลักและการใช้ภาษา วรรณคดีและวรรณกรรม เป็นต้น

3) การพัฒนาความสามารถในการเขียนเชิงสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับโปรแกรม ChatGPT สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ควรพัฒนาหรือบูรณาการร่วมกับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ และระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กิติยาภรณ์ ศรีวงษ์ชัย. (2565). **การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับการ์ดเกม (Card Game) รายวิชา ส13101 สังคมศึกษา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวังก้านเหลืองดรุณกิจ.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เกษมะณี ลาปะ. (2560). **การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับผังกราฟิกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 รายวิชา ส21103 สังคมศึกษา.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธนารักษ์ สารเถื่อนแก้ว. (2567). การใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ AI (Chat GPT) เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียน. **Journal of Applied Education**, 2(2), 45–58.

รัชนีกร การภักดี. (2565). **ผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดวาทศาสตร์และแนวคิดการสอนเขียนแบบร่วมมือรวมพลังที่มีต่อความสามารถในการเขียนเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิพรพรรณ ศรีสุธรรม. (2562). **การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การศึกษา). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

วิริยะ ฤาชัยพาณิชย์. (2562). **สอนสร้างสรรค์เรียนสนุกยุค 4.0+**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วิริยะ ฤาชัยพาณิชย์. (2558). การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน Creativity Based Learning (CBL). **วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้**, 1(2), 23–37.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สุทธิลักษณ์ อ่วมสถิตย์. (2549). **ผลของการสอนเขียนเชิงสร้างสรรค์ตามแนวคิดของฟูเนอร์โดยใช้สื่อสิ่งพิมพ์ที่มีต่อความสามารถในการเขียนเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3**. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

อรวรรณ อุดมสุข. (2564). **ผลการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับสื่ออินโฟกราฟฟิกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวรรณคดีไทย เรื่อง กาพย์พระไชยสุริยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**. (ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาภาษาไทย). มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อัมพร เลิศณรงค์. (2559). การพัฒนารูปแบบการเรียนภาษาไทยโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่อง การเขียนสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. **วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ ศรีนครินทรวิโรฒ**, 17(1), 100-109.

อุมาภรณ์ บุญกระจ่าง. (2562). **การพัฒนาคู่มือการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับ Bar Model เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ การแก้โจทย์ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาการศึกษา). มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

Bozic, V. (2023). **Chat GPT and education**. Retrieved 21 December 2023, from https://www.researchgate.net/profile/Velibor-Bozic-2publication/369926506_ Chat_GPT_ and_education/links/64350844ad9b6d17dc4d3a79/Chat-GPT-and-education.pdf

Guilford, J.P. (1967). **The Nature of Human Intelligence**. New York : McGraw-Hill.

Torrance, E.P. (1962). **Guiling Creative Talent**. Englewood Cliffs, NJ : Princeton Hall.

การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานร่วมกับ Toulmin Model

The development of critical thinking ability of grade 7 students using task based learning with the toulmin modelthe development of critical thinking ability of grade 7 students using task based learning with the toulmin model

ปนัสยา มิ่งชัย[1] และ สิทธิพล อาจอินทร์[2]

Panatsaya Mingchai[1] and Sitthipon Art-In[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task Based Learning: TBL) ร่วมกับ Toulmin Model โดยให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2567 โรงเรียนปากช่อง จำนวน 32 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการ วิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task Based Learning: TBL) ร่วมกับ Toulmin Model จำนวน 6 แผน เวลา 12 ชั่วโมง 2) แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจร 3) แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ (%) และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เท่ากับ 20.34 คิดเป็นร้อยละ 81.36 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 96.88 ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน, ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารญาณ, รูปแบบการสอนของทูลมิน

---

[1]นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

[2]รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

[1]Master Degree Student in Curriculum and Instruction Program, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen 40000

[2]Associate Professor, Curriculum and Instruction Program, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen 40000

*Corresponding author : mpanatsaya@kkumail.com

Abstract

The objectives of this research were; to develop critical thinking ability for grade 7 students using Task Based Learning with The Toulmin Model so that the students made a mean score of 70%. The target group consisted of 32 Grade 7 Students, during the first semester of academic year 2024, Pakchong School. The study was based on Action Research consists 3 action spirals. The research instruments consisted of 1) lesson plans using Task Based Learning with The Toulmin Model Media, 6 lesson plans, 12 instructional periods, 2) end of–spiral Critical Thinking Ability test 3) Critical Thinking Ability test. Quantitative Data were analyzed by Descriptive Statistics consisted of Mean ($\overline{X}$), Standard Deviation (S.D.) and Percentage (%). Qualitative Data analyzed by Content Analysis. The findings were found that: The students made a mean Critical Thinking Ability score 20.34 or 81.36 % of the full marks, and 31 students or 96.88% of the group passed the criterion, which higher than the prescribed criterion.

Keywords: Critical thinking ability, Task based Learning, Toulmin model

บทนำ

ภาษาเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก เป็นเครื่องมือที่สะท้อนถึงความคิดของมนุษย์ และยังนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการคิดขั้นสูง อันจะก่อให้เกิดการเรียนรู้ สอดคล้องกับ อรปรียา ญาณะชัย และสุภัตรา สาขา (2562) กล่าวว่า ภาษาเป็นสิ่งสำคัญสำหรับชีวิตมนุษย์ เป็นเครื่องมือสำคัญของการคิด ซึ่งจะนำไปสู่พัฒนาการทางเชาว์ปัญญาในขั้นสูง ก่อให้เกิดการเรียนรู้ หากไม่มีภาษา การติดต่อสื่อสารย่อมเป็นไปด้วยความยากลำบาก เพราะภาษาเป็นระบบที่มีความซับซ้อน ภาษาไทยจึงมีความสำคัญอย่างมากในสังคมไทย เป็นเครื่องมือที่ใช้ติดต่อสื่อสารกันในประเทศ แสดงให้เห็นถึงเอกลักษณ์และวัฒนธรรมประจำชาติไทย เป็นเครื่องมือที่ใช้พัฒนาความรู้ ความคิดให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงในโลกปัจจุบัน

ภาษาในการสื่อสารย่อมเกิดมากจากการคิด และหากนักเรียนมีกระบวนการคิดที่ดีย่อมจะมีการสื่อสารที่ดีเช่นเดียวกัน ดังนั้นการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจาณญาณนั้นจึงสำคัญอย่างมาก นักเรียนจะต้องได้รับการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ แต่นักเรียนในประเทศไทยค่อนข้างมีทักษะการคิดไม่ดีเท่าที่ควร อ้างอิงจากการสอบ PISA ในปี 2022 ได้มีการประเมินสมรรถนะของนักเรียนในด้านการใช้ความรู้และทักษะในชีวิตจริง หรือที่เรียกว่าการสอน PISA ในการสอบมีกระเมินความฉลาดในการอ่าน (Reading Literacy) โดยด้านความฉลาดในการอ่าน นักเรียนจะต้องมีทักษะในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเนื่องจากในบทอ่าน นักเรียนจะต้องบูรณาการและลงข้อสรุปจากข้อสนเทศหลาย ๆ ส่วนในบทอ่าน โดยผู้อ่านอ่านต้องจัดการกับข้อความที่ยาวขึ้นเพื่อสร้างความหมายโดยรวม โดยการคาดคะเนตามหลักการเหตุและผล หรือสรุปจากหลักเกณฑ์หรือข้อเท็จจริง ซึ่งอาจจะต้องเชื่อมโยงข้อมูลกับข้อความหรือบทอ่านที่หลากหลาย และสรุปว่าเชื่อมโยงกันได้อย่างไร (PISA THAILAND, 2565) โดยอ้างอิงคะแนนสอบ PISA ในปี 2022 นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านการอ่านอยู่ที่ 379 คะแนน หากพิจารณาเทียบกับ PISA ปี 2018 ชี้ให้เห็นถึงด้านการอ่านมีคะแนนลดลง 14 คะแนน สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่ดีเท่าที่ควร รวมไปถึงปัญหาที่พบในโรงเรียนปากช่องเช่นเดียวกัน พบปัญหานักเรียนยังขาดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยพบจากการทดสอบกลางภาคและปลายภาค นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 นักเรียนได้คะแนนของรายวิชาภาษาไทยไม่ผ่านเกณฑ์ตามที่โรงเรียนกำหนดคือ ร้อยละ 60 ขึ้นไป แต่นักเรียนผ่านเกณฑ์เพียง 10 คน จาก

ทั้งหมด 39 คน โดยมีคะแนนเฉลี่ย 20.50 คะแนนค่อนข้างต่ำจากเกณฑ์ที่กำหนดเป็นอย่างมาก จากสิ่งที่กล่าวมานั้น การเรียนการสอนจึงควรได้รับการแก้ไขให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task-Based Learning: TBL) (Willis and Willis, 2011) เป็นวิธีการที่ถูกคิดค้นโดย Willis (1996) เป็นหนึ่งในวิธีการเรียนรู้ทางภาษาที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-centered) โดยผู้เรียนจะได้รับมอบหมายภาระงานให้ลงมือปฏิบัติ จากนั้นนักเรียนจะต้องใช้ความสามารถทางภาษาในการปฏิบัติงานและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่ดีที่สุด โดยมี 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) ขั้นเตรียมปฏิบัติงาน (Pre-task) 2) ขั้นปฏิบัติงาน (Task) 3) ขั้นหลังการปฏิบัติงาน (Language focus) การจัดการเรียนรู้แบบ TBL จะใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษาต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ สอดคล้องกับ ณัฐกิตติ์ นาทา (2561) ได้พัฒนารูปแบบการสอน TBL ให้สอดคล้องกับรายวิชาภาษาไทยมากขึ้นโดยมีการประยุกต์ประเภทของภาระงานของ Willis แทรกเข้าในขั้นตอนในการจัดกิจกรรม

Toulmin Model (Toulmin, 2003) เป็นรูปแบบการโต้แย้งที่พัฒนาในปี ค.ศ.1958 โดย Stephen Toulmin โดยมีองค์ประกอบ คือ 1) ข้อมูล (Data) หมายถึง ข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่เกิดการโต้แย้งสำหรับใช้สนับสนุนกล่าวอ้าง 2) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หมายถึง เป็นข้อสรุปที่ได้รับความเป็นธรรมที่มีการจัดตั้งขึ้น 3) เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) หมายถึง เหตุผล กฎเกณฑ์ หลักการที่เสนอทางเลือกให้ความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลกับข้อสรุปหรือข้อกล่างอ้างมีความน่าเชื่อถือสมเหตุสมผล 4) เหตุผลที่สนับสนุนเพิ่มเติม (Backing) หมายถึง ข้อตกลงเบื้องต้นที่มักจะนิยมเห็นพ้องต้องกันว่าให้เหตุผลสำหรับการรับประกันโดยเฉพาะ 5) เงื่อนไขเสริม (Qualifier) หมายถึง สิ่งที่ระบุถึงเงื่อนไขหรือสภาพการณ์ที่ทำให้เชื่อว่าข้อกล่าวอ้างมีความจริง และ 6) เหตุผลคัดค้าน (Rebuttal) หมายถึง สิ่งที่กำหนดสภาพการณ์หรือเงื่อนไขที่กล่าวอ้างไม่เป็นจริง

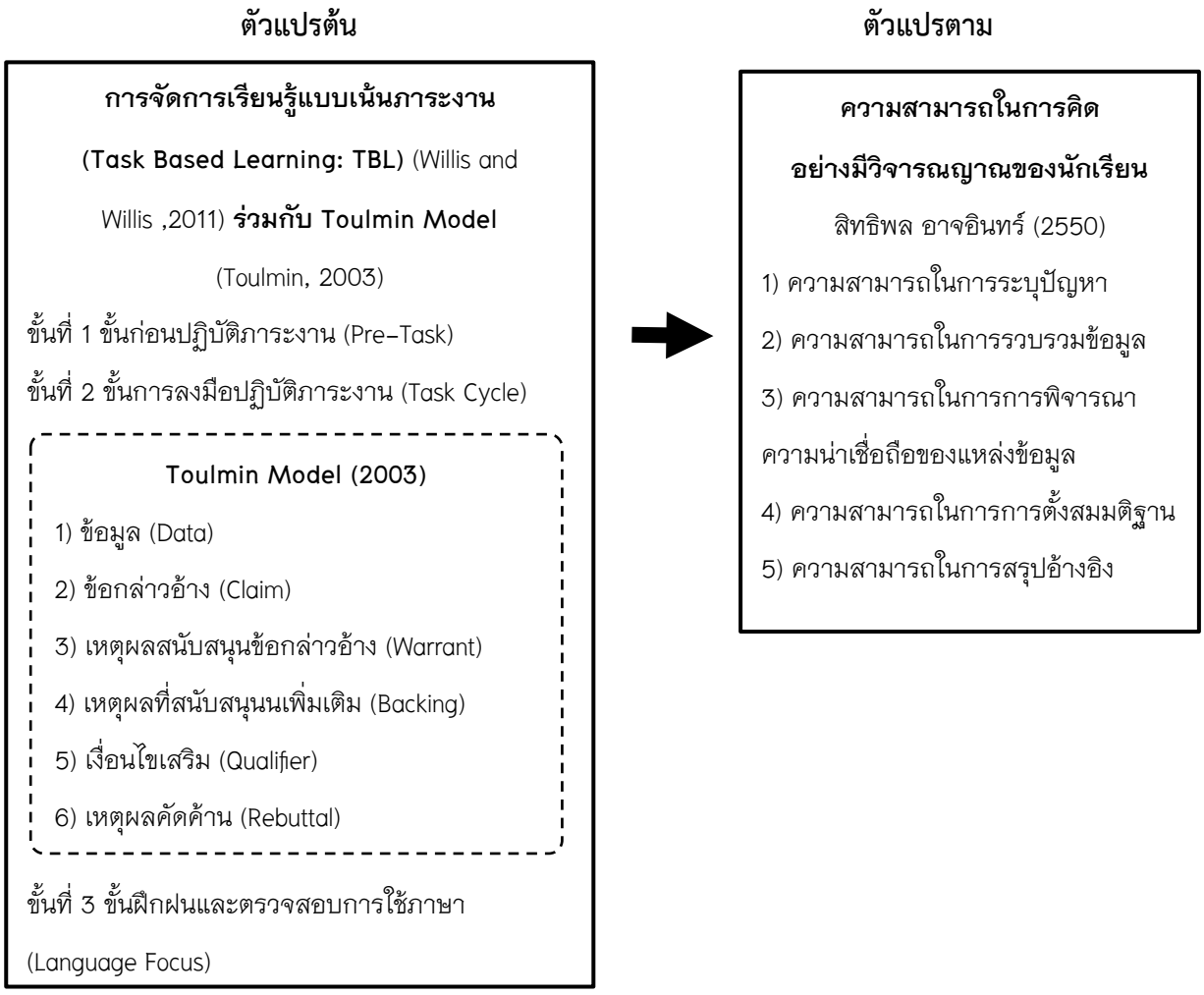
จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมองเห็นความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ โดยในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยต้องการเสริมสร้างความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อให้นักเรียนมีความพร้อมในโลกศตวรรษที่ 21 ในประเด็นทักษะของการคิดขั้นสูง จึงได้นำการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task-Based Learning: TBL) ร่วมกับ Toulmin Model มาใช้ในรายวิชาภาษาไทย เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและสร้างสรรค์ผลงานให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด นั้นนักวิจัยจึงได้นำ Toulmin Model ที่เป็นวิธีการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณนำมาประยุกต์ในขั้นตอนที่ 2 ขั้นปฏิบัติงาน (Task) โดยมีกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนปากช่อง เพื่อส่งเสริมพัฒนาการความสามารถของนักเรียนในด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task Based Learning: TBL) ร่วมกับ Toulmin Model โดยให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task Based Learning: TBL) ผู้วิจัยได้เลือกใช้ขั้นตอนของ Willis and Willis (2011) โดยมีขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นก่อนปฏิบัติภาระงาน (Pre-Task) ขั้นที่ 2 ขั้นการลงมือปฏิบัติภาระงาน (Task Cycle) ในขั้นตอนที่ 2 ได้นำรูปแบบของ Toulmin Model (Toulmin, 2003) เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เข้ามาร่วมด้วย โดยมีองค์ประกอบ คือ 1) ข้อมูล (Data) 2) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) 3) เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) 4) เหตุผลที่สนับสนุนนเพิ่มเติม (Backing) 5) เงื่อนไขเสริม (Qualifier) และ 6) เหตุผลคัดค้าน (Rebuttal) และ ขั้นที่ 3 ขั้นฝึกฝนและตรวจสอบการใช้ภาษา (Language Focus) โดยมีการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน โดยใช้หลักของสิทธิพล อาจอินทร์ (2550) ได้แก่ 1) ความสามารถในการนิยามปัญหา 2) ความสามารถในการรวบรวมข้อมูลสำหรับการแก้ปัญหา 3) ความสามารถในการจัดระบบข้อมูล 4) ความสามารถในการเลือกสมมติฐาน และ 5) ความสามารถในการสรุป สามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดได้ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) โดยนำหลักและขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and Mc Taggart (1992) เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย ซึ่งมีอยู่ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 วางแผน (plan) ขั้นที่ 2 ปฏิบัติ(act) ขั้นที่ 3 สังเกต (observe) ขั้นที่ 3 สะท้อนความคิด (reflect) จำนวน 3 วงจร

2. กลุ่มเป้าหมาย คือ กลุ่มเป้าหมายในการศึกษาครั้งนี้โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purpose Selection) ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/7 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนปากช่อง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษานครราชสีมา จำนวน 32 คน ซึ่งเป็นนักเรียนมีผลการเรียนในความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่โรงเรียนกำหนด

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task Based Learning: TBL) ร่วมกับ Toulmin Model จำนวน 6 แผน เวลา 12 ชั่วโมง โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.94 อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีเนื้อหาที่ใช้ในรายวิชา ภาษาไทย 1 (ท21101) ตามหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนปากช่องพุทธศักราช 2565 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 แสดงความคิดให้เห็น ประกอบไปด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ข่าวสารทันเหตุการณ์	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ท่องโลกโซเชียลอย่างมีวิจารณญาณ	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง โฆษณาชวนเชื่อเชื่อได้จริงหรือ	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง แสดงความเห็นให้สร้างสรรค์	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง อ่านจับใจ	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง หนังสือดีมีคุณค่า	จำนวน 2 ชั่วโมง

3.2. แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจร เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก วงจรละ 10 ข้อ จำนวน 3 วงจร รวม 30 ข้อ ผลการหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบท้ายวงจร ได้ผลคือ แบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20 – 1.00 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ มีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป พบว่า วงจรที่ 1 ค่าความยากง่าย (P) ระหว่าง 0.23 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.21 – 0.73 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.75 วงจรที่ 2 ค่าความยากง่าย (P) ระหว่าง 0.37 – 0.57 ค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.26 – 0.47 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.72 วงจรที่ 3 ค่าความยากง่าย (P) ระหว่าง 0.43 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.26 – 0.58 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.80

4. แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน รวม 20 ข้อ พบว่า ข้อสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.67 – 1.00 แบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.37 – 0.73 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.24 – 0.80 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.77

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังต่อไปนี้

4.1 ขั้นก่อนดำเนินการตามวงจรปฏิบัติ

4.1.1 ศึกษาบริบทของโรงเรียนปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

4.1.2 จัดเตรียมเครื่องมือวิจัยให้พร้อมสำหรับปฏิบัติการกับกลุ่มเป้าหมาย

4.1.3 ผู้วิจัยได้ปฐมนิเทศนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/7 จำนวน 32 คน และผู้ช่วยวิจัย โดยการอภิปรายซักถามเพื่อสร้างความเข้าใจที่ตรงกันในเรื่องของวิธีการจัดกิจกรรม ขั้นตอนและแนวปฏิบัติต่าง ๆ ของการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน

4.2 ขั้นดำเนินการตามวงจรปฏิบัติ

4.2.1 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/7 โดยมีเนื้อหาที่ใช้ในรายวิชา ภาษาไทย 1 (ท21101) ตามหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนปากช่อง พุทธศักราช 2565 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 แสดงความคิดให้เห็น จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง ประกอบไปด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ข่าวสารทันเหตุการณ์	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ท่องโลกโซเชียลอย่างมีวิจารณญาณ	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง โฆษณาชวนเชื่อเชื่อได้จริงหรือ	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง แสดงความเห็นให้สร้างสรรค์	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง อ่านจับใจ	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง หนังสือดีมีคุณค่า	จำนวน 2 ชั่วโมง

4.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล นำผลจากแบบทดสอบแต่ละวงจรมาวิเคราะห์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในวงจรต่อไป

4.3 ขั้นหลังดำเนินการวิจัยตามวงจรปฏิบัติ ประเมินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task Based Learning: TBL) ร่วมกับ Toulmin Model หลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรโดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ อย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ เพื่อเป็นการวัดผลและประเมินผลการพัฒนาที่เกิดขึ้น

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้ ภายหลังที่ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำข้อมูลทั้งหมดมารวบรวมเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยแล้วนำผลการวิจัยที่ได้มาเรียบเรียง สามารถแยกการวิเคราะห์ได้ ดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้การหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการคำนวณค่าร้อยละ (%) เพื่อเทียบเกณฑ์ที่กำหนด

ผลการศึกษา

ผลการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task Based Learning: TBL) ร่วมกับ Toulmin Model มีผลดังนี้

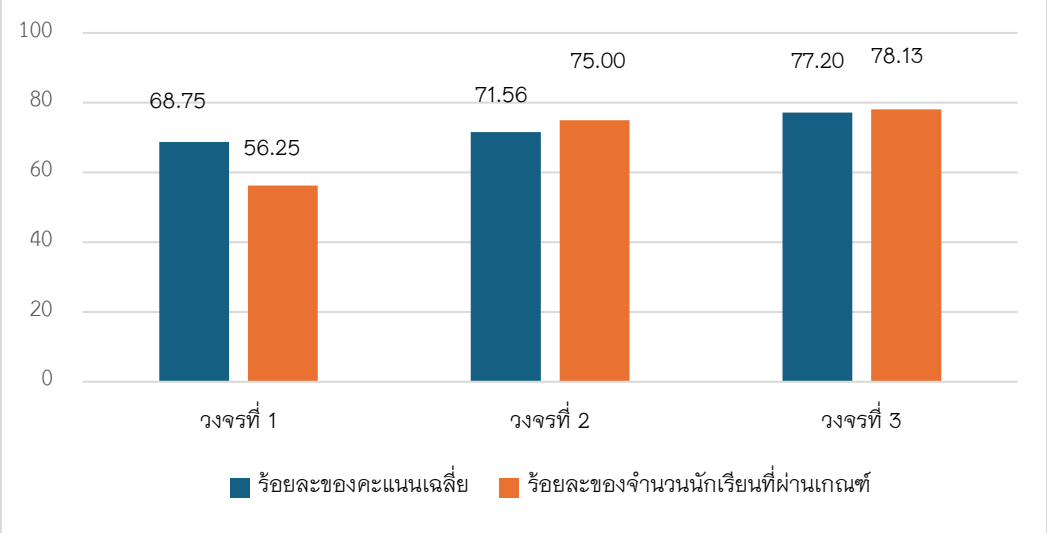
1. ผลการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนท้ายวงจรที่ 1-3

หลังจากผู้วิจัยดำเนินการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้สิ้นสุดในแต่ละวงจร ประกอบไปด้วย วงจรที่ 1 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2) วงจรที่ 2 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4) และวงจรที่ 3 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4) เมื่อสิ้นสุดแต่ละวงจรผู้วิจัยได้ทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจรที่ 1-3

วงจรที่	จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบน (S.D.)	ร้อยละ	ผลการทดสอบท้ายวงจร			
						ผ่าน		ไม่ผ่าน	
						(คน)	(%)	(คน)	(%)
1	32	10	6.88	2.18	68.75	18	56.25	14	43.75
2	32	10	7.16	1.78	71.56	24	75.00	8	25.00
3	32	10	7.72	2.04	77.20	25	78.13	7	21.88

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1, 2 และ 3 ของกลุ่มเป้าหมาย พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในวงจรที่ 1 คือ 6.88 คิดเป็นร้อยละ 68.75 มีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 56.25 โดยวงจรที่ 1 ยังไม่ผ่านเกณฑ์ วงจรที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 7.16 คิดเป็นร้อยละ 71.56 มีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ 24 คน คิดเป็นร้อยละ 75.00 และวงจรที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 7.72 คิดเป็นร้อยละ 77.20 มีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ 25 คน คิดเป็นร้อยละ 78.13 โดยวงจรที่ 2-3 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป แสดงการเปรียบเทียบจากตารางที่ 32 ผลการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจรท้ายวงจรปฏิบัติการได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ผลการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจรท้ายวงจรปฏิบัติการ

2. ผลการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานร่วมกับ Toulmin Model

หลังจากที่ผู้วิจัยดำเนินการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนสิ้นสุดลงทั้ง 6 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมงตามวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 แล้วผู้วิจัยได้ทำการทดสอบนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบน (S.D.)	ร้อยละ	ผลการทดสอบ			
					ผ่าน		ไม่ผ่าน	
					(คน)	(%)	(คน)	(%)
32	25	20.34	1.73	81.36	31	96.88	1	3.12

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบคามสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 20.34 คิดเป็นร้อยละ 81.36 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 96.88 ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

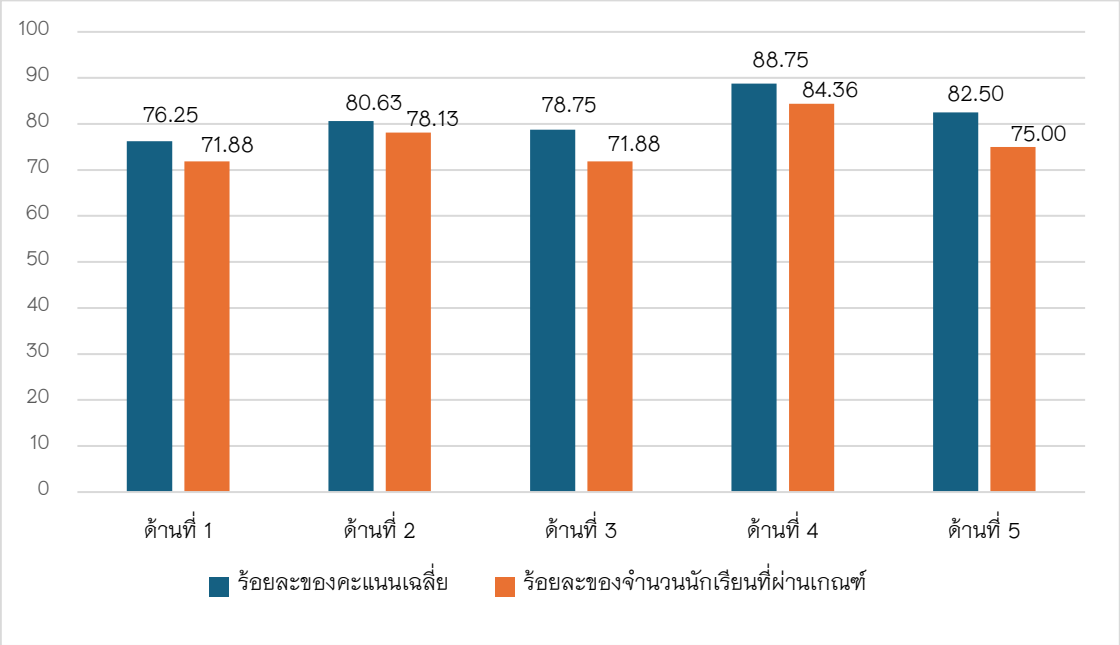
เมื่อพิจารณาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของสิทธิพล อาจอินทร์ (2550) ปรากฏดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) จากการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 5 ด้านของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

รายการประเมิน	ผลคะแนน		S.D.	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย	จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์	
	เต็ม	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)			จำนวน(คน)	ร้อยละ(%)
1. ความสามารถในการระบุปัญหา	5	3.81	0.90	76.25	23	71.88
2. ความสามารถในการรวบรวมข้อมูล	5	4.03	0.59	80.63	25	78.13
3. ความสามารถในการการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล	5	3.94	0.72	78.75	23	71.88
4. ความสามารถในการการตั้งสมมติฐาน	5	4.44	0.76	88.75	27	84.36
5. ความสามารถในการสรุปอ้างอิง	5	4.13	1.04	82.50	24	75.00

จากตารางที่ 3 ผลของการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีร้อยละคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ ความสามารถในการตั้งสมมติฐาน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 คิดเป็นร้อยละ 88.75 รองลงมาคือ ความสามารถในการสรุปอ้างอิง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 คิดเป็นร้อยละ 84.38 ความสามารถในการรวบรวมข้อมูล มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.03 คิดเป็นร้อยละ 80.63 ความสามารถในการการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.94 คิดเป็นร้อยละ 78.75 และด้านที่มีร้อยละคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด คือ ความสามารถในการระบุปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.81 คิดเป็นร้อยละ 76.25 ตามลำดับแสดง

การเปรียบเทียบจากตารางที่ 4 ผลคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) จากการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 5 ด้านของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ผลคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) จากการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 5 ด้านของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

สรุปผลและอภิปรายผล

การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานร่วมกับ Toulmin Model สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task Based Learning: TBL) ร่วมกับ Toulmin Model โดยให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป ในครั้งนี้พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.69 ($\bar{X}$ = 14.69, S.D. = 2.01) คิดเป็นร้อยละ 73.44 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 84.38 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เนื่องจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้รับการฝึกการอ่าน การคิด และปฏิบัติจากกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task Based Learning: TBL) ร่วมกับ Toulmin Model อย่างต่อเนื่องตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังพบว่า ความสามารถในกาคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 5 ด้าน ตามแนวคิดของสิทธิพล อาจอินทร์ (2550) พบว่า ด้านที่มีร้อยละคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ ความสามารถในการการตั้งสมมติฐาน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.66 คิดเป็นร้อยละ 91.41 รองลงมาคือ ความสามารถในการสรุปอ้างอิง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.38 คิดเป็นร้อยละ 84.38 ความสามารถในการระบุปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.97 คิดเป็นร้อยละ 74.22 ความสามารถในการรวบรวมข้อมูล มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.59 คิดเป็นร้อยละ 64.84 และด้านที่มีร้อยละคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด คือ ความสามารถในการการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.09 คิดเป็นร้อยละ 52.34 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task Based Learning: TBL) เป็น

รูปแบบการสอนที่เน้นทักษะกระบวนการคิดวิเคราะห์ข้อมูลอย่างรอบด้านซึ่งเป็นพื้นฐานในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ รวมไปถึงการใช้ความรู้ในการประเมินผล และตัดสินความถูกต้องตามข้อมูล สอดคล้องกับ Watson and Glase (1967) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดหาหลักฐานมาสนับสนุนข้ออ้าง ใช้ความรู้ในการอนุมาน การสรุปผล การประเมินผล และตัดสินความ ถูกต้องของข้อความอย่างเหมาะสม และยังสอดคล้องกับ Willis (1996) ที่กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานว่าผู้เรียนมีโอกาสได้แสดงศักยภาพได้อย่างเต็มที่ทั้งความรู้ การคิดวิเคราะห์ ความสามารถเฉพาะบุคคล รวมถึงช่วยเสริมสร้างความ มั่นใจทางภาษาให้กับผู้เรียน ที่มีการใช้ภาษาเพื่อการสื่อสารกับผู้เรียนด้วยกันอย่างอิสระมากกว่า สื่อสารกับผู้สอน เนื่องจากผู้เรียนคลายความกังวลว่าจะผิดหรือถูก เปิดโอกาสสร้างปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้นเรียน มีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผล ใช้ทักษะการพูดอภิปรายแสดงความคิดเห็น ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น โดยในการจัดกิจกรรม โดยในขั้นที่ 1 ผู้วิจัยจะกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนผ่านสื่อที่นักเรียนชอบ จากนั้นในขั้นที่ 2 ผู้วิจัยได้นำบทความ เรื่องสั้น และข้อความอื่น ๆ ให้นักเรียนอ่าน แล้วให้นักเรียนช่วยกันอภิปรายบทความ เรื่องสั้น หรือข้อความต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับรูปแบบ Toulmin และในขั้นสุดท้าย ผู้วิจัยให้นักเรียนได้ลงมือวิเคราะห์ข้อความผ่านบทความที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมมาให้ เมื่อทำกิจกรรมเช่นนี้ไปจนครบทั้งสิ้น 3 วงจร พบว่า นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้จริง แต่มี 2 ด้านที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ ได้แก่ ความสามารถในการรวบรวมข้อมูล และความสามารถในการการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล ในด้านความสามารถในการรวบรวมข้อมูลอาจเกิดจากนักเรียนยังไม่ทราบแหล่งข้อมูลที่ไม่มากพอจึงค้นคว้าหาข้อมูลได้ไม่ดีเท่าที่ควร ในส่วนของการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลเป็นทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีผลต่อเนื่องจากการรวบรวมข้อมูล เมื่อค้นคว้าหาข้อมูลได้ไม่ดีพอจึงส่งให้นักเรียนพิจารณาความน่าเชื่อถือได้ค่อนข้างน้อย

ผลการวิจัยสอดคล้องกับผลวิจัยของ Zhou, Q. , Huang, Q. and Tian, H. (2013) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนโดยการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน ในการสอนการทดลองเคมี ผลการวิจัยปรากฏว่า การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานในชั้นเรียนสามารถช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yasushi Gotoh (2017) ได้ศึกษา การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยการควบคุมอภิปัญญาและรูปแบบ Toulmin Model ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนสามารถแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล แสดงให้เห็นว่าการคิดเชิงวิพากษ์ในระดับสูง รูปแบบ Toulmin Model มีความน่าเชื่อถือและใช้ได้จริง จากผลการวิจัยที่กล่าวมาในข้างต้น แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงานร่วมกับ Toulmin Model เป็นรูปแบบที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน โดยทักษะเหล่านี้เป็นทักษะที่ความพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ ความสามารถในการคิดขั้นสูง คือ การคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเป็นระบบ การกำาหนดมาตรฐานการเรียนรู้ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เน้นการอ่านไว้ในสาระการเรียนรู้ที่ 1 ว่าให้ผู้เรียนใช้กระบวนการอ่านสร้างความรู้และความคิดเพื่อนำไปใช้ตัดสินใจ แก้ปัญหาในการดำเนินชีวิต และระบุตัวชี้วัดเกี่ยวกับความสำคัญของทักษะการอ่านไว้ว่านักเรียนสามารถจับใจความสำคัญ สามารถระบุข้อคิดเห็นและข้อเท็จจริง และสามารถวิเคราะห์คุณค่าที่ได้จากเรื่องอ่าน เพื่อนำความรู้ ความคิดไปใช้ตัดสินใจแก้ปัญหาในการดำเนินชีวิต (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553) ดังนั้นทักษะหรือความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นทักษะที่สำคัญเป็นอย่างมาก

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยฉบับนี้เป็นบทความวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task Based Learning: TBL) ร่วมกับ Toulmin Model ซึ่งการดำเนินการวิจัยมิอาจสำเร็จลุล่วงลงไปได้หากปราศจากความร่วมมือ ความกรุณาของกัลยาณมิตร และผู้มีพระคุณทุกท่านโดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิพล อาจอินทร์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาข้อเสนอแนะ ด้วยความเอาใจใส่ปลูกฝังให้ผู้วิจัยมีความรักในการทำงาน มีวินัย ละเอียดรอบคอบ ตลอดจนสนับสนุนให้กำลังใจและเป็นแบบอย่างที่ดีแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยซาบซึ้งในความกรุณาของท่านอาจารย์และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงรวมไปถึง คณะครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนปากช่อง ตำบลหนองสาหร่าย อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และได้ให้ข้อมูลและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเจ้าของเอกสารและงานวิจัยทุกท่านที่ผู้วิจัยได้นำมาอ้างอิงในการทำวิจัยจนกระทั่งบทความวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัย อันเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจหรือต้องการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบภาระงาน (Task Based Learning: TBL) ร่วมกับ Toulmin Model ไปใช้ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะที่พบจากการวิจัย

1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โยการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task Based Learning : TBL) ร่วมกับ Toulmin Model เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติ เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ต้องคิดวิเคราะห์อย่างรอบคอบ จึงจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการทำกิจกรรมค่อนข้างมาก ครูผู้สอนควรเพิ่มระยะให้เหมาะสมกับกิจกรรม ไม่ควรเร่งเวลามากจนเกินไป

1.2 ครูผู้สอนควรเตรียมสื่อการสอนให้หลากหลายเพื่อกระตุ้นความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมากขึ้น และช่วยให้นักเรียนฝึกคิดวิเคราะห์ แยกแยะข้อมูลอย่างรอบด้านตามรูปแบบของ Toulmin Model

1.3 ครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ควรนำเอารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task Based Learning : TBL) ร่วมกับ Toulmin Model ไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอน เนื่องมากจากวิธีการสอนดังกล่าวสามารถช่วยกระตุ้นการฝึกคิดของนักเรียนได้เป็นอย่างดี และฝึกการเข้าสังคม หรือมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันกับคนในห้องได้ดี

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1.1 ควรทำวิจัยในทักษะด้านอื่น ๆ เช่น การเขียน การพูด เป็นต้น โดยการนำการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task Based Learning: TBL) ร่วมกับ Toulmin Model เข้าไปปรับประยุกต์ใช้

1.2 ควรส่งเสริมให้ครูพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้การพัฒนาความสารถความสามารถในการอ่านอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task Based Learning : TBL) ร่วมกับ Toulmin Model ในเนื้อหาสาระการเรียนรู้อื่น ๆ และระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป

1.3 ควรคัดกรองนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ในด้านต่าง ๆ มาสอนเพิ่มเติมโดยมีการจัดการเรียนรู้แบบเน้นภาระงาน (Task Based Learning: TBL) ร่วมกับ Toulmin Model ในเรื่องอื่น ๆ ในรายวิชาภาษาไทย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

ณัฐกิตติ์ นาทา. 2561. “การจัดการเรียนรู้โดยใช้ภาระงานเป็นฐาน : แนวคิดเพื่อการพัฒนาทักษะทางภาษาไทย (Task-Based Learning: An Approach for Thai Language Skills Development)” **วารสาร มหาวิทยาลัยศิลปากร.** 38(5):182-202.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2565). **ผลการประเมิน PISA 2022 ในระดับนานาชาติ.** จากเว็บไซต์ : https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa-results/. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 มิถุนายน 2567.

สิทธิพล อาจอินทร์. (2550). **รูปแบบการพัฒนาทักษะการสอนคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับครูวิทยาศาสตร์ประถมศึกษา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อรปรียา ญาณะชัย และสุภัตรา สาขา. 2562. “รูปแบบการพัฒนาการอ่านและเขียนโดยการเรียนรู้แบบสมองเป็นฐานสำหรับเด็กปฐมวัย โรงเรียนบ้านเด่นเหล็ก (A Model to Develop of Reading and Writing through Brain Based Learning for Pre-School Students in Bann Den Lek School)” **วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร.** 12(1):640-657.

Kemmis, S., & McTaggart, R. (1992). **The Action Research Planner (3rd ed.)**. Geelong: Deakin University Press. Supawadee Jaijon (2564**). The effect of topic familiarity on critical thinking skills of Thai secondary students at different English writing ability levels**. Thammasat University.

Toulmin, S. E. (2003). **The Uses of Argument. 2nd ed.** Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Willis, D., & Willis, J. (2011). **Doing Task-Based Teaching.** Oxford: Oxford University Press.

Yasushi Gotoh (2017). **DEVELOPMENT OF CRITICAL THINKING WITH METACOGNITIVE REGULATION AND TOULMIN MODEL.** Niigata University.

Zhou, Q. , Huang, Q. and Tian, H. (2013). **Developing Students’ Critical Thinking Skills by Task-Based Learning in Chemistry Experiment Teaching.** Shaanxi Normal University.

การพัฒนานวัตกรรมแบบวัดความตั้งใจ สำหรับชั้นเรียนที่มีความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาสูง

Development of The Attention Innovation Test in educational inequality context for students

นันท์นภัส วินิจสิริ[1] และ ศานิตย์ ศรีคุณ[1]*

Nannapat Winitsiri[1] and Sanit Srikoon[1]*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมแบบวัดความตั้งใจเพื่อประเมินความตั้งใจในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 6 โดยนวัตกรรมนี้ถูกออกแบบให้สอดคล้องกับหลักการทางประสาทวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาการศึกษา ซึ่งเน้นถึงความสำคัญของการวัดความตั้งใจจดจ่อภายใต้การทำงานของสมองส่วนหน้า

การศึกษาครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 23 คน เลือกโดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Selection) โดยนวัตกรรมแบบวัดความตั้งใจดังกล่าวได้รับการพัฒนาขึ้นจากทฤษฎีของ Van der Elst et al. (2007) เนื่องจากเป็นแบบวัดที่สามารถใช้เพียงกระดาษและดินสอในการประเมิน ทำให้มั่นใจได้ว่านักเรียนทุกคนในชั้นเรียนที่มีความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาสูงจะสามารถเข้าถึงทรัพยากรในการวัดความตั้งใจอย่างเท่าเทียมกัน ซึ่งในการพัฒนานวัตกรรมแบบวัดความตั้งใจในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้โมเดลการจัดการเรียนรู้ Neuro-RI Model (NeuroReading for Inequality Education Teaching Model) ที่พัฒนาขึ้นในการยกระดับความตั้งใจ และความสามารถในการอ่านภาษาไทยของนักเรียน ก่อนทำการประเมินด้วยนวัตกรรมแบบวัดความตั้งใจ สำหรับชั้นเรียนที่มีความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาสูงท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ เนื่องจาก โมเดลการจัดการเรียนรู้ Neuro-RI Model (NeuroReading for Inequality Education Teaching Model) ที่พัฒนาขึ้นให้ความสำคัญกับการใช้สื่อสิ่งพิมพ์ สื่อภาพ และเล่มคู่มือที่มีประสิทธิภาพในการช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเนื้อหาโดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยี รวมไปถึงการสร้างสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมและการเรียนรู้ร่วมกันสำหรับผู้เรียนทุกคน จึงเหมาะสำหรับชั้นเรียนที่มีความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาสูง ซึ่งการทดสอบความตั้งใจของนักเรียนจะถูกดำเนินการทั้งหมด 9 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะมีการวัดทั้งในด้านมิติความถูกต้องและมิติเวลาที่ใช้ในการทำแบบวัดความตั้งใจ ด้วยสถิติการวิเคราะห์พื้นฐานด้วยค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า นวัตกรรมแบบวัดความตั้งใจสามารถวัดระดับความตั้งใจของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบในครั้งแรกและครั้งสุดท้าย พบว่า นักเรียนมีแนวโน้มที่จะมีความตั้งใจมากขึ้นและมีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลได้เร็วขึ้น ดังนี้

1) การวิเคราะห์เชิงสถิติแสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนระหว่างการทดสอบครั้งแรกและครั้งสุดท้าย โดยค่าเฉลี่ยคะแนนความตั้งใจและในมิติของความถูกต้องเพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ยเริ่มต้นที่ 14.086 ในการทดสอบครั้งแรกเป็น 19.652 ในการทดสอบครั้งสุดท้าย

[1] สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[1] Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

*Corresponding author : sanitsrikoon@gmail.com

2) เวลาที่นักเรียนใช้ในการทำแบบวัดความตั้งใจยังลดลงจาก 2.194 นาทีในครั้งแรกเหลือเพียง 1.353 นาทีในครั้งสุดท้าย

ผลลัพธ์ของการพัฒนาทักษะการทำงานของสมองด้านความตั้งใจของนักเรียนที่ดีขึ้นเรื่อย ๆ อย่างชัดเจน สะท้อนถึงความสามารถในการวัดระดับความตั้งใจของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : ความตั้งใจ, ความเหลื่อมล้ำทางการศึกษา, นวัตกรรม, แบบวัด

Abstract

This research aimed to develop an innovative attention scale to assess learning attention of Grade 6 students. This innovation was designed in accordance with the principles of neuroscience and educational psychology, which emphasized the importance of measuring attention under the function of the frontal brain related to attention. This is because attention is a key to awareness, monitoring, intelligence, control, and learning, which are intellectual competencies that are the main factors in controlling human behavior. This study used 23 Grade 6 students as a sample, selected using the purposive Selection method. This innovative attention scale was developed based on the theory of Van der Elst et al. (2007). Because it is a scale that can be assessed using only paper and pencil, it ensures that all students will have equal access to the resources to measure attention. In developing this innovative intention measurement model, the researcher used the Neuro-RI Model (NeuroReading for Inequality Education Teaching Model) developed to enhance students' intention and Thai reading ability before assessing them with the innovative intention measurement model for classes with high educational inequality at the end of the learning management plan. Because the developed Neuro-RI Model (NeuroReading for Inequality Education Teaching Model) emphasizes the use of effective printed media, visual media, and manuals to enhance content understanding without relying on technology, including creating an environment that promotes participation and collaborative learning for all learners, it is suitable for classes with high educational inequality. The students' intention test was conducted a total of 9 times, with each time measuring both the dimensions of accuracy and the dimensions of time spent on completing the intention measurement, using basic statistics of analysis with mean and standard deviation.

The results of the research found that the innovative attention scale was able to measure the students' attention levels significantly. When comparing the results of the first and last tests, it was found that students tended to be more attentive and had the ability to process information faster, as follows:

1) Statistical analysis showed that there was a significant difference in students' average scores between the first and last tests, with the average scores of attention and in the accuracy dimension increasing from the initial average of 14.086 in the first test to 19.652 in the last test.

2) The time students spent on completing the attention test also decreased from 2.194 minutes in the first test to only 1.353 minutes in the last test.

The results of the continuous improvement of students' brain skills in attention clearly reflected the ability to measure students' level of attention significantly.

Keywords: Attention, Educational inequality, Innovation, Test

Introduction

Attention is a fundamental skill that is very important for the learning process, especially at the basic education level. Students who are attentive in learning are able to remember new content and connect information with what they have learned before effectively. Attention is not only an important factor in academic learning, but also affects the development of students' social and emotional skills. However, Thai students currently face several challenges that affect their attention levels in the classroom, especially students spending too much time on digital media, which reduces their attention and working memory. Working memory is an important mechanism for processing new information and retrieving old information. If the ability to focus is reduced, this processing will be slower or more error-prone.

Related research has shown a link between attention and the functioning of the frontal lobe of the brain. This part of the brain plays a key role in controlling decision-making, problem-solving, and short-term memory. Attention to focus will stimulate this part of the brain to work efficiently. However, students who spend a lot of time on digital media or engage in activities that provoke distraction may cause this part of the brain to function less. This is consistent with the research of Jha & Arora (2020) who indicated that continuous use of digital media may result in a decrease in students' ability to focus and process information. In addition, students with working memory problems often have trouble connecting new and old information, which hinders long-term learning.

Educational neuroscience has shown that attention span is not only related to working memory, but also to learning skills in various subjects, especially those that require data analysis, such as mathematics and science. Lack of attention span is a major problem that urgently needs to be addressed. Research by Rubia (2018) indicates that working memory training is one way to effectively increase attention span. This training stimulates the frontal lobe of the brain, which improves information processing and memory. In addition, the training also improves self-control and the ability to deal with distractions that may distract students.

Nowadays, the challenge of managing students' attention is something that teachers and parents continuously face, especially in a society where technology and digital media play an important role in students' daily lives. Students spending too much time playing games or watching online media results in a decrease in the functioning of the frontal lobe of the brain, affecting the ability to focus on learning in the classroom. The research of Zhao & Zhang (2024) stated that training working memory skills that are consistent with neuroscience processes can help develop attention skills, which is an important factor in helping students process and remember information better.

Therefore, it is necessary to develop an innovation that can accurately measure students' attention levels. The attention measurement innovation developed in this study was designed to meet the need to assess students' attention in various learning situations. The design of this innovation was developed from neuroscience and education theories, focusing on assessing students' attention ability in detail, so that teachers can use the information obtained from the attention measurement to adjust their lesson plans to suit the needs of each student. In addition, this innovation can be used for long-term research and development of students' attention skills, which will help reduce the problem of lack of attention in the classroom.

In addition, using this innovation provides teachers with a tool that can accurately assess students' attention spans. This type of assessment allows teachers to tailor teaching methods to different students' ability levels. Students with higher attention spans learn faster and are able to effectively connect new information with old information, while students with attentional issues can receive additional support in working memory skills to make classroom learning more effective.

The development of an innovative attention measurement is therefore very important in today's educational society, which requires tools that can effectively measure and evaluate students' learning outcomes. This innovation not only helps teachers assess students' ability to concentrate, but can also be used as a tool to improve the learning process to meet the needs of each student. Therefore, measuring attention is an important mechanism to help develop learning in schools to be more effective. A good measurement should be one that all students in all areas can access resources to measure attention equally. Therefore, the researcher is interested in developing an innovative attention measurement for classes with high educational inequality in order to ensure that all students, whether they are students in regular classes or classes with high educational inequality, will have equal access to resources to measure attention.

Objective

To Development of The Attention Innovation Test For classes with high educational inequality.

Methods of the Study

The methods of this study involve

1) Target Population in Research

The research target group is 23 Grade 6 students in the academic year 2024, selected using purposive sampling. The selection criteria are:

1. They are willing, willing and consent to participate in the research.
2. They can read and understand Thai.
3. They are students currently studying in Grade 6 in the regular curriculum.

2) Research Instruments

The research instrument was The Attention Innovation Test For classes with high educational inequality.

3) Data Collection in the Research

1. Study documents and research related to the innovation of the attention measurement for the classroom with high educational inequality.

2. The researcher synthesizes the theoretical framework of the innovation of the attention measurement for the classroom with high educational inequality.

3.The researcher synthesizes the innovation of the attention measurement for the classroom with high educational inequality.

4 . The researcher brings the theoretical framework and the innovation of the attention measurement for the classroom with high educational inequality to consider and examine with 3 experts. It was found that the experts agreed that the theoretical framework is consistent with the developed innovation and can be measured.

5 . The researcher contacts the target group and educational institutions to understand the objectives and steps of data collection.

6 . The researcher collects data by having students complete the attention measurement for the classroom with high educational inequality 9 times to collect data.

7. The researcher analyzes and summarizes the experimental results.

4) The Technique of Data Analysis

1. Check the judgmental validity (Face Validity) through the IOC (Item Objective Congruence) index. There are criteria for considering the IOC value according to Rovinelli & Hambleton (1976). If the IOC value is greater than or equal to 0.5, it is considered consistent with the content and can be used to measure the attention of the target group.

2. Analysis basic statistics with the mean and standard deviation.

Results

1) The innovation of the attention measurement for the classroom with high educational inequality that can measure both the dimensions of accuracy and time has been approved by 3 experts at 0.667–1.00, which passes the 0.5 criterion, meaning that all items in this instrument have reliable quality and can be used. The innovation of the attention measurement for the classroom with high educational inequality that has been approved by experts are as follows:

1. The prototype of the innovation of the attention measurement for the classroom with high educational inequality will be a single sheet of paper showing a set of four letters. The test participants have 5 seconds to look at the set of letters. When the 5 seconds are up, the teacher will put the paper showing the set of four letters down and give the test participants a test sheet with 120 letters instead. When the test sheet is received, the test participants must cross out all the letters that appear on the first sheet. This test to measure attention will be used only 1 copy at a time for a total of 9 measurements (1 time before organizing the learning and 1 time per lesson plan from 8 lesson plans, totaling 9 times). Each time, new letters will be randomly generated, differently. It takes approximately 3 minutes to measure each time.

2. An example of an innovative measurement of attention for a classroom with high educational inequality.

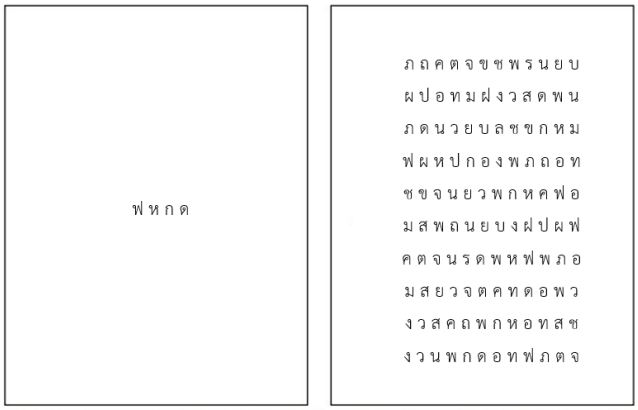


Figure 1 Example of an innovative measurement model for classrooms with high educational inequality.

2) Results from the experimental use of the prototype of the innovation of the attention measurement for the classroom with high educational inequality

2.1 Comparison of the attention scores in the correctness dimension

Table 1 Basic statistics of the attention measurement in the correctness dimension (total score 20 points)

attention	1st time		2nd time		3rd time		4th time		5th time		6th time		7th time		8th time		9th time	
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.
1.Score obtained from measurement attention	14.086	6.126	17.521	3.616	19.130	3.361	16.347	3.472	18.521	2.332	18.652	1.30065	19.652	2.268	19.521	0.790	19.652	0.647

($\bar{x}$ = Mean, S.D. = Standard deviation)

Table 1 shows the basic statistical values of the scores obtained from the experimental use of the prototype of the innovation of the attention measurement for the classroom with high educational inequality. The data was collected in the form of 9 repeated assessments, each of which had an average ($\bar{x}$) and a standard deviation (S.D.) indicating the level of difference and distribution of scores, as follows:

1. Average ($\bar{x}$) From the analysis of the average of the attention level in each measurement, it was found that there were interesting changes according to different periods. Starting from the first measurement, the initial average was 14.086 and there was a significant increase in the second measurement at an average of 17.521, indicating an increasing trend in the learner's attention level in the early stages of the test.

However, in the third measurement, the average increased again to 19.130, but decreased slightly in the fourth measurement, when the average decreased to 16.347. This decrease may indicate fluctuations or instability in the learner's attention level.

From the fifth measurement onwards, the average began to increase gradually. And it is more stable during the 6th to 9th measurements, with the average value in this period between 18.521 and 19.652, which indicates that the development of the learner's attention level tends to be more stable and consistent during the final measurement.

The results of this analysis indicate that the change in the attention level in different periods may be the result of the learning process or other factors that affect the learner's attitude and commitment. This information is important in explaining the results and discussing the development of learner's skills over a longer period of time.

2. Standard Deviation (S.D.) From the analysis of each measurement, it was found that the standard deviation has changed, reflecting the difference in the consistency of the learner's response in the first measurement. The standard deviation is 6.126, which is considered the highest among all measurements, indicating the widest distribution of scores, which means the variability in the learner's attention level at the beginning. When entering the second measurement, the S.D. value decreased to 3.616 and decreased again in the third measurement to only 3.361, indicating that the learner tends to show a more stable and similar attention level.

From the 6th measurement onwards, the standard deviation decreased significantly. It ranged from 1.301 to 0.647, indicating an increasing consistency in the learners' attention level, especially in the 9th round, which had the lowest S.D. value, indicating a high level of consistency and integration of attention scores.

The results of this analysis indicated that the dispersion of the attention level continuously decreased, indicating an increasing stability and consistency in the learners' attention.

In conclusion, the results of the analysis showed a clear increase in the development of learners' attention at the beginning and a stable trend at the end. In addition, the continuously decreasing standard deviation indicated a decreasing score distribution, reflecting the consistency of the learners' attention level at the later stage. These changes may indicate the success of the teaching strategies used to develop attention in the learners' group, which can be used to improve the teaching approach to be consistent with the stable and more effective attention level.

2.1 Comparison of statistical results in measuring time-dimensional attention

Table 2 Basic statistics for measuring time dimension attention.

attention	1st time		2nd time		3rd time		4th time		5th time		6th time		7th time		8th time		9th time	
	$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S..	$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S..
1. Time spent completing the attention measurement questionnaire	2.194	0.627	2.178	0.630	1.707	0.596	2.103	0.583	1.564	0.704	1.842	0.428	1.656	0.3611	1.463	0.312	1.353	0.306

($\bar{x}$ = Mean, S.D. = Standard deviation)

Table 2 shows the basic statistical values of the scores obtained from the experimental use of the prototype of the innovation of the attention measurement for the classroom with high educational inequality. The data was collected in the form of 9 repeated assessments, each of which had an average value ($\bar{x}$) and a standard deviation (S.D.) that showed the level of difference and distribution of scores, as follows:

1. Average value ($\bar{x}$) From the analysis of the average value of the time taken to complete the measurement each time, it was found that the time used changed significantly at different times of the measurement, reflecting the efficiency and speed of the learners in completing the measurement each time.

In the first measurement, the average value of the time taken to complete the measurement was 2.194 minutes, and decreased slightly in the second measurement, with the average value decreasing to 2.178 minutes. This change may indicate that the learners are becoming familiar with the measurement process, resulting in a slight decrease in the time taken to complete it at the beginning.

From the third to the fifth measurement, the average value continuously decreased, with the lowest average value in the fifth measurement at 1.564 minutes, indicating that the learners began to increase their speed in completing the measurement, reflecting their ability to complete the measurement more fluently when repeated several times.

From the 6th measurement onwards, the average time spent on the measurement began to increase slightly but remained constant towards the end, between 1.842 and 1.353 minutes, indicating consistency in the time spent on the measurement in the latter period. Learners were able to complete the measurement faster and more consistently towards the end.

The results of this analysis indicate that learners have improved in the speed of the measurement, with the time spent on the measurement decreasing and becoming more consistent towards the end, reflecting

increased efficiency and better adaptation to the measurement process. This information can be used to support the conclusions of research on the development of learners' learning skills and measurement over a longer period of time.

2. Standard Deviation (S.D.) From the analysis of the standard deviation (S.D.) of the time spent on each measurement, it was found that the S.D. value changed, indicating the variability in the time spent, reflecting the consistency and stability of the learner group at different times.

In the first period, which were the 1st and 2nd measurements, the S.D. value was approximately 0.630 and 0.596, respectively, indicating a relatively high variability, which may be due to the learners being unfamiliar with the measurement process, resulting in a clear distribution of the time spent on the measurement at this time.

When entering the 4th to 6th measurement, the S.D. values decreased significantly, to 0.583 and 0.428, respectively, indicating that the learners were more consistent in using their time each time, reflecting their adaptation and more fluency in the measurement.

For the 7th to 9th measurements, the S.D. values continued to decrease, with the 9th measurement having the lowest S.D. value of 0.306, indicating the lowest stability and variance in the group of learners in the final measurement, indicating that the learners tended to use more consistent time, in the same direction in the group.

The results of this analysis indicated that the learners continuously adapted and showed increasing consistency over time, especially in the final measurement. This data reflects the development of the learners' fluency and efficiency in the measurement, and can be used to discuss the results of the learners' adaptation and development during the testing process.

In conclusion, the results of the analysis show a tendency of decreasing time spent on the attention scale over time. The variance of time spent decreased towards the end, indicating adaptation and stability in the measurement in the sample. The decrease in the standard deviation towards the end indicates that the participants are more efficient and more consistent in taking the measurement. This data can be used to evaluate the effectiveness of the attention scale. and to improve the measurement method to be consistent with the characteristics of the participants for more accurate analysis.

Conclusion

The mean score of the accuracy dimension showed an increasing mean difference from the first to the ninth measurement, while the time dimension showed a decreasing mean difference from the first to the ninth measurement. In addition, the continuously decreasing standard deviation indicated a decreasing score distribution, reflecting the consistency of the learners' attention level in the later period. These changes may indicate the success of the teaching strategies used to develop attention in the learners, which can be used to adjust the teaching methods to be consistent with the stable and more effective attention level.

Discussion

The results of the experimental use of the innovative prototype of the attention measurement for classrooms with high educational inequality demonstrate the instrument's ability to measure the level of attention and develop students' attention. The increase in the accuracy score and the decrease in the time taken to complete the test indicate the development of students' information processing skills. The development results in this dimension are important for promoting learning skills, especially at the elementary level. The experiment also showed that students' ability to concentrate increased with each test, with the average score in the accuracy dimension increasing continuously, as well as the decrease in the time taken to complete the test, indicating increased efficiency in information processing and dealing with distractions. It can be explained that the repeated testing allows the frontal lobe to handle information faster and more accurately through repeated testing, similar to training.

This research result is consistent with the theory of educational neuroscience that states that the frontal lobe of the brain, which is an important part of controlling attention, will develop with continuous training. In addition, the research of Rubia (2018) and Jha & Arora (2020) showed that improving brain functioning results in a greater ability to control attention. This research is therefore consistent with the research of Linck et al. (2020) that consistent training through testing attention will help develop the brain's capacity to control attention, resulting in students being able to process and limit environmental distractions better.

In addition, this innovative prototype of an attention scale for classrooms with high educational inequality has been developed to demonstrate that students' attentional abilities tend to improve with repeated practice. Through the use of the developed attention scale, it was found that a significant reduction in the time taken to complete the test reflects students' ability to manage incoming information more efficiently. This is consistent with the research of Arrington et al. (2022) who showed that effective attention control allows students to better absorb new information and apply that knowledge to learn various subjects, especially subjects that require deep analytical thinking.

Recommendation

1. Although the research results indicate the success of developing an innovative prototype of an attention measurement for classrooms with high educational inequality, this study still has important limitations, such as the limited sample size, which was only 6th grade students. Experimenting with this innovation with a diverse group of students in different grades and regions will help expand the research results to be more comprehensive and useful.

2. Teachers can use the innovative attention measurement for classrooms with high educational inequality to measure students' attention levels and develop their attention, by adjusting the number of letters to suit the abilities of students in each grade. Long-term assessment of students' attention will allow teachers to provide appropriate support and create a learning environment that promotes students' attention, which will be beneficial for developing critical thinking skills and more complex learning.

References

Arrington, E. F., Alderson, R. M., Tarle, S. J., Roberts, D. K., Sarver, D. E., Sullivan, M. A., & Gette, J. A. (2022). **Visuospatial Working Memory in Attention–Deficit/Hyperactivity Disorder: Characterizing Path Length and Path Crossings as Mechanisms of Impairment.** Neuropsychology, 36(5), 405–418. Scopus. https://doi.org/10.1037/neu0000812

Jha, A. K., & Arora, A. (2020). **The neuropsychological impact of E-learning on children.** Asian Journal of Psychiatry, 54. https://doi.org/10.1016/j.ajp.2020.102306

Linck, J. A., Schwieter, J. W., & Sunderman, G. (2020). **The Differential Role of Executive Functions in the Cognitive Control of Language Switching.** Languages, 5(2), Article 2. https://doi.org/10.3390/languages5020019

Rubia, K. (2018). **Cognitive neuroscience of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) and its clinical translation.** Frontiers in Human Neuroscience, 12. https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00100

Van der Elst, W., Boxtel, M., Breukelen, G., & Jolles, J. (2007). **Assessment of information processing in working memory in applied settings: The paper & pencil memory scanning test.** Psychological Medicine, 37, 1335–1344. https://doi.org/10.1017/S0033291707000360

Zhao, D., & Zhang, J. (2024). **The effects of working memory training on attention deficit, adaptive and non-adaptive cognitive emotion regulation of Chinese children with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD).** BMC Psychology, 12(1). https://doi.org/10.1186/s40359-024-01539-6

การส่งเสริมนโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม

Promoting policies and strategies for creating a city of happiness in Nakhon Phanom Province

ศักดิ์สกล สกฺกมหิทฺธิมลาวิโก (ผลสนอง)[1*]

Saksakon Sakkamahiddhimalaviko (Ponsanong)[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยเป็นเชิงคุณภาพ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาองค์ประกอบที่มีผลต่อการสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม และ 2) เพื่อส่งเสริมการพัฒนานโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม โดยสัมภาษณ์ข้อมูล 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) ภาครัฐ 2) ภาคเอกชนหรือรัฐวิสาหกิจ 3) ภาคประชาสังคม ผลการวิจัยพบว่า

องค์ประกอบที่มีผลต่อการสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนมตามลำดับ คือ ความสัมพันธ์ของสมาชิกในครอบครัว ศาสนาและความเชื่อ กายภาพ จิตตภาพ ความมั่นคงในการดำรงชีวิต การตระหนักรู้คุณค่าความเป็นมนุษย์ ความสัมพันธ์ของคนในชุมชน การมีส่วนร่วมทางการเมืองและประเพณี ธรรมชาติและนิเวศวิทยา และศิลปวัฒนธรรมที่เป็นอัตลักษณ์ ส่วนองค์ประกอบอื่น ได้แก่ ความหลากหลายทางวัฒนธรรม สิ่งแวดล้อม สินค้าชุมชน เศรษฐกิจและการขนส่ง คุณธรรมความรู้ ท่องเที่ยวเชิงภูมิปัญญา งบพัฒนา ความเข้มแข็งองค์กร วัฒนธรรมและการศึกษา

การส่งเสริมการพัฒนานโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม อาศัยความร่วมมือจากภาครัฐ เอกชนและภาคประชาสังคม โดยสร้างเครือข่ายและลงพื้นที่สำรวจข้อมูลแล้วบูรณาการความรู้จากสภาพสังคม สร้างความเข้าใจร่วมภายใต้วัฒนธรรมที่หลากหลายเพื่อนำนโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ เครือข่ายการทำงานต้องเข้าใจประวัติศาสตร์ชุมชน ปูมหลังความคิดและบริบทพื้นที่ ตลอดจนบูรณาการแต่ละองค์ประกอบเพื่อความสำเร็จภาพรวมของนโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพชีวิตประชาชนในพื้นที่

คำสำคัญ: การส่งเสริม, นโยบายและยุทธศาสตร์, เมืองแห่งความสุข, นครพนม

[1] มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาลัยสงฆ์นครพนม จังหวัดนครพนม 48110

[1] Mahachulalongkornrajavidyalaya University, Nakonphanom Buddhist campus, Nakonphanom, 48110

*Corresponding author : vangkan413@gmail.com

Abstract

The objectives this qualitative research were as follows: 1) to study the elements affecting the creation of a city of happiness in Nakhon Phanom Province and 2) to promote the development of policies and strategies for creating a city of happiness in Nakhon Phanom Province. The data was collected by interviewing 3 group namely 1) the government sector, 2) the private sector or state enterprises, and 3) the civil society sector.

The research results were as follows:

Components that affect the creation of the city of happiness in Nakhon Phanom Province were relationships among family members, religion and beliefs, physical, mental, and stability in life recognizing the value of humanity, relationships of people in the community, participation in politics and traditions nature and ecology, and unique arts and culture respectively. Other elements included cultural diversity, environment, community products, economy and transportation. moral knowledge Intellectual tourism, development budget, organizational strength culture and education.

Promoting the development of policies and strategies for creating a city of happiness in Nakhon Phanom Province relied on cooperation from the government sector, private sector and civil society by creating a network and going to the area to survey information and integrate knowledge from social conditions. This created common understanding under diverse cultures to effectively implement policies and strategies for creating a city of happiness. Working networks must understand community background of ideas and area context as well as integrating each element for the overall success of policies and strategies for creating a city of happiness in Nakhon Phanom Province affecting the quality of life of people in the area.

Keywords: Promoting, Policy and Strategy, City of Happiness, Nakhon Phanom

บทนำ

เมืองแห่งความสุขหรือเมืองน่าอยู่ คือ เมืองที่มีความพร้อมด้านกายภาพ จิตภาพ เศรษฐกิจ สังคมและวัฒนธรรม รวมไปถึงด้านสิ่งแวดล้อมและการมีจริยธรรม โดยมีกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้เกิดความสุขในแต่ละด้านเพื่อกำหนดตัวชี้วัดของการเป็นสังคมที่มีความเข้มแข็ง แนวคิดเรื่องเมืองแห่งความสุขนี้มีความเฉพาะเจาะจงเชิงพื้นที่และความต้องการของคนในสังคมมากกว่าดัชนีชี้วัดความอยู่เย็นเป็นสุขทั่วไป ซึ่งความสุขหรือสุขภาวะแนวพุทธกล่าวถึงความสมดุลของชีวิตแบบองค์รวมจากการพัฒนาคุณภาพชีวิตตามหลักภาวนา ๔ เพื่อดำเนินไปสู่จุดหมายสูงสุดของชีวิตคือความพ้นทุกข์ ได้แก่

(1) กายภาวนา (Physical Development) การพัฒนากายให้รู้จักติดต่อเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมทางกายภาพทั้งหลายในทางเป็นคุณประโยชน์เกื้อกูล ไม่เกิดโทษ รู้จักบริโภคปัจจัยสี่ให้มีคุณค่าสูงสุด ไม่บริโภคตามค่านิยมซึ่งอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพ กายภาวนามี 4 หมวดย่อย ได้แก่ 1) สิ่งแวดล้อมคือการเห็นคุณค่า ดูแลรักษา มีความซาบซึ้ง มีความสุขในการได้อยู่กับธรรมชาติ 2) ปัจจัยสี่รวมทั้งอุปกรณ์และเทคโนโลยีคือการเสพบริโภค ใช้สอยเพื่อการพัฒนาสร้างสรรค์ให้เกิดความพอดี 3) การใช้อินทรีย์คือการใช้ประสาทตาและหูเป็นสำคัญ โดยใช้อย่างมีสติรู้ตัว และ 4) สุขภาพร่างกายคือการดูแลเอาใจใส่สุขภาพร่างกาย การมีสุขภาพทั่วไปสมบูรณ์แข็งแรง

(2) ศีลภาวนา (Social Development) การพัฒนาด้านพฤติกรรมโดยการพัฒนากายและวาจาให้มีพฤติกรรมทางสังคมที่เหมาะสม ซึ่งมี 3 หมวดย่อย ได้แก่ 1) ปฏิสัมพันธ์คือการไม่เบียดเบียน ไม่สร้างความเดือดร้อนต่อผู้อื่น รู้จักสงเคราะห์ เกื้อหนุน ทำให้เกิดไมตรีและความสามัคคี 2) อาชีพคือมีความสุจริตในการประกอบสัมมาอาชีวะ และ 3) วินัยคือการมีความเคารพ รักษากฎเกณฑ์ กติกา จรรยาบรรณ กฎหมาย รู้จักใช้วินัยในการดำรงชีวิต

(3) จิตภาวนา (Emotional Development) การพัฒนาด้านจิตใจให้บุคคลมีจิตที่สมบูรณ์ มีชีวิตที่มีคุณภาพและมีสุขภาพจิตที่ดี ประกอบด้วย 3 หมวดย่อย ได้แก่ 1) คุณภาพคือการมีความศรัทธา มีความเชื่อที่ประกอบด้วยปัญญา 2) สมรรถภาพคือการมีความเพียรพยายาม บากบั่น อดทน มีสติควบคุมให้อยู่ในทางที่ไม่หันเหไปทางเสื่อม และ 3) สุขภาพจิตคือการมีความร่าเริง เบิกบาน สดชื่น แจ่มใส อิ่มใจ ผ่อนคลาย ตั้งมั่น โปร่งโล่ง ไม่มีภาวะกดดันหรือบีบคั้น

(4) ปัญญาภาวนา (Wisdom Development) การพัฒนาบุคคลให้รู้จักคิด พิจารณา วินิจฉัย ไตร่ตรอง ใช้วิจารณญาณในการแก้ไขปัญหาและดำเนินการด้วยปัญญา แบ่งเป็น 2 หมวดย่อย ได้แก่ 1) การปฏิบัติต่อความรู้คือรู้วิชาชีพหรือการงานที่เป็นหน้าที่ของตน คิดและแก้ปัญหาเป็น ดับทุกข์เป็น และ 2) การมีระดับความรู้คือการมีความรู้ที่เกี่ยวข้องซึ่งต้องใช้ในการดำเนินชีวิตและกิจการงานทั้งหลาย การหยั่งรู้ การรู้เข้าไปในความจริงของสิ่งทั้งหลายที่เกิดขึ้นตามเหตุปัจจัยและการรู้แจ้งซึ่งส่งผลให้จิตใจหลุดพ้นเป็นอิสระ (พระครูอุดมประชานุกูล (รณยุทธ อุตฺตโม), 2563, น. 41–43) สุขภาวะหรือภาวะของการมีความสุขตามแนวพุทธ จึงครอบคลุมทั้งโลกิยะคือความกินดีอยู่ดีและโลกุตระคือการหลุดพ้นจากทุกข์อย่างแท้จริง โดยที่แต่ละสังคมมีปัจจัยซึ่งเกี่ยวโยงกับความสุขแตกต่างกันออกไป

แนวคิดความอยู่เย็นเป็นสุขในประเทศไทยมีหลายระดับตั้งแต่ระดับปัจเจกและครัวเรือนจนถึงระดับประเทศ โดยแนวคิดเรื่องความสุขและความอยู่ดีมีสุขนั้น ความสุขมักหมายถึงสภาวะที่ปลอดจากความทุกข์และความลำบากนานาประการ ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) มีบทบาทรับผิดชอบในการพัฒนาดัชนีชี้วัดความอยู่เย็นเป็นสุข ได้ดำเนินการพัฒนาดัชนีชี้วัดความอยู่เย็นเป็นสุขรวมกันในสังคมไทยโดยมีวัตถุประสงค์ คือ 1) พัฒนากรอบแนวคิดและจัดทำดัชนีชี้วัดความอยู่เย็นเป็นสุขในสังคมไทย บนพื้นฐานการมีส่วนร่วมของภาคการพัฒนาที่เกี่ยวข้องให้เป็นที่ยอมรับ เห็นความสำคัญและเกิดการนำไปใช้ประโยชน์ร่วมกัน 2) ใช้เป็นเครื่องมือในการบ่งชี้สถานะของประเทศ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและใช้ติดตามประเมินผลการพัฒนา รวมทั้งสามารถนำไปใช้ปรับทิศทางการพัฒนาประเทศและกำหนดนโยบายให้เกิดความอยู่เย็นเป็นสุข 3) ใช้เป็นเครื่องมือในการขับเคลื่อนแนวคิด และสร้างกระแสหลักในสังคมให้เกิดการปรับเปลี่ยนวิธีคิดและค่านิยมของคนไทยเพื่อให้เกิดคุณค่าใหม่ในการดำเนินชีวิตอย่างมีความสุข และ 4) วางแนวทางการพัฒนาฐานข้อมูลและตัวชี้วัดที่จำเป็นต่อการจัดทำดัชนีชี้วัดความอยู่เย็นเป็นสุข ให้สามารถใช้ในการวิเคราะห์ วางแผน ติดตามประเมินผล และรายงานผลได้อย่างต่อเนื่องทันสถานการณ์ (มูลนิธิธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม, 2560, น. 1)

นอกจากนี้สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ยังกล่าวถึงดัชนีความอยู่เย็นเป็นสุขร่วมกันในสังคมไทย 6 ด้าน ได้แก่ 1) การมีสุขภาวะคือภาวะที่บุคคลปราศจากโรคภัยไข้เจ็บ มีร่างกายแข็งแรง มีอายุยืนยาว มีจิตใจที่ดียึดมั่นในคุณธรรมจริยธรรม ดำเนินชีวิตอย่างมีสติสัมปชัญญะ และใฝ่รู้ สามารถ “คิดเป็น ทำเป็น” มีเหตุมีผล อยู่ในสังคมได้อย่างเป็นสุข แยกเป็น 2 องค์ประกอบย่อยคือสุขภาพกายและจิตดีกับมีคุณธรรม สติปัญญาและใฝ่รู้ 2) ครอบครัวอบอุ่นคือกลุ่มบุคคลที่มีความผูกพันกันทางอารมณ์และจิตใจ ในการดำเนินชีวิตร่วมกันอย่างมีจุดหมายในบรรยากาศที่สงบสุข ด้วยการทำบทบาทหน้าที่ครอบครัวได้อย่างเหมาะสมและมีสัมพันธภาพที่ดีต่อกัน แยกเป็น 3 องค์ประกอบย่อยคือบทบาทหน้าที่ของครอบครัว สัมพันธภาพในครอบครัวและการพึ่งพิงตนเอง 3) ชุมชนเข้มแข็งคือชุมชนที่มีการรวมตัวกันเป็นปึกแผ่น มีศักยภาพในการพึ่งตนเองและการเรียนรู้ในระดับสูง มีองค์กรในชุมชน กลุ่มผู้นำการเปลี่ยนแปลงและภาคีเครือข่ายการพัฒนาที่เข้มแข็งของชุมชน รวมทั้งมีความ

สามัคคี เอื้ออาทร อยู่ร่วมกันอย่างสงบสุขและธำรงไว้ซึ่งคุณค่าของประเพณี วัฒนธรรมและภูมิปัญญาที่เป็นเอกลักษณ์ของชุมชนหรือท้องถิ่นหรือเอกลักษณ์ความเป็นไทยได้อย่างต่อเนื่อง แยกเป็น 2 องค์ประกอบย่อยคือชุมชนพึ่งตนเองได้และชุมชนเกื้อกูลกัน 4) เศรษฐกิจเข้มแข็งและเป็นธรรมคือเศรษฐกิจที่เชื่อมโยงระหว่างปัจเจกบุคคลที่มีสัมมาชีพที่มั่นคง ก่อให้เกิดรายได้ที่เพียงพอต่อการดำรงชีวิต มีความมั่นคงและปลอดภัยในการทำงาน อยู่ภายใต้เศรษฐกิจที่มีการเจริญเติบโตอย่างมีคุณภาพ เสถียรภาพมีการกระจายรายได้และกระจายผลประโยชน์การพัฒนาของแต่ละกลุ่มในสังคมอย่างเป็นธรรมและเท่าเทียม นำไปสู่การลดความเหลื่อมล้ำของรายได้และหลุดพ้นจากปัญหาความยากจน ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบย่อยคือการมีสัมมาชีพ เศรษฐกิจเข้มแข็งและความเป็นธรรมทางเศรษฐกิจ 5) สภาพแวดล้อมและระบบนิเวศสมดุลคือการเข้าถึงปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิตที่มีคุณภาพ อาศัยอยู่ในสังคมที่ดีมีความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน มีสิ่งแวดล้อมที่มีคุณภาพและมีระบบนิเวศที่สมดุล เกื้อกูลต่อการดำรงชีวิตให้อยู่ในสังคมอย่างมีความสุขและยั่งยืน แยกเป็น 3 องค์ประกอบย่อยคือความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน สิ่งแวดล้อมมีคุณภาพดีและระบบนิเวศสมดุล และ 6) สังคมประชาธิปไตยที่มีธรรมาภิบาลคือคนมีศักดิ์ศรี มีสิทธิเสรีภาพ มีความสัมพันธ์ต่อกันบนพื้นฐานของความยุติธรรม ยอมรับ เคารพและปฏิบัติต่อผู้อื่นโดยคำนึงถึงความเท่าเทียมกัน ร่วมกันบริหารจัดการประเทศกับภาครัฐเพื่อให้เกิดธรรมาภิบาลที่มีความโปร่งใส คุ้มค่าและเป็นธรรม นำไปสู่สังคมสมานฉันท์ มีสันติสุขอย่างยั่งยืน สามารถอยู่ร่วมกับนานาอารยะประเทศได้อย่างเป็นมิตร แยกเป็น 3 องค์ประกอบย่อยคือการมีจิตสำนึกประชาธิปไตย สังคมที่มีธรรมาภิบาลและความสมานฉันท์ทางสังคม (ภารณี วัฒนา, 2557, น. 8–13) โดยแต่ละสังคมมีองค์ประกอบที่เอื้อให้เกิดความสุขและความอยู่ดีมีสุขต่างกัน ตามสภาพสังคมและต้นทุนทางวัฒนธรรมของแต่ละพื้นที่

นครพนมเป็นจังหวัดสำคัญในภาคอีสาน โดยเป็นเมืองเขตแดนริมฝั่งโขงที่มีประวัติศาสตร์ยาวนาน มีทัศนียภาพงดงามประกอบกับความหลากหลายทางศิลปวัฒนธรรม ทั้งยังอุดมด้วยทรัพยากรธรรมชาติและมีโบราณสถานทางพระพุทธศาสนาสำคัญคือพระธาตุพนม ซึ่งเป็นเจดีย์เก่าแก่คู่บ้านคู่เมืองของชาติพันธุ์ลาวทั้งสองฝั่งแม่น้ำโขง (พระธรรมราชานุวัตร (แก้ว อุทุมมาลา), 2537, น. 205) ตลอดจนพุทธศาสนิกชนทั่วไป อย่างไรก็ตาม แม้จังหวัดนครพนมจะมีความหลากหลายทางวัฒนธรรมและมีความโดดเด่นในหลายด้าน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความพร้อมขององค์ประกอบที่ส่งเสริมให้เกิดความสุขในการดำรงชีวิตของคนในจังหวัดและต้นทุนสำคัญในการพัฒนาประเทศ แต่จากผลการจัดอันดับจังหวัดแห่งความสุขของประเทศไทยหรือดัชนีความสุข สำรวจโดยศูนย์เครือข่ายวิชาการเพื่อสังเกตการณ์และวิจัยความสุขชุมชนของมหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ เมื่อปี พ.ศ. 2556 โดยพิจารณาจากองค์ประกอบที่ทำให้อยู่แล้วมีความสุขหลายด้านคือด้านสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ วิถีชีวิตชาวบ้านเป็นเมืองที่สงบเป็นสังคมขนาดเล็ก มีความสัมพันธ์ที่ดีของคนในครอบครัวและชุมชน ผู้คนมีความช่วยเหลือเกื้อกูลกัน มีความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินสูง คดีอาชญากรรมต่ำ มีความภาคภูมิใจในประวัติศาสตร์ของคนท้องถิ่น มีความเป็นเมืองและลักษณะวัตถุนิยมระดับน้อยถึงปานกลาง และเสริมสร้างความเป็นหนึ่งเดียวกันในหมู่ประชาชน กลับพบว่าจังหวัดที่ประชาชนอยู่แล้วมีความสุขมากที่สุดคือแม่ฮ่องสอน อันดับสุดท้ายคือกรุงเทพมหานคร ส่วนนครพนมอยู่อันดับ 52 (THE BANGKOK INSIGHT EDITORIAL TEAM, 2556, สื่อออนไลน์) จึงเป็นที่น่าสงสัยอย่างยิ่งว่า เหตุใดจังหวัดนครพนมซึ่งเป็นเมืองที่มีความเพรียบพร้อมหลายด้าน จึงมีอันดับความสุขคนในพื้นที่อยู่ในลำดับท้ายของประเทศ จากที่กล่าวมาพอแสดงให้เห็นแล้วว่า ความสุขของคนในพื้นที่และแนวคิดในการสร้างเมืองแห่งความสุขของแต่ละจังหวัด สัมพันธ์กับองค์ประกอบหรือต้นทุนทางสังคมและวัฒนธรรมซึ่งมีลักษณะเฉพาะแตกต่างกันออกไป ทั้งยังยึดโยงกับสภาพปัญหาและบริบทสังคมแต่ละพื้นที่ โดยมีคำถามหลักในการวิจัยคือนโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนมควรเป็นไปในลักษณะใด ด้วยเหตุนี้จึงสนใจทำวิจัยเรื่องการส่งเสริม

นโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม ภายใต้การลงพื้นที่สำรวจแต่ละองค์ประกอบเพื่อเสนอแนวทางที่เอื้อต่อการพัฒนานโยบายและยุทธศาสตร์ในการสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม การวิจัยนี้สามารถนำผลวิจัยไปปรับใช้เป็นข้อมูลกำหนดทิศทางการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่อิงอยู่กับความสุขของคนในสังคม เพื่อสร้างเป้าหมายและนโยบายที่ชัดเจนเกี่ยวกับการสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม จากที่กล่าวมาจึงมีความจำเป็นที่ต้องทำงานวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งเพื่อพัฒนาผลการสร้างความสุขจากองค์ประกอบไปสู่การสร้างรูปแบบชุมชนเป็นสุข ตลอดจนนำผลการพัฒนาไปสู่การสร้างนโยบายและยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวเนื่องกับการสร้างเมืองน่าอยู่ในระดับมหภาคต่อไป

วิธีการศึกษา

งานวิจัยเรื่อง “การส่งเสริมนโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม” เป็นเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) กลุ่มเป้าหมายเกี่ยวกับองค์ประกอบที่มีผลต่อการสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม รวมถึงการส่งเสริมการพัฒนานโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม ซึ่งกำหนดรูปแบบการวิจัยดังนี้

– การศึกษาเชิงเอกสาร (Documentary Study) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการส่งเสริมนโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม

– ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายในเขตพื้นที่จังหวัดนครพนมในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับนโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยศึกษากลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญในจังหวัดนครพนมจากการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่

(1) กลุ่มภาครัฐ	๔ ท่าน
(2) กลุ่มภาคเอกชนหรือรัฐวิสาหกิจ	๕ ท่าน
(3) กลุ่มภาคประชาสังคม	๖ ท่าน

2. สถานที่และระยะเวลา

งานวิจัยมีพื้นที่ดำเนินการศึกษาในจังหวัดนครพนม ประเทศไทย ใช้เวลา 12 เดือน โดยเริ่มดำเนินการระหว่างเดือนตุลาคม 2565 ถึงเดือนกันยายน 2566

3. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้มีแบบสัมภาษณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 4 ตอน ได้แก่

– ตอนที่ 1 คือ คำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์

– ตอนที่ 2 คือ คำถามเกี่ยวกับองค์ประกอบที่มีผลต่อการสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม จำนวน 12 ข้อ

– ตอนที่ 3 คือ คำถามเกี่ยวกับการส่งเสริมการพัฒนานโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม จำนวน 3 ข้อ

– ตอนที่ 4 คือ ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนออื่น

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนของการวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการดังนี้

– การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสารทั้งหมดมี ๓ ขั้นตอน คือ ๑) การลดทอนข้อมูล (Data Reduction) โดยเลือกเฉพาะข้อมูลเอกสารสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการตอบคำถามการวิจัย ๒) การจัดระเบียบข้อมูล (Data Display) ด้วยการจัดหมวดหมู่ของข้อมูลที่ลดทอนมาแล้วตามลำดับหัวข้อของเนื้อหาให้มีความต่อเนื่อง โดยที่แต่ละหัวข้อมีความเชื่อมโยงกัน และ (๓) การสรุปความ (conclusion drawing) โดยการให้ความหมายหรือตีความข้อมูล รวมทั้งวิธีการให้เหตุผลจากข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงเชิงเอกสาร แล้วนำมาสรุปวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ทั้ง ๒ ข้อ

– วิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาภาคทฤษฎีและภาคสนามด้วยวิธีอธิบายเชิงพรรณนาตามวัตถุประสงค์ในแต่ละประเด็น ได้แก่ องค์ประกอบที่มีผลต่อการสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม และการส่งเสริมการพัฒนานโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม ซึ่งส่งผลต่อวิถีชีวิตของคนในพื้นที่ผ่านการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

– สรุปวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์และหัวข้อของการวิจัย รวมถึงเพิ่มเติมเรื่องข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

– ดำเนินการเขียนรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลการศึกษา

1. องค์ประกอบที่มีผลต่อการสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม

(1) ความเห็นของกลุ่มภาครัฐ

ภาครัฐทุกท่านเห็นตรงกันว่าความสุขทางกายสัมพันธ์กับปัจจัย 4 ซึ่งเป็นความต้องการขั้นพื้นฐานของชีวิต ความสุขเกิดจากการมีปัจจัย 4 เพียงพอต่อความต้องการและอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ดี ความสุขทางใจผูกพันกับพระพุทธศาสนาและความเชื่อท้องถิ่นโดยมีพระธาตุพนมเป็นศูนย์กลาง ซึ่งความสุขทางใจกับทางกายสัมพันธ์กันและเกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ความมั่นคงในการดำรงชีวิตเป็นแบบพอเพียง มีรายได้ตลอดปี ประกอบอาชีพสุจริตและถูกต้องตามศีลธรรม ความสุขของครอบครัวมาจากความสุขทางกายและทางใจ ความสัมพันธ์ที่ดีและการช่วยเหลือเกื้อกูลส่งผลให้มีความสุข ความสัมพันธ์ที่ดีของคนในชุมชนมีวัดเป็นศูนย์รวมใจ มีพื้นที่ร่วมกิจกรรมและปลูกจิตสำนึกให้คนในชุมชนช่วยเหลือกันเพื่อให้เกิดสันติสุข ความสุขตามบทบาทหน้าที่สัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในประเพณีวัฒนธรรมและความเชื่อ การมีอิสระทางความคิดและการแสดงออกทางการเมือง ธรรมชาติและนิเวศวิทยามีการบริหารจัดการดูแลรักษาธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้ยั่งยืน ด้านศิลปวัฒนธรรมที่เป็นเอกลักษณ์มีหลากหลายโดยมีพระธาตุพนมเป็นศูนย์กลางและมีศิลปวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ ด้านศาสนาและความเชื่อมีวัดเป็นศูนย์กลางทางจิตใจ ส่งเสริมวัดเชิงท่องเที่ยวและมีการนับถือผีปู่ตาคู่กับศาสนาพุทธเพื่อสร้างกรอบความประพฤติของคนในชุมชน ความสุขจากการตระหนักรู้คุณค่าความเป็นมนุษย์เกี่ยวข้องกับความสุขทางสังคมและครอบครัว บนพื้นฐานความเสมอภาคและการมีสิทธิเสรีภาพเท่าเทียมกัน ความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบมีสองท่านเห็นตรงกันว่าด้านการตระหนักรู้คุณค่าของความเป็นมนุษย์สำคัญที่สุด บางท่านเห็นว่าด้านความสัมพันธ์ของสมาชิกในครอบครัว ส่วนอีกท่านมองว่าสำคัญทั้ง 10 องค์ประกอบ และองค์ประกอบอื่นควรให้ความสำคัญกับการสร้างความหลากหลายทางวัฒนธรรม การรักษาสภาพแวดล้อมของเมืองให้น่าอยู่ การมีระบบขนส่งที่สะดวกและปลูกฝังให้ประชาชนมีความรู้ผ่านการศึกษาเพื่อให้รู้ทันความเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ทางสังคมในโลกยุคปัจจุบัน

(2) ความเห็นของกลุ่มภาคเอกชนหรือรัฐวิสาหกิจ

ความสุขทางกายของภาคเอกชนหรือรัฐวิสาหกิจนอกจากเกี่ยวข้องกับปัจจัย 4 แล้วยังมีเรื่องการส่งเสริมอาชีพเพื่อสร้างรายได้ พัฒนาอาชีพในชุมชนและส่งเสริมการท่องเที่ยวเพื่อขับเคลื่อนชุมชนทั้งด้านเศรษฐกิจและวัฒนธรรม ความสุขทางใจอยู่ในบริบทศาสนาและความเชื่อดั้งเดิม การได้รวมกลุ่มทำกิจกรรมและใช้ชีวิตอิงอยู่กับธรรมชาติ ด้านอาชีพเกี่ยวข้องกับการพัฒนางานให้เหมาะสมและสัมพันธ์กับชุมชน ตลอดจนการรวมกลุ่มสร้างอาชีพสุจริตเพื่อให้มีความปลอดภัยในชีวิต ความสุขในครอบครัวเกิดจากสัมพันธภาพที่ดี แบ่งหน้าที่รับผิดชอบและช่วยกันดูแล ส่งเสริมให้ลูกหลานเรียนรู้เพื่อสร้างความสัมพันธ์ที่ดีและความสุขในครอบครัว ความสุขทางสังคมเกี่ยวกับความสามัคคีในการทำกิจกรรมร่วมกันเพื่อประโยชน์ส่วนรวม พัฒนาชุมชนให้พึ่งตนเองได้ สร้างจิตสำนึกในการช่วยเหลือและร่วมมือกันเพื่อพัฒนาชุมชน ด้านประเพณีและวัฒนธรรมได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่ายโดยมีเป้าหมายให้สังคมเจริญ มีอิสระในชีวิต บางกลุ่มไม่สนับสนุนให้ฝักใฝ่การเมืองแต่สนับสนุนให้ไปใช้สิทธิเลือกตั้ง ความสุขทางธรรมชาติและนิเวศวิทยามีการบำรุงรักษาธรรมชาติซึ่งอาศัยความร่วมมือจากประชาชน ธรรมชาติที่สวยงามและห่างไกลมลพิษจึงเป็นความสุข ด้านศิลปวัฒนธรรมมีทั้งดนตรี การละเล่น ศิลปะการแสดงและการต่อสู้ พระธาตุสำคัญ การแข่งเรือ ฟ้อนรำ ฟ้อนผีและศิลปะอื่น ความสุขด้านศาสนาและความเชื่อเกี่ยวโยงกับพระพุทธศาสนา ศาสนาคริสต์ การนับถือภูตผีปีศาจและบวงสรวงบูชาศาลหลักบ้านหลักเมือง ด้านคุณค่าของความเป็นมนุษย์ผูกพันกับพิธีกรรมและความเชื่อของคนในแต่ละชุมชน ความภาคภูมิใจที่ได้สืบทอดภูมิปัญญาของบรรพชนในท้องถิ่น การได้ร่วมกิจกรรมที่สร้างความบันเทิงและได้ใช้ชีวิตให้มีความสุข ความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบมีหลายทัศนะตามลำดับ ได้แก่ ด้านศาสนาและความเชื่อความมั่นคงในการดำรงชีวิต ด้านกายภาพกับจิตภาพ ด้านความสัมพันธ์ของสมาชิกในครอบครัวและด้านความสัมพันธ์ของคนในชุมชน นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบอื่นควรเน้น ได้แก่ การพัฒนาด้านเศรษฐกิจให้ดีขึ้นกว่าเดิม การให้ความสำคัญกับการท่องเที่ยวบนฐานมรดกภูมิปัญญาของชุมชน งบประมาณในการดำเนินงานของบางหน่วยงานที่ยังขาดแคลน รวมไปถึงการปลูกฝังคุณธรรมและจริยธรรมเพื่อให้มวลชนสามารถดำรงอยู่ร่วมกันในสังคมได้อย่างสันติ

(3) ความเห็นของกลุ่มภาคประชาสังคม

สำหรับกลุ่มภาคประชาสังคมนอกเหนือจากปัจจัย 4 ความสุขทางกายยังเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน บริบทเฉพาะของพื้นที่และความสัมพันธ์ของคนในชุมชน ความสุขทางใจยึดโยงกับพระพุทธศาสนา การมีน้ำใจของผู้คน การตระหนักและปฏิบัติตนให้สอดคล้องกับหลักศีลธรรมโดยมีพระพุทธศาสนาเป็นที่พึ่งหลัก ความสุขด้านทางอาชีพส่วนมากอิงเกษตรกรรมและการทำมาหากินตามธรรมชาติในแม่น้ำโขง มีสินค้าโอทอปฝีมือชาวบ้านและบางท่านชี้ถึงปัญหาของอาชีพค้าขาย ความสุขในครอบครัวเกี่ยวกับการกินดีอยู่ดีและการมีสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน การเห็นอกเห็นใจและสามัคคีกันรวมถึงการรับผิดชอบชีวิตของตัวเองโดยไม่รบกวนผู้อื่น ความสุขทางสังคมเกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ในชุมชนและต่างชุมชน การช่วยเหลือเกื้อกูลและรู้จักแบ่งปัน ความสุขทางบทบาทหน้าที่เกี่ยวกับการมีอิสระ มีส่วนร่วมทางการเมืองและประเพณีโดยมีเทศกาลสำคัญเป็นตัวเชื่อม ตลอดจนการให้ความร่วมมือตามบทบาทภายใต้ปัญหายึดติดตัวบุคคลโดยเฉพาะช่วงเลือกตั้ง ด้านธรรมชาติและนิเวศวิทยาถือว่าได้เปรียบเนื่องจากมีทรัพยากรธรรมชาติสมบูรณ์ อากาศและอุณหภูมิเหมาะสม แต่ยังมีปัญหาขาดแคลนน้ำบางพื้นที่ ด้านศิลปวัฒนธรรมเกี่ยวข้องกับชนเผ่า พระธาตุประจำวันเกิดที่อิงพุทธพาณิชย์ ทำนองดนตรีและการฟ้อนรำ การแสดงของกลุ่มชาติพันธุ์และการผลิตเครื่องดนตรีพื้นเมือง ไหลเรือไฟและศิลปหัตถกรรมพื้นบ้าน รวมไปถึงพิธีกรรมที่ผูกพันกับความเชื่อเดิม ความสุขด้านศาสนาและความเชื่อแนบแน่นกับชีวิตคนในพื้นที่ โดยเฉพาะพระธาตุพนมที่มีความสำคัญในสองฝั่งโขงและยังมีการบูชาเต่าเป็นสัญลักษณ์สัตว์ศักดิ์สิทธิ์ในบางพื้นที่ ความสุขจากการตระหนักรู้คุณค่าความเป็นมนุษย์เกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่ดี การได้ดูแลครอบครัวและมีหลายสิ่งเป็นเอกลักษณ์ที่ภาคภูมิใจ เข้าใจกฎไตรลักษณ์ความทุกข์และความตาย ยอมรับความเป็นมนุษย์ของทุกคน ช่วยเหลือกันโดยอิงกับประเพณีและความเปลี่ยนแปลงของโลกรวมทั้งมีชีวิตอิสระและพึ่งตัวเองได้ ความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบกลุ่มนี้เห็นตรงกันสองท่านว่าด้านความสัมพันธ์ของ

สมาชิกในครอบครัวสำคัญที่สุด อีกสองท่านเห็นว่าด้านศาสนาและความเชื่อ ส่วนสองท่านที่เหลือมองต่างกันคือด้านความมั่นคงในการดำรงชีวิตและด้านกายภาพกับจิตภาพ ขณะที่องค์ประกอบอื่นควรเน้นในเรื่องการคมนาคม สร้างความเข้มแข็งขององค์กรเพื่อสลายกลุ่มผู้มีอิทธิพลและการบูชาตัวบุคคล พัฒนาสินค้าของชุมชนขนาดเล็กสู่สินค้าโอทอป ดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมและธรรมชาติรวมถึงส่งเสริมวัฒนธรรมและการศึกษา

2. การส่งเสริมการพัฒนานโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม

(1) ความเห็นของกลุ่มภาครัฐ

นโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขกำกับดูแลโดยผู้ว่าราชการ มีการวางผังเมืองให้เหมาะสมกับพื้นที่และขับเคลื่อนแผนปฏิบัติการส่งเสริมคุณธรรมในชุมชน โดยภาครัฐต้องเข้าใจความเป็นอยู่และความต้องการของคนพื้นที่ก่อนจะพัฒนานโยบายให้ชีวิตมีคุณภาพ เพื่อยกระดับเมืองรองให้เป็นเมืองหลักต่อไป ส่วนสมาคมหอการค้าไทยจีนและไทยเวียดนามถือเป็นกลุ่มเอกชนที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาชุมชน ต้องช่วยกันส่งเสริมและกระตุ้นเศรษฐกิจเพื่อสร้างอาชีพและรายได้ที่มั่นคง มีส่วนร่วมกับกิจกรรมชุมชนและช่วยเหลือเกื้อกูลกัน เข้าใจมรดกทางวัฒนธรรมเพื่อนำมาเป็นต้นทุนสร้างอาชีพและรายได้ ซึ่งประชาชนในชุมชนมีความสำคัญยิ่งต่อการพัฒนา ทุกเรื่องต้องอาศัยประชาชนโดยมีหลักพื้นฐานเกี่ยวกับคุณค่าความเป็นมนุษย์ ความรับผิดชอบต่อสังคมและคุณธรรมหรือจริยธรรมสำคัญ ทุกคนต้องร่วมแรงร่วมใจพัฒนาบ้านเมือง มีคุณธรรม รู้ทันเทคโนโลยี รู้จักนำภูมิปัญญาและวัฒนธรรมในชุมชนมาสร้างอาชีพเพื่อให้มีรายได้และเกิดความสุขขึ้นในชีวิต

(2) ความเห็นของกลุ่มภาคเอกชนหรือรัฐวิสาหกิจ

หน่วยงานรัฐต้องให้ความสำคัญและเห็นความจำเป็นเรื่องงบประมาณ ช่วยเหลือองค์กรที่มีบทบาทในการสร้างเมืองแห่งความสุขให้เป็นรูปธรรม เข้าใจบริบททางวัฒนธรรมและร่วมกิจกรรมกับหน่วยงานภายนอก รวมถึงให้ความสำคัญกับการสงเคราะห์ผู้ยากไร้และสนับสนุนงบการท่องเที่ยว โดยเอกชนมีส่วนช่วยเรื่องงบประมาณในการพัฒนาสังคมหลายด้าน ทั้งร่วมสร้างสิ่งก่อสร้างในชุมชน รับซื้อและจัดจำหน่ายสินค้าหรือบริการของชุมชน ช่วยเหลือเรื่องอาชีพซึ่งเกิดประโยชน์กับผู้ยากไร้และผู้ด้อยโอกาส ภาคเอกชนต้องกระตุ้นการลงทุนเกี่ยวกับสินค้าและบริการด้านการท่องเที่ยว ซึ่งความสำเร็จของทุกเรื่องต้องอาศัยความร่วมมือกับประชาชนและภาครัฐ ในชุมชนต้องมีความสามัคคีโดยอาศัยพระสงฆ์เป็นตัวเชื่อมกิจกรรมชุมชนในสังคมพุทธ ทุกคนต้องรับผิดชอบหน้าที่ตามบทบาทและความสามารถที่มี ช่วยกันเท่าที่ช่วยได้โดยเฉพาะการช่วยเหลือคนยากจน ขณะเดียวกันประชาชนก็ต้องให้ความร่วมมือกับนโยบายภาครัฐและสนับสนุนกิจการของเอกชน ตลอดจนแสดงความเห็นที่เป็นประโยชน์เพื่อยกระดับเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของคนในสังคม

(3) ความเห็นของกลุ่มภาคประชาสังคม

รัฐต้องส่งเสริมและสนับสนุนนโยบายเกี่ยวกับงบประมาณในการพัฒนาเมืองแห่งความสุข สำรวจเอกลักษณ์ของแต่ละอำเภอแล้วส่งเสริมให้เกิดความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจและความเป็นอยู่ของคนในพื้นที่ ซึ่งต้องอาศัยเจ้าหน้าที่รัฐในชุมชนสนับสนุนและประสานงาน บางท่านสะท้อนปัญหาหนี้นอกระบบให้รัฐบาลช่วยแก้ไข ส่วนภาคเอกชนต้องมีบทบาทส่งเสริมหรือสนับสนุนนโยบายร่วมกับรัฐบาล โดยเฉพาะเรื่องการผลิตสินค้าและการตลาดเพื่อให้ชาวบ้านมีรายได้ บางท่านกล่าวถึงสินค้าและบริการในจังหวัดที่อยู่ในระดับดี แต่ที่พักหรือธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวโดยเฉพาะช่วงเทศกาลสำคัญ เอกชนจึงมีส่วนสำคัญในการพัฒนาสังคมหลายด้าน ซึ่งการสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนมจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากประชาชน ความสามัคคีของหมู่คณะที่เห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวมและการปฏิบัติตนตามบทบาทหน้าที่ในสังคม งานทุกอย่างต้องได้รับความร่วมมือจากประชาชน ขณะเดียวกันก็มีหน่วยงานรัฐให้การดูแลและประสานงานกับประชาชนในพื้นที่เพื่อแก้ไขปัญหาและพัฒนาสังคมแต่ละด้าน

3. ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนออื่น

(1) ความเห็นของกลุ่มภาครัฐ

ปัญหาเบื้องต้นคือการคมนาคมยังไม่สมดุลกับจำนวนนักท่องเที่ยว การค้าและเศรษฐกิจจึงพัฒนาไปแบบจำกัด ในขณะที่ยาเสพติดก็เป็นปัญหาเรื้อรังจากการมีพื้นที่ติดชายแดน บางท่านเน้นเรื่องการส่งเสริมให้วัดและโรงเรียนเป็นศูนย์กลางชุมชน โดยนโยบายของภาครัฐที่นำมาใช้ต้องเข้าถึงง่ายและสอดคล้องกับวิถีชีวิตคนในสังคม

(2) ความเห็นของกลุ่มภาคเอกชนหรือรัฐวิสาหกิจ

เรื่องงบประมาณเป็นปัญหาหลักในการพัฒนาเมืองแห่งความสุข ประกอบกับการระบาดของยาเสพติดในชุมชน รัฐบาลดูแลประชาชนไม่ทั่วถึงเนื่องจากขาดบุคลากรและงบประมาณดำเนินการ รวมไปถึงการสื่อสารข้อมูลที่ประชาชนในชุมชนไม่เข้าใจ

(3) ความเห็นของกลุ่มภาคประชาสังคม

กลุ่มสุดท้ายก็กล่าวถึงทุนหรืองบประมาณในการพัฒนาพื้นที่เช่นเดียวกัน บางท่านสะท้อนอุปสรรคในการพัฒนาท้องถิ่นที่สืบเนื่องมาจากการบริหารแบบรวมศูนย์อำนาจ โดยย้ำให้พัฒนาพื้นที่ที่ยังขาดงบประมาณ ตลอดจนปัญหาในการปลูกพืชบางชนิดและความลำบากของอาชีพค้าขายในบางพื้นที่ของจังหวัดนครพนม

วิจารณ์และสรุปผล

งานวิจัยเรื่องการส่งเสริมนโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาองค์ประกอบที่มีผลต่อการสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม และ 2) เพื่อส่งเสริมการพัฒนานโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม โดยเป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ที่เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) ซึ่งอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. องค์ประกอบที่มีผลต่อการสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม

เมืองแห่งความสุขเป็นเมืองที่มีความพร้อมด้านกายภาพ ด้านจิตตภาพ ด้านเศรษฐกิจ สังคมและวัฒนธรรม รวมไปถึงด้านสิ่งแวดล้อมและการมีจริยธรรม จากการศึกษาเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของความสุขตามความเห็นของกลุ่มภาครัฐสามารถสังเคราะห์ได้ 10 ประการ ได้แก่ 1) ความสุขทางกาย 2) ความสุขทางใจ 3) ความมั่นคง 4) ความสุขของครอบครัว 5) ความสัมพันธ์ที่ดีในชุมชน 6) ความสุขตามบทบาทหน้าที่ 7) ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 8) ศิลปวัฒนธรรม 9) ศาสนาและความเชื่อ และ 10) คุณค่าความเป็นมนุษย์ สอดคล้องกับความเห็นของกลุ่มภาคเอกชนหรือรัฐวิสาหกิจที่มีองค์ประกอบของความสุข 9 ข้อ โดยข้อที่ 7 และ 9 เป็นเรื่องเดียวกัน แสดงให้เห็นว่า ความสุขเกิดขึ้นมาจากความต้องการพื้นฐานด้านรูปธรรมสู่นามธรรมและต้องมาจากประชาชนที่อยู่ในชุมชนนั้น สอดคล้องกับ ไชยยันตร์ กัมปนาทแสนยากร ที่กล่าวว่า เมืองแห่งความสุขหรือเมืองน่าอยู่เป็นขบวนการที่จะทำให้ประชาชนตระหนักถึงความสำคัญของสุขภาพกาย สุขภาพจิตและสุขภาพสังคม พร้อมร่วมกันสรรค์สร้างภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมในการดำรงชีวิต (ไชยยันตร์ กัมปนาทแสนยากร, 2540, น. 26) เช่นเดียวกับ กรมอนามัย ที่กล่าวถึงเมืองน่าอยู่ไว้ว่า เป็นกระบวนการที่ทำให้ประชาชนตระหนักถึงความสำคัญของสุขภาพกาย สุขภาพจิตและสังคม พร้อมร่วมสร้างสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตเพื่อให้เกิดศักยภาพหรือคุณภาพชีวิตที่ดีที่สุด (เบญจพร วงษ์วานิช, 2550, น. 15)

หากแจกแจงถึงแต่ละองค์ประกอบของความสุขจะเห็นว่า ความสุขกายให้ความสำคัญกับเรื่องพื้นฐาน โดยให้ความสำคัญด้านความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินที่สอดคล้องกับความสัมพันธ์ของคนในชุมชน ส่วนความสุขทางใจเป็นเรื่องการอบรมสภาวะจิตโดยยึดหลักศาสนาที่ตนนับถือ ในที่นี้คือพระพุทธศาสนาเนื่องจากเป็นศาสนาที่

ประชาชนส่วนมากนับถือ ทั้งนี้ความสุขที่เกิดขึ้นต้องมีองค์ประกอบสำคัญด้านอื่นด้วย ไม่ว่าจะเป็นความสุขด้านอาชีพ ครอบครัว สังคม บทบาทหน้าที่ ธรรมชาติและนิเวศวิทยา ศิลปวัฒนธรรม ศาสนาและความเชื่อและความตระหนักรู้คุณค่าความเป็นมนุษย์ ทิศทางเดียวกันกับ พระครูอุดมประชานุกูล (รณยุทธ อุตฺตโม) ที่สังเคราะห์แนวทางการส่งเสริมความสุขด้วยหลักพระพุทธศาสนา โดยมีองค์ประกอบ 4 ด้าน ได้แก่ กายภาวนาหรือการพัฒนากาย ศีลภาวนาหรือการพัฒนาความประพฤติ จิตตภาวนาหรือการพัฒนาจิต และปัญญาภาวนาหรือการพัฒนาปัญญา เนื่องจากเป็นเรื่องพื้นฐานสำคัญตามหลักพระพุทธศาสนา (รณยุทธ อุตฺตโม), 2563, น. 41–43)

2. การส่งเสริมการพัฒนานโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม

การส่งเสริมการพัฒนานโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขต้องเกิดจากการสนับสนุนจากหลายฝ่าย โดยมีการลงพื้นที่เพื่อสร้างความเข้าใจกับประชาชน ทั้งภาครัฐ เอกชนหรือรัฐวิสาหกิจและประชาชนต้องร่วมมือกันตามบทบาท ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

บทบาทของผู้ว่าราชการและหน่วยงานรัฐ ได้แก่ กำกับดูแลนโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุข วางผังเมืองให้เหมาะสมกับพื้นที่ ขับเคลื่อนแผนปฏิบัติการส่งเสริมคุณธรรมในชุมชน ลงพื้นที่ศึกษาเพื่อให้เข้าใจความเป็นอยู่และความต้องการของคนพื้นที่ก่อนจะพัฒนานโยบาย และพัฒนานโยบายให้ชีวิตมีคุณภาพเพื่อยกระดับเมืองรองให้เป็นเมืองหลัก เป็นต้น

บทบาทของเอกชนหรือรัฐวิสาหกิจในส่วนสมาคมหอการค้า ได้แก่ พัฒนาชุมชน ส่งเสริมเศรษฐกิจ สร้างอาชีพ สนับสนุนกิจกรรมและมรดกทางวัฒนธรรมในชุมชนเพื่อใช้เป็นต้นทุนสร้างอาชีพและรายได้

บทบาทของประชาชน ได้แก่ การตระหนักรู้คุณค่าความเป็นมนุษย์ บทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบต่อสังคม ปลูกฝังคุณธรรม พัฒนาบ้านเมืองด้วยเทคโนโลยีและภูมิปัญญาสู่การสร้างอาชีพเพื่อรายได้ที่มั่นคง

สอดคล้องกับ ฉวีวรรณ ชมภูเขา ธีรพัฒน์ สุทธิประภาและธงชัย ปัญญรัตน์ ที่กล่าวว่า รูปแบบการบริหารจัดการมีทั้งหมด 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) การบริหารจัดการรายตัวชี้วัดแบบบนลงล่าง 2) การบริหารจัดการรายตัวชี้วัดแบบล่างขึ้นบน 3) การบริหารจัดการโดยแบ่งผู้รับผิดชอบเป็น 3 องค์ประกอบ คือ คนดี สุขภาพดีและรายได้ดี และ 4) การบริหารจัดการโดยแบ่งผู้รับผิดชอบเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเข้าร่วมเสนอปัญหาการมีส่วนร่วมในการดำเนินงานอยู่ในระดับมาก (ฉวีวรรณ ชมภูเขา, ธีรพัฒน์ สุทธิประภา, และ ธงชัย ปัญญรัตน์, 2560, น. 702) โดยบทบาทของแต่ละภาคส่วนเริ่มที่ภาครัฐจัดสรรงบประมาณ กำหนดนโยบาย พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสนับสนุนการมีส่วนร่วมของประชาชน ซึ่งมีภาคเอกชนร่วมลงทุนในโครงการ สนับสนุนกิจกรรมพัฒนาสังคม สร้างงานและรายได้ ร่วมกับประชาชนที่มีส่วนร่วมในแต่ละกิจกรรม ตลอดจนเสนอแนะแนวทางเพื่อร่วมมือกันพัฒนาเมืองแห่งความสุขในพื้นที่

3. องค์ความรู้ที่ได้

(1) ความจำเป็นในการบูรณาการความหลากหลายขององค์ประกอบ นโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขที่มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องบูรณาการองค์ประกอบที่หลากหลายซึ่งส่งผลต่อความสุขของประชาชน โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญดังต่อไปนี้

- ปัจจัย 4: อาหาร ที่อยู่อาศัย เสื้อผ้า ยารักษาโรค
- ความสุขทางกาย: สุขภาพที่ดี สภาพแวดล้อมที่ดี
- ความสุขทางใจ: ศาสนา วัฒนธรรม ประเพณี จิตวิญญาณ
- ความมั่นคง: เศรษฐกิจ รายได้ อาชีพ
- ความสัมพันธ์ที่ดี: ครอบครัว ชุมชน สังคม

– บทบาทหน้าที่: การมีส่วนร่วมในสังคม การแสดงออกทางความคิด

– ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม: การจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน

– ศิลปวัฒนธรรม: เอกลักษณ์ท้องถิ่น ประเพณี ภูมิปัญญา

– ศาสนาและความเชื่อ: ความศรัทธา จิตใจ

– คุณค่าความเป็นมนุษย์: สิทธิ เสรีภาพ ความเสมอภาค

(2) บทบาทของเครือข่าย การสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชนหรือองค์กรรัฐวิสาหกิจและภาคประชาสังคม มีความสำคัญต่อการบูรณาการความรู้และขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุข โดยที่เครือข่ายควรมีบทบาทดังนี้

– แลกเปลี่ยนข้อมูล ศึกษาเรียนรู้ร่วมกัน

– ประสานงาน ร่วมมือกัน

– ระดมทุน สนับสนุนกิจกรรม

– ติดตามผล ประเมินผล

(3) ความเข้าใจบริบทพื้นที่ นโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขจำเป็นต้องเข้าใจและคำนึงถึงบริบทพื้นที่ที่แตกต่างกันของแต่ละอำเภอในจังหวัดนครพนม โดยอาศัยความเข้าใจเบื้องต้นดังนี้

– ภูมิหลังทางความคิด ประเพณี วัฒนธรรม

– วิถีชีวิต ศาสนา ความเชื่อ

– ปัญหาและความท้าทายเฉพาะพื้นที่

4. ข้อเสนอแนะ

– ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

(1) มหาวิทยาลัยและสถานศึกษาในพื้นที่ควรกำหนดนโยบายหรือกรอบการศึกษาวิจัย รวมไปถึงการบริการวิชาการที่เชื่อมโยงกับแนวทางการขับเคลื่อนนโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม โดยพิจารณาจากโจทย์ปัญหาของภาคประชาสังคมเป็นหลัก

(2) จังหวัดนครพนมควรทบทวนแผนพัฒนาจังหวัด โดยอาศัยข้อมูลจากแผนพัฒนาตำบลเป็นฐานในการวางกรอบนโยบายขับเคลื่อนการพัฒนาพื้นที่ชุมชน

(3) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรลงพื้นที่ศึกษาองค์ประกอบที่มีผลต่อการสร้างเมืองแห่งความสุขแต่ละด้านอย่างละเอียด รวมถึงสำรวจปูมหลังทางวัฒนธรรมและความเชื่อ วิถีชีวิตความเป็นอยู่และความต้องการของคนพื้นที่อย่างจริงจังก่อนดำเนินนโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุข

(4) ควรสร้างเครือข่ายการทำงานระหว่างหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชนหรือรัฐวิสาหกิจและภาคประชาสังคมเพื่อประสิทธิภาพการทำงานควรจัดสัมมนาแลกเปลี่ยนเรียนรู้และเสนอแนวทางการสร้างเมืองแห่งความสุขในแต่ละระดับร่วมกัน

(5) ควรมีแผนปฏิบัติงานในการสร้างเมืองแห่งความสุขที่เป็นรูปธรรมเพื่อผลสำเร็จในการดำเนินงาน

(6) ภาครัฐควรมีกองทุนหรืองบประมาณเฉพาะในการสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัด ตลอดจนวางแผนจัดโครงสร้างการทำงานระดับจังหวัดให้ชัดเจนและมีผู้รับผิดชอบเรื่องนี้โดยตรงตามโครงสร้างของการพัฒนาเมือง

– ข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยไปใช้

(1) หน่วยงานรัฐบาล เอกชนหรือรัฐวิสาหกิจและองค์กรทั่วไป สามารถนำผลการศึกษาวิจัยไปปรับใช้ในระดับนโยบายได้ทั้งในส่วนการถอดบทเรียน ออกแบบนโยบายและยุทธศาสตร์ กำหนดแผนพัฒนาและแผนปฏิบัติการ

รวมถึงการพิจารณาบุคคลและกลุ่มบุคคลเพื่อทำหน้าที่อย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อความสำเร็จของงานและความก้าวหน้าขององค์กรที่จะนำไปสู่การพัฒนาแบบยั่งยืน

(2) ภาครัฐที่มีบทบาทหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเมืองแห่งความสุขระดับจังหวัดโดยตรง เช่น สำนักงานวัฒนธรรม สำนักงานพระพุทธศาสนา สำนักงานโยธาธิการและผังเมือง หรือสำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ สามารถนำผลการวิจัยไปเป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์เพื่อกำหนดนโยบายให้สอดคล้องกับบริบทพื้นที่ โดยประสานการทำงานร่วมกันในภาครัฐและกับกลุ่มอื่นที่ไม่ใช่หน่วยงานรัฐ เพื่อให้เกิดเครือข่ายการทำงานที่เป็นระบบภายใต้เป้าหมายการพัฒนาที่ชัดเจน

(3) สถาบันทางการศึกษาได้องค์ความรู้เกี่ยวกับการส่งเสริมนโยบายและยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุข

– ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาครั้งต่อไป

(1) ควรทำวิจัยเรื่องรูปแบบเมืองแห่งความสุขตามบริบทเฉพาะทางสังคมและวัฒนธรรมในพื้นที่จังหวัดนครพนม

(2) ควรทำวิจัยเรื่องแนวทางการประเมินผลสัมฤทธิ์นโยบายการสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม

(3) ควรทำวิจัยเรื่องศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยเชิงพื้นที่ที่ส่งผลต่อความสำเร็จของยุทธศาสตร์การสร้างเมืองแห่งความสุขในจังหวัดนครพนม

(4) ควรทำวิจัยเรื่องการส่งเสริมเครือข่ายการทำงานเพื่อสร้างเมืองแห่งความสุขในพื้นที่ของจังหวัดนครพนม

(5) ควรทำวิจัยเจาะลึกเกี่ยวกับองค์ประกอบแต่ละด้านที่มีผลต่อการสร้างเมืองแห่งความสุขของจังหวัดนครพนม ตลอดจนเปรียบเทียบความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบให้เห็นภาพชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

ฉวีวรรณ ชมภูเขา, ธีรพัฒน์ สุทธิประภา, และ ธงชัย ปัญญรัตน์. (2560). **กระบวนการพัฒนารูปแบบเมืองแห่งความสุข จังหวัดกาฬสินธุ์.** วิชาการสาธารณสุข. 26(4): 702.

ไชยยันตร์ กัมปนาทแสนยากร. (2540). **แนวคิดและหลักการดำเนินงานเมืองน่าอยู่.** กรุงเทพฯ: กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

เบญจพร วงษ์วานิช. (2550). **การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาเทศบาลไปสู่เมืองน่าอยู่: กรณีศึกษาเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา.** ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา;.

พระครูอุดมประชานุกูล (รณยุทธ อุตฺตโม). (2563). **แนวทางการนำหลักพุทธธรรมในการส่งเสริมสุขภาวะและการเรียนรู้ของผู้สูงอายุโรงเรียนวัยแก้ว จังหวัดมหาสารคาม.** ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย.

พระธรรมราชานุวัตร (แก้ว อุทุมมาลา). (2537). **อุรังคนิทาน ตำนานพระธาตุพนม (พิศดาร).** พิมพ์ครั้งที่ ๑๐. กรุงเทพฯ: นีลนาราการพิมพ์.

ภารณี วัฒนา. (2557). **การวัดความสุขของคนไทย การประชุมประจำปี ๒๕๕๗ ของ สศช. ณ ห้องประชุมแซฟไฟร์ ๑๐๘-๑๑๐ ชั้น ๑ ศูนย์แสดงสินค้าและการประชุมอิมแพ็ค เมืองทองธานี.** กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

มูลนิธิธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม. (2560). **คู่มือการจัดทำตัวชี้วัดความอยู่เย็นเป็นสุขร่วมกันในสังคมไทย โครงการปรับปรุงดัชนีความอยู่เย็นเป็นสุขร่วมกันในสังคมไทย.** กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

THE BANGKOK INSIGHT EDITORIAL TEAM [สื่อออนไลน์]. 2556; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 3 เมษายน 2566. ได้จาก: https://www.thebangkokinsight.com/news /lifestyle/wellness/๔๘๔๐๖๙/

การหาความตรงเชิงดุลยพินิจ ของแบบบันทึกการสนทนากลุ่ม เรื่อง การสำรวจมุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการพัฒนาโมเดลนวัตกรรมการเรียนรู้บนดิจิทัลแพลตฟอร์มตามแนวปัญญาประดิษฐ์ทางประสาทวิทยาเชิงสังคม เพื่อยกระดับการรู้ปัญญาประดิษฐ์

finding face validity of focus group discussion form on "Exploring stakeholders' perspectives on the development of innovative learning model on digital platform based on social neuro artificial intelligence to enhance artificial intelligence literacy"

กวิน เธียรวรรณ[1*] และ ศานิตย์ ศรีคุณ[2]

Kawin Thainwan[1*], Sanit Srikoon[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบความตรงของแบบบันทึกการสนทนากลุ่มสำหรับการสำรวจมุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเกี่ยวกับนวัตกรรมการเรียนรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ การศึกษาใช้วิธีวิจัยแบบผสมผสาน ประกอบด้วยการสัมภาษณ์กับครูสองท่านจากโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น และการตรวจสอบเชิงปริมาณผ่านดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์โดยผู้เชี่ยวชาญสามท่าน การเก็บข้อมูลดำเนินการสองระยะ คือ การประเมินคุณภาพเบื้องต้นผ่านการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง และการตรวจสอบความตรงเชิงพินิจผ่านการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยแสดงค่าความตรงเชิงเนื้อหาที่เหมาะสมด้วยค่า IOC 1.0 ในทุกข้อคำถามทั้ง 11 ข้อ ข้อค้นพบสำคัญแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์กับประสาทวิทยาและบริบททางสังคม ความสำคัญของประสบการณ์การเรียนรู้เชิงปฏิบัติ และบทบาทสำคัญของความเข้าใจของผู้ปกครอง การศึกษาเน้นย้ำความจำเป็นของการใช้แนวทางสหวิทยาการ โครงสร้างการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่น การพิจารณาด้านจริยธรรม และการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการพัฒนาโปรแกรมการรู้เรื่องปัญญาประดิษฐ์ ผลการศึกษานี้มีส่วนช่วยในการพัฒนาองค์ความรู้ด้านการรู้ปัญญาประดิษฐ์ โดยนำเสนอเครื่องมือที่ผ่านการตรวจสอบและแนวทางปฏิบัติสำหรับการนำนวัตกรรมการเรียนรู้ไปใช้ในสถานศึกษา

คำสำคัญ: การรู้ปัญญาประดิษฐ์, ดิจิทัลแพลตฟอร์ม, ปัญญาประดิษฐ์ทางประสาทวิทยาเชิงสังคม, โมเดลนวัตกรรมการเรียนรู้

[1] สาขานวัตกรรม เทคโนโลยี และวิทยาการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40000

[2] สาขาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40000

[1] Innovation Technology and Learning Sciences Faculty of Education Khon Kaen University Khon Kaen 40000

[2] Curriculum and Instruction Faculty of Education Khon Kaen University Khon Kaen 40000

* Corresponding author : Kawith@kku.ac.th

Abstract

This research aimed to develop and validate a focus group discussion form for exploring stakeholders' perspectives on AI-based learning innovations. The study employed a mixed-method approach including interviews with two teachers from Khon Kaen University Demonstration School and quantitative validation through the Index of Item-Objective Congruence (IOC) by three experts. Data collection was conducted in two phases: preliminary quality assessment through structured interviews and face validity validation through expert evaluation. Results showed optimal content validity with an IOC value of 1.0 across all 11 items. Key findings revealed significant insights into AI literacy education, including the need for integrated approaches combining AI with neuroscience and social contexts, the importance of practical learning experiences, and the crucial role of parental understanding. The study emphasized the necessity of a multi-disciplinary approach, flexible learning structures, ethical considerations, and stakeholder engagement in developing AI literacy programs. These findings contribute to the growing field of AI literacy education by providing validated instruments and practical guidelines for implementing innovative learning models in educational settings.

Keywords: AI literacy, Digital platform, Innovative learning model, Social neuro artificial intelligence

Introduction

The rapid evolution of AI technology signals a transformative epoch in digital advancement, characterized by sophisticated computational capabilities and machine learning algorithms (Russell & Norvig, 2020). AI literacy emerges as a critical competency for students' academic and professional success in this technological paradigm (Touretzky et al., 2019). While pedagogical methodologies for AI instruction remain understudied (Zawacki-Richter et al., 2019), this research proposes an innovative learning model integrating social neuro AI on digital platforms.

According to Casal-Otero et al. (2023), AI literacy encompasses competencies across three fundamental dimensions: understanding AI concepts, comprehending AI operational mechanisms, and adapting to AI-integrated living. This multifaceted literacy has emerged as a critical contemporary concern across scholarly literature. Liu & Sönmez (2023) observe that AI and machine learning technologies are transforming reading behaviors, potentially increasing literacy while diminishing traditional reading practices. Morrill & Noetel (2023) identify a concerning trend where AI's superior performance capabilities foster excessive dependence on these systems. Chu-Ke & Dong (2024) further note that this dependency is complicated by AI-generated misinformation, highlighting the necessity for both ethical AI development and comprehensive literacy education. In the media context, Deuze & Beckett (2022) examine how journalism's engagement with AI reveals persistent challenges in addressing ethical considerations and dismantling the misconception of AI infallibility, which impedes a nuanced understanding of human-AI interactions. The implementation of AI literacy interventions represents an urgent educational imperative. These educational initiatives are essential for fostering comprehensive understanding while mitigating excessive dependence on artificial intelligence systems. Long and Magerko (2020) emphasize that AI literacy development is particularly crucial within Southeast Asian elementary education contexts, where balancing AI's benefits against

potential drawbacks becomes increasingly significant. Their research further indicates the growing importance of incorporating Algorithm Literacy (AL) into existing Media and Information Literacy (MIL) frameworks. This integration aims to develop users' critical evaluation skills regarding algorithmic systems and enhance their ability to identify and counter social media disinformation.

Focus group discussions (FGDs) are a qualitative research method that facilitates the collection of data through interactive group dialogue, allowing participants to share experiences and perspectives on specific topics. The role of the moderator is crucial, as they guide the discussion, ensuring it remains organized and productive while fostering collaboration among participants (Ho, 2024). Face validity is a crucial aspect of psychological assessment and research, defined as the degree to which test items appear relevant and appropriate to the test-takers. It encompasses the clarity, relevance, and sensitivity of a measure, ensuring that participants find items understandable and non-intrusive (Allen et al., 2023). This concept is often confused with content validity, which focuses on whether items adequately represent the theoretical construct being measured (Lim, 2024).

Accordingly, the research seeks to assess the face validity of a focus group discussion recording form, which will be used to explore stakeholders' perspectives on the development of a learning innovation model. This model is intended to effectively and sustainably enhance AI literacy.

Objectives of the Study

1. To develop and validate the content validity of a focus group discussion recording form.
2. To gather perspectives and recommendations from stakeholders for the development of an innovative learning model.
3. To utilize the collected data in designing an effective learning innovation model on a digital platform

Research Framework and Hypotheses

Research Framework This study develops a conceptual framework by integrating three key theoretical and conceptual domains:

1. Artificial Intelligence Literacy (AI Literacy)

The concept of AI literacy has garnered considerable attention, with scholars offering various conceptual frameworks. One perspective, presented by Casal-Otero et al. (2023), frames AI literacy as a comprehensive skill set comprising three core dimensions: acquiring knowledge about AI systems, comprehending AI operational mechanisms, and adapting to coexist with AI technologies. Building on this understanding, Mageshkumar et al. (2024) expand the definition to encompass both practical competencies and broader awareness, emphasizing the importance of critical engagement with AI technologies while considering their societal and ethical ramifications.

Contemporary scholarship has established multifaceted conceptualizations of artificial intelligence literacy across various domains. Selema et al. (2024) posit that AI literacy encompasses both comprehension and practical application of AI technologies, with particular emphasis on its capacity to augment information literacy through individualized pedagogical approaches and optimized information acquisition methodologies.

Further expanding this discourse, Alamäki et al. (2024) contextualize AI literacy within sustainable development paradigms, highlighting the critical necessity of comprehending AI principles and implementations in addressing contemporary societal challenges. Their empirical investigation examines tertiary education students' conceptualizations of AI's role in sustainability initiatives.

In the context of linguistic industries, Krüger (2023) presents a theoretical framework emphasizing the imperative of understanding AI's foundational principles and operational capabilities, particularly in light of emergent language processing technologies exemplified by GPT-4.

Allen and Kendeou (2023) advance the discourse through their ED-AI Lit framework, which conceptualizes AI literacy within educational contexts. This comprehensive framework encompasses multiple dimensions: systems comprehension, impact assessment, collaborative engagement, contextual knowledge integration, autonomous agency promotion, and ethical considerations. This integrative approach provides a sophisticated analytical framework for examining the multifaceted nature of AI literacy within educational ecosystems.

2. Social Neuro Artificial Intelligence

The emergent field of Social Neuro AI constitutes a convergence of social neuroscience and artificial intelligence methodologies, wherein computational approaches are leveraged to elucidate social cognition and its underlying neural substrates. Contemporary investigations demonstrate the pervasive integration of artificial intelligence across multiple domains, notably neuroscience, fostering distinct theoretical and methodological frameworks within the social cognitive neuroscience paradigm (Fontaine et al., 2024).

Social Neuro AI represents an innovative method for advancing artificial intelligence through the incorporation of human social learning principles. According to Bolotta and Dumas (2022), AI systems with enhanced social capabilities can be developed by integrating three fundamental aspects:

1) Biological Plausibility: AI architecture development can be informed by analyzing human brain organization and function. The Global Workspace Theory's application in understanding human consciousness has influenced the creation of AI systems with improved information processing capabilities.

2) Temporal Dynamics: The incorporation of differential equations and recurrent neural networks enhances AI systems' learning capabilities and memory retention. This dynamic approach reflects the understanding that intelligence develops through real-time processing rather than static data analysis.

3) Social Embodiment: The physical manifestation of AI systems plays a crucial role in environmental interaction, particularly in social settings. Studies indicate that embodied robots demonstrate superior social interaction capabilities compared to virtual agents, utilizing physical features for communication and coordination.

According to McCarthy (2007), Artificial Intelligence enhances technological systems by replicating and extending human cognitive functions. Zawacki-Richter et al. (2019) identify AI as a comprehensive technical domain encompassing multiple specialized areas, including machine learning, natural language processing, and deep learning architectures. AI and its subsidiary fields are integrated into numerous everyday technological applications, though this integration often goes unrecognized. This pervasive integration manifests in common

technologies such as grammar correction software, navigation systems, social media algorithms, conversational interfaces, and automated cleaning devices.

3. Innovative Learning Model on Digital Platform

Von Thienen (2023) analyzes creativity, collaboration, and innovation through the lens of design thinking methodologies. While these concepts are grounded in design thinking principles, they demonstrate strong correlations with broader creativity research findings. By incorporating physiological research and engineering applications, the work bridges theoretical understanding with practical implementation. The study emphasizes how design thinking can be utilized to create ethically-driven innovations with meaningful societal impact. At its core, the research presents an adapted "4P" framework for creativity and innovation in design thinking: Creative Products, Processes, People, and Places. This structured approach serves as a comprehensive foundation for educational and research purposes, offering multiple perspectives for understanding and cultivating creative and innovative results.

In today's rapidly advancing educational technology landscape, digital platforms have emerged as essential educational tools. Noskova (2023) notes that the incorporation of digital pedagogical tools, encompassing information systems, communication platforms, and learning management frameworks, has necessitated a fundamental restructuring of educational methodologies.

Calderwood (2023) examines the socio-material implications of this shift, highlighting how educator-technology interactions have redefined teacher identities within digital learning spaces. Research by Pop-Păcurar et al. (2023) demonstrates that platform-based collaborative learning enhances student satisfaction and self-directed learning capabilities. Additionally, Smirnova et al. (2024) observes that digital platforms have revolutionized teacher training through innovative approaches, including online and asynchronous learning methods, reflecting the evolving nature of modern education.

Learning innovation encompasses novel educational approaches, methodologies, and inventions designed to optimize learning efficacy and efficiency (Rogers, 1995). As Schumpeter (1934) notes, it emphasizes modernizing traditional pedagogical approaches to align with contemporary contexts. According to Drucker (1985), these innovations manifest through various forms, including instructional media, pedagogical techniques, and learning management frameworks, all aimed at enhancing educational quality and academic performance.

Yusra et al. (2023) define learning innovation as the development and implementation of novel educational strategies that enhance student engagement and performance, promoting autonomous problem-solving and collaborative learning. Dailyt et al. (2023) demonstrate the practical application of these innovations through methods such as simulations in undergraduate education.

The interconnection between learning innovation and workplace development is emphasized by Billett & Yang (2023), who observe their simultaneous and interdependent evolution affecting employability and organizational effectiveness. George (2022) and Joscelyne (2020) highlight how learning innovation challenges conventional practices while fostering creativity and improved educational outcomes.

Contemporary perspectives from Asgerova (2024) frame educational innovation as the integration of novel ideas, processes, and tools to advance educational systems.

Research Hypotheses

Given that this research employs a qualitative methodology aimed at exploring and comprehending stakeholder perspectives, no statistical hypotheses are proposed. However, the following preliminary research assumptions have been formulated: Stakeholders are expected to present diverse perspectives on the development of the learning innovation model, contingent upon their respective roles, experiences, and expertise within their constituent groups. The focus group discussion instrument, having undergone content validity assessment, is anticipated to facilitate the collection of quality data that will prove instrumental in the development of the learning innovation model.

search Methodology

Research Instruments: In this research, the following instruments was employed:

Semi-structured Interview Form (Focus Group Discussion Form)

A semi-structured interview explored users' needs and experiences in developing an innovative learning model based on social neuro-artificial intelligence on a digital platform, According to McKenny & Reeves (2012), regarding questions on issues, context, and needs. Open-ended questions from a literature review were employed to allow respondents to answer freely. Additionally, recording devices and note-taking were utilized to maximize the effectiveness of data collection.

Instrument Development and Validation

1. The researcher studied theories, concepts, and principles from books, texts, documents, literature, and related research to guide the creation of the interview guide.

2. The researcher drafted a semi-structured interview guide covering the research objectives and specific interview terminology.

3. The researcher consulted with academic advisors, incorporating feedback to refine the interview guide to align with the research objectives.

4. The instrument was validated through face validity by presenting the interview guide to three experts to assess content coverage, language appropriateness, and relevance of the questions. The Index of Item-Objective Congruence (IOC) was calculated with the following criteria:

+1 for questions that align with the content

0 for questions that do not align with the content

-1 for questions that are inconsistent with the content

The IOC was calculated using the formula:

IOC = $\Sigma\frac{R}{N}$

IOC = is the item–objective congruence (IOC) index for the questions, as assessed by the experts.

$\Sigma\frac{R}{N}$ = is the total score from the experts

N = is the number of experts

An IOC closer to 1.0 indicates high content validity, while an IOC closer to 0 indicates low content validity. Negative values suggest that the instrument is not valid. The researcher then revised the interview questions based on expert feedback before using the instrument in subsequent interviews.

Target group

The target group consists of three experts specializing in IOC assessment. The sample for interviews includes two instructors who serve as key informants in the study: 1) the Head of the Science and Technology Learning Area, and 2) the Deputy Director of the school.

Variables

User Perspective, including: User needs for developing an innovative learning model on digital platforms, Faculty of Education and Khon Kaen University Demonstration Elementary School (Suksasart) policies

Research Site

Khon Kaen University Demonstration Elementary School (Suksasart), Faculty of Education

Instrument Development Process

The development of the focus group discussion form encompassed five systematic phases.

The initial phase involved a comprehensive review and analysis of pertinent literature, encompassing theoretical frameworks and empirical studies related to Social Neuro AI, AI Literacy, innovative learning model development on digital platforms, and focus group discussion methodologies. Following McKenny & Reeves' (2012) framework, the analysis focused on identifying critical components concerning problems, contexts, and essential requirements, which subsequently informed the construction of the focus group discussion framework.

The second phase entailed the construction of the focus group discussion form. The structural framework was established in accordance with McKenny & Reeves' (2012) guidelines, specifically addressing questions pertaining to problems, contexts, and needs assessment. Content validity was verified through comprehensive conceptual framework alignment.

In the third phase, preliminary quality assessment was conducted through in–depth interviews with two faculty members. These evaluations examined the structural appropriateness, clarity of discussion points, and comprehensiveness of content coverage within the conceptual framework. The feedback was systematically analyzed and incorporated into subsequent revisions of the recording form.

The fourth phase focused on establishing face validity through the Index of Item–Objective Congruence (IOC) evaluation. This process involved developing an IOC assessment form with specified evaluation criteria and

assessment matrices. Three experts were carefully selected based on their research expertise, experience in AI and education, and proficiency in research instrument development. The evaluation process included distributing assessment forms to experts, collecting responses, and conducting both item-level and overall IOC analyses, supplemented by qualitative recommendations.

The final phase consisted of refinement and finalization. This involved a meticulous analysis of the IOC results, with particular attention to items scoring below the 0.50 threshold. Modifications were implemented based on expert recommendations, culminating in the production of the definitive version of the focus group discussion form.

Data Collection

The data collection methodology was systematically executed in two distinct phases.

The initial phase focused on preliminary quality assessment through structured interviews with two faculty members. This process commenced with the establishment of formal communication channels and scheduling of interview sessions. Comprehensive preparation of research instruments was undertaken, including the draft focus group discussion form, semi-structured interview protocols, and audio recording equipment for subsequent transcription purposes. The interview process adhered to established research protocols, beginning with a thorough explanation of the study's objectives, obtaining informed consent for audio recording, and proceeding with the structured inquiry according to predetermined thematic areas. All interviews were meticulously documented through audio recordings and subsequently transcribed for detailed analysis.

The second phase concentrated on the validation of face validity through expert evaluation. This phase began with the systematic selection and recruitment of three qualified experts based on predetermined criteria. A comprehensive documentation package was prepared for expert review, comprising formal invitation letters, the Index of Item-Objective Congruence (IOC) assessment form, the revised focus group discussion form, and supplementary evaluation materials. The distribution of evaluation materials to experts was accompanied by clear specifications regarding the review timeline and submission procedures for assessment outcomes. The data collection process concluded with systematic monitoring and compilation of expert evaluations, ensuring completeness of assessments and comprehensive documentation of qualitative recommendations.

Data Analysis: The analysis process encompasses the collection of expert evaluations and employs two primary analytical approaches: IOC (Index of Item-Objective Congruence) calculation and qualitative content analysis of interview data, The IOC analysis is conducted both at individual item level and comprehensively across all items. For interview content analysis.

Interview Data Processing: Audio recording transcription, Systematic data organization following thematic sequences, Categorical classification, Implementation of Content Analysis methodology, involving: Data segregation into relevant categories, Identification of primary and secondary themes from interview data

Content Interpretation: The analysis involves: Pattern and trend identification within the data, Recognition of recurring opinions or suggestions from interviewees, Synthesis of key findings from each classified category, Correlation analysis with research objectives, specifically examining: How interview content supports or

illuminates recommendations for learning innovation model development, Application of findings for dialogue record form improvement, Integration of insights into model development recommendations

Results

Table 1 Recommendations of interviews with teachers regarding the appropriateness of interview questions.

Item No.	Questions	Recommendations
Q1	What challenges exist in the school's AI learning management? How does current AI learning align with faculty policies? How do you perceive these issues, and through what incidents? How do you identify discrepancies between practice and policy directives?	Questions should be asked one at a time to allow respondents to carefully consider and provide precise, comprehensive answers.
Q2	What challenges do stakeholders (teachers, students, administrators) face in developing AI Literacy? How do these issues manifest in teaching and learning processes? Considering social neuro AI principles—encompassing biological plausibility, temporal dynamics, and social embodiment—how might these three dimensions be integrated to enhance AI Literacy development?	Pre-Interview Preparations: Define technical terminology to ensure mutual understanding (e.g., three-dimensional temporal dynamics), Consider including parents' perspectives for more comprehensive data, Rephrase "stakeholders" followed by "in your opinion" for better comprehension
Q3	Are the issues mentioned in Q1 and Q2 crucial for learners' contemporary life circumstances? Please elaborate on your reasoning.	Simplify language for better accessibility
Q4	How would you propose allocating learning resources to implement social neuro AI concepts for enhancing students' AI Literacy?	Correct any grammatical errors
Q5	What are the current institutional policies and guidelines regarding AI literacy curriculum management?	When referring to educational institutions, specify "your institution" if targeting specific institutions, omit if addressing national context
Q6	What characterizes the current AI literacy learning and teaching approaches on digital platforms?	
Q7	If developing a digital platform learning innovation model/teaching model to enhance AI Literacy, what characteristics should it possess? Which learning paradigms or theories do you advocate, and why?	Present questions individually

Item No.	Questions	Recommendations
Q8	What potential challenges or facilitating factors might arise in implementing the approach described in Q7? Please explain your reasoning.	Reorganize the sequence between challenges/obstacles and supporting factors
Q9	How can the aforementioned environmental factors (resources, time, policy support, etc.) be effectively utilized in teaching to enhance AI Literacy?	–
Q10	To what extent do stakeholders consider AI literacy challenges significant and worthy of address?	–
Q11	What solutions do stakeholders propose for developing learning models to enhance AI Literacy, including activity design, technology integration, or resource management?	Avoid providing leading examples when seeking open-ended responses to encourage independent thinking and diverse answers

The pilot group's feedback emphasizes the importance of asking questions one at a time to enable respondents to think critically and provide detailed answers. Preparations for interviews should include defining technical terms, such as "three-dimensional temporal dynamics," to ensure clarity, and considering parents' viewpoints for a more holistic understanding. Language should be simplified for accessibility, and grammatical errors corrected. When addressing educational institutions, the term "your institution" should be used for specificity, while it can be omitted in broader contexts. Questions should be presented individually, and the order of challenges and supporting factors should be reorganized. Additionally, it's crucial to avoid leading examples when soliciting open-ended responses to promote independent thought and a variety of answers.

Table 2 Key finding

Item No.	Key finding	
	Teacher 1	Teacher 2
Q1	Effective AI learning management requires a dedicated team and alignment with educational policy. Current challenges include classroom size, lack of specific AI resources, and infrastructure constraints, which hinder individualized learning and complete integration.	AI learning isn't just computer-based but involves developing systems that mimic human thinking. Current policies lack a formal AI curriculum, emphasizing teacher training rather than student development.
Q2	Stakeholders in AI learning include teachers, students, administrators, and parents. The challenge lies in students' diverse understanding and readiness levels.	AI literacy goes beyond tool use, teaching students how AI is created and used. Integrating social contexts enhances understanding,

Item No.	Key finding	
	Teacher 1	Teacher 2
	A potential solution is to integrate concepts from neuroscience and biology to enhance understanding of both AI and human cognition.	connecting AI to various historical periods and its evolving role.
Q3	Recognizing AI's relevance in daily life is crucial as it significantly impacts society and everyday technology use.	With AI embedded in daily life and industries, it's crucial in education for future adaptability, giving students the skills to engage responsibly with advancing technology.
Q4	Resource requirements for effective AI learning management encompass human, material, and environmental resources, with a need for further clarification on specific needs.	AI education should build critical, ethical thinking in students. Government support with resources can prepare students for AI innovation and societal impact.
Q5	AI education is a priority as it reflects current lifestyles and aligns with national policies to ensure students develop age-appropriate technological competencies.	Khon Kaen University Demonstration School's AI curriculum fosters innovation, helping students develop projects that align with university goals for advanced skills.
Q6	The AI learning model should allow self-paced learning and deliver real-time feedback to support effective and responsive student learning.	Practical AI training focuses on using sensors and devices, where students lead their learning with teacher support, fostering a deeper understanding of AI.
Q7	A successful AI learning model should have structured, step-by-step learning, allow age-appropriate self-learning, involve parental feedback, and be based on tested theories for reliability.	A unified AI platform integrating diverse tools could enhance students' problem-solving abilities, applying AI to real-world challenges for societal benefit.
Q8	Time is a major challenge in developing an AI learning model, while supportive factors include the availability of learning data and detailed feedback for continuous improvement.	Misconceptions about AI limit parental support. Educating parents on AI's depth could foster broader backing for student learning.
Q9	Sufficient resources, time, and commitment from both students and teachers are crucial for smooth and effective AI learning management, ultimately raising AI literacy.	Ongoing AI learning lets students integrate it into daily life, making applications practical and reinforcing understanding through real-world usage.
Q10	In-depth knowledge of AI is essential for contributing effectively to the teaching and resolution of issues in AI education.	Comprehensive AI education covers both operational knowledge and ethics, preparing

Item No.	Key finding	
	Teacher 1	Teacher 2
		students for responsible AI use in an evolving society.
Q11	AI learning innovations should be clear, accessible, and practical for both teachers and students. The model should allow students to complete projects independently, ensuring that they can meet objectives without undue parental assistance.	Showcasing student AI projects promotes innovation and practical application. Resources and hands-on tools align student work with broader goals and policies.

key relationships and insights can be summarized as follows: 1) AI Learning Management Approach: Teacher 1 emphasizes the need for a dedicated team and specialized resources for effective AI learning management, while Teacher 2 views AI learning as the development of systems that mimic human thinking, which is not yet formally included in educational policy. 2) Developing AI Knowledge: Teacher 1 suggests integrating other disciplines, like neuroscience and biology, to enhance understanding of AI and human cognition, while Teacher 2 focuses on teaching AI knowledge within social and historical contexts. 3) Importance of AI in Daily Life: Both teachers agree that AI has a significant impact on society and daily life and is essential for preparing students for the future. 4) Resource Requirements: Teacher 1 highlights the need for specific resources, while Teacher 2 emphasizes government support for resources to foster ethical thinking in students about AI. 5) Skill and Project Development: Teacher 1 stresses skill development aligned with national policies, while Teacher 2 focuses on encouraging innovative projects that align with university goals. 6) Flexible Learning and Tools: Teacher 1 highlights the need for flexible, responsive learning, whereas Teacher 2 emphasizes practical training with sensors and devices that allow students to learn independently. 7) Parental Understanding of AI: Teacher 1 mentions that time is a major challenge in developing AI learning models, while Teacher 2 notes that misconceptions about AI among parents can hinder support, suggesting that educating parents could improve their backing. 8) Application of AI in Daily Life: Teacher 1 emphasizes the need for resources, time, and commitment, while Teacher 2 focuses on continuous learning, helping students apply AI in practical, everyday contexts. 9) Knowledge and Ethics: Teacher 1 stresses the importance of deep AI knowledge for effective teaching, while Teacher 2 highlights a comprehensive AI education that includes ethics, preparing students for responsible use of AI. 10) AI Project Innovation: Teacher 1 emphasizes clarity, accessibility, and practical use in AI innovations, while Teacher 2 focuses on showcasing innovative student projects, supported by hands-on resources aligned with broader educational goals.

IOC Values for Focus Group Discussion Form Questions

IOC Values for Focus Group Discussion Form Questions in tile “The Development of Innovative Learning Model on Digital Platform Based on Social Neuro Artificial Intelligence to Enhance Artificial Intelligence Literacy”. Following McKenny & Reeves (2012) Framework, Addressing Issues of Problems, Context, and Needs Assessment

Table 3 IOC Values for Focus Group Discussion Form Questions

Item No.	Description	Expert Weightings		
		Expert 1	Expert 2	Expert 3
Q1	What challenges exist in the school's AI learning management? How does current AI learning align with faculty policies? How do you perceive these issues, and through what incidents? How do you identify discrepancies between practice and policy directives?	+1	+1	+1
Q2	What challenges do stakeholders (teachers, students, administrators) face in developing AI Literacy? How do these issues manifest in teaching and learning processes? Considering social neuro AI principles—encompassing biological plausibility, temporal dynamics, and social embodiment—how might these three dimensions be integrated to enhance AI Literacy development?	+1	+1	+1
Q3	Are the issues mentioned in Q1 and Q2 crucial for learners' contemporary life circumstances? Please elaborate on your reasoning.	+1	+1	+1
Q4	How would you propose allocating learning resources to implement social neuro AI concepts for enhancing students' AI Literacy?	+1	+1	+1
Q5	What are the current institutional policies and guidelines regarding AI literacy curriculum management?	+1	+1	+1
Q6	What characterizes the current AI literacy learning and teaching approaches on digital platforms?	+1	+1	+1
Q7	If developing a digital platform learning innovation model/teaching model to enhance AI Literacy, what characteristics should it possess? Which learning paradigms or theories do you advocate, and why?	+1	+1	+1
Q8	What potential challenges or facilitating factors might arise in implementing the approach described in Q7? Please explain your reasoning.	+1	+1	+1
Q9	How can the aforementioned environmental factors (resources, time, policy support, etc.) be effectively utilized in teaching to enhance AI Literacy?	+1	+1	+1
Q10	To what extent do stakeholders consider AI literacy challenges significant and worthy of address?	+1	+1	+1
Q11	What solutions do stakeholders propose for developing learning models to enhance AI Literacy, including activity design, technology integration, or resource management?	+1	+1	+1
IOC		+1	+1	+1

The Focus Group Discussion Form Questions comprise three main aspects: Issues of Problems, Context, and Needs Assessment, totaling 11 items. The questions underwent content validity examination by three experts using the Index of Item–Objective Congruence (IOC). All items achieved an IOC value of 1.0, the researcher modified the questions according to expert recommendations and conducted a pilot test with two instructors from Khon Kaen University Demonstration School in detail: additional formatting recommendation, Include repeated table headers in the question form format and recommended that interview questions clearly define the understanding of AI linguistics, as potential response deviations may arise from those lacking a thorough understanding. The researcher should specify the target audience, and additional clarification may be needed when interviewing general stakeholders in a school context.

Conclusion and Discussion

The research findings, which demonstrated an IOC value of 1.0 across all items in the focus group discussion form, underscore the instrument's robustness and methodological soundness. This exceptional result can be attributed to the strategic application of relevant theories and principles in its development. The design process adhered to rigorous standards grounded in neuroscience and social contexts, emphasizing their critical role in ensuring content validity and the appropriateness of the form's questions.

The integration of neuroscience principles, such as biological plausibility, temporal dynamics, and social embodiment (Bolotta & Dumas, 2022), contributed significantly to developing questions that reflect the cognitive and social dynamics of AI literacy. For example, questions exploring the challenges and opportunities in AI learning management were crafted to align with stakeholders' cognitive readiness and the social structures influencing educational contexts. These principles facilitated the creation of questions that resonate with participants' experiences and foster meaningful dialogue.

Similarly, social theories, including those related to power dynamics and stakeholder engagement, formulated questions that address disparities in AI access and literacy development. This alignment with social neuro–AI principles ensured the instrument's capacity to capture diverse perspectives on the interplay between technological advancements and societal impacts.

Key factors contributing to the instrument's high quality include its clarity of purpose, the iterative refinement process based on expert feedback, and its alignment with research objectives. For instance, questions like "What potential challenges or facilitating factors might arise in implementing the approach described?" exemplify the form’s ability to elicit comprehensive and reflective responses. Including specific terminology and examples from AI literacy, such as temporal dynamics, further enhanced the precision and relevance of the questions.

The implications of these findings extend beyond the development of this particular instrument. They highlight the importance of a multi–disciplinary approach in educational research. Incorporating neuroscience and social theories into the instrument's design process improves its validity and enriches the depth of insights gained.

Moreover, the iterative design process, supported by structured expert validation and stakeholder feedback, is a model for developing robust tools in similar research contexts.

Future studies could expand on this foundation by exploring how these validated instruments perform in diverse educational settings and with varying participant demographics. Linking the findings to broader theoretical frameworks, such as the ED–AI Lit framework (Allen & Kendeou, 2023), could further strengthen the conceptual rigor of research in AI literacy and its pedagogical applications. This approach ensures that the research aligns with global educational imperatives and contributes meaningfully to the discourse on innovative learning models

Recommendations

For Practical Implementation:

1. Establish dedicated AI learning teams in schools, Create specialized learning materials and tools, Develop user–friendly digital platforms for AI education
2. Implement teacher training programs on AI literacy, Organize parent education workshops to address AI misconceptions, Create community awareness programs about AI in education
3. Incorporate AI literacy across different subjects, Develop practical, hands–on learning activities, Include ethical considerations in AI education

For Future Research:

1. Conduct longitudinal studies on the effectiveness of AI literacy programs, Evaluate the impact of parental involvement in AI education, Assess the relationship between AI literacy and student achievement
2. Research effective integration of social neuroscience in AI education, Study adaptability of AI literacy models across different educational contexts, Investigate innovative assessment methods for AI literacy
3. Explore student perceptions and experiences with AI learning, Study teacher adaptation to AI–integrated teaching methods, Examine administrative challenges in implementing AI education
4. The questions are appropriate for the context of inquiring with target groups in educational settings that are designed to enhance AI literacy or digital technology skills.

This study provides a foundation for future research in AI literacy education while offering practical guidelines for implementing innovative learning models in educational settings. The findings contribute to the growing body of knowledge on integrating AI literacy in education while highlighting the importance of stakeholder involvement in educational innovation development.

Acknowledgments

I would like to express my sincere gratitude and appreciation to all those who have contributed to the success of this research study "Finding Face Validity of Focus Group Discussion Form on Exploring Stakeholders' Perspectives on The Development of Innovative Learning Model on Digital Platform Based on Social Neuro Artificial Intelligence to Enhance Artificial Intelligence Literacy."

First and foremost, I am deeply grateful to Assistant Professor Dr. Sanit Srikoon, my thesis advisor, for his valuable guidance, support, and expertise throughout this research journey.

I would like to extend my appreciation to Khon Kaen University Demonstration School for providing the research site and facilitating the data collection process. Special thanks to the Head of Science and Technology Department and the Deputy Director of Khon Kaen University Demonstration School for their participation in the interviews and valuable insights.

I am particularly thankful to the three expert reviewers who dedicated their time and expertise to validate the research instruments. Their professional judgment and constructive feedback were instrumental in ensuring the quality of this research.

References

Alamäki, A., Nyberg, C., Kimberley, A., & Salonen, A. (2024). **Artificial intelligence literacy in sustainable development: A learning experiment in higher education.** Frontiers in Education. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1343406

Billett, S., & Yang, S. (2023). **Innovations and learning at work. In Handbook of Adult and Lifelong Education.** Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003227946-19

Bolotta, S., & Dumas, G. (2022). **Social Neuro AI: Social interaction as the "dark matter" of AI.** Frontiers in Computer Science, 4. https://doi.org/10.3389/fcomp.2022.846440

Boak, G. (2022). **Action learning and innovation.** Action Learning: Research and Practice. https://doi.org/10.1080/14767333.2022.2130721

Calderwood, S. J. (2023). **An exploration of human and platform intra-actions in a digital teaching and learning environment.** Learning, Media and Technology. https://doi.org/10.1080/17439884.2023.2285820

Casal-Otero, L., Catala, A., Fernández-Morante, C., Cebreiro, B., & García-López, R. (2023). **AI literacy in K-12: A systematic literature review.** International Journal of STEM Education, 10(1), 29. https://doi.org/10.1186/s40594-023-00418-7

Chu-Ke, C., & Dong, Y. (2024). **Misinformation and literacies in the era of generative artificial intelligence: A brief overview and a call for future research.** https://doi.org/10.1177/27523543241240285

Dailyt, G. S., Persegona, K. R. O., Lowen, I. M. V., & Rozin, L. (2023). **Metodologias de ensino-aprendizagem para o desenvolvimento de competências de inovação na graduação em enfermagem.** https://doi.org/10.22421/1517-7130/es.2023v24.e959

Debbie, G. E. Ho. (2024). Focus Groups. **The Encyclopedia of Applied Linguistics.** https://doi.org/10.1002/9781405198431.wbeal0418.pub2

Deuze, M., & Beckett, C. (2022). **Imagination, algorithms and news: Developing AI literacy for journalism.** Digital Journalism. https://doi.org/10.1080/21670811.2022.2119152

Drucker, P. F. (1985). **Innovation and entrepreneurship: Practice and principles. Harper & Row.**

Fontaine, S., Gargiulo, F., Dubois, M., & Tubaro, P. (2024). **Epistemic integration and social segregation of AI in neuroscience.** Applied Network Science. https://doi.org/10.1007/s41109-024-00618-2

Ho, D. E. (2024). **Focus Groups.** The Encyclopedia of Applied Linguistics. https://doi.org/10.1002/9781405198431.wbeal0418.pub2

Khadija, A. (2024). **Innovation as a factor activating the pedagogical process in the modern era.** Наукові праці. https://doi.org/10.62706/bqiz.2024.v18i1.110

Krüger, R. (2023). **Artificial intelligence literacy for the language industry – with particular emphasis on recent large language models such as GPT-4.** Lebende Sprachen. https://doi.org/10.1515/les-2023-0024

Laura, K. A., & Kendeou, P. (2023). **ED-AI Lit: An interdisciplinary framework for AI literacy in education.** Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences. https://doi.org/10.1177/23727322231220339

Liu, X., & Sönmez, A. R. (2023). **Artificial intelligence in literacy.** https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818630-5.07005-6

Long, D., & Magerko, B. (2020). **What is AI literacy? Competencies and design considerations.** Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1-16. https://doi.org/10.1145/3313831.3376727

Mageshkumar, N., Naarayanasamy, P., & Varadarajan, V. (2024). **Educational Program for AI Literacy.** In Advances in library and information science (ALIS) book series. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-5593-0.ch010

McCarthy, J. (2007). **From here to human-level AI.** Artificial Intelligence, 171(18), 1174-1182. https://doi.org/10.1016/j.artint.2007.10.009

McKenney, S., & Reeves, T. (2012). **Conducting educational design research.** Routledge.

Miss, A., Robson, D. A., & Iliescu, D. (2023). **Face Validity. European Journal of Psychological Assessment.** https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000777

Morrill, J. S., & Noetel, M. (2023). **A short-form AI literacy intervention can reduce over-reliance on AI.** https://doi.org/10.31234/osf.io/hv9qc

Noskova, T. N. (2023). **Digital educational environment: the methodological aspect of launching innovations.** Informatika i obrazovanie. https://doi.org/10.32517/0234-0453-2023-38-6-45-51

Pop-Păcurar, I., Dumulescu, D., & Kenyeres, M. (2023). **Digital Technologies for Open and Collaborative Teaching. A Brief Framework.** Studia Universitatis Babeş-Bolyai. https://doi.org/10.24193/subbpsyped.2023.2.08

Priscila, J. A. M. (2020). **La innovación del aprendizaje en el contexto universitario.** https://doi.org/10.46780/CUNZAC.V3I1.21

Rogers, E. M. (1995). **Diffusion of innovations (4th ed.).** Free Press.

Russell, S., & Norvig, P. (2020**). Artificial intelligence: A modern approach (4th ed.).** Pearson.

Schumpeter, J. A. (1934**). The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle.** Harvard University Press.

Selema, T., Ontebetse, M., Mbali, Z., Mokale, K., Mila-Ndenge, N., Ndlovu, N., Cavall, J., Barends, M., Xesi, X., & Yanga, L. (2024**). Information literacy in the artificial intelligence sphere.** In Advances in library and information science (ALIS) book series. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1143-1.ch006

Smirnova, Z. V., Skachkova, E. G., Semakhin, E. A., Romanovskaya, E. V., & Andryashina, N. S. (2024). **Digital platforms of educational services: Problems and development prospects. Advances in Science, Technology & Innovation.** https://doi.org/10.1007/978-3-031-49711-7_48

Touretzky, D. S., Gardner-McCune, C., Martin, F., & Seehorn, D. (2019). **Envisioning AI for K-12: What should every child know about AI? Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence,** 33(1), 9795-9799. https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33019795

Von Thienen, J. (2023). **Integrated science.** Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15959-6

Weng, M. L. (2024). **A typology of validity: content, face, convergent, discriminant, nomological and predictive validity.** Journal of Trade Science. https://doi.org/10.1108/jts-03-2024-0016

Wongwanich, S. (2020). **Design research in education. Chulalongkorn University Press.**

Yusra, H., & Sinaga, A. T. M. (2023). **Sosialisasi Pembelajaran Inovatif dengan Strategi Literasi di SMP se-Kabupaten Batanghari.** Bidik. https://doi.org/10.31849/bidik.v3i2.13348

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., Gouverneur, F., Lam, P., Marsh, J., Braun, M., Buntins, K., & Gulson, K. N. (2019). **Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? International.** Journal of Educational Technology in Higher Education, 16, 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

แหล่งรายได้และการถือครองทรัพย์สินของครัวเรือนเกษตรกร: ความแตกต่างระหว่างภูมิภาค

Multiple sources of income and asset holding of agricultural households: Notes of regional disparities

ดิเรก ปัทมสิริวัฒน์[1], ภาวิณี สตาร์เจล[2*] และ สุวิมล เฮงพัฒนา[3]

Direk Patmasiriwa[t1], Pawanee Stargel[2*] and Suwimon Hengpatthana[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้นำเสนอผลการศึกษาเชิงประจักษ์ของรายได้และการถือครองทรัพย์สินของครัวเรือนเกษตรกรจากข้อมูลการสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือนของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปี 2566 รายงานความแตกต่างระหว่างภูมิภาคเนื่องจากสภาพเศรษฐกิจและภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า ก) แหล่งรายได้สำคัญมาจาก 4 แหล่งได้แก่ รายได้จากการเกษตร ค่าจ้างเงินเดือน รายได้นอกการเกษตร และรายได้เงินโอนจากสมาชิกที่ออกไปทำงานนอกพื้นที่ สะท้อนให้เห็นถึงการปรับตัวของครัวเรือนเกษตรกรรมที่พยายามหารายได้จากหลายแหล่งที่แตกต่างกัน และการใช้เวลาในการทำการเกษตรอาจลดลงอย่างมากเนื่องจากการใช้เครื่องจักรและการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี ข) การเป็นเจ้าของที่ดินเพื่อการเกษตรยังคงมีความสำคัญต่อการสร้างรายได้จากเกษตรกรรม แต่สัดส่วนของที่ดินเพื่อการเกษตรแตกต่างกันไปในแต่ละภูมิภาค และเกษตรกรที่ไม่มีที่ดินมีอัตราที่สูงที่สุดในภาคเหนือ (ร้อยละ 28) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของประเทศที่ร้อยละ 15 ค) ความเหลื่อมล้ำด้านรายได้ที่วัดจากดัชนี Gini มีค่าเท่ากับ 0.40 ขณะที่ดัชนี Gini สำหรับความเหลื่อมล้ำการถือครองทรัพย์สินมีค่าอยู่ที่ 0.54 แสดงว่าอัตราความเหลื่อมล้ำกันสูง ง) สัดส่วนของรายได้เงินโอนจากสมาชิกที่ออกไปทำงานนอกพื้นที่มีสูงกว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ ซึ่งบ่งชี้ถึงความกดดันที่แตกต่างกันในการหารายได้เพิ่มเติมจากภายนอก

คำสำคัญ การสร้างรายได้ของครัวเรือนเกษตรกร, ความไม่เท่าเทียมกันทางรายได้ในแต่ละภูมิภาค, ความไม่เท่าเทียมกันของทรัพย์สิน, ดัชนี Gini

[1] ศาสตราจารย์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[2] อาจารย์ คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10110

[1] Professor, National Institute of Development Administration, Faculty of Business, Economics, and Communications, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2] Lecturer, Faculty of Business Administration, Economics, and Communications, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[3] Assistant Professor, Faculty of Economics, Srinakharinwirot University, Bangkok, 10110

*Corresponding author : pawineec@nu.ac.th

Abstract

This paper presents an empirical investigation on income generation and asset possession of Thai agricultural households, based on a large-scale sampling survey of the National Statistical Office, conducted in BE2566. and reports regional variations due to different geo-economic conditions. Among our findings: i) 4 major sources of income are: farm income, wage income, non-farm income and remittance income respectively—and these imply evolution of agricultural households as they seek to earn additional sources of income beside farm income, and that time-utilization on farm might have reduced significantly due to mechanization and technological changes; ii) agricultural land ownership remains important for farm income generation—yet the proportion of farm land varies over regions and the incidence of landless farmer highest in the northern region (28%) compared with 15% of the national average; iii) income inequality as measured by Gini coefficient was 0.40 whereas the Gini coefficient for asset inequality stood at 0.54 suggesting high incidence of inequality; iv) the percentage share of remittance income were higher in the northeast and the north implying different pressure to seek additional revenue from outside.

Keywords: Income generation of agricultural household, Regional income inequality, Asset inequality, Gini coefficient

บทนำ

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตรได้จดทะเบียนครัวเรือนเกษตรกรทุกปี โดยระบุว่ามีครัวเรือนที่ประกอบอาชีพการเกษตรจำนวน 7.7 ล้านครัวเรือน และจำนวนเกษตรกร 8.8 ล้านคน (สถิติ ณ เดือนกันยายน 2567)[4] สะท้อนว่าภาคการเกษตรยังคงมีความสำคัญสูงวัดจากการเป็นแหล่งการจ้างงานกล่าวคือประชากรผู้ใหญ่ร้อยละ 22 ยังคงทำงานประกอบอาชีพในภาคการเกษตร ในขณะที่สถิติบัญชีประชาชาติระบุว่ามูลค่าเพิ่มการเกษตรคิดเป็นเพียงร้อยละ 8.72 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติเท่านั้น (Gross Domestic Products: GDP) อย่างไรก็ตามตัวเลขค่าเฉลี่ยประเทศอาจให้ภาพลวงตา เมื่อศึกษาลึกลงเป็นรายภาคจะเห็นว่าภาคการเกษตรยังคงมีความสำคัญสูงในภาคใต้ ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กล่าวคือสัดส่วนมูลค่าการเกษตรต่อผลิตภัณฑ์จังหวัด (Gross Provincial Products: GPP) เกินกว่าร้อยละ 20 ของมูลค่าเพิ่มรายภาค[5] อย่างไรก็ตามมูลค่าเพิ่มสาขาอุตสาหกรรมส่วนหนึ่งมาจากผลผลิตการเกษตร (เช่น อุตสาหกรรมแปรรูป ซึ่งมาจากสินค้าเกษตรเป็นปัจจัยนำเข้าสำคัญ)

[4] ตัวเลขที่เจาะจงคือ 7,702,308 ครัวเรือน และ 8,853,747 คน ตามลำดับ

[5] สถิติบัญชีประชาชาติรายจังหวัด ในปี 2565 รายงานว่าสัดส่วนสาขาเกษตรเท่ากับร้อยละ 8.72 ของผลรวม GPP ทั้งประเทศ แต่หากพิจารณารายภาคเช่นภาคใต้สัดส่วนร้อยละ 26.83 ภาคเหนือร้อยละ 23.36

ภูมิภาค	มูลค่าเพิ่มเกษตร	ผลิตภัณฑ์จังหวัด	สัดส่วนการเกษตร
	ล้านบาท		ร้อยละ
ตะวันออกเฉียงเหนือ	363,913	1,755,393	20.73
เหนือ	307,325	1,315,813	23.36
ใต้	373,256	1,391,168	26.83

บทความวิจัยนี้เสนอการวิเคราะห์เชิงประจักษ์เกี่ยวกับรายได้และการถือครองทรัพย์สินของครัวเรือนเกษตรกร โดยอิงผลสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือนของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปี 2566 เพื่อทดสอบข้อสันนิษฐานบางประการ คือ รายได้ของครัวเรือนนั้นส่วนใหญ่มาจากหลายแหล่ง นอกเหนือจากรายได้การเกษตร ยังมีรายได้จากค่าจ้างเงินเดือน รายได้นอกภาคการเกษตร รายได้เงินโอนที่สมาชิกออกไปทำงานนอกพื้นที่ และรายได้เงินโอนจากรัฐ (สวัสดิการต่างๆ) ซึ่งการเป็นครัวเรือนเกษตรกรมิได้หมายความว่ารายได้การเกษตรเป็น“รายได้หลัก” (เกินกว่าร้อยละ 50) เสมอไปสะท้อนถึงวิวัฒนาการและการปรับตัวของครัวเรือนเกษตร[6] นอกจากนี้เสนอการวิเคราะห์ความเหลื่อมล้ำของรายได้และทรัพย์สิน (ดัชนีจินี) และข้อสังเกตความแตกต่างด้านปัจจัยการผลิต (การถือครองที่ดิน) พฤติกรรมที่แตกต่างกันตามสภาพเศรษฐกิจแต่ละภูมิภาคเช่นการส่งสมาชิกออกไปทำงานนอกพื้นที่ และการทดสอบทางสถิติ heterogeneity test ระหว่างภูมิภาคในกลุ่มครัวเรือนเกษตรกร

วัตถุประสงค์การวิจัย

หนึ่ง เพื่อวิเคราะห์ความสำคัญของแหล่งรายได้ (income source) แต่ละแหล่งในครัวเรือนเกษตรกร

สอง เพื่อวิเคราะห์การถือครองทรัพย์สิน (household asset) ตลอดช่วงอายุของหัวหน้าครัวเรือน ซึ่งเป็นผลลัพธ์ของรายได้และการออมและปัจจัยภายนอกอื่นๆ

เนื้อหาของบทความนี้ประกอบด้วย 5 ส่วน ส่วนแรกเป็นบทนำ ส่วนที่สองอธิบายกรอบการวิจัย ตัวแปรและสมมติฐานการวิจัย ส่วนที่สามเสนอผลการศึกษาเชิงประจักษ์ ส่วนที่สี่สรุป และส่วนที่ห้าอภิปรายผลและข้อเสนอการวิจัยในอนาคต

กรอบการวิจัย ตัวแปรและข้อสมมติฐาน

หน่วยวิเคราะห์หมายถึงครัวเรือนเกษตรกร ซึ่งเป็น 1 ใน 6 ชนชั้นอาชีพ (socio-economic groups) ที่ผู้วิจัยได้จัดกลุ่มจากข้อมูลการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติ โดยประกอบด้วย เกษตรกรที่มีที่ดินทำกิน เกษตรกรที่ไม่มีที่ดินทำกิน ผู้ประกอบการ นักวิชาชีพ แรงงานทั่วไป และผู้สูงอายุหรือมิได้ทำงาน ตัวแปรที่ให้ความสำคัญคือ แหล่งรายได้ของครัวเรือนเกษตรกรที่มาจากหลายแหล่ง การถือครองทรัพย์สิน และตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น อายุ ระดับการศึกษาของหัวหน้าครัวเรือน ขนาดการถือครองที่ดิน การมีที่ดินเพื่อการเกษตรของตนเอง

ตะวันออก	217,463	3,281,703	6.63
ตะวันตก	143,362	635,921	22.54
กลาง	62,893	901,679	6.98
กทม และปริมณฑล	47,957	8,096,340	0.59
รวม	**1,516,169**	**17,378,017**	**8.72**

[6] สาเหตุของการปรับตัว **หนึ่ง** ความจำเป็นต้องหารายได้เพิ่มนอกเหนือจากอาชีพประจำคือการเกษตร ประกอบกับการเดินทางออกนอกพื้นที่เช่นชนบทเข้าไปในเมืองทำได้สะดวก ต้นทุนต่ำกว่าในอดีต **สอง** การใช้เวลาในฟาร์ม (time-utilization on farm) ลดลงเนื่องจากการใช้เทคโนโลยีเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ หรือการจ้างในกระบวนการหว่านไถเก็บเกี่ยว

ความแตกต่างของแหล่งรายได้ (income sources) และการถือครองทรัพย์สิน (household asset) เป็นตัวแปรสำคัญที่หลายศาสตร์ให้ความสนใจ กล่าวคือเศรษฐศาสตร์ การจัดการ สังคมวิทยา ฯลฯ และน้อมนำแนวคิด/ทฤษฎีเพื่อเป็นกรอบการวิจัย เช่น ทฤษฎีทุนมนุษย์ (human capital theory) ให้ความสำคัญกับ “ทุนมนุษย์” ซึ่งเกิดจากการเรียนรู้อย่างเป็นทางการหรือไม่เป็นทางการ ส่งผลต่อผลิตภาพการผลิต ความสามารถการหารายได้ การตลาด การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ ทฤษฎีวงจรชีวิต (life–cycle theory) อธิบายพฤติกรรมทางเศรษฐกิจของครัวเรือน ซึ่งโดยทั่วไปมีสมาชิกหลายวัยดำรงอยู่ร่วมกัน คือ วัยเด็ก วัยทำงาน วัยสูงอายุ ครัวเรือนจำเป็นต้องมีรายได้จากการทำงาน การออม การถือครองทรัพย์สิน และตระหนักถึงความไม่จีรังในชีวิตคือการเปลี่ยนผ่านจากวัยเด็ก วัยทำงาน วัยสูงอายุ เนื่องจากช่วงเวลาการหารายได้มีจำกัด (40–50 ปี) จึงต้องเก็บออมเพื่อการดำรงชีพอย่างมีคุณภาพตามอัตภาพในวัยสูงอายุ หรือการถ่ายโอนทรัพย์สินเป็นมรดกให้ลูกหลาน ทฤษฎีนี้ตระหนักถึงการแบ่งปันทรัพยากรร่วมกัน (รายได้ – การออม – ทรัพย์สิน) ความหวังดีภายในครอบครัวและการช่วยเหลือกันเช่นวัยเด็กได้รับการสนับสนุนให้ศึกษาเล่าเรียนและการเลี้ยงดู เมื่อผู้ปกครองเข้าสู่ช่วงเกษียณจากการทำงานได้รับความช่วยเหลือจากลูกหลานทั้งด้านการเงินและ/หรือการช่วยเหลือลักษณะอื่น ทฤษฎีวิวัฒนาการ (evolutionary theory) เป็นอีกแนวคิดหนึ่งที่นำมาประยุกต์ใช้โดยมีข้อสังเกตว่า ครัวเรือนเกษตรกรปรับตัวอย่างมากในช่วง 5 ทศวรรษที่ผ่านมา อาทิเช่น ก) การปลูกพืชชนิดใหม่เช่นยางพารา ทุเรียน พืชยืนต้น โดยการเรียนรู้ข้ามพื้นที่ เช่น ในอดีตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือไม่ปลูกยางพารา ปัจจุบันมีพื้นที่ยางพาราและผลไม้จำนวนมาก ข) การใช้พืชพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลตอบแทนสูงขึ้นต้านทานโรคได้มากขึ้นหรือพืชไวแสงที่ร่นระยะเวลาเก็บเกี่ยว ค) การแสวงหารายได้อื่นนอกเหนือจากอาชีพดั้งเดิมคือการเพาะปลูก จากการรับจ้างหรือนำสินค้าไปจำหน่ายในเมือง หรือการส่งสมาชิกครัวเรือนไปทำงานนอกพื้นที่ ง) การลดเวลาทำงานในฟาร์ม (time–utilization on farm) โดยใช้เครื่องจักรกลอุปกรณ์หรือการว่าจ้างในกระบวนการไถหว่านเก็บเกี่ยว

ตัวแปรในแบบจำลอง

(1) Hinc หมายถึง รายได้ครัวเรือนเกษตรกร จำแนกออกเป็น 5 องค์ประกอบคือรายได้การเกษตร (yfarm) ค่าจ้างเงินเดือน (ywage) รายได้นอกการเกษตร (ynfarm) รายได้เงินโอนจากสมาชิกที่ออกไปทำงานนอกพื้นที่ (yremit) รายได้เงินโอนจากรัฐในรูปความช่วยเหลือหรือสวัสดิการ (yassist) หน่วย บาทต่อเดือน

(2) สัดส่วนของรายได้ของครัวเรือนเกษตรกร (shy1 shy2 shy3 shy4 shy5) หมายถึง สัดส่วนร้อยละของรายได้ห้าแหล่งดังกล่าวข้างต้นเปรียบเทียบกับรายได้รวมของครัวเรือนเกษตร

(3) ที่ดินการเกษตร (agrland) ยังคงเป็นหนึ่งในปัจจัยการผลิตที่สำคัญสำหรับครัวเรือนเกษตรกร คือส่งผลบวกต่อผลผลิตและรายได้ แต่ที่ดินการเกษตรมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากการขายที่ดินเพื่อเป็นชุมชนที่อยู่อาศัยและร้านค้า ตามการขยายตัวของเมือง และอัตราการไม่มีที่ดินทำกินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (อย่างน้อยในบางภูมิภาค)

(4) จำนวนสมาชิกที่ทำงานหารายได้เข้าครอบครัว (earner)

(5) ทรัพย์สินครัวเรือน (household asset) หมายถึง ผลรวมของทรัพย์สินครัวเรือนซึ่งรวมบ้านและที่ดิน ยานพาหนะ ทรัพย์สินทางการเงิน

(6) ระดับการศึกษาของหัวหน้าครัวเรือน (yred) โดยสันนิษฐานว่าเป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญและมีผลต่อการตัดสินใจ เช่น การเลือกอาชีพหรือเทคนิคการเพาะปลูก การยอมรับเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ การตลาดหรือการจำหน่ายผลิตภัณฑ์

(7) อายุของหัวหน้าครัวเรือนซึ่งสะท้อนประสบการณ์ทำงาน[7]

(8) สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในระหว่างภูมิภาค เช่น สภาพที่ดินการเกษตรมีชลประทาน ไม่มีชลประทาน พื้นที่ราบสูง พื้นที่ราบลุ่ม ฯลฯ ซึ่งส่งผลต่อการทำงานหรือเลือกอาชีพ เช่น ในพื้นที่แห้งแล้งไม่อุดมสมบูรณ์ สมาชิกครัวเรือนอาจจะปรับตัวออกไปทำงานหารายได้นอกพื้นที่และส่งเงินกลับมาช่วยครอบครัว (remittance income)

(9) ความเหลื่อมล้ำของรายได้ครัวเรือนเกษตรกร และ ความเหลื่อมล้ำการถือครองทรัพย์สิน วัดด้วยดัชนีจินี (Gini(capinc) และ Gini(capasset))

ข้อสมมติฐานในการวิจัย

H1 รายได้ครัวเรือนเกษตรกรมาจากหลายแหล่ง อย่างน้อย 5 แหล่งดังระบุข้างต้น ทั้งนี้อาจจะมีความแตกต่างใน “สัดส่วนรายได้เข้าครัวเรือน” ที่แตกต่างกันตามภูมิภาค เช่น ภาคกลางซึ่งมีที่ราบลุ่มอุดมสมบูรณ์และมีพื้นที่ชลประทานสูง ความจำเป็นที่จะต้องส่งสมาชิกออกไปทำงานนอกพื้นที่น้อยกว่าในภาคเหนือหรือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

H2 ความแตกต่างของขนาดการถือครองทรัพย์สินของครัวเรือนเกษตรกร ระหว่างพื้นที่ (ภูมิภาค) อย่างมีนัยสำคัญซึ่งสืบเนื่องจากความสามารถการหารายได้ที่แตกต่างกัน

วิธีวิทยาการวิจัย

งานวิจัยที่เกี่ยวเนื่องกับความเหลื่อมล้ำของรายได้มีการรายงานในหลายประเด็น อาทิ ผลงานวิจัยโดยชัชวาล เผ่าเพ็ง (2566) เสนอการวิเคราะห์ความเหลื่อมล้ำของรายได้ในครัวเรือนเกษตรกร โดยอิงผลสำรวจของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2562/2563 โดยมีจำนวนครัวเรือนที่นำมาวิเคราะห์ 6,790 ครัวเรือน (กระจายตามภูมิภาค กรุงเทพและปริมณฑล 253 ภาคกลาง 1496 ภาคเหนือ 1457 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2,809 และภาคใต้ 775 ครัวเรือน) การวิเคราะห์ความเหลื่อมล้ำของรายได้โดยแยกองค์ประกอบเป็น รายได้จากฟาร์ม รายได้นอกฟาร์ม รายได้เงินโอนจากสมาชิกครัวเรือนที่ทำงานนอกพื้นที่ รายได้เงินโอนจากรัฐคือเบี้ยยังชีพและสวัสดิการ โดยรายงานค่าดัชนีจินีเท่ากับ 0.45 และวัดรายได้ระหว่างกลุ่ม p90 ต่อกลุ่ม p10 พบว่า แตกต่างกัน 7.3 เท่า รายได้การเกษตรคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 50.5 รายได้นอกการเกษตรร้อยละ 34.9 รายได้เงินโอนร้อยละ 10.9 และรายได้จากการช่วยเหลือของภาครัฐร้อยละ 3.7 นอกจากนั้น ดิเรก ปัทมสิริวัฒน์ และสุวิมล เฮงพัฒนา (2016) ได้ศึกษาเรื่องความเหลื่อมล้ำในรายได้ การออม และความมั่งคั่งในชนบทของไทย โดยใช้การวิเคราะห์ Gini coefficient และความแตกต่างระหว่างอาชีพ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเหลื่อมล้ำในรายได้ในชนบทของไทยมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาจากอาชีพต่าง ๆ เช่น เกษตรกรและผู้ประกอบอาชีพนอกภาคเกษตรที่มีรายได้แตกต่างกันอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาจาก Gini coefficient ในการวัดความไม่เท่าเทียมกันของรายได้ พบว่าค่าของ Gini coefficient สูงขึ้นในพื้นที่ชนบท ซึ่งบ่งชี้ถึงระดับความเหลื่อมล้ำที่รุนแรงมากขึ้นในกลุ่มประชากรนี้ และผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่าความเหลื่อมล้ำรายได้ยังมีความสัมพันธ์กับประเภทอาชีพที่ทำ โดยผู้ที่ทำงานในอาชีพที่มีทักษะสูงมักจะมีรายได้และความมั่งคั่งมากกว่าผู้ที่

[7] เนื่องจากการประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นอาชีพอิสระ ไม่มีเงื่อนไขเกษียณ (ในกรณีข้าราชการหรือลูกจ้างภาคเอกชน) หัวหน้าครัวเรือนเกษตรกรที่สูงวัยยังคงทำงานประกอบอาชีพได้ โดยเพิ่มการจ้างงแรงงานหรือเครื่องจักรกลมาช่วยทำงาน

ทำงานในอาชีพที่มีทักษะต่ำ แลงานวิจัยของยังมีงานวิจัยของ Stark, Taylor, และ Yitzhaki (1986) ที่ได้ศึกษาบทบาทของการโอนเงิน (remittances) ต่อการเปลี่ยนแปลงความเหลื่อมล้ำทางรายได้ โดยเน้นไปที่ครัวเรือนในชนบทและประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งแรงงานที่อพยพไปทำงานในเมืองหรือในต่างประเทศ ส่งเงินกลับมาให้ครอบครัวในชนบท โดยใช้การเปรียบเทียบ Gini Coefficient ก่อนและหลังจากมีการรับเงินโอน เพื่อตรวจสอบว่าการส่งเงินมีผลต่อความเหลื่อมล้ำในเชิงบวกหรือลบ พบว่าเงินโอนมีผลต่อการลดความเหลื่อมล้ำในบางกรณีเนื่องจากเงินโอนสามารถช่วยลดความเหลื่อมล้ำได้หากถูกส่งไปยังครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำหรือปานกลาง ซึ่งใช้เงินเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต อย่างไรก็ตามเงินโอนก็สามารถเพิ่มความเหลื่อมล้ำในบางกรณีหากครัวเรือนที่มีฐานะดีอยู่แล้วได้รับเงินโอนมากกว่าครัวเรือนที่ยากจน ซึ่งมักเกิดขึ้นเมื่อครัวเรือนที่มีทรัพยากรมากกว่าสามารถส่งสมาชิกไปทำงานต่างประเทศได้

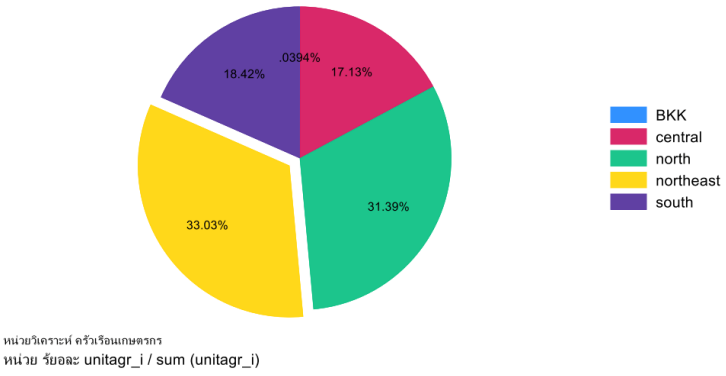
ผลงานวิจัยโดยสนิรัช แก้วมี และ ประพิณวดี ศิริศุภลักษณ์ (2550) ได้วิเคราะห์ประเด็นความยากจนในครัวเรือนเกษตรกรไทย มีความเชื่อมโยงกับหลายปัจจัย ทั้งด้านเศรษฐกิจ การศึกษา การถือครองที่ดิน และการเข้าถึงแหล่งทุน โดยใช้ผลสำรวจของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2544 และ 2545 ประกอบด้วย 11,131 ครัวเรือน ซึ่งพบว่าภาวะความยากจนพบว่าสูงที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปัจจัยทางเศรษฐกิจหรือรายได้จากการเกษตรที่ไม่แน่นอนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ครัวเรือนต้องเผชิญกับความยากจน ขณะที่ครัวเรือนที่มีรายได้จากกิจกรรมนอกภาคเกษตรมักมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจมากกว่า ระดับการศึกษาของหัวหน้าครัวเรือนมีความสัมพันธ์กับรายได้ ครัวเรือนที่หัวหน้ามีการศึกษาต่ำมีแนวโน้มที่จะยากจนมากกว่า ครัวเรือนที่มีที่ดินและทรัพย์สินเพียงพอมีโอกาสหลุดพ้นจากความยากจนได้ง่ายกว่า ขณะที่ครัวเรือนที่เช่าที่ดินหรือไม่มีทรัพย์สินมักประสบปัญหามากกว่า ส่วนปัจจัยด้านสังคมหรือการเข้าถึงแหล่งทุนและโอกาสทางสังคม เช่น เงินกู้ หรือความช่วยเหลือจากรัฐ มีบทบาทในการลดความยากจน นอกจากนั้นผลการศึกษาโดยทีมงานของธนาคารโลกซึ่งดำเนินการโดยนักวิชาการไทยและต่างชาติ เรียกย่อว่า โครงการ off-farm income และโครงการ land titling ในประเทศไทยในทศวรรษ 1980s โดยมีผลงานตีพิมพ์ระดับนานาชาติและระดับชาติ โดย Gershon Feder และ Tongroj Onchan (1987) ยังคงเป็นผลงานคลาสสิกและได้รับการอ้างอิงอย่างกว้างขวาง เสนอข้อสังเกตสำคัญและมีนัยต่อนโยบายกล่าวคือ ก) รายได้นอกฟาร์มมีความสำคัญต่อครัวเรือนเกษตรกร ข) ครัวเรือนเกษตรกรไทยที่ไม่มีที่ดินทำกินและการประกอบการเกษตรในพื้นที่สาธารณะ (ป่าเสื่อมโทรม) มีจำนวนมาก โดยปราศจากสิทธิความเป็นเจ้าของ ค) การไม่มีที่ดินทำกินทำให้ครัวเรือนเกษตรกรไม่สามารถเข้าถึงสินเชื่อจากสถาบันการเงิน และไม่มีแรงจูงใจในการพัฒนาคุณภาพที่ดิน ง) ผลงานวิจัยโดยทีมธนาคารโลกเสนอแนะนโยบายเร่งรัดการออกเอกสารสิทธิในที่ดิน ซึ่งหมายรวมถึงโฉนดที่ดินและเอกสารสิทธิ์รูปแบบอื่น เพื่อเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรปรับปรุงคุณภาพที่ดินและเข้าถึงสินเชื่อจากสถาบันการเงินเนื่องจากที่ดินสามารถใช้เป็นหลักประกัน (collateral) ในการขอสินเชื่อจากธนาคารหรือสถาบันการเงิน จากรายงานของธนาคารโลก (2022) ในการวิเคราะห์สภาพเศรษฐกิจของครัวเรือนในชนบทของไทย โดยรายงานระบุว่าครัวเรือนในชนบทพึ่งพาแหล่งรายได้ที่หลากหลาย ทั้งจากเกษตรกรรมและกิจกรรมที่ไม่เกี่ยว ข้องกับการเกษตร ในขณะที่การเกษตรยังคงมีความสำคัญ แต่กิจกรรมที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเกษตร (เช่น การค้าและบริการ) กลับมีบทบาทที่สำคัญมากขึ้นในการรักษาความมั่นคงทางการเงินของครัวเรือน รายงานยังชี้ให้เห็นว่ามีความเหลื่อมล้ำที่เพิ่มขึ้นระหว่างพื้นที่ชนบทและเมือง โดยครัวเรือนที่มีฐานะดีมักมีการเข้าถึงทรัพยากรที่ดีกว่า ทำให้ความไม่เท่าเทียมกันนั้นแย่ลง พบว่าเกษตรกรในพื้นที่ที่มีการพัฒนาเศรษฐกิจน้อยกว่าจะประสบปัญหาความเหลื่อมล้ำที่สูงกว่า และเกษตรกรยังเผชิญกับความท้าทายหลายประการ เช่น การเข้าถึงการศึกษา การเงิน และเทคโนโลยี ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาความสามารถในการผลิตและการสร้างรายได้ ในบทความเกี่ยวกับการศึกษาทางการเงินพบว่าการขาดแคลนสินเชื่อส่งผลต่อการลงทุนในภาคเกษตรและลดโอกาสในการเติบโต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการพัฒนานโยบายที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถ

ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงและการช็อกทางเศรษฐกิจ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเน้นถึงความสำคัญของการพัฒนาอย่างยั่งยืนในระยะยาว

Feder, Onchan, และ Raparla (1988) ได้วิเคราะห์บทบาทของหลักประกันและการค้ำประกันในการเข้าถึงเครดิตในภาคเกษตรกรรมของประเทศกำลังพัฒนาในเอเชีย พบว่าครัวเรือนเกษตรกรมักประสบปัญหาในการเข้าถึงแหล่งเงินทุน เนื่องจากการขาดหลักประกันที่เหมาะสมและระบบการเงินที่ไม่เพียงพอ ดังนั้น การใช้หลักประกันเช่น ที่ดินหรือทรัพย์สินอื่น ๆ เป็นวิธีที่สำคัญในการขอสินเชื่อ บทความชี้ให้เห็นว่าหลักประกันที่มั่นคงสามารถช่วยให้เกษตรกรเข้าถึงสินเชื่อได้ง่ายขึ้น นอกจากนั้น Feder, Onchan และ Chalamwong (1988) ได้ศึกษาเกี่ยวกับนโยบายที่ดินและผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตของฟาร์มในพื้นที่เขตสงวนป่าไม้ของประเทศไทยซึ่งรายงานว่า พื้นที่สงวนป่าไม้ในประเทศไทยมีความสำคัญต่อการพัฒนาเกษตรกรรมและเศรษฐกิจ แต่การเข้าถึงที่ดินและการใช้ประโยชน์จากที่ดินในพื้นที่ดังกล่าวมีข้อจำกัดมากมาย อาทิ ด้านกฎหมาย หากมีการปรับปรุงนโยบายการจัดการที่ดินเพื่อให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงที่ดินได้อย่างยั่งยืนจะกระตุ้นให้เกษตรกรลงทุนในที่ดินและเพิ่มผลิตภาพการผลิตในการทำเกษตรกรรมได้ดี และได้มีงานของ McNamara และ Weiss (2005) ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการรายได้ของครัวเรือนเกษตรกรที่มีทั้งรายได้จากกิจกรรมเกษตร (on-farm) และกิจกรรมที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเกษตร (off-farm) โดยมีการวิเคราะห์ความสำคัญของการกระจายแหล่งรายได้ในระดับครัวเรือนและผลกระทบต่อเสถียรภาพทางเศรษฐกิจของครัวเรือนเกษตรกร โดยผู้เขียนชี้ให้เห็นว่าการมีรายได้จากหลายแหล่งช่วยลดความเสี่ยงในการดำรงชีวิตและเพิ่มความมั่นคงทางเศรษฐกิจ เช่น หากการเกษตรประสบปัญหาผลผลิตต่ำ ครัวเรือนสามารถพึ่งพารายได้จากกิจกรรมที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเกษตรได้ ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นว่าการมีรายได้จากกิจกรรมที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเกษตรช่วยให้ครัวเรือนสามารถลงทุนในกิจกรรมทางการเกษตรได้มากขึ้น รวมถึงการปรับปรุงเทคโนโลยีการเกษตรและการบริหารจัดการฟาร์ม ซึ่งทำให้มีผลลัพธ์ทางเศรษฐกิจที่ดีขึ้น

ผลการศึกษา

สำนักงานสถิติแห่งชาติได้จัดสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน ในปี 2566 (SES66) เป็นการสุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่และเป็นระบบ ครอบคลุมทุกจังหวัดและเขตเมือง/ชนบท จำนวนทั้งสิ้น 49,667 ครัวเรือนในจำนวนนี้เป็นครัวเรือนเกษตรกร 13,346 ราย หรือ ร้อยละ 26.87 ของครัวเรือนตัวอย่างทั้งหมด



รูปภาพที่ 1 สัดส่วนร้อยละของครัวเรือนเกษตรกรกระจายในแต่ละภูมิภาค

ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างพบว่าในแต่ละภูมิภาค หัวหน้าครัวเรือนเกษตรกรมีอายุเฉลี่ย 59 ปี ยกเว้นกรุงเทพมหานคร สะท้อนว่ามีคนรุ่นใหม่มาทำงานประกอบอาชีพการเกษตร (ทันสมัยใช้พื้นที่น้อย) มีระดับการศึกษา 7-9 ปี ยกเว้นกรณีกรุงเทพฯ ที่มีการศึกษาเฉลี่ย 10.13 ปี เมื่อพิจารณาการมีที่ดินของตนเอง พบว่าในภาคเหนือน้อยที่สุดคือร้อยละ 53 โดยค่าเฉลี่ยของประเทศอยู่ที่ ร้อยละ 71 ของครัวเรือนเกษตรกรมีที่ดินทำกิน

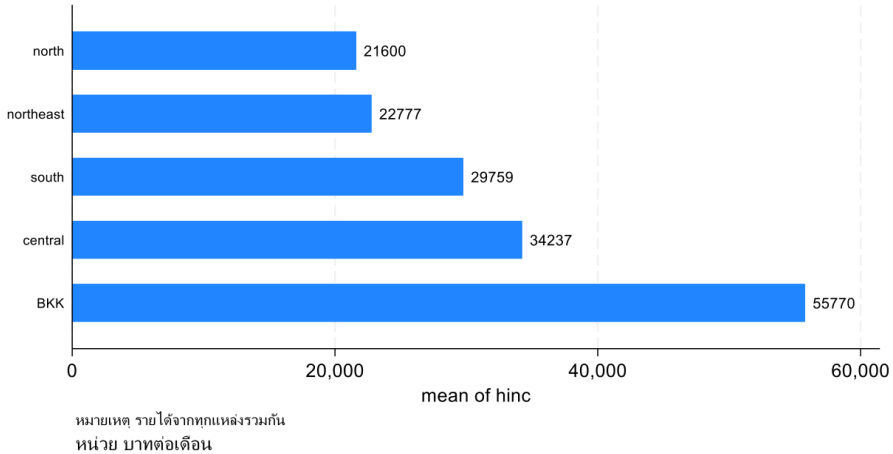
ตารางที่ 1 แสดงสถิติรายได้หลายแหล่งและการถือครองทรัพย์สินของครัวเรือนเกษตรกร พบว่า รายได้การเกษตรในภาคกลางและภาคใต้สูงที่สุดคือ 16,843 และ13,674 บาทต่อเดือนตามลำดับ ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือน้อยที่สุด 6,333 บาทต่อเดือน ค่าจ้างเงินเดือนสูงสุดในครัวเรือนเกษตรกรเขตกรุงเทพฯ 30,584 บาทต่อเดือน รองลงมา ภาคใต้และภาคกลาง 6,322 และ 6,198 บาทต่อเดือนตามลำดับ รายได้นอกการเกษตรสูงสุดในกรุงเทพฯ 9,307 บาทต่อเดือน และน้อยที่สุดในภาคเหนือ 1,900 บาทต่อเดือน รายได้จากเงินโอนสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2,559 บาทต่อเดือน และ 1,491 บาทต่อเดือนในภาคเหนือ สะท้อนความจำเป็นในสองพื้นที่ที่จำเป็นต้องหารายได้เสริมจากการให้สมาชิกออกไปทำงานนอกพื้นที่

ตารางที่ 1 สถิติรายได้หลายแหล่งและการถือครองทรัพย์สินของครัวเรือนเกษตรกร

ภูมิภาค	รายได้รวม	รายได้เกษตร	ค่าจ้าง	รายได้นอกเกษตร	เงินโอน	ทรัพย์สิน
	(บาทต่อเดือน)					(บาท)
กรุงเทพฯ	55,770	7,086	30,584	9,307	313	4,335,313
ภาคกลาง	34,237	16,843	6,198	3,672	1,159	3,258,272
ภาคเหนือ	21,600	8,605	3,475	1,900	1,491	1,889,971
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	22,777	6,333	4,255	2,299	2,559	2,369,405
ภาคใต้	29,759	13,674	6,322	2,983	906	2,969,639
ค่าเฉลี่ย	**25,437**	**9,922**	**4,684**	**2,517**	**1,739**	**2,466,973**

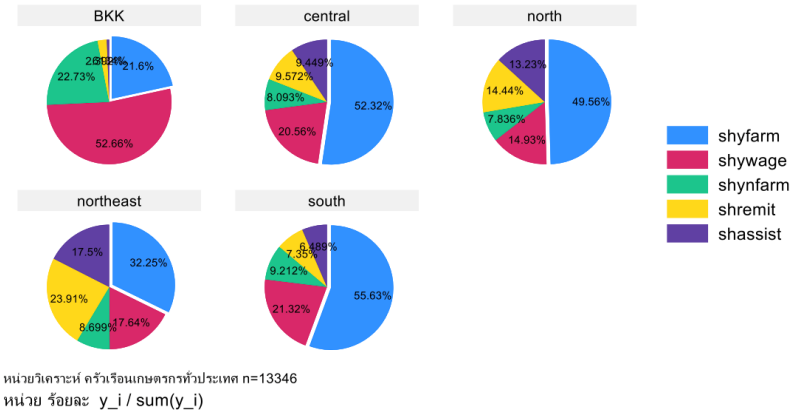
ที่มา สำนักงานสถิติแห่งชาติ

รูปภาพที่ 2 แสดงรายได้เฉลี่ยของครัวเรือนเกษตรกรในแต่ละภูมิภาค พบว่าครัวเรือนเกษตรกรในภาคเหนือมีรายได้น้อยที่สุด คือ 21,600 บาทต่อเดือน เปรียบเทียบกับภาคกลาง 34,237 บาทต่อเดือน และภาคใต้ 29,759 บาทต่อเดือน



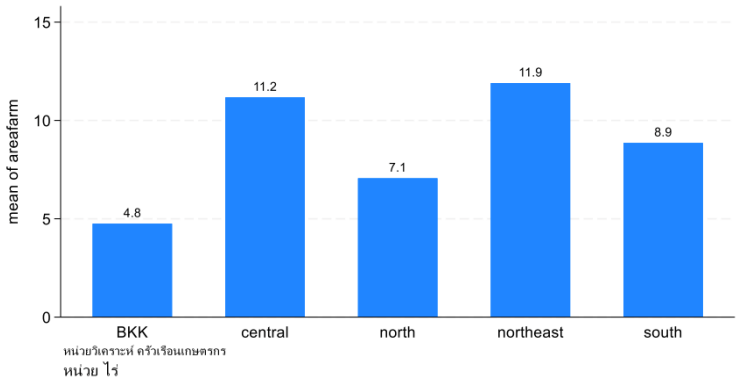
รูปภาพที่ 2 รายได้เฉลี่ยครัวเรือนเกษตรกรเปรียบเทียบระหว่างภูมิภาค (ที่มา สำนักงานสถิติแห่งชาติ)

เพื่อเข้าใจองค์ประกอบของรายได้ แสดงจากรูปภาพกราฟวงกลมและสถิติดังรูปภาพที่ 3 ข้อสังเกตสำคัญ คือ รายได้ฟาร์มยังคงเป็นรายได้หลักสำหรับภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ (สัดส่วนร้อยละ 50 หรือมากกว่านั้น) โดยมีที่ดินเป็นปัจจัยการผลิตสำคัญ และอาจจะเป็นคำอธิบายความสามารถในการหารายได้



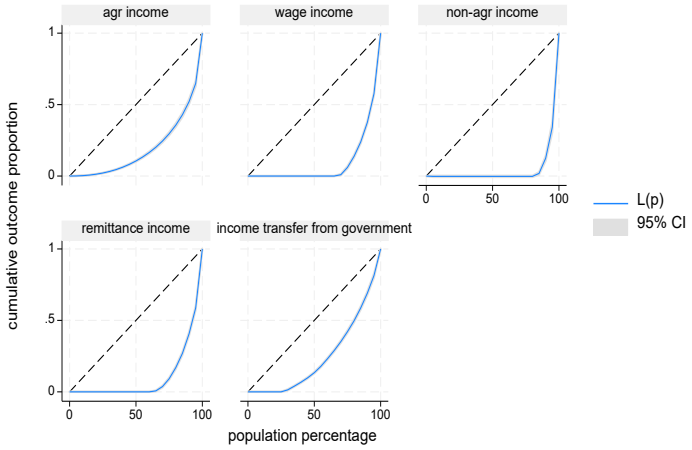
รูปภาพที่ 3 สัดส่วนร้อยละของรายได้ครัวเรือนเกษตรกร (ที่มา สำนักงานสถิติแห่งชาติ)

ข้อสังเกตจากรูปภาพที่ 4 พบว่าโดยเฉลี่ยครัวเรือนเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีที่ดินการเกษตรสูงที่สุด 11.9 ไร่ รองลงมาคือภาคกลาง ในขณะที่กรุงเทพมีที่ขนาดที่ดินทำกินเฉลี่ยต่ำที่สุด 4.8. ไร่ ภาคเหนือมีที่ดินการเกษตร 7.1 ไร่ ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีสัดส่วนครัวเรือนเกษตรที่ไม่มีที่ดินทำกินมากที่สุดรองลงมาคือภาคเหนือ



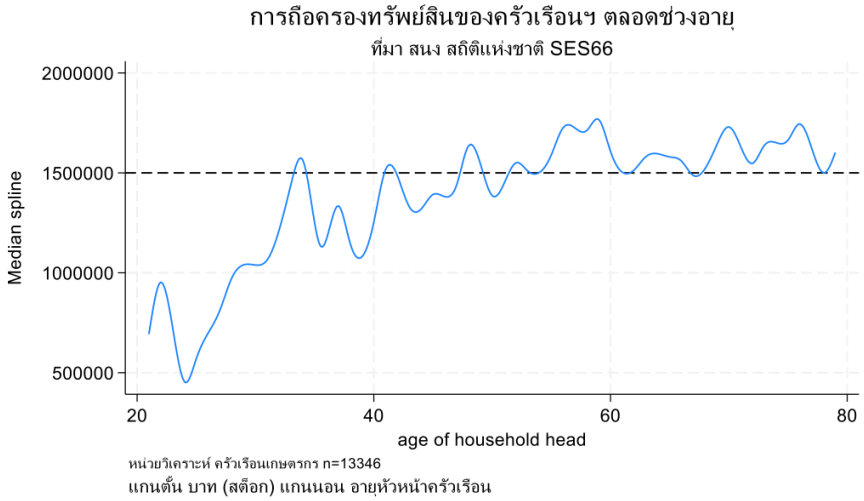
รูปภาพที่ 4 ขนาดที่ดินการเกษตรของครัวเรือนเกษตรกรเปรียบเทียบแต่ละภูมิภาค
(ที่มา สำนักงานสถิติแห่งชาติ)

รูปภาพที่ 5 แสดงเส้น Lorenz Curve ของสัดส่วนรายได้ครัวเรือนเกษตรกรจาก 5 แหล่งพบว่าความเหลื่อมล้ำจากรายได้แต่ละแหล่งแตกต่างกัน หากเส้น Lorenz curve ยิ่งห่างจากเส้น 45 องศามาก แสดงว่าเหลื่อมล้ำสูง รายได้จากนอกฟาร์ม รายได้จากค่าจ้างและรายได้จากเงินโอนจากสมาชิกที่ทำงานนอกพื้นที่มีความเหลื่อมล้ำสูงมากกว่ารายได้จากเกษตรและเงินช่วยเหลือจากรัฐ



รูปภาพที่ 5 แสดงเส้นโค้งลอเรนซ์ของรายได้แต่ละประเภท

ข้อสังเกตจากรูปภาพที่ 6 สัดส่วนการถือครองทรัพย์สินมากขึ้นตามอายุ หัวหน้าครัวเรือนอายุเฉลี่ย 55 ปีขึ้นไปมีสินทรัพย์เฉลี่ยมูลค่า 1.5 ล้านบาท



รูปภาพที่ 6 แสดงการถือครองทรัพย์สินของครัวเรือนเกษตรกรตามช่วงอายุ

เมื่อเปรียบเทียบรายได้จาก 5 แหล่งของครัวเรือนเกษตรดังตารางที่ 2 พบว่ารายได้เฉลี่ยจากการเกษตรสูงที่สุด 9,921.92 บาทต่อเดือน รองลงมาคือรายได้จากค่าจ้าง 4,683.57 บาทต่อเดือน เมื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อรายได้ครัวเรือนเกษตรกรพบว่าด้วยสมการถดถอยรีเกรสชันดังตารางที่ 3 พบว่าพื้นที่เกษตร จำนวนสมาชิกที่หารายได้ในครัวเรือน และระดับการศึกษาของหัวหน้าครัวเรือนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับรายได้ครัวเรือนเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่น่าสังเกตคือครัวเรือนเกษตรกรในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้มีรายได้ต่ำกว่าภาคกลาง

ตารางที่ 2 สถิติพรรณนาตัวแปรสำคัญในแบบจำลอง

ตัวแปร	ความถี่	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	ค่าต่ำ	ค่าสูง	ตัวย่อ
	ครัวเรือน		บาทต่อเดือน			
รายได้เกษตร	13,346	9,921.92	22,495.05	3	652,083	yfarm
รายได้ค่าจ้าง	13,346	4,683.57	10,259.34	0	156,817	ywage
รายได้นอกเกษตร	13,346	2,516.69	16,327.05	-70733	1,457,167	ynfarm
รายได้เงินโอน	13,346	1,739.34	4,031.27	0	100,000	yremit
เงินโอนจากรัฐ	13,346	1,150.57	1,597.01	0	130,000	yassist

ที่มา สำนักงานสถิติแห่งชาติ

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อรายได้ของครัวเรือนเกษตรกร

Source	SS	df	MS		
				Number of obs	= 12,690
				F(6, 12683)	= 315.64
Model	806.537251	6	134.422875	Prob > F	= 0.0000
Residual	5401.34836	12,683	.425873087	R-squared	= 0.1299
				Adj R-squared	= 0.1295
Total	6207.88561	12,689	.489233636	Root MSE	= .65259

lnhinc	Coefficient	Std. err.	t	P>|t|	[95% conf.	interval]
lnagrland	.0201847	.0041068	4.91	0.000	.0121347	.0282347
lnearner	.6983689	.0246477	28.33	0.000	.6500557	.7466821
lnyred	.4917205	.0193273	25.44	0.000	.4538361	.5296048
reg						
north	-.2347451	.0179136	-13.10	0.000	-.2698584	-.1996318
northeast	-.2000288	.0169678	-11.79	0.000	-.2332882	-.1667695
south	-.0777787	.02032	-3.83	0.000	-.1176089	-.0379484
_cons	8.99201	.0411187	218.68	0.000	8.911411	9.072608

หมายเหตุ: lnagrland = ขนาดที่ดินทำกิน (ค่าล็อก) lnearner = จำนวนสมาชิกผู้มีรายได้ในครัวเรือน (ค่าล็อก) lnyred = ระดับการศึกษาของหัวหน้าครัวเรือน (ค่าล็อก)

ข้อสังเกตจากตารางที่ 4 พบว่าครัวเรือนเกษตรกรในภาคกลางมีรายได้จากการทำการเกษตรสูงที่สุด 349,119 บาทต่อปี รองลงมาคือภาคใต้ ในขณะที่ครัวเรือนเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีรายได้จากการเกษตรต่ำที่สุด ปีละ 96,613 บาทต่อปี

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบรายได้จากการเกษตรระหว่างภูมิภาค

	รายได้จากการเกษตร เปรียบเทียบระหว่างภูมิภาค (บาทต่อปี)				
ภูมิภาค	จำนวนครัวเรือน	ค่าเฉลี่ย	p25	p50	p75
กรุงเทพ	*8*	171,063	117,000	151,250	187,500
กลาง	*1,807*	349,119	77,400	174,600	369,360
เหนือ	*3,587*	170,769	39,000	91,200	200,000
ตะวันออกเฉียงเหนือ	*6,155*	96,613	25,200	50,736	108,000
ใต้	*1,938*	211,891	62,100	120,000	240,000
รวม	***13,495***	**166,734**	**34,000**	**79,200**	**178,800**

ที่มา สำนักงานสถิติแห่งชาติ

การอภิปรายผลจากการวิเคราะห์ในตารางที่ 5 เพื่อสะท้อนความเหลื่อมล้ำของรายได้ (ครัวเรือนเกษตรซึ่งแยกเป็น 5 ประเภท) ตีความได้ดังนี้ **ก)** รายได้จากฟาร์มถือเป็นรายได้หลัก สัดส่วนร้อยละ 49.6 รองลงมารายได้จากค่าจ้างเงินเดือน สัดส่วนร้อยละ 23.4 **ข)** การคำนวณดัชนีจินีของแต่ละองค์ประกอบ แสดงความเหลื่อมล้ำในรายได้ฟาร์ม 0.62 ในขณะที่รายได้นอกฟาร์มดัชนีจินีเท่า 0.919 **ค)** ตามสูตรการคำนวณของ Lerman & Yittzhaki ให้ความสำคัญกับค่าสหสัมพันธ์ระหว่างรายได้แยกองค์ประกอบ กับผลรวม **ง)** สดมภ์ที่สี่ แสดงสัดส่วนของความเหลื่อมล้ำรายได้รวม จากองค์ประกอบรายได้[8] **จ)** สดมภ์ที่ห้า สะท้อน marginal change ของการเปลี่ยนแปลงรายได้องค์ประกอบ ว่าทำให้เพิ่มความเหลื่อมล้ำ (ค่าบวก) หรือลดความเหลื่อมล้ำ (ค่าลบ) โดยค่า marginal change ติดลบหมายถึง กลุ่มครัวเรือนจนมีโอกาสได้รับรายได้ (การโอนจากสมาชิกไปทำงานนอกพื้นที่) และ เงินโอนจากความช่วยเหลือของรัฐ

ตารางที่ 5 การแยกองค์ประกอบความเหลื่อมล้ำ (รายได้รวมของครัวเรือนเกษตรกร)

แหล่งรายได้	**น้ำหนัก**	**ดัชนีจินี**	**ค่าสหสัมพันธ์**	**สัดส่วนความเหลื่อมล้ำต่อรายได้รวม**	**marginal change**
	Sk	**Gk**	**Rk**	**Share**	**% Change**
รายได้เกษตร	0.4958	0.6213	0.7704	0.502	0.0062
รายได้ค่าจ้าง	0.2340	0.8166	0.7082	0.2863	0.0522
รายได้นอกเกษตร	0.1258	0.9198	0.6987	0.1709	0.0452
รายได้เงินโอน	0.0869	0.8006	0.2078	0.0306	-0.0563
โอนจากรัฐ	0.0575	0.5111	0.1646	0.0102	-0.0473
Total income		**0.4728**			

ที่มา สำนักงานสถิติแห่งชาติ

[8] เทคนิคเงินการ Normalized ค่าน้ำหนักให้เป็นค่าเท่ากับ 1 เพื่อง่ายต่อการตีความ

วิจารณ์และสรุปผล

ผลสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือนของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปี 2566 เป็นแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เพราะเป็นการสุ่มตัวอย่างจากทุกจังหวัดทั้งเมือง/ชนบท สอบถามจำนวนสมาชิกครัวเรือนและคนที่ทำงานหารายได้ ระบุรายได้ (หลายแหล่ง) ของแต่ละครัวเรือน ระบุปัจจัยการผลิต (เช่น ที่ดิน) จำนวนคนทำงาน จำนวนสมาชิกที่ออกไปทำงานนอกพื้นที่ อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดบางประการ เช่น ขนาดที่ดินไม่ได้สะท้อนคุณภาพของที่ดินทำกิน หรือการเข้าถึงชลประทาน นอกจากนี้เป็นผลสำรวจในปีเดียว 2566 และไม่มีข้อมูลการใช้เวลาของเกษตรกรในการทำกิจกรรม (ฟาร์ม รับจ้าง นอกฟาร์ม) ดังนั้น แบบจำลองที่นำเสนอมีจุดอ่อนที่เป็นปัญหาทั่วไปของการวิจัยที่เรียกว่า excluded variables อย่างไรก็ตาม เป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือและช่วยให้เข้าใจการกระจายรายได้ในกลุ่มครัวเรือนเกษตร รวมทั้งการถือครองทรัพย์สิน

ผลการศึกษาพบว่า มีความเหลื่อมล้ำของรายได้ในครัวเรือนเกษตรกร วัดด้วยดัชนีจินี เท่ากับ 0.47 ถือว่าเป็นแตกต่างที่สูง หนึ่งในปัจจัยสำคัญคือ การถือครองที่ดิน ซึ่งแตกต่างกันมาก กล่าวคือกลุ่มที่ไม่มีที่ดินทำกินและกลุ่มที่มีที่ดิน ขนาดการถือครองก็มีความแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคเหนือ ซึ่งที่ดินพื้นราบมีน้อย เป็นพื้นที่ป่าไม้และป่าอนุรักษ์ซึ่งกันไว้เป็นพื้นที่สาธารณะ อัตราการไม่มีที่ดินทำกินในภาคเหนือจึงสูงกว่าภาคอื่นๆ และขนาดการถือครองที่ดินในภาคเหนือต่ำกว่าภาคอื่นโดยเปรียบเทียบ สำหรับการเข้าถึงแหล่งชลประทาน ครัวเรือนเกษตรกรภาคกลางมีโอกาสเข้าถึงแหล่งน้ำชลประทาน และอาจจะด้วยเหตุนี้ครัวเรือนเกษตรกรในภาคเหนือและภาคอีสานจึงส่งสมาชิกไปทำงานนอกพื้นที่มากกว่าภาคอื่นๆ สะท้อนการปรับตัวของเกษตรกรตามเงื่อนไขความจำเป็นของแต่ละภูมิภาค

บทเรียนประการหนึ่งคือ รายได้ครัวเรือนเกษตรกรมาจากหลายแหล่ง เฉพาะรายได้จากฟาร์มมีเพียงประมาณร้อยละ 50 นอกนั้นต้องแสวงรายได้จากแหล่งอื่น คือ รับจ้าง หรือ การส่งสมาชิกไปทำงานนอกพื้นที่ ซึ่งถือเป็นการพึ่งพิงเงินโอนจากข้างนอกมากเกินไป ถือเป็นความเปราะบางอย่างหนึ่ง (ดิเรก ปัทมสิริวัฒน์และคณะ, 2567) เพราะนอกเหนือการควบคุม อนึ่งเมื่อเกิดภาวะเศรษฐกิจซบเซาหรือโรคระบาด (โควิด 19) การถูกเลิกจ้างหรือนโยบายให้หยุดประกอบกิจการชั่วคราวของรัฐบาล ย่อมส่งผลทางลบต่อรายได้เกษตรกร ความห่วงใยอีกประการหนึ่งคือ ครัวเรือนเกษตรกรโดยทั่วไปมีการศึกษาต่ำ และ อายุหัวหน้าครัวเรือนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสะท้อนว่าคนรุ่นหนุ่มสาวมิได้เลือกอาชีพเกษตรกร นิยมออกไปทำงานนอกฟาร์มมาก

สรุปผลและอภิปรายผล

บทความวิจัยนี้ประมวลผลสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ในปี 2566 เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบสถานะทางเศรษฐกิจโดยละเอียด ให้ความสำคัญกับ ก) รายได้ครัวเรือนซึ่งมาจากหลายแหล่ง ข) การถือครองทรัพย์สิน ของครัวเรือนเกษตรกรทั่วประเทศ นำมาทดสอบข้อสันนิษฐานความแตกต่างระหว่างภูมิภาค วัดความเหลื่อมล้ำของรายได้และการถือครองทรัพย์สิน ผลการศึกษาในประการสำคัญ **หนึ่ง** รายได้ครัวเรือนเกษตรกรจากการประกอบการเกษตร 9,922 บาทต่อเดือน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 36 ของรายได้ครัวเรือนทุกประเภทรวมกัน 25,437 บาทต่อเดือน รองลงมาคือรายได้จากค่าจ้างเงินเดือนสัดส่วนร้อยละ 33 รายได้เงินโอน (จากสมาชิกทำงานนอกพื้นที่) ร้อยละ 8.9 และรายได้นอกฟาร์มร้อยละ 6.8 ตามลำดับ นอกนั้นเป็นแหล่งรายได้อื่น สะท้อนว่าครัวเรือนเกษตรกรต้องปรับตัวโดยหารายได้เสริม ประกอบการการทำเกษตรในปัจจุบันใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ทำให้การใช้เวลาในฟาร์มหรือกิจกรรมเกษตรลดลงกว่าอดีต **สอง** การวัดความเหลื่อมล้ำรายได้และการถือครองทรัพย์สินด้วยดัชนีจินีเท่ากับ 0.47 และ 0.54 ตามลำดับ **สาม** ผลประมาณการสมการรีเกรสชัน สมการแรกรายได้

ฟาร์มยืนยันว่าที่ดินมีความสำคัญต่อตัวแปรเช่นเดียวกับทุนมนุษย์ และ สมการรีเกรสชันรายได้ 4 ประเภทรวมกันเป็นตัวแปรตาม ยืนยันว่า ทุนมนุษย์ จำนวนผู้หารายได้ และอายุของหัวหน้าครัวเรือนมีผลทางบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตาม **สี่** ตัวแปรดัมมีสะท้อนความแตกต่างระหว่างภูมิภาค ยืนยันว่า ภาคกลางมีรายได้สูงที่สุดอาจจะเป็นเพราะการมีที่ดินเป็นของตนเอง และการเข้าถึงแหล่งน้ำชลประทาน **ห้า** สถิติการถือครองทรัพย์สิน เปรียบเทียบ 6 ชนชั้นอาชีพ ครัวเรือนเกษตรกรอยู่ในลำดับที่สอง รองจากผู้ประกอบการ **หก** สำหรับครัวเรือนเกษตรกร การมีที่ดินทำกินถือเป็นปัจจัยสำคัญต่อการสร้างรายได้ แต่ในความเป็นจริงมีครัวเรือนจำนวนไม่น้อยที่ปราศจากที่ดินทำกิน ต้องใช้ที่ดินเช่า ซึ่งอาจจะไม่มีแรงจูงใจในการพัฒนาคุณภาพที่ดิน ฐานะเศรษฐกิจไม่ว่าจะวัดด้วยรายได้หรือการถือครองทรัพย์สิน ต่ำ ซึ่งสะท้อนความเปราะบางอย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นปัญหารุนแรงในภาคเหนือ

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนย่อยของโครงการวิจัย ครัวเรือนเปราะบาง การเปลี่ยนแปลงฐานะเศรษฐกิจของชนชั้นอาชีพ นโยบายการคลังงบประมาณภาครัฐ กับการลดความเหลื่อมล้ำโดยใช้ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ของหน่วยราชการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ 148 ถนนเสรีไทย บางกะปิ กรุงเทพ 10240 สนับสนุนโดยสำนักงานวิจัยแห่งชาติ รหัสโครงการ N32A660139.ปีงบประมาณ 2566 ขอขอบคุณหน่วยงานและผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะ

เอกสารอ้างอิง

Feder, G., & Onchan, T. (1987). **Land ownership security and farm investment in Thailand.** American Journal of Agricultural Economics, 69(2), 311–320.

Feder, G., Onchan, T., & Chalamwong, Y. (1988). **Land policies and farm performance in Thailand's forest reserve areas.** Economic Development and Cultural Change, 36(3), 483–501. https://doi.org/10.1086/451671

Feder, G., Onchan, T., & Raparla, T. (1988). **Collateral, guaranties and rural credit in developing countries: evidence from Asia.** Agricultural Economics, 2(3), 231–245.

Kaewmee, S., & Sirisupaluk, P. (2007). **Factor affecting poverty incidence of Thai agriculture household.** Asian Journal of Applied Economics, 14(1), 17–29. Retrieved from https://so01.tci-thaijo.org/index.php/AEJ/article/view/10528

McNamara, K. T., & Weiss, C. R. (2005). **Farm household income and on- and off-farm diversification.** Journal of Agricultural and Applied Economics, 37(1), 37–48. https://doi.org/10.22004/ag.econ.43711

Paopeng, C. (2023). **Income inequality among agricultural households in Thailand.** Development Economic Review, 17(2), 9–30.

Patmasiriwat, D., Ariyaapakamol, N., Hengpatana, S., Suwanvihok, V., Stargell, P., Ratchatapibulpob, P., Orsuwan, M., Phanthunane, P., Pumkaew, D., Soisamut, N., Sukhom, A., Kamunee, W., Inon, M. (2024). **Household Vulnerability and Government policy to lessen inequality.** National Research Council of Thailand (No. N32A660139).

Patmasiriwat, D., & Hengpatana, S. (2016). **Income, Saving and Wealth of Thai Rural Households: The Case Study of Saving Inadequacy.** Applied Economics Journal, 23(1),75–91.

Stark, O., Taylor, J. E., & Yitzhaki, S. (1986). **Remittances and inequality.** The economic Journal, 96(383), 722–740. https://doi.org/10.2307/2232987

World Bank. (2022). **Thailand rural income diagnostic: Challenges and opportunities for rural farmers.** Washington, DC: World Bank. https://hdl.handle.net/10986/38195

การศึกษาเพื่อประเมินความพร้อมของเกษตรกรสำหรับการนำเทคโนโลยีการเกษตรมาประยุกต์ใช้ ในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ประเทศไทย

Assessment of farmers' readiness for agricultural technology adoption in Mae Hong Son Province, Thailand

มนตรี สิงหะวาระ[1*], อารีย์ เชื้อเมืองพาน[1], กมลทิพย์ ปัญญาสิทธิ์[2] และ พันชิด ปิณฑะดิษ[3]

Montri Singhavara[1*], Aree Cheamuangphan[1], Kamoltip Panyasit[2] and Phunchit Pinthadit[3]

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยด้านทัศนคติที่มีผลต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีการเกษตรในการผลิตของเกษตรกรในจังหวัดแม่ฮ่องสอน ผ่านแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี โดยใช้การวิเคราะห์แบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง (Structural Equation Model: SEM) ในการวิจัยนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดแม่ฮ่องสอน เพื่อศึกษาความพร้อมของกลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่อความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีสำหรับการผลิต โดยในการศึกษานี้คือ อากาศยานไร้คนขับ (drone) และรถไถเดินตาม พบว่ามีความยอมรับหรือความตั้งใจที่จะใช้ในระดับสูงสุดในการตีความหมาย กรอบแนวคิดของการศึกษานี้ประกอบด้วยองค์ประกอบ 7 ประการที่แยกออกเป็นตัวแปรหลัก ซึ่งเป็นด้านของความพร้อมทางเทคโนโลยีในทั้ง 4 มิติ ได้แก่ การมองโลกในแง่ดี ความสนใจริเริ่มนวัตกรรม ความไม่สบายใจในการใช้เทคโนโลยี และความไม่มั่นใจในความปลอดภัยต่อเทคโนโลยีทางการเกษตร มีตัวแปรสื่อกลาง 2 ตัวแปร ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์ของเทคโนโลยีและการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานของเทคโนโลยี โดยมีความตั้งใจใช้เทคโนโลยีทางการเกษตรเป็นตัวแปรตาม ข้อมูลได้มาจากเกษตรกร 400 รายในจังหวัดแม่ฮ่องสอนในการสำรวจพื้นที่จริง

คำสำคัญ: เทคโนโลยีการผลิต, ความตั้งใจใช้งานจริง, แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี

[1] สาขาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[2] คณะสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย หนองคาย 43000

[3] สาขาเศรษฐศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการและสารสนเทศน์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Department of Economics, Faculty of Economics, Maejo University, Chiang Mai, 50290

[2] Faculty of Interdisciplinary Studies, Khon Kaen University, Nong Khai Campus, Nong Khai, 43000

[3] Department of Economics, Faculty of Management and Information, Phayao University, Phayao, 56000

*Corresponding author e-mail: montri_sh@gmaejo.mju.ac.th

Abstract

This article aims to study the attitudinal factors affecting the intention to use agricultural technology among farmers in Mae Hong Son Province, through the Technology Acceptance Model (TAM) using Structural Equation Modeling (SEM) analysis. In this research, data were collected from a group of farmers in Mae Hong Son Province to study the readiness of the sample group that affected the intention to use agricultural technology for production. The technologies in this study were drones and walking tractors. It was found that there was the highest level of acceptance or intention to use in the interpretation of meaning. This study's conceptual framework comprised seven elements that were separated into primary variables, which were the aspects of technological readiness in all four dimensions: optimism, innovation, insecurity, and discomfort. There were two mediating variables: perceived usefulness of technology and perceived ease of use of technology, with the intention to use agricultural technology serving as the dependent variable. Data was acquired from 400 farmers in Mae Hong Son Province during actual field surveys.

Keywords: Production technology, Intention to use technology, Acceptance model (TAM)

บทนำ

จังหวัดแม่ฮ่องสอนเป็นจังหวัดหนึ่งในภาคเหนือตอนบนที่มีศักยภาพในการผลิตสินค้าเกษตรและมีเกษตรกรให้ความสนในเข้าร่วมโครงการเกษตรแปลงใหญ่ ในปัจจุบันมีจำนวนกลุ่มแปลงใหญ่ทั้งสิ้น 47 แปลง มีเกษตรกรทั้งสิ้น 1,939 ราย และคิดเป็นพื้นที่รวม 12,66.87 ไร่ โดยพืชที่มีจำนวนเกษตรกรรวมกลุ่มและมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดได้แก่ กระเทียม จำนวน 377 ราย พื้นที่ปลูกรวมกัน 2,321 ไร่ รองลงมา คือ ข้าว ถั่วเหลือง งา และถั่วลิสง จำนวน 283 , 172 , 90 และ 40 ราย ตามลำดับ การขยายตัวของเกษตรกรที่ให้ความสนใจต่อการปลูกพืชในแบบแปลงใหญ่มีแนวโน้มขยายตัวนับจากปี พ.ศ.2559 จนถึงปัจจุบันอย่างค่อยเป็นค่อยไป ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก เกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจและขาดแคลนแนวทางสนับสนุนด้านเทคโนโลยีทางการเกษตรที่เหมาะสม

ความก้าวหน้าด้านการเกษตรในยุคเกษตร 4.0 เป็นปัจจัยสำคัญในการปฏิรูปวิถีทางการเกษตร เพื่อเสริมสร้างเกษตรกรสู่เกษตรกรมืออาชีพ (smart farmer) โดยหน่วยงานภาครัฐบาลที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้แก่ กรมส่งเสริมการเกษตร สำนักงานเกษตรแม่ฮ่องสอน ได้ให้ความสำคัญและสนับสนุนเครื่องจักรกลเกษตร เช่น อากาศยานไร้คนขับ (drone) รถแทรกเตอร์ และรถไถเดินตาม เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการพัฒนาการผลิตของเกษตรกรในระบบแปลงใหญ่ นอกจากนี้ ยังมีผู้ประกอบการและเกษตรกรหัวก้าวหน้า ได้ผลิตรถไถปลูกกระเทียม ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการเกษตรที่เกิดจากการดัดแปลงรถไถที่นำเข้ามาจากประเทศจีนเพื่อให้สามารถทดแทนแรงงานในขั้นตอนการเพาะปลูก ซึ่งถือเป็นการแก้ปัญหาสำคัญของเกษตรกรผู้ปลูกกระเทียมในปัจจุบันนี้

อย่างไรก็ตาม การนำเทคโนโลยีทั้ง 2 (ในการศึกษานี้หมายถึง อากาศยานไร้คนขับ (drone) และรถไถเดินตาม) ไปใช้กับแนวทางเกษตรแปลงใหญ่ยังอยู่ในขอบเขตจำกัดหรือบางพื้นที่เท่านั้น เพราะฉะนั้นปัญหาการขาดแคลนแรงงานจนส่งผลต่อเนื่องไปยังค่าจ้างแรงงานที่สูงขึ้นจึงเป็นปัญหาที่สำคัญและทวีความรุนแรงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนอาจส่งผลต่อความสามารถในการสร้างผลตอบแทนของเกษตรกร รวมถึงราคาผลผลิตเกษตรอาจปรับตัวสูงขึ้นในอนาคต เพราะฉะนั้น การศึกษาถึงการยอมรับเทคโนโลยีทางการเกษตรในครั้งนี้จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อผู้กำหนดนโยบายทางการเกษตรและเอกชนที่ประกอบกิจการทางการเกษตรทั้งในปัจจุบันและอนาคต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

การศึกษาครั้งจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงการยอมรับเทคโนโลยีทางการเกษตรที่มีการสนับสนับจากหน่วยงานภาครัฐบาลและเอกชน เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อแนวทางการส่งเสริมเทคโนโลยีทางเกษตรแก่กลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่ได้อย่างเหมาะสม และจะช่วยยกระดับความสามารถทางการแข่งขันของเกษตรกร บรรเทาปัญหาเงินเฟ้อที่เกิดจากราคาสินค้าเกษตรได้ในระยะยาว นอกจากนี้ยังเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งบประมาณของภาครัฐบาลต่อการส่งเสริมเกษตรกรในระบบแปลงใหญ่ได้เป็นอย่างดี

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

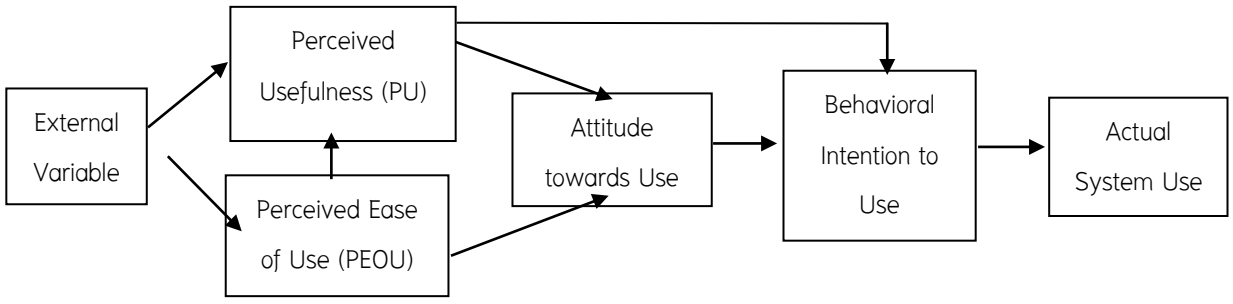
ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตการศึกษาเพื่อนำไปสู่วัตถุประสงค์ของการศึกษา เริ่มจากประชากรในการศึกษาครั้งได้แก่เกษตรกรผู้ปลูกพืชในระบบแปลงใหญ่ โดยพิจารณาเลือกจาก 2 หลักเกณฑ์ได้แก่ 1) จำนวนสมาชิกที่อยู่ในระบบเกษตรแปลงใหญ่มีจำนวนเกิน 50 ครัวเรือน และ 2) พื้นที่เพาะปลูกรวมของกลุ่มมีค่าเกิน 70 ไร่ ซึ่งจากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรจังหวัดแม่ฮ่องสอน และผู้นำกลุ่มของเกษตรกรแปลงใหญ่ พบว่าพืช 3 ลำดับแรก ที่เป็นไปตาม 2 หลักเกณฑ์ข้างต้นประกอบด้วย ข้าว กระเทียม และพริก สำหรับขอบเขตด้านเทคโนโลยีนั้น การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นที่การใช้เทคโนโลยีทางการเกษตรประเภท อากาศยานไร้คนขับ (drone) และรถไถปลูกกระเทียมแบบเดินตาม เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่นำเข้ามาเผยแพร่โดยหน่วยงานรัฐบาลและเอกชนในช่วง 2-3 ปี ที่ผ่านมาและอยู่ในช่วงของการเรียนรู้และศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้ประโยชน์กับพื้นที่ของเกษตรกร

กรอบแนวคิด

การศึกษาครั้งนี้อาศัยแบบจำลองความพร้อมและการยอมรับเทคโนโลยี (TRAM) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย Lin และ กลุ่มนักวิจัยในปี 2005 ซึ่งแบบจำลองนี้เกิดจากการรวมกันของแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model : TAM) กับดัชนีความพร้อมด้านเทคโนโลยี (Technology Readiness Index : TRI) ซึ่งแบบจำลอง TRAM มีประโยชน์สำคัญต่อการใช้เพื่ออธิบายถึงมุมมองหรือทัศนคติที่จะส่งผลต่ออารมณ์ประสบการณ์ ตลอดจนแนวทางการใช้เทคโนโลยี (Lin et al, 2005) (ภาพที่ 1) โดยมีรายละเอียดเริ่มจาก

(1) แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM) ถูกออกแบบมาสำหรับอธิบายพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์โดยเฉพาะ ซึ่งปรับปรุงมาจากมาจากทฤษฎีการกระทำที่มีเหตุผล (Theory of Reasoned Action: TRA) ของ Fishbein and Azjen (1980) ซึ่งประสบความสำเร็จจากการพยากรณ์และอธิบายพฤติกรรมทั่วไป



ภาพที่ 1 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี

จากภาพประกอบด้วย External Variables ปัจจัยภายนอก Perceived Usefulness (PU) การรับรู้ประโยชน์ Perceived Ease of Use (PEOU) การรับรู้ถึงความสะดวก Attitude towards Use ทัศนคติในการใช้ Behavioral Intention to Use เจตนาในการใช้ Actual System Use การใช้ระบบจริง

สำหรับ TAM นั้นประกอบด้วยตัวแปรหลัก 2 ตัวแปรคือ การรับรู้ประโยชน์ (Perceived usefulness) ซึ่งกล่าวถึงความเชื่อว่าการใช้ระบบจะช่วยให้ผลงานของพวกเขาดีขึ้น และ การรับรู้ถึงความสะดวก (Perceived Ease of Use) กล่าวถึงระบบที่ควรจะใช้งานง่าย (Davis, 1989)

ตามทฤษฎี TRA นั้น การรับรู้ลักษณะเฉพาะ (Perceived Characteristics) ถูกคาดหวังว่าจะมีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้ระบบ (Intentions to Use a System) ซึ่งจะส่งผลต่อการใช้ระบบจริง (Actual System Use) ตามมา (Davis, 1989) นอกจากนั้นการรับรู้ถึงความสะดวก (Perceived Ease of Use) ยังถูกตั้งสมมติฐานว่าส่งผลต่อการรับรู้ประโยชน์ (Perceived Usefulness) ด้วย ซึ่งสมมติฐานนี้ถูกสร้างขึ้นมาด้วยเหตุและผล พบว่า ความสะดวกในการนำเทคโนโลยีไปใช้ในระบบจริงมีส่วนในการสนับสนุนให้พบประโยชน์ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการลดความพยายามในการใช้ระบบ (Davis et al., 1989)

TAM เป็นแบบจำลองที่สำคัญที่ใช้ในการสนับสนุนงานวิจัยต่างๆ มาเป็นเวลาหลายปีและตัวแปรการรับรู้ถึงความสะดวก (Perceived Ease of Use) และการรับรู้ประโยชน์ (Perceived Usefulness) ถูกนำไปทดสอบและหาเหตุผลสนับสนุนขอบเขตกระบวนการคิดมากมาย (Burton–Jones and Hubona, 2006; King and He, 2006) โดยส่วนมากแบบจำลองนี้สามารถอธิบายเกี่ยวกับการใช้ระบบได้ 30–40% (Burton–Jones and Hubona, 2006; Legris et al, 2003) นอกจากนั้นบ่อยครั้งยังพบว่า การรับรู้ประโยชน์ เป็นตัวแปรที่น่าเชื่อถือที่สุดในแบบจำลองอีกด้วย (Burton–Jones and Hubona, 2006; King and He, 2006; Legris et al., 2003; McFarland and Hamilton, 2006)

การรับรู้ประโยชน์ (Perceived usefulness) คือ ความเชื่อว่าการใช้ระบบจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการดำเนินงานของพวกเขาดีขึ้น และ การรับรู้ถึงความสะดวก (Perceived Ease of Use) คือ ระบบที่ควรจะใช้งานง่าย (Davis, 1989) ดังนั้น เมื่อรับรู้ได้ถึงประโยชน์และความสะดวกในการใช้เทคโนโลยี จะส่งผลให้ผู้ใช้ไตร่ตรองถึงความต้องการที่จะใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทั้ง ในปัจจุบันและอนาคต (Almahamid et al, 2010) และเมื่อรู้สึกว่าเทคโนโลยีสารสนเทศมีความง่ายในการใช้งาน จะทำให้พวกเขารับรู้ถึงประโยชน์ และพวกเขาจะเตรียมพร้อมเพื่อใช้เทคโนโลยีนั้นๆ (Liu,2005) เหตุของความสัมพันธ์ดังกล่าวระหว่างทั้งสองตัวแปรนั้นถูกยืนยันโดยงานวิจัยที่มีอยู่จำนวนหนึ่ง (Davis, 1989; Venkatesh and Davis, 2000) ซึ่งมักใช้วิเคราะห์การนำเทคโนโลยีไปใช้ในวัตถุประสงค์ทั่ว ๆ ไป ไม่ได้เฉพาะเจาะจงเรื่องใดเรื่องหนึ่ง

(2) ทฤษฎีดัชนีความพร้อมด้านเทคโนโลยี (Technology Readiness Index: TRI) ทฤษฎีความพร้อมด้านเทคโนโลยี (Technology Readiness: TR) กล่าวถึง ความโน้มเอียงของคนต่อการเปิดรับและใช้เทคโนโลยีใหม่เพื่อให้บรรลุเป้าหมายต่าง ๆ ทั้งในชีวิตส่วนตัวและในการทำงาน (Parasuraman, 2000) ซึ่งเป็นผสมผสานความเชื่อด้านเทคโนโลยีทั้งด้านบวกและด้านลบและความเชื่อเหล่านี้เองทำให้เกิดข้อสันนิษฐานเกี่ยวกับแต่ละบุคคลขึ้น โดยมีการจัดกลุ่มคนที่มีความเชื่อเหมือนกันไว้ด้วยกัน เพื่อดูความโน้มเอียงคนจากปฏิกิริยาต่อเทคโนโลยีใหม่ (Colby and Parasuraman, 2001) มากไปกว่านั้น การค้นพบนี้ยังแสดงให้เห็นว่า ความเชื่อเหล่านี้สามารถจัดกลุ่มได้ 4 มุมมอง คือ การมองโลกในแง่ดี (Optimism) ความสนใจริเริ่มนวัตกรรม (Innovativeness) ความไม่สบายใจในการใช้เทคโนโลยี (Discomfort) และความไม่มั่นใจในความปลอดภัย (Insecurity) (Parasuraman, 2000)

การมองโลกในแง่ดี (Optimism) คือ มุมมองด้านบวกต่อเทคโนโลยี และเชื่อว่าเทคโนโลยีจะเป็นตัวสนับสนุนให้การควบคุม ความยืดหยุ่น และประสิทธิภาพในการดำเนินชีวิตของพวกเขาเพิ่มขึ้น (Parasuraman& Colby 2001)

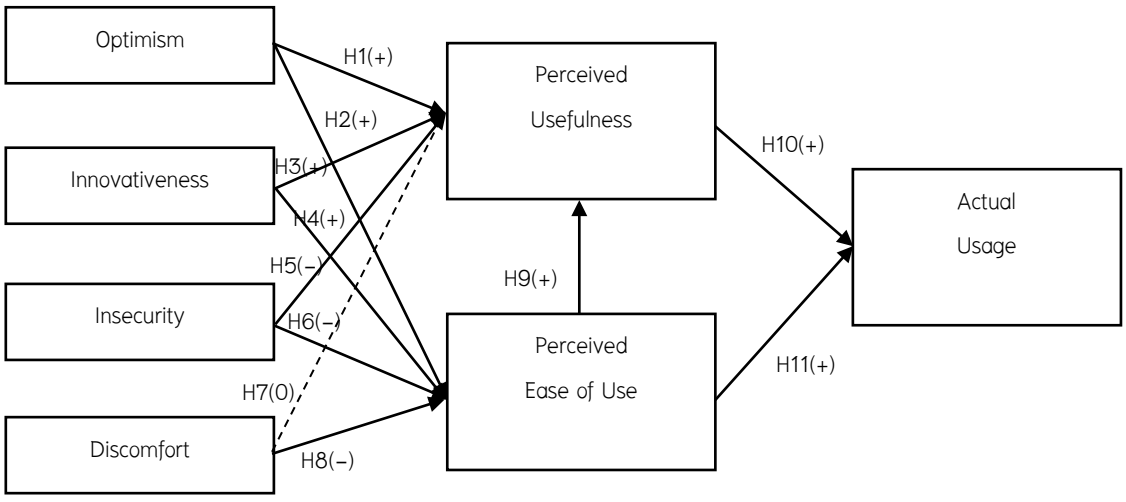
ความสนใจริเริ่มนวัตกรรม (Innovativeness) คือ การมีนิสัยชื่นชอบการเป็นผู้บุกเบิกเทคโนโลยี และคิดว่าตนเป็นผู้นำ (Colby and Parasuraman, 2001) วัดได้จากระดับความพึงพอใจส่วนตัวที่รับรู้ได้ด้วยตัวของพวกเขาเองถึงความเป็นคนแรกๆ ในการนำเทคโนโลยีไปใช้

ความไม่สบายใจในการใช้เทคโนโลยี (Discomfort) คือ การรับรู้ถึงการไม่สามารถควบคุมเทคโนโลยีที่มากเกินไป และทำให้เกิดความรู้สึกถูกเทคโนโลยีครอบงำ (Colby and Parasuraman, 2001) ซึ่งวัดได้จากความกลัว และประสบการณ์เมื่อได้เผชิญหน้ากับเทคโนโลยี

ความไม่มั่นใจในความปลอดภัย (Insecurity) คือ การไม่เชื่อในเทคโนโลยีและสงสัยเกี่ยวกับความสามารถในการทำงานอย่างถูกต้องของมัน (Colby and Parasuraman, 2001) ซึ่งเจาะจงไปยังคนที่ต้องพบเจอกับการใช้เทคโนโลยีขั้นพื้นฐานในการดำเนินงาน

การมองโลกในแง่ดี (Optimism) ความสนใจริเริ่มนวัตกรรม (Innovativeness) เป็นตัวขับเคลื่อนความพร้อมด้านเทคโนโลยี ตัวเลขยิ่งสูง จะยิ่งเพิ่มความพร้อมด้านเทคโนโลยีโดยรวมทั้งหมด แต่ในทางกลับกัน ความไม่สบายใจในการใช้เทคโนโลยี (Discomfort) และความไม่มั่นใจในความปลอดภัย (Insecurity) เป็นตัวกีดขวางความพร้อมด้านเทคโนโลยี นั่นคือ ตัวเลขยิ่งสูง ยิ่งลดความพร้อมด้านเทคโนโลยี (Godoe and Johansen, 2012)

(3) แบบจำลองความพร้อมด้านเทคโนโลยีและการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Readiness and Acceptance Model: TRAM)



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดของแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีทางการผลิตของเกษตรกร (Walczuch et al., 2007).

การคำนวณค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละคู่ตามภาพที่ 1 เราจะใช้โมเดลสมการโครงสร้าง(Structural Equation Model : SEM) ซึ่งจะใช้การคาดประมาณด้วยวิธีการ Maximum Likelihood Estimation (MLE) ซึ่งแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะถูกปรับปรุงผลการคำนวณหลายครั้งโดยพิจารณาจากข้อมูลและผลลัพธ์เชิงประจักษ์ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับทฤษฎีหรือหลักเกณฑ์ที่ได้ตั้งเอาไว้ (Piriyakul, 2010) ผลการคำนวณจากแบบจำลอง SEM สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ 1) แบบจำลองสำหรับการวัดตัวแปรแฝง(Latent Variables) ด้วยตัวแปรที่สังเกตได้ ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ปัจจัยยืนยัน 2) แบบจำลองโครงสร้าง เป็นแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์เส้นทางเพื่อกำหนดความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝงภายใน(Internal Latent Variables) กับตัวแปรภายใน (Endogenous Variables)

สมมุติฐาน

การศึกษาครั้งนี้มีสมมติฐานที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ตามแบบจำลองความพร้อมและการยอมรับเทคโนโลยี (TRAM) ระหว่างตัวแปรประเภทต่างๆตามภาพที่ 1 แสดงเป็นความสัมพันธ์ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 สมมติฐาน

สมมติฐาน	รายละเอียด		
	ตัวแปร	**อิทธิพล**	**ตัวแปร**
1	การมองโลกในแง่ดี (Optimism)	+	การรับรู้ความมีประโยชน์ (Perceived Usefulness)
2	การมองโลกในแง่ดี (Optimism)	+	การรับรู้ความง่ายของการใช้งาน (Perceived Ease of Used)
3	ความสนใจริเริ่มนวัตกรรม (Innovativeness)	+	การรับรู้ความมีประโยชน์ (Perceived Usefulness)
4	ความสนใจริเริ่มนวัตกรรม (Innovativeness)	+	การรับรู้ความง่ายของการใช้งาน (Perceived Ease of Used)
5	ความไม่สบายใจในการใช้เทคโนโลยี (Insecurity)	–	การรับรู้ความมีประโยชน์ (Perceived Usefulness)
6	ความไม่สบายใจในการใช้เทคโนโลยี (Insecurity)	–	การรับรู้ความง่ายของการใช้งาน (Perceived Ease of Used)
7	ความไม่มั่นใจในความปลอดภัย (Discomfort)	ไม่ส่งผล	การรับรู้ความมีประโยชน์ (Perceived Usefulness)
8	ความไม่มั่นใจในความปลอดภัย (Discomfort)	–	การรับรู้ความง่ายของการใช้งาน (Perceived Ease of Used)
9	การรับรู้ความง่ายของการใช้งาน (Perceived Ease of Used)	+	การรับรู้ความมีประโยชน์ (Perceived Usefulness)
10	การรับรู้ความมีประโยชน์ (Perceived Usefulness)	+	การใช้งานจริง (Actual Usage) หรือ การตั้งใจที่จะใช้งาน (Intention to Use)
11	การรับรู้ความง่ายของการใช้งาน (Perceived Ease of Used)	+	การใช้งานจริง (Actual Usage) หรือ การตั้งใจที่จะใช้งาน (Intention to Use)

วิธีวิทยาการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพื้นที่ (Area Base) มีกลุ่มเกษตรกรในระบบเกษตรแปลงใหญ่ของพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนเป็นเป้าหมายสำคัญ เพราะฉะนั้น การรวบรวมข้อมูลจึงอาศัยแบบสอบถามและใช้แนวทางการสัมภาษณ์เชิงลึก รวมถึงการประชุมแบบมีส่วนร่วมระหว่างผู้วิจัยและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในชุมชน(ได้แก่ เกษตรกร ตัวแทนภาครัฐบาล และบริษัทเอกชน) เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเชิงคุณภาพสำหรับการพัฒนาเพื่อให้เกิดเทคโนโลยีทางการเกษตรอย่างยั่งยืน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

จำนวนประชากรที่เป็นเกษตรกรในระบบเกษตรแปลงใหญ่มีการปลูกข้าว กระเทียม และถั่วเหลือง ทั้งสิ้น 541 ราย เพื่อให้เหมาะสมกับการคาดประมาณด้วยแบบจำลองโครงสร้าง(SEM) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้อาศัยวิธีการของ Schumacker and Lomax's (Schumacker and Lomax, 2010) ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่ควรมีคือ 20 เท่าของตัวแปรอิสระ (Thaworn et al., 2021) ผลการคำนวณทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 ตัวอย่าง (20 ตัวแปร * 20 เท่า) และสามารถแบ่งตามการเพาะปลูกข้าว กระเทียม และถั่วเหลือง ได้เท่ากับ 146, 167 และ 87 ตัวอย่าง ตามลำดับ โดยเป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจากปีการเพาะปลูก 2566/67

เครื่องมือและวิธีการเก็บข้อมูล

แบบสอบถามที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ได้รับการรับรองโดยคณะกรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และเพื่อให้ได้เครื่องมือการจัดเก็บข้อมูลที่น่าเชื่อถือจึงได้มีการทดสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (IOC) ด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ซึ่งผลการประเมิน IOC มีค่าอยู่ในช่วง 0.67 – 1.00 แสดงให้เห็นว่ามีการใช้คำถามที่เหมาะสม (Turner and Carlson, 2003) นอกจากนี้ แบบสอบถามได้ถูกใช้เพื่อทดสอบกับเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน พบว่าแบบสอบถามจึงมีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากค่าความน่าเชื่อถืออยู่ในช่วง 0.748–0.876 ซึ่งเกินกว่าหลักเกณฑ์ขั้นต่ำของ Cronbach's alpha ที่มีค่าเท่ากับ 0.70 (Cronbach, 1951). เนื้อหาของแบบสอบถามได้ถูกออกแบบให้สอดคล้องกับกรอบแนวคิดของแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีทางการผลิตของเกษตรกร(ภาพที่ 1) แบบสอบถามสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ 1) ข้อมูลชวนบุคคลของเกษตรกร และ 2) เป็นคำถามที่ครอบคลุมความคิดเห็น หรือทัศนคติ สำหรับตัวแปลต่างๆในแบบจำลอง TRAM ที่มีทั้งหมด 7 ตัวแปล ได้แก่ 1) การมองโลกในแง่ดีของเกษตรกร 2) ความสนใจต่อนวัตกรรมของเกษตรกร 3) การขาดความเชื่อมั่นต่อเทคโนโลยีทางการเกษตร 4) ความไม่สะดวกสบายในการใช้เทคโนโลยีทางการเกษตร 5) การรับรู้ถึงความเรียบง่ายของการใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีทางการเกษตร 6) การรับรู้ถึงข้อดีของเทคโนโลยีทางการเกษตร และ 7) ความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีทางการเกษตร ซึ่งตัวแปรทั้ง 7 นี้ จะถูกประเมินค่าความสำคัญด้วย Likert scale (Likert, 1932).

การวิเคราะห์ข้อมูล

(1) ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจะถูกนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นด้วยค่าสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความถี่ และร้อยละ โดยค่าน้ำหนักความสำคัญที่ได้จาก Likert scale จะมีความหมายแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 เกณฑ์การตีความ

ช่วงของค่าเฉลี่ย	ความหมาย / การแปลความ
4.50–5.00	เห็นด้วยอย่างยิ่ง / สำคัญมาก
3.50–4.49	เห็นด้วย / สำคัญ
2.50–3.49	ยังไม่ตัดสินใจ / สำคัญปานกลาง
1.50–2.49	ไม่เห็นด้วย / สำคัญเล็กน้อย
1.00–1.49	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง / ไม่สำคัญ

ที่มา: *Al-Tamimi, and Shuib, (2009)*

(2) การวิเคราะห์แบบจำลองโครงสร้าง (SEM) ค่าสถิติที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้มีแนวทางการใช้เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง รวมไปถึงการวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกรในระบบเกษตรแปลงใหญ่ ซึ่งหลักเกณฑ์ทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย 1) ค่า chi-square ที่บอกถึงความไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อค่า p-value มีค่าเกิน 0.05 2) ค่า Chi-Square ratio จะต้องมีไม่เกินหรือเท่ากับ 3 3) ค่าดัชนี goodness-of-fit (GFI) ควรมีค่าเกิน 0.9 4) ค่า adjusted goodness-of-fit (AGFI) ควรมีค่าเกิน 0.9 5) ค่า root mean square error (RMSEA) ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.08 6) ค่า root mean square residual (RMS) ควรมีค่าต่ำกว่า 0.08 7) ค่า Comparative Fit Index (CFI) มีค่าอยู่ในช่วง 0.95–1.00 และ 8) ค่า Tucker-Lewis Index (TLI) มีค่าอยู่ในช่วง 0.95–1.00 (Diamantopoulos and Siguaw, 2000) (Schumacker and Lomax, 2010)

ผลการศึกษา

ข้อมูลเชิงประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรประกอบด้วยเพศชายร้อยละ 55.75 เพศหญิงร้อยละ 44.25 เกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุเฉลี่ยประมาณ 50 ปี ซึ่งถือเป็นช่วงอายุที่อยู่ในวัยแรงงาน เกษตรกรบางรายทำการเกษตรสืบต่อจากครอบครัว โดยพบเกษตรกรมีอายุสูงสุดเกิน 60 ปี และมีประสบการมาถึง 50 ปี ด้านประสบการณ์ทางการเกษตรมีเฉลี่ย 24 ปี บ่งบอกได้ถึงความเชี่ยวชาญหรืออาจหมายถึงทางเลือกในอาชีพที่มีจำกัด เนื่องจากทักษะที่มีอยู่ปรับเปลี่ยนไปสู่อาชีพอื่นได้ยาก พิจารณาได้จากระดับการศึกษาของเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 71 อยู่ในระดับประถมศึกษา เกษตรกรมีรายได้หลักจากการเพาะปลูกกระเทียม รองลงมาคือพริก โดยมีรายได้เฉลี่ยอยู่ที่ 111,261.39 บาท/ปี สำหรับข้าวนั้นเป็นการเพาะปลูกเพื่อการบริโภคในครัวเรือนเป็นสำคัญ

ตารางที่ 3 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (ราย)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	223	55.75
หญิง	177	44.25
อายุ (ปี) (ค่าเฉลี่ย=49.75, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน =9.813)		
ต่ำกว่า 20	1	0.25
21 – 40	41	10.25
41 – 60	310	77.50
60 ปีขึ้นไป	48	12.00
การศึกษา		
ไม่ได้รับการศึกษา	14	3.50
ประถมศึกษา	285	71.25
มัธยมศึกษาตอนปลาย	62	15.50
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	25	6.25
ปริญญาตรีหรือสูงกว่า	14	3.5
ประสบการณ์ในการทำการเกษตร (ปี) (ค่าเฉลี่ย=24.70, ส่วนเบี่ยงเบนมาตฐาน =11.831)		
ต่ำกว่า 10	63	15.75
11 – 20	93	23.25
21 – 30	119	29.75
31 – 40	100	25.00
มกกว่า 40	25	6.25
รายได้ (บาทต่อปี) (ค่าเฉลี่ย = 111,261.39)		
ต่ำกว่า 100,001	164	41.0
100,001 – 150,000	189	47.25
150,001 – 200,000	46	11.50
มากกว่า 200,000	1	0.25

ระดับทัศนคติของเกษตรกรที่มีต่อตัวแปรในแบบจำลอง

ผลการการคำนวณค่าเฉลี่ยทัศนคติของเกษตรกรตามตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างมีทัศนคติที่ดีต่อปัจจัยที่จะนำไปสู่การการยอมรับเทคโนโลยีในทุกด้าน โดยพบว่ามีเพียงด้านเดียวที่อยู่ในระดับมาก นั้นคือ การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (การใช้โดรนในพื้นที่ลาดชันต้องมีทักษะการควบคุมมากกว่าปกติ) นอกนั้นอยู่ในระดับมากที่สุด ประกอบด้วย การมองโลกในแง่ดี ความสนใจริเริ่มนวัตกรรม ความไม่สบายใจในการใช้เทคโนโลยี ความไม่มั่นใจในความปลอดภัย และการรับรู้ถึงประโยชน์ กล่าวคือเกษตรกลุ่มนี้เห็นด้วยอย่างมากที่สุดกับปัจจัยเหล่านี้ที่จะนำไปสู่การการยอมรับเทคโนโลยี

ตารางที่ 4 ระดับทัศนคติของเกษตรกรต่อตัวแปรต่าง ๆ ที่ทำการศึกษา

ปัจจัยที่จะนำไปสู่การการยอมรับเทคโนโลยี	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตฐาน	ผลลัพธ์
การมองโลกในแง่ดี (Optimism: OPT)	4.708	0.418	มากที่สุด
ความสนใจริเริ่มนวัตกรรม (Innovativeness: INN)	4.563	0.541	มากที่สุด
ความไม่สบายใจในการใช้เทคโนโลยี (Insecurity: INS)	4.628	0.483	มากที่สุด
ความไม่มั่นใจในความปลอดภัย (Discomfort: DIS)	4.559	0.524	มากที่สุด
การรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness: PU)	4.190	0.527	มาก
การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use: PE)	4.556	0.438	มากที่สุด
ความตั้งใจในการใช้งาน (ตั้งใจใช้เทคโนโลยี) (Actual usage or Intention to Use: IU)	4.611	0.461	มากที่สุด

ปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจของเกษตรกรในการใช้เทคโนโลยีการเกษตร

(1) การตรวจสอบการกระจายข้อมูล โดยพิจารณาค่าความเบ้และค่าความโด่งของข้อมูล โดยกำหนดว่าค่าความเบ้ (Skewness) ควรอยู่ระหว่าง –2.00 ถึง +2.00 และค่าความโด่ง (Kurtosis) ควรอยู่ระหว่าง –7.00 ถึง +7.00 (Namahoot and Laohavichien, 2018) ตัวแปรทั้งหมดในการศึกษานี้แสดงค่าความเบ้ (Skewness) ระหว่าง –1.98 ถึง 1.712 และมีค่าความโด่ง (Kurtosis) ระหว่าง –1.067 ถึง 3.777 แสดงว่าข้อมูลอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 สถิติพรรณนา

องค์ประกอบ (ของชุดข้อมูล)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความเบ้	ความโด่ง
การมองโลกในแง่ดี (Optimism: OPT)	**4.708**	**0.418**		
1. ท่านทราบว่าเทคโนโลยีเกษตรทำให้การทำการเกษตรง่ายขึ้น (OPT1)	4.743	0.496	–1.459	2.351
2. ท่านทราบว่าเทคโนโลยีเกษตรช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายหรือช่วยให้ผลผลิตสูงขึ้น (OPT2)	4.680	0.493	–0.861	–0.757
3. ทราบว่าเทคโนโลยีเกษตรช่วยลดเวลาในการทำการเกษตรขั้นตอนโดขั้นตอนหนึ่งในการทำการเกษตร (OPT3)	4.670	0.544	–1.118	0.818
4. ทราบว่าเทคโนโลยีเกษตรใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นล้วนเป็นสิ่งที่ดี (OPT4)	4.738	0.499	–1.712	2.868
ความสนใจริเริ่มนวัตกรรม (Innovativeness: INN)	**4.563**	**0.541**		
1. ท่านติดตามเทคโนโลยีการเกษตรใหม่ๆ อยู่เสมอ (INN1)	4.468	0.758	–1.227	3.777
2. ท่านมองว่าการเรียนรู้วิธีใช้เทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่เป็นเรื่องท้าทาย (INN2)	4.618	0.588	–1.167	1.765
3. หากมีคนสอนใช้เทคโนโลยีเกษตรใหม่ๆ ท่านจะเรียนรู้ได้ดี (INN3)	4.620	0.539	–0.705	–0.507
4. หากท่านใช้เทคโนโลยีการเกษตรแบบเดียวกันกับคนอื่น คุณอาจประสบปัญหาต่างๆ น้อยกว่าคนอื่น (INN4)	4.545	0.635	–1.242	1.562

ตารางที่ 5 สถิติพรรณนา (ต่อ)

องค์ประกอบ (ของชุดข้อมูล)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความเบ้	ความโด่ง
ความไม่สบายใจในการใช้เทคโนโลยี (Insecurity: INS)	**4.628**	**0.483**		
1. ท่านรู้สึกกังวลเมื่อจะต้องใช้เทคโนโลยีเกษตรใหม่ ๆ INS1)	4.620	0.539	−0.821	−0.888
2. หากท่านใช้เทคโนโลยีการเกษตรที่ไม่เหมาะสมในอนาคต หรือประสบปัญหา ท่านอาจจะรู้สึกแย่ได้ (INS2)	4.545	0.635	−1.442	0.311
3. หากท่านจะใช้เทคโนโลยีเกษตร ท่านจะต้องระมัดระวังว่าจะเกิดเหตุขัดข้องผิดพลาดหรือเกิดปัญหาระหว่างการทำการเกษตร (INS3)	4.638	0.525	−1.121	2.553
4. ท่านรู้สึกว่าต้องระมัดระวังการใช้เทคโนโลยีเกษตรมากขึ้น เพราะอาจเกิดเหตุขัดข้องหรือความผิดพลาดในการใช้งาน (INS4)	4.708	0.471	−1.319	2.836
ความไม่มั่นใจในความปลอดภัย (Discomfort: DIS)	**4.559**	**0.524**		
1. ท่านคิดว่าการเทคโนโลยีเกษตรนั้นไม่ปลอดภัยสำหรับท่านและผลผลิต (DIS1)	4.490	0.703	−0.919	−0.377
2. ท่าคิดว่าการใช้เทคโนโลยีทางการเกษตรนั้นไม่เหมาะสมกับการทำการเกษตรของท่าน (DIS2)	4.598	0.588	−0.811	0.291
3. ท่านกังวลว่าผลลัพธ์ของเทคโนโลยีเกษตรจะไม่ตรงกับความต้องการของท่าน (DIS3)	4.593	0.571	−0.618	0.235
4. ท่านไม่มั่นใจที่จะใช้เทคโนโลยีเกษตรหากไม่เห็นผลลัพย์ที่เป็นรูปธรรม (DIS4)	4.553	0.594	−0.734	1.547
การรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness: PU)	**4.190**	**0.527**		
1. ท่านตระหนักดีว่าเทคโนโลยีทางการเกษตรสามารถนำมาใช้เพื่อปรับปรุงการเกษตรที่คุณทำอยู่ในปัจจุบันได้ (PU1)	4.395	0.574	−0.745	−1.067
2. ท่านตระหนักดีว่าเทคโนโลยีทางการเกษตรดังกล่าวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ (PU2)	4.078	0.822	−0.678	1.631
3. ท่านตระหนักดีว่าเทคโนโลยีทางการเกษตรดังกล่าวสามารถเพิ่มมูลค่าของพืชผลได้ (PU3)	4.098	0.814	−0.630	1.163

ตารางที่ 5 สถิติพรรณนา (ต่อ)

องค์ประกอบ (ของชุดข้อมูล)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความเบ้	ความโด่ง
การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use: PE)	**4.556**	**0.438**		
1. ท่านทราบดีว่าเทคโนโลยีทางการเกษตรนั้นสามารถนำไปใช้และถ่ายทอดไปยังเพื่อนร่วมงานในสาขาเดียวกันได้ง่ายเพียงใด (PE1)	4.483	0.604	−0.516	−0.821
2. ท่านทราบดีว่าวิธีการเกษตรแบบเดิมอาจได้รับประโยชน์อย่างมากจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางการเกษตรดังกล่าว (PE2)	4.435	0.656	−0.796	0.572
3. ท่านทราบดีอยู่แล้วว่าเทคโนโลยีทางการเกษตรนั้นเข้าใจได้ง่ายโดยไม่ต้องพยายามทำความเข้าใจว่าจะนำไปใช้ได้อย่างไร (PE3)	4.713	0.485	−0.864	0.883
ความตั้งใจในการใช้งาน (ตั้งใจใช้เทคโนโลยี) (Actual usage or Intention to Use: IU)	**4.611**	**0.461**		
1. ท่านคาดว่าจะนำเทคโนโลยีทางการเกษตรดังกล่าวไปใช้ในอนาคต (IU1)	4.590	0.545	−1.129	1.321
2. ท่านจะเลือกพืชผลหรือวิธีการผลิตที่สามารถใช้ร่วมกับเทคโนโลยีทางการเกษตรดังกล่าวได้ (IU2)	4.473	0.624	−1.115	0.154
3. ท่านคาดว่าเทคโนโลยีจะเป็นสิ่งจำเป็นในการทำการเกษตรในปัจจุบัน (IU3)	4.770	0.461	−0.738	−0.786

นอกจากนี้ ตัวแปรทั้งหมดมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในแบบจำลองสมการโครงสร้าง เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์มีค่าตั้งแต่ 0.510 ถึง 0.714 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งไม่เกิน 0.80 (Prasittirathasin, 2008) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 การทดสอบค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปร

ตัวแปร	OPT	INN	INS	DIS	PU	PE	IU
OPT	1.000						
INN	0.472	1.000					
INS	0.510	0.662	1.000				
DIS	0.714	0.692	0.679	1.000			
PU	0.468	0.701	0.661	0.595	1.000		
PE	0.424	0.603	0.627	0.609	0.611	1.000	
IU	0.631	0.531	0.598	0.710	0.561	0.583	1.000

(2) การวิเคราะห์ปัจจัยยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) โดยการศึกษาครั้งนี้การใช้การวิเคราะห์ปัจจัยยืนยัน หรือ CFA เพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระที่สังเกตได้มีความสัมพันธ์กับตัวแปรแฝงเดียวกันหรือไม่ ซึ่งตัวแปรที่มีค่าความสัมพันธ์น้อยกว่า 0.60 จะถูกตัดทิ้ง (Hair et al., 1998) จากการวิเคราะห์ปัจจัยทั้ง 7 ของแบบจำลอง ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความแปรปรวนเฉลี่ยที่สกัดได้ (AVE) อยู่ระหว่าง 0.541 ถึง 0.694 ซึ่งมากกว่า 0.50 และค่าความน่าเชื่อถือแบบผสม (CR) อยู่ระหว่าง 0.717 ถึง 0.890 ซึ่งมากกว่า 0.7 และแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความเหมาะสม (Saibuator and Namahoot, 2019) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ผลลัพธ์สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแปรและความน่าเชื่อถือของตัวแปรแฝง

ตัวแปรแฝง	ตัวแปรสังเกตุ	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading)
การมองโลกในแง่ดี	OPT1	0.681
(Optimism: OPT) (CR=0.827, AVE=0.547)	OPT2	0.753
	OPT3	0.801
	OPT4	0.805
ความสนใจริเริ่มนวัตกรรม (Innovativeness: INN)	INN1	0.784
(CR=0.853, AVE=0.594)	INN2	0.883
	INN3	0.842
	INN4	0.888
ความไม่สบายใจในการใช้เทคโนโลยี (Insecurity: INS)	INS1	0.704
(CR=0.888, AVE=0.667)	INS2	0.749
	INS3	0.808
	INS4	0.748
ความไม่มั่นใจในความปลอดภัย (Discomfort: DIS)	DIS1	0.694
(CR=0.884, AVE=0.657)	DIS2	0.670
	DIS3	0.881
	DIS4	0.861
การรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness: PU)	PU1	0.790
(CR=0.810, AVE=0.589)	PU2	0.851
	PU3	0.824
การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use: PE)	PE1	0.740
(CR=0.891, AVE=0.673)	PE2	0.811
	PE3	0.843
ความตั้งใจในการใช้งาน (ตั้งใจใช้เทคโนโลยี)	IU1	0.845
(Actual usage or Intention to Use: IU)	IU2	0.861
(CR=0.790, AVE=0.558)	IU3	0.854

(3) แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model: SEM) ผลลัพธ์ความพอดีของการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงโมเดล พบว่าแบบจำลองสมการโครงสร้างมีความเข้ากันได้กับข้อมูลเชิงประจักษ์มากขึ้นหลังจากการปรับปรุง โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ทางทฤษฎีร่วมด้วย (ตารางที่ 8) (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากดัชนีที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องและความกลมกลืนของตัวแปรกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ตัวชี้วัดที่	ดัชนี	เกณฑ์	ก่อนปรับ		หลังปรับ	
1	χ^2	$0.05 < \rho < 1.00$	0.000		0.070	√
2	χ^2/df	$0.00 < \chi^2/df \leq 3$	2.392	√	1.828	√
3	*GFI*	$0.90 < GFI \leq 1.00$	0.906	√	0.912	√
4	*AGFI*	$0.90 < AGFI \leq 1.00$	0.884		0.902	√
5	*RMSEA*	$0.00 < RMSEA \leq 0.08$	0.052		0.046	√
6	*RMR*	$0.00 < RMR \leq 0.08$	0.014	√	0.012	√
7	*CFI*	$0.95 < CFI \leq 1.00$	0.959	√	0.967	√
8	*TLI*	$0.95 < TLI \leq 1.00$	0.953	√	0.961	√

ที่มา: คำนวณจากโปรแกรมสถิติ หมายเหตุ: √ หมายถึง ผ่านเกณฑ์ผลการทดสอบดัชนีที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องและความกลมกลืนของตัวแปรกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ที่มาของเกณฑ์: Diamantopoulos and Siguaw (2000), Schumacker and Lomax (2010)

(4) การวิเคราะห์อิทธิพลและการตรวจสอบสมมติฐาน ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างที่ได้ปรับปรุงให้ตรงตามทฤษฎีและสถิติต่างๆ ในการสร้างแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) สามารถอธิบายตามสมมติฐานได้ดังนี้ การมองโลกในแง่ดี (OPT) มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเท่ากับ 0.422 ซึ่งส่งผลในเชิงบวกต่อการรับรู้ประโยชน์ของเทคโนโลยี (PU) หรือสมมติฐานที่ 1 (H1) อีกทั้งการมองโลกในแง่ดี (OPT) มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเท่ากับ 0.484 แสดงถึงการส่งผลในเชิงบวกต่อการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานของเทคโนโลยี (PE) หรือสมมติฐานที่ 2 (H2) ในส่วนถัดมา ความสนใจริเริ่มนวัตกรรม (INN) มีอิทธิพลในเชิงบวกต่อการรับรู้ประโยชน์ของเทคโนโลยี (PU) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเท่ากับ 0.374 หรือสมมติฐานที่ 3 (H3) และมีอิทธิพลในเชิงบวกต่อการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานของเทคโนโลยี (PE) โดยมีค่าอิทธิพลในเชิงบวกเท่ากับ 0.310 หรือสมมติฐานที่ 4 (H4) ในส่วนของความไม่สบายใจในการใช้เทคโนโลยีทางการเกษตร (INS) ส่งผลเชิงลบต่อการรับรู้ประโยชน์ของเทคโนโลยี (PU) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเท่ากับ –0.241 หรือสมมติฐานที่ 5 (H5) และความไม่สบายใจในการใช้เทคโนโลยีทางการเกษตร (INS) ส่งผลเชิงลบต่อการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานของเทคโนโลยี (PE) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเท่ากับ –0.194 หรือสมมติฐานที่ 6 (H6) อย่างไรก็ตามเนื่องจากผลลัพธ์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.1$) ของความไม่มั่นใจในความปลอดภัยของเทคโนโลยี (DIS) กับการรับรู้ประโยชน์ของเทคโนโลยี (PU) จึงสรุปว่าความไม่มั่นใจในความปลอดภัยของเทคโนโลยี (DIS) ไม่มีผลต่อการรับรู้ประโยชน์ของเทคโนโลยี (PU) หรือสมมติฐานที่ 7 (H7) แต่ความไม่มั่นใจในความปลอดภัยของเทคโนโลยี (DIS) มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเท่ากับ –0.283 ซึ่งส่งผลเชิงลบต่อการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานของเทคโนโลยี (PE) หรือสมมติฐานที่ 8 (H8) ในขณะการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานของ

เทคโนโลยี (PE) มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเท่ากับ 0.342 ส่งผลเชิงบวกต่อการรับรู้ประโยชน์ของเทคโนโลยี (PU) หรือสมมติฐานที่ 9 (H9) อีกทั้งการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานของเทคโนโลยี (PE) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจใช้เทคโนโลยีทางการเกษตร (IU) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเท่ากับ 0.792 หรือสมมติฐานที่ 11 (H11) และการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานของเทคโนโลยี (PE) มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเท่ากับ 0.455 ต่อการรับรู้ประโยชน์ของเทคโนโลยี (PU) หรือสมมติฐานที่ 10 (H10) ผลลัพธ์ของค่าอิทธิพลที่ประมาณไว้นั้นตรงกับสมมติฐานที่ระบุแต่ละข้อ (ตารางที่ 9) (ภาพที่ 3)

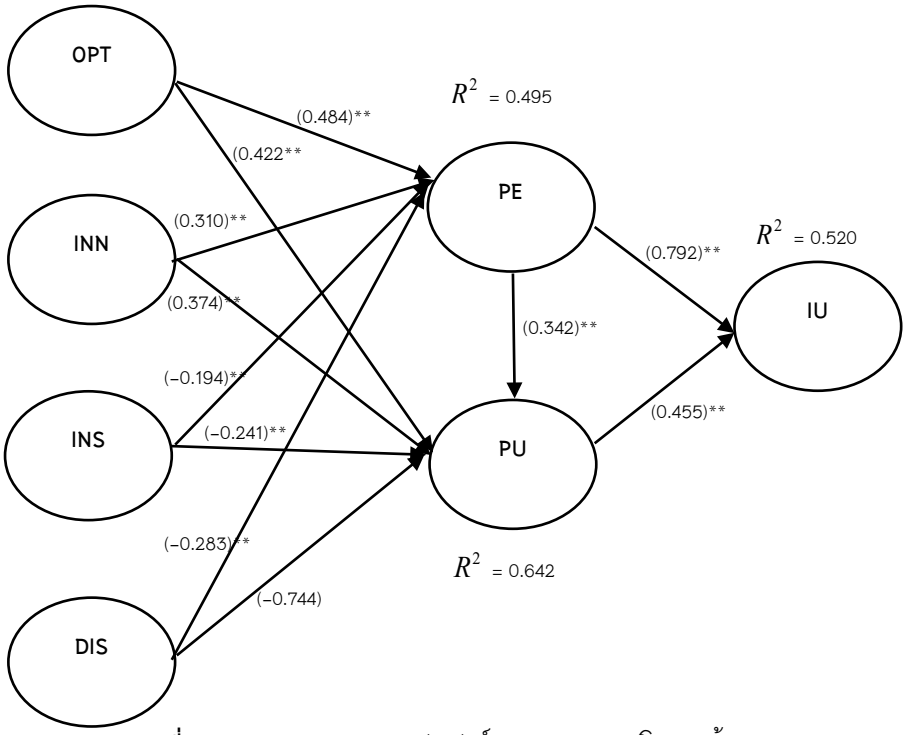
ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐาน (Hypothesis)/ แผนภาพแสดงอิทธิพล (Path Diagram)			**ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficients)**	**การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing)**	
				ยอมรับ	**ปฏิเสธ**
H1: OPT	→	PU	0.422**	√	
H2: OPT	→	PE	0.484**	√	
H3: INN	→	PU	0.374**	√	
H4: INN	→	PE	0.310**	√	
H5: INS	→	PU	-0.241**	√	
H6: INS	→	PE	-0.194**	√	
H7: DIS	⇢	PU	-0.744	√	
H8: DIS	→	PE	-0.283**	√	
H9: PE	→	PU	0.342**	√	
H10: PE	→	IU	0.455**	√	
H11: PU	→	IU	0.792**	√	

หมายเหตุ: **, * ระบุนัยสำคัญทางสถิติ P≤0.05 และ P≤0.10

→ มีอิทธิพลต่อกัน

⇢ ไม่มีอิทธิพลต่อกัน



ภาพที่ 3 แสดงรูปแบบความสัมพันธ์ตามรูปสมการโครงสร้าง

สรุปผลและอธิปรายผล

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือการพิจารณาว่าเกษตรกรมีความตั้งใจที่จะนำเทคโนโลยีการเกษตรมาใช้ในกิจกรรมการผลิตของตนหรือไม่ ซึ่งเทคโนโลยีการผลิตในบทความนี้หมายถึง อากาศยานไร้คนขับ (drone) และรถไถเดินตาม โดยใช้แบบจำลองความพร้อมและการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Readiness and Acceptance Model: TRAM) เป็นกรอบแนวคิดซึ่งมีพื้นฐานมาจากสองทฤษฎี ได้แก่ ทฤษฎีความพร้อมรับเทคโนโลยี (Technology Readiness Index: TRI) และแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM) เพื่อสร้างกรอบการวิจัยเกี่ยวกับความพร้อมทางเทคโนโลยีสำหรับการนำไปใช้ ในการศึกษานี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้ปลูกข้าว กระทียมและพริกในจังหวัดแม่ฮ่องสอน ในระบบแปลงใหญ่ เพื่อศึกษาถึงความพร้อมต่อการยอมรับเทคโนโลยี(รถไถปลูกกระเทียมและโดรน)เพื่อการใช้ในกระบวนการเพาะปลูก โดยกรอบแนวคิดของการศึกษานี้ประกอบด้วย 7 ตัวแปร ซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่มตัวแปรหลัก ได้แก่ ความมองโลกในแง่ดี ความสนใจในนวัตกรรม ความไม่สบายใจในการใช้เทคโนโลยี และความไม่มั่นใจในความปลอดภัย ซึ่งเป็นส่วนประกอบทั้ง 4 ด้านของการยอมรับเทคโนโลยี ส่วนกลุ่มตัวแปรกลาง 2 ตัว คือ การรับรู้ถึงประโยชน์และการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน และสุดท้ายเป็นตัวแปรตาม ได้แก่ ความตั้งใจที่จะใช้ (การใช้งานจริง) โดยผลการวิเคราะห์พบว่า การรับรู้ถึงประโยชน์ และการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน ได้รับอิทธิพลจากความมองโลกในแง่ดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Shin and Lee (2014) และ Abraham, D. R. (2013). อีกทั้งการรับรู้ถึงประโยชน์ และการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานได้รับอิทธิพลจากความสนใจในนวัตกรรม โดยผลลัพธ์ดังกล่าวมีความเหมือนกันกับงานวิจัยของ Hirunyawipada and Paswan (2006) และ Elliott, et al. (2013) ส่วนตัวแปรความไม่สบายใจในการใช้เทคโนโลยีเป็นอุปสรรคต่อการรับรู้ความ

มีประโยชน์และการรับรู้ความง่ายของของเทคโนโลยี ซึ่งให้ผลลัพธ์ในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Lin and Chang (2011) นอกจากนี้ ความไม่มั่นใจในความปลอดภัยยังเป็นอุปสรรคต่อปัจจัยการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้เทคโนโลยี แต่ไม่มีผลกระทบต่อการรับรู้ถึงประโยชน์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Shin and Lee (2014) และ Abraham, D. R. (2013) ส่วนที่เป็นปัจจัยขั้นกลางพบว่า ปัจจัยการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการรับรู้ถึงประโยชน์ ซึ่งได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับ Tsikriktsis et al. (2004) และ Ozlen et al. (2014) ในขณะเดียวกันการรับรู้ถึงประโยชน์และการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจที่จะใช้เทคโนโลยี (อากาศยานไร้คนขับ (drone) และรถไถเดินตาม) ซึ่งเป็นไปตามกรอบแนวคิดที่คณะผู้ศึกษาได้นำมาใช้ เพราะฉะนั้น ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายที่สำคัญสำหรับการส่งเสริมเทคโนโลยีทางการเกษตร คือ การสร้างเกษตรกรต้นแบบในพื้นที่เป้าหมายเพื่อลดความไม่มั่นใจในความปลอดภัย(Discomfort) อันจะส่งผลให้การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Usefulness) ดีขึ้นจนส่งผลสืบเนื่องไปถึงโอกาสการนำเทคโนโลยีไปใช้จริงเพิ่มขึ้นด้วยในที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kamoltip Panyasit (2024) นอกจากนี้ นโยบายเกษตรแปลงใหญ่ ควรเพิ่มการจัดกิจกรรมนำเสนอเทคโนโลยีทางการเกษตรเพื่อลดความไม่สบายใจในการใช้เทคโนโลยี (Insecurity) ซึ่งจะทำให้เพิ่มโอกาสการรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness) และการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) ในที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้ได้รับทุนสนับจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุน ววน.) ร่วมกับมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยเป็นงบประมาณ ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2567

เอกสารอ้างอิง

Abraham, D. R. (2013). Technology readiness as a predictor of cognitive presence in online higher education (Doctoral dissertation, Walden University).

Almahamid, S. O. U. D., Mcadams, A. C., Al Kalaldeh, T. A. H. E. R., & MO'TAZ, A. S. E. (2010). The relationship between perceived usefulness, perceived ease of use, perceived information quality, and intention to use e-government. **Journal of Theoretical & Applied Information Technology,** 11.

Al-Tamimi, A., and Shuib, M. (2009). Motivation and attitudes towards learning English: A study of petroleum engineering undergraduates at Hadhramout University of Sciences and Technology. **GEMA: Online Journal of Language Studies,** 9(2), 29-55.

Burton-Jones, A., and Hubona, G. S. (2006). The mediation of external variables in the technology acceptance model. **Information & management,** 43(6), 706-717.

Colby, C. L., and Parasuraman, A. (2001). **Techno-ready marketing: How and why customers adopt technology.** Simon and Schuster.

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. **psychometrika,** 16(3), 297-334.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. **MIS quarterly,** 319-340.

Davis, F. D., Bagozzi, R. P., and Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. **Management science,** 35(8), 982-1003.

Diamantopoulos, A., Siguaw, J. A., and Cadogan, J. W. (2000). Export peformance: The impact of cross–country export market orientation. **In American Marketing Association. Conference Proceedings** (Vol. 11, p. 177). American Marketing Association.

Elliott, K. M., Hall, M. C., and Meng, J. G. (2013). CONSUMERS'INTENTION TO USE SELF–SCANNING TECHNOLOGY: THE ROLE OF TECHNOLOGY READINESS AND PERCEPTIONS TOWARD SELF–SERVICE TECHNOLOGY. **Academy of Marketing Studies Journal,** 17(1), 129.

Fishbein, M., and Ajzen, I. (1980). **Understanding attitudes and predicting social behavior.** Englewood Cliffs : Prentice–Hall.

Godoe, P., and Johansen, T. S. (2012). Understanding adoption of new technologies: Technology readiness and technology acceptance as an integrated concept. **Journal of European psychology students,** 3(1), 38–52.

Hirunyawipada, T., & Paswan, A. K. (2006). Consumer innovativeness and perceived risk: implications for high technology product adoption. **Journal of consumer marketing,** 23(4), 182–198.

King, W. R., and He, J. (2006). A meta–analysis of the technology acceptance model. **Information & management,** 43(6), 740–755.

Legris, P., Ingham, J., and Collerette, P. (2003). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. **Information & management,** 40(3), 191–204.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology.**

Lin, C. H., Shih, H. Y., Sher, P. J., and Wang, Y. L. (2005, July). Consumer adoption of e–service: Integrating technology readiness with the technology acceptance model. **In A Unifying Discipline for Melting the Boundaries Technology Management:** (pp. 483–488). IEEE.

Lin, J. S. C., and Chang, H. C. (2011). The role of technology readiness in self‐service technology acceptance. Managing Service Quality: **An International Journal,** 21(4), 424–444.

Martin, J. M. (2012). Relationship of customer trait and situational factor determinants with the technology acceptance of self–service. Capella University.

McFarland, D. J., and Hamilton, D. (2006). Adding contextual specificity to the technology acceptance model. **Computers in human behavior,** 22(3), 427–447.

Namahoot, K. S., and Laohavichien, T. (2018). Assessing the intentions to use internet banking: The role of perceived risk and trust as mediating factors. ***International Journal of Bank Marketing,*** *36*(2), 256–276.

Ozlen, M. K., Mekic, E., and Kumbara, E. (2014). Perceived benefits of e–commerce among manufacturing and merchandising companies. **International Journal of Academic Research in Economics and Management Sciences,** 3(2), 23.

Parasuraman, A. (2000). Technology Readiness Index (TRI) a multiple-item scale to measure readiness to embrace new technologies. **Journal of service research,** 2(4), 307-320.

Piriyakul, M. (2010). Partial least square path modeling (PLS path modeling). **Bangkok: Ramkhamhaeng University.**

Prasittirathasin, S. (2008). **Multivariate Analysis Techniques for Research Social Science and Behavioral Sciences.**

Panyasit, Kamoltip, Singhavara, Montri, Srihirun, Jenasama, Wangsathian, Supreeya and Nonthapot, Sakkarin. 2024. A study to assess the readiness of rice farmers to use agricultural technology for production in Nong Khai Province, Thailand. **International Journal of Innovative Research and Scientific Studies**,7(2), 607-617.

Saibuator, S., and Namahoot, K. S. (2019). Patterns of Behavioral acceptance of intentionality in the use of smart applications for health of Gen X. **Srinakharinwirot Business Journal,** 10(2), 78-91.

Schumacker, R. and Lomax, R. 2010. **A beginner's guide to structural equation modeling.** 3rd ed. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Shin, S., and Lee, W. J. (2014). The effects of technology readiness and technology acceptance on NFC mobile payment services in Korea. **Journal of Applied Business Research,** 30(6), 1615.

Thaworn, P., Sinnarong, N., Sitthisatikuland, K., and Sumritsakun, C. "The Causal Relationship Between Total Quality Management and Total Quality Environmental Quality Management Influences Corporate Sustainability Performance of the Manufacturing Industry in Thailand," **Journal of Liberal Arts and Service Industry**, vol. 5(1), pp. 274-282, 2022. Available at: https://so01.tci-thaijo.org/index.php/JLASI/article/view/253585/169810.

Tsikriktsis, N., Lanzolla, G., and Frohlich, M. (2004). Adoption of e-processes by service firms: An empirical study of antecedents. **Production and Operations Management,** 13(3), 216-229.

Turner, R. C., and Carlson, L. (2003). Indexes of item-objective congruence for multidimensional items. **International journal of testing,** 3(2), 163-171.

Venkatesh, V., and Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. **Management science,** 46(2), 186-204.

Walczuch, R., Lemmink, J., and Streukens, S. (2007). The effect of service employees' technology readiness on technology acceptance. **Information & management,** 44(2), 206-215.

การพัฒนาระบบเงินยืมทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์

The development of a government advance loan system for official domestic travel of Naresuan University employees using electronic signatures

นภารัตน์ นาอ่อน[1*]

Napharat Naon[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบเงินยืมทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาระบบเงินยืมทดรองราชการที่มีความเหมาะสมสำหรับบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวร และ 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบเงินยืมทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวร ในการวิจัยนี้ประชากรคือพนักงานมหาวิทยาลัยนเรศวรในตำแหน่งนักวิชาการเงินและบัญชี กองคลัง จำนวน 20 คน การประเมินประสิทธิภาพสำหรับการพัฒนาระบบต้นแบบเงินยืมทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลจากปัญหาการปฏิบัติงาน และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการยืมเงินทดรองราชการของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา PHP และใช้ MySQL เป็นฐานข้อมูล ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิค Black Box Testing สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของระบบ ผลการศึกษาพบว่าการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.68 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.47) อีกทั้งผลประเมินประสิทธิภาพของระบบในด้านต่าง ๆ อยู่ในระดับดีมาก โดยเรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ ด้านความง่ายต่อการใช้งาน ด้านความปลอดภัยของข้อมูล ด้านความต้องการของผู้ใช้ระบบ และด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

คำสำคัญ: การพัฒนาระบบ, เงินยืมทดรองราชการ, ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์, การเดินทางไปราชการในประเทศ

[1]กองคลัง สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Finance Division, Office of the President, Naresuan University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author : napharato@nu.ac.th

Abstract

The research entitled the development of a government advance loan system for official domestic travel of Naresuan University employees using electronic signatures. This research aims 1) to develop a government advance loan system that is appropriate for Naresuan University employees and 2) to evaluate the efficiency of the government advance loan system for official domestic travel of Naresuan University employees. The population of the research was 20 financial and accounting officers at Financial Division, Naresuan University for system's efficiency evaluation. For the development of a prototype government advance loan system, the researcher analyzed data from the operation issues and documents related to the government advance loan for Naresuan University employees. The system was developed using PHP language and MySQL as a database. In this research, the Black Box Testing technique was used for the system's efficiency evaluation. The study results found that the overall system's efficiency evaluation was at a very high level (mean = 4.68 and standard deviation = 0.47). In addition, the results showed that the evaluation of the system's efficiency in five areas was at a very high level, ranked in descending order: functional requirement, usability, data security, user requirement, and system performance.

Keywords: System Development, Government Loan Advance, Electronic Signature, Official domestic travel

บทนำ

มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นส่วนราชการตามพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยนเรศวร พ.ศ.2533 โดยมีนโยบายการบริหารด้านการเงินการคลังแบบกระจายอำนาจบริหารไปที่ส่วนงาน แต่รวมศูนย์การเบิกจ่ายทุกงบประมาณรายจ่ายที่กองคลัง สำนักงานอธิการบดี โดยกองคลังมีหน้าที่ในการจ่ายเงินยืมทดรองราชการของส่วนกลางมหาวิทยาลัยนเรศวร พร้อมทั้งได้ปรับแนวปฏิบัติการจ่ายเงินยืมทดรองราชการเป็นลักษณะการจ่ายตรงผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-Payment) เพื่อให้สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานระบบการชำระเงินแบบอิเล็กทรอนิกส์แห่งชาติ (National e-Payment Master Plan) ของกระทรวงการคลัง และโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการรับจ่ายเงินภาครัฐทางอิเล็กทรอนิกส์ในแผนงานโครงการ e-Paymentภาครัฐ รวมถึงพระราชบัญญัติการปฏิบัติราชการทางอิเล็กทรอนิกส์ พ.ศ.2565

ในระหว่างปีงบประมาณ พ.ศ.2563 ถึง ปีงบประมาณ พ.ศ.2565 หน่วยงานมีการยืมเงินทดรองราชการจากกองคลัง จำนวน 2,009 เรื่อง คิดเป็นวงเงิน 342,509,646.37 บาท รายการค่าใช้จ่ายที่หน่วยงานมายืมเงินจากส่วนกลาง ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ, ค่าใช้จ่ายในการจัดประชุม, ค่าใช้จ่ายในการจัดกิจกรรมโครงการ และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ และพบประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากการตรวจสอบเอกสารการยืมเงินก่อนการจ่ายเงินยืมทดรองราชการ เช่น การระบุจำนวนเงินสำหรับรายการค่าใช้จ่ายที่ประสงค์จะยืมไม่เป็นไปตามอัตราที่ระเบียบประกาศกำหนด, การส่งใบยืมเงินไม่เป็นไปตามแนวปฏิบัติของมหาวิทยาลัย, ใบยืมเงินทดรองราชการระบุข้อมูลไม่ถูกต้องหรือแนบเอกสารหลักฐานการยืมเงินไม่ครบถ้วน ซึ่งสาเหตุดังกล่าวส่งผลให้การเบิกจ่ายเงินยืมมีความล่าช้าไม่ทันต่อความต้องการ จึงได้พัฒนาระบบเงินยืมทดรองราชการให้สามารถช่วยลดขั้นตอน ลดระยะเวลา ลดการใช้เอกสาร (Paperless) เพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลและระบบสามารถช่วยคำนวณอัตราค่าใช้จ่ายของผู้ยืมเงินให้เป็นไปตามระเบียบที่ส่วนราชการกำหนด รวมถึงเป็นการเตรียมความพร้อมในการปฏิบัติงานของกองคลังให้

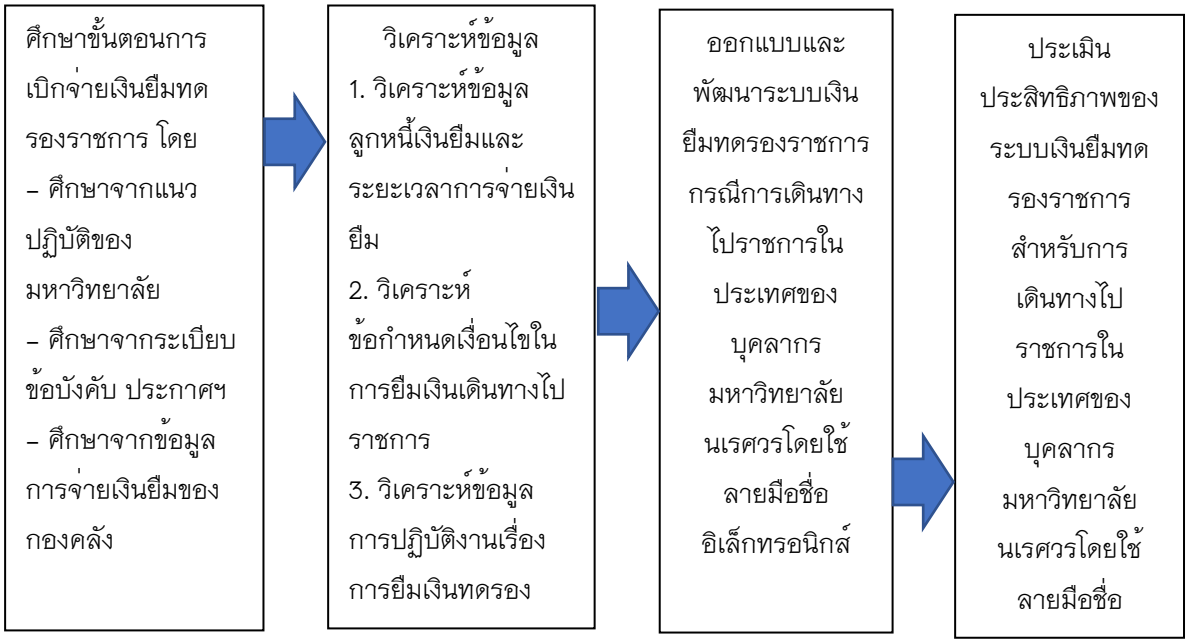
เป็นไปตามพระราชบัญญัติการปฏิบัติราชการทางอิเล็กทรอนิกส์ พ.ศ.2565 มาตรา 15 และแนวทางการลงลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ ก.พ.ร.ประกาศใช้ ทั้งนี้ตามระเบียบกระทรวงการคลัง ว่าด้วยการเบิกเงินจากคลัง การรับเงิน การจ่ายเงิน การเก็บรักษาเงิน และการนำเงินส่งคลัง พ.ศ.2562 เงินยืม หมายความว่า เงินที่ส่วนราชการจ่ายให้แก่บุคคลใดบุคคลหนึ่งยืมเพื่อเป็นค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการหรือการปฏิบัติราชการอื่นใด ทั้งนี้ ไม่ว่าจะจ่ายจากงบประมาณรายจ่ายหรือเงินนอกงบประมาณ โดยกรมบัญชีกลางได้นิยามคำว่า ค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ พ.ศ.2550 หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ทางราชการจ่ายให้แก่ผู้เดินทางไปปฏิบัติงานนอกท้องที่ที่ปฏิบัติงานตามปกติและเกิดค่าใช้จ่ายระหว่างการเดินทางเพื่อมิให้ผู้เดินทางเดือดร้อน ค่าใช้จ่ายที่ทางราชการจ่ายให้จะเป็นรายจ่ายที่จำเป็นซึ่งเกิดขึ้นในการเดินทาง ซึ่งเงินที่ทางราชการจ่ายให้นี้มิใช่ค่าตอบแทนในการทำงานแต่เป็นค่าใช้จ่ายเพื่อให้เดินทางไปปฏิบัติราชการ และการเดินทางไปราชการชั่วคราวในประเทศมีรายละเอียดค่าใช้จ่ายที่เบิกจ่ายได้ตามระเบียบ ได้แก่ (1) เบี้ยเลี้ยงเดินทาง (2) ค่าเช่าที่พัก (3) ค่าพาหนะรวมถึงค่าเช่ายานพาหนะ ค่าเชื้อเพลิงหรือพลังงานสำหรับยานพาหนะ ค่าระวางบรรทุก ค่าจ้างคนหาบ หรือค่าใช้จ่ายในลักษณะเดียวกัน (4) ค่าใช้จ่ายอื่นที่จำเป็นต้องจ่ายเนื่องในการเดินทางไปราชการ จากงานวิจัยที่ผ่านมาของ เขมณัฏฐ์ วงศ์พรภักดี (2551) ได้ศึกษาปัญหาการเบิกจ่ายเงินทดรองจ่ายของหน่วยงานย่อยมหาวิทยาลัยนเรศวร บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่าหน่วยงานย่อยของมหาวิทยาลัยนเรศวรมีปัญหาเกี่ยวกับการเบิกจ่ายเงินทดรองจ่าย สาเหตุจากขั้นตอนการเบิกจ่ายเนื่องจากการเบิกจ่ายเงินทดรองจ่ายของหน่วยงานย่อยมีขั้นตอนในการเบิกจ่ายมากและสาเหตุปัญหาหลักฐานการเบิกจ่ายเนื่องจากบุคลากรของหน่วยงานย่อยมีความเข้าใจระเบียบน้อยและจากงานวิจัยของ เกียรติคุณ เรืองสุวรรณ (2560) ที่ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ระบบบริหารเงินทดรองราชการ:กรณีศึกษาวิทยาลัยการเมืองการปกครอง มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ระหว่างปีงบประมาณ พ.ศ. 2553-2557 พบว่าหน่วยงานมีปัญหาในการชดใช้เอกสารเงินยืมถึงร้อยละ 40 ซึ่งได้แบ่งที่มาของปัญหาได้ 3 สาเหตุ ได้แก่ 1) สาเหตุจากผู้ยืม 2) สาเหตุจากเจ้าหน้าที่การเงิน 3) สาเหตุจากการปฏิบัติงานโดยปัญหาที่พบจากตัวผู้ยืมคือไม่ทราบอัตราการเบิกจ่ายและระเบียบในการเบิกจ่าย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สายใจ ชุนประเสริฐ (2563) ที่พบว่าบุคลากรของคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรีส่วนใหญ่ไม่ทราบระเบียบกระทรวงการคลัง ที่เกี่ยวข้องกับการเบิกจ่าย แนวทางในการแก้ไขปัญหาคือการนำระบบสารสนเทศเข้ามาช่วยในการปฏิบัติงานตามที่ วนิดา สิงห์น้อย (2564) กล่าวว่า e-Office หรือสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ในบางครั้งก็ใช้คำว่า Office Automation คือการนำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ร่วมกับระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อบริหารจัดการในสำนักงาน ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องการลดขั้นตอน ลดระยะเวลา ลดการใช้ทรัพยากรกระดาษ(paperless) และอำนวยความสะดวกในการบริหารจัดการ การรับ-ส่งข้อมูลข่าวสาร มีการจัดเก็บเอกสารในลักษณะไฟล์ดิจิทัลอย่างเป็นระบบ ซึ่งหลักการทำงานของ e-Office คือ การใช้เอกสารอิเล็กทรอนิกส์แทนการใช้กระดาษ โดยสร้าง ส่งและลงนามแบบอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด ซึ่งเอกสารที่มีการลงนามทางอิเล็กทรอนิกส์มีผลผูกพันทางกฎหมายและบังคับใช้ได้ตามที่ จามร รักประเสริฐสุข และดนิตา นิ่มวัฒน์ (2566) ได้ศึกษาเรื่องความแตกต่างระหว่างลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์และลายมือชื่อดิจิทัล โดยทั้งสองแบบเป็นการลงนามในเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทำให้เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ที่มีการใช้ลายมือชื่อทั้งสองประเภทมีผลแตกต่างกันตามบริบทของกฎหมาย โดยลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์อาจมีผลผูกพันทางกฎหมายในบางสถานการณ์ แต่อาจไม่ได้ให้ความปลอดภัยและความถูกต้องในระดับเดียวกับลายมือชื่อดิจิทัล ดังนั้นการเลือกใช้ลายมือชื่อประเภทใดขึ้นอยู่กับบริบทเฉพาะของเรื่องนั้นและระดับความปลอดภัยและความถูกต้องที่จำเป็นของผู้ใช้งาน จากปัญหาข้างต้นและการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาสรุปได้ว่าการพัฒนาระบบสารสนเทศ จะช่วยลดปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพการจัดทำใบยืมเงินกรณีการเดินทางไปราชการใน

ประเทศของผู้ยืม และระบบจะช่วยในการคำนวณอัตราค่าใช้จ่ายเงินยืมทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศและสามารถพิมพ์ใบยืมเงินพร้อมลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบเงินยืมทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อพัฒนาระบบเงินยืมทดรองราชการที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวร
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบเงินยืมทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน



ภาพ 1 แสดงกรอบแนวคิดการศึกษา

วิธีวิทยาการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

1.1 ต้นแบบระบบเงินยืมทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ ที่พัฒนาด้วยภาษา PHP ควบคู่กับระบบฐานข้อมูล MySQL แสดงและประมวลผลแบบ Web Application เมื่อพัฒนาระบบเงินยืมทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์แล้ว ทางผู้วิจัยได้มีการนำระบบมาตรวจสอบคุณภาพและการใช้งานได้ของระบบจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน

1.2 แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบเงินยืมทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์

ผู้วิจัยออกแบบแบบประเมินประสิทธิภาพโดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถามมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ(Check List)

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของกลุ่มประชากรที่มีต่อการใช้งานระบบฯ โดยแบ่งเป็น 5 ด้าน ดังนี้

(1) ด้านตรงความต้องการ (Function Requirement)

(2) ด้านความสามารถแสดงข้อมูลได้ตรงความต้องการ (Function)

(3) ด้านความสะดวกในการใช้งานระบบ (Usability)

(4) ด้านประสิทธิภาพ (Performance)

(5) ด้านความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security)

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นเพิ่มเติมจากผู้ตอบแบบสอบถาม

และตรวจสอบความถูกต้องและความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องด้วยสูตรการหาความเที่ยงตรง (Index of Congruence: IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ กำหนดเกณฑ์การคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป และดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อจัดทำเป็นแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งค่า IOC ของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านแสดงค่าดังตารางที่ 1

รายการขอความคิดเห็น	**ประมาณค่าความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิคนที่**			**ค่า IOC ข้อเสนอแนะ**	**ค่าแปลผล**
	1	**2**	**3**		
ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม					
1. เพศ	1	1	1	1	ใช้ได้
2. ประเภทบุคลากร	1	1	1	1	ใช้ได้
3. หน่วยงาน	1	1	1	1	ใช้ได้
4. อายุ	1	1	1	1	ใช้ได้
5. ระดับการศึกษา	1	1	1	1	ใช้ได้
6. สิทธิผู้ใช้งาน	0	1	1	0.67	ใช้ได้
ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการใช้งานระบบ ด้านตรงความต้องการ(Function Requirement)					
1. ความสามารถในการเรียกใช้งานในระบบฐานข้อมูล	1	1	1	1	ใช้ได้
2. ความสามารถของระบบในการเพิ่มข้อมูล	1	1	1	1	ใช้ได้
3. ความสามารถของระบบในการปรับปรุงข้อมูล	1	1	1	1	ใช้ได้
4. ความสามารถของระบบในการนำเสนอข้อมูล	0	1	1	0.67	ใช้ได้
5. ความสามารถในการเรียกใช้งานในระบบฐานข้อมูล	0	0	1	0.34	ใช้ไม่ได้ต้องปรับปรุง

รายการขอความคิดเห็น	ประมาณค่าความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิคนที่			ค่า IOC ข้อเสนอแนะ	ค่าแปลผล
	1	2	3		
ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function)					
1. ความถูกต้องของการทำงานระบบในภาพรวม	1	1	1	1	ใช้ได้
2. ความถูกต้องของระบบในการจัดประเภทของข้อมูล	1	1	0	0.67	ใช้ได้
3. ความถูกต้องของระบบในการเพิ่มข้อมูล	1	0	1	0.67	ใช้ได้
4. ความถูกต้องของระบบในการปรับปรุงข้อมูล	1	1	1	1	ใช้ได้
5. ความถูกต้องของระบบในการนำเสนอข้อมูล	1	1	1	1	ใช้ได้
ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability)					
1. ความง่ายในการเรียกใช้ระบบ	1	1	1	1	ใช้ได้
2. ความเหมาะสมในการออกแบบหน้าจอโดยภาพรวม	1	1	1	1	ใช้ได้
3. ความชัดเจนของข้อความที่แสดงบนจอภาพ	1	1	1	1	ใช้ได้
4. ความสะดวกในการเข้าใช้ระบบ	1	0	1	0.67	ใช้ได้
5. ความน่าใช้งานของระบบในภาพรวม	1	1	1	1	ใช้ได้
ด้านประสิทธิภาพ (Performance)					
1. ความเร็วในการแสดงผลจากการเชื่อมโยงเพจ	1	1	1	1	ใช้ได้
2. ความเร็วในการติดต่อกับฐานข้อมูล	1	0	1	0.67	ใช้ได้
3. ความเร็วในการบันทึก ปรับปรุงข้อมูล	1	1	1	1	ใช้ได้
4. ความเร็วในการนำเสนอข้อมูล	1	1	1	1	ใช้ได้
5. ความเร็วในการทำงานของระบบในภาพรวม	1	1	1	1	ใช้ได้
ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (Security)					
1. การกำหนดสิทธิ์การเข้าใช้ระบบเกิดความปลอดภัยในการใช้งาน	1	1	1	1	ใช้ได้
2. ความปลอดภัยของการเข้าถึงข้อมูล	1	1	0	0.67	ใช้ได้
3. การควบคุมให้ใช้งานตามสิทธิ์ผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง	1	1	1	1	ใช้ได้
4. การตรวจสอบสิทธิ์ก่อนใช้งานของผู้ใช้ระบบในระดับต่าง ๆ	1	1	1	1	ใช้ได้
5. มีระบบรองรับข้อมูลที่ตรงกับความต้องการนำไปใช้ประโยชน์ได้	0	1	-1	0	ใช้ไม่ได้ต้องปรับปรุง

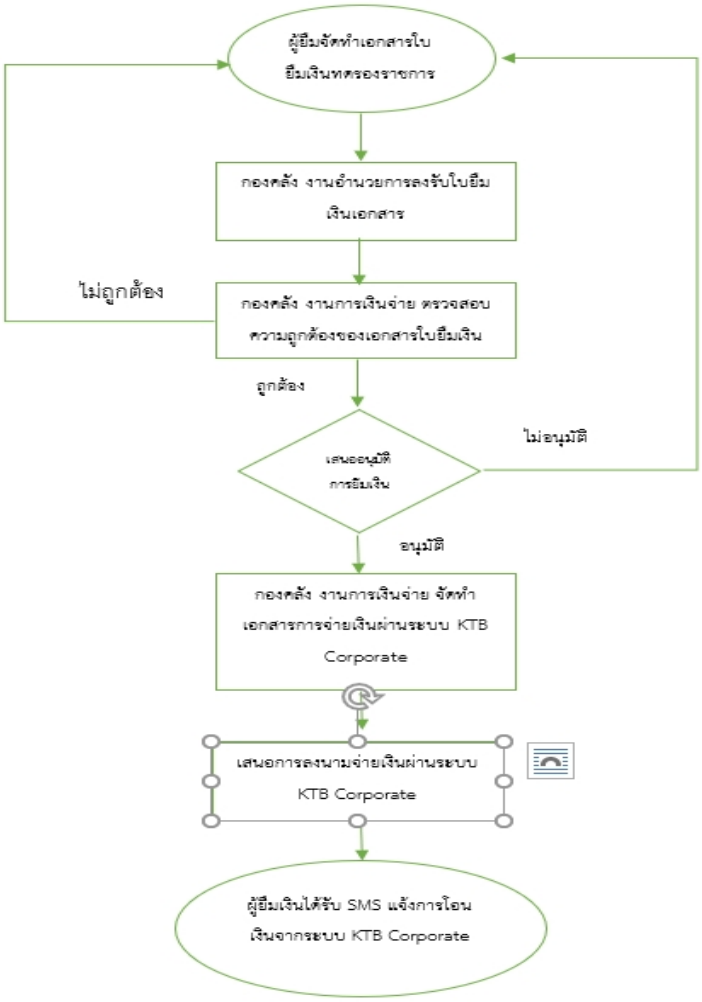
ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินค่า ioc ของแบบสอบถาม

2. ขั้นตอนการพัฒนาและออกแบบ

การพัฒนาระบบอาศัยหลักการของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) คือ การแบ่งขั้นตอนกระบวนการพัฒนาระบบงาน หรือระบบเทคโนโลยีสารสนเทศด้วย เพื่อช่วยให้การพัฒนาระบบมีความรวดเร็วและตรงตามความต้องการ (เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ, 2562) แบ่งเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการยืมเงินทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ถึง พ.ศ.2565 จากระบบบัญชี 3 มิติและทะเบียนคุมลูกหนี้เงินทดรองราชการ กองคลัง

2) วิเคราะห์และออกแบบระบบมาจัดทำเป็นผังการทำงาน (Flowchart) เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบระบบ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการยืมเงินทดรองราชการ

3) ออกแบบระบบ (System Design) ซึ่งขั้นตอนนี้จะเริ่มมีการระบุลักษณะการทำงานของระบบทางด้านเทคนิค รายละเอียดคุณลักษณะอุปกรณ์ที่เครื่องมือที่ใช้ เทคโนโลยีที่ใช้ ชนิดฐานข้อมูลการออกแบบเครือข่ายที่เหมาะสม ลักษณะของการนำเข้าข้อมูล ลักษณะรูปแบบของ out put ข้อมูล

4) พัฒนาระบบเป็นขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้ภาษา PHP เป็นภาษาหลักในการพัฒนาระบบ ร่วมกับระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL เมื่อได้ระบบแล้วต้องดำเนินการทดสอบ (Testing) โดยผู้เชี่ยวชาญ

5) ประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยใช้เทคนิค Black Box Testing เพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน โดยมีการใช้แบบประเมินประสิทธิภาพที่ผ่านการตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content Validity) และปรับแก้ไขเรียบร้อยแล้ว และให้ผู้ปฏิบัติงานที่เป็นนักวิชาการเงินและบัญชี สังกัดงานการเงินจ่าย กองคลัง จำนวน 20 ท่าน ด้วยวิธีเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) จากบุคลากร งานการเงินจ่าย กองคลัง ทั้งหมดที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการตรวจเงินยืมทดรองราชการและการจ่ายเงินยืมทดรองราชการ ที่มีความรู้ความเข้าใจในกฎระเบียบการยืมเงินทดรองราชการเป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบให้เป็นไปตามระเบียบของกระทรวงการคลังโดยทดลองใช้งานระบบและประเมินประสิทธิภาพ โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินคุณภาพตามวิถีของ Likert Scale ประกอบด้วยมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ดีมาก	=	5
ดี	=	4
ปานกลาง	=	3
ต้องปรับปรุง	=	2
น้อยที่สุด	=	1

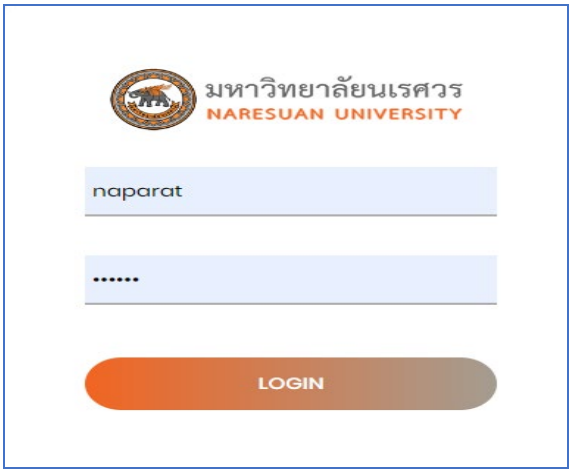
6) ปรับปรุงระบบตามการประเมินเพื่อให้ระบบสมบูรณ์พร้อมใช้งานจริง

3. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ค่าเฉลี่ย (μ) และส่วนเบี่ยงเบนค่าเฉลี่ยประชากร (σ) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนที่เป็นข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

ผลการศึกษา

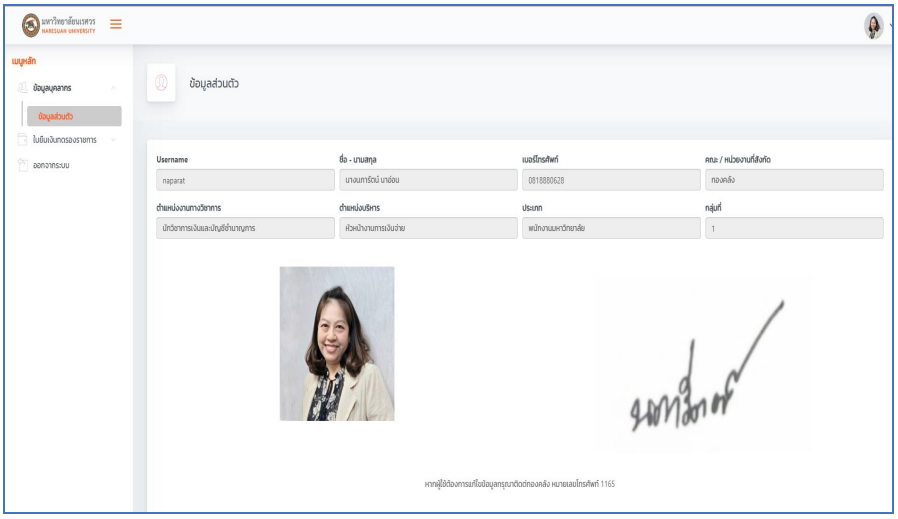
1. ผลการพัฒนาระบบเงินยืมทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ มีรายละเอียด ดังนี้

1) ส่วนของหน้าจอการเข้าสู่ระบบที่แสดงด้วยการเข้ารหัสรายบุคคล มีการกำหนดชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านให้กับผู้ที่ลงทะเบียนใช้งาน แสดงดังรูปภาพที่ 3



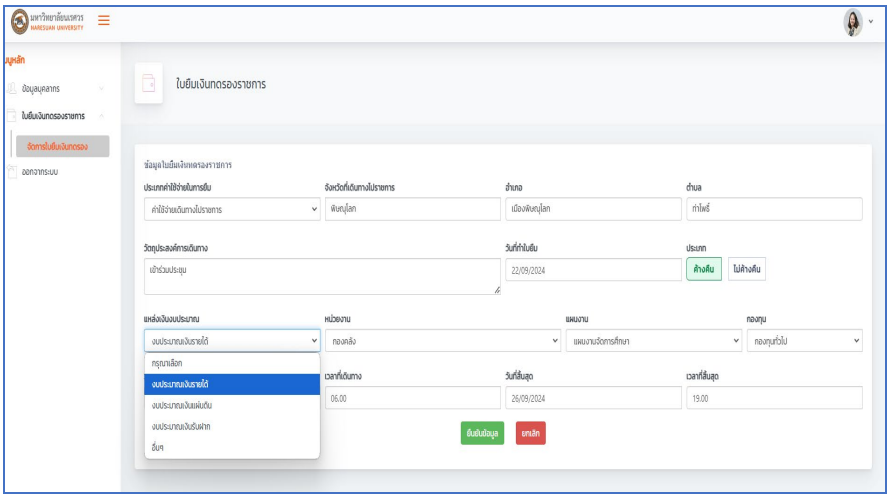
ภาพที่ 3 หน้าจอการเข้าระบบด้วยรหัส

2) แสดงรายละเอียดของผู้ใช้งานระบบที่ได้ลงทะเบียนไว้ซึ่งจะประกอบไปด้วย ชื่อ สกุล ตำแหน่ง หน่วยงาน และลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ลงทะเบียนไว้กับระบบ แสดงดังภาพที่ 4



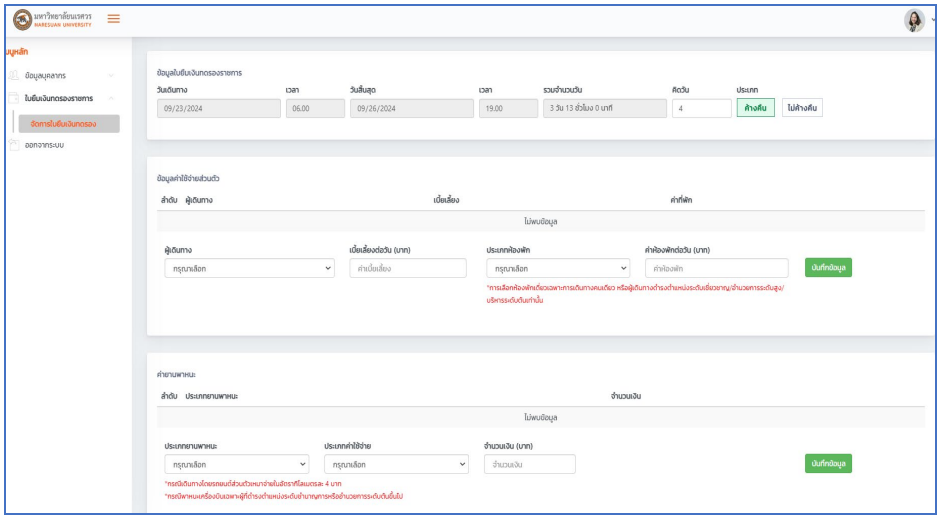
ภาพที่ 4 แสดงหน้าจอข้อมูลของผู้ใช้งานระบบ

3) หน้าจอแสดงรายละเอียดการเดินทางไปราชการซึ่งประกอบไปด้วย เวลา วัน เดือน ปี สถานที่ที่เดินทางไปราชการและแหล่งเงินงบประมาณที่ใช้ในการเบิกค่าใช้จ่ายสำหรับการเดินทางไปราชการ แสดงดังภาพที่ 5

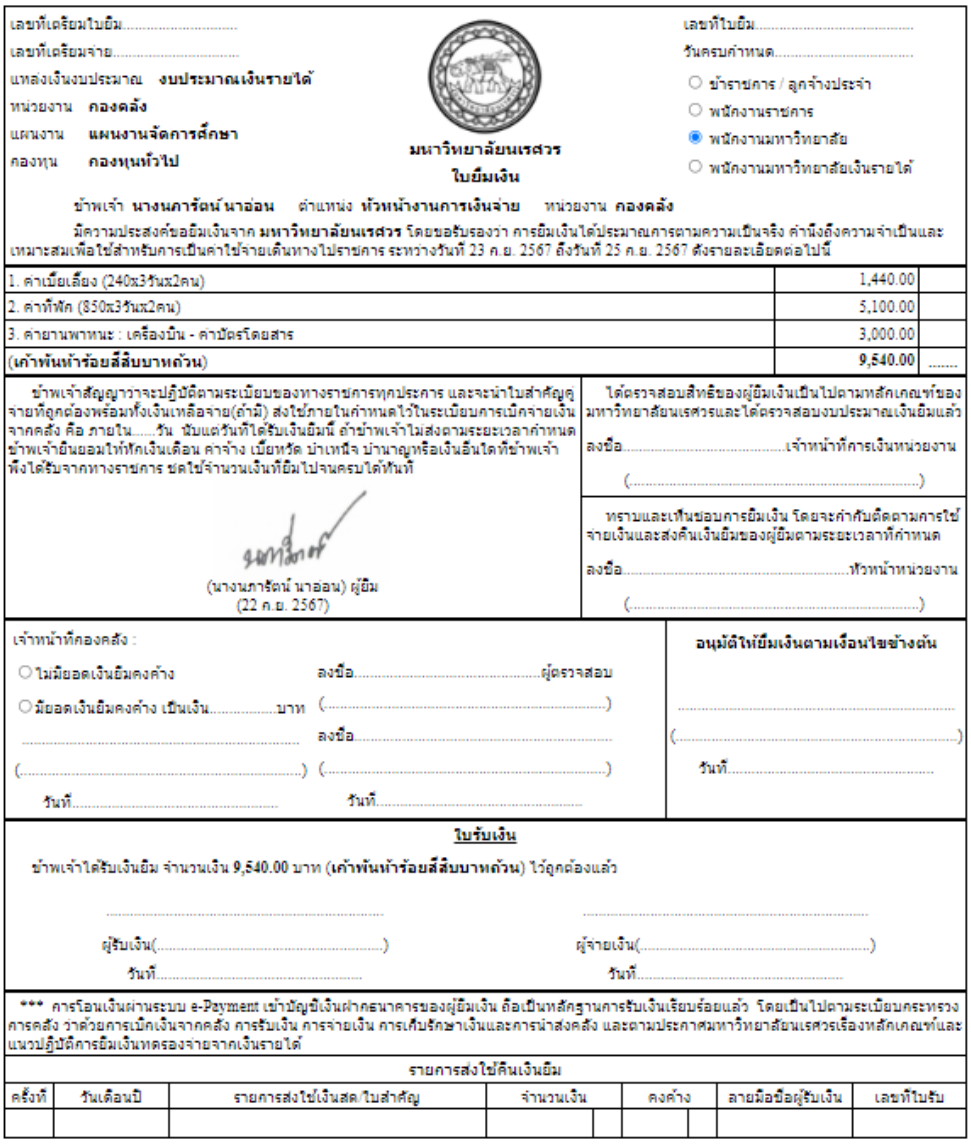


ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงรายละเอียดการเดินทางไปราชการ

4) หน้าจอแสดงรายการรายละเอียดและอัตราค่าใช้จ่ายของผู้ยืมเงินทดรองราชการประกอบไปด้วย ชื่อผู้ร่วมเดินทาง อัตราค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าที่พัก ซึ่งระบบจะคำนวณให้ตามสิทธิของผู้เดินทางไปราชการอัตโนมัติ ประเภทยานพาหนะ และอัตราค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมอื่น ๆ ซึ่งเมื่อระบุข้อมูลครบถ้วนแล้วผู้ใช้งานระบบสามารถสั่งพิมพ์ใบยืมเงินทดรองราชการจากระบบพร้อมลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ แสดงดังภาพที่ 6–7



ภาพที่ 6 แสดงหน้าจอรายละเอียดค่าใช้จ่ายของผู้เดินทางไปราชการ



เลขที่เตรียมใบยืม.....
เลขที่เตรียมจ่าย.....
แหล่งเงินงบประมาณ **งบประมาณเงินรายได้**
หน่วยงาน **คลัง**
แผนงาน **แผนงานจัดการศึกษา**
กองทุน **กองทุนทั่วไป**

มหาวิทยาลัยนเรศวร
ใบยืมเงิน

เลขที่ใบยืม.....
วันครบกำหนด.....
○ ข้าราชการ / ลูกจ้างประจำ
○ พนักงานราชการ
● พนักงานมหาวิทยาลัย
○ พนักงานมหาวิทยาลัยเงินรายได้

ข้าพเจ้า **นางนภารัตน์ นาอ่อน** ตำแหน่ง **หัวหน้างานการเงินจ่าย** หน่วยงาน **คลัง**
มีความประสงค์ขอยืมเงินจาก **มหาวิทยาลัยนเรศวร** โดยขอรับรองว่า การยืมเงินได้ประมาณการตามความเป็นจริง คำนึงถึงความจำเป็นและเหมาะสมเพื่อใช้สำหรับการเป็นค่าใช้จ่ายเดินทางไปราชการ ระหว่างวันที่ 23 ก.ย. 2567 ถึงวันที่ 25 ก.ย. 2567 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ค่าเบี้ยเลี้ยง (240x3วันx2คน)	1,440.00	
2. ค่าที่พัก (850x3วันx2คน)	5,100.00	
3. ค่ายานพาหนะ : เครื่องบิน - ค่าบัตรโดยสาร	3,000.00	
(เก้าพันห้าร้อยสี่สิบบาทถ้วน)	**9,540.00**	.....

ข้าพเจ้าสัญญาว่าจะปฏิบัติตามระเบียบของทางราชการทุกประการ และจะนำใบสำคัญคู่จ่ายที่ถูกต้องพร้อมทั้งเงินเหลือจ่าย(ถ้ามี) ส่งใช้ภายในกำหนดไว้ในระเบียบการเบิกจ่ายเงินจากคลัง คือ ภายใน.....วัน นับแต่วันที่ได้รับเงินยืมนี้ ถ้าข้าพเจ้าไม่ส่งตามระยะเวลากำหนด ข้าพเจ้ายินยอมให้หักเงินเดือน ค่าจ้าง เบี้ยหวัด บำเหน็จ บำนาญหรือเงินอื่นใดที่ข้าพเจ้าพึงได้รับจากทางราชการ ชดใช้จำนวนเงินที่ยืมไปจนครบได้ทันที

(นางนภารัตน์ นาอ่อน) ผู้ยืม
(22 ก.ย. 2567)

ได้ตรวจสอบสิทธิของผู้ยืมเงินเป็นไปตามหลักเกณฑ์ของมหาวิทยาลัยนเรศวรและได้ตรวจสอบงบประมาณเงินยืมแล้ว
ลงชื่อ.....เจ้าหน้าที่การเงินหน่วยงาน
(.....)

ทราบและเห็นชอบการยืมเงิน โดยจะคำนับคิดตามการใช้จ่ายเงินและส่งคืนเงินยืมของผู้ยืมตามระยะเวลาที่กำหนด
ลงชื่อ.....หัวหน้าหน่วยงาน
(.....)

เจ้าหน้าที่คลัง :
○ ไม่มียอดเงินยืมคงค้าง
○ มียอดเงินยืมคงค้าง เป็นเงิน.....บาท
.....
(.....)
วันที่.....

ลงชื่อ.....ผู้ตรวจสอบ
(.....)
ลงชื่อ.....
(.....)
วันที่.....

อนุมัติให้ยืมเงินตามเงื่อนไขข้างต้น
.....
(.....)
วันที่.....

ใบรับเงิน

ข้าพเจ้าได้รับเงินยืม จำนวนเงิน **9,540.00** บาท (**เก้าพันห้าร้อยสี่สิบบาทถ้วน**) ไว้ถูกต้องแล้ว

ผู้รับเงิน(.....)
วันที่.....

ผู้จ่ายเงิน(.....)
วันที่.....

*** การโอนเงินผ่านระบบ e-Payment เข้าบัญชีเงินฝากธนาคารของผู้ยืมเงิน ถือเป็นหลักฐานการรับเงินเรียบร้อยแล้ว โดยเป็นไปตามระเบียบกระทรวงการคลัง ว่าด้วยการเบิกเงินจากคลัง การรับเงิน การจ่ายเงิน การเก็บรักษาเงินและการนำส่งคลัง และตามประกาศมหาวิทยาลัยนเรศวรเรื่องหลักเกณฑ์และแนวปฏิบัติการยืมเงินทดรองจ่ายจากเงินรายได้

รายการส่งใช้คืนเงินยืม

ครั้งที่	วันเดือนปี	รายการส่งใช้เงินสด/ใบสำคัญ	จำนวนเงิน	คงค้าง	ลายมือชื่อผู้รับเงิน	เลขที่ใบรับ

ภาพที่ 7 แสดงเอกสารใบยืมเงินพร้อมลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบเงินยืมทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้เทคนิค Black Box Testing มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ด้านตรงตามความต้องการ (Function Requirement), ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function), ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability), ด้านประสิทธิภาพ (Performance) และด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (Security) โดยใช้ข้อมูลทางสถิติ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ได้ผลการวิจัยในภาพรวม ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงประสิทธิภาพของระบบภาพรวม (N=20)

ที่	ประเด็นการวัดประสิทธิภาพของระบบ	μ	σ	แปลความหมาย
1	ประสิทธิภาพของระบบด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ (User Requirement)	4.64	0.48	มากที่สุด
2	ประสิทธิภาพของระบบด้านการทำงานได้ตามหน้าที่งานของระบบ (Functional Requirement)	4.75	0.44	มากที่สุด
3	ประสิทธิภาพของระบบด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability)	4.70	0.46	มากที่สุด
4	ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ (Performance)	4.63	0.49	มากที่สุด
5	ประสิทธิภาพของระบบด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security)	4.70	0.51	มากที่สุด
	รวมเฉลี่ย	**4.68**	**0.47**	**มากที่สุด**

จากตาราง 2 แสดงประสิทธิภาพของระบบภาพรวมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุดมีค่าเฉลี่ย 4.68 มีระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด พิจารณารายด้านพบว่า ด้านที่มีระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบสูงที่สุดคือด้านประสิทธิภาพของระบบด้านการทำได้ตามฟังก์ชั่นงานของระบบ (Functional Requirement) มีค่าเฉลี่ย 4.75 รองลงมาคือ ประสิทธิภาพของระบบด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security) มีค่าเฉลี่ย 4.70 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด

จากการวิเคราะห์เนื้อหาในส่วนของข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นเพิ่มเติมจากผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่ามีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงระบบเพื่อให้เป็นไปตามหลัก UX/UI เช่น วันที่ควรเรียงแบบ dd/mm/yyyy และควรใช้การเลือก, ช่องหน่วยงาน แผนงาน กองทุน ควรเลือกแบบ drop down, ควรมีคำอธิบายตัวอย่างแต่ละประเภท, ระบบควรมีการระบุอัตราค่าใช้จ่ายแบบให้มีการแก้ไขได้เพื่อให้สอดคล้องกับงบประมาณที่ได้รับการอนุมัติ, ใบรับเงินต้องระบุจำนวนเงินที่เป็นตัวเลขและเป็นตัวอักษรด้วย, ควรมีคำแสดงสถานะต่อท้ายลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ ด้วยคำว่า "ผู้ยืม" เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวไปปรับปรุงระบบให้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้นและสะดวกขึ้น

สรุปผลและอธิปรายผล

การพัฒนาต้นแบบระบบเงินยืมทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพ และช่วยอำนวยความสะดวกในการคำนวณค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรให้มีความถูกต้องเป็นไปตามระเบียบของทางราชการ ซึ่งการพัฒนาระบบนี้ได้ยึดหลักการพัฒนาระบบตามทฤษฎี System Development Life Cycle (SDLC) และออกแบบระบบตามหลักการ UX (User Experience) และ UI (User Interface) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรภวิษย์ นาคเนียม และรศ.ดร.สุวรรณี อัศวกุลชัย ที่ได้ศึกษาการออกแบบตามประสบการณ์ของลูกค้าในการใช้แอปพลิเคชัน MyMo โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้ทฤษฎีการออกแบบ UX/UI เป็นส่วนที่สำคัญในการออกแบบแอปพลิเคชันทำให้แอปพลิเคชันน่าสนใจ ใช้งานง่าย ผู้ใช้งานอยากกลับมาใช้ซ้ำ นอกจากนี้ผู้วิจัยมีการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยใช้เทคนิค Black Box Testing เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้งานด้านต่าง ๆ ของระบบซึ่งเทคนิคนี้จะเป็นการประเมินเฉพาะส่วนของประสิทธิภาพของผู้ใช้งานหรือการทดสอบแบบ Functional testing โดยผู้

ประเมินมิจำเป็นต้องมีความรู้เรื่องการทำงานภายในของระบบสนใจแค่การนำเข้าข้อมูลและผลลัพธ์ที่ถูกต้องเท่านั้น ดังที่ คะนึงรัตน์ ลิ่มตระกูล (2560) ได้กล่าวไว้ในบทความเรื่อง Functional testing (Black box testing) คืออะไร นอกจากนี้ใบยืมเงินทดรองราชการพร้อมลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ออกมาจากระบบต้นแบบนั้นเมื่อวิเคราะห์ตามคำนิยามของพระราชบัญญัติการปฏิบัติราชการทางอิเล็กทรอนิกส์ พ.ศ.2565 แล้วพบว่าการลงลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่เอกสารการยืมเงินทดรองราชการเป็นการลงลายมือชื่อที่น่าเชื่อถือได้ตามมาตรา 9 เนื่องจากมีการเข้าใช้งานระบบโดยสามารถระบุตัวตนและวัตถุประสงค์ในการเข้าใช้งานระบบได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จามร รักประเสริฐสุข และดนิตา นิ่มวัฒน์ (2566) ที่ศึกษาเรื่องความแตกต่างระหว่างลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์และลายมือชื่อดิจิทัล โดยกล่าวว่า ลายมือชื่อทางอิเล็กทรอนิกส์เป็นภาพอิเล็กทรอนิกส์ที่เรียบง่ายของลายมือชื่อ ส่วนลายมือชื่อดิจิทัลใช้การเข้ารหัสเพื่อตรวจสอบและยืนยันตัวตนของผู้ลงนามและความสมบูรณ์ของเอกสาร ทำให้เอกสารมีความปลอดภัยและความถูกต้องในระดับที่สูงขึ้น การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบเงินยืมทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ พร้อมทั้งประเมินประสิทธิภาพของระบบจากผู้เชี่ยวชาญมีค่าการประเมินประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ และมีผลการประเมินประสิทธิภาพในภาพรวมอยู่ในระดับ 4.68 มากที่สุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47

จากการประเมินประสิทธิภาพของระบบต้นแบบจากผู้เชี่ยวชาญ และผู้ใช้งานจะเห็นได้ว่าระบบเงินยืมทดรองราชการสำหรับการเดินทางไปราชการในประเทศของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ มีประสิทธิภาพโดยรวมในเกณฑ์ดีมากสามารถช่วยเพิ่มความสะดวกในการใช้งานและลดความผิดพลาดจากการคำนวณค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการในประเทศของผู้ใช้งานได้จริงรวมถึงระบบสามารถจัดทำเอกสารใบยืมเงินทดรองราชการที่มีลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างถูกต้อง แต่ยังคงมีข้อจำกัดในการใช้งานเนื่องจากการพัฒนาระบบเงินยืมครั้งนี้พัฒนาในลักษณะเป็นระบบต้นแบบและออกแบบฐานข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับระบบฐานข้อมูลกลางของมหาวิทยาลัย เนื่องจากต้องการให้ระบบมีการทดลองการใช้งานก่อนที่จะนำไปพัฒนาและปรับปรุงเพื่อใช้งานต่อไป ซึ่งหากมีการเชื่อมต่อกับระบบการทำงานอื่น ๆ ของมหาวิทยาลัย เช่น ระบบงานสารบรรณ ระบบฐานข้อมูลบุคลากร ระบบ e-Payment จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และในอนาคตควรจะมีการนำระบบให้ผู้ปฏิบัติงานภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรได้ทดลองใช้และดำเนินการศึกษาความพึงพอใจจากการใช้งานของระบบเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงระบบให้สามารถทำงานตอบสนองต่อผู้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้น และเพื่อให้ผู้บริหารสามารถพิจารณาตัดสินใจได้อย่างเหมาะสมควรมีการเปรียบเทียบการปฏิบัติงานแบบเดิมกับแบบใหม่ที่นำระบบเข้ามาช่วยในการปฏิบัติงานว่าสามารถลดขั้นตอน, ลดระยะเวลาและลดปริมาณการใช้กระดาษได้จริงหรือไม่อย่างไร ทั้งนี้การนำระบบที่เกี่ยวข้องกับการเงินและบุคคลมาใช้ควรพิจารณาการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลและการสำรองข้อมูลควบคู่ไปกับการพัฒนาระบบ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยนเรศวร และได้รับความกรุณาในการให้คำปรึกษาจาก ดร.มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ท่านผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้คำแนะนำ รวมถึงผู้อำนวยการกองคลังและผู้ร่วมงานทุกท่าน ที่สนับสนุนกระบวนการพัฒนางานตลอดจนให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง. **ระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ พ.ศ. 2550 และที่แก้ไขเพิ่มเติม.**

เกียรติคุณ เรืองสุวรรณ. (2560). **การวิเคราะห์ระบบบริหารเงินทดรองราชการ: กรณีศึกษาวิทยาลัยการเมืองการปกครอง มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ระหว่างปีงบประมาณ พ.ศ. 2553–2557 มหาสารคาม.** วารสารการเมืองการปกครอง, ปีที่ 7 ฉบับที่ 2, หน้า 308–320

เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ. (2562). **วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC)**. สืบค้น 10 ตุลาคม 2566, จาก https://dol.dip.go.th/th/category/2019-02-08-08-57-30/2019-03-15-11-06-29

เขมณัฏฐ์ วงศ์พรภักดี. (2551). **ปัญหาการเบิกจ่ายเงินทดรองจ่ายของหน่วยงานย่อย มหาวิทยาลัยนเรศวร บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยนเรศวร** (รายงานผลการวิจัย). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

คะนึงรัตน์ ลิ่มตระกูล. (2560). **Functional testing (Black box testing) คืออะไร**. สืบค้น 15 มีนาคม 2566, จาก https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/3128-functional-testing-black-box-testing-คือ.html

จามร รักประเสริฐสุข และดนิตา นิ่มวัฒน์. (2566). **ความแตกต่างระหว่างลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์และลายมือชื่อดิจิทัล.** วารสารกฎหมายและสังคมรังสิต, ปีที่ 5 ฉบับที่ 1, หน้า 15–30

พรภวิษย์ นาคเนียม และสุวรรณี อัศวกุลชัย. (2566). **การออกแบบตามประสบการณ์ของลูกค้าในการใช้แอปพลิเคชัน MyMo**. ใน รายงานการประชุม Graduate School Conference, 6(1), 180–187.

วนิดา สิงห์น้อย. (2564). **E-Office สำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ผู้ช่วยทำงานในยุค 4.0**. สืบค้น 25 มีนาคม 2566, จาก https://www.scimath.org/article-technology/item/12413-e-office-4-0

สายใจ ชุนประเสริฐ. (2563). **แนวทางการพัฒนาการเบิก-จ่ายของคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี.** วารสารวิทยาการจัดการ, ปีที่ 1 ฉบับที่ 1, หน้าที่ 61–85.

ความสุขในการทำงานของบุคลากร องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

Happiness at the workplace of employee Songkhla Provincial Administrative Organization

เขมิสรา สุกแก้วณรงค์[1*], วริศรา สุขสุวรรณ์[1], ศกัญญา บุตรชำนิ[1], ศศิตา หมันบุตร[1] และ ปาริฉัตร ตู้ดำ[1]
Khamisara Sukkeawnarong[1*], Warisara Suksuwan[1], Sakanya Butchamni[1], Sasita Manbut[1] and Parichat Thudam[1]

บทคัดย่อ

ความสุขในการทำงานของบุคลากร องค์กรการบริหารส่วนจังหวัดสงขลา มีวัตถุประสงค์1.) เพื่อศึกษาระดับความสุขในการทำงานของบุคลากร องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา 2.) เพื่อศึกษาอิทธิพลสภาพแวดล้อมและด้านลักษณะงาน ความสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานบุคลากรขององค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา โดยการสังเคราะห์เอกสาร และนำเสนอผลการวิจัยในรูปแบบรายงานพรรณนาเชิงวิเคราะห์ ผลการศึกษาพบว่า 1.) ด้านสภาพแวดล้อม 2.) ด้านความสัมพันธ์ในที่ทำงาน 3.) ด้านลักษณะงาน เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของบุคลากร องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

คำสำคัญ: ความสุขในการทำงาน, สภาพแวดล้อมในการทำงาน, ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล

Abstract

Happiness at the workplace of personnel Songkhla Provincial Administrative Organization aimes 1.)to study the level of happiness at the workplace of personnel, Songkhla Provincial Administrative Organization 2.)to study the influence of the environment and 3.) to find out interpersonal relationships that affects the happiness at workplace of personnel of the Songkhla Provincial Administrative Organization by synthesizing documents and present research results in the form of descriptive analytical reports. The results of the study found in terms of 1.) environmental aspects 2.) workplace relationships 3.)job description. Theses are factors that affect the happiness of personnel in their workplace,Songkhla Provincial Administrative Organization.

Keyword: Happiness at workplace, Working environment, Interpersonal relationships.

[1] สาขาจัดการทรัพยากรมนุษย์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000
[1] Human Resource Management Department, Faculty of Humanities and Social Sciences, Thaksin University, Songkhla, 90000
*Corresponding author : 641011138@tsu.ac.th

บทนำ

การทำงานมีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง อาจกล่าวได้ว่า การทำงานเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตที่ปฏิบัติมากกว่ากิจกรรมใด ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสังคมอุตสาหกรรม คาดกันว่า มนุษย์ได้ใช้เวลาถึงหนึ่งในสามของชีวิตเป็นอย่างน้อยอยู่ในโรงงานหรือสำนักงาน ถ้าหากว่าเวลาส่วนมากของชีวิตในการทำงานนี้ มนุษย์ได้อยู่กับสิ่งที่ตนเองพอใจก็จะช่วยให้มีสภาพจิตใจและอารมณ์ที่จะส่งเสริมให้เกิดสภาพการทำงานที่ดีและมีความสุขในการทำงาน (ผจญ เฉลิมสาร, 2551:39)

ปัจจุบันกระแสการสร้างความสุขในการทำงานในประเทศไทยได้เริ่มแพร่หลายมากขึ้น ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่ง ความรู้สึกทางบวกที่เกิดขึ้นภายในตัวบุคคลที่ตอบสนองต่อเหตุกรณ์ที่เกิดขึ้นในการทำงาน โดยที่บุคคลนั้นเกิดความรู้สึกเพลิดเพลิน สนุกสนาน กระตือรือร้นในงานที่ทำมีความพึงพอใจและความภาคภูมิใจในงาน ได้ทำงานกับเพื่อนร่วมงานที่ดี รับรู้ว่างานที่ตนทำนั้นมีความสำคัญ มีคนเห็นคุณค่าของงานที่ทำและมีความสุขในที่ทำงานทำให้การบริหารองค์กรเป็นไปได้ด้วยความราบรื่น เนื่องจากการที่คนในองค์กร มีความสุขจะเป็นการเพิ่มทั้งปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ลดความเครียดและความขัดแย้งในองค์กร ซึ่งช่วยให้องค์กรเจริญก้าวหน้าและพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล (ชินกร น้อยคำยางและปภาดา น้อยคำยาง. 2555 : จรรยา ดาสา. 2560)

องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาเป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในหน่วย บริหารราชการส่วนท้องถิ่นของจังหวัด มีอำนาจหน้าที่ในการจัดระบบบริการสาธารณะเพื่อประโยชน์ของประชาชนในท้องถิ่นอาทิ การจัดการสิ่งแวดล้อมและมลพิษต่างๆ การส่งเสริมการท่องเที่ยว การป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยภายใต้อำนาจหน้าที่ตามพระราชบัญญัติองค์การบริหารส่วนจังหวัด พ.ศ.๒๕๔๐ และที่แก้ไขเพิ่มเติมถึงฉบับที่ ๔ พ.ศ. ๒๕๕๒ ตลอดรวมถึงพระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ.๒๕๕๒ ปัจจุบันการติดตามและประเมินผลนับว่ามีความสำคัญและจำเป็นต่อการบริหารงาน เพื่อเปรียบเทียบว่ามีความสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ของหน่วยงานตามที่กำหนดหรือไม่ รวมทั้งการมีส่วนร่วมของภาคประชาชน การทำหน้าที่เป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจำเป็นต้องมีการเปิดเผยข้อมูลแหล่งที่มาของรายได้การจัดสรรงบประมาณการดำเนินงานตลอดจนเผยแพร่ผลการปฏิบัติงานให้สาธารณชน ได้รับทราบ การปกครองท้องถิ่นเป็นรูปแบบพื้นฐานในการพัฒนาประเทศ มีความสำคัญต่อระบบบริหารราชการแผ่นดิน เนื่องจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นแต่ละแห่งมีความหลากหลายทั้งด้านสังคม วัฒนธรรมเศรษฐกิจ ชุมชน รวมทั้งทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นปัจจัยในการขับเคลื่อนชุมชนในทิศทางที่เป็นพลังสำคัญของประเทศ บุคลากรที่อยู่ในองค์การนี้จะต้องมีการปรับตัวในการอยู่ร่วมกัน การทำงานที่หลากหลายตำแหน่งหลายที่ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาเรื่องความสุขในการทำงานของบุคลากรในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา เนื่องจากบุคลากรในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา มีส่วนสำคัญที่จะทำให้การดำเนินงานของแต่ละหน่วยงานในองค์กรดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้นั้นบุคลากรต้องมีความสุขในการปฏิบัติงานก่อนเป็นอันดับแรก และเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนา ปรับปรุงและเสริมสร้างความสุขในการทำงานต่อไปได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1.) เพื่อศึกษาระดับความสุขในการทำงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

2.) เพื่อเปรียบเทียบระดับความสุขของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

3.) เพื่อศึกษาอิทธิพลสภาพแวดล้อมและลักษณะงาน ความสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

แนวคิดและทฤษฎี

1.แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับความสุขในการทำงาน

ความสุขในการทำงาน คือความรู้สึกของบุคคลที่มีความพึงพอใจในการปฏิบัติงานที่ตนทำให้ทางบวก รวมถึงค่าตอบแทนที่ได้รับจากการทำงาน ได้รับการช่วยเหลือเกื้อกูลกันระหว่างผู้ร่วมงาน การยอมรับนับถือที่ดีจากคนทั่วไป มีสภาพแวดล้อมการทำงานที่ปลอดภัย มีก้าวหน้าในงานที่ทำ ทำให้เกิดความภาคภูมิใจและมีความสุขในการทำงาน (สุภัทรา เผือกโสภา : 2556) ปฏิกิริยาการรับรู้ที่เกิดจากสภาวะทางร่างกาย มีการตอบสนองต่อสิ่งที่ได้รับจากภายนอกผนวกกับความต้องการภายในใจที่ตรงตามความต้องการของตนเอง ในขณะทำงานจนทำให้เกิดความพึงพอใจในงาน เกิดความสมดุลทางด้านร่างกายและจิตใจ นำไปสู่การมีประสิทธิภาพในการทำงานสัมพันธภาพระหว่างเพื่อนร่วมงานตลอดจนการดำเนินชีวิตที่ดีขึ้น (อัญมณี สัฒนรัตน์ : 2556) Warr (1990) ได้ข้อสรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานไว้ 3 ประการดังนี้

1. ความรื่นรมย์ในงาน เป็นความรู้สึกของบุคคลที่เกิดขึ้นในขณะทำงาน โดยเกิดความสนุกสนานกับการทำงานและไม่มีความรู้สึกวิตกกังวลใด ๆ ในการทำงาน

2. ความพึงพอใจในงาน เป็นความรู้สึกของบุคคลทีเกิดขึ้นในขณะทำงาน โดยเกิดความรู้สึกเพลิดเพลิน ชอบใจเต็มใจ มีความถูกต้องและยินดีในการปฏิบัติงานของตน

3. ความกระตือรือร้นในการทำงาน เป็นความรู้สึกของบุคคลที่เกิดขึ้นในขณะทำงานโดยเกิดความรู้สึกว่าอยากทำงาน มีความตื่นตัว ทำงานได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็วกระฉับกระเฉง มีชีวิตชีวาในการทำงาน

จากข้างต้นทฤษฎี สามารถสรุปได้ว่า Warr (1990) ได้สรุปปัจจัยที่มีความสุขในการทำงานประกอบด้วย 3 ประการ ได้แก่ 1) ความรื่นรมย์ในงาน 2) ความพึงพอใจในงาน 3) ความกระตือรือร้นในการทำงาน

2.แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับปัจจัยด้านความสัมพันธ์

สัมพันธภาพในที่ทำงาน หมายถึง การรับรู้ของ บุคลากรที่มีต่อความสัมพันธ์การปฏิบัติที่มีต่อผู้บังคับบัญชาเพื่อนร่วมงานและผู้ใต้บังคับบัญชาในการปฏิบัติงานร่วมกันหรือนอกเหนือจากการปฏิบัติงานในลักษณะความเป็นกันเอง เคารพนับ ถือซึ่งกันและกัน การยอมรับฟังแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริงและความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ผู้บังคับบัญชาเข้าใจปัญหาของผู้ใต้บังคับบัญชา(ธานิชา มุลอามาตย์, 2557) ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล หมายถึง ในองค์การใดองค์การหนึ่งซึ่งถ้าหากว่ามีความสัมพันธ์อันดีจะก่อให้เกิดความชอบพอและสร้างความเข้าใจอันดีต่อกันและกัน จะยังส่งผลทำให้เกิดความสัมฤทธิ์ผลในการทำงานแต่ถ้าขาดสัมพันธภาพที่ดี ก็จะทำให้เกิดความขัดแย้งหรือไม่เข้าใจกันและส่งผลให้งานส่วนรวมขององค์กรล้มเหลวได้ Gellerman (1996 : 23) ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล มีประเด็นสำคัญคือขอบเขตทั้งหมดของการกระทำของมนุษย์ที่เกิดขึ้นระหว่างบุคคล ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กันเสมือนถูกรวมไว้ในความสัมพันธ์ของการติดต่อสื่อสารกัน การร่วมมือกัน การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการยอมรับซึ่งกันและกัน รวมถึงการแก้ปัญหาและสามารถปฏิบัติงานร่วมกับบุคคลอื่นได้(Milton, 1981)

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ในการทำงาน หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล เป็นเรื่องราวที่ว่าด้วยพฤติกรรมของบุคคลที่มาเกี่ยวข้องกันในการทำงานในองค์กรหรือหน่วยงาน ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อสื่อสาร แสดงความคิดเห็นแก้ปัญหา มีความเคารพซึ่งกันและกัน เพื่อให้การทำงานดำเนินไปได้อย่างราบรื่นความสำคัญของมนุษย์สัมพันธ์ในการทำงานก็คือ สร้างความราบรื่นในการทำงานร่วมกันสร้างความเข้าใจอันดีและความสามัคคีก่อให้เกิดความรักใคร่และความสำเร็จในการทำงานร่วมกันเป็นปัจจัยที่ช่วยเพิ่มผลผลิตและเป็นเครื่องมือช่วยในการแก้ปัญหาและขจัดความขัดแย้ง

3.แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมในการทำงาน

การรับรู้สภาพแวดล้อมในการทำงาน หมายถึง กระบวนการที่บุคคลนำข้อมูลที่ได้รับจากสิ่งเร้าต่างๆ รอบตัวทั้งมีชีวิตและไม่มีชีวิตทั้งที่เป็นรูปธรรมและที่เป็นนามธรรม สภาพปัจจัยต่างๆที่ส่งผลให้เกิด ภาวะกดดันจากสภาพแวดล้อมในการทำงานทางจิตหรือทางสังคมภายในองค์การผ่านขั้นตอนการจัดระเบียบ การตีความนำไปสู่การตัดสินใจ การแสดงออกถึงความรู้ ความเข้าใจ การแสดงความคิดเห็นต่างๆ โดยขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความรู้สึกที่เกิดขึ้นในจิตใจของตนเองซึ่งการรับรู้สภาพแวดล้อมในการทำงานของแต่ละบุคคลว่าดีหรือไม่นั้นอาจมีความแตกต่างกัน (ชนัดดา ยังสี, 2549) สภาพแวดล้อมในการทำงาน หมายถึง ปัจจัยต่างๆที่รวมเป็นบรรยากาศในการทำงานได้แก่ การมีส่วนร่วมในการทำงานความผูกพันกับเพื่อนร่วมงานการนิเทศงานสายการบังคับบัญชาความมีอิสระในการทำงานแรงกดดันในการทำงาน การควบคุมงานนวัตกรรม ความชัดเจนในการทำงานและสภาพทางกายภาพของสถานที่ทำงาน (Moos, 1986)

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า สภาพแวดล้อมในการทำงาน หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นที่อยู่รอบ ๆ ตัวบุคคล ไม่ว่าจะเป็น แสง สี เสียง แสงสว่าง อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน เพื่อนร่วมงานและยังหมายรวมถึงแนวทางในการทำงาน ระยะเวลาที่ทำงานในแต่ละวัน ซึ่งจะส่งผลต่อพฤติกรรมและความรู้สึกของคนทำงานได้ทั้งสิ้น ถ้าหากสภาพแวดล้อมในการทำงานไม่ดี มีลักษณะที่ไม่เหมาะสมจะเป็นสาเหตุ ให้คนทำงานมีความรู้สึกไม่อยากทำงาน แต่หากสภาพแวดล้อมในการทำงานมีลักษณะที่ดีนั้นก็จะเป็นเครื่องจูงใจในการทำงาน ทำงานด้วยความเต็มใจ เต็มความรู้ความสามารถก็จะส่งผลให้ทั้งปริมาณงานมีจำนวนมากขึ้นและงานที่ได้มีประสิทธิภาพ

4.แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยลักษณะงาน

ลักษณะงาน ประกอบด้วย การที่ผู้ปฏิบัติงานรับรู้ว่างานที่ทำมีความท้าทายเป็นงานที่สร้างสรรค์งานมีความน่าสนใจ มีโอกาสที่จะได้เรียนรู้การได้รับผิดชอบงานที่ทำมีโอกาสที่จะทำงานให้เสร็จและ สามารถควบคุมการทำงานได้จะทำให้เกิดความพึงพอใจในการปฏิบัติงาน ปัจจัยลักษณะงานส่งผลต่อทัศนคติและพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน โดยปัจจัยของลักษณะงานเป็นสิ่งจูงใจส่งผลให้พนักงานมีความรู้สึกนึกคิดไปในทางที่ดี ก่อให้เกิดการปฏิบัติงานที่ดีแต่ในทางกลับกัน ถ้าหากว่า ปัจจัยลักษณะงานไม่เกิดแรงจูงใจของ พนักงาน พนักงานจะไม่มีความตั้งใจในการทำงาน (ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2534 หน้า 130–131) องค์ประกอบของลักษณะงาน ที่ปฏิบัติ 5 ลักษณะ คือ

1. ความหลากหลายในจำนวนงาน (Skill Variety) เป็นสิ่งที่พนักงานต้องใช้ทักษะประยุกต์ความรู้และประสบการณ์ ความชำนาญให้งานชิ้นนั้นสำเร็จ

2. ลักษณะงาน (Task Identity) หมายถึง งานที่พนักงานได้รับมอบหมายที่อยู่ในความรับผิดชอบที่มีขอบเขตลักษณะเฉพาะของงานที่แตกต่างกันออกไป

3.ความสำคัญของงาน (Task Significance) งานที่ได้รับมอบหมายมีผลกระทบและเกี่ยวข้อง กับงานของผู้อื่น ที่จะส่งผลให้งานอื่นประสบความสำเร็จด้วย

4.ความอิสระ (Autonomy) การมีอำนาจในงาน การวางแผน ตัดสินใจในการปฏิบัติงานให้สำเร็จ

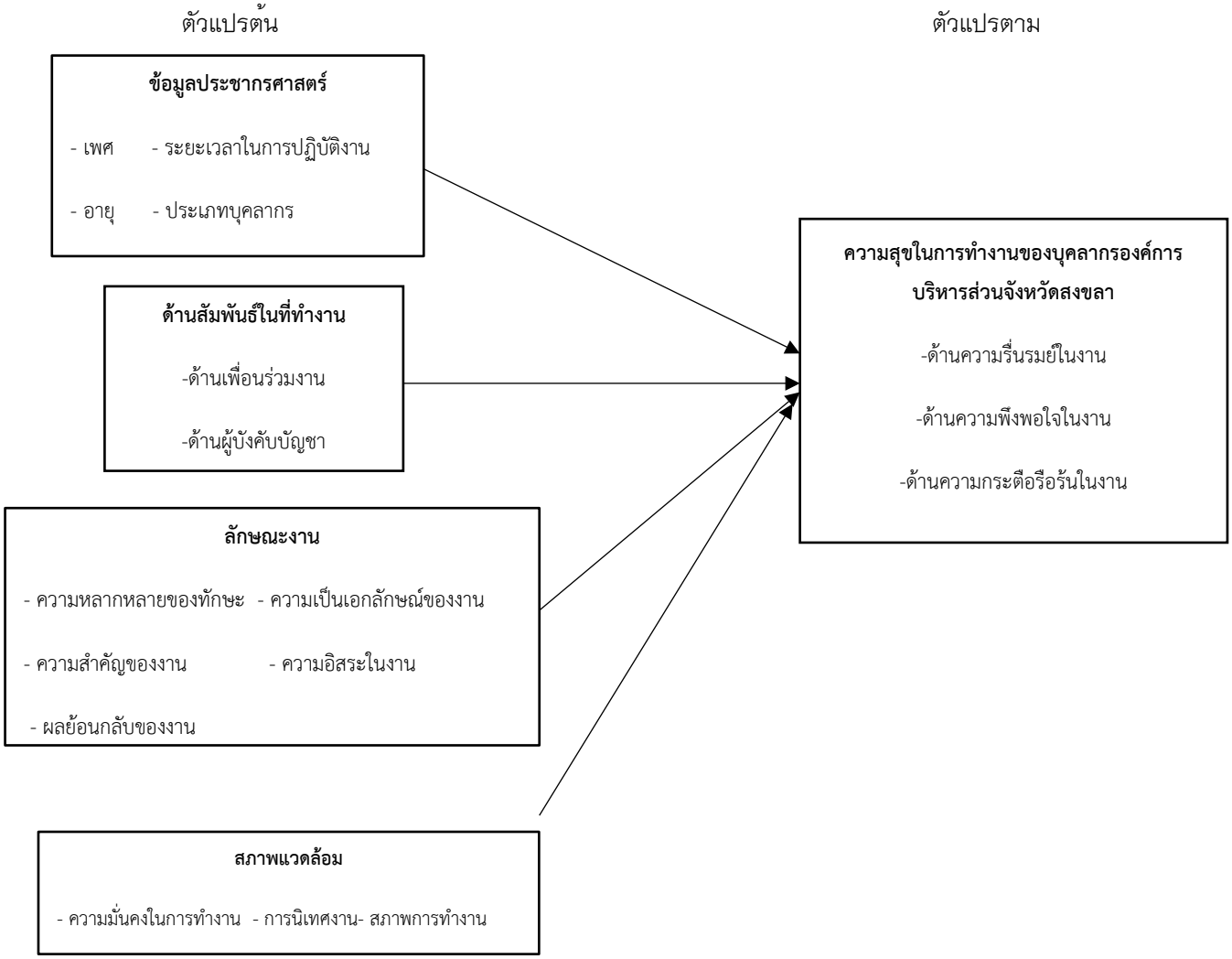
5.การป้อนกลับ (Feedback) ผลของงานที่ทำซึ่งผลงานนั้นจะแสดงถึงความรู้ ความเข้าใจของพนักงานและผลงานที่ได้กระทำไปว่าจะสำเร็จหรือไม่เพียงใด (ศิริวิรรณ เสรีรัตน์ และ คณะ, 2543 หน้า 352)

ปกภณ จันทศาสตร์ (2557) การสร้างความรับรู้ การระบุคุณค่าในงานที่ทำให้ สามารถสนองความต้องการบรรลุผลการปฏิบัติงาน เป็นการตอบสนองความต้องการระดับหนึ่ง ของบุคคลอันจะก่อให้เกิดประสิทธิผลในการทำงาน และคุณประโยชน์ต่อองค์กร ประทุมทิพย์ เกตุแก้ว (2551) การรับรู้เกี่ยวกับคุณลักษณะของงานที่ปฏิบัติ อยู่ว่าเป็นงานที่มีทักษะที่หลากหลาย เหมาะสมกับความรู้ และความสามารถ เป็นงานที่มี ความสำคัญ มีคุณค่า มีการร่วมแรงร่วมใจช่วยกันปฏิบัติงานให้สำเร็จ มีอิสระในการตัดสินใจ ออกแบบการปฏิบัติงาน และได้รับทราบถึงผลที่เกิดจากการกระทำ

นันทนา ละม่อม (2560) การรับรู้รูปแบบของงานที่ปฏิบัติอยู่ โดยพิจารณา จากความสำคัญของงาน ความหลากหลายของงาน เอกลักษณ์งาน ความมีอิสระในการทำงาน และ ความเหมาะสมของปริมาณงาน

กรอบแนวคิด

งานวิจัยเรื่องอิทธิพลสภาพแวดล้อมและความสัมพันธ์ ด้านลักษะงานที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุป เป็นกรอบแนวคิดวิจัยได้ดังนี้



วิธีการศึกษา

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงสำรวจต้องการทราบความสุขในการทำงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัด เพื่อให้การค้นคว้าอิสระเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดจึงดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ บุคลากร องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ต.พะวง อ.เมือง จ.สงขลา ทั้งหมด 900 คน (ข้อมูลจากฝ่ายบุคลากร)

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้ได้มาจากการประมาณค่าร้อยละโดยกำหนดความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อน 5% ซึ่งคำนวณได้จากการคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างจากสูตรการคำนวณของ ยามาเน่ (**Yamane,**1973) ดังนี้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บุคลากรที่ปฏิบัติหน้าที่ในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา จำนวน 900 คน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง กรณีที่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน โดยกำหนดให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง **0.05** คำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของยามาเน่ (**Yamane, 1973**)

จากสูตร $$N = \frac{n}{1+Ne^2}$$

โดย n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N = จำนวนประชากรทั้งหมด

e = แทนค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

จากเงื่อนไขดังต่อไปนี้ประมาณค่าร้อยละมีความผิดพลาดไม่เกิน 0.05 (5)% ที่ระดับความเชื่อมั่น

$$N = \frac{900}{1+900(0.05)^2}$$

n = 276.92

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยให้เลือกตอบได้เพียงคำตอบเดียว แบ่งคำถามออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. เพศ
2. อายุ
3. ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน ณ องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา
4. ประเภทบุคลากร

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามปัจจัยทางด้านความสุขในการทำงาน โดยให้เลือกตอบได้เพียงคำตอบเดียว แบ่งคำถามออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1.ด้านความรื่นรมย์ในงาน

2.ด้านความพึงพอใจในงาน

3.ด้านความกระตือรือร้นในงาน

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามด้านลักษณะงาน โดยให้เลือกตอบได้เพียงคำตอบเดียว แบ่งคำถามออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1.ความหลากหลายของทักษะ

2.ความสำคัญของงาน

3.ความมีอิสระในงาน

4.ผลย้อนกลับ

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามด้านความสัมพันธ์ โดยให้เลือกตอบได้เพียงคำตอบเดียว แบ่งคำถามออกเป็น 2 ด้าน ดังนี้

1.ด้านเพื่อนร่วมงาน

2.ด้านผู้บังคับบัญชา

ส่วนที่ 5 แบบสอบถามด้านสภาพแวดล้อม โดยให้เลือกตอบได้เพียงคำตอบเดียว แบ่งคำถามออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1.ความมั่นคงในงาน

2.การนิเทศงาน

3.สภาพการทำงาน

3. การรวบรวมข้อมูล

ผู้ศึกษาได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1) ผู้ศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตัวเอง โดยอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการศึกษาวัตถุประสงค์ ให้ผู้ตอบแบบสอบถามฟัง เพื่อให้เกิดความเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน และตอบคำถามตาม

2) ผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดคือ บุคลากร องค์การบริหารส่งจังหวัด

3) ตรวจสอบความครบถ้วนสมบูรณ์ของการตอบแบบสอบถามก่อนรับคืน

4) ทำการลงรหัสในแบบสอบถาม

5) ลงรหัสในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปวิเคราะห์ และประมวลผลต่อไป

4.การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากได้รวบรวมข้อมูลทั้งหมดแล้วจะนำมาตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของแบบสอบถาม หลังจากนั้นได้นำมาวิเคราะห์ประเมินผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows โดยใช้สถิติสรุปและวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1.การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Description Statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ประเมินระดับความคิดเห็นต่อความสุขในการทำงาน องค์การของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

2.การวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ และตัวแปรตามในสมมติฐาน ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมและความสัมพันธ์ ด้านลักษณะงานในที่

ทำงานที่ส่งผลต่อความสุขต่อองค์กรของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา วิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความสุขในการทำงานองค์การของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

ความสุขในการทำงาน	$\bar{X}$	S.D.	การแปลค่า
ความรื่นรมย์	3.78	0.663	มาก
ความพึงพอใจ	4.04	0.699	มาก
ความกระตือรือร้น	3.94	0.600	มาก
รวม	3.92	0.562	มาก

ตารางที่ 1 พบว่าความสุขในการทำงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 3.92, S.D.=0.562) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าส่วนใหญ่ ความพึงพอใจ ($\bar{X}$ = 4.0, S.D.=0.699) รองลงมาได้แก่ ความกระตือรือร้น ($\bar{X}$= 3.94, S.D.=0.600) ความรื่นรมย์ ($\bar{X}$= 3.78, S.D.=0.663)

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์เฉลี่ยปัจจัยด้านลักษณะงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

ด้านลักษณะงาน	$\bar{X}$	S.D.	การแปลค่า
ความหลากหลาย	3.74	0.566	มาก
ความเป็นเอกลักษณ์	3.88	0.563	มาก
ความสำคัญ	3.74	0.563	มาก
ความอิสระ	3.64	0.666	มาก
ผลย้อนกลับ	3.95	0.587	มาก
รวม	3.79	0.435	มาก

ตารางที่ 2 ด้านลักษณะงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ในภาพรวมอยู่ระดับมาก ($\bar{X}$=3.79, S.D.= 0.435) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าส่วนใหญ่ ผลย้อนกลับ ($\bar{X}$ = 3.95, S.D.=0.587) รองลงมาได้แก่ ความเป็นเอกลักษณ์ ($\bar{X}$ = 3.88, S.D.=0.563) ความสำคัญ ($\bar{X}$ = 3.74, S.D.=0.563) ความหลากหลาย ($\bar{X}$=3.74, S.D.= 0.566) ความอิสระ ($\bar{X}$= 3.64, S.D.= 0.666)

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์เฉลี่ย ปัจจัยด้านความสัมพันธ์ของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

ด้านความสัมพันธ์	$\bar{X}$	S.D.	การแปลค่า
เพื่อนร่วมงาน	3.76	0.627	มาก
ผู้บังคับบัญชา	3.61	0.647	มาก
รวม	3.68	0.567	มาก

ตารางที่ 3 ด้านความสัมพันธ์ของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ในภาพรวมอยู่ระดับมาก ($\bar{X}$ =3.68, S.D.= 0.567) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าส่วนใหญ่เพื่อนร่วมงาน ($\bar{X}$ = 3.76, S.D.=0.627) รองลงมาได้แก่ ผู้บังคับบัญชา ($\bar{X}$= 3.61, S.D.=0.647)

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์เฉลี่ย ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

ด้านสภาพแวดล้อม	$\bar{X}$	S.D.	การแปลค่า
ความมั่นคง	**3.68**	**0.689**	**มาก**
การนิเทศ	**3.63**	**0.741**	**มาก**
สภาพแวดล้อม	**3.76**	**0.693**	**มาก**
รวม	**3.69**	**0.607**	**มาก**

ตารางที่ 4 ด้านสภาพแวดล้อมของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=3.69, S.D.= 0.607) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าส่วนใหญ่ สภาพแวดล้อม ($\bar{X}$ = 3.76, S.D.=0.693) รองลงมาได้แก่ ความมั่นคง ($\bar{X}$= 3.68, S.D.=0.689) การนิเทศ ($\bar{X}$ = 3.63, S.D.=0.741)

จากตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณของปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ความลักษณะงาน และด้านความสัมพันธ์ในที่ทำงานที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

ตัวแปร	B	Std. Error	Beta	t	Sig
(constant)	1.032	0.228		4.530	0.000
ด้านลักษณะงาน	0.349	0.080	0.270	4.369	0.000
ด้านความสัมพันธ์	0.031	0.78	0.31	0.399	0.690
ด้านสภาพแวดล้อม	0.393	0.071	0.424	5.597	0.000
R= 0.654[a] R^2= 0.428 Adjusted R^2=0.422 Std. Error of the Estimate = 0.42755					

จากตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณของปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ความลักษณะงาน และด้านความสัมพันธ์ในที่ทำงานที่ส่งผลต่อองค์การของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา โดยใช้ Multiple Regression Analysis พบว่าจากตัวแปรต้นทั้งหมด 3 ตัวแปร ได้แก่ ด้านสภาพแวดล้อม และด้านลักษณะงาน ด้านความสัมพันธ์ เข้าสู่การถดถอยพหุคูณ Enter พบว่า จากการวิเคราะห์ข้อมูลมีค่าประสิทธิภาพการทำนาย (R^2) เท่ากับ 0.428 และมีค่าประสิทธิภาพในการทำนายที่มีการปรับแล้ว Adjusted R Square เท่ากับ 0.422 ซึ่งหมายถึงตัวแปรต้นทั้ง 2 ตัว สามารถใช้เพื่อทำนายอิทธิพลส่งผลต่อองค์การของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา คือ ด้านสภาพแวดล้อม และด้านลักษณะงาน ส่งผลต่อองค์การของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อยู่ในระดับ 0.05

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาความสุขในการทำงานของบุคลากรในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความสุขในการทำงานของบุคลากรในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสุขของคลากรในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาจำแนกตามข้อมูลชากรสาดและเพื่อศึกษาอิทธิพลปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมปัจจัยด้านลักษณะงานและปัจจัยด้านความสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของบุคลากรในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลากลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาจำนวน 277 คน

โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัยแบ่งเป็น 5ตอนได้แก่ ตอนที่1แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคล ตอนที่2แบบสอบถามปัจจัยทางด้านความสุขในการทำงาน ตอนที่3แบบสอบถามเกี่ยวกับลักษณะงาน ตอนที่4 แบบสอบถามเกี่ยวกับความสัมพันธ์ ตอนที่5แบบสอบถามเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยส่วนบุคคลในการทำวิจัยครั้งนี้มีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 277 คน พบว่าส่วนใหญ่เป็นเป็นผู้หญิง ร้อยละ 72.2 และพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีอาอายุมากที่สุดคือ มากกว่า 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 81.2 ในระยะเวลาการปฏิบัติงานมากที่สุดคือ มากกว่า 4 ปี คิดเป็นร้อยละ 62.1 และพบว่าประเภทบุคลากรส่วนใหญ่ คือ ข้าราชการ องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ร้อยละ 66.4 รองลงมาได้แก่ พนักงานจ้าง ร้อยละ 32.5 ถัดมาลูกจ้าง พนักงาน ร้อยละ 1.1

2. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสุขในการทำงานโดยรวมอยู่ในระดับมากและเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยที่บุคลากรมีความสุขในการทำงานสูงเป็นอันดับแรก รองลงมา คือ ด้านลักษณะงาน และด้านความสัมพันธ์เป็นปัจจัยที่บุคลากรมีความสุขในการทำงานน้อยที่สุดเป็นอันดับสุดท้าย

3. ผลการวิเคราะห์ระดับความสุขในการทำงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาอยู่ในระดับมาก คือด้านความรื่นรมย์ในการทำงานด้านความพึงพอใจในการทำงานและด้านความกระตือรือร้นในงาน

4. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านลักษณะงานของบุคลากรในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาอยู่ในระดับมากทุกด้าน คือด้านความหลากหลายของทักษะความเป็นเอกลักษณ์ของงานด้านความสำคัญของงาน ด้านความอิสระในงาน ด้านผลย้อนกลับของงาน

5. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านเพื่อนร่วมงานของบุคลากรในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา อยู่ในระดับมากทุกด้านคือการเพื่อนร่วมงานด้านผู้บังคับบัญชา

6. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมของบุคลากรในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาอยู่ในระดับมากทุกด้านคือด้านความมั่นคงในการทำงานด้านนิเทศงานด้านสภาพการทำงาน

7.ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสุขในการทำงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา จำแนกตาม เพศ โดยใช้ T-test ความสุขในการทำงานของบุคลาองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ระหว่างเพศชายและเพศหญิง ในด้านความสุขในการทำงานพบว่า ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

8.ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสุขในการทำงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา จำแนกตาม เพศ โดยใช้ F-test หรือ One – Way ANOVA

8.1แสดงการเปรียบเทียบคู่ปัจจัยของอายุที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของบุคลากรขององค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา พบว่าความสุขในการทำงานของบุคลากรขององค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ในอายุ มีความ

แตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จึงต้องทำแสดงผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ วิธีการ LSD

8.1.1แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย เป็นรายคู่ของระดับชั้นปีในด้านความสุขด้วยวิธีการ LSD พบว่าความสุขในการทำงานของบุคลากรขององค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา จำแนกตามอายุมีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จำนวน 1 คู่ คือ 26-30ปี กับมมากกว่า 30 ปี

8.1.2ผลการแสดงการเปรียบเทียบคู่ปัจจัยของระยะเวลาในการปฏิบัติงาน ที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของบุคลากรขององค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา พบว่าความสุขในการทำงานของบุคลากรขององค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา จำแนกตามระยะเวลาในการปฏิบัติงาน ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อยู่ในระดับ 0.05

8.1.3ผลการแสดงการเปรียบเทียบคู่ปัจจัยของประเภทบุคลากร ที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของบุคลากรขององค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา พบว่าความสุขในการทำงานของบุคลากรขององค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา จำแนกตามประเภทบุคลากร ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อยู่ในระดับ 0.05

9.ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสุขในการทำงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา จำแนกตาม เพศ โดยใช้ Multiple Rergression ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณของปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ความลักษณะงานและด้านความสัมพันธ์ในที่ทำงานที่ส่งผลต่อองค์การของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา โดยใช้ Multiple Regression Analysis พบว่าจากตัวแปรต้นทั้งหมด 3 ตัวแปร ได้แก่ ด้านสภาพแวดล้อม และด้านลักษณะงาน ด้านความสัมพันธ์ เข้าสู่การถดถอยพหุคูณ Enter พบว่า จากการวิเคราะห์ข้อมูลมีค่าประสิทธิภาพการทำนาย (R2) เท่ากับ 0.428 และมีค่าประสิทธิภาพในการทำนายที่มีการปรับแล้ว Adjusted R Square เท่ากับ 0.422 ซึ่งหมายถึงตัวแปรต้นทั้ง 2 ตัว สามารถใช้เพื่อทำนายอิทธิพลส่งผลต่อองค์การของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา คือ ด้านสภาพแวดล้อม และด้านลักษณะงาน ส่งผลต่อองค์การของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อยู่ในระดับ 0.05 โดยสามารถเขียนเป็นรูปแบบสมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ ได้ดังนี้

Y ความสุขในการทำงาน = 1.032 + 0.349 (ด้านลักษณะงาน) + 0.393 (ด้านสภาพแวดล้อม)

อภิปราย

ผลการเปรียบเทียบค่าความสุขในการทำงานของบุคลากรในจังหวัดสงขลาจำแนกตามเพศอายุระยะเวลา ในการปฏิบัติงานประเภทของบุคลากรในภาพรวมทุกด้านไม่แตกต่างกัน

1) จากการศึกษาพบว่า ความสุขในการทำงานของบุคลากรในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา โดยรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าทุกด้านอยู่ในระดับมากได้แก่ ความพึงพอใจในงาน ($\bar{X}$เท่ากับ 4.04) ความกระตือรือร้นในงาน ($\bar{X}$เท่ากับ3.94) ความรื่นรมย์ในการทำงาน ($\bar{X}$เท่ากับ3.78) จากผลการวิจัย ข้างต้นพบว่าความสุขในการทำงานของบุคลากรในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาโดยรวมอยู่ในระดับ มากทั้งนี้อาจเนื่องจากบุคลากรในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา มีความพึงพอใจในการทำงาน รู้สึกยินดี กับงานที่ทำ ทำงานด้วยความเป็นสุขไม่มีความวิตกกังวลใด ๆ และรู้สึกเพลิดเพลินไปกับการทำงาน ซึ่งเกิด มาจากการที่มีองค์กรที่ดี พนักงานทำงานด้วยความรู้สึกสนุก รู้สึกมาทำงานแล้วสบายใจ ซึ่งสอดคล้องกับ แนวคิด Warr (1990) กล่าวว่า ความสุขในการทำงาน หมายถึง ความรู้สึกที่เกิดขึ้นภายในจิตใจของบุคคล ที่ตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในการทำงาน โดยที่บุคคลนั้นมีความรู้สึกรื่นรมย์ในการทำงาน ความพึง พอใจในงานและความกระตือรือร้นในการทำงาน

2) จากการศึกษาพบว่าปัจจัยด้านลักษณะงานที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของบุคลากรในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาโดยรวมอยู่ในระดับมากเมื่อพิจารณาพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าด้านผลย้อนกลับ ของงาน ($\bar{X}$เท่ากับ3.96) ด้านความเป็นเอกลักษณ์ของงาน($\bar{X}$เท่ากับ3.89) ด้านความหลากหลายของทักษะ ($\bar{X}$เท่ากับ3.75) ด้านความสำคัญของงาน($\bar{X}$เท่ากับ3.74) ด้านความอิสระในงาน($\bar{X}$เท่ากับ3.64) ตามลำดับจาก ผลการวิจัยข้างต้นพบว่าปัจจัยด้านลักษณะงานที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานในองค์การบริหารส่วน จังหวัดสงขลาโดยรวมอยู่ในระดับมาก เนื่องจากบุคลากรในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ให้ ความสำคัญในงานที่ทำ งานที่ได้รับมอบหมายตรงกับความสามารถของพนักงานเป็นแรงจูงใจในการ ปฏิบัติงานเพื่อให้งานออกมามีคุณภาพและมีประสิทธิภาพการที่ที่มีผู้บังคับบัญชาให้ความสนใจเกี่ยวกับ งานที่ทำและได้รับคำติชมจากผู้บังคับบัญชาและเพื่อนร่วมงาน จึงส่งผลให้พนักงานทำงานให้กับองค์กรได้ ออกมามีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Hackman and Oldham (1980) เสนอแนวคิดที่สำคัญโดยที่จะทำให้บุคคลมีแรงจูงใจที่จะทำงานทำงานโดยใช้พื้นฐานทฤษฎีของ Herzberg

3) จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านเพื่อนร่วมงานที่ส่งผลต่อความสุขในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาโดยรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านเพื่อนร่วมงาน($\bar{X}$เท่ากับ3.76) ด้าน ผู้บังคับบัญชา($\bar{X}$เท่ากับ3.61)ตามลำดับ จากผลการวิจัยข้างต้นพบว่าปัจจัยด้านเพื่อนร่วมงานโดยรวมอยู่ใน ระดับมากทั้งนี้อาจเนื่องจากการทำงานที่ได้อยู่ในสังคมที่ดีมีเพื่อนร่วมงานที่ดีมีผู้บังคับบัญชาที่ดีช่วยให้ พนักงานในองค์กร มีความเต็มใจและเต็มกำลังที่จะทำงาน มีความสัมพันธ์อันดีต่อกันมีการช่วยเหลือเกื้อกูล กัน การรับฟังซึ่งกันและกัน การเป็นที่ยอมรับทั้งเพื่อนร่วมงานและผู้บังคับบัญชา ซึ่งเกิดมาจากการที่มีผู้นำ ที่ดีมีเพื่อนร่วมงานที่ดีถ้าองค์กรมีสังคมในการทำงานที่อบอุ่น พนักงานที่เต็มใจภูมิใจที่จะทำงานพวกเขาจะ มีวิธีการหรือแนวทางในการปฏิบัติงานให้ส่งผลที่ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Gellerman (1996 : 23) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ในองค์การใดองค์การหนึ่งซึ่งถ้าหากว่ามีความ สัมพันธ์อันดีจะก่อให้เกิดความชอบพอและสร้างความเข้าใจอันดีต่อกันและกัน จะยังส่งผลทำให้เกิดความ สัมฤทธิ์ผลในการทำงานแต่ถ้าขาดสัมพันธภาพที่ดี ก็จะทำให้เกิดความขัดแย้งหรือไม่เข้าใจกันและส่งผลให้ งานส่วนรวมขององค์กรล้มเหลวได้และผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของสิรินทร แซ่ถั่ว (2553) ได้ให้ความหมาย การร่วมมือกันทำงานด้วยดีในองค์การ มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ความอบอุ่นเอื้อ อาทร และมีบรรยากาศเป็นมิตร

4) จากการศึกษาพบว่าปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของบุคลากรในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาโดยรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านสภาพการทำงาน ($\bar{X}$เท่ากับ 3.76) ด้านความมั่นคงในงาน($\bar{X}$เท่ากับ3.69) ด้านนิเทศงาน($\bar{X}$เท่ากับ3.64) ตามลำดับจากผลการวิจัย ข้างต้นพบว่าการที่องค์กรมีสภาพแวดล้อมที่น่าอยู่มีบรรยากาศในการทำงานที่ดี สิ่งรอบข้างที่อยู่ใกล้ ๆ พนักงาน ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ในการทำงานสภาพอากาศบรรยากาศสิ่งต่าง ๆ เป็นสิ่งที่ดีก็จะทำ ให้พนักงานสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย อาจทำให้พนักงานจะอยู่กับองค์กรไปนาน ๆ ซึ่งไม่ว่าจะ เป็นสภาพแวดล้อมภายในหรือภายนอกในองค์กรก็ควรจะเป็นสภาพแวดล้อมที่ดีซึ่งจะทำให้พนักงานที่อยู่ใน องค์กรทำงานได้อย่างมีความสุขผลิตงานออกมาให้มีคุณภาพมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Moos (1986) ให้ความหมาย สภาพแวดล้อมในการทำงาน หมายถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่รวมเป็นบรรยากาศในการทำงาน ได้แก่การมีส่วนร่วมในการทำงาน ความผูกพันกับเพื่อนร่วมงาน การนิเทศงานสายการบังกับบัญชา ความมีอิสระในการทำงาน แรงกดดันในการทำงาน การควบคุมงานวัตกรรม ความชัดเจนในการทำงานและสภาพทางกายภาพของสถานที่ทำงานและผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุมิดา เหมือนครุฑ (2550) ให้ความหมายของสภาพแวดล้อมในการทำงาน หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวพนักงานใน

บริเวณ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน เช่น เครื่องจักร เครื่องมือต่าง ๆอากาศที่หายใจ แสงสว่าง เสียง ความร้อน ความเย็นความสั่นสะเทือน ฝุ่นควัน สภาพการทำงาน (working condition) อันได้แก่ ระบบงาน กระบวนการทำงาน ระยะเวลาการทำงาน ลักษณะการทำงาน ท่าทางการทำงาน ปริมาณงาน เป็นต้นและรวมถึงสภาพสังคมในองค์การ เช่น นโยบายและการบริหารองค์การ กฎระเบียบข้อบังคับในองค์การ การสื่อสารภายในองค์การการจัดการฝึกอบรม เพื่อเพิ่มทักษะการทำงาน ความปลอดภัยและสุขอนามัยในโรงงาน เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่อง ความสุขในการทำงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา โดยผู้วิจัยสามารถทำการศึกษาต่อได้ในอนาคต

1. ควรมีการศึกษาในเชิงคุณภาพ ที่มีการสัมภาษณ์ การสังเกตการณ์ของผู้แบบสอบถามควบคู่ไป

2. ควรศึกษาตัวแปรอื่น ๆ เพิ่ม ที่คาดว่าจะเกี่ยวข้องกับความสุขในการทำงาน ลักษณะงาน ความสัมพันธ์และสภาพแวดล้อมในการทำงาน

3. ควรใช้สถิติตัวอื่น ๆ มาวิเคราะห์ในแง่มุมต่าง ๆ เพื่อให้งานวิจัยมีความหลากหลายยิ่งขึ้น

4. ควรจัดโครงการที่เกี่ยวกับความสุขในการทำงานของบุคลากรองค์การ เพื่อสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างบุคลากรและองค์การ ส่งเสริมความสมดุลระหว่างการทำงาน สภาพแวดล้อมการทำงาน ซึ่งจะช่วยสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.ปาริฉัตร ตู้ดำซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยครั้งนี้ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอดจนงานวิจัยเล่มนี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์

ขอบคุณคณะกรรมการ IOC ทั้ง 3 ท่าน ผศ.ดร.ธีรพร ทองขะโชค คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา อ.ดร.นวิทย์ เอมเอก คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา อ.ดร.นิชกานต์ หนูอุไร คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา ขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะจัดทำเอกสารและขอขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่ได้กรุณาสละเวลาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยที่ทำให้วิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัยคาดหวังว่า งานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เข้าทำงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ตลอดจนถึงบุคคลอื่นๆที่สนใจในงานวิจัยนี้ มีข้อบกพร่องประการใดคณะผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

จรรยา ดาสา. (2560). **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสุขในการทำงานของบุคลากร สำนักงานสรรพากรพื้นที่กรุงเทพมหานคร 26** . ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 (2564) : พฤษภาคม–สิงหาคม

ชนัดดา ยังสี. (2543). **การรับรู้สภาพแวดล้อมในการทำงานและความเหนื่อยหน่ายกับการตั้งใจลาออกของพนักงาน**. วิทยานิพนธ์หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจิตวิทยาอุตสาหกรรมและองค์การ ภาควิชา มนุษยศาสตร์บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชินกร น้อยคำยาง และ ปภาดา น้อยคำยาง. (2555). **ปัจจัยที่ส่งผลต่อดัชนีความสุขในการทำงานของบุคลากรสำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**. รายงานการวิจัย. สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ธานิชา มุลอามาตย์. (2557). **ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการทำงานของข้าราชการครูในโรงเรียนประถมศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชลบุรี เขต 3**. สารนิพนธ์ มหาวิทยาลัยบูรพา

นันทนา ละม่อม. (2560). **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานและปัจจัยภายใน องค์กรที่มีผลต่อความสุขในการทำงานระหว่างพนักงานเทศบาลและพนักงานจ้างของ เทศบาลตำบลในจังหวัดอุบลราชธานี.การค้นคว้าอิสระ หลักหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจ มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี**

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2553) . **จิตวิทยาการบริหารงานบุคคล**. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ. ผู้จัดการออนไลน์. (2558). **สุดทน! พนักงานแพนไทยแอร์ ภูเก็ตกว่า 300 คน รวมตัวไล่หัวหน้าฝ่ายบัญชีพ้นตำแหน่ง** . จาก http://www.manager.co.th.

ปกภณ จันทศาสตร์. (2557). **ปัจจัยคุณสมบัติส่วนบุคคล ปัจจัยด้านลักษณะงานและแรงจูงใจที่มีผลต่อความผูกพันกับองค์กร**

ของพนักงานเอกชนระดับปฏิบัติการในเขต ลาดพร้าว-จตุจักร. การค้นคว้าอิสระ ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัย กรุงเทพ.

ประภาพร พฤกษะศรี. (2557). **ปัจจัยค่าตอบแทนที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของพนักงานบริษัทสยามแม็คโคร จำกัด (มหาชน)ในเขตกรุงเทพมหานครและ ปริมณฑล. มหาวิทยาลัยศรีปทุม**

สุภัทรา เผือกโสภา. (2556). ก**ารศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับความสุขในการทำงาน กรณีศึกษา อาจารย์และเจ้าหน้าที่มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย**. การศึกษา ค้นคว้าด้วยตนเอง หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

อัญมณี วัฒนรัตน์. (2556). **ภาวะผู้นำแบบพัฒนา การจัดการความสุขแบบเป็น-อยู่-คือ และความสุขในการทำงาน กรณีศึกษา : องค์การสร้างสุข**. วิทยานิพนธ์ (วท.ม.(การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และองค์การ))—สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

Milton, Charles R. (1981). **Human Behavior in Organization**. New Jersey : Prentice – Hall.

Moos, R. H. 1986. **Work environment scale manual**. 2 nd ed. Palo Alto, CA : Consulting Psychologists

Warr . (1990). **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสุขในการทำงานของบุคลากรด้านเวชระเบียน ระหว่างโรงพยาบาลรัฐบาลและโรงพยาบาลเอกชนในเขตกรุงเทพมหานคร**. วารสารสังคมศาสตร์บูรณาการมหาวิทยาลัยมหิดล

อิทธิพลของความสุขในการทำงานและแรงจูงใจในการทำงานที่ส่งผลต่อความผูกพันขององค์กร กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

The influence of work happiness and work motivation on organizational commitment, Case study Songkhla Provincial Administrative Organization Review

อิสระ คงทิพย์ปัญญา[1*], กมลพรรณ มณีรัตน์[1], สุภาวดี ทองเที่ยง[1], รัชชานนท์ ดิสสระ[1] และ ปาริฉัตร ตู้ดำ[1]
Issara Kongtippunya[1*], Kamolpan Maneerat[1], Supawadee Thongtheang[1], Ratchanon Dissara[1] and Parichat Thudam[1]

บทคัดย่อ

อิทธิพลแรงจูงใจในการทำงานและความสุขในการทำงานที่ส่งผลต่อความผูกพันในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา มีวัตถุประสงค์ 1.)เพื่อศึกษาระดับความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา 2.) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาจำแนกตามประชากรศาสตร์ 3.)เพื่อศึกษาอิทธิพลแรงจูงใจในการทำงานและความสุขในการทำงานที่ส่งผลต่อความผูกพันต่อองค์กรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา โดยสังเคราะห์เอกสาร และนำเสนอผลการวิจัยในรูปแบบรายงานพรรณนาเชิงวิเคราะห์ ผลการศึกษาพบว่าแรงจูงใจในการทำงานและความสุขในการทำงานมีอิทธิพลส่งผลต่อความผูกพันต่อองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

คำสำคัญ : ความสุขในการทำงาน แรงจูงใจในการทำงาน ความผูกพันต่อองค์กร

Abstract

The influence of happiness at work and work motivation on organizational commitment. Case study of Songkhla Provincial Administrative Organization 1.) aims to study the level of organizational commitment of the company's personnel. 2.) aims to study and compare the average level of organizational commitment of company personnel. classified by demographics 3.) aims to study the influence of work motivation and work happiness that affect organizational commitment in the company. Branch by document synthesis and present research results in the form of a descriptive and analytical report.

Keywords: Happiness at work, Work motivation, Organizational commitment.

[1] หลักสูตรการจัดการทรัพยากรมนุษย์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000
[1] Human Resource Management Program, Faculty of Humanities and Social Sciences, Thaksin University, Songkhla Province, 90000
*Corresponding author : 641011201@tsu.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังเข้าสู่ภาวะของการเปลี่ยนแปลง ทั้งปัจจัยภายใน และภายนอก ทุกสิ่งทุกอย่างเคลื่อนไหวด้วยความต่อเนื่อง สามารถส่งผลกระทบต่อการดำเนินการของธุรกิจ องค์ประกอบที่สำคัญ เพื่อให้ธุรกิจดำเนินต่อไปอย่างราบรื่นประการหนึ่ง ได้แก่ ความร่วมมือร่วมใจกันระหว่างนายจ้าง และลูกจ้าง โดยนายจ้างจำเป็นที่จะต้องให้ความสำคัญต่อลูกจ้าง ทั้งทางด้านสวัสดิการ และความมั่นคงทางสังคม ดังนั้น การที่จะบริหารงานภายในองค์กรเพื่อให้ ได้ผลงานที่มีประสิทธิภาพ และประสิทธิผลนั้น ผู้บริหารจึงจำเป็นที่จะต้องสนใจการบริหาร ในเชิงพฤติกรรมศาสตร์มากขึ้น โดยต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมของมนุษย์ในองค์กรให้ดียิ่งขึ้น การที่ทรัพยากรมนุษย์ หรือพนักงานจะปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับแรงจูงใจและความสุขในการปฏิบัติงาน เพราะแรงจูงใจและความสุขที่ดีจะทำให้พนักงานมีขวัญ และกำลังใจมีความจงรักภักดี ต่อองค์กร มีความเต็มใจที่จะปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุดทำให้องค์กรก้าวหน้า และ ประสบความสำเร็จ หน้าที่สำคัญอย่างหนึ่งของผู้บริหาร คือ การสร้างแรงจูงใจ สร้างความพึงพอใจ และสร้างความสุข ให้กับผู้ใต้บังคับบัญชาปฏิบัติงานอย่างกระตือรือร้น ทุ่มเทความคิด การปฏิบัติงานให้แก่องค์กร มากที่สุด

ทั้งนี้การขาดประสิทธิภาพในการทำงานก่อให้เกิดช่องว่างในการแสวงหารายได้โดยมิชอบหรือเกิดการทุจริตคอรัปชั่นเพื่อกอบโกยผลประโยชน์ส่วนตัวส่งผลเสียอันร้ายแรงแก่องค์กรดังนั้นหากบุคลากรได้รับความสุขและแรงจูงใจในการทำงานในที่เหมาะสมบุคลากรก็จะทุ่มเทกำลังและสติปัญญา เสียสละกำลังกายอุทิศเวลาให้กับการทำงานทำให้การปฏิบัติงานขององค์กรและมีความผูกพันต่อองค์กรมากยิ่งขึ้น จากข้างต้นผู้วิจัยได้เห็นถึงความสำคัญของความสุขและแรงจูงใจในการทำงานของพนักงาน ดังนั้นผู้จัยจึงได้สนใจที่จะทำการศึกษาอิทธิพลของความสุขในการทำงานและแรงจูงใจในการทำงานที่ส่งผลต่อความผูกพัน กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

วัตถุประสงค์การวิจัย

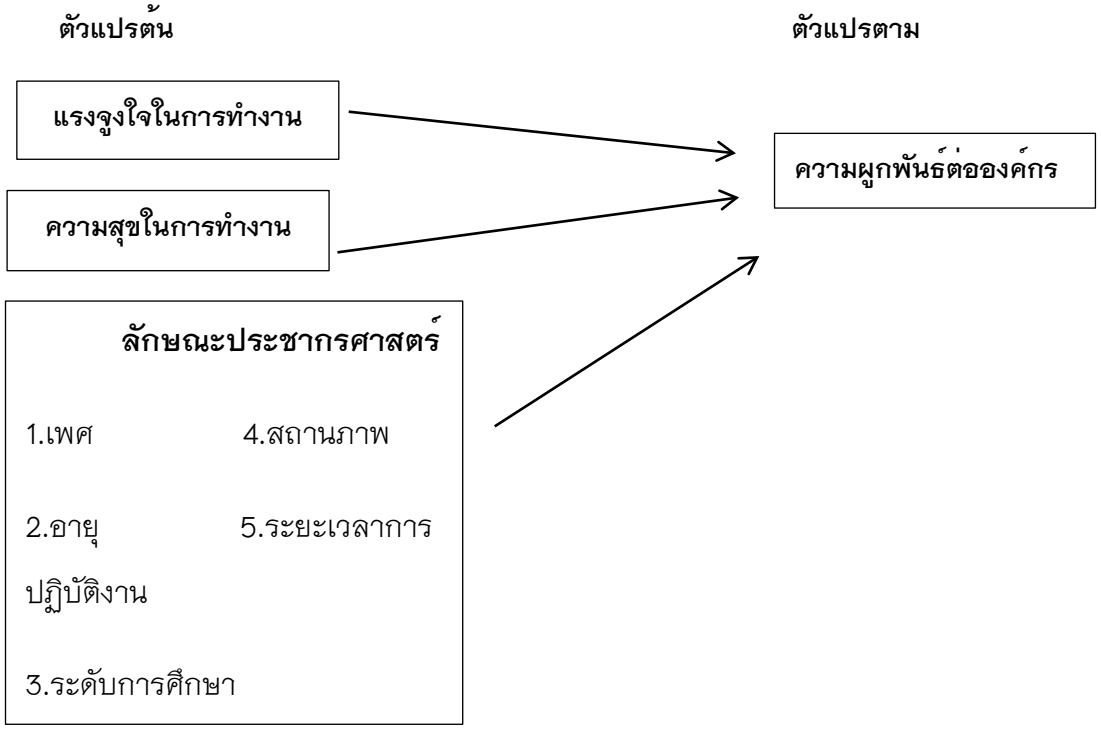
การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากรอบแนวคิดความสัมพันธ์เชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่ส่งผลต่อความผูกพันขององค์กร

1.เพื่อศึกษาระดับความผูกพันต่อองค์กร

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับความผูกพันต่อองค์กร จำแนกตามประชากรศาสตร์

3.เพื่อศึกษาอิทธิพลแรงจูงใจในการทำงานและความสุขในการทำงานที่ส่งผลต่อความผูกพันในองค์กร

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการศึกษา

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ พนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา จำนวน 500 คน

กลุ่มตัวอย่าง

ใช้วิธีการหาขนาดกลุ่มตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของประชากร ตามสูตรของ Taro Yamane. (1973) ประชากรที่ใช้ในการในศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ พนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา จำนวน 221 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถาม โดยสร้างขึ้นจากการศึกษาแนวความคิด ทฤษฎี ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งออกเป็น 4 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของพนักงาน ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรสและระยะเวลาในการปฏิบัติงาน

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับแรงจูงใจในการทำงาน

ตอนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับความสุขในการทำงาน

ตอนที่ 4 แบบสอบถามเกี่ยวกับความผูกพันต่อองค์กร

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยมีขั้นตอนการศึกษาวิจัยและรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1.เก็บรวบรวมข้อมูล โดยการศึกษาจากเอกสาร ข้อมูล แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัย ที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย

2.ขอหนังสือขอความอนุเคราะห์ และแนะนำตัวผู้วิจัย จากคณะมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ สาขาการจัดการทรัพยากรมนุษย์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ไปขออนุญาตผู้บริหารองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา เพื่อขอความร่วมมือ และขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3. เก็บรวบรวมข้อมูลจากพนักงานองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาโดยการนำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์แล้วไปสอบถามประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการทำการศึกษา จำนวน 221 คน โดยผู้วิจัยได้ลงเก็บด้วยตัวเอง

4.นำแบบสอบถามที่ตอบเรียบร้อยสมบูรณ์มาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อทำการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีแบบสอบถามที่ได้รับกลับมาคืนมา และมีความสมบูรณ์ จำนวน 221 ชุด คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยนำแบบสอบถามมาวิเคราะห์และประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์ ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติเชิงอนุมานในการทดสอบความแตกต่างของค่าที (t-test)และค่าเอฟ (F-test) และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression)

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาอิทธิพลของความสุขในการทำงานและแรงจูงใจในการทำงานที่ส่งผลต่อความผูกพันขององค์กรของพนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาจำแนกตามกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของระดับแรงจูงใจในการทำงาน

แรงจูงใจในการทำงาน	$\bar{x}$	S.D	**แปลผล**
1.ท่านรู้สึกว่าท่านได้ใส่ความพยายามในการทำงานของท่านอย่างเต็มที่	4.38	.597	มากที่สุด
2.ท่านแสดงพฤติกรรมการทำงานที่องค์กรคาดหวังไว้เสมอ	4.14	.628	มาก
3.ท่านได้รับการยอมรับจากเพื่อนร่วมงานทำให้ฉันรู้สึกมีกำลังใจในการทำงาน	4.19	.642	มาก
4.ท่านมุ่งมั่นที่จะทำงานให้สำเร็จตามที่ได้รับมอบหมาย	4.54	.560	มากที่สุด
5.ท่านมีความพยายามที่จะแก้ไขปัญหาต่างๆในการทำงานเพื่อประสบความสำเร็จ	4.43	.573	มากที่สุด
รวม	4.33	.600	**มากที่สุด**

จากตารางที่1 พบว่า แรงจูงใจในการทำงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$= 4.33, S.D.=.600) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า มุ่งมั่นที่จะทำงานให้สำเร็จตาม ที่ได้รับมอบหมาย ($\bar{X}$ =4.54, S.D.=.560) รองลงมาได้แก่ มีความพยายามที่จะแก้ไขปัญหาต่างๆในการทำงานเพื่อประสบความสำเร็จ ($\bar{X}$= 4.43, S.D.=.573) ความพยายามในการทำงานของท่านอย่างเต็มที่ ($\bar{X}$ = 4.38, S.D.=0.850) การยอมรับจากเพื่อนร่วมงานทำให้ฉันรู้สึกมีกำลังใจในการทำงาน ($\bar{X}$= 4.19, S.D.=.642) แสดงพฤติกรรมการทำงานที่องค์กรคาดหวังไว้เสมอ ($\bar{X}$ = 4.14, S.D.=.628)

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของระดับความสุขในการทำงาน แสดงผลดังนี้

ความสุขในการทำงาน	$\bar{x}$	**S.D**	**แปลผล**
1.ท่านรู้สึกพอใจและชอบที่ได้ทำงานนี้	4.10	.725	มาก
2.ท่านรู้สึกว่ามีความสัมพันธ์ที่ดีและสนับสนุนจากเพื่อนร่วมงาน	4.19	.672	มาก
3.งานที่ท่านทำเป็นงานที่มีความมั่นคง	4.33	.683	มากที่สุด
4.ท่านรู้สึกว่าองค์กรมีการสนับสนุนในการพัฒนาทักษะและความรู้ที่จำเป็นสำหรับการเติบโตในอาชีพของคุณ	4.00	.803	มาก
5.ท่านพึงพอใจกับค่าตอบแทนปัจจุบัน	3.59	.994	มาก
รวม	**4.04**	**.775**	**มาก**

จากตารางที่ 2 พบว่า ความสุขในการทำงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.04, S.D.=.775) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า งานที่ท่านทำเป็นงานที่มีความมั่นคง ($\bar{X}$ =4.33, S.D.=.683) รองลงมาได้แก่ มีความสัมพันธ์ที่ดีและสนับสนุนจากเพื่อนร่วมงาน($\bar{X}$= 4.19, S.D.=.672) พอใจและชอบที่ได้ทำงานนี้ ($\bar{X}$ = 4.10, S.D.=0.725) องค์กรมีการสนับสนุนในการพัฒนาทักษะและความรู้ที่จำเป็นสำหรับการเติบโตในอาชีพของคุณ ($\bar{X}$= 4.00, S.D.=.803) พอใจกับค่าตอบแทนปัจจุบัน ($\bar{X}$ = 3059, S.D.=.775)

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของระดับความผูกพันในการทำงาน แสดงผลดังนี้

ความผูกพันในการทำงาน	$\bar{x}$	S.D	แปลผล
1.ท่านมีความรักภักดีต่อองค์กร	4.15	.683	มาก
2.ท่านมีความเข้าใจและยอมรับในเป้าหมายขององค์กร	4.14	.674	มาก
3.ท่านยอมรับและปฏิบัติตามค่านิยม วัฒนธรรมขององค์กร	4.11	.720	มาก
4.ท่านมีความรู้สึกเป็นอันหนึ่งอันเดียวกับองค์กร	4.01	.775	มาก
5.ท่านมีความตั้งใจที่จะทำงานกับองค์กรนี้ในระยะยาว	4.03	.820	มาก
6.ท่านพร้อมที่จะทำงานอย่างเต็มที่เพื่อช่วยให้องค์กรบรรลุเป้าหมาย	4.26	.641	มาก
7.ท่านภูมิใจเมื่อได้ยินบุคคลอื่นกล่าวถึงองค์กรในทางที่ดี	4.32	.682	มากที่สุด
รวม	**4.14**	**.713**	**มาก**

จากตารางที่3 พบว่า ความผูกพันของพนักงาน องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.14, S.D.=.713) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ภูมิใจเมื่อได้ยินบุคคลอื่นกล่าวถึงองค์กร ($\bar{X}$ =4.32, S.D.=.682) รองลงมาได้แก่ พร้อมที่จะทำงานอย่างเต็มที่เพื่อช่วยให้องค์กรบรรลุเป้าหมาย($\bar{X}$= 4.26, S.D.=.641) มีความรักภักดีต่อองค์กร ($\bar{X}$ = 4.15, S.D.=.683) มีความเข้าใจและยอมรับในเป้าหมายขององค์กร ($\bar{X}$= 4.14, S.D.=.674) ยอมรับและปฏิบัติตามค่านิยม วัฒนธรรมขององค์กร ($\bar{X}$ = 4.11, S.D.=.720) มีความตั้งใจที่จะทำงานกับองค์กรนี้ในระยะยาว ($\bar{X}$ = 4.03, S.D.=.820) มีความรู้สึกเป็นอันหนึ่งอันเดียวกับองค์กร ($\bar{X}$ = 4.01, S.D.=.775)

จากตารางที่ 4 แสดงการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณของความสุขในการทำงานและแรงจูงใจในการทำงานที่ส่งผลต่อผูกพันขององค์กร

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
	Regression	2066.179	2	1033.090	128.565	.000[b]
	Residual	1751.748	218	8.036		
	Total	3817.928	220			

ตัวแปรที่ได้รับการคัดเลือกเข้าสมการ

Model		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	1.684	1.914		.880	.380
	แรงจูงใจ	.518	.092	.285	5.635	.000
	ความสุข	.797	.071	.569	11.267	.000
R= 0.736 R^2=0.541 Adjustsed R^2 = 0.537 Std. Erro of the Estimate = 2.83470						

จากตารางที่4 แสดงการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณของแรงจูงใจในการทำงานและความสุขในการทำงานที่ส่งผลต่อความผูกพันขององค์กรบุคลากรองค์กรของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาโดยใช้ Multiple Regression Analysis พบว่าจากตัวแปรต้นทั้ง 2 ตัวแปรได้แก่ แรงจูงใจในการทำงานและความสุขในการทำงานเข้าสู่การถดถอยพหุคูณ Enter โดยมีค่าประสิทธิภาพการทำนายเท่ากับ 0.541 และมีค่าประสิทธิภาพในการทำนายที่มีการปรับแล้ว Adjusted R Square เท่ากับ 0.537 ซึ่งหมายถึงตัวแปรต้นทั้ง 2 สามารถใช้เพื่อทำนายอิทธิพลแรงจูงใจในการทำงานและความสุขในการทำงานที่ส่งผลต่อความผูกพันในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อยู่ในระดับ 0.05 โดยสามารถเขียนในรูปแบบสมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณได้ดังนี้

Y ความผูกพันต่อองค์กร = 1.684+0.518(แรงจูงใจในการทำงาน) + 0.797 (ความสุขในการทำงาน)

สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลแรงจูงใจในการทำงานและความสุขในการทำงานที่ส่งผลต่อความผูกพันในองค์กร องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ 1.)เพื่อศึกษา ระดับความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากร องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา 2.)เพื่อศึกษาเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยระดับความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากร องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา จำแนกตาม ประชากรศาสตร์ 3.)เพื่อศึกษาอิทธิพลแรงจูงใจในการทำงานและความสุขในการทำงานที่ส่งผลต่อความ ผูกพันในองค์กร องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ พนักงานองค์การ บริหารส่วนจังหวัดสงขลา จำนวน 500 คน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง ใช้สูตร คำนวณหากลุ่ม ตัวอย่าง ยามาเน่ (Taro Yamane,1973, p.125) ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 221 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของพนักงาน ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรสและระยะเวลาในการปฏิบัติงาน ลักษณะคำถามเป็นแบบเลือกตอบ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวแรงจูงใจในการทำงาน ได้แก่ ท่านรู้สึกว่าท่านได้ใส่ความพยายามในการทำงานของท่านอย่างเต็มที่ ท่านแสดงพฤติกรรมการทำงานที่องค์กรคาดหวังไว้เสมอ ท่านได้รับการยอมรับจากเพื่อนร่วมงานทำให้ฉันรู้สึกมีกำลังใจในทำงาน ท่านมุ่งมั่นที่จะทำงานให้สำเร็จตามที่ได้รับมอบหมาย ท่านมีความพยายามที่จะแก้ไขปัญหาต่างๆ ในการทำงางานเพื่อประสบความสำเร็จ

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับความสุขในการทำงาน ได้แก่ ท่านรู้สึกพอใจและชอบที่ได้ทำงาน ทานรู้สึกว่าความสัมพันธ์ที่ดีและสนับสนุนจากเพื่อนร่วมงาน งานที่ท่านทำเป็นงานที่มีความสุข ท่านรู้สึกว่าองค์กรมีการสนันสนุนการพัฒนาพักษะและความรู้ที่จำเป็นสำหรับ การเติบโตในอาชีพของคุณ ท่านพึงพอใจกับค่าตอบแทนปัจจุบัน
ส่วน 4 แบบสอบถามเกี่ยวกับความผกพันต่อองค์กร ได้แก่ ท่านมีความรักภักดีต่อองค์กร ท่านมีความเข้าพาใจและยอมรับในเป้าหมายขององค์กร ท่านยอมรับและปฏิบัติตามค่านิยม วัฒนธรรมขององค์กร ท่านมีความรู้สึกเป็นอันหนึ่งอันเดียวกับองค์กร ท่านมีความตั้งใจที่จะทำงานกับองค์กรนี้ในระยะยาว ท่านพร้อมทจะทำงานอย่างเต็มที่เพื่อช่วยให้องค์กรบรรลุเป้าหมาย ท่านภูมิใจเมื่อได้ยินบุคคลอื่น
กล่าวถึงองค์กรในทางทีดี

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในพนักงานองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ครั้งนี้ จำนวน 221 คน จำแนกตามตัวแปร ได้ดังนี้ เพศ พบว่า พนักงานผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศชาย จำนวน 58 คนคิดเป็นร้อยละ 26.2 เป็นเพศหญิง จำนวน 163 คน คิดเป็น อายุพนักงานที่ตอบแบบสอบถามส่วนมากเป็นพนักงานที่มีอายุ 41–50 ปี จำนวน 88 คน คิดเป็นร้อยละ 39.8 รองลงมาคือ 31–40 ปี จำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 34.4 ต่อมา 20–30 ปี จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 14.9 และ มากกว่า 51 ปี จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 10.9

ระดับการศึกษา พนักงานที่ตอบแบบสอบถามส่วนมากเป็นพนักงานระดับปริญญาตรี จำนวน 166 คน คิดเป็นร้อยละ 75.1 รองลงมาคือ สูงกว่าปริญญา จำนวน 45 คนคิดเป็นร้อยละ 20.4 ต่อมาอนุปริญญา/ปวส จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 4.1 และ มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช 1 คน คิดเป็นร้อยละ 5

สถานภาพสมรส พนักงานที่ตอบแบบสอบถามส่วนมากเป็นพนักงานที่มีสถานภาพ สมรส จำนวน 108 คน คิดเป็นร้อยละ 48.9 รองลงมาคือ สมรส จำนวน 102 คน คิดเป็นร้อยละ 46.2 และ หย่าร้างจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 5

ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน พนักงานที่ตอบแบบสอบถามส่วนมากเป็นพนักงานที่ปฏิบัติงาน 5–10 ปี จำนวน 74 คน คิดเป็นร้อยละ 33.5 รองลงมาคือ ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 25.3 ถัดมา มากกว่า 15 ปี จำนวน 48 คน คิดเป็นร้อยละ 21.7 และ 11–15 ปี จำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 19.5

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับแรงจูงใจในการทำงานของพนักงาน

แรงจูงใจในการทำงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระบบมากที่ได้แก่ มีความพยายามที่จะแก้ไขปัญหาต่างๆในการทำงานเพื่อประสบความสำเร็จ ($\bar{x}$= 4.43, S.D.=.573) ความพยายามในการทำงานของท่านอย่างเต็มที่($\bar{x}$ = 4.38, S.D.=0.850) การยอมรับจากเพื่อนร่วมงานทำให้ฉันรู้สึกมีกำลังใจในการทำงาน ($\bar{x}$= 4.19, S.D.=.642) แสดงพฤติกรรมการทำงานที่องค์กรคาดหวังไว้เสมอ ($\bar{x}$ = 4.14, S.D.=.628)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความสุขในการทำงานของพนักงาน

ความสุขในการทำงานของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ในภาพรวมอยู่ในระบบมาก ($\bar{X}$= 4.04, S.D.=.775) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า งานที่ท่านทำเป็นงานที่มีความมั่นคง ($\bar{X}$ =4.33, S.D.=.683) รองลงมาได้แก่ มีความสัมพันธ์ที่ดีและสนับสนุนจากเพื่อนร่วมงาน($\bar{X}$= 4.19, S.D.=.672) พอใจและชอบที่ได้ทำงานนี้ ($\bar{X}$ = 4.10, S.D.=0.725) องค์กรมีการสนับสนุนในการพัฒนาทักษะและความรู้ที่จำเป็นสำหรับการเติบโตในอาชีพของคุณ ($\bar{X}$= 4.00, S.D.=.803) พอใจกับค่าตอบแทนปัจจุบัน ($\bar{X}$ = 3059, S.D.=.775)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความผูกพันของพนักงาน

ความผูกพันของพนักงาน องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ในภาพรวมอยู่ในระบบมาก ($\bar{X}$= 4.14, S.D.=.713) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ภูมิใจเมื่อได้ยินบุคคลอื่นกล่าวถึงองค์กร ($\bar{X}$ =4.32, S.D.=.682) รองลงมาได้แก่ พร้อมที่จะทำงานอย่างเต็มที่เพื่อช่วยให้องค์กรบรรลุเป้าหมาย($\bar{X}$= 4.26, S.D.=.641) มีความรักภักดีต่อองค์กร ($\bar{X}$ = 4.15, S.D.=.683) มีความเข้าใจและยอมรับในเป้าหมายขององค์กร ($\bar{X}$= 4.14, S.D.=.674) ยอมรับและปฏิบัติตามค่านิยม วัฒนธรรมขององค์กร ($\bar{X}$ = 4.11, S.D.=.720) มีความตั้งใจที่จะทำงานกับองค์กรนี้ในระยะยาว ($\bar{X}$ = 4.03, S.D.=.820) มีความรู้สึกเป็นอันหนึ่งอันเดียวกับองค์กร ($\bar{X}$ = 4.01, S.D.=.775)

การศึกษาการเปรียบเทียบความผูกพันต่อองค์กรบุคคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาและการทดสอบวัตถุประสงค์สรุปได้ว่า ประชากรเพศชายและเพศหญิงมีความผูกพันต่อองค์กรไม่

แตกต่างกันและเมื่อทำการพิจารณาในรายด้านและทำการทดสอบวัตถุประสงค์สามารถสรุปได้ดังนี้

1.ผลการเปรียบเทียบค่าความผกพันต่อองค์กรบคคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาจำแนกตามเพศ โดยใช้ T-test ความผูกพันต่อองค์กรบุคคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ระหว่างเพศชายและเพศหญิงในด้านความผูกพันของบุคลากรพบว่าไม่แตกต่างกัน มีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับ 0.05

2.ผลการเปรียบเทียบความผกพันต่อองค์กรขององค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา โดยใช้ F-test หรือ One-Way ANOVA

2.1ความผกพันต่อองค์กรของบคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาในอาย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จึงต้องทำการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ด้วยวิธี LSD แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย เป็นรายคู่ของอายุ จำนวน 4 คู่ ดังนี้ คู่ที่ 1 20-30 ปี กับ 41-50 ปี คู่ที่ 2 31-40 ปี กับ 20-30 ปี คู่ที่ 3 31-40 ปี กับ 41-50 ปี คู่ที่ 4 31-40 ปี กับ 50 ปีขึ้นไป

3.ความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาในระดับ การศึกษา ในด้านความผูกพันของบุคลากรพบว่าไม่แตกต่างกัน มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ0.05

4.ความผกพันต่อองค์กรของบคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาในสถานภาพในด้านความผูกพันของบุคลากรพบว่าไม่แตกต่างกัน มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ0.055.ความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาในระยะเวลาในการปฏิบัติงาน มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จึงต้องทำการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ด้วยวิธี LSD แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย เป็นรายคู่ของเวลาในการปฏิบัติงานจำนวน 3 คู่ ดังนี้ คู่ที่ 1 ต่ำกว่า 5 ปีกับ 11-15 ปี คู่ที่ 2 ต่ำกว่า 5 ปีกับมากกว่า 5 ปี คู่ที่ 3 5-10 ปี กับ 11-15 ปี

5.ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความสุขในการทำงานและแรงจูงใจในการทำงานที่ส่งผลต่อความผูกพันขององค์กรของบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา โดยใช้ Multiple Regression Analysis ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณของความสุขในการทำงานและแรงจูงใจในการทำงานที่ส่งผลต่อผูกพันขององค์กร พบว่าจากตัวแปรต้นทั้ง 2 ตัวแปรได้แก่ แรงจูงใจในการทำงานและความสุขในการทำงาน เข้าสู่การถดถอยพหุคูณ Enter พบว่าค่าประสิทธิภาพการทำนายเท่ากับ 5.41 และมีค่าประสิทธิภาพในการทำนายที่มีการปรับแล้ว Adjusted R Square เท่ากับ 0.537 ซึ่งหมายถึง ตัวแปรต้นทั้ง 2 สามารถใช้เพื่อทำนายอิทธิพลแรงจูงใจในการทำงานและความสุขในการทำงานที่

ส่งผลต่อความผูกพันในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อยู่ในระดับ 0.05 โดยสามารถเขียนในรูปแบบสมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณได้ดังนี้

Y ความผูกพันต่อองค์กร = 1.684+0.518(แรงจูงใจในการทำงาน) + 0.797 (ความสุขในการทำงาน)

อภิปรายผล

จากผลวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเรื่องอิทธิพลแรงจูงใจในการทำงานและความสุขในการทำงานที่ส่งผลต่อความผูกพันในองค์กร องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา จำนวน 221 คน ซึ่งประชากรส่วนใหญ่เป็นเพศ หญิง อายุ 41-50 ปี ระดับการศึกษา ปริญญาตรี สถานภาพสมรส โสด ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน 5-10 ปี สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ความผูกพันของพนักงาน องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (?= 4.14) แรงจูงใจในการทำงานอยู่ในระดับมากที่สุด (?= 4.33)ความสุขในการทำงานอยู่ในระดับมาก (?= 4.04) จากผลการวิจัยข้างต้นพบว่าความผูกพันต่อองค์กรของบุคลากร องค์การบริหารส่วน จังหวัดสงขลาโดยรวมอยู่ในระดับมากทั้งนี้อาจเนื่องมาจากบุคลากร องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา มีความภูมิใจเมื่อได้ยินบุคคลอื่นกล่าวถึงองค์กร พร้อมที่จะทำงานอย่างเต็มที่เพื่อช่วยให้องค์กรบรรลุเป้าหมาย มีความรักภักดี มีความเข้าใจและยอมรับในเป้าหมาย ความตั้งใจที่จะทำงานในระยะยาวมีความรู้สึกเป็นอันหนึ่งอันเดียวกับองค์กร และผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของจฑากาญจน์ เลาหะเดช (2545) ได้ให้ความหมายของความผูกพันว่า ความผูกพันต่อองค์กร เป็นการแสดงตนอย่างภาคภูมใจในองค์กร มีความรู้สึกและแสดงพฤติกรรมต่อองค์กรในแง่ของการยอมรับเป้าหมายค่านิยมขององค์กร การเป็นส่วนหนึ่งขององค์กร มีความศรัทธา มีความเกี่ยวพันและเต็มใจที่จะใช้ความพยายามที่มีอยู่ทำงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายขององค์กร ความจงรักภักดีต่อองค์กรตลอดจนมีความปรารถนาที่แน่วแน่อันจะดำรงไว้ซึงความเป็นสมาชิกขององค์กรนั้นต่อไป

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1.ส่งเสริมการประชาสัมพันธ์ด้านภาพพจน์และชื่อเสียงของหน่วยงาน โดยใช้สื่อต่างๆ ให้เป็นที่รู้จักของคนทั่วไปมากยิ่งขึ้น เพื่อให้บุคลากรเกิดความรู้สึกภูมิใจในหน่วยงาน และมีความมั่นใจที่จะทำงานกับหน่วยงานต่อไป

2.ควรเพิ่มการศึกษาแนวโน้ม ปัจจัยการลาออก และผลกระทบอื่น ๆ ของความผูกพันต่อองค์การ เช่น ประสิทธิภาพการทำงาน ขวัญและกำลังใจของบุคลากร เพื่อจะได้ทราบถึงข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการวางแผนกำลังคนของหน่วยงานและหาแนวทางการป้องกันต่อไป

3. ควรศึกษาความผูกพันต่อองค์การว่า มีความแตกต่าง มากน้อยอย่างไรและนำผลการศึกษาที่ได้มาปรับปรุงพัฒนาการบริหารงานบุคคลแต่ละระดับ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1.ควรมีการศึกษาระดับแรงจูงใจในการทำงาน ความสุขในการทำงานและความผูกพันของบุคลากรตามลักษณะงานที่ปฏิบัติ ได้แก่งานบริหารทั่วไป การเกี่ยวกับการเงินการคลัง และงานด้านโยธา เนื่องจากมีความยุ่งยาก สลับซับซ้อนและความเสี่ยงแตกต่างกัน

2. ควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคลต่อระดับแรงจูงใจในการทำงาน ความสุขในการทำงานและความผูกพันของบุคลากร

กิติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.ปาริฉัตร ตู้ดำซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยครั้งนี้ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด จนงานวิจัยเล่มนี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ขอบคณคณะกรรมการ IOC ทั้ง 3 ท่าน ผศ.ดร.ธีรพร ทองชะโชค คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา อ.ดร.วลัยลักษณ์ รัตนวงศ์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา อ.พิราสินี ชัยคุณทวีโชติ คณะวิทยากรจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะจัดทำเอกสารและขอขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่ได้กรุณาสละเวลาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยทำให้วิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยคาดหวังว่า งานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เข้าทำงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ตลอดจนถึงบุคคลอื่นๆ ที่สนใจในงานวิจัยนี้ มีข้อบกพร่องประการใดคณะผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

ชูชัย สมิทธิไกร และพงษ์จันทร์ ภูษาพาณิชย์. (2560). **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความผูกพันต่องานและความผูกพันต่อ องค์การของบุคลากร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่**

ณัฐณิชา สมฤทธิ์,สุทธินันทน์ พรหมสุวรรณ,ไกรฤกษ์ ปิ่นแก้ว. (2566). **การศึกษาปัจจัยลักษณะงาน แรงจูงใจในการทำงานและวัฒนธรรมองค์การที่มีผลต่อความผูกพันองค์การของพนักงาน(รายงานผลการวิจัย)**. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

ตระกูล จิตวัฒนากร (2565). **การศึกษาความพึงพอใจในงานของบุคลากรที่มีอิทธิพลต่อการคงอยู่ของพนักงานของบริษัทอีคอมเมิร์ซจีนในกรุงเทพมหานคร(รายงานวิจัย).** มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ

บุษกร, ทรมีฤทธิ์. (2559). **ภาวะผู้ตามบรรยากาศในการทำงาน ความสุขในการทำงานที่มีความสัมพันธ์กับความผูกพันในองค์กรของพนักงาน(รายงานผลการวิจัย).** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. คณะบริหารธุรกิจ. วิชาเอกการจัดการทั่วไป: คลังปัญญามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

พลอยลลินน์ จันทร์มี. (2565). **การสื่อสารภายในองค์กรและปัจจัยด้านความสุขในการปฏิบัติงานที่มีผลต่อองค์กรของพนักงานองค์กรเอกชน(รายงานผลการวิจัย).** มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์: คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน.

ภัคภร อินทรำพรรณ,สมพล ทุ่มหว้า,ทองฟู ศิริวงศ์ ,ธรรมศักดิ์ ค่วยเทศ. (2566). **บรรยากาศองค์กรและแรงจูงใจในการทำงานที่ส่งผลต่อความผูกพันในองค์กรของพนักงานฟิตเนสแบรนด์หนึ่งประเทศไทย (พิมพ์ครั้งที่3).** มหาวิทยาลัยราคำแหง: วารสารการจัดการโซ่คุณค่าและกลยุทธ์ธุรกิจสมาคมเครือข่ายส่งเสริมการวิจัยทางมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์.

วรรณวิไล หุยประเสริฐ. (2563). **ความพึงพอใจในสวัสดิการที่ส่งผลต่อความผูกพันต่อองค์กรของพนักงานส่วนปฏิบัติการสถานี บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน).** กรุงเทพ: มหาวิทยาลัยมหิดล.

วัชรพล สายแวว,ธีระศักดิ์หรือตระกูล รัตนาสีดี. (2565). **ปัจจัยลักษณะงานและปัจจัย ประสบการณ์การทำงานที่ส่งผลต่อความผูกพันต่อองค์การของพนักงานบริษัทในประเทศไทย(รายงานผลการวิจัย).** มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์: วารสารการบริหารจัดการและนวัตกรรมท้องถิ่น.

สุรพงศ์ นองสุข. (2564). **การฝึกอบรมในองค์กรส่งผลต่อความผูกพันของพนักงานบริษัทซ่อมบำรุงเรือเดินสมุทรแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี.** กรุงเทพ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี.

อัจจิมา เสมานิวาสและสรัญณี อุเส็นยาง. (2565). **แรงจูงใจในการปฏิบัติงานที่ส่งผลต่อความผูกพันของบุคลากร(รายงานผลการวิจัย).** นราธิวาส: หลักสูตรการจัดการมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.

ความสำเร็จของการนำแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) ไปปฏิบัติ กรณีศึกษาปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567

The success of Suranaree University of Technology development plan phase 13 (B.E. 2023–2027) policy implementation, Case study of the fiscal year 2023–2024

ณัฐวุฒิ บุญณัฐชา[1] และ อุทัยวรรณ เพ็งศรี[2*]

Nattawut Boonnatcha[1] and Uthaiwan Pengsri[2*]

บทคัดย่อ

การศึกษาความสำเร็จของการนำแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) ไปปฏิบัติครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การนำแนวทางการพัฒนา ช่วงปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567 ไปปฏิบัติ โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Power BI ในการวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล ประเด็นในการศึกษา ได้แก่ แนวทางการพัฒนาของวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 1–6 ที่ถูกนำไปเชื่อมโยงกับโครงการตามแผนปฏิบัติการ พร้อมทั้งการประเมินผลการดำเนินงานตามตัวชี้วัดโครงการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567 จำนวน 133 โครงการ ตามเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อการประเมินผลการดำเนินงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 และงบรายจ่ายจริงของโครงการ ผลการศึกษาสรุปดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์การนำแนวทางการพัฒนา ช่วงปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567 ไปปฏิบัติ พบว่า ภาพรวมในวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 1–6 จำนวน 89 แนวทาง นำแนวทางไปปฏิบัติแล้ว 42 แนวทาง คิดเป็นร้อยละ 47.19 คงเหลือแนวทางที่ยังไม่ได้นำไปปฏิบัติ 47 แนวทาง คิดเป็นร้อยละ 52.81 โดยปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 มีโครงการที่เชื่อมโยงกับแนวทางการพัฒนา 63 โครงการ มีงบรายจ่ายจริง 249.2814 ล้านบาท ปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 มีโครงการที่เชื่อมโยงกับแนวทางการพัฒนา 73 โครงการ มีงบรายจ่ายจริง 136.7810 ล้านบาท

2) ผลการศึกษาและประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Power BI โปรแกรมสามารถกำหนดความสัมพันธ์ของตารางฐานข้อมูล (Relationship) ประเภทของข้อมูล (Data type) รูปแบบ (Format) และการออกแบบการนำเสนอสำหรับการแสดงผลที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้บนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้

คำสำคัญ: ประเมินความสำเร็จ, แนวทางการพัฒนา, นำไปสู่ปฏิบัติ, โครงการ, โปรแกรมวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล

[1] งานวางแผนและประเมินผล ส่วนแผนงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000

[1] Planning and evaluation, Division of Planning, Suranaree University of Technology, Nakhonratchasima, 30000

Corresponding author : uthaiwan.p@sut.ac.th, nattawut@g.sut.ac.th

Abstract

This successful study of SUT development plan phase 13 (B.E. 2023–2027) policy implementation aims to analyze the implementation of the development policy during the fiscal year 2023–2025 by adapting Microsoft Power BI for the analysis and present data of education issue; development policies of the strategic objectives 1–6 which was linked to the action plan project including outcome evaluation by project indicators of the fiscal year 2023–2024 total 133 projects as the scored criteria for outcome evaluation of SUT in the fiscal year 2024 and actual expenditure of the projects, the study result can be summarized as the follows:

1) The analysis result of the development policy implementation during the fiscal year 2023–2024 found that there were 89 methods in the overall strategic objectives 1–6, 42 methods (47.19 percent) were implemented, and 47 methods (52.81 percent) still did not implement. In the fiscal year 2023, there were 60 projects linked up with the development policy and the actual expenditure was 249.2814 million baht while in the fiscal year 2024, there were 73 projects linked up with the development policy and 136.7810 million baht of actual expenditure.

2) The result of the study and Microsoft Power BI application found that the program can specify relationships of a database table, data type, format, and presentation design for the presentation that can interact with users on the internet network.

Keywords: Success appraisal, Development method, Implementation, Project, Program of data analysis and presentation

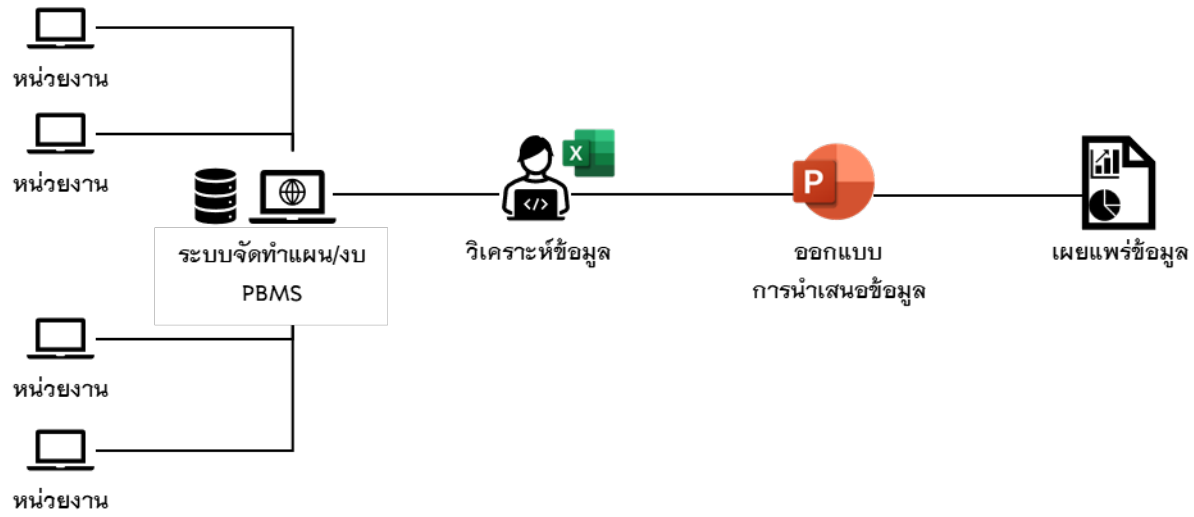
บทนำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีได้จัดทำแผนพัฒนามหาวิทยาลัยฯ ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) เพื่อเป็นกรอบและแนวทางในการพัฒนามหาวิทยาลัยในช่วงการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงในยุคดิจิทัล แผนพัฒนาฉบับนี้มุ่งเน้นไปที่ผลลัพธ์และความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยให้ความสำคัญกับความเชื่อมโยงและสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) รวมถึงกรอบนโยบายและยุทธศาสตร์การอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (พ.ศ. 2566–2570) และแผนการอุดมศึกษาเพื่อผลิตและพัฒนากำลังคนของประเทศ (พ.ศ. 2564–2570) แผนนี้เน้นการบูรณาการและความร่วมมือจากประชาคมมหาวิทยาลัยและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากทั้งภาครัฐและเอกชน รวมถึงชุมชนรอบมหาวิทยาลัยในระดับจังหวัดและท้องถิ่น (นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์) โดยมหาวิทยาลัยได้กำหนดวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ (Strategic Objective) ผลลัพธ์ (Key Results) แนวทางพัฒนา ตัวชี้วัดหลัก แผนงาน โครงการ และกิจกรรมเพื่อตอบสนองต่อความท้าทายที่เกิดจากบริบทอุดมศึกษาที่เปลี่ยนแปลงและมุ่งสู่ความยั่งยืนอย่างสมดุล

ในส่วนของการขับเคลื่อนแผนและนำไปสู่การปฏิบัติ มหาวิทยาลัยได้ให้ความสำคัญเทียบเท่ากับกระบวนการจัดทำแผนพัฒนาที่ดี เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่เห็นผลเป็นรูปธรรมและบรรลุเป้าหมายตามที่กำหนด โดยใช้กระบวนการ PDCA (Plan Do Check Act) หรือ Deming Cycle สุธาสินี โพธิจันทร์ (2558) กล่าวว่า Check หมายถึง การตรวจสอบ ขณะที่ Act คือการปรับปรุงการดำเนินการอย่างเหมาะสม ซึ่งถือเป็นพื้นฐานของการยกระดับคุณภาพ จำเป็นต้องมีการดำเนินงานอย่างครบถ้วน ตั้งแต่การวางแผน การตรวจสอบประเมินผลอย่างสม่ำเสมอ ทำให้สามารถปรับแผน

ให้สอดคล้องกับสถานการณ์ได้ นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ผลสำเร็จของโครงการเพื่อตรวจสอบจุดอ่อนและจุดแข็งของการดำเนินงาน ซึ่งถือเป็นบทเรียนสำหรับการดำเนินงานต่อไป องค์การบริหารส่วนตำบลชลคราม (2561) กล่าวถึงเกณฑ์การประเมินผลนโยบายในด้านความพอเพียง หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ของนโยบายภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่ โดยพิจารณาจากประสิทธิผล ในส่วนของการนำนโยบายไปสู่การปฏิบัติ สมภาร ศิโล (2558) กล่าวว่า ผู้รับนโยบายมีหน้าที่ 2 ส่วน คือ 1) นำนโยบายมาจัดทำเป็นแผนสำหรับหน่วยงาน และ 2) กำหนดนโยบายหรือแผนให้หน่วยงานระดับล่างลงไปรับปฏิบัติ ผู้ปฏิบัติระดับล่างอาจทำหน้าที่หนึ่งอย่างหรือทั้งสองอย่าง ดังนั้นผู้รับมอบนโยบายต้องมีความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างนโยบายและแผนและสามารถแปลความหมายของนโยบายเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติ

ประกอบกับในยุคปัจจุบันที่เป็นยุค Digital Transformation ทำให้หลายองค์กรมีการปรับตัวในด้านการพัฒนาหรือประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการแข่งขันและ/หรือการบริหารจัดการองค์กร ซึ่งปัจจุบันมีเทคโนโลยีและโปรแกรมที่ทันสมัยที่สามารถอำนวยความสะดวกและช่วยบริหารจัดการข้อมูลที่สำคัญต่าง ๆ ให้เป็นสารสนเทศที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์ต่อองค์กร โดยโปรแกรมดังกล่าวมีความสามารถ เช่น ความสามารถในการเชื่อมต่อและนำเข้าข้อมูลได้จากหลายแหล่งทั้งในรูปแบบออนไลน์และออฟไลน์ อัพเดทข้อมูลอัตโนมัติ และสามารถแสดงผลบนอุปกรณ์ได้หลายรูปแบบ เป็นต้น ปัจจุบันกระบวนการพัฒนาข้อมูลด้านการติดตามและประเมินผลของมหาวิทยาลัยฯ มีรายละเอียดปรากฏดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการพัฒนาข้อมูลด้านการติดตามและประเมินผลของมหาวิทยาลัยฯ

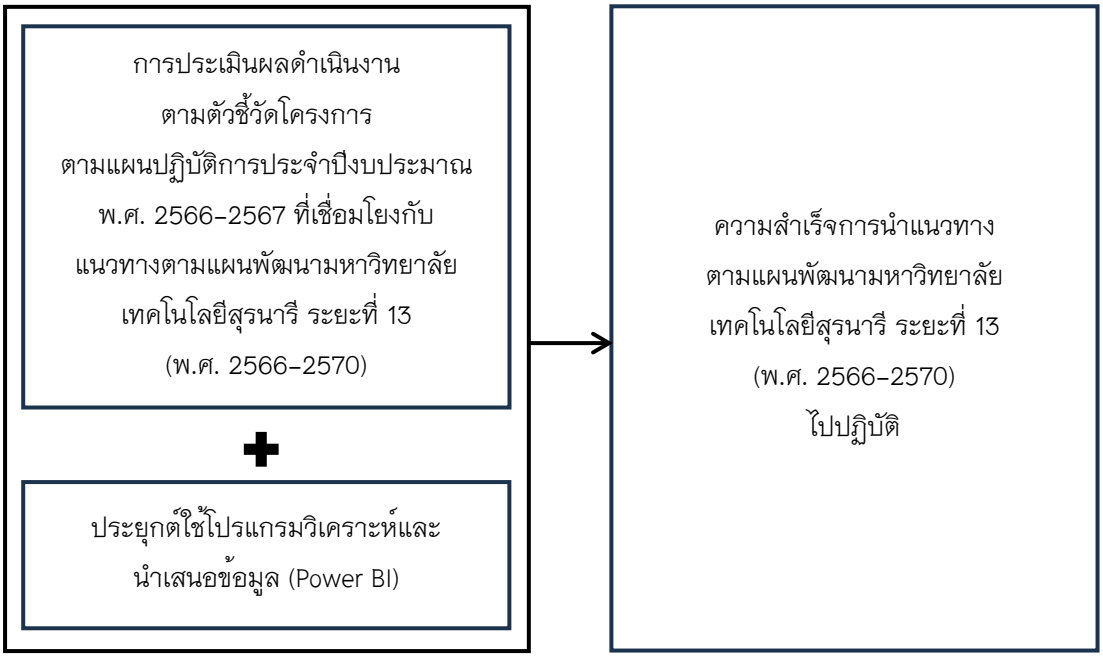
ดังนั้น เมื่อมีการดำเนินการตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยฯ มาได้ระยะหนึ่ง มหาวิทยาลัยจึงได้กำหนดให้มีการติดตามและประเมินผล (Check) เพื่อตรวจสอบและประเมินการนำแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยฯ ระยะที่ 13 ไปปฏิบัติ ซึ่งมีงานวางแผนและประเมินผล ส่วนแผนงาน เป็นผู้ติดตามและประเมินผลการดำเนินการ โดยประเมินจากผลการดำเนินงานตามตัวชี้วัดโครงการที่บรรจุในแผนปฏิบัติการประจำปีที่ผู้จัดทำโครงการหรือหน่วยงานเลือกเชื่อมโยงกับแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยฯ ระยะที่ 13 รวมถึงการนำผลประเมินการดำเนินงานตามตัวชี้วัดโครงการ ตามเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อการประเมินผลการดำเนินงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 ที่ได้รับอนุมัติจากที่ประชุมสภามหาวิทยาลัย ครั้งที่ 8/2566 เมื่อวันที่ 30 กันยายน 2566

และผลการใช้จ่ายงบประมาณของแต่ละโครงการมาประกอบการวิเคราะห์ ทั้งนี้ เพื่อให้ทราบถึงสถานภาพของการบรรลุผลสำเร็จ ผลที่ได้จากการติดตามและประเมินผลจะนำไปใช้ในการทบทวนแผนพัฒนามหาวิทยาลัยในช่วงครึ่งหลังของแผน (Act) โดยปัจจุบันแผนพัฒนามหาวิทยาลัยฯ ระยะที่ 13 ได้เข้าสู่ปีที่ 3 ของการดำเนินการ (Do) เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปตามกระบวนการ PDCA อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการวิเคราะห์ความสำเร็จในการนำแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570) ไปปฏิบัติ เฉพาะปีงบประมาณ พ.ศ. 2566-2567 ร่วมกับการประยุกต์ใช้โปรแกรม Power BI ในการวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล ซึ่งสามารถแสดงผลบนระบบอินเทอร์เน็ตและเข้าถึงข้อมูลได้ตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อให้มีสารสนเทศสำหรับการพัฒนา ปรับปรุง และยกระดับแนวทางการพัฒนาให้ตรงตามทิศทางที่ถูกต้องและตอบสนองต่อความท้าทายของบริบทอุดมศึกษาที่เปลี่ยนแปลงอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อวิเคราะห์ความสำเร็จของการนำแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570) ไปปฏิบัติ เฉพาะปีงบประมาณ พ.ศ. 2566-2567
2. เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้โปรแกรมวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลสำหรับแสดงผลการวิเคราะห์ความสำเร็จของการนำแนวทางการพัฒนาไปปฏิบัติ

กรอบแนวคิด



วิธีวิทยาการวิจัย

ประเด็นที่ทำการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเนื้อหาและโปรแกรม ดังนี้

1) ความเชื่อมโยงระหว่างแนวทางของแต่ละวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์กับโครงการตามแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566-2567

2) ผลการดำเนินงานตามตัวชี้วัดโครงการที่บรรจุในแผนปฏิบัติการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566-2567

3) งบรายจ่ายจริงของโครงการที่บรรจุในแผนปฏิบัติการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566-2567

4) โปรแกรมวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล Microsoft Power BI Desktop Version : 2.135.7627.0 64-bit

โดยการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยใช้จำนวนโครงการที่บรรจุในแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566-2567 ทั้งหมดในการศึกษา

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

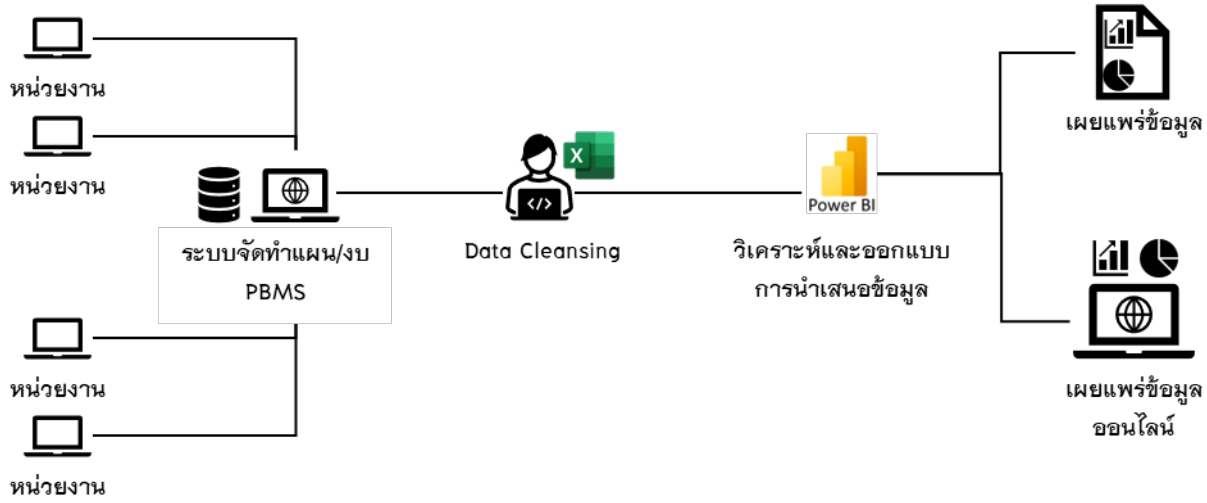
ผู้วิจัยใช้วิธีการสร้างรายงานจากฐานข้อมูลของระบบการจัดทำแผนปฏิบัติการและงบประมาณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่มีการเชื่อมโยงระหว่างแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยฯ ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570) กับโครงการตามแผนปฏิบัติการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566-2567 ในรูปแบบของไฟล์ .xls หรือ .xlsx โดยข้อมูลที่ได้จากรายงานฐานข้อมูลของระบบฯ ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลความเชื่อมโยงระหว่างแนวทางของแต่ละวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570) กับโครงการตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566-2567

ส่วนที่ 2 โครงการตามแผนปฏิบัติการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566-2567 และผลการดำเนินงานตามตัวชี้วัดของโครงการในภาพรวม

ส่วนที่ 3 ข้อมูลงบรายจ่ายจริงของแต่ละโครงการ

จากนั้นผู้วิจัยจึงนำรายงานที่ได้จากฐานข้อมูลของระบบการจัดทำแผนปฏิบัติการและงบประมาณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (Planning and Budgeting Management System) เข้าสู่กระบวนการ Data Cleansing ก่อนนำเข้าโปรแกรมวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล Microsoft Power BI Desktop และเผยแพร่ตามลำดับต่อไป



ภาพที่ 2 กระบวนการพัฒนาข้อมูลโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมวิเคราะห์และออกแบบการนำเสนอข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) ข้อมูลการนำแนวทางของแต่ละวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) ไปปฏิบัติ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การหาค่าร้อยละ

2) ข้อมูลความสำเร็จของผลการดำเนินงานภาพรวมของโครงการ โดยคำนวณจากผลการดำเนินงานตามตัวชี้วัดแต่ละตัว วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การหาค่าเฉลี่ยและค่าร้อยละ เมื่อได้ค่าเฉลี่ยผลการดำเนินงานตามตัวชี้วัดโครงการแล้วจึงมาเทียบกับเกณฑ์เกณฑ์การให้คะแนนเพื่อการประเมินผลการดำเนินงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 (สำนักงานสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2566)

ระดับ 5 (5 คะแนน)	มีประสิทธิภาพในการดำเนินงานร้อยละ 85 ขึ้น
ระดับ 4 (4 คะแนน)	มีประสิทธิภาพในการดำเนินงานร้อยละ 75–85
ระดับ 3 (3 คะแนน)	มีประสิทธิภาพในการดำเนินงานร้อยละ 65–74
ระดับ 2 (2 คะแนน)	มีประสิทธิภาพในการดำเนินงานร้อยละ 55–64
ระดับ 1 (1 คะแนน)	มีประสิทธิภาพในการดำเนินงานน้อยกว่าร้อยละ 55

ผลการศึกษา

ผลการประเมินความสำเร็จของการนำแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) ไปปฏิบัติมีผลการวิเคราะห์ข้อมูลสรุปรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์การนำแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) ไปปฏิบัติ ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567

วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์	จำนวนแนวทาง / เปอร์เซ็นต์		
	ทั้งหมด	นำไปปฏิบัติ	คงเหลือ
1. เพื่อปรับระบบการศึกษารองรับผู้เรียนกลุ่มเดิม (ก่อนวัยทำงาน) และเพิ่มโอกาสให้ผู้เรียนกลุ่มใหม่ (วัยทำงาน) ทุกช่วงวัย รองรับการพัฒนากำลังคนแห่งอนาคต	12 100%	9 75%	3 25%
2. เพื่อขับเคลื่อนมหาวิทยาลัยโดยการนำนวัตกรรมบนพื้นฐานองค์ความรู้ด้าน วทน. เสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ และแก้ปัญหาความท้าทายของโลก	8 100%	6 75%	2 25%
3. เพื่อมุ่งสู่การเป็นมหาวิทยาลัยแห่งความเป็นผู้ประกอบการ (Entrepreneurial University) สร้างสังคมที่ยั่งยืนทั้งในระดับจังหวัดอนุภูมิภาค (นครชัยบุรินทร์) ระดับชาติและนานาชาติ	25 100%	14 60%	11 40%
4. เพื่อยกระดับขีดความสามารถการบริหารจัดการมหาวิทยาลัย	20 100%	7 35%	13 65%
5. เพื่อสร้างความเข้มแข็งและส่งเสริมขีดความสามารถของโรงพยาบาล มทส. โดยใช้งานวิจัยและนวัตกรรมที่เกิดจากความร่วมมือในการเสริมสร้างสุขภาวะที่ดีของประชาชนและชุมชน	5 100%	2 40%	3 60%
6. เพื่อสร้างความเป็นเลิศด้านสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน (Cooperative and Work-Integrated Education, CWIE) เพื่อการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์	19 100%	4 26.32%	15 73.68%
รวม	**89** **100%**	**42** **47.19%**	**47** **52.81%**

จากตารางที่ 1 การนำแนวทางการพัฒนาในวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ไปปฏิบัติมากที่สุด ได้แก่ วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 1 และ 2 ที่ร้อยละ 75 รองลงมา ได้แก่ วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 3 ที่ร้อยละ 60 วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 5 ที่ร้อยละ 40 วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 4 ที่ร้อยละ 35 ตามลำดับ และวัตถุประสงค์ที่มีการนำแนวทางการพัฒนาไปปฏิบัติน้อยที่สุด ได้แก่ วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 6 อยู่ที่ร้อยละ 26.32

ตารางที่ 2 ความเชื่อมโยงระหว่างแนวทางการพัฒนากับโครงการตามแผนปฏิบัติการในปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567 และข้อมูลงบประมาณรายจ่ายจริงของปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567

วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ / แนวทาง	จำนวนโครงการที่เชื่อมโยง		งบรายจ่ายจริง
	ปี 2566	ปี 2567	(ลบ.)
1. เพื่อปรับระบบการศึกษารองรับผู้เรียนกลุ่มเดิม (ก่อนวัยทำงาน) และเพิ่มโอกาสให้ผู้เรียนกลุ่มใหม่ (วัยทำงาน) ทุกช่วงวัย รองรับการพัฒนากำลังคนแห่งอนาคต	11	18	25.4958
แนวทาง 1.1	–	1	0.0548
แนวทาง 1.2	–	–	–
แนวทาง 1.3	1	2	0.6618
แนวทาง 1.4	–	–	–
แนวทาง 1.5	–	1	0.0324
แนวทาง 1.6	–	–	–
แนวทาง 1.7	–	1	1.5000
แนวทาง 1.8	1	2	6.4374
แนวทาง 1.9	1	2	2.2489
แนวทาง 1.10	4	5	11.9442
แนวทาง 1.11	1	1	0.2000
แนวทาง 1.12	3	3	2.4164
2. เพื่อขับเคลื่อนมหาวิทยาลัยโดยการนำนวัตกรรมบนพื้นฐานองค์ความรู้ด้าน วทน. เสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ และแก้ปัญหาความท้าทายของโลก	14	18	97.3673
แนวทาง 2.1	3	3	48.9759
แนวทาง 2.2	–	1	0.0000
แนวทาง 2.3	–	–	–
แนวทาง 2.4	2	3	12.4248
แนวทาง 2.5	2	2	2.5246
แนวทาง 2.6	6	8	32.3220
แนวทาง 2.7	1	1	1.1200
แนวทาง 2.8	–	–	–
3. เพื่อมุ่งสู่การเป็นมหาวิทยาลัยแห่งความเป็นผู้ประกอบการ (Entrepreneurial University) สร้างสังคมที่ยั่งยืนทั้งในระดับจังหวัด อนุภูมิภาค (นครชัยบุรินทร์) ระดับชาติและนานาชาติ	15	13	90.2490

วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ / แนวทาง	จำนวนโครงการที่เชื่อมโยง		งบรายจ่ายจริง
	ปี 2566	ปี 2567	(ลบ.)
แนวทาง 3.1	1	1	3.0338
แนวทาง 3.2	–	–	–
แนวทาง 3.3	2	1	4.1850
แนวทาง 3.4	1	1	0.0883
แนวทาง 3.5	–	–	–
แนวทาง 3.6	–	–	–
แนวทาง 3.7	–	–	–
แนวทาง 3.8	–	–	–
แนวทาง 3.9	–	–	–
แนวทาง 3.10	1	–	1.7573
แนวทาง 3.11	–	–	–
แนวทาง 3.12	–	–	–
แนวทาง 3.13	–	–	–
แนวทาง 3.14	–	1	0.3380
แนวทาง 3.15	–	1	2.8901
แนวทาง 3.16	–	1	0.0000
แนวทาง 3.17	1	–	0.0990
แนวทาง 3.18	2	–	14.4739
แนวทาง 3.19	5	2	62.5747
แนวทาง 3.20	1	–	0.0645
แนวทาง 3.21	–	–	–
แนวทาง 3.22	–	1	0.2981
แนวทาง 3.23	–	1	0.0000
แนวทาง 3.24	–	–	–
แนวทาง 3.25	1	3	0.4463
4. เพื่อยกระดับขีดความสามารถการบริหารจัดการมหาวิทยาลัย	16	14	97.2687
แนวทาง 4.1	–	–	–
แนวทาง 4.2	1	–	0.3765
แนวทาง 4.3	–	–	–
แนวทาง 4.4	–	–	–
แนวทาง 4.5	–	–	–
แนวทาง 4.6	–	–	–
แนวทาง 4.7	–	–	–

วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ / แนวทาง	จำนวนโครงการที่เชื่อมโยง		งบรายจ่ายจริง
	ปี 2566	ปี 2567	(ลบ.)
แนวทาง 4.8	–	–	–
แนวทาง 4.9	–	–	–
แนวทาง 4.10	–	–	–
แนวทาง 4.11	–	–	–
แนวทาง 4.12	–	2	0.9184
แนวทาง 4.13	1	–	0.0000
แนวทาง 4.14	–	2	0.6343
แนวทาง 4.15	–	–	–
แนวทาง 4.16	12	6	94.9414
แนวทาง 4.17	1	2	0.3070
แนวทาง 4.18	–	–	–
แนวทาง 4.19	1	2	0.0909
แนวทาง 4.20	–	–	–
5. เพื่อสร้างความเข้มแข็งและส่งเสริมขีดความสามารถของโรงพยาบาล มทส. โดยใช้งานวิจัยและนวัตกรรมที่เกิดจากความร่วมมือในการเสริมสร้างสุขภาวะที่ดีของประชาชนและชุมชน	4	4	74.5937
แนวทาง 5.1	2	2	1.0337
แนวทาง 5.2	–	–	–
แนวทาง 5.3	2	2	73.5601
แนวทาง 5.4	–	–	–
แนวทาง 5.5	–	–	–
6. เพื่อสร้างความเป็นเลิศด้านสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน (Cooperative and Work-Integrated Education, CWIE) เพื่อการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์	3	3	1.0878
แนวทาง 6.1	1	1	0.6464
แนวทาง 6.2	–	–	–
แนวทาง 6.3	1	1	0.0414
แนวทาง 6.4	–	–	–
แนวทาง 6.5	–	–	–
แนวทาง 6.6	–	–	–

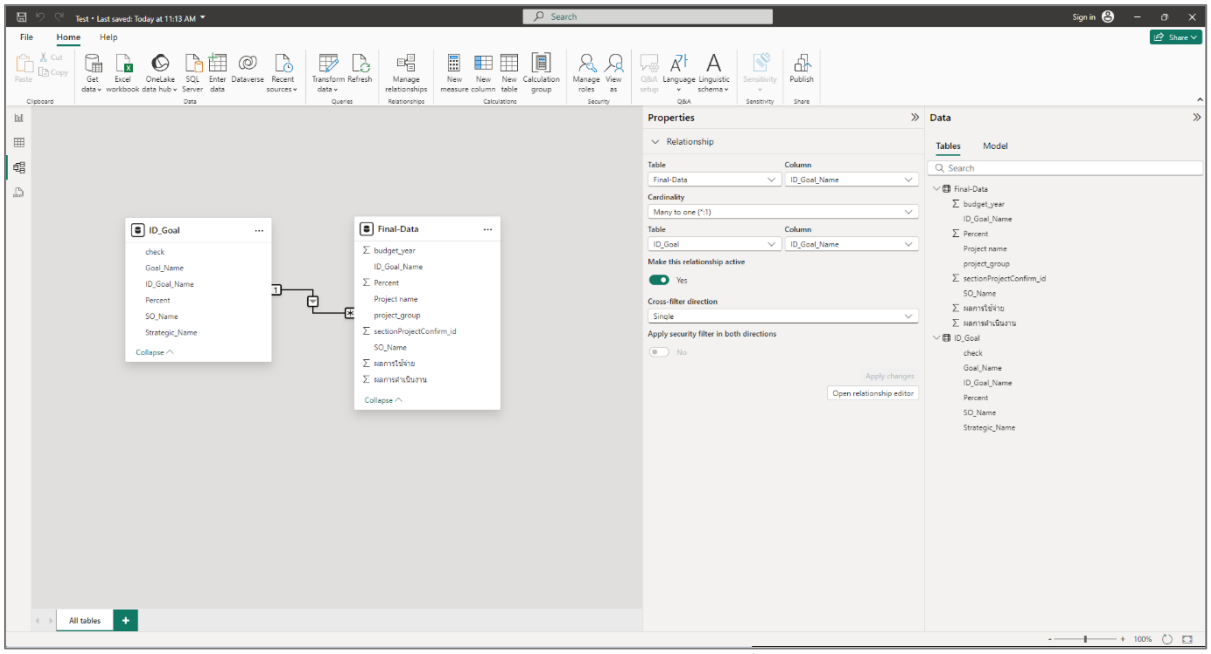
วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ / แนวทาง	จำนวนโครงการที่เชื่อมโยง		งบรายจ่ายจริง
	ปี 2566	ปี 2567	(ลบ.)
แนวทาง 6.7	1	-	0.0000
แนวทาง 6.8	-	-	-
แนวทาง 6.9	-	-	-
แนวทาง 6.10	-	-	-
แนวทาง 6.11	-	-	-
แนวทาง 6.12	-	-	-
แนวทาง 6.13	-	1	0.4000
แนวทาง 6.14	-	-	-
แนวทาง 6.15	-	-	-
แนวทาง 6.16	-	-	-
แนวทาง 6.17	-	-	-
แนวทาง 6.18	-	-	-
แนวทาง 6.19	-	-	-

หมายเหตุ: การนับจำนวนโครงการในตารางที่ 2 นี้ เป็นการนับซ้ำ ในกรณีที่โครงการเป็นโครงการต่อเนื่องในปี 2566-2567

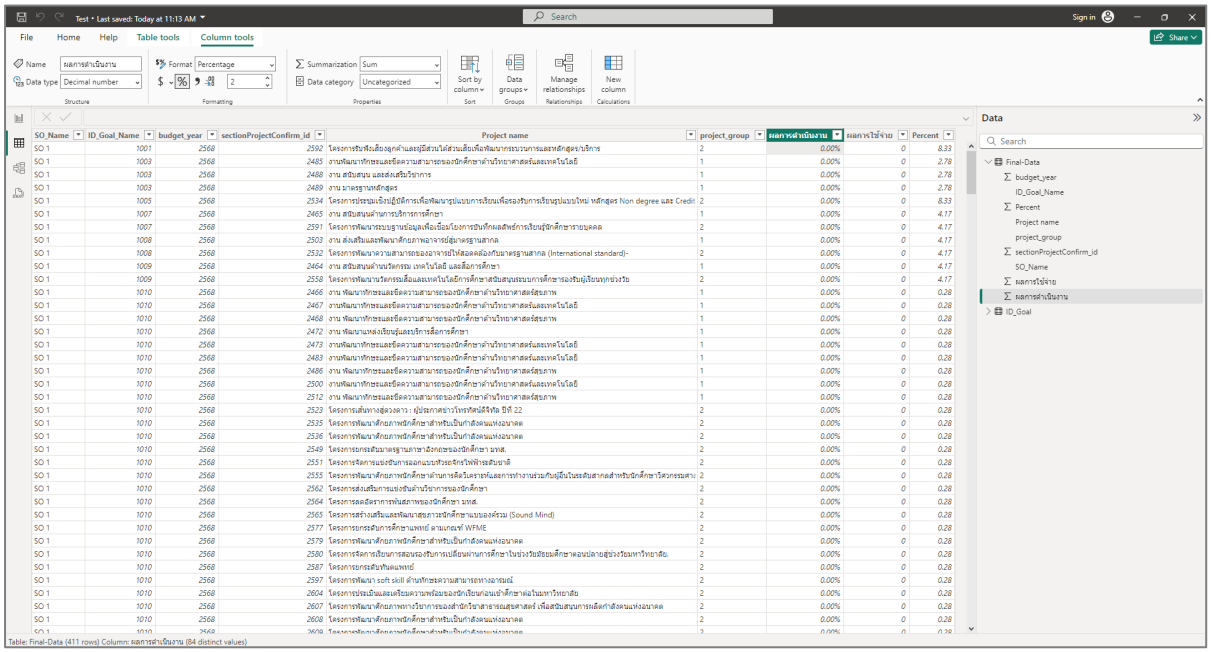
จากตารางที่ 2 แนวทางการพัฒนาในวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 1 มีการนำไปปฏิบัติที่เชื่อมโยงกับโครงการตามแผนปฏิบัติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 จำนวน 11 โครงการ พ.ศ. 2567 จำนวน 18 โครงการ มีงบรายจ่ายจริงรวม เท่ากับ 25.4958 ล้านบาท วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 2 มีการนำไปปฏิบัติที่เชื่อมโยงกับโครงการตามแผนปฏิบัติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 จำนวน 14 โครงการ พ.ศ. 2567 จำนวน 18 โครงการ มีงบรายจ่ายจริงรวม เท่ากับ 97.3673 ล้านบาท วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 3 มีการนำไปปฏิบัติที่เชื่อมโยงกับโครงการตามแผนปฏิบัติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 จำนวน 15 โครงการ พ.ศ. 2567 จำนวน 13 โครงการ มีงบรายจ่ายจริงรวม เท่ากับ 90.2490 ล้านบาท วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 4 มีการนำไปปฏิบัติที่เชื่อมโยงกับโครงการตามแผนปฏิบัติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 จำนวน 16 โครงการ พ.ศ. 2567 จำนวน 14 โครงการ มีงบรายจ่ายจริงรวม เท่ากับ 97.2687 ล้านบาท วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 5 มีการนำไปปฏิบัติที่เชื่อมโยงกับโครงการตามแผนปฏิบัติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 จำนวน 4 โครงการ พ.ศ. 2567 จำนวน 4 โครงการ มีงบรายจ่ายจริงรวม เท่ากับ 74.5937 ล้านบาท วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 6 มีการนำไปปฏิบัติที่เชื่อมโยงกับโครงการตามแผนปฏิบัติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 จำนวน 3 โครงการ พ.ศ. 2567 จำนวน 3 โครงการ มีงบรายจ่ายจริงรวม เท่ากับ 1.0878 ล้านบาท

ผลการศึกษาและประยุกต์ใช้โปรแกรมวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล Microsoft Power BI Desktop

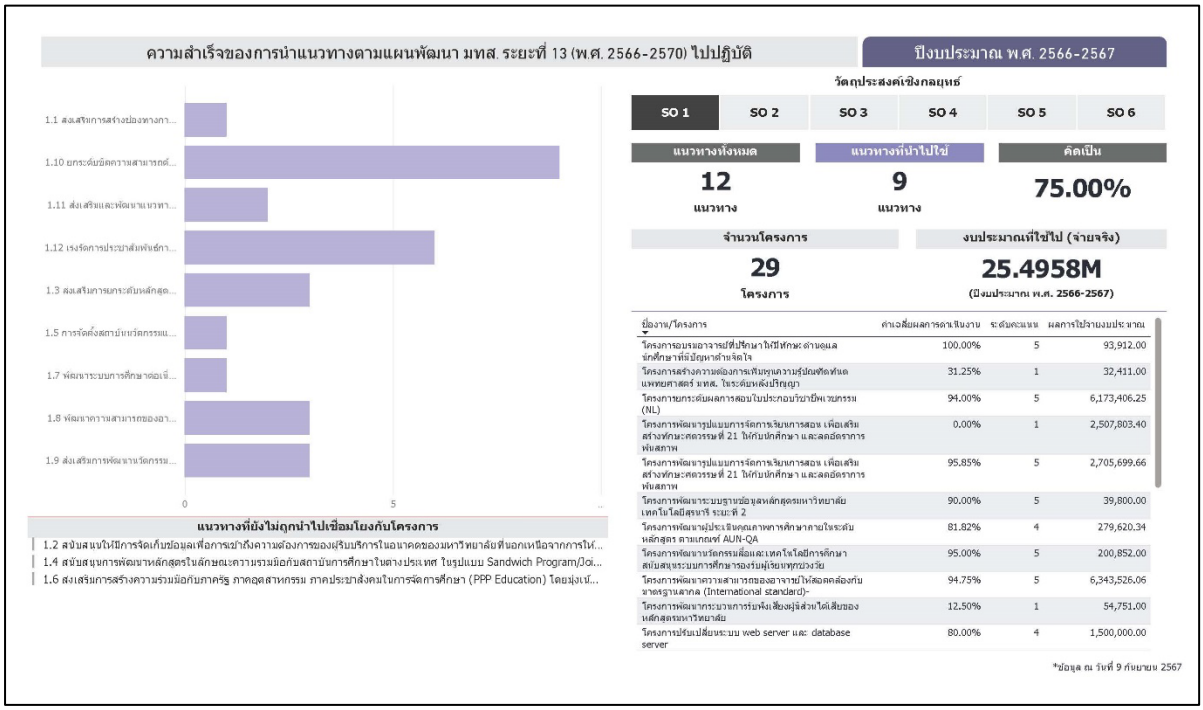
ผลการศึกษาการประยุกต์ใช้โปรแกรมวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล Microsoft Power BI Desktop สำหรับแสดงผลการประเมินความสำเร็จของการนำแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) ไปปฏิบัติ รายละเอียดปรากฏตามรูปที่ 1–4



รูปที่ 1 การกำหนดความสัมพันธ์ของตารางฐานข้อมูล (Relationship)



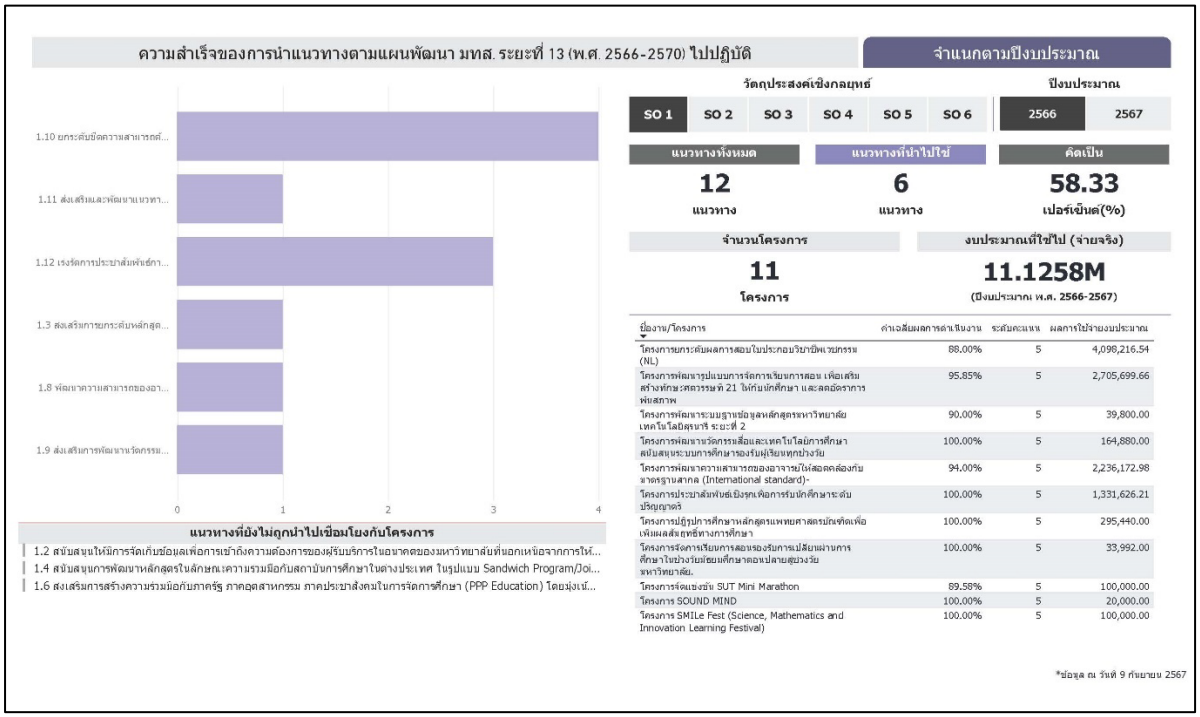
รูปที่ 2 การกำหนดประเภทของข้อมูล (Data type) กำหนดรูปแบบ (Format)



รูปที่ 3 การออกแบบการแสดงผลการวิเคราะห์ความสำเร็จของการนำแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) แบบภาพรวม

จากรูปที่ 3 เป็นการออกแบบการแสดงผลการวิเคราะห์ความสำเร็จของการนำแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) แบบภาพรวม โดยแสดงรายละเอียด ดังนี้

- กราฟแสดงแนวทางการพัฒนาที่ถูกนำไปปฏิบัติ และเชื่อมโยงกับโครงการตามแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567
- ข้อมูลแนวทางการพัฒนาที่ยังไม่ถูกนำไปเชื่อมโยงกับโครงการ
- จำนวนแนวทางทั้งหมด จำนวนแนวทางที่นำไปปฏิบัติ เปอร์เซ็นต์การนำไปปฏิบัติ จำนวนโครงการปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567 ที่เชื่อมโยงกับแนวทางการพัฒนา งบรายจ่ายจริงในปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567 จำแนกตามวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์
- ข้อมูลชื่อโครงการตามแผนปฏิบัติการปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567 ค่าเฉลี่ยผลการดำเนินงานตามตัวชี้วัดโครงการ ค่าคะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อการประเมินผลการดำเนินงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 งบรายจ่ายจริงของแต่ละโครงการ



รูปที่ 4 การออกแบบและการแสดงผลการประเมินความสำเร็จของการนำแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) แบบจำแนกตามปีงบประมาณ

จากรูปที่ 4 เป็นการออกแบบการแสดงผลการวิเคราะห์ความสำเร็จของการนำแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) แบบจำแนกตามปีงบประมาณ โดยแสดงรายละเอียดดังนี้

- กราฟแสดงแนวทางการพัฒนาที่ถูกนำไปปฏิบัติ และเชื่อมโยงกับโครงการตามแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567
- ข้อมูลแนวทางการพัฒนาที่ยังไม่ถูกนำไปเชื่อมโยงกับโครงการ
- จำนวนแนวทางทั้งหมด จำนวนแนวทางที่นำไปปฏิบัติ เปอร์เซ็นต์การนำไปปฏิบัติ จำนวนโครงการปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567 ที่เชื่อมโยงกับแนวทางการพัฒนา งบรายจ่ายจริงในปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567 ตามแต่ละวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ และปีงบประมาณ
- ข้อมูลชื่อโครงการตามแผนปฏิบัติการปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567 ค่าเฉลี่ยผลการดำเนินงานตามตัวชี้วัดโครงการ ค่าคะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อการประเมินผลการดำเนินงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 งบรายจ่ายจริงของแต่ละโครงการ

สรุปผลและอภิปรายผล

การวิเคราะห์ความสำเร็จของการนำแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) ไปปฏิบัติ พบว่า ตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567 วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 1 มีการนำแนวทางการพัฒนาไปปฏิบัติ จำนวน 9 แนวทาง จาก 12 แนวทาง คิดเป็นร้อยละ 75 วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 2 จำนวน 6 แนวทาง จาก 8 แนวทาง คิดเป็นร้อยละ 75 วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 3 จำนวน 14 แนวทาง จาก 25 แนวทาง คิดเป็นร้อยละ 60 วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 4 จำนวน 7 แนวทาง จาก 20 แนวทาง คิดเป็นร้อยละ 35 วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 5 จำนวน 2 แนวทาง จาก 5 แนวทาง คิดเป็นร้อยละ 40 และวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 6 จำนวน 5 แนวทาง จาก 19 แนวทาง คิดเป็นร้อยละ 26.32 โดยมีโครงการตามแผนปฏิบัติการที่เชื่อมโยงกับแนวทางการพัฒนาในวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 1 จำนวน 29 โครงการ มีงบประมาณรายจ่ายจริง เท่ากับ 25.4958 ล้านบาท วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 2 จำนวน 32 โครงการ มีงบประมาณรายจ่ายจริง เท่ากับ 97.3673 ล้านบาท วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 3 จำนวน 28 โครงการ มีงบประมาณรายจ่ายจริง เท่ากับ 90.2490 ล้านบาท วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 4 จำนวน 30 โครงการ มีงบประมาณรายจ่ายจริง เท่ากับ 97.3187 ล้านบาท วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 5 จำนวน 8 โครงการ มีงบประมาณรายจ่ายจริง เท่ากับ 74.5937 ล้านบาท และวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่ 6 จำนวน 6 โครงการ มีงบประมาณรายจ่ายจริง เท่ากับ 1.0878 ล้านบาท ซึ่งสอดคล้องกับ สัญญา เคณาภูมิ และกชพร ประทุมวัน (2560) สรุปขั้นตอนของการนำแผนไปปฏิบัติหรือการบริหารแผน ขั้นตอนที่ 3 การติดตามและประเมินผล โดยที่การแปลงแผนไปสู่การปฏิบัติจำเป็นต้องมีการติดตามและประเมินผล เพื่อช่วยให้ทราบถึงความก้าวหน้า ปัญหาอุปสรรค ผลกระทบที่เกิดขึ้น การติดตามและประเมินผลต้องวัดความสำเร็จในหลายมิติ เป็นต้นว่า การติดตามผลการดำเนินงานตามแผนปฏิบัติการประจำปี การติดตามผลการใช้จ่ายงบประมาณ การเบิกจ่ายเงิน ทั้งนี้ สามารถนำโปรแกรมวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล Microsoft Power BI Desktop มาประยุกต์ใช้สำหรับแสดงผลการประเมินความสำเร็จของการนำแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) ไปปฏิบัติ โดยใช้โปรแกรมดังกล่าวในการกำหนดความสัมพันธ์ของตารางฐานข้อมูล (Relationship) กำหนดประเภทของข้อมูล (Data type) กำหนดรูปแบบ (Format) และการออกแบบเลเอ้าท์สำหรับการแสดงผลบนระบบอินเทอร์เน็ตที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ตลอด 24 ชั่วโมง

ในส่วนของการนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ สามารถนำผลไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของผู้บริหาร คณะกรรมการ คณะทำงาน ในกระบวนการทบทวนแผนพัฒนามหาวิทยาลัยในช่วงครึ่งหลังของแผน ซึ่งสอดคล้องกับ เก็จกนก เอื้อวงศ์ (2565) การนำนโยบายไปปฏิบัติเป็นองค์ประกอบสำคัญของกระบวนการนโยบายที่ส่งผลต่อการบรรลุความสำเร็จของนโยบาย การนำนโยบายไปปฏิบัติมีความสำคัญต่อผู้ตัดสินใจนโยบาย กลุ่มเป้าหมายที่ได้รับประโยชน์จากนโยบาย หน่วยปฏิบัติ ความคุ้มค่าในการใช้ทรัพยากร ทั้งนี้ หากจะมีการศึกษาต่อไป ควรศึกษาเพิ่มเติมในมิติของความเชื่อมโยงระหว่างแนวทางการพัฒนาในส่วนของงานประจำและโครงการ รวมถึงการคำนวณผลการดำเนินงานตามตัวชี้วัดแต่ละที่คำนึงถึงค่าน้ำหนักของตัวที่วัดที่ไม่เท่ากัน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์ความสำเร็จของการนำแนวทางตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570) ไปปฏิบัติ สามารถดำเนินการจนประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดียิ่งจาก นายศราวุธ ป้อมสินทรัพย์ หัวหน้าส่วนแผนงาน และ ดร.จิตตานันท์ ติกุล นักวิชาการอิสระ ที่ได้ให้คำปรึกษา ความรู้ ข้อแนะนำ และการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องจนกระทั่งการศึกษาครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกคนที่อำนวยความสะดวกและช่วยเหลือในการศึกษาครั้งนี้ สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่าการศึกษาฉบับนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

เก็จกนก เอื้อวงศ์. (2565). **การนำนโยบายไปปฏิบัติของผู้บริหารสถานศึกษา : สมรรถนะและแนวทางการพัฒนา.** ครุศาสตร์สาร, 16(1), 77-92 สืบค้นจาก https://edujournal.bsru.ac.th /download-file/media/2382?__cf_chl_tk=tBx1kTG48X48kDjyZqrvaLOv2QkI3qVMX Ph3SNoPHcA-1728386755-0.0.1.1-8340

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. ส่วนแผนงาน. (2565). **แผนพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570).** (พิมพ์ครั้งที่ 1). นครราชสีมา. ม.ป.พ.

สมภาร ศิโล. (2558). **การนำนโยบายสู่การปฏิบัติ.** วารสารวิชาการศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ, 2(1), 1-9 สืบค้นจาก https://so06.tci-thaijo.org/index.php /JAS_CPRU/issue/view/17165

สัญญา เคณาภูมิ และกชพร ประทุมวัน. (2560). **การนำแผนไปสู่การปฏิบัติ : กระบวนการ และการบริหาร.** วารสารสาระคาม, 8(1), 85-108 สืบค้นจาก https://skjournal.msu.ac.th/pdf split.php ?p=MTU5MTg0NDcyNi5wZGZ8OTMtMTE3

สุธาสินี โพธิจันทร์. (2558). **PDCA หัวใจสำคัญของการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง.** สืบค้นจาก https://www.ftpi.or.th/2015/2125

สำนักงานสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. (2566). **คู่มือการดำเนินงานการติดตามและประเมินผลงาน มทส.** ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567. สืบค้นจาก http://www2.sut.ac.th/ouc/DocFile/%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%20Audit/Audit%20Manual%202567.pdf

องค์การบริหารส่วนตำบลชลคราม. (2561). **การประเมินความพึงพอใจของผู้รับบริการต่อการให้บริการขององค์การบริหารส่วนตำบลชลครามอำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561.** สืบค้นจาก https://www.chonlakram.go.th/datacenter/doc_download /20181130115405_B1.pdf

EZRA. (203). How to Measure the Outcomes of Development at Work Retrieved form https://helloezra.com/resources/insights/how-to-measure-the-outcomes-of-development-at-work

Lean Enterprise Institute, Inc. (2024). Plan, Do, Check, Act (PDCA). Retrieved form https://www.lean.org/lexicon-terms/pdca/

TimesPro. (2024). Decoding the Importance of Policy Implementation Retrieved form https://timespro.com/blog/decoding-the-importance-of-policy-implementation

การพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสริม (Augmented reality) แนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณสวนหุ่นจำลองเปรต วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา

The development of augmented reality media to introduce Tourist Spots in the Preta Model Garden, Si Khom Kham Temple, Phayao Province

วิสูตร แก่นเมือง[1*]

Wisoot Kaenmueang[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างสื่อความเป็นจริงเสริม แนะนำจุดท่องเที่ยวสวนหุ่นจำลองเปรตวัดศรีโคมคำ 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจ และประสิทธิภาพ ต่อสื่อความเป็นจริงเสริม แนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณ สวนหุ่นจำลองเปรต วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยนักท่องเที่ยวจำนวน 70 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประกอบด้วยสื่อความเป็นจริงเสริมแบบแนะนำจุดท่องเที่ยวสวนหุ่นจำลองเปรต แบบประเมินประสิทธิภาพและแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า สื่อความเป็นจริงเสริมที่แนะนำจุดท่องเที่ยวสวนหุ่นจำลองเปรตมีประสิทธิภาพในหลายด้าน ได้แก่ 1) ด้านข้อมูลมีการเรียงลำดับเนื้อหาและการใช้ภาษาที่ชัดเจน ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวในระดับดี 2) ด้านการออกแบบมีความสวยงาม รูปแบบ ขนาด สีของข้อความ รวมถึงภาพประกอบมีความคมชัด สบายตาและน่าสนใจในระดับดีมาก 3) ด้านเทคนิคการนำเสนอ ตัวละคร 3D Animation เหมาะสมกับการใช้งาน มีความรวดเร็วในการสแกนและเชื่อมต่อข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับดี 4) ด้านประโยชน์ในการนำไปใช้ สื่อความเป็นจริงเสริมสามารถสนับสนุนการท่องเที่ยวสวนหุ่นจำลองเปรตได้ดี เพิ่มความน่าสนใจในการเยี่ยมชมสถานที่จริง และสร้างประสบการณ์ที่แปลกใหม่ในการท่องเที่ยว 5) ความพึงพอใจต่อสื่อความเป็นจริงเสริมอยู่ในระดับดี

คำสำคัญ: สื่อความเป็นจริงเสริม, วัดศรีโคมคำจังหวัดพะเยา

[1]สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Computer Graphics and Multimedia, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao. 56000

*Corresponding author : wisoot.ka@up.ac.th

Abstract

The research aimed to 1) create augmented reality media to introduce tourist spots in the Preta Model Garden, Sri Komkham Temple, Phayao Province, and 2) study tourist satisfaction and measure the effectiveness of augmented reality media in recommending tourist spots in that place. The sample used in this research consisted of 70 tourists. The tools used to collect data include augmented reality media for guided tours in the Preta Model Garden, performance assessment, and user satisfaction assessment. The data analysis used mean statistics and standard deviations for performance and user satisfaction assessments. The results demonstrated that the augmented reality media, which introduced the Preta Model Garden tourist spots, significantly impacted various aspects, including 1) The data displayed a precise and accurate arrangement of content and language use. This arrangement is ideal for effective tourism promotion. 2) The design aspect is beautiful. The format, size, color of the text, and illustrations are noticeable, comfortable, and attractive at a very high level. 3) 3D animation characters are suitable for use. It operates at a rapid pace, efficiently scanning and connecting data. 4) Augmented reality media can boost tourism in the Preta Model Garden. Furthermore, the overall level of satisfaction with augmented reality media is reasonable.

Keywords: Augmented reality, Sri Khom Kham Temple Phayao Province

บทนำ

วัดศรีโคมคำ หรือที่ชาวพะเยาเรียกกันว่า "วัดพระเจ้าตนหลวง" ตั้งอยู่ริมกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา เป็นพระอารามหลวงชั้นตรีที่เป็นศูนย์รวมจิตใจของชาวจังหวัดพะเยา และเป็นที่ประดิษฐานพระเจ้าตนหลวง พระพุทธรูปศิลปะเชียงแสนที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในล้านนา นอกจากนี้ วัดศรีโคมคำยังเป็นสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญที่มีแหล่งท่องเที่ยวหลายจุดภายในบริเวณวัด เช่น รอยพระพุทธบาทคู่ อุโบสถริมกว๊านพะเยา วิหารครูบาศรีวิชัย และสวนเปรต ซึ่งเป็นพื้นที่จำลองเกี่ยวกับนรก มีรูปปั้นเปรตและภาพสื่อถึงบาปบุญคุณโทษตามแนวคิดพุทธศาสนา

อย่างไรก็ตาม สวนเปรตที่มีความน่าสนใจนี้ยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลายในหมู่นักท่องเที่ยวเท่าที่ควร เนื่องจากบรรยากาศที่น่ากลัวและตำแหน่งที่ตั้งของสวนซึ่งอยู่ใกล้ทางออกทำให้ไม่โดดเด่น นักท่องเที่ยวจำนวนมากจึงมองข้ามจุดท่องเที่ยวนี้ไป ซึ่งเป็นที่น่าเสียดาย เพราะสวนเปรตมีศักยภาพในการเป็นจุดท่องเที่ยวที่น่าสนใจและสามารถถ่ายทอดแนวคิดเกี่ยวกับบาปบุญคุณโทษได้ดี

ด้วยความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเห็นถึงโอกาสในการนำเทคโนโลยีสื่อความเป็นจริงเสริม หรือที่รู้จักในชื่อ Augmented Reality มาช่วยส่งเสริมการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวภายในวัดศรีโคมคำ โดยเฉพาะสวนเปรต ด้วยการผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมกับงาน 3D animation เพื่อสร้างแบบจำลองหุ่นเปรตในรูปแบบดิจิทัล นักท่องเที่ยวสามารถใช้สมาร์ทโฟนในการสแกนเพื่อดูสื่อความเป็นจริงเสริมที่ปรากฏขึ้น ซึ่งจะช่วยสร้างประสบการณ์การท่องเที่ยวที่แปลกใหม่และน่าสนใจยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ การใช้สื่อความเป็นจริงเสริมยังสามารถเชื่อมต่อกับสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อกระจายข้อมูลและประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวให้เป็นที่รู้จักในวงกว้าง อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมกิจกรรมท่องเที่ยวภายในวัดศรีโคมคำ โดยรวมให้เกิดความหลากหลายและดึงดูดนักท่องเที่ยวมากยิ่งขึ้น

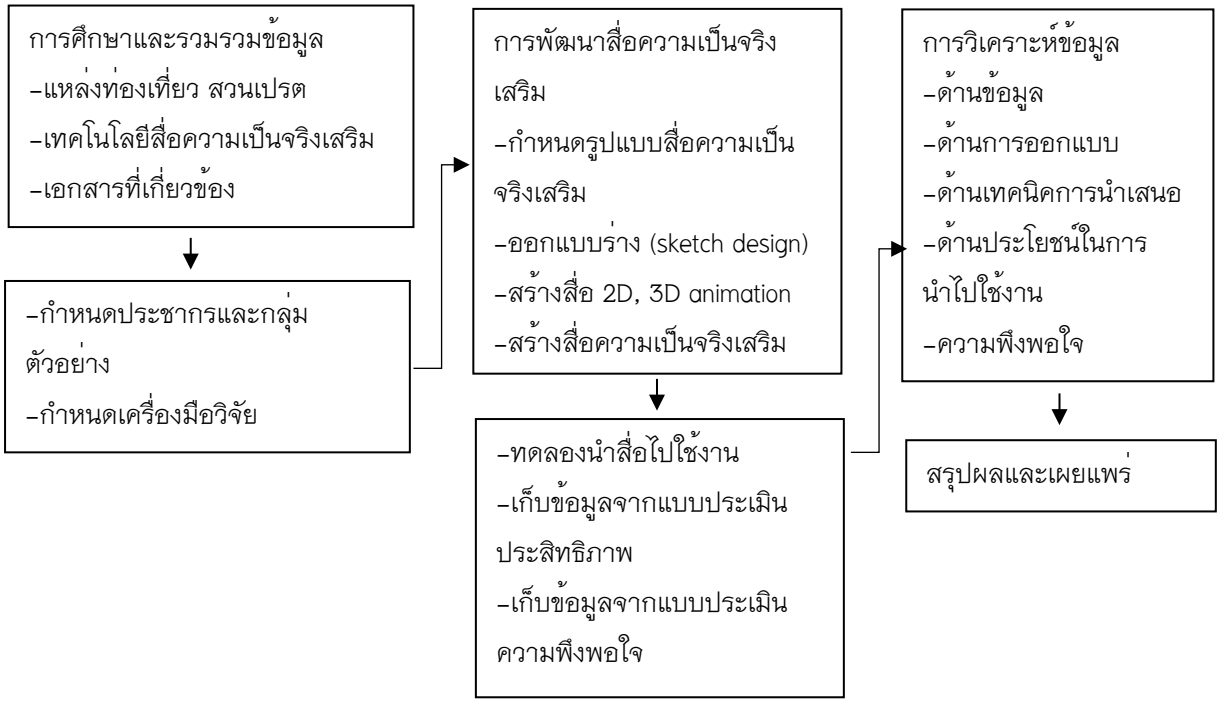
การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาถึงการพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสริม เพื่อแนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณสวนหุ่นจำลองเปรต วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา โดยพิจารณาถึงกระบวนการพัฒนา ประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานและความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อสร้างสื่อความเป็นจริงเสริม แนะนำจุดท่องเที่ยวสวนหุ่นจำลองเปรต วัดศรีโคมคำ
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจและประสิทธิภาพ ต่อสื่อความเป็นจริงเสริม แนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณ สวนหุ่นจำลองเปรต วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา

วิธีวิทยาการวิจัย

กระบวนการวิธีวิทยาการวิจัยในการพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสริมแนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณ สวนหุ่นจำลองเปรต วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา มีดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงผังงานกระบวนการวิจัย

1. การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล มีดังนี้

1.1 ศึกษาสภาพแวดล้อมแหล่งท่องเที่ยว รวบรวมข้อมูลจากการสำรวจบริเวณลานรูปปั้นสวนเปรต ณ วัดศรีโคมคำ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

1.2 ศึกษาเทคโนโลยีสื่อความเป็นจริงเสริมกับการท่องเที่ยว รวบรวมข้อมูลจากการศึกษาข้อมูลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในการส่งเสริมการท่องเที่ยว

1.3 ศึกษาข้อมูลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยการศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่มีอยู่

2. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย มีดังนี้

2.1 กำหนดประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ บุคคลที่มีความสนใจ ด้านเสมือนจริง และบุลคคนที่มีสนใจ ต่อแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดพะเยา

2.2 กำหนดกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ บุคคลที่มีความสนใจ ด้านเสมือนจริง และบุลคคนที่มีสนใจ ต่อแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดพะเยา ซึ่งไม่สามารถระบุจำนวนประชากรได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกการกำหนดขนาดตัวอย่างได้จากคำนวณได้จากสูตรไม่ทราบขนาดตัวอย่าง ของ W.G.Cochran โดยกำหนดระดับค่าความเชื่อมันอยู่ที่ร้อยละ 90 และระดับค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 10 (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2561) ซึ่งสูตรในการคำนวณที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ

สูตร

$$n = \frac{P(1-P)Z^2}{E^2}$$

เมื่อ n แทน ขนาดตัวอย่าง

P แทน สัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยกำลังสุ่ม (โดยทั่วไปนิยมใช้สัดส่วน 40% หรือ 0.4)

Z แทน ระดับความเชื่อมั่นที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ (Z มีค่าเท่ากับ 1.65 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 (ระดับ 1))

E แทน ค่าความผิดพลาดสูงสุดที่เกิดขึ้น (ระดับความเชื่อมั่น 90% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.10 = 0.1)

แทนค่า

$$n = \frac{(.40)(1-.40)(1.65)^2}{(.1)^2} = 65.34$$

ซึ่งหมายความว่าจะต้องใช้ขนาดตัวอย่างอย่างน้อย 66 คน จึงจะสามารถประมาณค่าร้อยละ โดยมีความผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 10 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 เพื่อความสะดวกในการประเมินผล และการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด จำนวน 70 คน โดยใช้การสุ่มแบบบังเอิญหรือ แบบสะดวก (Accidental or Convenience Sampling)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

การวิจัยครั้งนี้ใช้ แบบสอบถาม (Questionnaire) ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นโดยอิงจากแนวคิดในเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่

3.1 สื่อความเป็นจริงเสริม สำหรับแนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณลานรูปปั้นสวนเปรต ณ วัดศรีโคมคำ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

3.2 แบบประเมินประสิทธิภาพ สำหรับประเมินประสิทธิภาพของสื่อความเป็นจริงเสริม ที่แนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณลานรูปปั้นสวนเปรต วัดศรีโคมคำ โดยพิจารณาด้านต่าง ๆ ที่กำหนดไว้

3.3 แบบประเมินความพึงพอใจ สำหรับประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อสื่อความเป็นจริงเสริม ที่แนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณลานรูปปั้นสวนเปรต วัดศรีโคมคำ

4. การพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสริม มีดังนี้

4.1 การออกแบบ เริ่มจากการพัฒนาเนื้อหาสื่อความเป็นจริงเสริมที่เหมาะสมสำหรับแนะนำจุดท่องเที่ยวในบริเวณสวนหุ่นจำลองเปรต จากนั้นจึงกำหนดรูปแบบของสื่อความเป็นจริงเสริมและสื่อมัลติมีเดีย

4.2 การพัฒนา ขั้นตอนนี้เริ่มจากการสร้างแบบร่าง (sketch design) ตามโจทย์ที่ได้กำหนดไว้ ก่อนที่จะดำเนินการสร้างสรรค์ผลงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สื่อ 2 มิติ, สื่อ 3 มิติ, สื่อกราฟิก และสื่อมัลติมีเดีย จากนั้นนำผลงานที่สร้างสรรค์ มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีสื่อความเป็นจริงเสริม เพื่อสร้างสื่อความเป็นจริงเสริมที่แนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณสวนหุ่นจำลองเปรต

5. ทดลองนำสื่อไปใช้งาน และ วิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

5.1 ได้นำสื่อความเป็นจริงเสริมไปทดลองนำไปใช้งานกับกลุ่มตัวอย่างที่ได้กำหนดไว้ เพื่อเก็บข้อมูล

5.2 เมื่อผู้วิจัยได้รับข้อมูลครบถ้วนตามที่ต้องการจึงดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาสถิติต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปโดยแบ่งเป็นด้านต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาคะแนนรวม คะแนนค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วแปลผลโดยใช้เกณฑ์การจัดลำดับค่าเฉลี่ยกำหนดให้มีคะแนนตั้งแต่ 1 – 5 คะแนน (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2552) แปลความหมาย ได้ดังนี้

4.50 – 5.00	หมายความว่า	ดีมาก
3.50 – 4.49	หมายความว่า	ดี
2.50 – 3.49	หมายความว่า	ปานกลาง
1.50 – 2.49	หมายความว่า	พอใช้
1.00 – 1.49	หมายความว่า	ควรปรับปรุง

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าร้อยละ (Percentage) ใช้สูตร

$$\text{ค่าร้อยละของรายการใด} = \frac{\text{จำนวนของรายการนั้น} \times 100}{\text{ความถี่ทั้งหมด}}$$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สูตร (ผ่องศรี วาณิชย์ศุภวงศ์, 2546)

$$\text{สูตร} = S.D. = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2}}{n-1}$$

เมื่อ S.D. แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Xi แทน ค่าคะแนนแต่ละข้อ

X แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน จำนวนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาจุดแหล่งท่องเที่ยว

จากการลงพื้นที่สำรวจบริเวณลานรูปปั้นสวนเปรต วัดศรีโคมคำ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา พบว่าสถานที่แห่งนี้เป็นแหล่งท่องเที่ยวรองของวัด มีนักท่องเที่ยวเข้ามาเดินชมและนิยมถ่ายรูปกับรูปปั้นที่ได้จำลองเหตุการณ์ต่าง ๆ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 รูปปั้นจำลองเกี่ยวกับเหตุการณ์ “นรก” ประกอบด้วยรูปปั้นหุ่นจำลองยมทูตที่ยืนเฝ้าหน้าทางเข้าบริเวณการจัดแสดงนรก, รูปปั้นพระยม ยมราชผู้ปกครองยมโลกที่ทำหน้าที่ตัดสินวิญญาณคนตาย โดยมีทั้งเดรัจฉานและยมทูตที่คอยลงโทษเหล่าผู้ทำผิด, รูปปั้นการลงโทษในกระทะทองแดง, การลงโทษปีนต้นงิ้ว และรูปปั้นเปรตขนาดใหญ่ที่ตั้งเด่นเป็นที่น่าสนใจแก่นักท่องเที่ยว

กลุ่มที่ 2 รูปปั้นจำลองเกี่ยวกับเหตุการณ์ “พุทธประวัติ” ของพระพุทธเจ้า เช่น รูปปั้นเจ้าชายสิทธัตถะที่นั่งบำเพ็ญเพียรอดอาหารจนร่างกายซูบผอม, รูปปั้นพระพุทธเจ้าทรงแสดงธรรมให้แก่สัตว์เดรัจฉาน, รูปปั้นพระพุทธเจ้าทรงเสด็จลงมาจากสวรรค์ชั้นดาวดึง และรูปปั้นพระพุทธเจ้าทรงปณิพาณที่มีพระภิกษุสงฆ์นั่งรายรอบเป็นจำนวนมาก

กลุ่มที่ 3 รูปปั้นจำลองอื่น ๆ ตามความเชื่อ ซึ่งกลุ่มนี้ประกอบไปด้วยรูปปั้นจำลองที่สร้างขึ้นตามความเชื่อต่าง ๆ เช่น รูปปั้นจำลองพระสังกัจจายน์, รูปปั้นจำลองพระโพธิสัตว์กวนอิมในปางประทานพร ซึ่งเป็นปางยอดนิยมที่รู้จักกันในชื่อเจ้าแม่กวนอิม ทั้งนี้ รูปปั้นต่าง ๆ เหล่านี้ไม่เพียงแต่เป็นจุดถ่ายรูปที่น่าสนใจเท่านั้น แต่ยังมีคุณค่าในการสื่อสารเรื่องราวทางศาสนาและวัฒนธรรมที่สำคัญแก่ผู้เยี่ยมชมอีกด้วย



ภาพที่ 2 รูปปั้นจำลองเปรต ในสวนเปรต

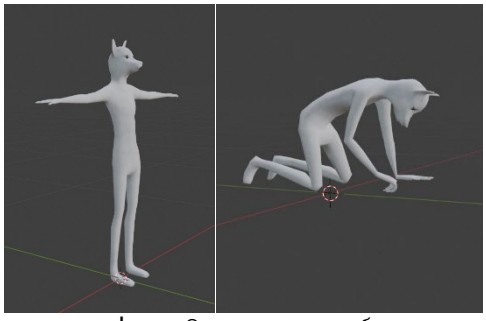


ภาพที่ 3 รูปปั้นจำลองพระยม ยมราช ในสวนเปรต

ผลงานการออกแบบสื่อ

การออกแบบสื่อความเป็นจริงเสริม เพื่อแนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณสวนหุ่นจำลองเปรต วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา ได้มีการพัฒนาและออกแบบเนื้อหาที่เหมาะสมสำหรับการประชาสัมพันธ์จุดท่องเที่ยวในพื้นที่ดังกล่าว โดยกำหนดรูปแบบของสื่อความเป็นจริงเสริมในหลายลักษณะ ได้แก่ สื่อ 2 มิติ, สื่อ 3 มิติ, สื่อกราฟิกและสื่อมัลติมีเดีย

เริ่มต้นจากการพัฒนาตัวละคร 3 มิติที่เกี่ยวข้อง เช่น ตัวละครเปรต, ตัวละครยักษ์, ตัวละครช้างกรินทร์ปักษา, ตัวละครนางจิญจมาณวิกา, ตัวละครพระยายมราชและตัวละครสัตว์เดรัจฉาน ซึ่งตัวละครเหล่านี้จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการสร้างงาน 3D Animation เพื่อใช้ในสื่อความเป็นจริงเสริมต่อไป



ภาพที่ 4 รูปโมเดล 3 มิติ สัตว์เดรัจฉาน 1



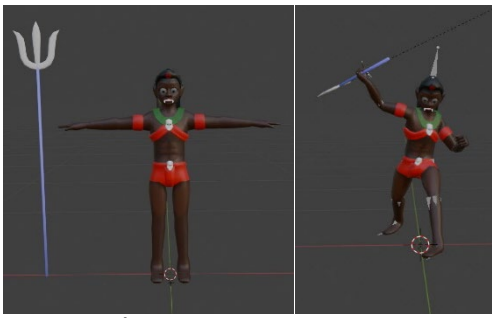
ภาพที่ 5 รูปโมเดล 3 มิติ สัตว์เดรัจฉาน 2



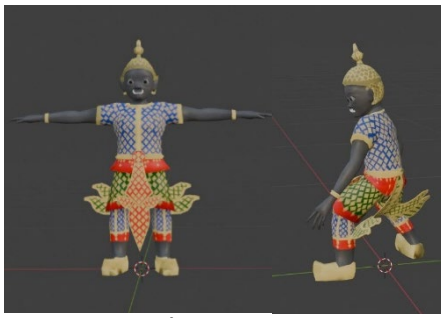
ภาพที่ 6 รูปโมเดล 3 มิติ เปรต



ภาพที่ 7 รูปโมเดล 3 มิติ ช้างกรินทร์ปักษา



ภาพที่ 8 รูปโมเดล 3 มิติ ยมทูต



ภาพที่ 9 รูปโมเดล 3 มิติ ยักษ์



ภาพที่ 10 ตัวอย่างรูปโมเดล 3 มิติ ฤษี และ นางจิญจมาณวิกา

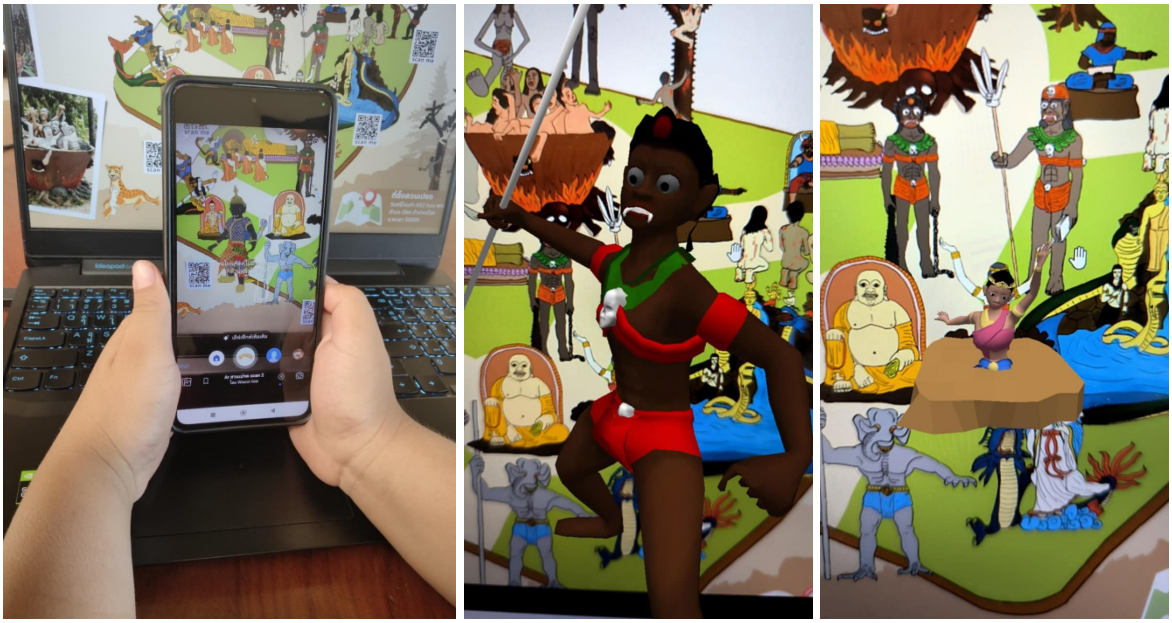
หลังจากนั้นผู้วิจัยได้สร้างสรรค์สื่อกราฟิกที่ประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีสื่อความเป็นจริงเสริม เพื่อพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสริมที่แนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณสวนหุ่นจำลองเปรต วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา โดยมีตัวอย่างของสื่อที่พัฒนาขึ้นดังนี้



ภาพที่ 11 รูปตัวอย่างการ์ตูน ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีสื่อความเป็นจริงเสริม



ภาพที่ 12 รูปตัวอย่างสื่อกราฟิก ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีสื่อความเป็นจริงเสริม



ภาพที่ 13 ตัวอย่างแสดงการใช้งาน สื่อความเป็นจริงเสริม แบบที่ 1



ภาพที่ 14 ตัวอย่างแสดงการใช้งาน สื่อความเป็นจริงเสริม แบบที่ 2

ผลการประเมิน

ผลการประเมิน สื่อความเป็นจริงเสริม แนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณลานรูปปั้นสวนเปรต วัดศรีโคมคำ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ด้านประสิทธิภาพและความพึงพอใจ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินด้านประสิทธิภาพและความพึงพอใจ

รายการประเมิน	ผู้ประเมิน (N=70)		
	ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความพึงพอใจ
ด้านข้อมูล			
1. การเรียงลำดับเนื้อหาถูกต้องและจัดแบ่งตอนได้เหมาะสม	4.37	0.61	ดี
2. การใช้ภาษาที่สื่อ อธิบายได้ชัดเจน	4.40	0.64	ดี
3. เนื้อหามีความเหมาะสมกับการประชาสัมพันธ์ท่องเที่ยว	4.29	0.61	ดี
ผลเฉลี่ยด้านข้อมูล	4.35	0.62	ดี
ด้านการออกแบบ			
การจัดวางเนื้อหาช่วยให้อ่านง่ายสบายตา	4.54	0.65	ดีมาก
รูปแบบ ขนาด สีของข้อความ เหมาะสม และสวยงาม	4.57	0.65	ดีมาก
ภาพประกอบเนื้อหาคมชัด สวยงาม น่าสนใจ	4.43	0.73	ดี
ผลเฉลี่ยการออกแบบ	4.51	0.67	ดีมาก
ด้านเทคนิคการนำเสนอ			
ตัวละคร 3d Animation มีความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.21	0.63	ดี
ความรวดเร็วในการแสกนเชื่อมข้อมูล	3.67	0.71	ดี
การใช้งานสื่อ AR สามารถใช้งานได้ง่าย	3.76	0.71	ดี
ผลเฉลี่ยเทคนิคการนำเสนอ	3.88	0.68	ดี
ด้านประโยชน์ในการนำไปใช้งาน			
สื่อ AR สนับสนุนการท่องเที่ยว สวนเปรตได้มากขึ้น	4.14	0.66	ดี
สื่อ AR สนับสนุนชวนให้อยากไปสัมผัสสถานที่จริงได้เพิ่มขึ้น	4.11	0.67	ดี
สื่อ AR ช่วยสร้างประสบการณ์ที่แปลกใหม่ต่อการท่องเที่ยว สวนเปรตได้	4.39	0.74	ดี
ผลเฉลี่ยประโยชน์ในการนำไปใช้งาน	4.21	0.69	ดี
ความพึงพอใจต่อสื่อ AR ส่งเสริมการท่องเที่ยว สวนเปรต	4.11	0.67	ดี
รวม	4.22	0.67	ดี

จากตารางที่ 1 พบว่าการประเมินด้านข้อมูล ภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.35, S.D. = 0.62) โดยในรายละเอียดการประเมิน อันดับ 1 ได้แก่ การใช้ภาษาที่สื่อ อธิบายได้ชัดเจน อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.40, S.D. = 0.64) อันดับ 2 ได้แก่ การเรียงลำดับเนื้อหาถูกต้องและจัดแบ่งตอนได้เหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.40, S.D. = 0.64) อันดับ 3 ได้แก่ เนื้อหามีความเหมาะสมกับการประชาสัมพันธ์ท่องเที่ยว อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.29, S.D. = 0.61)

การประเมินด้านการออกแบบ ภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.51, S.D. = 0.67) โดยในรายละเอียดการประเมิน อันดับ 1 ได้แก่ รูปแบบ ขนาด สีของข้อความ เหมาะสมและสวยงาม อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.57, S.D. = 0.65) อันดับ 2 ได้แก่ การจัดวางเนื้อหาช่วยให้อ่านง่ายสบายตาอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.54, S.D. = 0.65) อันดับ 3 ได้แก่ ภาพประกอบเนื้อหาคมชัด สวยงาม น่าสนใจ อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.43, S.D. = 0.67)

การประเมินด้านเทคนิคการนำเสนอ ภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 3.88, S.D. = 0.68) โดยในรายละเอียดการ ประเมิน อันดับ 1 ได้แก่ ตัวละคร 3d Animation มีความเหมาะสมกับการใช้งาน อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.21, S.D. = 0.63) อันดับ 2 ได้แก่ การใช้งานสื่อความเป็นจริงเสริม สามารถใช้งานได้ง่ายอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 3.76, S.D. = 0.71) อันดับ 3 ได้แก่ ความรวดเร็วในการแสกนเชื่อมข้อมูล อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 3.67, S.D. = 0.71)

การประเมินด้านประโยชน์ในการนำไปใช้งาน ภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.21, S.D. = 0.69) โดยในรายละเอียดการประเมิน อันดับ 1 ได้แก่ สื่อความเป็นจริงเสริม ช่วยสร้างประสบการณ์ที่แปลกใหม่ต่อการท่องเที่ยว สวนเปรตได้ อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.39, S.D. = 0.74) อันดับ 2 ได้แก่ สื่อความเป็นจริงเสริม สนับสนุนการท่องเที่ยว สวนเปรตได้มากขึ้น ($\bar{X}$ = 4.14, S.D. = 0.66) อันดับ 3 ได้แก่ สื่อความเป็นจริงเสริม สนับสนุนชวนให้อยากไปสัมผัสสถานที่จริงได้เพิ่มขึ้น อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.11, S.D. = 0.67)

และสุดท้ายการประเมินด้านความพึงพอใจต่อสื่อความเป็นจริงเสริม ส่งเสริมการท่องเที่ยว สวนเปรต ภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.11, S.D. = 0.67)

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าสื่อความเป็นจริงเสริม มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการท่องเที่ยวสวนเปรต โดยมีการประเมินที่ดีในหลายด้าน ด้านข้อมูลและเนื้อหาถูกจัดวางอย่างชัดเจนและเหมาะสม ทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจง่าย นอกจากนี้ ด้านการออกแบบยังได้รับการยกย่องว่าเป็นมืออาชีพ มีการเลือกใช้สี รูปแบบและขนาดข้อความที่ช่วยให้อ่านสบายตา ขณะเดียวกันเทคนิคการนำเสนอ เช่น การใช้ตัวละคร 3D Animation และสื่อความเป็นจริงเสริม ก็ได้รับความนิยมและประเมินว่ามีความเหมาะสมและใช้งานง่าย แม้จะมีจุดที่ควรปรับปรุง เช่น ความเร็วในการสแกนเชื่อมข้อมูล แต่โดยรวมสื่อความเป็นจริงเสริม นี้สามารถสร้างประสบการณ์ใหม่ที่น่าสนใจแก่ผู้ใช้ ช่วยสนับสนุนการท่องเที่ยวสวนเปรตและได้รับความพึงพอใจในระดับดี

สรุปผลและอธิปรายผล

การพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสริม เพื่อแนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณสวนหุ่นจำลองเปรต วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา เป็นการนำเทคโนโลยีสื่อความเป็นจริงเสริม มาประยุกต์ใช้เพื่อส่งเสริมการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวภายในวัดศรีโคมคำ โดยเน้นที่บริเวณสวนเปรต การใช้สื่อความเป็นจริงเสริม ร่วมกับ 3D Animation เพื่อสร้างโมเดลหุ่นเปรตแบบเสมือนจริง ช่วยให้นักท่องเที่ยวสามารถใช้สมาร์ทโฟน สแกนและปรากฏภาพเสมือนจริงออกมา ซึ่งมอบประสบการณ์การท่องเที่ยวที่แปลกใหม่ให้กับผู้เยี่ยมชม นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้นักท่องเที่ยวแชร์ประสบการณ์ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ ช่วยกระจายข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวให้เป็นที่รู้จักในวงกว้างและกระตุ้นกิจกรรมท่องเที่ยวหลากหลายภายในวัดศรีโคมคำมากยิ่งขึ้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยประกอบด้วย 2 ประการ ได้แก่ 1) เพื่อสร้างสื่อความเป็นจริง

เสริม แนะนำจุดท่องเที่ยวสวนหุ่นจำลองเปรตวัดศรีโคมคำ 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจ และประสิทธิภาพ ต่อสื่อความเป็นจริงเสริม แนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณ สวนหุ่นจำลองเปรต วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา พบว่าสื่อความเป็นจริงเสริม ช่วยเพิ่มความน่าสนใจและประสบการณ์เชิง ลึกให้กับผู้ใช้ ขณะเดียวกันยังสามารถดึงดูดความสนใจและกระตุ้นการมาเยี่ยมชมสถานที่จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1. ผลการวิจัยด้านการออกแบบของสื่อความเป็นจริงเสริม แนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณ สวนหุ่นจำลองเปรต วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา ได้รับการประเมินในระดับดีมาก ซึ่งสะท้อน มีถึงการจัดวางเนื้อหาที่อ่านง่าย สบายตา รูปแบบ ขนาด และสีของข้อความเหมาะสม สวยงาม อีกทั้งภาพประกอบมีความคมชัดและน่าสนใจ สอดคล้องกับแนวคิดของ (เบญจา ปุริพงศธร, 2565) ที่กล่าวถึงการนำเทคโนโลยีมาผสานระหว่างโลกแห่งความเป็นจริง ด้วยการใช้ระบบซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อร่วมกับ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว วีดิโอ เสียง วัตถุ 3 มิติ ข้อมูลต่าง ๆ ที่ประมวลผลมาจากคอมพิวเตอร์ มือถือ หรืออุปกรณ์สวมใส่ขนาดเล็กต่าง ๆ และ ทำให้เราสามารถตอบสนองหรือมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งที่จำลองนั้น ได้มีการแสดงผลที่แสดงวัตถุมีการเคลื่อนไหว ดูมีมิติมี ความตื่นเต้นเร้าใจ โดยสามารถนำรูปแบบใหม่ของการนำเสนอ

2. ผลการวิจัยด้านเทคนิคการนำเสนอของสื่อความเป็นจริงเสริม แนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณ สวนหุ่นจำลองเปรต วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา ได้รับการประเมินในระดับดี ซึ่งสะท้อนถึง โดยมีการใช้ตัวละคร 3D Animation ที่เหมาะสม การสแกนและเชื่อมโยงข้อมูลรวดเร็ว และใช้งานง่าย สอดคล้องกับแนวคิด (ธันยา นวลละออง, 2566). ที่ได้ศึกษา Smart Pay และ Smart Guide ต้นแบบการท่องเที่ยววิถีใหม่โดยใช้เทคโนโลยีแบบครบวงจร ว่าแอปพลิเคชันต้นแบบที่มีความทันสมัย มีความหมาะสมที่จะนำมาใช้ในด้านการท่องเที่ยวเพื่ออำนวยความสะดวกและกระตุ้นความน่าสนใจแก่นักท่องเที่ยวในยุคดิจิทัลและสามารถกระตุ้นความสนใจให้นักท่องเที่ยวอยากไปยังสถานที่ต่าง ๆ ในแหล่งท่องเที่ยวได้ระดับดีมาก

3. ผลการวิจัยด้านข้อมูลของสื่อความเป็นจริงเสริม แนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณ สวนหุ่นจำลองเปรต วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา อยู่ในระดับดี แสดงถึง โดยมีการเรียงลำดับเนื้อหาถูกต้อง การใช้ภาษาที่ชัดเจน และเนื้อหาที่เหมาะสมกับการประชาสัมพันธ์ท่องเที่ยว สอดคล้องกับผลการวิจัยของ (ภัทรา สวนโสกเชือก และ มริษา สุดอุดม, 2566) กล่าวถึงการใช้ข้อมูลที่ถูกต้อง จัดวางที่ดี สำหรับการนำมาใช้ส่งเสริมการท่องเที่ยว ในแบบใหม่และยังมีการศึกษาองค์ประกอบที่ถูกต้อง จะทำให้ผู้ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงได้รับประสบการณ์ท่องเที่ยวรูปแบบใหม่ สร้างความสนุกให้แก่การใช้ สื่อความเป็นจริงเสริม สำหรับการท่องเที่ยว ส่งผลต่อการพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสริม ได้รับการพัฒนาให้เป็นส่วนหนึ่งของการท่องเที่ยวอัจฉริยะเพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับจุดหมายปลายทางและสถานที่ท่องเที่ยว

4. ผลการวิจัยด้านประโยชน์ในการนำไปใช้งานของสื่อความเป็นจริงเสริม แนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณ สวนหุ่นจำลองเปรต วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา อยู่ในระดับดี แสดงถึง สื่อความเป็นจริงเสริม สามารถสนับสนุนการท่องเที่ยวสวนเปรตได้มากขึ้น สามารถสนับสนุนชวนให้อยากไปสัมผัสสถานที่จริงได้เพิ่มขึ้นและยังช่วยสร้างประสบการณ์ที่แปลกใหม่ต่อการท่องเที่ยวสวนเปรตได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ (ทรงสิริ วิชิรานนท์, รุ่งอรุณ พรเจริญ, สุนารี จุลพันธ์ และ ฉันทนา ปาปัดถา,2562) กล่าวถึงการนำเทคโนโลยีความจริงเสริม มาพัฒนาศักยภาพเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว เพื่อถ่ายทอดเรื่องราวแหล่งท่องเที่ยว และสร้างความเข้าใจได้ง่าย แก่นักท่องเที่ยวและผู้รับชม รวมถึงใช้ในการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ ให้มีความแพร่หลายและจัดระบบข้อมูลด้านการท่องเที่ยวให้เป็นที่รู้จักมากขึ้นและเข้าถึงได้ง่าย โดยการผสมผสานเทคโนโลยีการสร้างภาพความจริงเสริมผ่านสื่อที่มีการผสมผสานเทคนิคต่าง ๆ มาช่วยสร้างความเข้าใจได้ชัดเจนลำให้จินตนาการเป็นจริงได้ โดยนักท่องเที่ยวสามารถมองผ่านหน้าจอแสดงผลในโทรศัพท์มือถือ ที่ผ่านเทคโนโลยีความจริงเสริม สร้างแบบจำลอง 3 มิติ เพื่อดูข้อมูลของสถานที่

ท่องเที่ยวในรูปแบบสื่อดิจิทัลเสมือนจริง ที่ปรากฏออกมาจากสื่อสิ่งพิมพ์ของการท่องเที่ยวนั้น ๆ เพื่อเป็นการเพิ่มความน่าสนใจและลดข้อจำกัดในการรับรู้ และมุ่งเน้นในการอำนวยความสะดวกให้แก่นักท่องเที่ยวในการตัดสินใจและสร้างทัศนคติที่ดีต่อนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวอีกทั้งยังเป็นแนวทางกระตุ้นเศรษฐกิจการท่องเที่ยวของชุมชนให้เกิดความยั่งยืนต่อไปและสอดคล้องกับ (ปรีดา สามงามยา และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ,2563) ที่ได้ทำงานวิจัยเรื่องการพัฒนาสื่อเทคโนโลยีอัจฉริยะเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรและวัฒนธรรมของฐานเรียนรู้ชุมชนบ้านท่าคอยอำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี การใส่เทคโนโลยีเสมือนจริง ด้วยแอปพลิเคชัน HP Reveal ร่วมกับ QR Code สามารถใช้โทรศัพท์มือถือสแกนลิงค์แล้วแสดงข้อมูลต่าง ๆ ขึ้นมาบนหน้าจอ และคลิกเข้าไปดูข้อมูลที่ได้จัดทำไว้เพิ่มเติมได้แก่ เว็บไซต์คลิปวิดีโอ เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่มาสร้างการเชื่อมโยงสื่อที่มองเห็นจับต้องได้กับสื่อดิจิทัลที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีสมัยใหม่มาช่วย แสดงผลข้อมูลเป็นสื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการท่องเที่ยวที่มีทั้งภาพเคลื่อนไหวของวิดีโอ เสียงบรรยายและปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับแอปพลิเคชันได้รับผลจากประเมินคุณภาพในระดับดีมาก

จากผลการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าสื่อความเป็นจริงเสริม มีศักยภาพในการส่งเสริมการท่องเที่ยว โดยเฉพาะการนำเสนอข้อมูลที่ชัดเจน การออกแบบที่น่าสนใจ และเทคนิคการใช้งานที่ตอบโจทย์ ช่วยสร้างประสบการณ์ที่น่าดึงดูด และกระตุ้นให้ผู้ใช้ต้องการเยี่ยมชมสถานที่จริง

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยสื่อความเป็นจริงเสริม แนะนำจุดท่องเที่ยวบริเวณสวนหุ่นจำลองเปรต วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. การใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปในการสร้างสื่อความเป็นจริงเสริม แม้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปจะช่วยลดต้นทุนและกระบวนการพัฒนาสื่อได้อย่างรวดเร็ว แต่ก็มีข้อจำกัดด้านเทคนิคและการใช้ทรัพยากรอย่างเต็มประสิทธิภาพ ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปอาจไม่สามารถตอบโจทย์ทุกด้านของการพัฒนา โดยเฉพาะกระบวนการคิดสร้างสรรค์ที่ต้องการความยืดหยุ่น การวิจัยในอนาคตจึงควรพิจารณาเลือกใช้ซอฟต์แวร์ที่สามารถปรับแต่งได้มากขึ้น เพื่อเพิ่มความหลากหลายในการออกแบบและลดข้อจำกัดทางเทคนิค

2. ความแตกต่างของเทคโนโลยีสมาร์ทโฟนของผู้ใช้ที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการใช้งานสื่อความเป็นจริงเสริมเช่น การสแกนช้า ภาพไม่คมชัด หรือการประมวลผลที่ล่าช้า ปัญหาเหล่านี้อาจเป็นอุปสรรคในการเข้าถึงประสบการณ์ที่ต้องการ การวิจัยในอนาคตควรศึกษาและพัฒนาให้สื่อสื่อความเป็นจริงเสริม รองรับสมาร์ทโฟนที่หลากหลายมากขึ้น รวมถึงพัฒนาให้สามารถปรับเปลี่ยนคุณภาพการแสดงผลตามคุณสมบัติของอุปกรณ์ได้

3. ปัญหาความเสถียรของสื่อความเป็นจริงเสริม การพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสริมโดยใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปอาจทำให้เกิดปัญหาความไม่เสถียรในบางครั้ง เช่น การค้างหรือการแสดงผลไม่ถูกต้อง ซึ่งส่งผลต่อประสบการณ์ใช้งานของผู้ใช้ ดังนั้น การวิจัยครั้งต่อไปควรพิจารณาเรื่องการพัฒนาซอฟต์แวร์หรือเทคโนโลยีที่มีความเสถียรมากขึ้น หรือทดลองใช้เครื่องมือพัฒนาใหม่ ๆ ที่ช่วยลดข้อจำกัดนี้ เพื่อให้คุณสมบัติ สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและราบรื่นยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ การวิจัยครั้งต่อไปควรพิจารณาถึงการทดสอบการใช้งานในสภาพแวดล้อมจริง และเก็บข้อมูลจากผู้ใช้งานจริงมากขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนและนำไปปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ได้รับทุนจากคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ผู้วิจัยขอบคุณหลักสูตรวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ที่อำนวยความสะดวกในด้าน อุปกรณ์และสถานที่ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2561). **สถิติสำหรับงานวิจัย** (พิมพ์ครั้งที่ 12). กรุงเทพฯ: หจก.สามลดา.

ทรงสิริ วิชิรานนท์, รุ่งอรุณ พรเจริญ, สุนารี จุลพันธ์ และ ฉันทนา ปาปัดถา. (19-20 ธันวาคม 2562). การพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์เทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการท่องเที่ยววิถีชุมชนคูบัว จังหวัดราชบุรี. **งานประชุมวิชาการระดับชาติด้านการท่องเที่ยวกับมนุษยศาสตร์ ครั้งที่ 1,** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2562). **การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS** (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯสำนักพิมพ์บิสซิเนสอาร์เอนด์ดี.

ธันยา นวลละออง. (2566). Smart Pay และ Smart Guide: ต้นแบบการท่องเที่ยววิถีใหม่โดยใช้เทคโนโลยีแบบครบวงจร. **วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร,** ปีที่ 43 ฉบับที่ 3. หน้า 53-68.

เบญจา ปุริพงศธร (28 กันยายน 2565). เทคโนโลยี AR & VR กับการศึกษา. **ระเบียงบันสาระ**. สืบค้นจาก (https://library.wu.ac.th/km/%EF%BF%BC/)

ปรีดา สามงามยา และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ. (2563). การพัฒนาสื่อเทคโนโลยีอัจฉริยะเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรและวัฒนธรรมของฐานเรียนรู้ชุมชนบ้านท่าคอยอำเภอศรีประจันต์จังหวัดสุพรรณบุรี. **วารสาร มจร สังคมศาสตร์ปริทรรศน์**, ปีที่ 9 ฉบับที่ 4, หน้า 190-200.

ผ่องศรี วาณิชย์ศุภวงศ์. (2546). **เอกสารคำสอนระเบียบวิธีวิจัยทางการศึกษา** (พิมพ์ครังที่ 4). ปัตตานี: ฝ่ายเทคโนโลยีการศึกษาสำนักวิทยบริการมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ภัทรา สวนโสกเชือก และ มริษา สุดอุดม. (2566). การพัฒนาเทคโนโลยีความจริงผสมสำหรับส่งเสริมเส้นทางการท่องเที่ยวชุมชน ตำบลบุ่งหวาย อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี. **Journal of Science and Technology Mahasarakham University,** 42(6). 215-224.

กระบวนการมีส่วนร่วมการสร้างสรรค์การแสดง “ชัยยะเภรี ศรีภูกามยาว”

The participatory process in the creation of the performance "Chaiya Pheri Sri Phu Kam Yao"

รัตนะ ตาแปง[1*], นุชนาฏ ดีเจริญ[2], นคร คำร้อง[3] และ ปรียาชนก เกษสุวรรณ[4]

Rattana Tapang[1*], Nutchanart Deecharoen[2], Nakorn Khamrong[3], Preeyachanok Ketsuwan[4]

บทคัดย่อ

กระบวนการมีส่วนร่วมการสร้างสรรค์การแสดง “ชัยยะเภรี ศรีภูกามยาว” เป็นการศึกษากระบวนการในการสร้างสรรค์การแสดงที่นำกระบวนการมีส่วนร่วมของเครือข่ายการทำงานมาสร้างสรรค์การแสดง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาการดำเนินงานคีตศิลป์ ถิ่นพะเยา ลำนำแห่งขุนเขาและสายน้ำอิง มหกรรมดนตรีท้องถิ่นแผ่นดินล้านนา จังหวัดพะเยา 2) เพื่อศึกษากระบวนการมีส่วนร่วมในการสร้างสรรค์การแสดง “ชัยยะเภรี ศรีภูกามยาว” จังหวัดพะเยา ด้วยการนำเสนอเป็นบทความวิชาการ ใช้วิธีการศึกษาด้วยการศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง สื่อวีดีทัศน์ สื่อออนไลน์ การลงพื้นที่ภาคสนาม สังเกตแบบมีส่วนร่วมในการดำเนินงานดังกล่าว กลุ่มเป้าหมายในการให้ข้อมูลแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มนักวิชาการและปราชญ์ท้องถิ่น กลุ่มผู้ปฏิบัติจำนวน กลุ่มผู้มีส่วนร่วม นำเสนอข้อมูลในรูปแบบพรรณนา รูปภาพประกอบการแสดง

ผลการศึกษาพบว่า 1) การดำเนินงานคีตศิลป์ ถิ่นพะเยา ลำนำแห่งขุนเขาและสายน้ำอิง มหกรรมดนตรีท้องถิ่นแผ่นดินล้านนา จังหวัดพะเยา เกิดจากการดำเนินงานโดยกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบนในการสนับสนุนงบประมาณแก่จังหวัดเชียงราย พะเยา แพร่ น่าน และการดำเนินงานของจังหวัดพะเยาสำนักงานวัฒนธรรรมจังหวัดพะเยา 2)ผลการศึกษากระบวนการสร้างสรรค์อย่างมีส่วนร่วม ก่อให้เกิดการเพิ่มจำนวนเครือข่ายกลองล้านนาในจังหวัดพะเยา เกิดนวัตกรชุมชนด้านการศึกษาความรู้ท้องถิ่นอย่างมีระบบ คือ ครูศักดา สีทา เกิดการกระตุ้นในการสร้างสรรค์ผลงานในรูปแบบการมีส่วนร่วมของเครือข่ายด้านนาฏศิลป์เพื่อประกอบการแสดงสร้างสรรค์อย่างมีส่วนร่วมนำโดยครูประวิทย์ ยาศรี และคณะครูจากโรงเรียนฟากกว๊านวิทยาคม โรงเรียนดอกคำใต้วิทยาคม โรงเรียนภูกามยาววิทยาคม นำองค์ความรู้ดั้งเดิมของปราชญ์ท้องถิ่นทางด้านกลองปู่จาไทลื้อมานำเสนอแนวคิดการแสดงและนำองค์ความรู้มาร่วมแสดงในงานดังกล่าว

คำสำคัญ: กระบวรการมีส่วนร่วม, การแสดงสร้างสรรค์ชัยยะเภรี ศรีภูกามยาว

---

[1] สาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยาพะเยา 56000

[2] สาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยาพะเยา 56000

[3] สาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยาพะเยา 56000

[4] สาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยาพะเยา 56000

[1] Music and Dance School of Architecture and Fine Arts University of Phayao Phayao, 56000

[2] Music and Dance School of Architecture and Fine Arts University of Phayao Phayao, 56000

[3] Music and Dance School of Architecture and Fine Arts University of Phayao Phayao, 56000

[4] Music and Dance School of Architecture and Fine Arts University of Phayao Phayao, 56000

*Corresponding author : rattana.tap@up.ac.th

Abstract

The participatory process in the creation of the performance *"Chaiya Pheri Sri Phu Kam Yao"* is a study on the creative process that incorporates participatory collaboration among various working networks. The objectives of this study are: 1)To examine the implementation of *Keeta Sin Thinp Phayao: The Melody of the Mountains and Ing River – Lanna Traditional Music Festival in Phayao Province*.2)To study the participatory process in the creation of the performance *"Chaiya Pheri Sri Phu Kam Yao"* in Phayao Province.This study is presented as an academic article, utilizing research methods such as document analysis, audiovisual materials, online media, and field observations with participatory engagement in the activities. The target informants are divided into three groups: scholars and local wisdom experts, practitioners, and participants. The findings are presented in descriptive form, accompanied by images illustrating the performance.

The results of the study indicate that: 1)The implementation of *Keeta Sin Thinp Phayao: The Melody of the Mountains and Ing River – Lanna Traditional Music Festival in Phayao Province* was made possible through the support of the Upper Northern Provincial Cluster, which allocated funding to Chiang Rai, Phayao, Phrae, and Nan provinces. The Phayao Provincial Cultural Office played a key role in executing the event. 2)The study on the participatory creative process revealed an expansion of the Lanna drum network in Phayao Province. It also led to the emergence of community innovators in systematic local knowledge studies, exemplified by *Kru Sakda Sitha*. Furthermore, the initiative stimulated collaborative creativity within the network of traditional performing arts, led by *Kru Prawit Yasri* and a team of teachers from *Fak Kwan Wittayakhom School, Dok Kham Tai Wittayakhom School, and Phu Kam Yao Wittayakhom School*. The local wisdom of *Tai Lue Pu Cha Drums* was incorporated into the performance concept, allowing traditional knowledge to be showcased in the event.

Keywords: Participatory Process, The creation of the performance "Chaiya Pheri Sri Phu Kam Yao"

บทนำ

การมีส่วนร่วม หมายถึง การเปิดโอกาสให้ประชาชนทุกภาคส่วนร่วมมือกันการตัดสินใจ การดำเนินกิจกรรม การติดตามตรวจสอบ และการประเมินผลร่วมกันเป็นไปอย่างมีอิสรภาพ เสมอภาคนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขพัฒนางานเพื่อพัฒนาหรือใช้ความคิดสร้างสรรค์ และความเชี่ยวชาญของแต่ละคนในการแก้ปัญหาของชุมชนและพัฒนางานในกลุ่มให้มีความโปร่งใสและให้มีประสิทธิภาพยิ่งๆ ขึ้น รูปแบบกระบวนการมีส่วนร่วม ขั้นที่ 1 การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ (Decision Making) ขั้นที่ 2 การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน (Implementation) ขั้นที่ 3 การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ (Benefits) ขั้นที่ 4 การมีส่วนร่วมในการประเมินผล (Evaluation) (วชิรวัชร งามละม่อม, 2559) การมีส่วนร่วมดังกล่าวสามารถนำมาปรับใช้กับกลุ่มคนหรือเครือข่ายในการดำเนินงานต่างๆ

เครือข่ายทางสังคม (social network) หมายถึง ความสัมพันธ์ในสังคมมนุษย์ทั้งในระดับ ปัจเจกบุคคล ปัจเจกบุคคลกับกลุ่ม กลุ่มกับกลุ่มและกลุ่มกับเครือข่าย โดยเป็นการอธิบายถึงพฤติกรรมและ ความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งต่าง ๆ เช่น กิจกรรม การสื่อสาร ความร่วมมือ การพึ่งพาอาศัย การแลกเปลี่ยน เรียนรู้ ฯลฯ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่มีโครงสร้างและรูปแบบที่หลากหลาย โดยเครือข่ายทางสังคมของมนุษย์นั้น มีการกระจายตัวไปตามหน่วยย่อยหรือปัจเจกบุคคลในสังคม มีการเกิดขึ้น ตั้งอยู่และแปรเปลี่ยนไปเช่นเดียวกับ สรรพสิ่ง ซึ่งเราสามารถมองเห็นได้ทั้งในมิติ

แห่งความสัมพันธ์ที่ปัจเจกบุคคลเป็นส่วนหนึ่งของเครือข่าย และ เครือข่ายมีความสัมพันธ์กับแบบแผนหรือเส้นทางของปัจเจกบุคคลและกลุ่มคน โดยเป็นกระบวนการที่มีความ เกี่ยวข้องกับกิจกรรม การปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน และความสัมพันธ์อันใกล้ชิด คำว่า “เครือข่ายทางสังคม” และคำว่า “เครือข่าย” นี้ ยังมีความหมายที่ลึกซึ้งไปได้ มากกว่าปรากฏการณ์ภายนอกของสังคมมนุษย์ โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับฐานคิด มุมมองในการมองสังคมมนุษย์ ทั้งในมิติที่มนุษย์สัมพันธ์กันเอง มนุษย์สัมพันธ์กับธรรมชาติ โลก จักรวาลและความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น ๆ ซึ่ง ในที่จะกล่าวถึงความเป็นเครือข่ายจากมุมของศาสตร์ต่าง ๆ ทั้งวิทยาศาสตร์กระบวนทัศน์ใหม่ เทคโนโลยี สารสนเทศ สังคมวิทยา มานุษยวิทยา รัฐศาสตร์ และมุมมองของพุทธศาสนา ที่ว่าด้วยเรื่องของความสัมพันธ์ใน สังคมมนุษย์ โดยเฉพาะเครือข่ายทางสังคมเพื่อการพัฒนา (สุจติรา ยางนอก, 2567) เช่น เครือข่ายสมาคมกลองและศิลปะการแสดงล้านนา เครือข่ายกลองในจังหวัดพะเยาที่พัฒนาการแสดงทางด้านกลองและนาฏศิลป์ล้านนา เช่น กลองสะบัดชัย กลองปูจา

กลองปูจา หรือ กลองบูชา เป็นกลองที่สร้างขึ้นสำหรับถวายวัด เพื่อเป็นพุทธบูชาตามความเชื่อที่ว่า เสียงกลอง จะดังไปถึงสวรรค์ชั้นฟ้า เพื่อให้บรรดาเหล่าเทพยดาทั้งหลายเป็นสักขีพยาน ในการทำบุญทุกๆครั้ง ดังนั้นกลองปูจา จึงมีอยู่ประจำวัดต่างๆ โดยจะมีติดตั้งไว้ในหอกล่อง และจะไม่มีการเคลื่อนย้ายใดๆ อุปกรณ์ในการตีกลองปูจาประกอบด้วย ไม้ตีกลองใหญ่หรือกลองตั้ง ไม้ตีกลองเล็กหรือกลองตุบ หรือเรียกว่าไม้แซะ กลองปูจาเดิมจะตีเวลากลางคืน โดยใช้เพลงประกอบการตี เช่น เพลงเสือขบตุ๊ เพลงล่องน่าน จะตีในโอกาสเมื่อมีงานถวายสลากภัต การตีกลองปูจาพบมากในจังหวัดภาคเหนือ และนายรัฐฉานของพม่า

กลองสะบัดชัย เป็นศิลปะอย่าง หนึ่ง ของวัฒนธรรมพื้นบ้าน ล้านนา และพบว่าอยู่ในฐานะการแสดงในงานวัฒนธรรมต่างๆเช่น แนนคันโต งานพิธีต้อนรับแขกเมือง เรือขบวนแห่ในโอกาสต่างๆ เดิมกลองสะบัดชัยใช้สำหรับการตีบอกสัญญาณ เช่นสัญญาณโจมตีจากข้าศึก สัญญาณบอกข่าวในชุมชน เป็นการตีมหรสพ ในงานต่างๆ เป็นการตีเพื่อประโคมฉลองชัยชนะ เป็นการตีเพื่อประโคมความสนุกสนาน ลักษณะของกลองสะบัดชัย เป็นกลอง สอง หน้าขนาดใหญ่ หนึ่ง ลูก นายวงกลองประกอบด้วย ฉาบ โหม่ง คนตีกลอง ซึ่งกลองสะบัดชัยนี้มีอยู่ 3 ประเภท คือ กลองสองหน้าขนาดใหญ่ มีลูกตุบ เรียกว่ากลองปูจา คือ กลองสองหน้า ไม่มีลูกตุบและเป็นกล้องที่จำลองแบบมาจากกลองปูจา เวลาตีผู้ตี จะถือไม้แสะข้าง หนึ่ง มืออีกข้างถือไม้กลอง และกลองสะบัดชัย ที่เป็นกลอง สอง หน้ามีคานหาม ไม่มีลูกตุบ มีการแกะสลักพญานาคขนาบ สอง ข้างกลอง ตีด้วยการใช้อวัยวะส่วนต่างๆ ของร่างกายประกอบซึ่งประดิษฐ์ ขึ้นมาโดย พ่อครูคำกล่าวไว้ ศิลปินแห่งชาติ เรียกกลองชนิดนี้ว่า กลองสะบัดชัย ซึ่งได้รับความนิยมในปัจจุบันเป็นอย่างมาก (สนั่น ธรรมธิ, 2542, หน้า 78–82)

จังหวัดพะเยามุ่งเสริมการพัฒนาดนตรีทางด้านกลองปูจา กลองสะบัดชัย และดนตรีพื้นบ้านล้านนาในแขนงต่างๆ ของจังหวัด ซึ่งสอดคล้องกับแผนการดำเนินงานของกลุ่มภาคเหนือตอนบน 2 ซึ่งได้จัดทำงบประมาณตามประเด็นการพัฒนาที่ 1 ด้านการท่องเที่ยวสร้างสรรค์ โครงการเพิ่มมูลค่าการท่องเที่ยว กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 กิจกรรมมหกรรมดนตรีล้านนาตะวันออก ดำเนินการ 1) ฟื้นฟูอัตลักษณ์ดนตรีท้องถิ่นภาคเหนือ 2)จัดมหกรรมดนตรีสีสันล้านนาตะวันออก Lanna Music Festival 4) Road Show Lanna Music Festival 4)ประชาสัมพันธ์ ในการดำเนินงานของแต่ละจังหวัดโดยสำนักงานวัฒนธรรมจังหวัด (กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2, 2567, หน้า 3)

จากการได้รับการจัดสรรงบประมาณดังกล่าว จังหวัดพะเยาได้รับการจัดสรรงบประมาณ จำนวน 1,500,000 บาท (หนึ่งล้านห้าแสนบาท) ในชื่องานคีตศิลป์ ถิ่นพะเยา ลำนำแห่งขุนเขาและสายน้ำอิง มหกรรมดนตรีท้องถิ่นแผ่นดินล้านนา จังหวัดพะเยา ภายใต้โครงการบูรณาการการท่องเที่ยว กิจกรรมหลัก : ส่งเสริมโปรโมทการท่องเที่ยว ภายใต้วิถีวัฒนธรรมล้านนา กิจกรรมย่อย : กิจกรรมมหกรรมดนตรีล้านนาตะวันออก ในการดำเนินงานดังกล่าวประกอบด้วยกิจกรรม คือ 1.กิจกรรมกาอบรม ได้แก่ 1) การอบรมการตีกลองปูจา 2)อบรมการตีกลองสะบัด

ชัย 3)อบรมการขับซอล้านนา 2. กิจกรรมมหกรรมดนตรีล้านนาด้วยการแสดงทางด้านดนตรีล้านนาประกอบด้วย การแสดงวงปี่พาทย์เมืองพะเยา การแสดงวงสะล้อซอ ซึง การขับซอ จังหวัดพะเยา การฟ้อนประกอบการแสดงวงอังกะลุง กิจกรรมเสวนาวิชาการดนตรีล้านนาตะวันออก กิจกรรมสำคัญ คือ การประกวดการตีกลองปูจา การประกวดการตีกลองสะบัดชัย การจำหน่ายสินค้าทางวัฒนธรรม และการจัดนิทรรศการทางด้านดนตรีล้านนาตะวันออก (สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดพะเยา, 2567, หน้า 3 – 12) การดำเนินงานดังกล่าวมุ่งเน้นความร่วมมือของเครือข่ายและประชาชนในจังหวัดพะเยาในการมีส่วนร่วมและเข้าร่วมในกิจกรรมต่าง

เครือข่ายกลองและการแสดงจังหวัดพะเยา สมาคมกลองและศิลปะการแสดงล้านนาที่เข้าร่วมประกอบด้วย กลุ่มเยาวชนวัดต๋ำม่อน กลุ่มบัวรวงศ์ ชมรมช่วงศิลป์ มหาวิทยาลัยพะเยา โรงเรียนฟากกว๊านวิทยาคม โรงเรียนเทศบาล 3 หล่ายอิงราษฎ์อุปถัมภ์ โรงเรียนดอกคำใต้วิทยาคม โรงเรียนบ้านดอกบัว โรงเรียนบ้านห้วยบง โรงเรียนขุนควรวิทยาคม โรงเรียนบ้านปิน และบุคคลที่ส่งเสริมเครือข่ายกลุ่มนี้ได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษา ผู้บริหารองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น พระสงฆ์ ได้แก่ พระครูสุวัฒน์สังฆโสภณ พระครูปลัดสุวัฒนจริยคุณ ครูณรงค์ฤทธิ์ วิชา ครูรำเพย คำแดงดี ครูสักดา สีทา ครูสุชาติ ยอดมงคล ครูสุขศรี ลาดอุ่น นางสาวศุภรา ณ บรรพต ครูธีระเดช สองคำชุม ครูประพจน์ ขันแก้ว นอกจากนั้นยังได้รัยการสนับสนุนจาก พ่อครูอำพล พวงมะลิ พ่อครูสุบิน กองมงคล พ่อครูประเทืองกองมงคล ผู้อำนวยการวิชัย ศรีจันทร์ ข้าราชการบำนาญซึ่งเป็นเครือข่ายขับลื้อ และเครือข่ากลุ่มฆ้อง กลอง วัดพระธาตุสบแวน อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยาในการเป็นวิทยากรและให้ความรู้ในการสร้างสรรค์ผลงานได้อย่างดียิ่ง

ในการดำเนินงานดังกล่าวสำนักงานวัฒนธรรมร่วมกับเครือสมาคมกลองและศิลปะการแสดงล้านนา เครือข่ายกลองล้านนาจังหวัดพะเยา เครือข่ายชมรมขับซอจังหวัดพะเยา เครือข่ายดนตรีในจังหวัดพะเยา ซึ่งการดำเนินงานของเครือข่ายการอบรมได้วางแผนการดำเนินงานร่วมกันอย่างมีส่วนร่วม จากเหตุผลดังกล่าวผู้ศึกษาจึงได้สนใจศึกษา กระบวนการมีส่วนร่วมในการสร้างสรรค์การแสดง “ชัยยะเภรี ศรีภูกามยาว” จังหวัดพะเยา ในรูปแบบของบทความวิชาการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการมีส่วนร่วมในการสร้างสรรค์การแสดง “ชัยยะเภรี ศรีภูกามยาว” จังหวัดพะเยา จากโครงการมหกรรมดนตรีล้านนาตะวันออก จังหวัดพะเยา เดือนสิงหาคม 2567

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการดำเนินงานคีตศิลป์ ถิ่นพะเยา ลำนำแห่งขุนเขาและสายน้ำอิง มหกรรมดนตรีท้องถิ่นแผ่นดินล้านนา จังหวัดพะเยา

2. เพื่อศึกษากระบวนการมีส่วนร่วมในการสร้างสรรค์การแสดง “ชัยยะเภรี ศรีภูกามยาว” จังหวัดพะเยา

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน(ถ้ามี)

1.แนวคิดเครือข่ายทางสังคม

เครือข่าย (Network) หมายความถึง กลุ่มบุคคลหรือกลุ่มองค์กรที่สมัครใจสื่อสารสัมพันธ์กัน หรือดำเนินกิจกรรมบางอย่างร่วมกัน โดยไม่ทำให้แต่ละคนหรือแต่ละองค์กรสูญเสียความเป็นอิสระ ส่วนคำว่า เครือข่ายทางสังคม (Social Network) มีความหมายแตกต่างกันไปตามแนวคิดของแต่ละสำนักคิด แต่โดยสรุปหมายความถึงกลุ่มของความสัมพันธ์เชิงซ้อนทางสังคม ที่บุคคล หรือกลุ่มมีต่อกัน ทฤษฎีนี้ เป็นส่วน หนึ่ง ของทฤษฎีโครงสร้าง และนิยมนำมาอธิบายความสัมพันธ์ที่อยู่ในระดับลึกของโครงสร้างทางสังคม (Deep Social) นักทฤษฎีเครือข่ายทางสังคมให้ความสนใจต่อความเชื่อมโยงในระดับจุลภาค ว่าหมายถึงการกระทำที่รวมตัวอยู่ในระบบความสัมพันธ์ ของบุคคลและโครงสร้างที่เป็นรูปธรรม พื้นฐานของความเชื่อมโยงต่างๆของโครงสร้างทางสังคม จึงอยู่ที่ปัจเจกบุคคลหรือ

ความสามารถเข้าถึงทรัพยากรทางด้านคุณค่าในระดับใด วิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมจึงครอบคลุมถึงลักษณะความสัมพันธ์ ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆเชื่อมโยงกันมากมาย การสร้างและพัฒนาเครือข่ายทางสังคม มีขั้นตอนในการสร้างเครือข่าย ไว้หลายประการ ดังนี้

ขั้นที่1 ขั้นการแสวงหา ประกอบด้วยการเชิญชวนประชาสัมพันธ์และการสืบเสาะแสวงหาสมาชิก

ขั้นที่ 2 ขั้นยุทธศาสตร์การรณรงค์ ประกอบด้วยการสร้างความตระหนักในประโยชน์และความสำคัญของเครือข่าย การส่งเสริมบทบาทและเน้นการมีส่วนร่วมของสมาชิกเครือข่าย การสร้างผลงานเป็นที่ยอมรับ การพัฒนาความรู้สึกเป็นเจ้าของในหมู่สมาชิกเครือข่าย และการใช้ยุทธศาสตร์การสร้างแรงจูงใจ

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินงานกิจกรรม ประกอบด้วยการศึกษาปัญหากำหนดเป้าหมาย วัตถุประสงค์และแผนดำเนินงานที่ชัดเจน สร้างแกนนำเพื่อเผยแพร่วัตถุประสงค์ของการจัดตั้งเครือข่าย การหาสมาชิกและจัดทำเนียบสมาชิก ระดมความคิดเห็นเพื่อกำหนดรูปแบบของเครือข่าย การแบ่งบทบาทหน้าที่ของสมาชิก พัฒนาจุดด้อยของสมาชิกและส่งเสริมจุดเด่น การเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ และขยายผล เชื่อมโยงเครือข่ายต่างๆ การระดมทรัพยากรเพื่อใช้ในการดำเนินงาน เครือข่าย การจัดตั้งหน่วยหรือสำนักงานเครือข่ายเพื่อให้คำแนะนำกับสมาชิก และจัดทำรายงานผลปฏิบัติงาน ติดตามและประเมินผลการดำเนินงาน

ขั้นที่ 4 ขั้นการพัฒนาระบบเครือข่าย ประกอบด้วยการสร้างความ สามัคคีและความมีส่วนร่วม การสร้างขวัญกำลังใจและเจตนารมณ์ร่วมกัน การพัฒนาความรู้สึกเสียสละทั้งทางกาย สติปัญญา และทรัพยากร การวางระบบการจัดการและวางแผนที่ดี การติดตาม และประเมินผลการปฏิบัติงานเป็นระยะโดยสม่ำเสมอ การใช้กระบวนการ PDCA การสร้างวิสัยทัศน์ของผู้นำ คุณภาพของสมาชิกเครือข่าย การมีกิจกรรมต่อเนื่อง การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่าย และ การรักษาเครือข่ายเดิม เพิ่มเครือข่ายใหม่

ทั้งนี้จะพบว่า เครือข่ายทางสังคมมีคุณภาพ และเอื้อให้เกิดสังคมเข้มแข็ง มักวางอยู่บนหลักการที่สำคัญ สาประการ คือ ความเป็นธรรม (Equity) ความโปร่งใส (Transparency) ผลประโยชน์ร่วมกัน (Mutual benefit) ของภาคีทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน

2.แนวคิดการมีส่วนร่วมของประชาชน

แนวคิดการมีส่วนร่วมของประชาชน (People's participation approach) เกิดขึ้นจากข้อด้อยของการพัฒนาแบบเดิมที่เน้นการรวม ศูนย์ ไว้ที่ส่วนกลาง และคุกคามของระบบทุนเสรีนิยมที่ก่อให้เกิดปัญหาความยากจนและช่องว่างระหว่างคนจนกับคนรวย และระหว่างประเทศที่ยากจนกับประเทศที่ร่ำรวย แนวคิดนี้มีวัตถุประสงค์สำคัญ คือ เพื่อเคลื่อนย้าย ปัจจัยการพัฒนาทั้งทรัพยากร และปัจจัยในการผลิต รวมถึงประชาชนเข้ามาสู่กระบวนการพัฒนาตามกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนส่วนใหญ่ของสังคม สำหรับการมีส่วนร่วมพัฒนาทรัพยากรหรือสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ จำแนกได้ 6 ระดับ คือ

1. ระดับร่วมรับรู้ หมายถึง การที่ผู้แสดงทางสังคม (Social Actor) ได้ร่วมรับรู้ข้อมูลข่าวสารจากเจ้าของโครงการหรือผู้กำหนดนโยบาย และมีโอกาสเข้าถึงข้อมูลข่าวสารที่เป็นประโยชน์ หรือมีผลกระทบต่อตนเองหรือสังคม

2. ระดับร่วมคิด หมายถึง การระดมปัญหา วิเคราะห์ ความจำเป็น พร้อมแสดงความคิดเห็นต่อหน่วยงานหรือองค์กรที่เกี่ยวข้อง

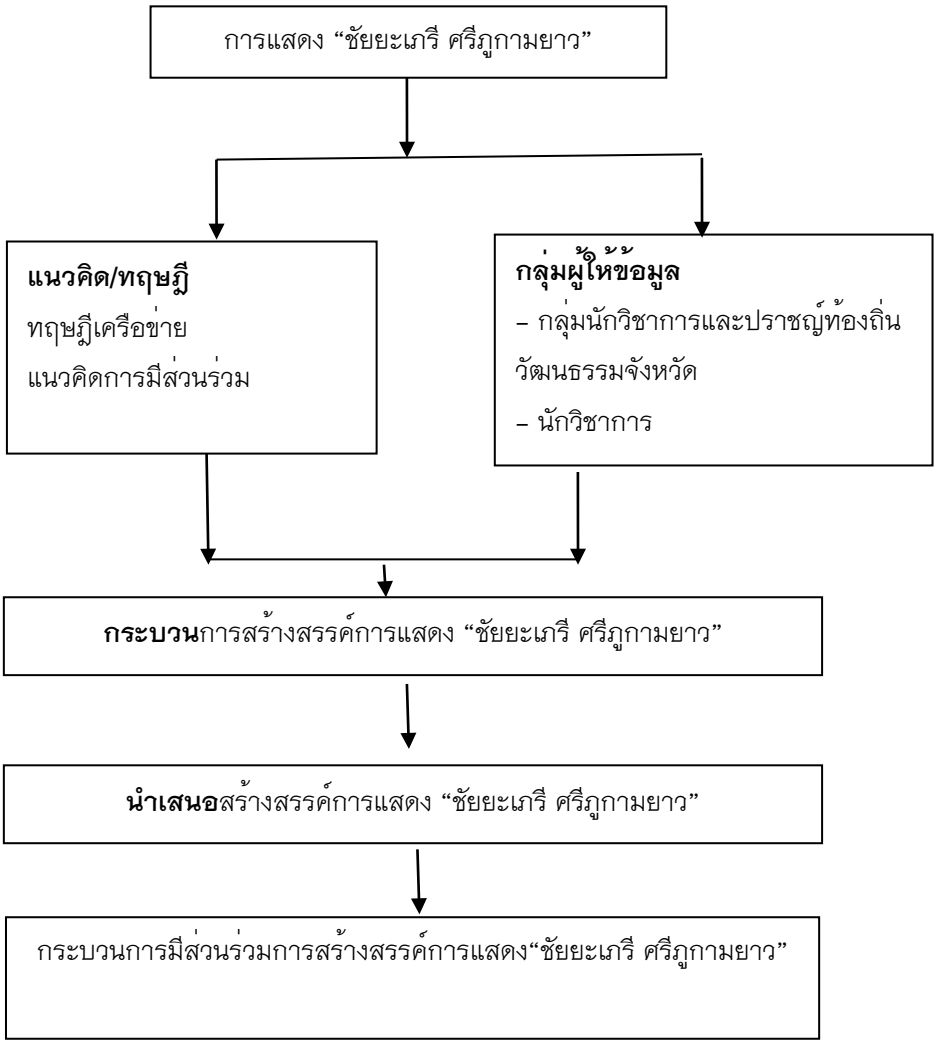
3. ระดับร่วมพิจารณา ร่วมคิด ร่วมตัดสินใจ ตั้งแต่การคัดเลือกสถานที่ตั้งโครงการ มาตรการที่จะนำมาให้เพื่อลดผลกระทบต่างๆ มาตรการติดตามตรวจสอบ เป็นต้น

4. ระดับร่วมดำเนินการ หมายถึง ร่วมลงทุน ร่วมคัดเลือก ผู้ปฏิบัติงาน ร่วมปฏิบัติงาน

5. ระดับร่วมติดตาม ตรวจสอบและประเมินผลว่า นโยบายโครงการหรือกิจกรรมต่างๆ เป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่อย่างไร

6. ระดับร่วมรับผล หมายถึง การร่วมรับผลประโยชน์และผลกระทบทั้งทางด้านบวกและลบ ทั้งต่อตนเอง ต่อชุมชน และสังคม (พัชริน สิรสุนทร, 2556, หน้า 406-410)

3.กรอบแนวคิด



วิธีวิทยาการวิจัย

บทความวิชาการที่ได้จากการศึกษาภาคสนามนำมาเขียนด้วยการบรรยายเชิงพรรณนา ด้วยการศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง สื่อวีดีทัศน์ สื่อออนไลน์ การลงพื้นที่ภาคสนาม สังเกตแบบมีส่วนร่วมในการดำเนินงานดังกล่าว กลุ่มเป้าหมายในการให้ข้อมูลแบ่งเป็น 3 กลุ่ม จำนวน 10 คน ได้แก่ กลุ่มนักวิชาการและปราชญ์ท้องถิ่น จำนวน 4 คน ได้แก่ วัฒนธรรมจังหวัด นักวิชาการ ปราชญ์ท้องถิ่น กลุ่มผู้ปฏิบัติจำนวน 4 คน กลุ่มผู้เข้าร่วมอบรม กลุ่มผู้มีส่วนร่วม จำนวน 4 คน ได้แก่ ผู้ชมการแสดง นำเสนอข้อมูลในรูปแบบพรรณนา รูปภาพประกอบการแสดง

ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาการดำเนินงานคีตศิลป์ ถิ่นพะเยา ลำนำแห่งขุนเขาและสายน้ำอิง มหกรรมดนตรีท้องถิ่นแผ่นดินล้านนา จังหวัดพะเยา

1.1 กระบวนการจัดการอบรม

1.1.1 อบรมขับซอ เริ่มจากการสอบถามคณะซอในจังหวัดพะเยาถึงการพัฒนาศักยภาพร่วมกับข้อมูลจากการแสดงที่ผ่านมาร่วมกับสำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดพะเยา พบว่า สิ่งที่คณะซอสามารถพัฒนาได้คือ การทำการแสดงละครซอ จากนั้นจึงหารือการนำวิทยากรภายนอกที่คณะซอยอมรับจนได้เสียงตรงกันในการเชิญแม่ครูบัวชุม อิถา มาเป็นวิทยากรถ่ายทอดการแสดงละครซอดังกล่าว จำนวน 3 วัน คือ 5–7 สิงหาคม ระหว่างการถ่ายทอดการแสดงใช้กระบวนการให้ความรู้เรื่องการทำละครแก่คณะผู้เข้าร่วมอบรม โดย อาจารย์ภูดิท ศิริวัฒนกุล อาจารย์ประจำสาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ มหาวิทยาลัยพะเยา จากนั้นผู้ศึกษาได้มีส่วนร่วมในกระบวนการถอดองค์ความรู้และร่วมกระบวนการจัดการเรียนรู้ในการอบรมดังกล่าว ใช้ วรรณกรรมด้านประวัติพระเจ้าตนหลวง การนำประวัติพระเจ้าตนหลวงมาสร้างเป็นแบบฝึกหัดละครซอเพื่อให้ผู้เข้าร่วมอบรมสามารถนำไปแสดงได้หลังจากจบการอบรมดังกล่าว โดยการแสดงครั้งแรก ณ งานมหกรรมดนตรีล้านนาตะวันออกจังหวัดพะเยา ในวันที่ 21 สิงหาคม 2567

1.1.2 อบรมกลองสะบัดชัยและกลองปู่จา 9–11 สิงหาคม 2567 การอบรมกลองปู่จาและกลองสะบัดชัยเกิดจากการดำเนินงานด้านการศึกษาข้อมูลมรดกภูมิปัญญาท้องถิ่น กลองปูจา จังหวัดพะเยา รวมถึงการดำเนินงานการแสดงการตีกลองสะบัดชัยอย่างต่อเนื่องของเครือข่ายประกอบด้วย ชมรมข่วงศิลป์ มหาวิทยาลัยพะเยา โรงเรียนฟากกว๊านวิทยาคม โรงเรียนบ้านปิน โรงเรียนเทศบาล 3 หล่ายอิงราษฎร์อุปถัมภ์ กลุ่มบัวรวงศ์ กลุ่มเยาวชนวีดต๋ำม่อน โดยวิทยากรในกาถ่ายทอดแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มกลองสะบัดชัย โดยผู้ศึกษาและคณะวิทยากร กลุ่มกลองสะบัดชัยได้แก่กลองสะบัดชัยทำนองหล่ายกว๊าน ครูศักดา สีทา วิทยากรผู้ถอดองค์ความรู้และผู้ถ่ายทอดองค์ความรู้ วิทยากรกลองจากกลุ่มฆ้องกลอง วัดพระธาตุสบแวน อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา ประกอบด้วย พ่อครูอำพล พวงมะลิ พ่อครูสุบิน กองมงคล พ่อครูประเทือง กองมงคล และกลองปูจาทำนองจังหวัดพะเยาที่ได้จากการรวบรวมองค์ความรู้การตีกลองปูจาในจังหวัดพะเยา ทำการถ่ายทอดองค์ความรู้ดังกล่าวใน วันที่ 9 – 10 ตุลาคม 2567 ทั้งนี้มีกลุ่มเครือข่ายให้ความสนใจเพิ่มเติม คือ โรงเรียนดอกคำใต้วิทยาคม โรงเรียนบ้านดอกบัว โรงเรียนห้วยบง โรงเรียนขุนควรวิทยาคม รวมผู้เข้าร่วมโครงการทั้งสิ้น 170 คน

การจัดอบรมดังกล่าว มีกระบวนการ คือ การถอดองค์ความรู้จากปราชญ์ท้องถิ่นทำนองกลองปู่จาหลายกว๊าน โดยครูศักดา สีทา ซึ่งได้รับความสนใจทางโลกออนไลน์และการนำทำนองเพลงาถ่ายทอดให้กับผู้เข้าร่วมอบรม จากนั้น ครูประวิทย์ ยาศรี และคณะครูนาฏศิลป์จากโรงเรียนหากกว๊านวิทยาคม โรงเรียนดอกคำใต้วิทยาคม โรงเรียนภูกามยาววิทยาคม ร่วมกันออกแบบท่าฟ้อนกลองปูจา และท่าฟ้อนกลองสะบัดชัย ในด้านการเรียบเรียงเสียงประสานกลองปูจาและกลองสะบัดชัยครธวิทยากร ครูผู้ควบคุมการแสดงร่วมกันออกแบบและเรียบเรียงเสียงรวมถึงการแสดง

1.1.3 การแสดงในงานมหกรรมดนตรี การจัดกิจกรรมเผยแพร่องค์ความรู้ด้านศิลปะการดนตรีอัตลักษณ์ท้องถิ่นจังหวัดพะเยาโดยดำเนินการถ่ายทำวีดิโอองค์ความรู้ด้านดนตรีของจังหวัดพะเยาพร้อมเผยแพร่ประชาสัมพันธ์สู่สาธารณชนเพื่อสร้างการรับรู้ในระดับวงกว้าง การจัดงานมหกรรมดนตรีท้องถิ่นล้านนาจังหวัดพะเยาภายใต้แนวคิดคีตศิลป์ ถิ่นพะเยา นำแห่งขุนเขาและสายน้ำอิง ดำเนินการจัดกิจกรรม วันที่ 21 สิงหาคม

2567 ระหว่างเวลา 09.00 ถึง 21.00 ณ ห้างแม็คโครสาขาพะเยา อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา ภายในงานมีกิจกรรมต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) นิทรรศการการเผยแพร่ม มหกรรมดนตรีท้องถิ่นล้านนาจังหวัดพะเยาโดยปราชญ์ภูมิปัญญาทางด้านดนตรี และฐานการเรียนรู้ดนตรีพื้นบ้านล้านนาเช่น สะล้อ ซอ ซึง ฐานปี่พาทย์ล้านนา ฐานการขับซอล้านนา

2) กิจกรรมเสวนาเรื่องดนตรีล้านนาตะวันออกของแต่ละจังหวัดในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน2 โดยผู้ทรงคุณวุฒิและปราชญ์ภูมิปัญญาทางด้านดนตรีในจังหวัดพะเยาเชียงใหม่และกลุ่มจังหวัดล้านนาตะวันออก

3)การแสดงดนตรีท้องถิ่นล้านนาจังหวัดพะเยาเช่นวงสะล้อซอซึง วงปี่พาทย์ล้านนา การขับลื้ออำเภอเชียงคำ ดนตรีชาติพันธ์ วงโปงลาง ภูไทบ้านจำไก่ การแสดงอังกะลุง

4) การแสดงศิลปวัฒนธรรมจาก เครือข่ายชุมชนและกลุ่มเยาวชนในจังหวัดพะเยา

5)การแสดงและจำหน่ายสินค้าทางวัฒนธรรมและของดีจังหวัดพะเยาเป็นการสร้างรายได้ได้ให้กับเครือข่ายทางวัฒนธรรมชุมชนคุณธรรมและผู้ประกอบการในจังหวัดพะเยา 20 ร้านค้ามีการจำหน่ายสินค้าสอง วันคือวันที่ 20 และ 21 สิงหาคม 2567 สร้างรายได้มากกว่า 136,000 บาท

6)การแข่งขันตีกลองปู่จาการแข่งขันตีกลองสะบัดชัยชิงเงินรางวัลและโล่กิตติคุณ การแข่งขันตีกลองปูจามีผู้เข้าร่วมแข่งขัน 10 คณะ ผลการแข่งขันดังนี้ ชนะเลิศโรงเรียนขุนควรวิทยาคม รองชนะเลิศอันดับที่1 บัวระวงรองชนะเลิศอันดับที่2 ข่วงสิงห์มหาวิทยาลัยพะเยา รางวัลชมเชยได้แก่ 1. ชมรมรักษ์วัฒนธรรมล้านนาโรงเรียนบ้านปิน 2.ศิลปะการแสดงโรงเรียนฟากกว๊านวิทยาคม 3. กลุ่มเยาวชนวัดต๋ำม่อน 4.โรงเรียนเทศบาลสารหล่ายอิงค์ราษฎร์บำรุง 5.โรงเรียนบ้านเวียงลอ 6.โรงเรียนดอกคำใต้วิทยาคม 7.กลุ่มของกล้องวัดพระธาตุสบแวนอำเภอเชียงคำ

7)การแข่งขันตีกลองสะบัดชัยมีผู้เข้าร่วมแข่งขัน 10 คณะผลการแข่งขันดังนี้ รางวัลชนะเลิศกลุ่มเยาวชนวัดต๋ำม่อน รองชนะเลิศอันดับที่1 โรงเรียนขุนควรวิทยาคม ชนะเลิศอันดับที่2 โรงเรียนดอกคำใต้วิทยาคม รางวัลชมเชยได้แก่ 1.ชมรมรักษ์วัฒนธรรมล้านนาโรงเรียนบ้านปิน 2.บัวรวงศ์ 3.ชมรมดนตรีกวีศิลป์ 4.โรงเรียนบ้านห้วยบง 5.ดอกบัวบาน 6.ชมรมข่วงศิลป์ มหาวิทยาลัยพะเยา 7.โรงเรียนเทศบาล 3หล่ายอิงค์ราษฎร์บำรุง 8.ศิลปะการแสดงโรงเรียนฟากกว๊านวิทยาคม

จากการดำเนินการจัดงานสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการ จัดงานได้อย่างสัมฤทธิ์ผล คือ 1.เกิดการสนับสนุนส่งเสริมเผยแพร่ศิลปวัฒนธรรมขนบธรรมเนียมประเพณีและภูมิปัญญาท้องถิ่นของจังหวัดพะเยาด้านดนตรีและการแสดงพื้นบ้าน 2.คือการพัฒนาเครือข่ายศิลปินในจังหวัดพะเยาให้เกิดความภาคภูมิใจในศิลปะการแสดงและสร้างสรรค์สืบทอดถ่ายทอดภูมิปัญญาด้านการแสดงให้กับกลุ่มคนรุ่นต่อไป 3.เกิดการสร้างกลุ่มคนรุ่นใหม่ให้มีความรักและส่งเสริมพัฒนาตนเองในการเล่นดนตรีในทุกประเภททุกระดับซึ่งสามารถชี้วัดได้จากกลุ่มเป้าหมายที่เพิ่มขึ้นจากเดิมที่กำหนดไว้ทั้งกิจกรรมอบรมถ่ายทอดศิลปะการดนตรีการอบรมขับซอที่กำหนดกลุ่มเป้าหมาย 40 คน เพิ่มขึ้นเป็น 61 คน การอบรมตีกลองสะบัดชัยและการอบรมตีกลองปู่จากำหนดกลุ่มเป้าหมายไว้ 100 คนเพิ่มขึ้นเป็น 170 คน 4.การจัดงานมหกรรมดนตรีท้องถิ่นล้านนาจังหวัดพะเยายังเป็นการเสริมสร้างภาพลักษณ์ของกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 ให้เป็นที่ยอมรับและสร้างแรงดึงดูดใจในการมาเยี่ยมเยือนสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มทางการท่องเที่ยวต่อไปในอนาคตหากมีการดำเนินการจัดเป็นประจำทุกปี ทั้งนี้จากการสำรวจตลอดทั้งวันพบว่ามีผู้เข้าร่วมงานมากกว่า 600 คนโดยมีผู้รับชมมหกรรมดนตรีพื้นที่จังหวัดพะเยาผ่านการไลฟ์สดทาง

เฟซบุ๊ก 580 คนจังหวัดพะเยาโดยสำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดพะเยาจึงส่งเสริมสืบสานภูมิปัญญาด้านดนตรีท้องถิ่นแต่พัฒนาอย่างสร้างสรรค์เพื่อธำรงรักษาไว้ซึ่งวัฒนธรรมท้องถิ่นให้คงอยู่อย่างยั่งยืนและมั่นคงตลอดไป (สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดพะเยา, 2567, หน้า 3 – 12)



รูปที่ 1 : เครือข่ายกลองและศิลปะการแสดงล้านนาจังหวัดพะเยา

ที่มา : สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดพะเยา

2. ผลศึกษากระบวนการมีส่วนร่วมในการสร้างสรรค์การแสดง “ชัยยะเภรี ศรีภูกามยาว” จังหวัดพะเยา

2.1 การแสดงกลองชัยยะเภรีศรีล้านนา เกิดจากการรวมองค์ความรู้ทางด้านกลองปู่จา ประกอบด้วยกลองปู่จาทำนองหล่ายกว๊าน “กลองปู่จาทำนองหล่ายกว๊านเป็นกลองปู่จาที่ใกล้สูญหายของพ่อสล่าไหล่ บุญถา บ้านแม่นาเรือ ที่มีทำนองมาจากคนบ้านงิ้ว อำเภอเมือง พะเยา จึงได้ไปถอดองค์ความรู้จากพ่อสล่าไหล่เพื่อนำมาใช้ในการถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับนักเรียนและผู้เข้าร่วมโครงการ” (ศักดา สีทา, 2567) ทำนองกลองไทลื้อ “กลองปู่จาทำนองไทลื้อประกอบด้วยทำนองปู่จา และทำนองสะบัดชัย มีเอกลักษณ์ทางทำนองและการตีฉาบที่เวลาตีสายตาต้องมองบนท้องฟ้าเพื่อเป็นการบูชาเทวดา” (สุบิน กองมงคล, 2567) ทางด้านการจัดรูปแบบการแสดงกลองไทลื้อพบว่า ควรมีการปรับขบวนด้วยการแห่ขันครูหรือไม้กลองออกมาเพื่อเป็นการแสดงออกในการบูชาครูอาจารย์และสร้างรูปแบบการนำเสนอให้มีความน่าสนใจซึ่งการแสดงครั้งนี้สามารถนำรูปแบบดังกล่าวไปปรับใช้ในการจัดกระบวนฟ้อนได้ (อำพล พวงมะลิ,ประทีอง กองมงคล, 2567)

แนวคิด กลองแห่งชัยชนะในจังหวัดพะเยาและล้านนา

แรงบันดาลใจ การพัฒนา ยกระดับ เพิ่มมูลค่าองค์ความรู้ความสามารถของปราชญ์ท้องถิ่น ผ่านการดำเนินโครงการอละกิจกรรมทางวัฒนธรรมจังหวัดพะเยา

องค์ประกอบการแสดง ฟ้อนกลองปูจา ฟ้อนกลองสะบัดชัย กลองสะบัดชัย จำนวน 9 ใบ กลองปูจาจำนวน 2 ใบ

กระบวนการทำงาน แบ่งฝ่ายงานของคณะครูในการร่วมดำเนินงาน ดูแลการฝึกซ้อม เสื้อผ้า เครื่องแต่งกาย

การแสดง

เกิดจากการช่วยเหลือ และการออกความคิด ในการแสดง รวมถึงเกิดจากการศึกษาทำนองกลองในพื้นถิ่นของวิทยากรแล้วนำมาถ่ายทอด ให้กับผู้เข้าร่วมอบรม เพื่อร่วมกันสร้างสรรค์ การแสดง “ชัยยะเภรี ศรีล้านนา” การแสดงแบ่งออกเป็น 6 ช่วงการแสดง ดังนี้

ช่วงที่ 1 เป็นการแห่ขบวนขันครู และไม้กลองปูจา เพื่อเป็นสัญลักษณ์ถึงการแสดงความเคารพ แสดงออกถึงความกตัญญูกตเวที ต่อครูอาจารย์ ผู้ถ่ายทอดการแสดงดังกล่าว ให้กับนักแสดง โดยได้รับคำแนะนำจากพ่อครูแม่ครู คณะฆ้องกลองวัดพระธาตุสบแวน อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา

ในการแห่ขบวนดังกล่าวเป็นการแห่ประกอบดนตรีและการจ๊อย ประกอบสะล้อ ในการจ๊อยดังกล่าวได้แต่งบทขึ้นโดย นายสุริยา วงศ์จุมปู และบรรเลงสะล้อ โดยนายวีระวัฒน์ กิ่งแก้ว เป็นบทจ๊อกล่าวถึงการแสดงกลองชุดชัยยะเภรี ศรีล้านนา ที่แสดงออกถึงความเป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดพะเยาและการร่วมมือของเครือข่ายในการดำเนินงาน (สุริยา วงศ์จุมปู, 2567)

ช่วงที่ 2 เป็นการเบิกโรง หรือ ทักหน้ากลอง ด้วยการตีกลองรัวพร้อมกัน จำนวน 3 รอบ รอบละ 9 ครั้ง ในการตีดังกล่าว ให้นักแสดง ยกมือ สอง ข้างขึ้นเหนือศีรษะ ตีข้างซ้ายเป็นลำดับแรก สลับกับข้างขวา ตีรัวให้เร็วขึ้น จำนวน 9 ครั้ง จากนั้น ตีกลองปู่จา ในจังหวะทักหน้ากลอง

ช่วงที่ 3 ตีกลองปู่จา ใน ทำนองกลองไทลื้อ พร้อมกับการหล่อฉากแบบไทลื้อ ต่อด้วยการตีกลองปูจาทำนองหล่ายกว่าน ประกอบการฟ้อนกลองปูจา เมื่อจบแล้ว รับด้วยกลองสะบัดชัย จำนวน 9 ใบ และช่างฟ้อน ประกอบกลองสะบัดชัย ออกมาทำการแสดงต่อเนื่อง จากการฟ้อนกลองปูจา

ในช่วงการแสดงนี้ครูฝ่ายช่างฟ้อนได้ร่วมกันออกแบบท่าฟ้อนนำโดยครูประวิทย์ ยาศรี ครูรัญชน์ธร ตุ่นคำ ครูสุขศรี ปัญญา และครูโรงเรียนภูกามยาววิทยาคมที่ร่วมในการสร้างกระบวนท่าฟ้อน รูปแบบการฟ้อนดังกล่าวเป็นการฟ้อนบูชาแสดงออกถึงการบูชาพระพุทธพระธรรมพระสงฆ์ ด้วยประทีปแห่งแสงสว่าง จากนั้นเป็นการฟ้อนกลองสะบัดชัยจากครูรัญชน์ธร ตุ่นคำ ต่อจากการฟ้อนปูจา (ประวิทย์ ยาศรี, 2567)



รูปที่ 2 ฟ้อนกลองปูจา

ที่มา : สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดพะเยา

ช่วงที่ 4 เมื่อฟ้อนกลองสะบัดชัยจบแล้ว ทำการตีกลองสะบัดชัย ออกอาวุธ ประกอบด้วย ถ้าหัวหน้า ถ้าศอกกลับ ถ้าศอกเดี่ยว ถ้าจระเข้ฟาดหาง ค่าหัวข้าง ท่ารวม ในกระบวนการตีกลองสะบัดชัย ว่าจบในกระบวนท่าหัวหน้าเสร็จแล้ว ให้ฉาบออกมาทำการแสดงล้อฉาบ ซึ่งจากปิดท้ายกระบวนท่าล้อฉาบดังกล่าว ด้วยการต่อตัวในลักษณะ 2 ชั้น

ช่วงที่ 5 เมื่อจบในจังหวะ กลองสะบัดชัยแล้ว กลองปูจารับ ในจังหวะที่ สอง ด้วยทำนองสะบัดชัย แต่เร่งจังหวะให้มีความเร็วขึ้น กว่ากลองสะบัดชัย ในช่วงนี้เอง เป็นการโชว์ความ สามารถ และทักษะ ของการตีกลองปูจา

ช่วงที่ 6 เป็น เป็นการแสดงร่วม ระหว่างกลองปูจาและกลองสะบัดชัย ในจังหวะ ที่มีความรวดเร็วและฮึกเหิม เพื่อต้องการแสดงความ 3 ารถและความคล่องตัวของนักแสดงตีกลองสะบัดชัย รวมถึงต้องการให้เกิดความ ฮึกเหิม ในการแสดงดังกล่าว

2.2 กระบวนการมีส่วนร่วม

2.2.1 การประชุม การดำเนินงานดังกล่าวสำนักงัฒนธรรมจังหวัดพะเยาได้ดำเนินการให้จัดการประชุมในการหารือรูปแบบของการอบรม ละกำหนดวิทยากรในการให้ความรู้ทั้งการขับซอและการอบรมกลองปูจา กลองสะบัดชัย เมื่อวันที่ เมื่อเสร็จสิ้นการดำเนินงานแล้วจัดให้มีการประชุมเพื่อสรุปผลการดำเนินงานต่อจังหวัดพะเยา เมื่อวันที่2. การดำเนินงาน แบ่งเป็น

2.2.2 กิจกรรม คือการดำเนินงานในรูปแบบของการอบรม และการดำเนินงาน ในงานมหกรรม ดนตรีล้านนาตะวันออก จังหวัดพะเยา เครือข่ายในการเข้าร่วมโครงการดังกล่าว ร่วมกันในการถ่ายทอดองค์ความรู้ และรับองค์ความรู้ จากวิทยากรภายในกลุ่มและปราชญ์ท้องถิ่น ที่เป็นวิทยากรให้กับ ผู้เข้าร่วมโครงการ

2.2.3 ในการประเมินผล นำผลผลิตจากการอบรมทั้งการขับซอ และการตีกลองปูจาและกลองสะบัดชัย ไปแสดงในงานมหกรรม ดนตรีล้านนาตะวันออก จังหวัดพะเยา

2.2.4 การประกวด ทางด้านการตีกลองปูจาและกลองสะบัดชัย เป็นการติดตามผลการดำเนินงาน และการประกวด ยังเป็นตัวประเมิน ประสิทธิภาพ คุณภาพ ในการฝึกซ้อม องค์ความรู้ที่ได้รับจากการอบรม

2.2.5 การนำความรู้ไปใช้ในการออกงาน ของแต่ละเครือข่าย ทำให้เกิด การสร้างรายได้และประโยชน์ กับผู้เข้าร่วมโครงการ ทั้ง 170 คน

2.2.2 กระบวนการการออกแบบการอบรม

ภายใต้การดำเนินงานของคณะกรรมการที่ร่วมกัน เพื่อออกแบบการอบรม ละครซอ หรือการขับซอ และการอบรมการตีกลองปูจาและกลองสะบัดชัย มีการออกแบบในการอบรมดังนี้

1) การออกแบบการขับซอ ผู้ดำเนินงานคือสำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดพะเยา ได้หารือ กับเครือข่าย ชมรมคับสจังหวัดพะเยา ในการอบรมดังกล่าว โดยมุ่ง มุ่งประเด็นในการพัฒนาคณะขับซอ เพื่อสร้างให้เป็น เครือข่ายในการ แสดงละครซอ จึงได้หารือกับผู้ศึกษา และ ประธานชมรมขับซอ รวมถึงศิลปิน ในจังหวัดพะเยา จึงได้ออกแบบการอบรมการขับซอ โดยเชิญวิทยากร ที่มีความเชี่ยวชาญในการถ่ายทอดการแสดงละครซอจากจังหวัดเชียงใหม่ คือแม่ครูบัวชุม อินถา และวิทยากรอาวุโส ในจังหวัดพะเยา โดยผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาแบบมีส่วนร่วม และทำการถอดบทเรียน จากวิทยากร ในการดำเนินการอบรมดังกล่าว

2) การออกแบบ การอบรม ตีกลองปู่จาและกลองสะบัดชัย สำนักงานวัฒนธรรม ได้หารือกับผู้ศึกษา พระครูปลัดสุวัฒนจริยคุณ พระโสุวัฒน์สังฆโสภณ เพื่อดำเนินการออกแบบการอบรม

การตีกลองดังกล่าว เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับ พระพุทธศาสนา ประเพณี และการละเล่นพื้นบ้านล้านนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวัดพะเยา ที่มีเครือข่ายการตีกลองปู่จา และการแสดงทางวัฒนธรรมที่เข้มแข็ง ภายในจังหวัดพะเยา ร่วมกันเป็นวิทยากรถ่ายทอด และสร้างองค์ความรู้ ให้กับกลุ่มเยาวชน ในการเข้าร่วมอบรมดังกล่าว ตั้งกรมเป้าหมายผู้เข้าร่วมโครงการ 100 คน และมีผู้เข้าร่วมโครงการทั้งสิ้น 170 คน จำนวน 10 เครือข่าย

3) เมื่อคณะทำงาน แต่ออกแบบการอบรมเรียบร้อยแล้ว จึงทำการ เชิญกลุ่มเครือข่าย การขับซอ และเครือข่ายกองในจังหวัดพะเยาร่วมกัน วางแผน และชี้แจง การอบรม รวมถึงค่าใช้จ่ายสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการ วันเวลา และสถานที่ รวมถึงขั้นตอนการดำเนินงาน ของทั้ง สอง โครงการ

4) เมื่อเสร็จสิ้นการอบรมทั้ง สอง โครงการกล่าวแล้ว ผู้ศึกษาและคณะทำงานเล็งเห็นคุณค่า ของการอบรม ว่าจะต้อง สร้างเวที หรือพื้นที่สำหรับการแสดง ซึ่งกิจกรรมถัดจากการอบรมนั้น เป็นการจัดงานมกรรม ทางด้านดนตรี จึงได้นำเอาผลผลิต ของการอบรมทั้ง สอง ไปแสดงในงานดังกล่าว โดยการแสดงละครซอ ใช้แนวคิด เรื่อง ประวัติพระเจ้าตนหลวง นำไปแสดง ในวันงาน ส่วนการอบรมกล่อง นำไปแสดงในพิธีเปิดงาน รวมถึงการประกวดการตีกลองปูจา และกลองสะบัดชัย



รูปภาพที่ 3 การแสดง “ชัยยะเภรี ศรีล้านนา”
สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดพะเยา

สรุปผลและอธิปรายผล

กระบวนการมีส่วนร่วมในการสร้างสรรค์การแสดง “ชัยยะเภรี ศรีภูกามยาว” จังหวัดพะเยา เกิดจากการดำเนินงานอย่างมีส่วนร่วมระหว่างหน่วยงานภาครัฐ คือ สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดพะเยา จังหวัดพะเยา และกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 กับ เครือข่ายทางวัฒนธรรมในจังหวัดพะเยา ได้แก่เครือข่ายกลองล้านนา และสมาคมกลองและศิลปะการแสดงพื้นบ้านล้านนา จำนวน 10 เครือข่าย เครือข่ายการแสดงขับซอและสมาคมซอ จำนวน 6 คณะ ร่วมกันอบรม และนำองค์ความรู้ไปแสดงในงานมหกรรมดนตรีล้านนาตะวันออกจังหวัดพะเยา

อภิปรายผล

การดำเนินงานเครือข่ายของเครือข่ายกลองและศิลปะการแสดงล้านนาในจังหวัดพะเยา ในแนวคิดเครือข่ายในการดำเนินงาน ซึ่งปรากฏดังนี้ เริ่มต้นจากการดำเนินงานวิจัยและร่วมกันของเครือข่ายในจังหวัดพะเยาและสร้างกิจกรรมทำงานร่วมกันเพื่อประชาสัมพันธ์ให้เครือข่ายต่างๆเข้าร่วม สอดคล้องกับขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการแสวงหา ในการดำเนินงานต่างๆ เครือข่ายร่วมกันสร้างบทบาทให้กับสมาชิกในการทำงานแต่ละครั้ง เช่น ทำหน้าที่คุมการใกซ้อม ทำหน้าที่เป็นวิทยากร ให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วง สอดคล้องกับ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นยุทธศาสตร์การรณรงค์ ในการดำเนินงานและกิจกรรมร่วมกันในการกำหนดรูปแบบงาน แบ่งบทบาทหน้าที่ พัฒนาจุดด้อย ร่วมกันในการออกความคิดเห็ด เมื่องานเสร็จขอบคุณผ่านทั้งในกลุ่มและสื่อออนไลน์ สอดต้องกับขั้นที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน จากนั้นสมาชิกเครือข่ายร่วมกันเสียสละแรงกายสติปัญญา ทรัพยากร เพื่อพัฒนาระบบการทำงานให้คงอยู่สอดคล้องกับขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการพัฒนาเครือข่าย

ด้านกระบวนการมีส่วนร่วมการแสดง “ชัยยะเภรี ศรีภูกามยาว” จังหวัดพะเยา โดยใช้แนวคิดการมีส่วนร่วมของประชาชน (People’s participation approach) เครือข่ายเริ่มต้นจากการประชาสัมพันธ์ให้ข้อมูลการรับรู้ของเครือข่ายเดิมที่มีอยู่และประชาสัมพันธ์ให้กับเครือข่ายใหม่ในการเข้าร่วมการอบรมและงานแสดง เพื่อเป็นการสร้างการรับรู้ให้กับกลลุ่มเครือข่ายหลัก สอดคล้องกับระดับการร่วมรับรู้ จากนั้นทำการร่วมกันแสดงความคิดเห็น ของเครือข่ายต่างๆ ในการดำเนินงาน ระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานสำนักงานวัฒนธรรม ร่วมกับเครือข่าย สร้างกระบวนการในการทำงาน สอดคล้องกับระดับร่วมคิด เพื่อทำการจัดหาสถานที่ในการดำเนินโครงการ รูปแบบการอบรม ผู้จัดโครงการปรึกษาและตั้งกรรมการดำเนินโครงการและติดตามการดำเนินงาน สอดคล้องกับระดับร่วมพิจารณา จนกระทั่งเข้าสู่การดำเนินงาน โดยการคดเลือกวิทยากร การแบ่งฝ่ายการดำเนินงาน กลุ่มวิทยากร กลุ่มอาจารย์ผู้สร้างสรรค์ผลงานทางด้านการแสดงกลองสะบัดชัย กลองปู่จาในรูปแบบของท้องถิ่นชุมชนหล่ายกว๊านชุมชนไทลื้อ กลุ่มกลองของจังหวัด ร่วมกันเสนอความคิดเห็น ฝึกซ้อม และดำเนินงานออกแบบการแสดงตามคำแนะนำ การทดลอง การออกแบบการแสดงในส่วนต่างๆ บนพื้นฐานองค์ความรู้ด้านกลองปูจา กลองสะบัดชัย ฟ้อนจากกลุ่มนักวิชาการและปราชย์ท้องถิ่นทั้ง 6 ท่าน ร่วมกันพิจารณาให้เป็นเอกภาพสอดคล้องกับระดับการร่วมดำเนินการ เมื่อทำการสร้างการแสดงเสร็จแล้วจึงแบ่งหน้าที่ในการฝึกซ้อม ดำเนินงาน และการแต่งกายแต่งหน้าทำผม การอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ฝึกซ้อม แต่งกาย และความคืบหน้าของการฝึกฝนรวมถึงความพร้อมแต่ละฝ่ายงาน สอดคล้องกับระดับการติดตาม ทำการแสดงและนำเสนอผลงานร่วมกันทุกเครือข่ายและหน้าที่ รวมถึงเข้าร่วมประกวดการตีกลองปู่จาและสะบัดชัยเพื่อนำเสนอผลงาน รับรางวัลการดำเนินงาน มีความสอดคล้องกับการรับผลประโยชน์ที่สร้างความพึงพอใจให้กับคณะทำงานของเครือข่าย

ข้อค้นพบ

ผลการศึกษากระบวนการสร้างสรรค์อย่างมีส่วนร่วม ก่อให้เกิดการเพิ่มจำนวนเครือข่ายกลองล้านนาในจังหวัดพะเยา จากเดิมจำนวน 6 เครือข่าย เป็น 10 เครือข่าย เกิดการกระตุ้นให้เครือข่ายให้คุณค่าของกระบวนการศึกษาองค์ความรู้จากท้องถิ่นนำมาถ่ายทอดให้กับผู้เข้าร่วมโครงการครั้งนี้ เกิดนวัตกรชุมชนด้านการศึกษาความรู้และถ่ายทอด คือ ครูศักดา สีทา รวมถึงทำให้สมาชิกเครือข่ายทางด้านนาฏศิลป์เกิดการกระตุ้นในการสร้างสรรค์ผลงานในรูปแบบการมีส่วนร่วมของเครือข่ายด้านนาฏศิลป์เพื่อประกอบการแสดงสร้างสรรค์อย่างมีส่วนร่วมนำโดยครูประวิทย์ ยาศรี และคณะครูจากโรงเรียนฟากกว๊านวิทยาคม โรงเรียนดอกคำใต้วิทยาคม โรงเรียนภูกามยาววิทยาคม ปราชญ์ท้องถิ่นทางด้านกลองปู่จาไทลื้อโดยพ่อครูประเทือง กองมงคล พ่อครูอำพลพวงมะลิ พ่อครูสุบิน กองมองคล ได้นำเสนอแนวคิดการแสดงและนำองค์ความรู้มาร่วมแสดงในงานดังกล่าว “กระบวนการในการสร้างสรรค์อย่างมีส่วนร่วม” จึงมีความสำคัญทางด้านคุณค่า ด้านการสร้างองค์ความรู้และพัฒนาในทุกมิติของศิลปิน สามารถนำไปใช้ในการแสดงรูปแบบต่างๆ ได้โดยเฉพาะการออกแบบการแสดงของเครือข่ายการแสดงพื้นบ้านร่วมสมัยในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดพะเยา พระครูปลัดสุวัฒนจริยคุณ ดร. อาจารย์สนั่น ธรรมธิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องอาจ อินทนิเวศน์ อาจารย์ ดร.พิพัฒพงษ์ มาศิริ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิดอนลาว สิบเอกไพรินทร์ กาไวย์ นายธนวัฒน์ ราชวัง นายกสมาคมกลองและศิลปะการแสดงล้านนา กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 จังหวัดพะเยา เครือข่ายกลองและศิลปะการแสดงล้านนาจังหวัดพะเยา ทุกเครือข่าย และทุกท่านที่มีคุณูปการ

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2. (2567). **ผลการพิจารณแผนปฏิบัติราชการประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 ของกลุ่มจังหวัด.** แพร่: กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2, หน้า 3

ประเทือง กองมงคล อำพล พวงมะลิ. (11 สิงหาคม 2567). การแสดงกลองปู่จาไทลื้อ. (รัตนะ ตาแปง, ผู้สัมภาษณ์)

ประวิทย์ ยาศรี. (10 สิงหาคม 2567). ฟ้อนกลองปูจา. (รัตนะ ตาแปง, ผู้สัมภาษณ์)

พัชรินทร์ สิรสุนทร. (2556). **แนวคิด ทฤษฎี เทคนิค และการประยุกต์เพื่อการพัฒนาสังคม.** กรุงเพทพ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 406 – 410.

วชิรวัชร งามละม่อม. (3 กุมภาพันธ์ 2559). **ทฤษฎีการมีส่วนร่วม.** เรียกใช้เมื่อ 14 ตุลาคม 2567 จาก Media Learning of Public Administration: https://learningofpublic.blogspot.com/2016/02/blog-post_79.html

ศักดา สีทา. (9 สิงหาคม 2567). **กลองปู่จาทำนองหล่ายกว๊าน.** (รัตนะ ตาแปง, ผู้สัมภาษณ์)

สนั่น ธรรมธิ. (2542). **กลองปูจา กลองสะบัดชัย สารานุกรมวัฒนธรรมไทย (เล่มที่ 1).** กรุงเทพมหานคร: ธนาคารไทยพาณิชย์, หน้า 78-82.

สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดพะเยา. (18 สิงหาคม 2567). **คีตศิลป์ถิ่นพะเยาลำนำแห่งขุนเขาและสายน้ำอิง.** VTR มหกรรมดนตรีพะเยา. พะเยา, พะเยา, ไทย. เข้าถึงได้จาก https://www.youtube.com/watch?v=zAI1_Vm_1yc

สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดพะเยา. (18 กันยายน 2567). **มหกรรมดนตรีพื้นถิ่นล้านนาตะวันออก.** เข้าถึงได้จาก มหกรรมดนตรีพื้นถิ่นล้านนาตะวันออก: https://www.facebook.com/lannamusicphayao/videos/1251653136194576/

สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดพะเยา. (10 กันยายน 2567). **สรุปรายงานผลการดำเนินโครงการ มหกรรมดนตรีล้านนาตะวันออกจังหวัดพะเยา.** พะเยา, พะเยา, ไทย, หน้า 3 – 12.

สุจิตรา ยางนอก. (14 คตุลาคม 2567). **เอกสารประกอบการสอนรายวิชาการเรียนรู้กับการพัฒนาสังคม (รหัส 2534503) เครือข่าย : ฐานคิดและความหมาย.**
เข้าถึงได้จาก bru.ac.th: http://blog.bru.ac.th/wp-content/uploads/bp-attachments/11273/%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88-1-%E0%B8%90%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%84%E0%B8%B4%E0%B8%94%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%A2.pdf

สุบิน กองมงคล. (10 สิงหาคม 2567). **การตีฉาบกลองปูจาไทลื้อ.** (รัตนะ ตาแปง, ผู้สัมภาษณ์)

สุริยา วงศ์จุมปู. (7 สิงหาคม 2567). **จ๊อยการแสดงชัยยะเภรี ศรีล้านนา.** (รัตนะ ตาแปง, ผู้สัมภาษณ์)

ฟ้อนเชิง กรณีศึกษาการนำการแสดงพื้นบ้านสู่กระบวนการสอบรำเดี่ยวมาตรฐาน

Fon Cherng: A case study of adapting traditional performances into the solo dance standard examination process

คเณศิลป์ ศรีจันทร์[1*], รัตนะ ตาแปง[2], นุชนาฏ ดีเจริญ[3] และ ธนันยวรรณ ศรีทรัพโยทัย[4]
Khanesin Srijan[1*], Rattana Tapang[2], Nutchanart Deechareon[3] and Thananyawan Srisapphayothai[4]

บทคัดย่อ

ฟ้อนเชิง กรณีศึกษาการนำการ แสดงพื้นบ้านสู่กระบวนการสอบรำเดี่ยวมาตรฐาน เป็นการศึกษาในรายวิชาศิลปนิพนธ์ของหลักสูตรศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ ประจำปีการศึกษา 2567 โดยศึกษาการฟ้อนเชิงสายสกุลช่างฟ้อนแม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ ศิลปินแห่งชาติ 1)เพื่อศึกษาประวัติความเป็นมา รูปแบบการแสดง 2)เพื่อศึกษา ฟ้อนเชิง กรณีศึกษาการนำการ แสดงพื้นบ้านสู่กระบวนการสอบรำเดี่ยวมาตรฐาน ผู้ศึกษา ได้ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร และการลงพื้นที่ภาคสนาม นำเสนอรูปแบบพรรณนา อภิปรายข้อมูลโดยใช้คติชนทางวิทยา และทฤษฎีโครงสร้างหน้าที่นิยม

ผลการศึกษาพบว่า 1)การศึกษาด้านประวัติความเป็นมาและรูปแบบการแสดง แม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ ศิลปินแห่งชาติ ได้รับการถ่ายทอดการฟ้อนเชิงมาจากบิดา คือพ่อครูกุย สุภาวสิทธิ์ และได้ทำการถ่ายทอด การฟ้อนดังกล่าวให้กับลูกศิษย์ รวมถึงกลุ่มลูกศิษย์ในสถาบันการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ และชมรมช่วงศิลป์ มหาวิทยาลัยพะเยา ในรูปแบบการแสดง ประกอบด้วยการฟ้อนเชิง ฟ้อนดาบ และการฟ้อนดาบต่อสู้ ใช้เครื่องดนตรีคือวงกลองสิ้งม้อง 2) การศึกษา ฟ้อนเชิง ได้ทำการนำเสนอหัวข้อ การรำเดี่ยว เมื่อได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการแล้วจึงดำเนินการ ศึกษาข้อมูล จากแม่ครูและอาจารย์ที่ปรึกษา รวมถึงการนำเสนอต่อคณะกรรมการ พบว่า การฟ้อนเชิงดังกล่าว เป็นการแสดงพื้นบ้านล้านนา ในการรำเดี่ยวของหลักสูตร เป็นครั้งแรก ผู้ศึกษา จะต้องทำการวางแผน และสร้างกระบวนการดังกล่าว ภายใต้การดูแลและให้คำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษาอย่างใกล้ชิด รวมถึงปรึกษาแม่ครูบัวเรียว การแต่งกาย เพลง นำมาปรับปรุง การแสดงดังกล่าว ให้มีความสมบูรณ์ตามผลลัพธ์การเรียนรู้ของหลักสูตร

คำสำคัญ: ฟ้อนเชิง, การแสดง, พื้นบ้าน, กระบวนการสอบรำเดี่ยว, มาตรฐาน

[1]สาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จังหวัดพะเยา 56000
[1]สาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จังหวัดพะเยา 56000
[1]สาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จังหวัดพะเยา 56000
[1]สาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จังหวัดพะเยา 56000
[1] Music and Dance School of Architecture and Fine Arts University of Phayao Phayao, 56000
[2] Music and Dance School of Architecture and Fine Arts University of Phayao Phayao, 56000
[3] Music and Dance School of Architecture and Fine Arts University of Phayao Phayao, 56000
[4] Music and Dance School of Architecture and Fine Arts University of Phayao Phayao, 56000
*Corresponding author : rattana.tap@up.ac.th

Abstract

Fon Cherng: A Case Study of Adapting Traditional Performances into the Solo Dance Standard Examination Process. This study is part of the final thesis course for the Bachelor of Fine Arts program in Music and Performing Arts for the academic year 2024. By studying the **Fon Cherng** dance lineage of Master Bua Riew Rattanamaniporn, National Artist, the objectives are: 1) to study the history and performance style, and 2) to study **Fon Cherng** as a case study for adapting traditional performances into the solo dance standard examination process. The researcher gathered data from documents and conducted fieldwork, then compiled the findings into descriptive writing. The data was analyzed using folkloristics and structural–functional theory.

The study found that: 1) Regarding the history and performance style, Master Bua Riew Rattanamaniporn, inherited the Fon Cherng dance from her father, Phor Kru Kui Suphawasit, and has passed on the dance to her students, including students in academic institutions, particularly the Department of Music and Performing Arts and the Khuang Sin Arts Club at the University of Phayao. The performance consists of Fon Cherng, Fon Dap (sword dance), and Fon Dap Battle Dance, accompanied by Sing Mong. 2) In the case study of adapting Fon Cherng, the researcher presented the topic for solo performance. After being approved by the committee, studied the dance in detail and underwent personal training in Fon Cherng, under the guidance of the master and academic advisors. The performance was presented to the committee within the designated timeframe. It was found that Fon Cherng, as a Lanna traditional performance, was included in the solo dance examination for the first time. This led the researcher to develop a structured plan and process, covering aspects such as instruction, costumes, and music. After receiving feedback, the performance was refined to meet the learning outcomes of the program.

Keywords: Fon Cherng, Performance, Tradition, examination process, Solo dance

บทนำ

นาฏยนิยาม หมายถึง คำอธิบาย คำจำกัดความ ขอบเขต บทบาท และรูปลักษณ์ของนาฏศิลป์ ซึ่งล้วนแสดงความหมายของนาฏศิลป์ที่หลากหลายอันเป็นเครื่องบ่งชี้ว่านาฏยศิลป์มีความสำคัญเกี่ยวกับชีวิตและสังคมเป็นอย่างมากตั้งแต่อดีตกาล (สุรพล วิรุฬห์รักษ์, 2547, หน้า 13)

นาฏศิลป์ หมายถึง การร่ายรำโดยการเคลื่อนไหวไปมา หรือความช่ำชองในการฟ้อนรำ เป็นศิลปะแห่งการเคลื่อนไหวร่างกาย แขน ขา มือ เท้า ด้วยลีลาที่สอดคล้องและกลมกลืน โดยมนุษย์ทุกภาษาต่างก็ได้สร้างสรรค์ สืบทอด ผ่านระยะเวลาอันยาวนาน เกิดเป็นความงดงามที่โดดเด่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว (ฉันทนา เอี่ยมสกุล, 2545, หน้า 10)

รำ คือ การแสดงลีลาของผู้รำ โดยใช้มือแขนเป็นหลักเสริมด้วยใบหน้าและลำตัวอาจจะเป็นนั่งรำ ยืนรำ หรือรำในท่าเคลื่อนไหวครึ่งตัวหรือทั้งตัวก็ได้ ประเภทของการรำ จำแนกตามจำนวนของผู้แสดง ได้แก่ รำเดี่ยว หมายถึง การรำคนเดียว โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อต้องการแสดงศิลปะการร่ายรำ ต้องการสลับฉากเพื่อรอการจัดฉากหรือตัวละครแต่งกายยังไม่เสร็จเรียบร้อย และต้องการเป็นชุดเบิกโรง การรำคู่ หมายถึง รำคู่กัน 2 คน หรืออาจจะมีหลายคู่ก็ได้ แบ่งเป็น 2ประเภท คือ รำคู่ในชุดศิลปะการต่อสู้ไม่มีบทร้อง การรำคู่ในชุดสวยงามจากบทประพันธ์ในวรรณคดี

บางเรื่องบางตอนที่ประดิษฐขึ้นใหม่มีบทร้องและใส่ทำนองเพลง การรำหมู่ รำหลายคนแต่มีความหมายเป็นหนึ่งเดียว การฟ้อนเป็นการแสดงศุลปะของไทยฝ่ายเหนือ ร่ายรำที่ใช้เท้ายำ่เป็นจังหวะพร้อมกันเป็นชุดๆ ไม่ดำเนินเรื่องราว ท่าทางกรีดกรายด้วยมือร่ายรำของฟ้อนบางท่าแม้ไม่มีความหมายนอกจากความสวงาม แต่บางท่ามความหมายตามท่าแลบทร้อง เช่น ฟ้อนเล็บ ฟ้อนเทียน ฟ้อนลาวแพน ฟ้อนบายศรี ฟ้อนม่านมงคลและฟ้อนดาบ (วิมลศรี อุปรมัย, 2553, หน้า49 –79)

การรำเดี่ยว เป็นการรำเพื่ออวดฝีมือและความสามารถในระดับวูง ผู้แสดงจะต้องถ่ายทอดกระบวนการร่ายรำ ลีลา และอารมณ์ออกมาอย่างกลมกลืนและลงตัว เป็นภาพที่งดงามและตราตึงใจที่สำคัญในการแสดงรำเดียวผู้แสดงจะต้องใช้ทักษะความสามารถในการรำ ในขณะเดียวกันก็ต้องเชิญชวนผู้ชมให้ติดตามซึ่งทำได้โดยการใช้อารมความรู้สึกที่ผ่านทางสีหน้าและแววตา ผู้รำจะต้องส่งสายตาและรอยยิ้มไปยังผู้ชมให้ทั่วถึง จึงจะสามารถสะกดผู้ชมให้ติดตามหารำด้วยความสนุกสนานเพลิดเพลิน รำเดี่ยวชุดลงสรงทรงเครื่องแต่งตัว เป็นการรำเพื่ออธิบายถึงเครื่องแต่งกายและเครื่องประดับที่ตัวละครสวมใส่อยู่ การรำเดี่ยวฉุยฉาย เป็นการรำชมโฉมตัวเองด้วยความภาคภูมิใจที่แปลงกายสำเร็จและสวยงามดังใจหมาย (ผุสดี หลิมสกุล, 2546, หน้า 5 – 6)

การแสดงรำเดี่ยว เป็นการแสดงเพื่อ อวดความงาม ตามวัตถุประสงค์ ของการแสดงในแต่ละชุด ดังจะเห็นได้จาก การแสดงรำเดี่ยวตัวนางในละครในเรื่องรามเกียรติ์งานโบราณ ได้แก่ สีดาลุยไฟ เชิดฉิ่งสีดาผูกศอ ฉุยฉายเบญกาย มณโฑหุงน้ำทิพย์ ในการแสดงดังกล่าวมีจุดมุ่งหมายสามารถจำแนกได้ดังนี้ การรำเพื่ออวดความงามของเครื่องแต่งกาย เช่น วิยะดาทรงเครื่อง บุษบาทรงเครื่อง ดรสาแต่งตัว การรำเพื่อแสดงความภาคภูมิใจในความงามของตัวละคร เช่น ฉุยฉายเบญจกาย การรำเพื่อเดินทางจากที่หนึ่งไปยังที่อื่นๆ ได้แก่ เชิดฉิ่งศุภลักษณ์ การรำเพื่อประกอบพิธีสำคัญ เช่น มณโฑหุงน้ำทิพย์ การรำเพื่อประกอบพิธีลาตายตามสามี ได้แก่ ดรสาแบหลา ในการรำเดียวจะประกอบด้วย แนวความคิด เช่น การนำเสนอบทบาทการแสดงของนางละครชั้นสูง มีจุดมุ่งหมายต่างๆ โดยสื่อออกมาในรูปแบบนาฏศิลป์ราชสำนัก ลีลานุ่มนวล เน้นศิลปะท่าทีอวดชั้นเชิงลีลาตามจริละครใน บุคลิกตัวละคร ต้องมีการคัดเลือหให้เหมาะสมกับการรำเดี่ยว ประสบการณ์ทางนาฏยศิลป์ของนักแสดง วงดนตรีบทร้องประกอบการแสดง ฉากและอุปกรณ์ประกอบการแสดง ขั้นตอนการแสดง แบบแผนการแสดง เช่น ลักษณะกระบวนท่ารำ การใช้พื้นที่ของเวที กลวิธีในการนำเสนอรำเดี่ยวในบทต่างๆ สอดแทรกลักษณะเด่น คือ การใช้หน้า การใช้มือ การเล่นเท้า กลเม็ดท่ารำ การจำกัดอารมผานทางสีหน้าและแววตา(สวภา เวชสุรักษ์, 2553)

รำเป็นลีลาที่มีแบบแผนและจัดทำไว้เป็นท่าๆ ตามท่วงทำนองและจังหวะของดนตรี รวมทั้งการรำซึ่งแสดงการร่ายรำตามบทเพลงหรือถ้อยคำของบทเพลง เรียกว่า “รำทำบท” หรือ “รำใช้บท” เช่น รำแขนง รำแม่บท เป็นต้น การรำในนาฏศิลป์ไทยแบ่งเป็น 2 อย่ง คือ รำหน้าพาทย์และรำใช้บทหรือรำตีบท ระบำ เป็นศิลปะการร่ายรำตามทำนองเพลงโดยใช้ผู้แสดงตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ร่ายรำพร้อมกันเป็นหมู่ ไม่แสดงเรื่องราว จุดมุ่งหมายเพื่อความบันเทิง แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ระบำมาตรฐาน หมายถึงระบำที่ผู้แสดงต้องแต่งกายยืนเครื่องพระนาง ตลอดจนท่ารำ และทำนองเพลงร้อง ดนตรีมักกำหนดไว้เป็นแบบแผนมีลักษณะเฉพาะตัว เช่น ระบำสี่บท ระบำย่องหงิด ระบำกฤดาภินิหาร ระบำดาวดึงส์ฯลฯ รำบะเบ็ดเตล็ด หมายถึง ระบำผู้แจ่งกายตามรูปแบบของการแสดงนั้นๆ หรือการแสดงเฉพาะถิ่น ทางภาคเหนือมักเรียกว่า ฟ้อน ทางภาคอีสานมักเรียกว่า เซิ้ง เช่นฟ้อนเล็บ ฟ้อนเทียน เซิ้งสวิง เซิ้งกระหยัง ฯลฯ (วุฒิพงษ์ ทองก้อน, 2565, หน้า 17)

ฟ้อนเชิง คือ ชั้นเชิง ซึ่งหมายถึงศิลปะการต่สู้ของล้านนาที่ถูกสร้างสรรค์ขึ้นเป็นแบบอย่าง และรวบรวมจากประสบการณ์แตกแขนงกลยุทธ์พิสดารออกไปแล้วถ่ายทอดศิลปะดังกล่าวสืบต่อกันจนเป็นเอกลักษณ์ของชุมชนนั้นอย่างต่อเนื่อง (วุฒิพงษ์ ทองก้อน, 2565, หน้า 74) ฟ้อนดาบ เป็นประเพณีของล้านนาสืบต่อกันมาแต่โบราณเมื่อถึง

คราวมีงานนักขัตฤกษ์ เช่น งานปอย งานสงกรานต์ งานบวชลูกแก้ว เป็นต้น แม้พิธีรดน้ำดำหัวก็จะมีฟ้อนดาบร่วมขบวนด้วยเสมอ นักฟ้อนดาบได้รับการฝึกฝนมาเป็นเวลานานหลายชั่วอายุคนเป็นศิลปะการฟ้อนชั้นสูงและทำได้ยาก (วิทยาลัยนาฏศิลป์เชียงใหม่, 2534, หน้า74) ฟ้อนเชิง เป็นการฟ้อนมือเปล่า มีลักษณะมาจากการต่อสู้คำว่า “เจิง” หมายถึง เชิง หรือ ชั้นเชิง ฟ้อนเชิง คือ การฟ้อนที่แสดงลวดลายให้เห็นชั้นเชิงของการต่อสู้ด้วยมือเปล่า ฟ้อนเชิงแสดงได้ทั้งผู้ชายและผู้หญิง ฟ้อนดาบเป็นการละเล่นพื้นเมืองที่มาจากการต่อสู้อีกแบบหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการต่อสู้ป้องกันตัวและการทำสงคราม การฟ้อนดาบจะใช้ดาบประกอบการฟ้อนตั้งแต่ 1 – 24 เล่ม ซึ่งตามปกติผู้ฟ้อนจะฟ้อนเพียง 1 – 2 เล่มเท่านั้น ส่วนที่ใช้หลายเล่มนั้นจะนำมาวางหรือเสียบไว้ตามส่วนต่างๆ ของร่างกายเพื่อความสวยงามเท่านั้น (อมรา กล่ำเจริญ, 2553, หน้า 110 – 112)

ฟ้อนเชิงเป็นการร่ายรำตามกระบวนการทำตามแบบแผนที่แสดงออกถึงศิลปะในการต่อสู้ของชาย ซึ่งท่ารำนั้นมีทั้งหลักและท่าที่ผู้รำแต่ละคนใช้ความสามารถเฉพาะตัวพลิกแพลงให้ดูสวยงาม ในระยะแรก ฟ้อนเชิงหมายรวมเอาทั้งการฟ้อนประกอบอาวุธและไม่มีอาวุธเรียกลักษณะการฟ้อนตามนั้น คือ ใช้ไม้ค้อนหรือไม้พลองประกอบการรำเรียกว่า ฟ้อนเชิงไม้ค้อน ใช้หอกประกอบการร่ายรำ เรียกเชิงหอก ใช้ดาบประกอบการร่ายรำ เรียก ฟ้อนเชิงดาบ ใช้ลาประกอบการร่ายรำ เรียก ฟ้อนเชิงลา ร่ายรำด้วยมมือเปล่า เรียกว่า ฟ้อนเชิงมือ (อุดม รุ่งเรืองศรี, 2542, หน้า 4835 – 4844)

การแสดงรำเดี่ยวมาตรฐานทางด้านนาฏศิลป์ไทย เป็นหนึ่งในการแสดงที่ใช้ในการสอบรายวิชาศิลปนิพนธ์ สาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ มหาวิทยาลัยพะเยา เดิมคือสาขาวิชาศิลปะการแสดง ตั้งแต่ปี 2556 – 2562 และปรับปรุงหลักสูตร ปี 2563 เป็นสาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ เดิมในรายวิชาดังกล่าวจัดการสอบในรูปแบบของการแสดงสร้างสรรค์ คือ นิสิตต้องสอบทางด้านการแสดงสร้างสรรค์ 1 ครั้ง และการสอบทางด้านนาฏศิลป์ไทยอนุรักษ์เรียกว่า การสอบรำเดี่ยวมาตรฐานทางด้านนาฏศิลป์ไทย และในปีการศึกษา 2567 อาจารย์ประจำหลักสูตรได้มีมติให้มีการจัดการสอบในการแสดงฟ้อนพื้นบ้าน อยู่ในการสอบรำเดี่ยวมาตรฐาน เพื่อเป็นการอนุรักษ์ ส่งเสริม ดนตรีและนาฏศิลป์พื้นบ้าน ให้ตรงตามปรัชญาของหลักสูตร คือ ดนตรีและนาฏศิลป์ ศาสตร์แห่งการอนุรักษ์ ส่งเสริม พัฒนา สร้างคน สร้างงาน สร้างสรรค์สุนทรียะ บูรณาการภูมิปัญญา วิชาการ วิชาชีพสู่สังคม และปรัชญามหาวิทยาลัย คือ ปัญญาเพื่อความเข้มแข็งของชุมชน (ภูดิท ศิริวัฒนกุล, 2567)

ในปีการศึกษา 2567 นิสิต มีความสนใจในการแสดงรำเดี่ยว ทางด้านพื้นเมืองล้านนา 1 คน อาจารย์ประจำหลักสูตรจึงเห้นควรให้อนุมัติในการสอบการแสดงรำเดี่ยวทางด้านพื้นเมืองล้านนาดังกล่าว ซึ่งนิสิตได้ทำการนำเสนอหัวข้อของการรำเดี่ยว คือ ฟ้อนเชิงสายสกุลช่างฟ้อนแม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ ศิลปินแห่งชาติ สาขาศิลปะการแสดง (การแสดงพื้นบ้าน – ช่างฟ้อน) พ.ศ. 2559 ฟ้อนดาบ 32 ท่า สายสกุลช่างฟ้อน พ่อครูคำ กาไวย์ ศิลปินแห่งชาติ สาขาศิลปะการแสดง (การแสดงพื้นบ้าน – ช่างฟ้อน) พ.ศ. 2535 และผลของการนำเสนอรวมถึงการพิจารณาจากประสบการณ์ ความสามารถ บุคลิกของนักแสดงจึงมีมติให้นิสิตทำการแสดง รำเดี่ยวทางด้านนาฏศิลป์พื้นเมืองล้านนา คนแรกของหลักสูตร ตั้งแต่การจัดให้มีการเรียนการสอนของหลักสูตรตั้งแต่ ปี 2556 เป็นต้นมา แต่อาจารย์และนิสิตยังต้องศึกษาการใช้คำดังกล่าวในการเรียนการรำเดี่ยวประเภทพื้นเมืองว่าอย่างไร จากเหตุผล และความเป็นมาดังกล่าวข้างต้น ผู้ศึกษาจึงมีความสนใจในการศึกษา “ฟ้อนเชิง กรณีศึกษาการนำการแสดงพื้นบ้านสู่กระบวนการสอบรำเดี่ยวมาตรฐาน” หลักสูตรศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ และหลักสูตรการศึกษาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา แขนงวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประวัติความเป็นมา รูปแบบการแสดง และเพื่อศึกษากระบวนการนำการแสดงพื้นบ้านสู่การแสดงรเดี่ยวมาตรฐานในสถาบันอุดมศึกษา กรณีศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาประวัติความเป็นมา รูปแบบการแสดง
2. เพื่อศึกษา ฟ้อนเชิง กรณีศึกษาการนำการ แสดงพื้นบ้านสู่กระบวนการสอบรำเดี่ยวมาตรฐาน

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน(ถ้ามี)

1. แนวคิดทฤษฎี

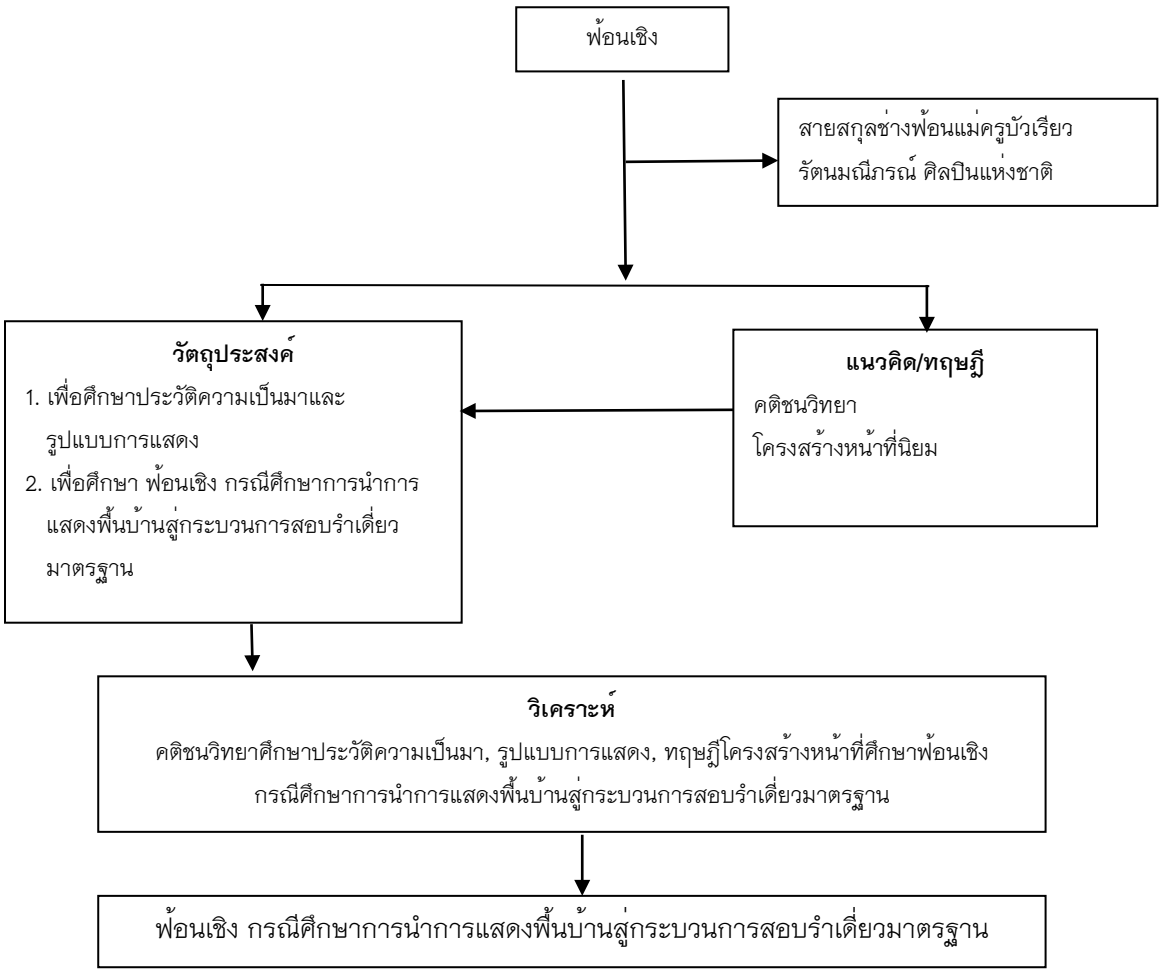
1.1 คติชนวิทยา เป็นความรู้ที่เกี่ยวกับชีวิตความเป็นอยู่ของคนกลุ่มใดกลุ่ม หนึ่ง ในสังคมที่มีวัฒนธรรมของกลุ่มนั้นปรากฏให้เห็นอย่างเด่นชัด การศึกษาวัฒนธรรมพื้นบ้านในแง่คติชนวิทยา จำเป็นต้องรวบรวมข้อมูลมาศึกษาและข้อมูลนั้นมักเกี่ยวข้องกับความคิด ความเชื่อ การประพฤติปฏิบัติของคนในวัฒนธรรมนั้นๆทั้งสิ้น ความคิดของนักคติชนวิทยาและนักมานุษยวิทยาในยุคแรกแรก จะบอกว่าคติชนวิทยา จะต้องมีลักษณะเป็นมรดกทางวัฒนธรรมที่ถ่ายทอดจาก รุ่น หนึ่ง ไปสู่คนอีกรุ่น หนึ่ง โดยใช้ถ้อยคำ (Verbal) สภ บอกเล่าที่เรียกว่า มุขปาฐะ ไม่มีใครทราบว่าผู้ประดิษฐ์หรือแต่งขึ้นเป็นใคร มีการแพร่กระจาย มีการเปลี่ยนแปลง และสามารถถ่ายทอดข้ามวัฒนธรรมได้ ข้อจำกัดของคติชนวิทยาคือการถ่ายทอด เป็นการถ่ายทอดแบบมุขปาฐะ หรือ (Oral tranmission) หมายถึงการถ่ายทอดด้วยปาก คำว่า Oral Tradition หมายถึงประเพณีแบบมุขปาฐะ ดังนั้นการถ่ายทอดด้วยปากจึงไม่เน้นที่ผลผลิต แต่แบ่งออกมาเป็น 3 รูปแบบ คือ หนึ่ง รูปแบบมุขปาฐะ ได้แก่ คำกล่าว นิทาน บทเพลง ปริศนาคำทาย รูปแบบอมุขปาฐะ ได้แก่สถาปัตยกรรมพื้นบ้าน ศิลปกรรมพื้นบ้าน หัตถกรรม การแต่งกาย และโภชนาการพื้นบ้านที่ไม่ใช้ถ้อยคำเป็นต้น ส่วน มุขปาฐะรวมกับอมุขปาฐะ กลายเป็นแบบผสม ได้แก่การละเล่นพื้นบ้าน การละเล่นของเด็ก การละเล่นของผู้ใหญ่ ประเพณีและพิธีกรรมชาวบ้าน เป็นการผสมผสานระหว่างข้อมูลที่เป็นถ้อยคำ และไม่ใช้ถ้อยคำ (มัลลิกาคณานุรักษ์, 2550)

1.2 โครงสร้างหน้าที่นิยม ทัลกอต พาร์สัน ทฤษฎีโครงสร้างหน้าที่ ในสกุลโครงสร้างนิยม ของทัลกอต พาร์สันส์ ใช้วิธีการอธิบายสังคมด้วยการวิเคราะห์ ว่าสังคมมีระบบต่างๆที่กำลังทำหน้าที่ เพื่อที่จะเคลื่อนไปข้างหน้า เขาได้รับการยกย่อง ในการนำความคิดของนักโครงสร้างนิยมมาขยายต่อให้ละเอียดขึ้น เหมาะที่จะนำมาอธิบายสังคมต่อการเปลี่ยนแปลง พาร์สันต์ได้กล่าวถึงระบบสังคมและหน้าที่ว่า หน้าที่ คือกลุ่มของกิจกรรมที่ดำเนินไปเพื่อสนองความต้องการของระบบสังคมในเบื้องต้น เขาเห็นว่าสังคมเป็นระบบ ในระบบสังคมนี้มีหน้าที่ คือการมีกระทำกิจกรรม แต่กิจกรรมนี้ทำเป็นกลุ่มกลุ่มและทำเพื่อตอบสนองความต้องการของระบบ และขยายความว่า เราจะเข้าใจระบบสังคมได้โดยพิจารณาจากหน้าที่พื้นฐาน 4 ประการ ประกอบด้วย การปรับตัว(Adaptation) การบรรลุเป้าหมาย (Goal Attainment) การบูรณาการ(Integration) และการรักษาแบบแผน (Pattern Maintenance)

1) การปรับตัว คือการที่ให้สังคม มีการปรับตัวให้เข้ากับทุกสถานการณ์และสิ่งแวดล้อม และความต้องการของระบบ หากสิ่งต่างๆที่มีอยู่ในสังคมไม่ตรงตามความต้องการของระบบก็จะต้องมีการปรับตัว 2)การบรรลุเป้าหมาย สังคมต้องมีการกำหนดเป้าหมายและระบบต่างๆที่จะต้องทำหน้าที่ เพื่อบรรลุเป้าหมายหลัก 3)การบูรณาการ คือหน้าที่ในการทำให้เกิดความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับระบบต่างๆซึ่งจะต้องดำเนินไปร่วมกัน เนื่องจากระบบสังคมประกอบด้วยระบบย่อยที่มีความแตกต่างกัน และมีกลุ่มกิจกรรมเฉพาะของตนจำเป็นจะต้องมีการดูแลให้เกิดการประสานงานสอดคล้องระหว่างระบบย่อยต่างๆจึงต้องบูรณาการเข้าหากันและกัน 4)การรักษาแบบแผน คือการธำรงและฟื้นฟูแรงจูงใจ ของบัจเจกชนและแบบแผนของสังคม ในการที่จะขับเคลื่อนไปข้างหน้าด้วยกัน จำเป็นที่จะต้องมีแรงจูงใจร่วมกัน ถ้ามีคนบางกลุ่มเกิดความรู้สึกท้อแท้หรือเห็นแตกต่าง จนไม่อาจจะขับเคลื่อนไปข้างหน้าร่วมกันได้ ก็เป็นหน้าที่ของระบบสังคมที่จะต้องฟื้นฟูเขาเหล่านั้นขึ้นมา เพื่อให้กลับเข้ามาและ ยึดถือเป้าหมายหลักร่วมกันไม่ให้ได้

นอกจากฟื้นฟูปัจเจกบุคคลแล้วแบบแผนของสังคมก็จะถูกธำรงไว้ด้วย แบบแผนของสังคมที่จะต้องถูกทำโรง คือ ลักษณะของสังคมที่ไม่เปลี่ยนแปลงแบบถอนรากถอนโคนหรือเป็นแบบแผนแบบอนุรักษ์นิยม (สุภางค์ จันทวานิช, 2554, หน้า 164–166)

2. กรอบแนวคิด



วิธีวิทยาการวิจัย

การศึกษาเป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ ผู้ศึกษาได้ศึกษาจากเอกสาร หนังสือที่เกี่ยวข้องและศึกษาภาคสนาม ใช้วิธีการสังเกตแบบมีส่วนร่วม กลุ่มเป้าหมายในการศึกษาได้แก่ กลุ่มนักวิชาการและปราชญ์ท้องถิ่น จำนวน 3 คน ประกอบด้วย ศิลปินแห่งชาติผู้ถ่ายทอด อาจารย์ประจำสาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ กลุ่มผู้ปฏิบัติจำนวน 2 คน ประกอบด้วย ผู้ศึกษาและนักแสดง และกลุ่มผู้มีส่วนร่วมจำนวน 3 คน ผู้ชมและกรรมการ เก็บข้อมูลด้วยการสังเกตแบบมีส่วนร่วม สัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง ใช้วิธีการนำเสนอด้วยการบรรยายแบบพรรณนา อภิปรายผลด้วยแนวคิดคติชนวิทยา แนวคิดองค์ประกอบการแสดงและทฤษฎีโครงสร้างหน้าที่

ผลการศึกษา

1. ประวัติความเป็นมาของฟ้อนเชิง สายสกุลช่างฟ้อนแม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์

การฟ้อนเชิงและการฟ้อนดาบสายสกุลช่างฟ้อนแม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ ศิลปินแห่งชาติ ได้รับการถ่ายทอดมาจากพ่อครูปวน คำมาแดง ซึ่งเป็นครูฟ้อนดาบฟ้อนเชิง แห่งหมู่บ้าน ร้องวัวแดง อำเภอสันกำแพงจังหวัดเชียงใหม่ และได้ถ่ายทอดให้กับ บิดาของแม่ครูบัวเรียวคือ พ่อครูกุย สุภาวสิทธิ์ เมื่อครั้งท่านเป็นสามเณร และ แม่ครูบัวเรียวได้รับการถ่ายทอดจากบิดา เมื่อครั้งเป็นเด็ก เพื่อทำการแสดง ในคณะช่างฟ้อนของวัดศรีทรายมูล อำเภอเมืองจังหวัดเชียงราย ภายใต้การดูแล ของพระครูพรมมาลังการ เจ้าอาวาสวัดศรีทรายมูลณขณะนั้น ทางด้านดนตรีและการฝึกฝนการฟ้อน ได้รับการฝึกฝนและการบรรจุดนตรี หรือเพลงประกอบการฟ้อนดังกล่าว โดยพ่อครูโม ใจสม พ่อครูโม ใช้วงปี่พาทย์ในการบรรเลงเพลงมวย ซึ่งเป็นเพลงพื้นบ้านล้านนา ให้กับแม่ครูบัวเรียวและคณะช่างฟ้อนคนอื่นๆ ประกอบการแสดง ตั้งแต่ปี 2500 จนถึง 2514

ในระหว่างที่ทำการแสดงในคณะวัดศรีทรายมูล แม่ครูบัวเรียวและคณะมีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักของคนในจังหวัดเชียงราย จนกระทั่งพ่อครูโมได้รับการว่าจ้างให้ไปสอนแก่ช่างฟ้อนวัดต่างๆ ทั่วจังหวัดเชียงราย รวมถึงจังหวัดพะเยาในปัจจุบันด้วย ในปี พ.ศ. 2509 – 2512 แม่ครูบัวเรียว ได้ไปทำการแสดงที่จังหวัดเชียงใหม่ ภายใต้คณะช่างฟ้อนของคุณชาญ สิโรรส พ.ศ.2514 พ่อครูกุย สุภาวสิทธิ์ และ พ่อครูโม ได้เสียชีวิตลงในปีเดียวกัน แต่คณะช่างฟ้อนวัดศรีทรายมูลรวมถึงนักดนตรี ยังคงทำการแสดงอย่างต่อเนื่อง จากนั้นแม่ครูบัวเรียว ได้กลับมาเผยแพร่การฟ้อนสาวไหม ฟ้อนดาบ ฟ้อนเชิงในจังหวัดเชียงรายด้วยการทำการแสดงในงานต่างๆ รวมถึงหน่วยงานราชการได้ว่าจ้างให้ไปทำการแสดงอย่างต่อเนื่องมีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักทั้งจังหวัดเชียงราย ในปี 2529 แม่ครูบัวเรียว ได้ทำการตั้งคณะช่างฟ้อน เป็นของตนเอง ในชื่อคณะ บ้านสาวไหม รับลูกศิษย์และงานแสดง ร่วมกับการประกอบอาชีพหลักในการค้าขาย

ในปี 2529 แม่ครูบัวเรียวได้ทำการถ่ายทอดการฟ้อนสาวไหม ฟ้อนดาบ ฟ้อนเชิง ฟ้อนเล็บ ฟ้อนเทียน และการฟ้อนฟื้นเมืองล้านนาอื่นๆ ให้กับลูกศิษย์ในคณะ และได้ทำการแสดงในจังหวัดเชียงราย ในระหว่างนั้น ได้มีสถาบันการศึกษาและลูกศิษย์ได้เข้ามาศึกษาเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งชมรมฟื้นบ้านล้านนามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นำโดย อาจารย์สนั่นธรรมธิ ได้เข้ามาศึกษาการฟ้อนสาวไหม ฟ้อนดาบ ฟ้อนเชิง ปี พ.ศ. 2540 ได้รับการเชิญจากสถาบันราชภัฏเชียงรายในการเป็นวิทยากรถ่ายทอดการฟ้อนสาวไหม ในปี 2542 การก่อตั้งมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ได้รับการเชิญเป็นวิทยากรในการถ่ายทอดฟ้อนฟื้นบ้านล้านนาต่างๆ รวมถึงการฟ้อนเชิง ฟ้อนดาบ จากนั้นได้ทำการเผยแพร่องค์ความรู้ทั้งทางปฏิบัติ และทางวิชาการ จนได้รับการยอมรับปี พ.ศ. 2556 ถ่ายทอดและมอบองค์ความรู้การฟ้อนฟื้นบ้านล้านนาให้กับมหาวิทยาลัยพะเยาในสาขาวิชาศิลปะการแสดงและชมรมช่างศิลป์ รวมถึงการเป็นผู้ประกอบพิธีการฟ้อนในโอกาสต่างๆ ของมหาวิทยาลัย ถึงปัจจุบัน (บัวเรียว รัตนมณีภรณ์, ประวัติความเป็นมาของการฟ้อนเชิง, 2567)



ภาพที่ 1 ผู้ศึกษาถ่ายรูปกับแม่ครูรูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ ศิลปินแห่งชาติ
ที่มา : ผู้ศึกษา

2. รูปแบบการแสดงฟ้อนเชิงสายสกุลช่างฟ้อนแม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์

ในการทำการแสดงดังกล่าวผู้ศึกษาพบว่า แม่ครูบัวเรียวได้ถ่ายทอดเทคนิค การฟ้อน เฉพาะตัวให้กับผู้ศึกษา คือการควงดาบ ด้วยปลายนิ้วมือ ข้างใดข้างหนึ่ง เพื่อแสดงความสามารถเฉพาะตัว และพบว่า เอกลักษณ์การฟ้อนของสายสกุลช่างฟ้อนแม่ครูบัวเรียว รัตนะมณีภรณ์ ในการฟ้อนเชิง คือ ท่าเกี้ยวเกล้า ท่ากำสาม ท่าสาวไหมรอบตัว ท่าม้วนไหมหน้าแข้ง ท่าม้วนไล่ศอก ท่าสางฟ้อนบนหัว เอกลักษณ์ในการฟ้อนดาบ คือ ท่ากวักดาบ ท่าไขว้ดาบ ท่าลอยลำดาบ ท่าสนส้น ท่ากระโดดพันปลายดาบ และการฟ้อนดาบต่อสู้ที่สืบทอดต่อกันมาอย่างยาวนาน นอกจากนั้น ผู้ศึกษา ยังพบว่า การฟ้อนเชิงและฟ้อนดาบสายสกุลช่างฟ้อนแม่ครูบัวเรียว จะใช้อารมณ์ อยู่ 3 รูปแบบคือ 1) อารมณ์ที่ทำให้ความรู้สึก งดงาม ในกระบวนท่าฟ้อนของตนเอง ด้วยอากัปกริยาการสาวไหม ในท่าต่างๆ 2) อารมณ์ขึงขัง ในกระบวนการฟ้อนเชิงและฟ้อนดาบ ที่สื่อให้เห็น การต่อสู้หรือ ปกป้องตัวเอง และบุกต่อสู้กับศัตรู 3) อารมณ์ยั่วยุ ปรากฏในกระบวนท่าฟ้อนเชิง ที่อยู่ในกิริยาการยั่วยุคู่ต่อสู้ จากรูปแบบการฟ้อนดังกล่าว ทำให้ผู้ศึกษาพบว่าเป็นการฟ้อนที่ เป็นอัตลักษณ์เฉพาะตัว ของแม่ครูบัวเรียวและลูกศิษย์ในสายสกุลนี้

การได้รับการถ่ายทอด การฟ้อนเชิงสายสกุลช่างฟ้อนแม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ ศิลปินแห่งชาติ แบ่งรูปแบบการแสดงออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่

ช่วงที่ 1 การฟ้อนเชิง การฟ้อนที่ผู้ศึกษาได้รับการถ่ายทอดให้นำมาทำการแสดงในครั้งนี้ เป็นการฟ้อน ที่เป็นต้นแบบของการฟ้อนสาวไหม ซึ่งมีความแตกต่างจากการฟ้อนพื้นฐาน ที่ได้รับ การถ่ายทอด ในชั้นเรียน เนื่องจากการฟ้อนทั้ง สองแบบ มีวัตถุประสงค์ที่ต่างกัน คือ การฟ้อนในห้องเรียนมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับสรีระร่างกายของผู้เรียน ให้มีความคุ้นชินกับการฟ้อนแบบพื้นเมืองล้านนา ส่วนการฟ้อนในรูปแบบที่นำมาสอบ ในครั้งนี้ มุ่งเน้นในการ อวดฝีมือและความสามารถของผู้แสดงเป็นหลัก ให้เข้าถึงกระบวนการฟ้อน อารมณ์ ในแต่ละช่วงลีลา ของการฟ้อน ทั้งนี้ แม่ครูบัวเรียวได้ให้เทคนิคว่า “ในการฟ้อน นักแสดงจะต้อง มีสมาธิจดจ่ออยู่กับ กระบวนท่าฟ้อน มือศีรษะ ในทุกกระบวนท่าของตนเอง ใช้สายตามองร่างกาย ในขณะฟ้อน หากเราทำการแสดงให้เข้าถึงจิตวิญญาณและเข้าใจกระบวนท่าฟ้อนอย่างกลมกลืนแล้ว สามารถที่จะแสดงออกมาได้เป็นอย่างดี ผู้ชมก็จะให้ความสนใจในการฟ้อนของเรา โดยที่เราไม่ต้องกังวลว่า ผู้ชม ดูเราอยู่หรือไม่” (บัวเรียว รัตนมณีภรณ์, 2567) กระบวนท่าฟ้อนเชิงบันทึกและเขียนเป็นภาษาล้านนาที่ไม่สามารถแปลเป็นภาษาไทยได้ แต่สามารถเขียนคำอธิบายท่ารำได้กระบวนท่า

ประกอบด้วย ตบมือไหว้ขวาหันบิดบัวบาน สางฟ้อนยกซ้ายเข้าจิ สางฟ้อนเดินวงกลม ไสตีน สาวไหมรอบตัว ผายมือ ตบบ่าผาบยาว ม้วนไหมใต้เข่า ม้วนไล่ศอก ตบบ่าผาบสั้น กำสาม เกี้ยวเกล้า ตบมือล่อ ไสตีน ตบบ่าผาบสั้น กำสาม บิดบัวบานหน้าแข้ง(ตาตีนใน) สางฟ้อนบนหัว ม้วนไหมใต้ศอก–มือออ้อมหัว พุ่งหลอดไหม เกี้ยวเกล้าไสตีน กระโดดปัดสันขานั่ง ตบบ่าผาบยาว เกี้ยวเกล้าบิดบัวบาน สางฟ้อน จับดาบ



ภาพที่ 2 แม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ ในการให้คำแนะนำและสาธิตการฟ้อนเชิงท่ากำสาม
ที่มา : ผู้ศึกษา

ช่วงที่ 2 การฟ้อนดาบ เป็นกระบวนท่าฟ้อน ที่ได้รับการถ่ายทอด ทั้งในหลักสูตร และการนำมาแสดง ในรายวิชาครั้งนี้ แต่อาจารย์ที่ปรึกษา และแม่ครูบัวเรียวรัตนมณีภรณ์ ได้เพิ่มเทคนิค ลวดลาย ของการฟ้อน ให้มีความงดงาม มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ด้วยการหมุน การเดิน ความรวดเร็วของกระบวนท่า รวมถึงเทคนิคเฉพาะตัว ที่แม่ครูเรียวและอาจารย์ที่ปรึกษา ใช้ในการแสดงในแต่ละครั้ง ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยอาจารย์ที่ปรึกษากล่าวว่า “การฟ้อนที่แม่ครูบัวเรียวใช้เทคนิค ในอดีต เช่นการควงดาบด้วยปลายนิ้ว เราสามารถที่จะขอแม่ครู ให้ถ่ายทอด เทคนิคดังกล่าวได้” (รัตนะ ตาแปง, 2567) ผู้ศึกษาพบว่า แม่ครูบัวเรียวได้ให้คำแนะนำ และถ่ายทอดเทคนิคดังกล่าวว่า ให้มั่นใจในกระบวนท่าฟ้อน ที่แสดงออกมา ในแต่ละครั้ง กระบวนท่าฟ้อนเชิงบันทึกและเขียนเป็นภาษาล้านนาที่ไม่สามารถแปลเป็นภาษาไทยได้แต่สามารถเขียนคำอธิบายท่ารำได้ กระบวนท่าฟ้อนดาบประกอบด้วย บิดบัวบาน เกี้ยวเกล้า ควักดาบ แทงบ่วง สางออก ลอยลำดาบ กระโดดพัน ปลายดาบ สนส้น กลิ้งดาบ ควงดาบปลายนิ้ว ควงดาบซ้าย ควงดาบขวา ควงดาบคู่



ภาพที่ 3 กระบวนท่าฟ้อนดาบ ในท่าลอยลำดาบ
ที่มา : ผู้ศึกษา

ช่วงที่ 3 การฟ้อนดาบต่อสู้ เป็นการฟ้อนที่มีกระบวนการในการต่อสู้ ในกระบวนการนี้ แม่ครูบัวเรียวรัตนมณีภรณ์ได้ทำการแสดง เมื่อครั้งเป็นช่างฟ้อน วัดศรีทรายมูล โดยแม่ครูบัวเรียวได้ย้ำว่า “การฟ้อนดังกล่าวเป็นเพียงการแสดง และให้ผู้แสดง แสดงออกมาได้อย่างเต็มที่ โดยที่คู่ต่อสู้ และตัวผู้แสดงเอง เมื่อเกิดการผิดพลาด จะต้องไม่ถือโทษโกรธกัน หากกระบวนท่าใดจำไม่ได้หรือว่าทำผิดให้ถอยออกมาก่อน ด้วยท่าฟ้อนและกระทืบเท้า เพื่อเป็นการส่งเสียงหรือสัญญาณให้กับคู่ต่อสู้ ในการแสดงต่อไป” กระบวนท่าฟ้อนประกอบด้วย เกี้ยวเกล้า ก้าวขวาเข้าวง มือซ้ายไขว้ดาบ แตะดาบ หมุนขวาไขว้ดาบ แตะดาบ ฟันบนล่าง จังหวะที่ 9 ฟันบนหมุนซ้ายไขว้ดาบและฟันกันหมุนขวาดาบขวาฟัน ฟันกลับ แทงบ่วง คนที่เป็นรับกระแทกส้นดาบไขว้ดาบป้องกันดาบบน คนที่เป็นรุกฟัน แทงบ่วง ฟันดาบคู่นบนล่างให้เดินหมุนเป็นวงกลมหรือเส้นตรงก็ได้ ลอยลำดาบ ฟันคู่บนล่าง สวนส้น ฟัน บน บน ล่าง ล่าง ล่าง ล่าง บน บน หมุนฟัน ขึ้นข้าคู่ต่อสู้จบ



ภาพที่ 4 รับคำแนะนำในการแสดงกระบวนฟ้อนดาบต่อสู้
ที่มา : ผู้ศึกษา

วงดนตรีประกอบการแสดง ผู้ศึกษา ได้นำเอาวงดนตรีกลองสิ้งหม้อง ซึ่งเป็นกลองล้านนา เรียกตามจังหวะ และเสียงของดนตรี แบ่งระดับความเร็วออกเป็น 3 ระดับ ในระดับที่ 1 ใช้ประกอบการฟ้อนเชิง มีจังหวะช้ากว่าปกติ ในระดับที่ 2 ใช้ประกอบการฟ้อนดาบ ผู้ศึกษา ได้เพิ่มความเร็ว ในการ ดนตรี ให้มีความเหมาะสมกับการฟ้อนดาบ เพื่อแสดง ความสวยงาม ความคล่องแคล่ว ของผู้แสดง และในระดับที่ 3 เพิ่มจังหวะให้เร็วขึ้นมากกว่าระดับที่ 1 และ 2 มุ่งเน้นความฮึกเหิม ทั้งทางด้านดนตรีและนักแสดง ในการต่อสู้ มุ่งเน้นการแสดงความคล่องแคล่ว ความมีไหวพริบ ของร่างกาย เพื่อใช้ในการต่อสู้กับคู่ต่อสู้ โดยได้รับความร่วมมือจากชมรมข่วงศิลป์ มหาวิทยาลัยพะเยา

3. กระบวนการนำการแสดงพื้นบ้านสู่กระบวนการสอบรำเดี่ยวมาตรฐาน

3.1 การจัดการเรียนการสอนในรายวิชานาฏศิลป์พื้นเมืองบุรุษเพศ

กระบวนการ ในการจัดการเรียนการสอน ทางด้านนาฏศิลป์พื้นเมืองล้านนาของสาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ มหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งเป็นหลักสูตรที่ปรับปรุงมาจาก หลักสูตรศิลปกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาศิลปะการแสดง และสาขาวิชาดุริยางคศาสตร์สากล เมื่อปี 2563 ซึ่งหลักสูตรทั้ง 2 เดิมได้เปิดทำการตั้งแต่ปี 2556 ในการปรับปรุงหลักสูตรดังกล่าว อาจารย์ประจำหลักสูตร ได้ร่วมกัน สร้างหลักสูตรโดยโครงเนื้อหาสาระทางด้านดนตรีและนาฏศิลป์ นำ โครงสร้างหลักสูตรที่มีความจำเป็น ตาม มคอ.1 ด้านศิลปกรรม ในการจัดการเรียนการสอนดังกล่าว โดยการเรียนการสอนนาฏศิลป์พื้นเมืองล้านนา ได้พัฒนามาจาก สาขาวิชาศิลปะการแสดง ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มนาฏศิลป์ พื้นเมือง

กลุ่มวิชานาฏศิลป์พื้นเมืองล้านนา จัดการเรียนการสอน จากระดับพื้นฐาน ถึงระดับสูง โดยประกอบด้วยวิชาดังต่อไปนี้ นาฏศิลป์พื้นเมืองล้านนา ขั้นพื้นฐาน นาฏศิลป์พื้นเมืองล้านนาแบบสตรีเพศ นาฏศิลป์ชาติพันธุ์ในล้านนา และนาฏศิลป์ชาติพันธ์ลุ่มน้ำโขง ในรายวิชานาฏศิลป์พื้นเมืองล้านนาขั้นพื้นฐาน ผู้เรียนจะได้เรียนสอนเชิงขั้นพื้นฐาน เพื่อใช้ในการปรับสรีระทางร่างกายให้ฟ้อนในทางพื้นเมืองล้านนา ซึ่งถือว่าการฟ้อนเชิง เป็นฟ้อนพื้นฐานหรือเป็นแม่บทสำหรับการฟ้อนแบบพื้นเมืองล้านนา และต่อจากนั้น จะได้เรียนการฟ้อนดาบซึ่งเป็นการฟ้อนพื้นเมืองล้านนาที่ใช้อุปกรณ์ประกอบการแสดง เมื่อผู้เรียนเข้าใจแล้ว จึงได้เรียนการตีกลองสะบัดชัย ซึ่งการเรียนกลองสะบัดชัย ทำให้ผู้เรียน นำองค์ความรู้ด้านการฟ้อนเชิง ฟ้อนประกอบอาวุธ และการบรรเลงดนตรี คือกลองสะบัดชัย ประกอบการแสดง นอกจากการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรแล้ว การฟ้อนดาบฟ้อนเชิงการตีกลองสะบัดชัยยังได้ถ่ายทอดให้กับนิสิตในชมรมข่วงศิลป์ของมหาวิทยาลัยพะเยาอีกด้วย

ขั้นตอนในการสอบ ศิลปนิพนธ์ของสาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ คะแนนวิชานาฏศิลป์ มีลำดับดังนี้

1) สอบประมวลองค์ความรู้ ทางด้านนาฏศิลป์ไทย นาฏศิลป์พื้นเมือง นาฏศิลป์ร่วมสมัย โดยผู้เรียน จะต้องสอบผ่านในแต่ละองค์ความรู้ ได้คะแนนอย่างน้อย ร้อยละ 80

2) จากนั้นผู้เรียน ทำการศึกษา ข้อมูล ร่วมกับประมาณตนเอง ว่า มีความถนัดในการสร้างสรรค์งานทางด้านนาฏศิลป์ หรือมีความถนัดในทางด้านอนุรักษ์ ในการอนุรักษ์นี่เอง ผู้เรียนจะต้องวิเคราะห์ ความสามารถของตนเอง ตามการเรียนการสอน ว่าจะสอบทางด้าน นาฏศิลป์ไทย หรือนาฏศิลป์พื้นเมือง

3. ผู้เรียน ทำการนำเสนอหัวข้อ ในการสร้างสรรค์งาน หรือการแสดงด้านอนุรักษ์ ให้กับกรรมการ ของหลักสูตร ทั้งนี้ผู้ศึกษาได้ทำการนำเสนอ ข้อมูล ในการฟ้อนเชิง ต่อกรรมการ ซึ่งได้ทำการเลือกการฟ้อนเชิง จากศิลปินแห่งชาติ 2 ท่าน คือ แม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ และพ่อครูคำ กาไวย์ ศิลปินแห่งชาติ ทั้งนี้คณะกรรมการ ได้พิจารณาให้ผู้ศึกษาในการสอบ คือ ฟ้อนพื้นบ้านล้านนาสายสกุลช่างฟ้อนแม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์

3) กระบวนการในการประเมิน ความคืบหน้า แบ่ง การประเมิน เป็น 30% 50% 70% 90% และในวันสุดท้ายได้รับการประเมินผลงานจากคณะกรรมการภายนอก เป็นการประเมิน 100%

4) ผู้เรียนในรายวิชาจะต้อง เป็นผู้บริหารงาน ในการจัดการสอบประเมินดังกล่าวโดยนำองค์ความรู้ตั้งแต่ชั้นปีที่ หนึ่ง จนถึงปีที่ 4 มาบูรณาการ และทำงานดังกล่าวให้สำเร็จลุล่วง

5) ผู้เรียน จะต้องจัดกระบวนการในการทำงาน ทั้งการสอบของตนเอง และการทำงานในส่วนกลาง ซึ่งผู้ศึกษา อยู่ฝ่ายสถานที่ ในการดำเนินงานดังกล่าว

3.2 กระบวนการสอบรำเดี่ยวมาตรฐาน สู่ ฟ้อนพื้นบ้าน ชุด ฟ้อนเชิง สายกสุลช่างฟ้อนแม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ ศิลปินแห่งชาติ ในปี พ.ศ. 2563 มหาวิทยาลัยพะเยาได้ปรับปรุงหลักสูตร ทางด้านการแสดง ดนตรีและนาฏศิลป์ออกเป็น สอง หลักสูตรคือ หลักสูตรศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ และหลักสูตรการศึกษาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา แขนงวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ ได้ปรับปรุงอีกครั้งในปี พ.ศ. 2564 เป็น สอง แขนงวิชาคือ แขนงวิชาดนตรี และแขนงวิชานาฏศิลป์ ในการสอบชั้นปีที่ 4 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายของการศึกษา ปี 2567 หลักสูตรได้มีมติให้ ผู้เรียนสามารถเลือกสอบได้ ทั้ง การสอบรูปแบบนาฏศิลป์อนุรักษ์ ซึ่งเดิม ตั้งแต่ปี 2556 จนถึงปี 2566 เป็นการสอบ รำเดี่ยวมาตรฐานทางด้านนาฏศิลป์ไทย และในปีนี้ ได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียน เลือกสอบการแสดงทางด้านนาฏศิลป์พื้นเมือง เพื่อให้ตอบสนองต่อ ปรัชญาของหลักสูตร และปรัชญามหาวิทยาลัยพะเยา รวมถึง หลักสูตรใดคำนึง ถึงการตั้งอยู่ในภูมิศาสตร์ ของภาคเหนือที่สามารถพัฒนาองค์ความรู้ ทางด้านนาฏศิลป์พื้นเมือง ให้ได้รับการยอมรับ ในสถาบันการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นาฏศิลป์พื้นเมืองล้านนา หรือเรียกนาฏศิลป์พื้นบ้านล้านนา ที่ได้สั่งสมองค์ความรู้ มาตั้งแต่ ปรมาจารย์ และนักแสดงในแต่ละยุคสมัย ทำการพัฒนาองค์ความรู้ดังกล่าว จากพ่อครูแม่ครู ซึ่งเป็นปราชญ์องถิ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การฟ้อนเชิง ให้สืบต่อมาจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากการสอบดังกล่าวเป็นการสอบครั้งแรก ของหลักสูตร ในระยะเวลา 9 ปีที่ผ่านมา จึงยังเป็นที่ ถกเถียง ในเรื่องของการตั้งชื่อ การสอบดังกล่าว ทั้งนี้ ผู้ศึกษา ได้ทำการศึกษาข้อมูล และปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษารวมถึง อาจารย์ในหลักสูตร ได้มีความเห็นว่า ควรใช้คำว่า “ฟ้อนพื้นบ้านล้านนา:ฟ้อนเชิงสายสกุลช่างฟ้อนแม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ ศิลปินแห่งชาติ” ทั้งนี้ผู้ศึกษา และอาจารย์ที่ปรึกษา ได้ให้ความเห็นว่า หากเป็นการแสดง พื้นเมืองล้านนาที่ไม่ใช่ภาคเหนือ ในการสอบรำเดี่ยวดังกล่าว อาจจะสามารถใช้คำว่า “การแสดงพื้นเมือง และตามด้วยชื่อการแสดงดังกล่าวได้”

ขั้นตอนในการสอบ ศิลปนิพนธ์ของสาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ คะแนนวิชานาฏศิลป์ มีลำดับดังนี้

1) สอบประมวลองค์ความรู้ ทางด้านนาฏศิลป์ไทย นาฏศิลป์พื้นเมือง นาฏศิลป์ร่วมสมัย โดยผู้เรียน จะต้องสอบถาม ในแต่ละองค์ความรู้ ได้คะแนนอย่างน้อย ร้อยละ 80

2) จากนั้นผู้เรียน ทำการศึกษา ข้อมูล ร่วมกับประมาณตนเอง ว่า มีความถนัดในการสร้างสรรค์งานทางด้านนาฏศิลป์ หรือมีความถนัดในทางด้านอนุรักษ์ ในการอนุรักษ์นี่เอง ผู้เรียนจะต้องวิเคราะห์ ความสามารถของตนเอง ตามการเรียนการสอน ว่าจะสอบทางด้าน นาฏศิลป์ไทย หรือนาฏศิลป์พื้นเมือง

3) ผู้เรียน ทำการนำเสนอหัวข้อ ในการสร้างสรรค์งาน หรือการแสดงด้านอนุรักษ์ ให้กับกรรมการของหลักสูตร ทั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการนำเสนอ ข้อมูล ในการฟ้อนเชิง ต่อกรรมการ ซึ่งได้ทำการเลือกการฟ้อนเชิง จากศิลปินแห่งชาติ 2 ท่าน คือ แม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ และพ่อครูคำ กาย์ไว ศิลปินแห่งชาติ ทั้งนี้คณะกรรมการ ได้พิจารณาให้ผู้ศึกษา ในการสอบ คือฟ้อนพื้นบ้านล้านนา นายสายสกุลช่างฟ้อนแม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์

4) กระบวนการในการประเมิน ความคืบหน้า แบ่ง การประเมิน เป็น 30% 50% 70% 90% และในวันสุดท้ายได้รับการประเมินผลงานจากคณะกรรมการภายนอก เป็นการประเมิน 100%

5) ผู้เรียนในรายวิชาจะต้อง เป็นผู้บริหารงาน ในการจัดการสอบประเมินดังกล่าวโดยนำองค์ความรู้ตั้งแต่ชั้นปีที่ หนึ่ง จนถึงปีที่ 4 มาบูรณาการ และทำงานดังกล่าวให้สำเร็จลุล่วง

6) ผู้เรียน จะต้องจัดกระบวนการในการทำงาน ทั้งการสอบของตนเอง และการทำงานในส่วนกลาง ซึ่งผู้ศึกษา อยู่ฝ่ายสถานที่ ในการดำเนินงานดังกล่าว

3.3 กระบวนการฝึกฝนสู่การแสดงในการสอบศิลปนิพนธ์

เมื่อผู้ ศึกษา ได้ทำการสอบหัวข้อผ่านเรียบร้อยแล้ว จึงได้ ปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา ทางด้านนาฏศิลป์พื้นเมืองล้านนา คือผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตนะ ตาแปง ร่วมกันวางแผน ในการฝึก การแสดงดังกล่าว รายละเอียดดังนี้

1) ทำการฝึกซ้อม เพื่อปรับ สรีระของร่างกาย ให้มีความเป็นธรรมชาติ ตามรูปแบบการแสดงของนาฏศิลป์พื้นบ้าน เช่น ลดการดันหลัง ลดการฟ้อนในรูปแบบกดตัว มุ่งเน้นการเอียงตัว ไปทั้งร่างกาย โดยอาจารย์ที่ปรึกษา ได้ให้แบบฝึกหัด ในการเดิน การใช้มือ ในรูปแบบต่างๆของการฟ้อนเชิง เมื่อเสร็จแล้ว จึงทำการแสดงให้กับที่ปรึกษาพร้อมกับ รับคำแนะนำ

2) เมื่อผู้ศึกษาได้ฝึกแบบฝึก ในขั้นแรกแล้ว ได้รับการถ่ายทอดและฝึกฝน การฟ้อนเชิง ขั้นสูง สายสกุลช่างฟ้อนแม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ ศิลปินแห่งชาติ จากที่ปรึกษา เนื่องจากการฟ้องดังกล่าว ไม่สามารถที่จะพบเห็น แบบ เต็มรูปแบบ ของกระบวนการฟ้อนเชิง ในสื่อวีดีโอ ภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวต่างๆ โดยที่ปรึกษา ได้ให้ข้อคิดว่า การฟ้อนดังกล่าว ขึ้นอยู่กับดนตรี โอกาส วัตถุประสงค์ ของการแสดงในแต่ละครั้ง ดังนั้นการแสดงในแต่ละครั้ง จึงสมบูรณ์ในรูปแบบ ของการแสดงที่ศิลปินนำเสนอ เรียกกระบวนการนี้ว่า ด้นสด หรือภาษาอังกฤษ เรียกว่า improvise บนพื้นฐานองค์ความรู้ ของศิลปิน ที่ได้รับ จากครูอาจารย์ และทำการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง เริ่มจากกระบวนการฟ้อนเชิง ต่อด้วยกระบวนการฟ้อนดาบ และปิดท้ายที่กระบวนการฟ้อนดาบต่อสู้ ในกระบวนการสุดท้ายผู้ศึกษา ได้รับความช่วยเหลือจาก นิสิตชมรมช่วงศิลป์ คือนายพุธแดง ยามะ เป็นผู้ฟ้อนดาบต่อสู้ ร่วมกับ ผู้ศึกษา และได้รับความอนุเคราะห์ทางด้านดนตรี กล่องสิ้งหม้อง จากนิสิตสาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ รวมถึง นิสิตชมรมช่วงศิลป์ ร่วมกันบรรเลง ดนตรีสด ประกอบการสอบในครั้งนี้

3) ผู้ศึกษา ได้ทำการเข้าพบ แม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ เพื่อรับคำแนะนำ รวมถึงการสัมภาษณ์ข้อมูล ถึงองค์ความรู้ของการฟ้อนเชิง รูปแบบการฟ้อนเชิง เครื่องแต่งกาย ดนตรี และเทคนิคเฉพาะตัวของการฟ้อนสายสกุลช่างฟ้อนแม่ครูบัวเรียวรัตนมณีภรณ์ ทำการแสดงให้กับแม่ครูดูได้ขอให้คำแนะนำ ทำการปรับ กระบวนท่าดังกล่าวตามคำแนะนำของแม่ครู ซึ่งเข้าพบจำนวน 2 ครั้ง ทำการแสดงและปรับกระบวนฟ้อน อย่างต่อเนื่อง

4) การเข้าพบ แม่ครูบัวเรียวครั้งแรก ผู้ศึกษา ได้นำการฟ้อนเชิง และฟ้อนดาบ แสดงให้กับแม่ครูดูเพื่อรับคำแนะนำและปรับกระบวนฟ้อน ในวันดังกล่าว ซึ่งจะต้อง ผ่านการ ไหว้ครู แบบพื้นเมืองล้านนา เรียกการไหว้ครูนี้ว่า การขึ้นขันครู โดยผู้ศึกษาจะเป็นคนเตรียม เครื่องไหว้ครู ในการประกอบพิธีดังกล่าว เพื่อให้ถูกต้องตามหลัก จารีต ของการแสดงพื้นเมืองล้านนา

5) เข้าพบแม่ครูบัวเรียวครั้งที่ สอง ผู้ศึกษา ได้แสดงการฟ้อนที่ได้รับคำแนะนำให้ปรับปรุง จากแม่ครูในครั้งแรก ร่วมกับ การแสดงฟ้อนดาบต่อสู้ ให้กับแม่ครู เพื่อรับคำแนะนำ พร้อมทั้งฝึกฝนในวันดังกล่าว ให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ก่อนที่จะทำการแสดง ในวันที่ 15 เดือนตุลาคม 2567

6) ทางด้านการปรับปรุงและจัดระเบียบในการนำเสนอผลงาน ดังนี้

6.1) ผู้ศึกษาได้ออกแบบเครื่องแต่งกายบนพื้นฐานการแต่งกายของภาคเหนือที่ใช้ประกอบการฟ้อนเชิงจากเอกสาร สัมภาษณ์แม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ โดยแม่ครูได้ให้ข้อคิดเห็นว่าการแต่งกาย

แบบดั้งเดิมจริงนุ่งกางเกงสะดอ เสื้อผ้าฝ้าย มัดเอว เหมือนกับการแต่งกายของพ่อครูคำ กาไวย์ ในการทำการแสดง ทั้งนี้ ผู้ศึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาได้ดำเนินการออกแบบเครื่องแต่งกายนำเสนอต่อคณะกรรมการประเมินของสาขาวิชาและแม่ครูบัวเรียว จึงได้เป็นการแต่งกายในรูปแบบนุ่งผ้าเค็ดม่าม เสื้อยันต์ คาดเข็มขัด สักขาลาย

6.2) กระบวนฟ้อนเรียงลำดับจากการฟ้อนเชิงมือเปล่า ฟ้อนดาบ ฟ้อนดาบต่อสู้

6.3) ด้านดนตรีที่ใช้ จังหวะกลองสิ้งหม้อง ปรับความเร็วของดนตรีจากจังหวะเร็วปกติ จังหวะที่เพิ่มความเร็วระดับที่ 1 และเร็วระดับที่ 2 ให้เหมาะสมกับการแสดงไม่ช้าหรือเร็วมากจนเกินไป ในการแสดงดังกล่าวใช้การบรรเลงดนตรีสด ซึ่งพบปัญหาในการบริหารจัดการนักแสดงดนตรีที่มีเวลาว่างไม่ตรงกัน รวมถึง ความกลมกลืนของเครื่องดนตรี แก้ปัญหาด้วยการฝึกซ้อมเข้าจังหวะให้ตรงกับช่วงเวลาของนักดนตรี ทำการบันทึกเสียงแล้วนำมาฝึกซ้อม

6.4) ปรับกระบวนการแสดงในรูปแบบออกมาแสดง และท่าจบ ตามคำแนะนำของกรรมการ โดยให้จบด้วยการโพสท่าทางอย่างสง่างาม ผู้ศึกษาจึงได้อ้างอิงการจบในรูปแบบการแสดงโขน “ท่าหิรัณยกสิปุ” และ”ท่ารำกริชคู่” อ้างอิงท่ารำจากรูปภาพของหนังสือ นาฏกรรมและการละคร โดยวิมลศรี อุปรมัย

สรุปผลและอธิปรายผล

1.สรุปผล

1.1 ประวัติความเป็นมาและรูปแบบการแสดง

การฟ้อนเชิงสายสกุลช่างฟ้อนแม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ มีต้นสายมาจากพ่อครูป่วนคำมาแดง ถ่ายทอดให้กับบิดาของแม่ครูบัวเรียวคือ พ่อครูกุย สุภาวสิทธิ์ และแม่ครูบัวเรียว ได้นำไปแสดงร่วมกับคณะช่างฟ้อน วัดศรีทรายมูล จังหวัดเชียงราย ในการบรรจุเพลงประกอบการแสดงโดย พ่อครูโม ใจโสม และเพลงที่ใช้ประกอบการแสดงบรรเลงโดยเครื่องดนตรีวงปี่พาทย์ล้านนา ชื่อเพลงมวย จากนั้นแม่ครูบัวเรียวได้ทำการเผยแพร่การฟ้อนดังกล่าวให้กับลูกศิษย์ ทั้งในจังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยกลุ่มแกนนำจากชมรมฟื้นบ้านล้านนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จากนั้นได้ทำการเผยแพร่ ให้กับสถาบันการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งมหาวิทยาลัยพะเยา ที่ได้ทำการถ่ายทอดทั้งในหลักสูตรการเรียนการสอน ของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ และหลักสูตรการศึกษาของวิทยาลัยการศึกษา นอกจากนั้นยังถ่ายทอดให้กับ ชมรมช่วงศิลป์ ตั้งแต่ปีพศ 2566 เป็นต้นมา จนนำมาสู่การ จัดการเรียนการสอน ในกลุ่มรายวิชานาฏศิลป์พื้นเมืองล้านนาของหลักสูตร และผู้ศึกษา ได้นำมา ทำการแสดงในรายวิชาศิลปนิพนธ์ ในปีการศึกษา 2567

1.2 ฟ้อนเชิง กรณีศึกษาการนำการ แสดงพื้นบ้านสู่กระบวนการสอบรำเดี่ยวมาตรฐาน

การนำฟ้อนพื้นเมืองล้านนา ในปีการศึกษา 2567 ของหลักสูตรการศึกษาบัณฑิต และหลักสูตรศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต ถือเป็นปรากฏการณ์ครั้งแรก ของมหาวิทยาลัยพะเยา ที่นำการแสดงพื้นเมืองล้านนา มาสู่กระบวนการสอบศิลปนิพนธ์ในรูปแบบของการอนุรักษ์ ในขณะเดียวกัน ผู้ศึกษาได้ทำการปรับปรุง องค์ประกอบและวิธีการนำเสนอ การแสดงดังกล่าวให้มีความสนใจมากยิ่งขึ้น ภายใต้การให้คำปรึกษาจากแม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตนะ ตาแปง และคณะกรรมการของหลักสูตร ที่ให้คำแนะนำในการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ทำให้การแสดงดังกล่าว มีคุณภาพ สำหรับการนำมาสอบในรายวิชาศิลปะนิพนธ์มากยิ่งขึ้นทั้งนี้ผู้ศึกษา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า ในปีการศึกษาต่อไป นิสิตของหลักสูตร จะได้นำการแสดงพื้นเมือง มาทำการแสดง นายรายวิชาดังกล่าวต่อไป

2.การอภิปรายผล

2.1 การศึกษาประวัติการฟ้อนเชิงพบว่าการฟ้อนดังกล่าวได้มีรูปแบบในการถ่ายทอดเรื่องราวในรูปแบบการเล่าเรื่อง เป็นมุขปาฐะ (Oral transmission) ในการเล่าเรื่องความเป็นมาที่ได้รับการถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษรวมถึงการเผยแพร่องค์ความรู้ดังกล่าวด้วยประสบการณ์ของครู อาจารย์ โดยที่การแสดงฟ้อนเชิงจัดอยู่ในกรูปแบบ มุขปาฐะรวมกับอมุขปาฐะ เรียกว่า แบบผสม เนื่องจากเกระบวนท่าฟ้อนและดนตรีประกอบ รูปแบบการแสดงฟ้อนเชิงดังกล่าวเป็นข้อมูลที่ใช้ถ้อยคำในการบอกกระบวนท่ารำ และแสดงออกด้วยภาษากายที่ไม่ต้องใช้การพูดแต่มุ่งเน้นการใช้อารมที่ถ่ายทอดควบคู่กับกระบวนท่าและดนตรี ตามแนวคิดทางด้านคติชนวิทยา

2.2 ฟ้อนเชิง กรณีศึกษาการนำการ แสดงพื้นบ้านสู่กระบวนการสอบรำเดี่ยวมาตรฐาน เป็นรูปแบบการแสดงแบบพื้นเมืองล้านนา ที่ใช้อารมณ์ การฟ้อน ความสุนทรีย และดนตรีประกอบในการแสดงดังกล่าวจากพัฒนาการของปรมาจารย์ในอดีตที่ฟ้อนในหมู่บ้าน ชุมชน มาสู่การฟ้อนในสถานศึกษา เมื่อศึกษาตามทฤษฎีโครงสร้างหน้าที่นิยมของทัลกอต พาร์สันพบว่า 1) การปรับตัว ของการแสดงที่ปรับตัวจากกลุ่มศิลปินนักแสดงสู่สถาบันการศึกษา โดยผู้ศึกษาทำการปรับกระบวนฟ้อนให้เข้ากับบริบทของสังคมในการนำมาเป็นการแสดงบริบทของการศึกษา 2)การบรรลุเป้าหมาย เกิดจากการบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ของหลักสูตร ของรายวิชา ของคณะกรรมการผู้ประเมินการแสดง ของแม่ครูบัวเรียว ผู้ถ่ายทอดการแสดง ให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ผู้ศึกษาได้ทำการสร้างกระบวนการเพื่อบรรลุเป้าหมายดังกล่าว โดยการบูรณาการองค์ความรู้ที่ได้รับตลอด 4 ปี มาดำเนินการตามแผนงานดังกล่าว 3) ด้านการบูรณาการ ผู้ศึกษานำองค์ความรู้จากการเรียน จากการถ่ายทอดนาฏศิลป์จากแม่ครูบัวเรียว จากคณะกรรมการ ให้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน 4)การรักษาแบบแผน ด้วยการรักษารูปแบบกระบวนท่าฟ้อนพิธีกรรม ให้ศิลปะการแสดงดังกล่าวคงอยู่ ปรับตัวและเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอยากเป็นเอกภาพ

2.3 ในการใช้คำเรียกการแสดงดังกล่าวยังคงเป็นสิ่งที่ต้องศึกษา และสร้างคำเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการแสดงพื้นเมืองต่อไป ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับคำแนะนำจากคณะกรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา จนได้เกิดการกลั่นกรองและพิจารณาคำดังกล่าว ว่า “การแสดงพื้นบ้านล้านนา” ชุด ฟ้อนเชิง สายสกุลช่างฟ้อนแม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ ในการสอบรายวิชาศิลปนิพนธ์ ของสาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ มหาวิทยาลัยพะเยาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้รับการแนะนำจากแม่ครูบัวเรียว รัตนมณีภรณ์ ศิลปินแห่งชาติ สาขาศิลปะการแสดง (การแสดงพื้นบ้าน – ช่างฟ้อน) ปี พ.ศ. 2559 และอาจารย์ที่ปรึกษา คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตนะ ตาแปง รวมถึงคณะกรรมการอาจารย์หลักสูตรศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ หลักสูตรการศึกษาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา แขนงวิชาดนตรีและนาฏศิลป์ และบิดามารดาของข้าพเจ้า จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

ฉันทนา สันธนากร เอี่ยมสกุล. (2545). **นาฏลีลาอาเซียน.** กรุงเทพมหานคร: ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, หน้า 10

บัวเรียว รัตนมณีภรณ์. (7 ตุลาคม 2567). **การฟ้อนเชิง ฟ้อนดาบ.** (คเณศิลป์ ศรจันทร์, ผู้สัมภาษณ์)

บัวเรียว รัตนมณีภรณ์. (16 กันยายน 2567). **ประวัติความเป็นมาของการฟ้อนเชิง.** (คเณศิลป์ ศรีจันทร์, ผู้สัมภาษณ์)

ผุสดี หลิมสกุล. (2546). **รำเดียวแบบมาตรฐานตัวนาง.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 5 – 6

ภูดิท ศิริวัฒนกุล. (3 ตุลาคม 2567 ตุลาคม 2567). **การสอบศิลปนิพนธ์.** (คเณศิลป์ ศรีจันทร์, ผู้สัมภาษณ์)

มัลลิกา คณานุรักษ์. (2550)**. คติชนวิทยา ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ พิมพ์ครั้งที่ 2.** กรุงเทพมหานคร: โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฉ้าส์.

รัตนะ ตาแปง. (15 กันยายน 2567). **ฟ้อนเชิง ฟ้อนดาบ.** (คเณศิลป์ ศรีจันทร์, ผู้สัมภาษณ์)

วิทยาลัยนาฏศิลป์เชียงใหม่. (2534). **20 ปี วิทยาลัยนาฏศิลป์เชียงใหม่.** เชียงใหม่, เชียงใหม่: วิทยาลัยนาฏศิลป์เชียงใหม่, หน้า 74.

วิมลศรี อุปรมัย. (2553). **นาฏกรรมและการละคร.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า49 –79

วุฒิพงษ์ ทองก้อน. (2565). **การแสดงพื้นบ้านไทย.** บางพลี, สมุทรปราการ: โครงการสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, หน้า 17 และหน้า 74.

สวภา เวชสุรักษ์. (2553). **วัฒนธรรมของการแสดงของราชสำนักไทยรำเดี่ยวตัวนางในละครใน.** กรุงเทพมหานคร: โอ.เอส พริ้นติ้ง เฮาส์, –

สุภางค์ จันทวานิช. (2554). **ทฤษฎีสังคมวิทยา.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พิมพ์ครั้งที่4, หน้า 164 – 166

สุรพล วิรุฬห์รักษ์. (2547). **หลักการแสดงนาฏยศิลป์ปริทรรศน์.** กรุงเทพมหานคร, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 13

อมรา กล่ำเจริญ. (2553). **เพลงและการละเล่นพื้นบ้าน.** บางกอกน้อย, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, หน้า 110 – 112

อุดม รุ่งเรืองศรี. (2542). **"ฟ้อนเชิง" สารานุกรมวัฒนธรรมไทย ภาคเหนือ (เล่มที่ 9).** กรุงเทพมหานคร: ธนาคารไทยพาณิชย์, หน้า 4835 – 4844.

การยกระดับเศรษฐกิจชุมชนผ่านการจัดการทรัพยากรท้องถิ่น: กรณีศึกษาชุมชนทองผาภูมิ ตำบลทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

Enhancing community economy through local resource management: A case Study of Thong Pha Phum Community, Tha Khanun Sub-district, Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province

นพรัตน์ ไชยชนะ[1], วีระวัฒน์ อุดมทรัพย์[1*], สุภพงษ์ สุขชาวนา[2], พจนีย์ สุขชาวนา[3], วิยะดา พลชัย[4] และ เศกสิทธิ์ ปักษี[5]

Nobparat Chaichana[1], Weerawat Udomsap[1*], Suapong Sukchaona[2], Photjanee Sukchaona[3], Wiyada Pollachai[4] and Sakesit Paksee[5]

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการยกระดับเศรษฐกิจชุมชนผ่านการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นกรณีศึกษาชุมชนทองผาภูมิ ตำบลทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์ทรัพยากรท้องถิ่นในชุมชนทองผาภูมิ และสร้างกลยุทธ์ในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม การวิจัยนี้ใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ ประยุกต์รูปแบบการวิจัยแบบมีส่วนร่วม เน้นการศึกษาภาคสนาม การสัมภาษณ์ และการประชุมกลุ่มย่อย เพื่อรวบรวมข้อมูลจากชุมชนท้องถิ่น ภาคีเครือข่าย และผู้รู้ในชุมชน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุมชนทองผาภูมิประกอบด้วยทรัพยากรท้องถิ่นที่หลากหลาย ทั้งในด้านทรัพยากรธรรมชาติ วัฒนธรรม และภูมิปัญญาท้องถิ่น ทรัพยากรเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การสังเคราะห์ทรัพยากรท้องถิ่นแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายและความสำคัญของทรัพยากรที่มีต่อชุมชน การมีส่วนร่วมของชุมชนในกระบวนการรวบรวมและสังเคราะห์ข้อมูลเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้การวิจัยนี้สามารถรวบรวมข้อมูลที่มีความครบถ้วนและถูกต้อง 2) กลยุทธ์ในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นที่ได้จากการวิจัย ประกอบด้วย การส่งเสริมการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นในการผลิตสินค้าและบริการ การพัฒนาความรู้และทักษะของ

[1]สาขานวัตกรรมสังคมเพื่อการพัฒนาชุมชน คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี 71190

[2]สาขาวิชาการออกแบบดิจิทัลคอนเทนต์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี 71190

[3]สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี 71190

[4]สาขาเทคโนโลยีดิจิตอลเพื่อธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี 71190

[5]สาขาการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี 71190

[1]Social Innovation for Community Development Program, Faculty of Humanities and Social Sciences, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190

[2]Digital Content Design, Faculty of Humanities and Social Sciences, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190

[3]Computer Education Program, Faculty of Science and Technology, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190

[4]Digital Technology for Business Program, Faculty of Management Science, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190

[5]Creative Tourism Program, Faculty of Management Science, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190

*Corresponding author : Chimmanee@kru.ac/th

ชุมชนในการบริหารจัดการทรัพยากร และการสร้างเครือข่ายการตลาดสำหรับสินค้าชุมชน การมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนากลยุทธ์ทำให้กลยุทธ์ที่ได้มีความเหมาะสมและเป็นไปได้จริง การใช้กระบวนการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นช่วยเสริมสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชน และยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในชุมชนทองผาภูมิ การวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน การนำทรัพยากรท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และชุมชน การมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นเป็นกุญแจสำคัญที่จะทำให้การพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนมีความยั่งยืนและเป็นประโยชน์ต่อชุมชนในระยะยาว

คำสำคัญ: การพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน, การจัดการทรัพยากรท้องถิ่น, การมีส่วนร่วมของชุมชน

Abstract

The research titled "Enhancing Community Economy through Local Resource Management: A Case Study of Thong Pha Phum Community, Tha Khanun Sub-district, Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province" aims to collect and synthesize local resources in the Thong Pha Phum community and develop strategies for managing these resources through participatory processes. This study utilized field research, interviews, and focus group discussions to gather data from local communities, networks, and community experts.

The research findings reveal that 1) The Thong Pha Phum community possesses diverse local resources, including natural resources, culture, and local wisdom. These resources can be effectively utilized to develop the community's economy. The synthesis of local resources highlights their diversity and importance to the community. Community participation in the process of collecting and synthesizing data was crucial to ensuring comprehensive and accurate information. 2) The strategies for managing local resources identified in the research include promoting the use of local resources in the production of goods and services, developing community knowledge and skills in resource management, and creating marketing networks for community products. Community involvement in developing these strategies has made them practical and feasible. Utilizing participatory processes in local resource management strengthens the community and enhances the quality of life for residents of Thong Pha Phum. This research underscores the importance of local resource management in community economic development. Maximizing the benefits of local resources requires cooperation from all sectors, including government, private entities, and the community. Community participation in resource management is key to ensuring sustainable and beneficial community economic development in the long term.

Keywords: Community economic development, Local resource management, Community participation.

บทนำ

การพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนเป็นเป้าหมายสำคัญในการสร้างความมั่นคงและยั่งยืนให้กับชุมชนทั่วโลก โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา เช่นประเทศไทย ซึ่งมีชุมชนชนบทจำนวนมากที่พึ่งพาทรัพยากรท้องถิ่นเป็นหลักในการดำรงชีวิตและพัฒนาเศรษฐกิจ ทรัพยากรท้องถิ่นเหล่านี้ ไม่ว่าจะเป็นทรัพยากรธรรมชาติ วัฒนธรรม หรือภูมิปัญญาท้องถิ่น ล้วนเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการสร้างรายได้และการพัฒนาอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม การจัดการทรัพยากรท้องถิ่นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดนั้น จำเป็นต้องมีการวางแผนและการจัดการอย่างรอบคอบ โดยเฉพาะในบริบทของการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน การพัฒนาเศรษฐกิจที่ยั่งยืนนั้นต้องอาศัยกลยุทธ์ที่สอดคล้องกับบริบททางเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมของชุมชนเอง และการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นเป็นกุญแจสำคัญที่ทำให้ชุมชนสามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีได้อย่างเต็มที่และยั่งยืน (Ostrom, 1990; Sen, 1999)

ในบริบทของประเทศไทย ชุมชนทองผาภูมิในตำบลทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี เป็นตัวอย่างที่ชัดเจนของชุมชนที่มีทรัพยากรท้องถิ่นอันหลากหลาย ซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อพัฒนาเศรษฐกิจได้อย่างยั่งยืน ทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ป่าไม้ แหล่งน้ำ และที่ดินเกษตรกรรม ถือเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการสร้างรายได้ให้กับชุมชน นอกจากนี้ วัฒนธรรมท้องถิ่นและภูมิปัญญาชาวบ้าน เช่น งานหัตถกรรมพื้นบ้าน ประเพณีท้องถิ่น และศิลปะพื้นเมือง ก็เป็นส่วนสำคัญที่สามารถนำมาเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และบริการในชุมชน ทรัพยากรเหล่านี้ไม่เพียงแต่มีความสำคัญในเชิงเศรษฐกิจ แต่ยังเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงชุมชนเข้าด้วยกัน และสร้างความภาคภูมิใจในอัตลักษณ์ของชุมชนเอง ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการสร้างความยั่งยืนในระยะยาว (Smith, 2007)

แม้ชุมชนทองผาภูมิจะมีทรัพยากรท้องถิ่นที่อุดมสมบูรณ์ แต่การจัดการทรัพยากรเหล่านี้ยังคงเผชิญกับความท้าทายหลายประการ เช่น การขาดความรู้และทักษะในการบริหารจัดการทรัพยากร การขาดการสนับสนุนจากภาครัฐและเอกชน รวมถึงการขาดกลยุทธ์ที่ชัดเจนในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน ปัญหาเหล่านี้ทำให้ชุมชนไม่สามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรท้องถิ่นได้เต็มที่ ส่งผลให้การพัฒนาเศรษฐกิจของชุมชนยังไม่สามารถยกระดับได้อย่างที่ควรจะเป็น ทั้งนี้ การจัดการทรัพยากรท้องถิ่นอย่างมีประสิทธิภาพนั้นไม่เพียงแต่เป็นการรักษาทรัพยากรเหล่านี้ให้คงอยู่ แต่ยังเป็นการสร้างความยั่งยืนในเชิงเศรษฐกิจและสังคมของชุมชน (Norris & Inglehart, 2003)

การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การรวบรวมและสังเคราะห์ทรัพยากรท้องถิ่นในชุมชนทองผาภูมิ เพื่อนำมาสร้างกลยุทธ์ในการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม โดยจะมีการสำรวจและวิเคราะห์วิธีการที่ชุมชนสามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรท้องถิ่นในการยกระดับเศรษฐกิจ รวมถึงการสร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และชุมชน เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนและครอบคลุมทุกภาคส่วน กระบวนการมีส่วนร่วมจะช่วยให้การจัดการทรัพยากรท้องถิ่นสามารถตอบสนองต่อความต้องการและข้อจำกัดของชุมชนได้อย่างแท้จริง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างความเข้มแข็งและความยั่งยืนในระยะยาว (Ostrom, 1990)

ความสำคัญของการวิจัยนี้อยู่ที่การสร้างความตระหนักรู้ถึงความสำคัญของการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้กระบวนการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วนในชุมชน การวิจัยนี้จะเป็นพื้นฐานในการสร้างโมเดลการพัฒนาชุมชนที่ยั่งยืนผ่านการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นอย่างมีประสิทธิภาพและการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วนในชุมชน ซึ่งจะช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในชุมชนทองผาภูมิและชุมชนอื่น ๆ ทั่วประเทศ การวิจัยนี้ยังเป็นการสร้างแบบอย่างที่สามารถนำไปใช้ในชุมชนอื่น ๆ ที่มีบริบทคล้ายคลึงกัน เพื่อส่งเสริมการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนที่ยั่งยืนและครอบคลุม (Sen, 1999)

นอกจากนี้ การวิจัยยังตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสร้างความร่วมมือและการสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนผ่านกระบวนการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นอย่างยั่งยืน โดยเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและการรักษา

สมดุลกับสิ่งแวดล้อม การสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมจะช่วยให้ชุมชนสามารถยืนหยัดและพึ่งพาตนเองได้ในระยะยาว ทั้งนี้การวิจัยนี้ไม่ได้เพียงแค่สร้างแนวทางในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน แต่ยังเป็นการสร้างฐานความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในชุมชนอื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันทั่วประเทศ

การยกระดับเศรษฐกิจชุมชนเป็นเป้าหมายสำคัญในการสร้างความมั่นคงและยั่งยืนให้กับชุมชนชนบทในประเทศไทย โดยเฉพาะการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นที่เป็นฐานสำคัญในการดำรงชีวิต เช่น ทรัพยากรธรรมชาติ วัฒนธรรม และภูมิปัญญาท้องถิ่น ชุมชนทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี เป็นตัวอย่างที่มีทรัพยากรท้องถิ่นที่หลากหลาย ซึ่งหากมีการจัดการทรัพยากรเหล่านี้อย่างเหมาะสม จะสามารถนำมาสนับสนุนการยกระดับเศรษฐกิจของชุมชนได้อย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม การขาดแคลนกลยุทธ์ที่ชัดเจนและการมีส่วนร่วมของชุมชนยังเป็นปัญหาที่ทำให้การพัฒนาชุมชนไม่สามารถก้าวหน้าได้เท่าที่ควร เพื่อให้เกิดการพัฒนาเศรษฐกิจที่ยั่งยืน การจัดการทรัพยากรท้องถิ่นจำเป็นต้องอาศัยการวางแผนที่รอบคอบและมีความสอดคล้องกับบริบทของชุมชน การพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการที่เป็นเอกลักษณ์ของชุมชน เช่น งานหัตถกรรมพื้นบ้านหรือการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม จะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรเหล่านี้ นอกจากนี้ การพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือระหว่างชุมชนและหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับชาติ จะช่วยสนับสนุนการผลิตและการจำหน่ายสินค้าให้เป็นไปได้อย่างยั่งยืนในระยะยาว

การวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การรวบรวมและสังเคราะห์ทรัพยากรท้องถิ่นของชุมชนทองผาภูมิ เพื่อสร้างกลยุทธ์ในการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ การใช้ทรัพยากรเหล่านี้เพื่อการยกระดับเศรษฐกิจชุมชนผ่านการพัฒนาสินค้าและบริการที่สร้างรายได้ให้กับชุมชน และสร้างความยั่งยืนในเชิงเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมของชุมชน การยกระดับเศรษฐกิจชุมชนผ่านการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการสร้างความมั่นคงและยั่งยืนให้กับชุมชน การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอย่างเหมาะสมและการมีส่วนร่วมของชุมชนในกระบวนการตัดสินใจ จะช่วยให้ชุมชนสามารถสร้างรายได้และรักษาวิถีชีวิตที่ยั่งยืนได้ในระยะยาว

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1.เพื่อสังเคราะห์ทรัพยากรท้องถิ่นชุมชนทองผาภูมิ ตำบลทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

2.เพื่อสร้างกลยุทธ์ในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นในชุมชนทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม

การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Review of Literature)

การจัดการทรัพยากรท้องถิ่นเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน โดยเฉพาะในพื้นที่ชนบทที่พึ่งพาทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรมเป็นหลัก งานวิจัยหลายชิ้นได้เน้นถึงความสำคัญของการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นอย่างยั่งยืน เช่น การศึกษาโดย Smith (2007) พบว่าการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ป่าไม้ แหล่งน้ำ และที่ดินเกษตรกรรม สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับชุมชนผ่านการเกษตรกรรมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ทั้งนี้ Roberts (2019) ยังชี้ให้เห็นว่าการรักษาและส่งเสริมวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นมีบทบาทสำคัญในการสร้างอัตลักษณ์และความภาคภูมิใจในชุมชน ซึ่งสามารถนำไปสู่การพัฒนาเศรษฐกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ การมีส่วนร่วมของชุมชนเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการจัดการทรัพยากรท้องถิ่น งานวิจัยของ Ostrom (1990) เน้นถึงความสำคัญของการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วนในชุมชนในการวางแผนและดำเนินการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่น ซึ่งช่วยเสริมสร้างความรู้สึกเป็นเจ้าของและความรับผิดชอบร่วมกันในชุมชน นอกจากนี้ การสร้างความ

ร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และชุมชนยังเป็นปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน (Norris & Inglehart, 2003) การพัฒนาทักษะและความรู้ของสมาชิกในชุมชนในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นก็เป็นสิ่งที่จำเป็นในการเสริมสร้างศักยภาพและความยั่งยืนทางเศรษฐกิจของชุมชน (Gulliford, 2000)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การจัดการทรัพยากรท้องถิ่นที่ประสบความสำเร็จนั้นจำเป็นต้องอาศัยการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วนในชุมชน การศึกษาโดย Ostrom (1990) ชี้ให้เห็นว่าการมีส่วนร่วมของชุมชนในกระบวนการจัดการทรัพยากรสามารถเสริมสร้างความรู้สึกเป็นเจ้าของและความรับผิดชอบร่วมกันได้ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่ความยั่งยืน นอกจากนี้ การสร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และชุมชนก็มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน (Norris & Inglehart, 2003) ชุมชนทองผาภูมิเป็นกรณีศึกษาที่มีความเหมาะสมในการศึกษาประเด็นนี้ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีทรัพยากรที่หลากหลาย ทั้งในด้านทรัพยากรธรรมชาติ วัฒนธรรม และภูมิปัญญาท้องถิ่น การวิจัยนี้จะช่วยให้เห็นภาพรวมของการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นในบริบทของชุมชนทองผาภูมิ และช่วยเสนอแนวทางในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนผ่านการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยเน้นการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วนในชุมชนและการสร้างความร่วมมืออย่างยั่งยืน

การยกระดับเศรษฐกิจชุมชนผ่านการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นเป็นแนวทางสำคัญในการสร้างความยั่งยืนและความมั่นคงให้กับชุมชน โดยเฉพาะในพื้นที่ชนบทของประเทศไทย เช่น ชุมชนทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ที่มีทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรมที่อุดมสมบูรณ์ การใช้ทรัพยากรเหล่านี้อย่างมีประสิทธิภาพผ่านการมีส่วนร่วมของชุมชน ทั้งในด้านการวางแผน การจัดการ และการใช้ประโยชน์ จะช่วยให้ชุมชนสามารถเพิ่มมูลค่าสินค้าและบริการ สร้างรายได้ให้กับชุมชน และยังช่วยเสริมสร้างความเข้มแข็งให้กับการพัฒนาเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนในระยะยาว กลยุทธ์ดังกล่าวเน้นการประสานความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และชุมชนเองในการสนับสนุนการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ

วิธีวิทยาการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ที่ประยุกต์วิจัยปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม โดยผู้วิจัยได้วางแผนการศึกษาอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ลึกซึ้งและมีรายละเอียดที่น่าเชื่อถือ การดำเนินงานวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเลือกสนามวิจัยและสถานการณ์ทางสังคม ผู้วิจัยได้เลือกพื้นที่วิจัยในชุมชนทองผาภูมิ ตำบลทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี เนื่องจากเป็นชุมชนที่มีความหลากหลายทางทรัพยากรท้องถิ่นและมีการจัดการที่เป็นแบบแผน สถานการณ์ทางสังคมในพื้นที่นี้สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและวัฒนธรรม ซึ่งเป็นบริบทที่เหมาะสมต่อการศึกษาการจัดการทรัพยากรท้องถิ่น

2. การเข้าสนาม ผู้วิจัยได้มีการวางแผนและเตรียมตัวอย่างรอบคอบก่อนเข้าสนามวิจัย โดยการติดต่อผู้นำชุมชนและผู้ทรงคุณวุฒิในพื้นที่ เพื่อขอความยินยอมและการสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัย

3. การเยือนชุมชนที่ศึกษา ผู้วิจัยได้เยือนชุมชนที่ศึกษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างความคุ้นเคยและความไว้วางใจจากสมาชิกในชุมชน โดยมีการพบปะพูดคุยกับคนในชุมชนในลักษณะที่ไม่เป็นทางการ เพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐานและเข้าใจบริบทของชุมชนอย่างละเอียด

4. การสังเกตแบบมีส่วนร่วมและไม่มีส่วนร่วม การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) และไม่มีส่วนร่วม (Non-participant Observation) ถูกนำมาใช้ในการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ในชุมชน เช่น งาน

ประเพณีท้องถิ่น การประชุมชุมชน และกิจกรรมทางเศรษฐกิจ เพื่อเก็บข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับวิถีชีวิตและการจัดการทรัพยากรของชุมชน

5. การสัมภาษณ์ผู้ให้ข่าวสำคัญโดยการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth Interview) การสัมภาษณ์แบบเจาะลึกถูกนำมาใช้ในการเก็บข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลสำคัญที่มีบทบาทสำคัญในชุมชนทองผาภูมิ ตำบลทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยมุ่งเน้นการสอบถามประสบการณ์ ความคิดเห็น และมุมมองเกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรในชุมชน กลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญและจำนวน ได้แก่

ผู้นำชุมชน 3 คน เช่น กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน หรือผู้นำทางวัฒนธรรม บุคคลเหล่านี้มีบทบาทในการตัดสินใจและบริหารจัดการทรัพยากรในชุมชน รวมถึงการประสานงานระหว่างชุมชนกับหน่วยงานภายนอก

ผู้ทรงคุณวุฒิในท้องถิ่น 5 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านทรัพยากรท้องถิ่น วัฒนธรรม หรือการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน ซึ่งให้คำแนะนำและสนับสนุนการพัฒนาชุมชน

ประชาชนในชุมชน 10 คน กลุ่มเกษตรกร ผู้ผลิตสินค้าในชุมชน หรือบุคคลที่มีประสบการณ์ในการจัดการทรัพยากรท้องถิ่น โดยเฉพาะผู้ที่มีบทบาทในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน

การสัมภาษณ์กลุ่มผู้ให้ข้อมูลเหล่านี้จะช่วยให้ผู้วิจัยได้รับข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรและการพัฒนาเศรษฐกิจในชุมชนทองผาภูมิ ทั้งในแง่ของโอกาส ความท้าทาย และการมีส่วนร่วมของชุมชน

6. การจัดสนทนากลุ่มย่อย (Focus Group Discussion) การจัดสนทนากลุ่มย่อยถูกใช้เพื่อระดมความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในชุมชน การสนทนาเน้นไปที่การอภิปรายเรื่องการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นและการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน ซึ่งช่วยให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์และมีความหลากหลาย

7. การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และการสังเกตถูกนำมาวิเคราะห์เชิงคุณภาพ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อสังเคราะห์ประเด็นสำคัญและระบุรูปแบบที่เกิดขึ้นในข้อมูล

8. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยเป็นกระบวนการที่สำคัญในการรับรองว่าข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มีความถูกต้อง เชื่อถือได้ และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยในการวิจัยนี้ได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยผ่านกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

8.1การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ผู้วิจัยนำเครื่องมือวิจัย เช่น แบบสัมภาษณ์ และแบบการสังเกต ไปปรึกษาผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ตรวจสอบว่าคำถามและเนื้อหาในเครื่องมือนั้นครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการศึกษาอย่างเพียงพอและชัดเจน การตรวจสอบนี้ช่วยให้เครื่องมือมีความตรงและสามารถเก็บข้อมูลที่ต้องการได้อย่างสมบูรณ์

8.2 การทดสอบก่อนการใช้จริง (Pilot Test) ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้เครื่องมือกับกลุ่มตัวอย่างย่อยในชุมชนที่ไม่ได้อยู่ในการศึกษาโดยตรง เพื่อประเมินว่าเครื่องมือสามารถใช้งานได้จริงหรือไม่ การทดลองนี้ทำให้ผู้วิจัยสามารถปรับปรุงเครื่องมือในกรณีที่มีข้อบกพร่อง เช่น การปรับคำถามให้เข้าใจง่ายขึ้น หรือแก้ไขประเด็นที่อาจทำให้ผู้ให้ข้อมูลสับสน

8.3 การตรวจสอบข้อมูลซ้ำ (Triangulation) การตรวจสอบข้อมูลซ้ำเป็นวิธีการรวบรวมข้อมูลจากหลายแหล่ง เช่น การสัมภาษณ์ การสังเกต และการสนทนากลุ่ม เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ และตรวจสอบความสอดคล้องกันของข้อมูล หากข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ สอดคล้องกัน แสดงว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือและถูกต้อง

8.4 การตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) ผู้วิจัยนำข้อมูลและผลการวิจัยไปนำเสนอให้กับผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ที่มีประสบการณ์ในสาขานั้น ๆ เพื่อให้ตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความถูกต้องและความสมบูรณ์ของข้อมูล ซึ่งจะช่วยให้ผู้วิจัยได้ปรับปรุงงานวิจัยและลดอคติส่วนบุคคล

8.5 การตรวจสอบโดยผู้ให้ข้อมูล (Member Checking) ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์หรือการสังเกตไปตรวจสอบกับผู้ให้ข้อมูลอีกครั้ง เพื่อยืนยันว่าข้อมูลที่บันทึกไว้ตรงกับสิ่งที่ผู้ให้ข้อมูลต้องการจะสื่อหรือไม่ การตรวจสอบนี้ช่วยให้มั่นใจว่าข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องและสะท้อนมุมมองของผู้ให้ข้อมูลอย่างแท้จริง

9. การรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ภายใต้เลขที่โครงการวิจัย 017/2566 เพื่อให้มั่นใจว่างานวิจัยดำเนินไปตามหลักจริยธรรมและเคารพสิทธิมนุษยชนของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ผลการศึกษา

ชุมชนทองผาภูมิ ตำบลทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี เป็นชุมชนที่มีบริบททางสังคมและเศรษฐกิจที่หลากหลาย มีความอุดมสมบูรณ์ทั้งในด้านทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรม ชุมชนนี้ยังคงรักษาวิถีชีวิตแบบดั้งเดิมที่เชื่อมโยงกับทรัพยากรท้องถิ่นไว้อย่างเหนียวแน่น ทั้งนี้ชุมชนทองผาภูมิเป็นชุมชนที่มีศักยภาพในการพัฒนาเศรษฐกิจโดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน อย่างไรก็ตาม การพัฒนาเศรษฐกิจที่ยั่งยืนในชุมชนดังกล่าวต้องอาศัยการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นอย่างเป็นระบบ และต้องมีการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วนในชุมชนเพื่อให้บรรลุผลสำเร็จในระยะยาว เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัย การศึกษาในครั้งนี้ได้รวบรวมและสังเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรท้องถิ่นของชุมชนทองผาภูมิ ตลอดจนพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการทรัพยากรเหล่านี้ โดยมีผลการศึกษาแยกตามวัตถุประสงค์ดังนี้

1.สังเคราะห์ทรัพยากรท้องถิ่นชุมชนทองผาภูมิ ตำบลทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

ชุมชนทองผาภูมิในตำบลทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี เป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางทรัพยากรท้องถิ่น ทั้งทรัพยากรธรรมชาติ วัฒนธรรม และภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งทรัพยากรเหล่านี้เป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตและการพัฒนาเศรษฐกิจของชุมชน ด้วยสภาพภูมิประเทศที่ล้อมรอบไปด้วยป่าไม้และแหล่งน้ำที่อุดมสมบูรณ์ ชุมชนทองผาภูมิมีลักษณะการใช้ชีวิตที่ผูกพันกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างลึกซึ้ง โดยมีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรเหล่านี้ในการทำเกษตรกรรม การผลิตสินค้าหัตถกรรม และการดำรงชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ ชุมชนยังคงรักษาประเพณีและวัฒนธรรมท้องถิ่นที่สืบทอดกันมาจากรุ่นสู่รุ่น เช่น งานหัตถกรรมพื้นบ้าน ประเพณีท้องถิ่น และการแสดงศิลปะพื้นเมือง ซึ่งสิ่งเหล่านี้ไม่เพียงแต่สะท้อนถึงอัตลักษณ์และวิถีชีวิตของชุมชน แต่ยังสามารถนำมาใช้เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนผ่านการผลิตสินค้าหรือการดึงดูดนักท่องเที่ยว ในบริบทของการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน ทรัพยากรท้องถิ่นเหล่านี้มีศักยภาพสูงในการนำมาใช้ในการสร้างมูลค่าเพิ่มและส่งเสริมความยั่งยืนทางเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรเหล่านี้จำเป็นต้องมีการจัดการที่เหมาะสมและยั่งยืน เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในระยะยาวได้อย่างเต็มที่และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือความเป็นอยู่ของชุมชนในระยะยาว ซึ่งมีข้อค้นพบดังนี้

1.1 ทรัพยากรธรรมชาติ ชุมชนทองผาภูมิประกอบด้วยทรัพยากรธรรมชาติที่หลากหลายและอุดมสมบูรณ์ อาทิ ป่าไม้ แหล่งน้ำ และที่ดินเกษตรกรรม ทรัพยากรเหล่านี้ไม่เพียงแต่เป็นแหล่งอาหารและที่พักพิงสำหรับประชาชนในชุมชนเท่านั้น แต่ยังเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาเศรษฐกิจของชุมชน เช่น การเกษตรกรรมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ เป็นต้น ดังเสียงสะท้อนของชุมชน

“ป่าไม้ที่เรามีไม่เพียงแต่เป็นแหล่งไม้และผลผลิตจากป่า แต่ยังช่วยให้เรามีน้ำเพียงพอสำหรับการทำการเกษตร”

ชาวบ้านในพื้นที่กล่าว ป่าไม้ยังเป็นแหล่งสำคัญสำหรับการดำรงชีวิต และแหล่งน้ำมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์ รวมถึงการเกษตรกรรมที่เป็นแหล่งรายได้หลักของชุมชน

"ที่ดินนี้เป็นแหล่งอาหารและรายได้ที่สำคัญสำหรับครอบครัวเรา" เกษตรกรกล่าว

1.2 วัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่น ชุมชนทองผาภูมิยังคงรักษาวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ เช่น งานหัตถกรรมพื้นบ้าน ประเพณีท้องถิ่น และศิลปะการแสดงพื้นเมือง ทรัพยากรทางวัฒนธรรมเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อวิถีชีวิตและอัตลักษณ์ของชุมชน นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการผลิตสินค้าและบริการที่มีมูลค่าเพิ่ม เพื่อสร้างรายได้และส่งเสริมเศรษฐกิจของชุมชน ดังเสียงสะท้อน

“พวกเราให้ความสำคัญกับการสืบสานงานหัตถกรรม เพราะมันไม่เพียงแต่เป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงความเป็นเอกลักษณ์ของชุมชนเรา แต่ยังสามารถทำให้เรามีรายได้เสริมอีกด้วย” ผู้สูงอายุในชุมชนกล่าว

ศิลปะการแสดงพื้นเมืองและการจัดงานประเพณีท้องถิ่นเป็นอีกหนึ่งแหล่งรายได้ที่ดึงดูดนักท่องเที่ยว

“ประเพณีและศิลปะการแสดงของเราทำให้เราเป็นที่รู้จัก” ผู้นำวัฒนธรรมกล่าว

วัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นเหล่านี้มีศักยภาพในการสร้างรายได้ให้กับชุมชนผ่านการผลิตสินค้าและการจัดกิจกรรมทางวัฒนธรรมที่ดึงดูดนักท่องเที่ยว

1.3 การสังเคราะห์ทรัพยากรท้องถิ่น ทรัพยากรท้องถิ่นในชุมชนทองผาภูมิ มีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นแหล่งทรัพยากรเพื่อการเกษตร การท่องเที่ยวเชิงนิเวศ และการผลิตสินค้าท้องถิ่น โดยการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรอย่างยั่งยืนและรักษาสมดุลกับสิ่งแวดล้อม การสังเคราะห์ข้อมูลยังแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาระบบการจัดการทรัพยากรที่สามารถสนับสนุนการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรเหล่านี้ได้อย่างเต็มที่ ดังเสียงสะท้อนว่า

“เรามีทรัพยากรที่สามารถพัฒนาเพื่อการเกษตรและการท่องเที่ยวได้ โดยที่ต้องมีการจัดการที่ยั่งยืน” ผู้ทรงคุณวุฒิกล่าว

การพัฒนาและใช้ประโยชน์จากทรัพยากรเหล่านี้จะต้องคำนึงถึงการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการสร้างสมดุลในระยะยาว

“เรามีทรัพยากรที่พร้อมใช้งาน และสิ่งที่จำเป็นคือการจัดการอย่างยั่งยืนเพื่อให้เราสามารถใช้ทรัพยากรเหล่านี้ได้ต่อเนื่องในอนาคต” ปราชญ์ชุมชนกล่าว

ความสำคัญของการใช้ทรัพยากรอย่างสมดุลและมีประสิทธิภาพช่วยให้ชุมชนสามารถพัฒนาได้อย่างยั่งยืนในระยะยาวทรัพยากรท้องถิ่นของชุมชนทองผาภูมิ ตำบลทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พบว่าชุมชนนี้มีความหลากหลายทางทรัพยากรท้องถิ่นที่มีคุณค่าและศักยภาพในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน ทั้งในด้านทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ป่าไม้ แหล่งน้ำ และที่ดินเกษตรกรรม ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการเกษตรกรรมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ รวมถึงวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ ซึ่งสะท้อนถึงอัตลักษณ์และวิถีชีวิตของชุมชน และยังสามารถนำมาใช้ในการผลิตสินค้าและบริการที่มีมูลค่าเพิ่ม ผลการสังเคราะห์ข้อมูลยังแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการพัฒนาทรัพยากรเหล่านี้ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเศรษฐกิจของชุมชน โดยเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืนและรักษาสมดุลกับสิ่งแวดล้อม การจัดการทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพัฒนา เพื่อให้ชุมชนสามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรท้องถิ่นได้อย่างเต็มที่และยั่งยืนในระยะยาว ทั้งนี้การพัฒนาระบบการจัดการทรัพยากรที่รองรับการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรเหล่านี้ยังคงเป็นความท้าทายที่ต้องการการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วนในชุมชนเพื่อให้บรรลุผลสำเร็จ

2. กลยุทธ์ในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นในตำบลทองผาภูมิผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม การพัฒนาและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรท้องถิ่นเหล่านี้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนต้องอาศัยการวางแผนและการจัดการที่รอบคอบ ซึ่งรวมถึงการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วนในชุมชน การมีส่วนร่วมของชุมชนในกระบวนการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นไม่เพียงแต่จะช่วยให้เกิดการจัดการที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ยังช่วยเสริมสร้างความรู้สึกเป็นเจ้าของและความรับผิดชอบร่วมกันในชุมชน ด้วยเหตุนี้ การพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้การจัดการทรัพยากรท้องถิ่นสามารถตอบสนองต่อความต้องการของชุมชนได้อย่างแท้จริง และสร้างความยั่งยืนในระยะยาว การวิจัยนี้มุ่งเน้นการสร้างและพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่น โดยใช้กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในตำบลทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ การใช้ทรัพยากรท้องถิ่นอย่างมีประสิทธิภาพและการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วนในชุมชน ดังนี้

2.1 การมีส่วนร่วมของชุมชน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการมีส่วนร่วมของชุมชนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้การบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นมีความยั่งยืนและเกิดผลสำเร็จที่แท้จริง การจัดตั้งกลุ่มผู้ผลิตในชุมชนและการรวมกลุ่มเกษตรกรเป็นตัวอย่างของการรวมพลังและสร้างความเข้มแข็งภายในชุมชนเอง นอกจากนี้ การสร้างเครือข่ายการตลาดสำหรับสินค้าชุมชนยังเป็นอีกหนึ่งตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วน การรวมพลังของชุมชนนี้ช่วยให้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้รับการใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่และถูกต้องตามแนวทางที่ทุกคนมีส่วนร่วมในการกำหนด

2.2 กลยุทธ์การพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน กลยุทธ์หลายประการที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ กลยุทธ์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้น ได้แก่ การส่งเสริมการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นในการผลิตสินค้าและบริการ ซึ่งจะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าชุมชน การพัฒนาความรู้และทักษะของสมาชิกในชุมชนในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำให้ชุมชนสามารถบริหารจัดการทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน รวมถึงการสร้างเครือข่ายการตลาดที่มีความเข้มแข็งและครอบคลุม กลยุทธ์เหล่านี้ถูกพัฒนาขึ้นผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน ทำให้เกิดความเหมาะสมและสามารถปฏิบัติได้จริงในบริบทของชุมชนท้องถิ่น

2.3 การสร้างความร่วมมือระหว่างภาคส่วนต่าง ๆ การพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืนจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นภาครัฐ ภาคเอกชน หรือชุมชนเอง การมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนจะช่วยเสริมสร้างความเข้มแข็งให้กับการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการสนับสนุนเชิงนโยบาย การให้ความรู้ และการสร้างโอกาสทางการตลาด ซึ่งทั้งหมดนี้จะนำไปสู่การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและส่งผลดีต่อชุมชนในระยะยาว

กระบวนการสร้างกลยุทธ์

1.การระดมความเห็นจากชุมชน เริ่มต้นด้วยการจัดประชุมชุมชนเพื่อระดมความคิดเห็นและกำหนดปัญหาหรือความต้องการที่สำคัญของชุมชน กระบวนการนี้เปิดโอกาสให้ทุกคนในชุมชนมีส่วนร่วมในการเสนอความคิดเห็นและเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาทรัพยากร

2.การวิเคราะห์ทรัพยากรและสถานการณ์ หลังจากรวบรวมข้อมูลจากชุมชน ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ทรัพยากรที่มีอยู่ เช่น ความหลากหลายของทรัพยากรธรรมชาติ ภูมิปัญญาท้องถิ่น และสถานการณ์ทางเศรษฐกิจเพื่อระบุจุดแข็งและจุดอ่อนของการใช้ทรัพยากร

3.การจัดทำกลยุทธ์ เมื่อทราบสถานการณ์แล้ว จะมีการพัฒนากลยุทธ์ที่เน้นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรอย่างยั่งยืน โดยกระบวนการนี้จะร่วมมือกับชุมชนผ่านการประชุมย่อยและการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อให้กลยุทธ์สอดคล้องกับบริบทและความต้องการของชุมชน

4.การทดสอบและปรับปรุงกลยุทธ์ หลังจากพัฒนากลยุทธ์แล้ว จะมีการทดสอบในระดับเล็กก่อนเพื่อดูว่ามีประสิทธิภาพอย่างไร หากพบปัญหาหรือข้อจำกัดจะมีการปรับปรุงกลยุทธ์ให้ดียิ่งขึ้น

5.การดำเนินการและการประเมินผล เมื่อกลยุทธ์ได้รับการปรับปรุงและพร้อมใช้งาน จะนำไปสู่การดำเนินการจริง พร้อมทั้งการประเมินผลอย่างต่อเนื่องเพื่อตรวจสอบว่าการบริหารจัดการทรัพยากรเป็นไปอย่างยั่งยืนและตอบสนองต่อความต้องการของชุมชนได้จริง

การพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นในตำบลทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ มุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนในทุกขั้นตอน ซึ่งช่วยสร้างความรู้สึกเป็นเจ้าของและความรับผิดชอบร่วมกัน ทำให้การจัดการทรัพยากรท้องถิ่นมีประสิทธิภาพและยั่งยืน กลยุทธ์หลักรวมถึงการส่งเสริมการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นในการผลิตสินค้าและบริการ การพัฒนาความรู้และทักษะของสมาชิกในชุมชน และการสร้างเครือข่ายการตลาดที่เข้มแข็ง ความร่วมมือระหว่างภาคส่วนต่าง ๆ ทั้งภาครัฐ เอกชน และชุมชน เป็นปัจจัยสำคัญในการสนับสนุนการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนที่ยั่งยืนในระยะยาว



ภาพที่ 1 กระบวนการค้นหากลยุทธ์ร่วมกับชุมชน

ที่มา: สุภพงษ์ สุขชาวนา (17 กรกฎาคม 2566)

สรุปผลและอธิปรายผล

จากการศึกษามีการสังเคราะห์ข้อมูลและพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นในชุมชนทองผาภูมิ ตำบลทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1.ทรัพยากรท้องถิ่น ชุมชนทองผาภูมิเป็นพื้นที่ที่มีทรัพยากรท้องถิ่นที่หลากหลายและมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตและการพัฒนาเศรษฐกิจของชุมชน ทรัพยากรธรรมชาติในชุมชนนี้ ประกอบด้วยป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ แหล่งน้ำ และที่ดินเกษตรกรรม ซึ่งไม่เพียงแต่เป็นแหล่งอาหารและที่พักพิงสำหรับประชาชนในชุมชนเท่านั้น แต่ยังเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาเศรษฐกิจในด้านการเกษตรกรรมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ นอกจากนี้ ชุมชนทองผาภูมิยังคงรักษาวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สืบทอดกันมาอย่างยาวนาน วัฒนธรรมเหล่านี้สะท้อนถึงอัตลักษณ์และวิถีชีวิตของชุมชน เช่น งานหัตถกรรมพื้นบ้าน ประเพณีท้องถิ่น และศิลปะการแสดงพื้นเมือง ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการผลิตสินค้าและบริการที่มีมูลค่าเพิ่ม ช่วยสร้างรายได้และส่งเสริมเศรษฐกิจของชุมชน จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ทรัพยากรท้องถิ่นในชุมชนทองผาภูมิมีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นแหล่งทรัพยากรเพื่อการเกษตร การท่องเที่ยวเชิงนิเวศ และการผลิตสินค้าท้องถิ่น การสังเคราะห์ข้อมูลยังแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นใน

การพัฒนาระบบการจัดการทรัพยากรที่สามารถสนับสนุนการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรเหล่านี้ได้อย่างเต็มที่และยั่งยืน การพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนในระยะยาวจำเป็นต้องมีการจัดการที่รอบคอบและรักษาสมดุลกับสิ่งแวดล้อม

2.การพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม การพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นในชุมชนทองผาภูมิผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างความยั่งยืนทางเศรษฐกิจและสังคม การศึกษาพบว่าการมีส่วนร่วมของชุมชนเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นมีประสิทธิภาพมากขึ้น การจัดตั้งกลุ่มผู้ผลิตในชุมชน การรวมกลุ่มเกษตรกร และการสร้างเครือข่ายการตลาดสำหรับสินค้าชุมชน เป็นตัวอย่างของการรวมพลังและสร้างความเข้มแข็งภายในชุมชนเอง ซึ่งช่วยให้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้รับการใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่และถูกต้องตามแนวทางที่ทุกคนมีส่วนร่วมในการกำหนดกลยุทธ์ที่ได้รับการพัฒนาจากการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลรวมถึง การส่งเสริมการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นในการผลิตสินค้าและบริการ การพัฒนาความรู้และทักษะของสมาชิกในชุมชนในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่น รวมถึงการสร้างเครือข่ายการตลาดที่มีความเข้มแข็งและครอบคลุม กลยุทธ์เหล่านี้ถูกพัฒนาขึ้นโดยผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน ทำให้เกิดความเหมาะสมและสามารถปฏิบัติได้จริงในบริบทของชุมชนท้องถิ่น นอกจากนี้ ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืนจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นภาครัฐ ภาคเอกชน หรือชุมชนเอง การสร้างความร่วมมือที่แข็งแกร่งในด้านการสนับสนุนเชิงนโยบาย การให้ความรู้ และการสร้างโอกาสทางการตลาด จะช่วยเสริมสร้างความเข้มแข็งให้กับการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่น และนำไปสู่การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลดีต่อชุมชนในระยะยาว

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับการสังเคราะห์และพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นในชุมชนทองผาภูมิ ตำบลทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ผลการศึกษานี้ได้นำเสนอข้อสรุปที่สามารถนำไปสู่การพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืนผ่านการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นในพื้นที่ดังกล่าวสามารถอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

1. ความหลากหลายและศักยภาพของทรัพยากรท้องถิ่น ชุมชนทองผาภูมิเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางทรัพยากรท้องถิ่น ทั้งในด้านทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรม ซึ่งทรัพยากรเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตและการพัฒนาเศรษฐกิจของชุมชน อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรเหล่านี้ยังคงเผชิญกับความท้าทายในด้านการจัดการที่ต้องการการวางแผนและการประสานงานอย่างมีประสิทธิภาพทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ป่าไม้ แหล่งน้ำ และที่ดินเกษตรกรรม เป็นทรัพยากรที่มีศักยภาพสูงในการสนับสนุนการเกษตรกรรมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ แต่ก็มีความเสี่ยงต่อการถูกทำลายหรือเสื่อมสภาพหากไม่ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม ในขณะเดียวกัน วัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งเป็นอัตลักษณ์สำคัญของชุมชน ก็มีบทบาทสำคัญในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าและบริการที่สามารถสร้างรายได้ให้กับชุมชน การรักษาความสมดุลระหว่างการใช้ประโยชน์และการอนุรักษ์ทรัพยากรเหล่านี้จึงเป็นสิ่งจำเป็น สอดคล้องกับการศึกษาของ สรรเพชร เพียรจัด และคณะ (2564) ที่มองว่า การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนโดยใช้ทรัพยากรท้องถิ่นเป็นฐาน มีส่วนสำคัญในการยกระดับเศรษฐกิจของชุมชนอย่างยั่งยืน งานวิจัยนี้ได้ศึกษาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าซึ่งมีอัตลักษณ์พื้นถิ่นของชุมชน และนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ ผลการวิจัยพบว่า การบูรณาการกระบวนการมีส่วนร่วมระหว่างชุมชนและหน่วยงานต่าง ๆ สามารถสร้างกลยุทธ์การตลาดใหม่ เพิ่มช่องทางการจำหน่าย และยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่งผลให้มูลค่าของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญการปรับตัวของชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเม่า ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน แต่ยังช่วยสร้างความเข้มแข็งในเชิงสังคมและวัฒนธรรมให้กับชุมชนด้วย การมีส่วนร่วมของชุมชนในการวางแผนและการจัดการผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดความร่วมมือที่ดี และเป็นพื้นฐานในการพัฒนาต่อเนื่องในอนาคต

2. การมีส่วนร่วมของชุมชนในกระบวนการจัดการทรัพยากร การมีส่วนร่วมของชุมชนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การจัดการทรัพยากรท้องถิ่นมีความยั่งยืน การจัดตั้งกลุ่มผู้ผลิตในชุมชนและการรวมกลุ่มเกษตรกรเป็นตัวอย่างที่ดีในการสร้างความเข้มแข็งภายในชุมชนเอง กระบวนการมีส่วนร่วมช่วยให้เกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของและความรับผิดชอบร่วมกัน ซึ่งส่งผลให้การจัดการทรัพยากรท้องถิ่นเกิดประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ การสร้างเครือข่ายการตลาดสำหรับสินค้าชุมชนยังเป็นตัวอย่างที่ชัดเจนของการที่ชุมชนสามารถรวมพลังกันเพื่อใช้ประโยชน์จากทรัพยากรอย่างเต็มที่ การมีส่วนร่วมนี้ไม่ได้จำกัดเพียงแค่การรวมกลุ่มในชุมชนเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมถึงการมีส่วนร่วมจากภาคส่วนต่างๆ เช่น ภาครัฐและเอกชน การสร้างความร่วมมือที่แข็งแกร่งระหว่างชุมชนกับหน่วยงานภายนอกเป็นสิ่งที่สำคัญในการสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน สอดคล้องกับแนวคิดการมีส่วนร่วมในการพัฒนาชุมชนนำเสนอโดย โกวิทย์ พวงงาม (2558), สนธยา พลศรี (2545) และณรัชช์อร (ณัฐนรี) ศรีทอง (2554) กล่าวว่า การมีส่วนร่วมของชุมชนในกระบวนการจัดการทรัพยากรสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาชุมชนที่เน้นการมีส่วนร่วม (Participatory Development) ซึ่งมุ่งให้ชุมชนมีบทบาทสำคัญในการพัฒนา การวางแผน และการตัดสินใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับชีวิตความเป็นอยู่ของพวกเขา การมีส่วนร่วมนี้ช่วยเสริมสร้างศักยภาพของชุมชนในการจัดการทรัพยากร และยังช่วยให้ชุมชนสามารถปรับตัวและพัฒนาต่อไปได้ในระยะยาว

3. การพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการทรัพยากร กลยุทธ์หลายประการที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งเสริมการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นในการผลิตสินค้าและบริการ ซึ่งจะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าชุมชน การพัฒนาความรู้และทักษะของสมาชิกในชุมชนในการบริหารจัดการทรัพยากรเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้ชุมชนสามารถดำเนินการจัดการทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน กลยุทธ์ที่พัฒนาขึ้นจากกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน ทำให้เกิดความเหมาะสมและเป็นไปได้ในการปฏิบัติ นอกจากนี้ การสร้างเครือข่ายการตลาดที่เข้มแข็งยังช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของสินค้าชุมชนในตลาดที่กว้างขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างความยั่งยืนทางเศรษฐกิจ สอดคล้องกับการศึกษาของ สรรเพชร เพียรจัด และคณะ (2564) ซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าในอำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ พบว่าการพัฒนากลยุทธ์การตลาดใหม่ที่เป็นธรรม และการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้มูลค่าของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การพัฒนากลยุทธ์เหล่านี้ต้องการการมีส่วนร่วมของชุมชนในทุกขั้นตอนตั้งแต่การวางแผน การตัดสินใจ จนถึงการดำเนินการ ซึ่งทำให้กลยุทธ์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมและยั่งยืน

4. การสร้างความร่วมมือระหว่างภาคส่วนต่างๆ การพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืนจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน การมีส่วนร่วมของภาครัฐและภาคเอกชนในด้านการสนับสนุนเชิงนโยบาย การให้ความรู้ และการสร้างโอกาสทางการตลาด มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมให้การบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่นเกิดประสิทธิภาพ การสร้างความร่วมมือที่แข็งแกร่งจะช่วยให้ทรัพยากรท้องถิ่นได้รับการจัดการอย่างเหมาะสมและสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ในระยะยาว สอดคล้องการศึกษาของ สัญญา เคณาภูมิ (2567) ได้ศึกษารูปแบบความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชนที่มีลักษณะเป็นหุ้นส่วนเชิงกลยุทธ์ โดยมุ่งใช้ประโยชน์จากจุดแข็งของทั้งสองหน่วยงานเพื่อบรรลุเป้าหมายร่วมกัน งานวิจัยนี้เน้นถึงความสำคัญของการสื่อสารที่เปิดกว้าง โครงสร้างการกำกับดูแลที่โปร่งใส และการกำหนดบทบาทและความรับผิดชอบที่ชัดเจนในกระบวนการความร่วมมือ นอกจากนี้ยังกล่าวถึงรูปแบบความร่วมมือที่สำคัญ เช่น ห้างหุ้นส่วนภาครัฐและเอกชน (PPP), การจ้างบุคคลภายนอก (Outsourcing), และพันธมิตรเชิงกลยุทธ์ (Strategic Alliances) ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการสร้างความร่วมมือระหว่างภาคส่วนต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและนวัตกรรมในการใช้ทรัพยากรท้องถิ่น

การวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นในชุมชนทองผาภูมิ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนและการสร้างความร่วมมือระหว่างภาคส่วนต่างๆ เป็นกุญแจสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน กลยุทธ์ที่พัฒนาขึ้นจากการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชุมชนอื่นๆ ที่มีบริบทคล้ายคลึงกัน เพื่อส่งเสริมการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนในระยะยาว

องค์ความรู้ใหม่ที่เป็นประโยชน์จากกลยุทธ์การบริหารจัดการทรัพยากรท้องถิ่น

ผลการศึกษานี้นำเสนอองค์ความรู้ใหม่ที่เป็นประโยชน์ซึ่งสามารถนำไปใช้ในบริบทของชุมชนอื่น ๆ โดยเฉพาะการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นและการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน กลยุทธ์เหล่านี้เน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนและความร่วมมือระหว่างภาคส่วนต่าง ๆ เพื่อให้การจัดการทรัพยากรท้องถิ่นเกิดประสิทธิภาพสูงสุด องค์ความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นจากการวิจัยนี้ประกอบด้วย

1.การพัฒนาทรัพยากรท้องถิ่นเชิงกลยุทธ์ การวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นอย่างมีประสิทธิภาพและการเพิ่มมูลค่าของทรัพยากรผ่านกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการที่เป็นเอกลักษณ์ โดยเน้นการบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่น เช่น การผลิตสินค้าหัตถกรรมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าชุมชนโดยใช้ทรัพยากรท้องถิ่นช่วยให้ชุมชนสามารถพึ่งพาตนเองได้ในระยะยาว "ชุมชนที่มีทรัพยากรท้องถิ่นมากมายควรหันมาใช้และพัฒนาให้เกิดมูลค่าเพิ่ม ซึ่งจะสร้างรายได้ให้กับชุมชนเอง" ผู้ทรงคุณวุฒิในงานวิจัยกล่าว

2.การบูรณาการการมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของการพัฒนา การมีส่วนร่วมของชุมชนในกระบวนการวางแผนและการตัดสินใจเกี่ยวกับทรัพยากรท้องถิ่นเป็นกุญแจสำคัญที่นำไปสู่การจัดการที่ยั่งยืน ผลการวิจัยชี้ว่า การที่ชุมชนได้มีบทบาทในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การระดมความคิด การวางแผน การตัดสินใจ ไปจนถึงการดำเนินการ ทำให้กลยุทธ์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับบริบทของพื้นที่และตอบสนองความต้องการของชุมชนอย่างแท้จริง "เมื่อชุมชนมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอน พวกเขาจะรู้สึกว่าเป็นเจ้าของและพร้อมที่จะรับผิดชอบในการรักษาทรัพยากร" นักวิจัยกล่าว

3.**การเสริมสร้างความรู้และทักษะของชุมชน** ผลการวิจัยพบว่าการเสริมสร้างความรู้และทักษะให้กับสมาชิกในชุมชนเกี่ยวกับการบริหารจัดการทรัพยากรและการพัฒนาผลิตภัณฑ์มีความสำคัญอย่างยิ่ง การพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืนต้องอาศัยความรู้ในด้านการตลาด การจัดการทรัพยากร และการวางแผนเชิงกลยุทธ์ "ชุมชนที่มีความรู้และทักษะที่เข้มแข็งจะสามารถพึ่งพาตนเองได้มากขึ้นและมีความสามารถในการแข่งขันสูง" นักวิจัยกล่าว การพัฒนาความรู้เหล่านี้สามารถทำได้ผ่านการฝึกอบรมและการร่วมมือกับภาคส่วนต่าง ๆ

4.การสร้างเครือข่ายการตลาดที่เข้มแข็งและครอบคลุม หนึ่งในกลยุทธ์ที่สำคัญที่ได้รับการพัฒนาคือการสร้างเครือข่ายการตลาดที่แข็งแกร่ง ซึ่งช่วยให้สินค้าชุมชนสามารถเข้าถึงตลาดที่กว้างขึ้น โดยเฉพาะการเชื่อมโยงกับการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและการตลาดออนไลน์ "การมีเครือข่ายการตลาดที่ดีไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน แต่ยังช่วยเสริมสร้างการพัฒนาเศรษฐกิจในระดับชุมชนและระดับประเทศ" ผู้บริหารท้องถิ่นกล่าว การสร้างเครือข่ายเหล่านี้ต้องอาศัยการสนับสนุนจากภาครัฐและเอกชน เช่น การอบรมการตลาด การจัดหาแหล่งเงินทุน และการสร้างแพลตฟอร์มออนไลน์สำหรับการจำหน่ายสินค้า

5.การสร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐ เอกชน และชุมชน ความร่วมมือระหว่างภาครัฐ เอกชน และชุมชนเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน การวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการสร้างความร่วมมือระหว่างภาคส่วนต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการสนับสนุนในเชิงนโยบายและการจัดหาแหล่งเงินทุน "ความร่วมมือที่แข็งแกร่งช่วยให้ชุมชนสามารถเข้าถึงแหล่งทรัพยากรที่จำเป็นและใช้ประโยชน์จากทรัพยากรเหล่านั้นอย่างยั่งยืน"

ผู้บริหารภาครัฐกล่าว ความร่วมมือดังกล่าวจะช่วยให้ชุมชนสามารถพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่องและมีศักยภาพในการแข่งขันในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ

สรุปองค์ความรู้ใหม่ การพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืนผ่านการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อชุมชนมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอน การเพิ่มมูลค่าของทรัพยากรท้องถิ่นผ่านการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการสร้างเครือข่ายการตลาดที่แข็งแกร่งช่วยเสริมสร้างศักยภาพให้ชุมชน ความร่วมมือระหว่างภาครัฐ เอกชน และชุมชนยังมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการพัฒนานี้ องค์ความรู้เหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชุมชนอื่น ๆ เพื่อสนับสนุนการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนในระยะยาว

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาทุนในชุมชน: การสร้างศูนย์เรียนรู้และการพัฒนาทักษะในชุมชน การจัดตั้งศูนย์เรียนรู้หรือศูนย์พัฒนาทักษะในชุมชนทองผาภูมิจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการเสริมสร้างความรู้และทักษะด้านการจัดการทรัพยากรท้องถิ่นให้กับสมาชิกในชุมชน ศูนย์นี้สามารถจัดอบรมเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การบริหารจัดการธุรกิจขนาดย่อม และการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการส่งเสริมการตลาด นอกจากนี้ ศูนย์เรียนรู้ยังสามารถเป็นแหล่งแลกเปลี่ยนความรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นระหว่างชุมชนและหน่วยงานภายนอก เพื่อเสริมสร้างศักยภาพและความเข้มแข็งให้กับชุมชนในระยะยาว

ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาต่อไป: การศึกษาผลกระทบของการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นต่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ควรมีการศึกษาต่อไปในเรื่องของผลกระทบที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นในการพัฒนาเศรษฐกิจของชุมชนทองผาภูมิ โดยเน้นที่การประเมินความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม การศึกษานี้ควรมุ่งเน้นการสำรวจและวิเคราะห์ว่าการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นในปัจจุบันจะส่งผลอย่างไรต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว รวมถึงการหาแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยไม่ทำลายสมดุลของระบบนิเวศ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืนในอนาคต.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำตลอดการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ (รศ.ดร.ทวีศิลป์ สืบวัฒนะ) แหล่งทุนสนับสนุนการวิจัย (บพท.) ขอขอบคุณชุมชนทองผาภูมิ ตำบลทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ที่ได้ให้ความร่วมมือและข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจและสนับสนุนในทุกขั้นตอนของการทำงาน อีกทั้งขอขอบคุณคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ที่ได้ให้โอกาสและทรัพยากรในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาชุมชนทองผาภูมิและชุมชนอื่น ๆ ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

โกวิทย์ พวงงาม. (2558). **นวัตกรรมท้องถิ่นขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น.** กรุเทพฯ: เสมาธรรม.

ณรัชช์อร (ณัฐนรี) ศรีทอง. (2554). **การบริหารงานพัฒนาชุมชนเชิงยุทธศาสตร์.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

สนธยา พลศรี. (2545). **ทฤษฎีและหลักการพัฒนาชุมชน.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

สรรเพชร เพียรจัด และคณะ. (2564). รูปแบบการยกระดับเศรษฐกิจชุมชนด้วยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ อัตลักษณ์พื้นถิ่นข้าวเม่า แบบบูรณาการ อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์. **วารสารวิชาการ มจร บุรีรัมย์**, 6(1), 105–119.

สัญญา เคณาภูมิ. (2567). รูปแบบความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน. **วารสารการบริหาร การจัดการและการพัฒนาที่ยั่งยืน,** 2(1),67 – 82.

Bourdieu, P. (1977). **Outline of a theory of practice.** Cambridge University Press.

Gulliford, A. (2000). **Sacred Objects and Sacred Places: Preserving Tribal Traditions**. University Press of Colorado.

Norris, P., & Inglehart, R. (2003). **Rising tide: Gender equality and cultural change around the world.** Cambridge University Press.

Norris, P., & Inglehart, R. (2003). ***Rising Tide: Gender Equality and Cultural Change Around the World.*** Cambridge University Press.

Ostrom, E. (1990). **Governing the commons: The evolution of institutions for collective action**. Cambridge University Press.

Ostrom, E. (1990). ***Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action.*** Cambridge University Press.

Putnam, R. D. (2000). **Bowling alone: The collapse and revival of American community**. Simon and Schuster.

Roberts, B. (2019). **Local Wisdom in the Global Age: Integrating Traditional and Modern Knowledge**. International Journal of Cultural Studies, 22(3), 331–347.

Sen, A. (1999). **Development as freedom.** Oxford University Press.

Smith, A. (2007). **An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations**. University of Chicago Press.

Smith, D. M. (2007). ***Culture, Economy, and Development in Communities: The Role of Local Resources.*** Routledge.

การพัฒนาวิสาหกิจเพื่อสังคม ด้านสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง กรณีศึกษาวัดร้องหลอด อ.พาน จ.เชียงราย

Social enterprise development of community self-reliant health case study of Wat Rong Lod Temple, Phan District, Chiang Rai Province

ณิชพัณณ์ ปิตินิยมโรจน์[1*], ชไมพร รัตนเจริญชัย[2] และ ศิรินาฏ จันทนะเปลิน[3]

Nichaphan Pitiniyomrot[1*], Chamaipon Ratanacharoenchai[2] and Sirinat Chantanapelin[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบการบริหารจัดการกลุ่ม ในรูปแบบวิสาหกิจเพื่อสังคมสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเองรวมถึงการประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการดำเนินงานด้านสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเองโดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงคุณภาพ ใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) การสนทนากลุ่ม (Focus Group) และฝึกการอบรมโดยใช้แบบ บันทึกข้อมูล แบบฟอร์มการประเมินผลกระทบทางสังคม

ผลการศึกษา พบว่าพระสงฆ์เจ้าอาวาสและวัด มีบทบาทเสมือนเป็นพื้นที่กลางของชุมชนที่ให้ประชากรเข้ามามีส่วนร่วมกิจกรรมทางสังคมผ่านโครงการสังฆทาน ต่อบุญ เพื่อจัดสรรสิ่งของบริจาคไปสู่ผู้ป่วยที่ขาดแคลนโดยใช้ระบบอาสาสมัครที่ได้รับการอบรมและมีความรู้ด้านการดูแลผู้ป่วย รวมทั้งวัดยังมีบทบาทในด้านของการสร้างอาชีพให้แก่คนในชุมชน เช่น การเปิดโอกาสให้คนในชุมชนมาใช้พื้นที่กลางของวัดเพื่อขายสินค้า การเปิดโอกาสให้คนในชุมชนมาทำงานในร้านกาแฟของวัด เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมที่เกิดขึ้นมีความเหมาะสมในการรวมกลุ่มกันจัดตั้งเป็นวิสาหกิจเพื่อสังคม ซึ่งผลการดำเนินงานสามารถสรุปเป็นแบบจำลองทางธุรกิจ (Business Model Canvas) ของวิสาหกิจเพื่อสังคมด้านสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง ถือเป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง องค์กรทางศาสนาและระบบสาธารณสุขปฐมภูมิ สมาชิกในชุมชน กิจกรรมการดำเนินงาน รายได้ และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเหลือชุมชนให้เกิดความเข้มแข็ง การวิเคราะห์ผลการตอบแทนทางสังคมของการพัฒนาวิสาหกิจเพื่อสังคม ด้านสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเองพบว่าผลการตอบแทนสังคมของการโครงการพัฒนาวิสาหกิจสังคมด้านสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเองมีค่า 1.6 เท่า

คำสำคัญ: วิสาหกิจเพื่อสังคม, ผลตอบแทนทางสังคม, การบริหารจัดการกลุ่ม, สุขภาพชุมชน

[1]สาขาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย จังหวัดเชียงราย 57120

[2]สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย จังหวัดเชียงราย 57120

[3]สาขาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย จังหวัดเชียงราย 57120

[1]Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai 57120

[2]Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai 57120

[3]Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai 57120

*Corresponding author : Sirinat@rmutl.ac.th

Abstract

This research aims to examine the community context, group integration patterns, existing funds, and available resources related to community health management through herbal medicine, with a focus on designing group management in a social enterprise format. It also assesses the social return on investment and the benefits derived from operating community health services. A qualitative research approach is employed, utilizing in-depth interviews, focus group discussions, and training sessions, with data collected through recording forms and social impact assessment tools.

The findings reveal that the temple and its abbot play a central role in serving as a community hub, fostering social engagement through charitable projects, distributing donated medical equipment to those in need, and providing care for bedridden patients through a trained volunteer system. Additionally, the temple contributes to community livelihood development by offering space for local vendors to sell goods and creating job opportunities, such as employment in the temple's coffee shop. Given the nature of these activities, establishing a social enterprise appears to be a suitable approach, as the primary goal is to generate societal benefits. Thus, managing community-based health initiatives through a social enterprise model is both viable and beneficial. The operational outcomes can be summarized in a business model canvas for a community-based health social enterprise. This collaborative effort involves religious organizations, the public health system, community members, operational activities, revenue generation, and expenditures, all aimed at strengthening the community. An analysis of the social return on investment from developing this community-based health social enterprise indicates a return of 1.6 times the initial investment.

Keywords: Social enterprise, Social Return on Investment, Community health

บทนำ

ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วปัญหาด้านสุขภาพและคุณภาพชีวิตของประชาชนยังคงเป็นประเด็นที่สำคัญและท้าทายอย่างยิ่งโดยเฉพาะในชุมชนที่มีทรัพยากรจำกัด การพัฒนาและดูแลสุขภาพที่ยั่งยืนและการพึ่งพาตนเองเพื่อสร้างความเข้มแข็งของชุมชนจึงกลายเป็นสิ่งจำเป็น การบริหารจัดการกลุ่มในรูปแบบวิสาหกิจเพื่อสังคมสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเองเป็นกระบวนการที่เน้นการสร้างความเข้มแข็งและการพึ่งพาตนเองของชุมชน โดยเฉพาะในด้านสุขภาพและการพัฒนาเศรษฐกิจของชุมชน ซึ่งช่วยให้ประชาชนเข้าถึงการรักษาและการบริการสุขภาพได้ตามต้องการ แนวคิดพื้นฐานของวิสาหกิจเพื่อสังคมด้านสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเองคือการนำทรัพยากรในชุมชนมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ผ่านการพัฒนาทักษะให้กับบุคลากรในชุมชน การสร้างกลุ่มจิตอาสา การสร้างบริการสุขภาพที่เข้าถึงได้ การสนับสนุนการใช้สมุนไพรท้องถิ่นและการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในการดูแลสุขภาพของตนเอง นอกจากนี้ยังมีการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างหน่วยงานต่างๆ เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และการแบ่งปันทรัพยากร ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งจึงมุ่งหวังให้เกิดการนำเอาทรัพยากรและทุนทางปัญญาที่มีอยู่ในชุมชนมาบริหารจัดการ ให้เกิดประโยชน์ในการดูแลรักษาสุขภาพของสมาชิกในชุมชนแบบพึ่งพาตนเองและนอกจากสุขภาพที่ดีของสมาชิกในชุมชนแล้วยังสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์สมุนไพรในท้องถิ่นเพื่อสร้างงานสร้างรายได้ให้กับสมาชิกในชุมชน ด้วยการรวมกลุ่มมีกลไกการบริหารจัดการที่ดี มีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการบริการจัดการเพื่อให้

เกิดประสิทธิภาพ สมาชิกชุมชนสามารถเข้าถึงได้โดยง่าย ทั่วถึงและเท่าเทียม เริ่มจากใช้สมุนไพรพื้นถิ่นในการจัดการสุขภาพในระดับครัวเรือน การจัดการสุขภาพในระดับกลุ่ม เช่น กลุ่มผู้สูงอายุ กลุ่มแม่บ้าน กลุ่มเกษตรกร สู่การจัดการระดับชุมชน

โดยเป้าหมายของการการพัฒนาระบบจัดการสุขภาพชุมชนด้วยสมุนไพรแบบพึ่งตนเอง กรณีศึกษาวัดร้องหลอด อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย นำมาสู่คิดการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนแบบธุรกิจทางเลือกที่ไม่ทำเพื่อแสวงหาแต่ผลกำไรแต่เพียงอย่างเดียวแต่ยังสามารถช่วยเหลือสังคมได้ด้วย โดยแนวคิด “วิสาหกิจเพื่อสังคม หรือ Social Enterprise” เป็นแนวคิดที่ขยายขอบเขตการดำเนินงานมากขึ้นกว่าเดิมไปสู่ผู้มีส่วนได้เสียในวงกว้างมากกว่าการแบ่งปันรายได้และผลประโยชน์เฉพาะภายในกลุ่มสมาชิกหรือผู้ร่วมทุน โครงการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนากลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกสมุนไพรสู่การบริหารจัดการกลุ่มด้วยแนวคิดวิสาหกิจเพื่อสังคมโดยมุ่งเน้นการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนฐานราก การดำเนินธุรกิจโดยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมและการใช้แนวทางการบริหารจัดการเชิงธุรกิจเพื่อก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสังคมเพื่อให้ธุรกิจสามารถดำเนินได้อย่างยั่งยืนโดยเลือกพื้นที่เป้าหมายในการศึกษาเพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาคือชุมชนวัดร้องหลอด ตำบลเมืองพาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีทุนทางสังคม มีกิจกรรมการดำเนินงานด้านการส่งเสริมสุขภาพชุมชนที่มีความเหมาะสมสอดคล้องกับแนวคิดวิสาหกิจเพื่อสังคม

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อออกแบบการบริหารจัดการกลุ่มในรูปแบบวิสาหกิจเพื่อสังคม สุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง
2. เพื่อประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการดำเนินงานของวิสาหกิจเพื่อสังคม สุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง

แนวคิดทฤษฎี

2.1 บริบทบ้านร้องหลอด และวัดร้องหลอด

ชุมชนบ้านร้องหลอดตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลเมืองพาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย อยู่ในพื้นที่การดูแลขององค์การบริหารส่วนตำบลเมืองพาน สังคมบ้านร้องหลอดจะเป็นสังคมที่ชาวบ้านรักใคร่และช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ถึงแม้ว่าในบ้านร้อง หลอดจะแบ่งออกเป็น 2 หมู่บ้าน แต่ทั้งสองหมู่บ้านก็ยังเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน โดยเฉพาะเมื่อมีกิจกรรม ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในหมู่บ้าน ก็ร่วมด้วยช่วยกันทั้งกำลังทรัพย์กำลังภายในการพัฒนาโดยมีวัดร้องหลอดเป็นศูนย์วัฒนธรรมกลุ่มยุวพุทธวัดร้องหลอด มีชมรมผู้สูงอายุ แม่บ้าน ผู้นำชุมชน ทุกส่วน คณะกรรมการเป็นผู้ ช่วยกันผลักดันสนับสนุนกิจกรรมต่าง ๆ ให้เกิดขึ้น เมื่อมีปัญหาก็ร่วมกันแก้ไขปัญหาร่วมกัน โดยมีวัดเป็น ศูนย์กลางในการทำกิจกรรมต่างๆ อีกทั้งวัดยังเป็นสถานที่ทางพุทธศาสนาที่สอดแทรกด้วยการเล่าถึง วัฒนธรรมของหมู่บ้าน แต่ในทางกลับกันชุมชนยังคงมีความขาดแคลนและต้องการในด้านโครงสร้าง พื้นฐานอื่น ๆ อีกด้วย เช่น ในหมู่บ้านถนนบางสายยังขาดไฟฟ้าใช้ในตอนกลางคืน ไม่มีศาลาอเนกประสงค์ สำหรับการประชุม รวมทั้งขาดการปรับปรุงภูมิทัศน์ ไฟฟ้าในซอยไม่พอใช้ และติดกล้องวงจรปิด เป็นต้น ชุมชนบ้านร้องหลอด เป็นชุมชนที่มีลักษณะของพื้นที่แบบ พื้นที่ราบลุ่มมีความอุดมสมบูรณ์เหมาะ สำหรับการทำการเกษตร โดยมีสภาพภูมิอากาศ 3 ฤดู

มิติสุขภาพชุมชน จากการ สำรวจชุมชนพบว่าแนวทางการดูแลสุขภาพของคนในชุมชนและปัญหาที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพชุมชน ดังนี้

2.1.1 ระบบแพทย์ภาคประชาชน (Popular Sector)

ระบบการดูแลสุขภาพของคนในชุมชนเมื่อมีอาการเจ็บป่วยเพียงเล็กน้อย หรือในระดับไม่รุนแรง มักเลือกซื้อยาจากร้านขายยามา รับประทานเอง โดยส่วนใหญ่จะเป็นยาแผนปัจจุบัน เช่น ยาพาราเซตามอล ยาลดกรด โพวิโดน–ไอโอดีน น้ำเกลือล้างแผล และยาอื่น ๆ จำพวกยาแผนโบราณสามัญประจำบ้าน เช่น ยาหอม ยาหม่อง และยาผงเหลือง ตราสิงห์คำ นอกจากนี้ ชาวบ้านมักจะเลือกใช้สมุนไพรที่ปลูกบริเวณบ้านมาใช้ และมีการสืบทอดความรู้จากรุ่น สู่รุ่น เช่น ฟ้าทะลายโจรรักษาอาการไข้หวัด แก้ไอและเจ็บคอ ว่านหางจระเข้ ใช้รักษาแผลธรรมดา แผลไฟไหม้และน้ำร้อนลวกในส่วนของอาหาร คนในชุมชนเลือกทานอาหาร หรือเครื่องดื่มที่ช่วยบำรุงสุขภาพ

2.1.2 ศูนย์สังฆทานต่อบุญ

โครงการสังฆทานต่อบุญ เป็นโครงการริเริ่มโดยพระครูพิศาล สังวรคุณ โดยเกิดจากการที่พระครูได้ทราบปัญหาเพื่อนของโยมพ่อที่ล้มป่วยเป็นผู้ป่วยติดเตียงหลังจากนั้นก็ได้เสียชีวิตเนื่องจากขาดคนดูแลและฐานะ ทางการเงิน ทำให้พระครูมีแนวคิดที่จะสร้างศูนย์ดูแลผู้ป่วยติดเตียง นอกจากนี้ยังมีปัญหาสังฆทานที่ชาวบ้าน นำมาถวายที่มีจำนวนมากเกินไปจนสิ่งของนำมาถวายไม่สามารถใช้ให้เกิดประโยชน์ ได้ทันและยังมีสินค้าปลอม สินค้าหมดอายุเป็นจำนวนมาก โดยจากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นทำให้พระครูเล็งเห็นความสำคัญในการ เปลี่ยนจากการทำบุญถวายสังฆทานในรูปแบบเดิมเป็นการทำบุญด้วยผ้าอ้อมสำเร็จรูปสำหรับผู้ใหญ่เพื่อนำไป บริจาคแก่ผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการเงินหรือมีทรัพยากรที่ไม่เพียงพอ

2.1.3 ระบบแพทย์พื้นบ้าน (Folk Sector)

จากการสอบถามผู้ประกอบพิธีกรรมพื้นบ้านของชาวบ้านร้องหลอดพบว่า ผู้คนในชุมชนมีความเชื่อเรื่องแพทย์พื้นบ้านในการประกอบพิธีต่าง ๆ เพื่อช่วยในการป้องกันและรักษาอาการเจ็บป่วย เช่น พิธีส่งเคราะห์ (สะเดาะเคราะห์) พิธีฮ้องขวัญ (ส่งขวัญ) พิธีรดน้ำ เป็นการทำพิธีโดยใช้น้ำ 7 บ่อ และสวดคาถาพุทธมนต์ และ หมอเป่าเป็นอีกพิธีกรรมหนึ่งที่เลือนรางไปแล้วในปัจจุบัน เป็นต้น

2.1.4 ระบบการแพทย์วิชาชีพ (Profession Sector)

ในหมู่บ้านร้องหลอดมีระบบแพทย์วิชาชีพ 3 ประเภทได้แก่ กลุ่มอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ระบบการดูแลสุขภาพโดย Care Giver และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ (รพสต.) ตำบลเมืองพาน

2.2 แนวคิดธุรกิจเพื่อสังคม

ธุรกิจเพื่อสังคม (Social Enterprise) หมายถึงการรวมกลุ่มขององค์กรซึ่งเกิดจากโครงสร้างหลากหลายมิติและการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างส่วนภาครัฐ ส่วนเอกชน และส่วนของสังคมผ่านรูปแบบของการประกอบการเพื่อแสวงหากำไร ไม่แสวงหากำไร และรูปแบบองค์กรที่ผสมผสานทั้งสองแบบ เพื่อสร้างคุณค่าให้แก่สังคม และนำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงโดยการร่วมทุนสามารถทำได้หลากหลาย

ลักษณะธุรกิจเพื่อสังคม

สำนักงานสร้างเสริมกิจการเพื่อสังคมแห่งชาติ (2556) ได้สรุปลักษณะที่สำคัญของกิจการเพื่อสังคมไว้ดังนี้

1.มีเป้าหมายทางสังคมและสิ่งแวดล้อมไม่ใช่ผลกไรสูงสุด มีการกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายทางสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ชัดเจนตั้งแต่ต้น

2.มีรูปแบบการดำเนินการที่มีความยังยืนทางการเงิน ดำเนินการในรูปแบบธุรกิจมีรายได้จากการขายและการผลิตสินค้า และ/หรือการให้บริการคิดเป็นสัดส่วนสำคัญ (ควรที่จะมากกวาส่วนที่ได้รับจากการบริจาคระดมทุนหรือการรับทุนสนับสนุน) เพื่อสะท้อนถึงโอกาสในการเกิดความยั่งยืนทางการเงินของกิจการ

3.เป็นมิตรต่อสังคมและต่อสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการผลิตและการดำเนินกิจการที่ ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาวะสังคม และสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

4.ผลกำไรกลับคืนสู่สังคมและเป้าหมายที่กำหนดไว้ ผลกำไรส่วนใหญ่จากการดำเนินงาน ถูกนำมาขยายผลเพื่อการบรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้กาหนดไว้ในข้อ 1 หรือคืนผลประโยชน์ นั้นให้แก่สังคมและชุมชน โดยควรมีสัดส่วนที่มากกว่าส่วนที่นำมาปันผลให้กับผู้ถือหุ้น ยกเว้นในกรณีที่ผู้ถือหุ้นส่วนใหญ่เป็นกลุ่มเป้าหมายของวัตถุประสงค์ของกิจการ

5.ดำเนินการอย่างโปร่งใส จัดทำข้อมูลอย่างเป็นระบบและเปิดเผยต่อสาธารณะ โครงสร้างของกิจการเพื่อสังคม แบ่งออกตามระดับของการผสมกันระหว่างกิจกรรมทางธุรกิจ และโครงสร้างทางสังคมเป็น 3 แบบ (สฤณี อาชวานันทกุล, 2553) ดังนี้

– กิจกรรมของธุรกิจและโครงสร้างเพื่อสังคมเป็นสิ่งเดียวกัน (Embedded Social Enterprise) กิจกรรมทางธุรกิจถูกฝังอยู่ในกิจกรรมขององค์กรและโครงการต่าง ๆ ด้านสังคม โครงสร้างทางสังคมเป็นโครงการที่สามารถทำเงินได้ด้วยตัวเองทำให้เป็นรูปแบบที่มีความยั่งยืน

– กิจกรรมของธุรกิจและโครงการทางสังคมจะมีส่วนทบซ้อนกันอยู่ (Integrated Social Enterprise) ซึ่งมักเป็นการแชร์ต้นทุนและทรัพย์สินกิจกรรมต่าง ๆ ของบริษัทจะถูกรวมเข้ากับการปฏิบัติงาน องค์กรไม่แสวงหากำไรตั้งกิจการเหล่านี้ขึ้น เพื่อเป็นกลไกสนับสนุนการดำเนินงานและกิจกรรมทางสังคม ลูกค้าขององค์กรไม่แสวงหากำไรตั้งกิจการเหล่านี้ ได้ผลประโยน์จากการลงทุนในโครงการด้านสังคมที่เผชิญกับการหารายได้ที่อาจจะเกี่ยวข้องหรือไม่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานของผู้ประกอบการรูปแบบนี้มักใช้การหารายได้จากทรัพย์สินที่มีในการสร้างธุรกิจความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมทางธุรกิจกับโครงการด้านสังคมเป็นแบบที่ทำงานร่วมกันเพิ่มคุณค่าให้กัน

– กิจกรรมทางธุรกิจจะอยู่นอกการจัดการองค์กร (External Social Enterprise) องค์กรไม่แสวงหาผลกำไรสร้างผู้ประกอบการเพื่อสังคมเพื่อจัดหาเงินทุน ผลประโยชน์ทางสังคมไม่ได้เป็นเงื่อนไขสำหรับกิจกรรมทางธุรกิจลูกค้าเป็นแหล่งผลประโยชน์ทางอ้อม ความสัมพันธ์ของกิจกรรมทางธุรกิจและโครงการ เพื่อเป็นแนวทางที่ธุรกิจสนับสนุนและจัดหาแหล่งเงินทุนที่ไม่ตายตัวให้องค์กรไม่แสวงหาผลกำไรมากกว่า

สำนักงานสร้างเสริมกิจการเพื่อสังคมแห่งชาติ (2553) กล่าวว่า คุณลักษณะสำคัญของธุรกิจเพื่อสังคม มีดังนี้

1. มีเป้าหมายทางสังคมและสิ่งแวดล้อม
2. มีรูปแบบการดำเนินการที่มีความยั่งยืนทางการเงินเป็นมิตรต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม
3. ผลกำไรกลับคืนสู่สังคม และเป้าหมายที่กำหนดไว้
4. ดำเนินการอย่างโปร่งใส มีธรรมาภิบาล

สรุปได้ดังนี้ว่า ธุรกิจเพื่อสังคม หรือ Social Enterprise เป็นอีกหนึ่งแนวทางธุรกิจที่มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องในปัจจุบัน โดยลักษณะของกิจการเพื่อสังคม จะมีเป้าหมายที่ชัดเจน นั่นก็คือมีการกำหนดวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหาและพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยมีรูปแบบการดำเนินการที่มีความยั่งยืนทางการเงิน มีแนวทางการหารายได้ด้วยตนเอง นั่นก็คือมีรายได้จากการขาย การผลิตสินค้า หรือการให้บริการเป็นสำคัญ สำหรับสินค้าหรือบริการจะต้องเป็นมิตรต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม รวมถึงการใช้นวัตกรรมใหม่ ๆที่สามารถช่วยแก้ปัญหาการ

ดำเนินงานได้อย่างได้ผล ยั่งยืน และมีประสิทธิภาพ มีกระบวนการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสังคม และสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

2.3 เครื่องมือในการพัฒนาธุรกิจด้วย Business Model Canvas

Business Model Canvasเป็นกรอบในการทำธุรกิจที่อธิบายถึงส่วนประกอบ 9 องค์ประกอบที่จำเป็นต่อการกำหนดแผนธุรกิจขององค์กร โดยใช้วิธีการวาดภาพเพื่ออธิบายแต่ละส่วน ซึ่งเป็นวิธีการที่เข้าใจง่ายและช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าใจแผนธุรกิจได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ ยังเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบและวางแผนธุรกิจโดยมีจุดประสงค์เพื่อช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถวางแผนธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sparviero, 2019) โดย Business Model Canvasประกอบไปด้วยองค์ประกอบทั้งหมด 9 องค์ประกอบ แบ่งออกเป็นองค์ประกอบ 2 ส่วน ได้แก่ องค์ประกอบส่วนหน้า 5องค์ประกอบ คือ กลุ่มลูกค้า (Customer Segments) คุณค่าที่ส่งมอบ (Value Propositions) ความสัมพันธ์กับลูกค้า (Customer Relationships) ช่องทางการจัดจำหน่าย (Channels) และแหล่งรายได้ (Revenue Streams) และองค์ประกอบส่วนหลัง 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ทรัพยากรหลัก (Key Resources) กิจกรรมหลัก (Key Activities) พันธมิตรทางการค้า (Key Partnerships) และโครงสร้างต้นทุน (Cost Structure) โดยแต่ละองค์ประกอบนี้จะช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถวางแผนธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเข้าใจได้ง่ายขึ้นว่าธุรกิจของตนมีส่วนประกอบอะไรบ้าง และต้องการทรัพยากรอะไรเพื่อสร้างคุณค่าให้กับลูกค้า (Toro-Jarrín, Ponce-Jaramillo, & Güemes-Castorena, 2016)

2.4 แนวคิดผลตอบแทนทางสังคม (Social Return on Investment: SROI)

เป็นกรอบแนวคิดที่มุ่งเน้นการวัดและประเมินผลกระทบทางสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมหรือโครงการ โดยการเปรียบเทียบระหว่างมูลค่าที่สร้างขึ้นกับต้นทุนที่ลงทุนไป (Nicholls et al., 2012) แนวคิดนี้พัฒนาขึ้นจากความต้องการในการประเมินผลลัพธ์ที่ไม่จำกัดอยู่แค่ผลกำไรทางการเงิน แต่รวมถึงผลลัพธ์เชิงคุณภาพที่ส่งผลต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (stakeholders) เช่น ความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของชุมชน หรือการลดผลกระทบทางลบต่อสิ่งแวดล้อม (Arvidson et al., 2013) SROI ถูกพัฒนาเพิ่มเติมจากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน (Return on Investment: ROI) แต่เพิ่มความซับซ้อนในมิติของการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ไม่สามารถวัดได้ง่าย ๆ ด้วยเงิน (Millar & Hall, 2013) ตัวชี้วัดนี้ช่วยเพิ่มความโปร่งใสและความน่าเชื่อถือให้กับองค์กรที่เน้นการดำเนินงานด้านสังคม โดยเฉพาะในองค์กรไม่แสวงหาผลกำไร (Nonprofit Organizations) และโครงการเพื่อสังคม (Social Projects)

หลักการและขั้นตอนการวิเคราะห์ SROI

Nicholls et al. (2012) เสนอว่าการวิเคราะห์ SROI ประกอบด้วยหลักการสำคัญ 6 ข้อ ได้แก่:

1) การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholder Involvement): การรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มที่ได้รับผลกระทบโดยตรง
2) การมุ่งเน้นสิ่งที่สำคัญ (Focus on Materiality): การระบุผลลัพธ์ที่มีนัยสำคัญต่อการวิเคราะห์
3) การมอบมูลค่า (Value the Things That Matter): การแปลงผลกระทบที่จับต้องไม่ได้ให้เป็นมูลค่าทางการเงิน
4) การหลีกเลี่ยงการประเมินเกินจริง (Avoid Over-claiming): การวิเคราะห์ต้องมีความสมเหตุสมผล
5) ความโปร่งใส (Transparency): ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินต้องเปิดเผยและตรวจสอบได้
6) การตรวจสอบความถูกต้อง (Verification): ผลลัพธ์ควรได้รับการตรวจสอบจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

ขั้นตอนการวิเคราะห์ SROI ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่:

1) กำหนดขอบเขตและระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย: การกำหนดบริบทของโครงการและกลุ่มเป้าหมาย
2) ระบุและประเมินผลลัพธ์: การรวบรวมข้อมูลผลกระทบเชิงบวกและเชิงลบที่เกิดขึ้น

3) กำหนดตัวชี้วัด: การพัฒนาตัวชี้วัดผลกระทบเพื่อแปลงเป็นมูลค่าทางการเงิน

4) ให้มูลค่าทางการเงิน: การคำนวณมูลค่าของผลลัพธ์ในเชิงตัวเงิน

5) คำนวณอัตราส่วน SROI: การหาสัดส่วนระหว่างมูลค่าของผลลัพธ์กับต้นทุนที่ลงทุน

6) จัดทำรายงานและเผยแพร่: การนำเสนอผลลัพธ์แก่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง (Nicholls et al., 2012)

SROI ถูกใช้ในหลากหลายบริบท เช่น โครงการด้านสุขภาพ การศึกษา และสิ่งแวดล้อม ผลการศึกาวิจัยในอดีตพบว่า SROI มีข้อดีที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจและการจัดสรรทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงเสริมสร้างความน่าเชื่อถือและความโปร่งใสขององค์กร (Nicholls et al., 2012) อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของ SROI ได้แก่ ความซับซ้อนในการเก็บข้อมูลและการแปลงผลกระทบเชิงคุณภาพให้เป็นมูลค่าทางการเงินที่อาจเกิดความคลาดเคลื่อน (Arvidson et al., 2013)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า SROI เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยวัดผลกระทบของโครงการในมิติต่าง ๆ อย่างครอบคลุม และสร้างความเข้าใจในคุณค่าที่โครงการส่งมอบให้กับสังคม อย่างไรก็ตาม การใช้ SROI ควรคำนึงถึงความเหมาะสมในบริบทของโครงการและทรัพยากรที่มีอยู่ เพื่อให้การวิเคราะห์เกิดประโยชน์สูงสุด

2.5 แนวคิดการดูแลสุขภาพชุมชนแบบพึ่งพาตนเอง และภาวะสุขภาพแบบองค์รวม

การดูแลสุขภาพตนเอง (Self care) หมายความว่าการดูแลกันเองของประชาชน ครอบครัว และชุมชนโดยการใช้องค์ความรู้ ภูมิปัญญา เทคโนโลยีและทรัพยากรพื้นฐานทั่วไป เพื่อการดูแลสุขภาพอย่างเป็นองค์รวมบนหลักของการพึ่งพาตนเอง นอกจากมีการดูแลสุขภาพของตนเองยังเป็นกระบวนการที่บุคคล/ครอบครัว/ชุมชนสามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ อันได้แก่ การส่งเสริมและป้องกันสุขภาพการวินิจฉัยโรครวมทั้งการรักษาอาการของโรคเบื้องต้นและฟื้นฟูสุขภาพตลอดจนแก้ไขปัญหาสุขภาพได้ด้วยตนเองซึ่งสามารถจำแนกบทบาทการดูแลสุขภาพตนเองว่าประกอบด้วย 1) การบำรุงรักษาสุขภาพของตน 2) การป้องกันโรคภัยไข้เจ็บต่าง ๆ 3) การวินิจฉัยความผิดปกติหรือพยากรณ์สภาพที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง 4) การรักษาด้วยการใช้ยาและวิธีต่าง ๆ และ 5) การมีส่วนร่วมในการดูแลรักษาที่การแพทย์ภาควิชาชีพจัดให้อีกความหมายหนึ่งก็คือการใช้บริการทางสุขภาพ อนามัย และการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจต่อแผนการรักษาพยาบาล (Fry,1981 ; สุจินดา สุขกำเนิด และคณะ, 2542–2543 ; สุชาติ โสมประยูร, 2543) ซึ่งการดูแลสุขภาพตนเองเป็นระบบบริการสุขภาพขั้นปฐมภูมิเป็นฐานล่างสุด เป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญยิ่งของระบบบริการสาธารณสุขซึ่งจัดโดยรัฐหรือวิชาชีพลูกละระดับนั้นจึงจำเป็นต้องสอดคล้องกับสภาวการและศักยภาพการดูแลสุขภาพตนเองของประชาชนอย่างมีความสำคัญ

ซึ่งการดูแลสุขภาพเป็นเรื่องของวิถีชีวิตทั้งหมดที่ต้องคิดเป็นองค์รวม โดยสามารถแบ่งสุขภาวะหรือ ภาวะที่เป็นสุขออกเป็นมิติต่างๆ ที่มีความเกี่ยวพันกันได้ 4 มิติด้วยกันคือ

1) สุขภาวะที่สมบูรณ์ทางกาย หมายถึง ร่างกายที่สมบูรณ์แข็งแรง คล่องแคล่ว มี กำลัง ไม่มีโรค ไม่พิการ มีเศรษฐกิจหรือปัจจัยที่จำเป็นพอเพียง ไม่มีอุปัทวอันตราย และมี สิ่งแวดล้อมที่ส่งเสริมสุขภาพ

2) สุขภาวะที่สมบูรณ์ทางจิต หมายถึง จิตใจที่มีความสุข รื่นเริง คล่องแคล่ว ไม่ติดขัด มีความเมตตา สัมผัสได้กับสรรพสิ่ง มีสติ มีสมาธิ มีปัญญา รวมถึงลดการเห็นแก่ตัวลงไปด้วย

3) สุขภาวะที่สมบูรณ์ทางสังคม หมายถึงการอยู่ร่วมกันด้วยดี มีครอบครัวอบอุ่น ชุมชนเข้มแข็ง สังคมมีความยุติธรรม มีความเสมอภาค มีภราดรภาพ มีสันติภาพ มีความเป็น ประชาสังคม มีระบบบริการที่ดี และมีระบบบริการที่เป็นกิจการทางสังคม

4) สุขภาวะที่สมบูรณ์ทางจิตวิญญาณ หมายถึง สุขภาวะที่เกิดขึ้นเมื่อทำความดี หรือ สัมผัสกับสิ่งที่มีคุณค่าอันสูงส่ง หรือสิ่งสูงสุด เช่น การเสียสละ การมีเมตตา กรุณา การเข้าถึง พระรัตนตรัย หรือการเข้าถึงพระผู้

เป็นเจ้า เป็นต้น ความสุขทางจิตวิญญาณเป็นความสุขที่ไม่ ระคนอยู่บนความเห็นแก่ตัว แต่เป็นสุขภาวะที่เกิดขึ้นเมื่อมนุษย์มีความหลุดพ้นจากความมีตัวตน จึงมีอิสรภาพ มีความผ่อนคลายอย่างยิ่ง สุขภาพดีอย่าง มีผลดีต่อสุขภาพทั้งทางกาย ทางจิต และ ทางสังคมซึ่งในส่วนของรายละเอียดการ ดูแลสุขภาพทั้ง 4 มิติ

การดูแลตนเองแบบองค์รวมจึงต้องประกอบด้วยสุขภาวะทั้ง 4 ด้านที่มีความสัมพันธ์ เชื่อมโยงกัน ดังเช่น ความสัมพันธ์ระหว่างสุขภาพกาย และสุขภาพจิต ซึ่งมักจะพบว่า ความ เจ็บป่วยหรือความไม่สมบูรณ์ทางกายก็อาจนำมาซึ่งปัญหาความไม่สมบูรณ์ทางจิต ในทาง กลับกัน ความเครียดในจิตใจ ไม่ว่าจะเนื่องมาจากความกดดัน ความคับข้องใจ ความขัดแย้ง หรือ ความวิตกกังวล ก็อาจนำมาซึ่งความไม่สมบูรณ์ทางกายหลายๆรูปแบบด้วยกัน เช่น เป็นไข้ ปวดศีรษะ ปวดกล้ามเนื้อ (อาการในระยะแรก) การเป็นแผลในกระเพาะอาหาร หรือการเป็นโรค ความดันโลหิตสูง (อาการในระยะที่สอง) หรือการป่วยทางจิต หรือการเป็นโรคหัวใจ (อาการใน ภาวะเหนื่อยล้าอ่อนแรง) ขณะเดียวกัน ความสัมพันธ์ระหว่างสุขภาวะทางสังคมกับสุขภาวะทางจิต ก็มีลักษณะเดียวกัน กล่าวคือ หากสุขภาวะทางจิตของสมาชิกในสังคมไม่ดี (เช่น เต็มไปด้วยความ วิตกกังวล หรือคับข้องใจ) ก็ยากที่ชุมชนหรือสังคมนั้นจะมีสุขภาวะทางสังคมที่ดี ในทางกลับกัน หากสุขภาวะทางสังคม ไม่ดี เช่น มีการกดขี่ข่มเหง มีการแข่งขันและการเอารัดเอาเปรียบสูง หรือ ใช้ความรุนแรงก็ย่อมทำให้สมาชิกในชุมชนหรือในสังคมเกิดความกดดัน ความคับข้องใจ ความขัดแย้ง หรือความวิตกกังวลและมีผลให้เกิดความเครียดในที่สุด

วิธีวิทยาการวิจัย

1. ประเภทของการวิจัย การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณและการวิจัยเชิงคุณภาพ และการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research) เพื่อศึกษาและออกแบบการบริหารจัดการกลุ่มในรูปแบบวิสาหกิจเพื่อสังคม สุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง ตลอดจนการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการดำเนินงานของวิสาหกิจเพื่อสังคม สุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง การศึกษาครั้งนี้มีจำนวนประชากรคือสมาชิกในชุมชนวัดร้องหลอด ซึ่งเป็นผู้บริการและมีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของวัด มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 324 คน (องค์การบริหารส่วนตำบลเมืองพาน: 2566) ในการศึกษาผลกระทบทางสังคมศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างโดยมีวิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง โดยคัดเลือกจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับกิจกรรมของวัดร้องหลอดจำนวน 180 ราย (Taro Yamane, 1973)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล การเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างสำหรับการสัมภาษณ์เชิงลึก และการใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับผลกระทบด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม จากผู้ให้บริการ และผู้รับบริการ จากกิจกรรมต่างๆ ในวัดร้องหลอด

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากแหล่งของข้อมูลด้วยการแบบสอบถามสัมภาษณ์เชิงลึก จากผู้สามารถให้ข้อมูลสำคัญ (Key Information) จำนวน 10 ราย รวมถึงการสังเกตแบบมีส่วนร่วมเพื่อศึกษากิจกรรมการดำเนินงานของวัดร้องหลอด สัมภาษณ์เชิงลึกผู้สูงอายุที่ใช้สมุนไพรในการดูแลตนเอง จำนวน 10 รายเป็นการ สัมภาษณ์ที่ใช้แบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นไว้แล้ว โดยผู้สัมภาษณ์จะใช้คำถามจากแบบสัมภาษณ์ใน ลักษณะยืดหยุ่นและสะดวกในการนำมาวิเคราะห์ข้อมูล มีขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ เครื่องมือ โดยการขอคำแนะนำจากที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่สร้างไว้ และ นำแบบสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญไปตรวจสอบและนำแบบสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญมา ปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมก่อนนำไปสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญต่อไป และทำการวิเคราะห์ข้อมูล การวิจัยเชิงคุณภาพเชิงพรรณนา

5. ประชุมกลุ่มย่อยผู้มีส่วนได้เสียเพื่อศึกษาแนวทางการบริหารจัดการที่เหมาะสมในการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกสมุนไพรในรูปแบบวิสาหกิจเพื่อสังคมแบบพึ่งตนเองในชุมชนเป้าหมาย

6. การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลเพื่อออกแบบระบบจัดการสุขภาพชุมชนด้วยสมุนไพรแบบพึ่งตนเอง ตำบลเมืองพาน อ.พาน จ.เชียงราย (วัดร้องหลอด) ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้การวิจัยแบบมีส่วนร่วม ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก และการสังเกต นำมาวิเคราะห์สรุปเนื้อหา (Content Analysis) และการวิเคราะห์ SROI โดยการรวบรวมข้อมูลผลกระทบเชิงบวกและเชิงลบที่เกิดขึ้นการพัฒนาตัวชี้วัดผลกระทบเพื่อแปลงเป็นมูลค่าทางการเงิน การคำนวณมูลค่าของผลลัพธ์ในเชิงตัวเงิน การหาสัดส่วนระหว่างมูลค่าของผลลัพธ์กับต้นทุนที่ลงทุน

7. สถานที่ทำวิจัย : ชุมชนวัดร้องหลอด ตำบลเมืองพาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

8. กลุ่มเป้าหมาย : สมาชิกในชุมชนวัดร้องหลอดผู้มาให้บริการ และมารับบริการศูนย์ร่มโพธิ์ ผู้ใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง ผู้ปลูกสมุนไพรในระดับครัวเรือน ระดับกลุ่ม ในเขตชุมชนวัดร้องหลอด ตำบลเมืองพาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

ผลการศึกษา

จากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้านบริบทชุมชนวัดร้องหลอด พบว่าพระสงฆ์เจ้าอาวาสและวัดมีบทบาทเสมือนเป็นพื้นที่กลางของชุมชนที่ให้ประชากรเข้ามามีส่วนร่วมกิจกรรมทางสังคม เช่น การเป็นพื้นที่เล่นของเด็กในชุมชน การเป็นพื้นที่สำหรับการรวมกลุ่มของกลุ่มยุวพุทธสำหรับทำกิจกรรม เช่น การซ้อมตีกลองสะบัดชัย การฟ้อนเล็บ และฟันดาบ เป็นต้น นอกจากนี้ภายในวัดยังมีสิ่งศักดิ์สิทธิ์ที่เป็นที่เคารพและเป็นที่สักการะของคนในชุมชนและนอกชุมชน เช่น การมีท้าวเวสสุวรรณ ที่เป็นสิ่งศักดิ์สิทธิ์ที่กลุ่มเยาวพุทธเคารพบูชา การมีพระธาตุ มีพระประธาน รวมทั้งการมีรูปปั้นพระยามังรายที่มีนัยยะของการสร้างเพื่อทำให้คนในชุมชนรู้สึกเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันและมีความรู้สึกว่ามีพ่อคนเดียวกัน นอกจากนี้ยังทำให้คนในชุมชนรู้สึกว่าตนไม่แตกต่างจากคนอื่น ๆ และมีความภาคภูมิใจในความเป็นคนในชุมชนร้องหลอดที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งวัดยังมีบทบาทต่อคนในชุมชนในด้านของการสร้างอาชีพให้แก่คนในชุมชน เช่น การเปิดโอกาสให้คนในชุมชนมาใช้พื้นที่กลางของวัดเพื่อขายสินค้า การเปิดโอกาสให้คนในชุมชนมาทำงานในร้านกาแฟของวัด เป็นต้น ด้วยคุณลักษณะของกิจกรรมการดำเนินงานดังกล่าวมีความเหมาะสมในการรวมกลุ่มกันจัดตั้งเป็นวิสาหกิจเพื่อสังคม เนื่องด้วยกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในวัดและชุมชนล้วนแต่มีวัตถุประสงค์เพื่อสังคมเป็นเป้าหมายหลักของกิจกรรม ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้จัดเวทีประชุมร่วมกับสมาชิกในชุมชนเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการออกแบบการบริหารจัดการกลุ่มในรูปแบบวิสาหกิจเพื่อสังคม สุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง ซึ่งผลการดำเนินงานสามารถสรุปเป็นแบบจำลองทางธุรกิจ (Business Model Canvas) ของวิสาหกิจเพื่อสังคม ดังนี้

แบบจำลองทางธุรกิจวิสาหกิจเพื่อสังคม ด้านสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง กรณีศึกษาวัดร้องหลอด อ.พาน จ.เชียงราย

การพัฒนา แบบจำลองธุรกิจนี้ จึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวางแผนธุรกิจซึ่งจะช่วยให้เห็นภาพ (Visualizing) ได้อย่างครบถ้วน ซึ่งช่วยในการประเมินความสำเร็จของแผนงาน และเลือกรูปแบบ (Business Model) ที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับธุรกิจได้ ซึ่งจากการระดมความคิดกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในชุมชน ในกระบวนการวิจัยทั้งหมด สามารถสร้างเป็นแบบจำลองทางธุรกิจของวิสาหกิจเพื่อสังคม ได้ดังนี้

Key Partners	Key Activities	Value Propositions	Customer Relationships	Customer Segments
-วัด และกรรมการวัด -สมาชิก/คนในชุมชน -หน่วยงาน องค์กรทางการแพทย์ หน่วยงานปกครองส่วนท้องถิ่นและสถาบันการศึกษา - กลุ่มผู้ปลูกสมุนไพร ในชุมชน - กลุ่มจิตอาสาและเครือข่ายในชุมชน	- ดูแลผู้สูงอายุและผู้ป่วยติดเตียงในชุมชน จัดหาเครื่องมือ อุปกรณ์เพื่อให้บริการ สำหรับผู้ป่วยที่ต้องการความช่วยเหลือ - จำหน่ายเครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์สมุนไพร ที่เป็นช่องทางในการสร้างงานและสร้างรายได้ให้กับคนในชุมชน - บริการจัดงานพิธีทางศาสนาที่สำคัญ โดยเริ่มจากจัดงานศพ ให้กับคนในชุมชน เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายที่ประหยัดที่สุด - บริการใช้สถานที่ของวัด จัดกิจกรรม ตามสถานการณ์ที่เหมาะสม - การจัดทำโครงการสังฆทานต่อบุญ - การฝึกอบรมอาสาสมัครดูแลผู้ป่วยติดเตียง	- การสนับสนุนผู้ป่วยติดเตียงและผู้สูงอายุด้วยอุปกรณ์ทางการแพทย์ - การส่งเสริมสุขภาพผ่านผลิตภัณฑ์สมุนไพรพื้นบ้าน - การสร้างพื้นที่กลางสำหรับการมีส่วนร่วมของชุมชน - การสร้างทางเลือกการทำบุญที่เน้นผลกระทบทางสังคม - การเพิ่มคุณภาพชีวิตและความสามัคคีในชุมชน	- การสร้างความสัมพันธ์ผ่านกิจกรรมทางพุทธศาสนา เช่น โครงการสังฆทานต่อบุญ - การสร้างจิตอาสาในชุมชนเพื่อช่วยเหลือผู้ป่วย - การรับฟังความคิดเห็นจากสมาชิกชุมชนในรูปแบบเวทีประชุม -การพัฒนาโปรแกรมฝึกอบรมสำหรับสมาชิกชุมชน	1.ผู้ป่วย/ผู้ป่วยติดเตียงที่ต้องการความช่วยเหลือเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์และผ้าอ้อมสำเร็จรูป ในเขตอำเภอพานและใกล้เคียง 2.ญาติของผู้ป่วย/ผู้ป่วยติดเตียงที่ต้องการความช่วยเหลือเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์และผ้าอ้อมสำเร็จรูป ในเขตอำเภอพานและใกล้เคียง 3. นักท่องเที่ยวที่เข้ามาเยี่ยมชมวัดร้องหลอด 4. ประชาชนในชุมชนที่เกิดการสูญเสีย และมีค่าใช้จ่ายในการจัดงานไม่เพียงพอ 5. ผู้มาใช้บริการพื้นที่ของทางวัดเพื่อจัดกิจกรรมต่างๆ 6. หน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่สนับสนุนการดำเนินงาน
	Key Resources		**Channels**	
	- เจ้าหน้าที่ อสม และบุคลากรทางการแพทย์ในพื้นที่ -เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ในการให้บริการ -เครื่องมือ และระบบในการจัดการข้อมูลผู้ป่วย -เงินทุนเพื่อหมุนเวียน -ระบบบริหารจัดการการบริการส่งถึงที่ (กรณีมีความจำเป็น) -ระบบบริหารและสื่อสารการตลาด - พื้นที่วัดที่ใช้เป็นศูนย์กลางกิจกรรม - ทรัพยากรสมุนไพรและความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น		-ที่ตั้งศูนย์ร่มโพธิ์ ภายในวัดร้องหลอด -ติดต่อผ่านทางโทรศัพท์ -ติดต่อผ่านทาง social media ต่าง ๆ เช่น Line facebook -ติดต่อผ่านทางเจ้าหน้าที่หน่วยงานภาครัฐที่ดูแลและเกี่ยวข้อง	
Cost Structure			**Revenue Streams**	
- ค่าใช้จ่ายในการจัดหาอุปกรณ์ทางการแพทย์ - ค่าใช้จ่ายในการผลิตผลิตภัณฑ์สมุนไพร - ค่าใช้จ่ายในการจัดกิจกรรมระดมทุน - ค่าใช้จ่ายในการอบรมและพัฒนาศักยภาพอาสาสมัคร - ค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์และสถานที่			-จากการรับบริจาคเงินและทรัพยากรจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน -จากการจำหน่ายสินค้า เช่น กาแฟ สมุนไพรที่ทางคนในชุมชนได้พัฒนาออกมาจำหน่าย - จากการให้เช่าพื้นที่ดำเนินกิจกรรมต่างๆ - การจำหน่ายผลิตภัณฑ์สมุนไพร	

ภาพที่ 1 แบบจำลองทางธุรกิจ (BMC) ของวิสาหกิจเพื่อสังคม ด้านสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง (ศูนย์ร่มโพธิ์)

จากแบบจำลองข้างต้น สามารถแยกอธิบายแต่ละส่วนได้ ดังนี้

1. Key Partners (พันธมิตรที่สำคัญ)

ความสำเร็จของวิสาหกิจนี้มาจากการร่วมมือกับวัด กรรมการวัด สมาชิกในชุมชน หน่วยงานทางการแพทย์ หน่วยงานท้องถิ่น สถาบันการศึกษา กลุ่มจิตอาสา และเครือข่ายในชุมชน การมีพันธมิตรที่หลากหลายนี้ช่วยเสริมสร้างศักยภาพในการสนับสนุนผู้ป่วยติดเตียงและส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชน โดยใช้ทรัพยากรสมุนไพรและภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. Key Activities (กิจกรรมสำคัญ)

กิจกรรมครอบคลุมตั้งแต่การดูแลผู้สูงอายุและผู้ป่วยติดเตียง การจัดโครงการสังฆทานต่อบุญ การฝึกอบรมจิตอาสา รวมถึงการจำหน่ายผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่พัฒนาจากทรัพยากรในชุมชน ทั้งหมดนี้มุ่งส่งเสริมสุขภาพ สร้างงาน และเพิ่มคุณภาพชีวิตของคนในชุมชน นอกจากนี้ยังมีการใช้วัดเป็นพื้นที่กลางสำหรับการจัดกิจกรรมและการมีส่วนร่วมของชุมชน

3. Value Propositions (คุณค่าที่ส่งมอบ)

วิสาหกิจนำเสนอคุณค่าที่โดดเด่น เช่น การสร้างทางเลือกในการทำบุญที่ก่อให้เกิดผลกระทบเชิงบวกต่อสังคม การดูแลสุขภาพเชิงป้องกันผ่านผลิตภัณฑ์สมุนไพร และการสนับสนุนชุมชนให้สามารถพึ่งพาตนเองได้ ด้วยการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วนในสังคม

4. Customer Relationships (ความสัมพันธ์กับลูกค้า)

การสร้างความสัมพันธ์เน้นการพัฒนาโปรแกรมฝึกอบรม การจัดกิจกรรมพุทธศาสนา เช่น โครงการสังฆทานต่อบุญ และการเปิดพื้นที่ให้สมาชิกชุมชนแสดงความคิดเห็นในรูปแบบเวทีประชุม ความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดเหล่านี้ช่วยสร้างความไว้วางใจและความมั่นใจในบริการ

5. Customer Segments (กลุ่มลูกค้าเป้าหมาย)

ผู้รับบริการเป้าหมายประกอบด้วยผู้ป่วยติดเตียง ญาติผู้ป่วย นักท่องเที่ยว ประชาชนที่ต้องการความช่วยเหลือด้านค่าใช้จ่ายในการจัดกิจกรรมต่าง ๆ และหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่สนับสนุนโครงการ ลูกค้ากลุ่มนี้มีความหลากหลายแต่ล้วนต้องการบริการที่เป็นประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม

6. Key Resources (ทรัพยากรสำคัญ)

ทรัพยากรที่สำคัญได้แก่ เจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ อสม ระบบบริหารข้อมูลผู้ป่วย พื้นที่ของวัด ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น และทรัพยากรสมุนไพรในชุมชน ทรัพยากรเหล่านี้ช่วยให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างราบรื่นและยั่งยืน

7. Channels (ช่องทางการเข้าถึงลูกค้า)

ช่องทางสำคัญได้แก่ ศูนย์ร่มโพธิ์ในวัดร้องหลอด การติดต่อผ่านโทรศัพท์ สื่อสังคมออนไลน์ เช่น Line และ Facebook และการประสานงานผ่านเจ้าหน้าที่ภาครัฐ ช่องทางที่หลากหลายเหล่านี้ช่วยให้ผู้รับบริการเข้าถึงบริการได้สะดวก

8. Cost Structure (โครงสร้างต้นทุน)

ต้นทุนหลักได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการจัดหาอุปกรณ์ทางการแพทย์ การผลิตสมุนไพร การจัดกิจกรรมระดมทุน และการบำรุงรักษาสถานที่และอุปกรณ์ โดยมีการควบคุมต้นทุนอย่างรอบคอบเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

9. Revenue Streams (แหล่งรายได้)

รายได้มาจากการรับบริจาค การจำหน่ายสินค้า เช่น กาแฟและผลิตภัณฑ์สมุนไพร รวมถึงการให้เช่าพื้นที่จัดกิจกรรม นอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชนเพื่อส่งเสริมการพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืน

สรุป:BMC นี้แสดงให้เห็นถึงการผสมผสานระหว่างศาสนา สุขภาพ และเศรษฐกิจในชุมชน โดยมีวัดเป็นศูนย์กลางของกิจกรรมและการพัฒนาที่ยั่งยืน.

เมื่อมีการกำหนดแนวทางในการวางแผนธุรกิจของวิสาหกิจเพื่อสังคม ด้านสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง กรณีศึกษาวัดร้องหลอด แล้ว จึงมีการเสนอแนวทางการบริหารจัดการกลุ่ม ร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย โดยกำหนดแนวทางเป็นด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การบริหารเชิงกลยุทธ์ (Strategic Management) การเริ่มต้นธุรกิจเพื่อสังคมของวัดร้องหลอดตั้งอยู่บนรากฐานของพันธกิจที่ชัดเจน ที่ต้องการการส่งเสริมสุขภาพชุมชนให้เกิดการพึ่งพาตนเองของคนในชุมชนผ่านระบบจิตอาสา อาสาสมัครด้านสุขภาพ นอกจากนี้มีการกำหนดเป้าหมายเชิงกลยุทธ์ผ่านการใช้สมุนไพรพื้นถิ่น โดยอ้างอิงจากโครงสร้างทางสังคมหรือทรัพยากรที่มี รวมถึงข้อมูลชุมชนในด้านการปลูกและการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพที่ถูกรวบรวมไว้ เพื่อให้สามารถพัฒนาแนวทางที่ตอบสนองต่อปัญหาได้อย่างแท้จริง

2. การบริหารทรัพยากรบุคคล (Human Resource Management) สมาชิกในชุมชนร้องหลอดเป็นหัวใจสำคัญของการขับเคลื่อนวิสาหกิจเพื่อสังคม การมีผู้นำที่เข้มแข็ง มีพระสงฆ์ที่เป็นศูนย์รวมจิตใจ รวมทั้งการส่งเสริมการมีส่วนร่วมผ่านการสร้างอาสาสมัครที่มีทักษะ เช่น การดูแลผู้ป่วยติดเตียง หรือการสนับสนุนการเรียนรู้เกี่ยวกับสมุนไพรพื้นบ้าน จะช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตของชุมชน นอกจากนี้ การจัดอบรมและพัฒนาศักยภาพอย่างต่อเนื่อง ยังเป็นการเพิ่มคุณค่าให้บุคลากรในชุมชนอีกด้วย

3. การบริหารการเงิน (Financial Management) นอกจากนี้การออกแบบการจัดการการเงินที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้วิสาหกิจเพื่อสังคมวัดร้องหลอดเดินหน้าอย่างยั่งยืน ด้วยรูปแบบการสร้างรายได้จากหลากหลายช่องทาง เช่น การขายผลิตภัณฑ์สมุนไพร การรับบริจาค และการจัดงานการกุศล จะช่วยลดการพึ่งพาแหล่งทุนจากภายนอก ขณะเดียวกัน การใช้เครื่องมือวิเคราะห์ เช่น SROI (Social Return on Investment) ในการวัดผลการดำเนินงานจะช่วยสะท้อนให้เห็นผลลัพธ์ที่ชัดเจนต่อสังคม

4. การบริหารทรัพยากรและนวัตกรรม (Resource and Innovation Management) มีการบริหารจัดการทรัพยากรให้เกิดความคุ้มค่า เช่นการพัฒนาระบบการ ยืม–คืน อุปกรณ์ทางการแพทย์ ตลอดจนการนำทรัพยากรในท้องถิ่นมาสร้างคุณค่าใหม่ เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร ไม่เพียงช่วยลดต้นทุน แต่ยังเสริมสร้างความภาคภูมิใจในท้องถิ่น การริเริ่มโครงการที่สร้างสรรค์ เช่น โครงการสังฆทานต่อบุญ ที่เปลี่ยนของเหลือใช้ให้กลายเป็นประโยชน์ จะช่วยกระตุ้นให้ชุมชนมีส่วนร่วมในธุรกิจมากยิ่งขึ้น

5. การบริหารการตลาด (Marketing Management) กลยุทธ์การตลาดของวิสาหกิจเพื่อสังคมวัดร้องหลอดต้องให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสังคมจึงมุ่งเน้นการสื่อสารคุณค่าทางสังคมที่แฝงอยู่ในผลิตภัณฑ์และบริการ มากกว่าต้องการความสำเร็จในเชิงพาณิชย์ จึงได้มีการใช้โซเชียลมีเดียและการจัดกิจกรรมอีเวนต์ เช่น งานเทศกาลสมุนไพร นอกจากจะช่วยสร้างการรับรู้ในวงกว้าง ยังส่งเสริมให้คนในชุมชนมองเห็นคุณค่าของธุรกิจที่ทำเพื่อพวกเขา

6. การบริหารความสัมพันธ์กับชุมชน (Community Engagement Management) การสร้างความสัมพันธ์ที่แน่นแฟ้นกับชุมชนคือหัวใจของการดำเนินวิสาหกิจเพื่อสังคมวัดร้องหลอด โดยการจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ชุมชนมีส่วนร่วม ในทุกช่วงวัย โดยในกลุ่มเด็กและเยาวชนผ่านกิจกรรม เช่น การจัดตลาดหน้าวัดหรือพื้นที่กลางสำหรับขายสินค้า กิจกรรมของวัยกลางคนผ่านการดำเนินงานโดยศูนย์ร่มโพธิ์ รวบรวมอาสาสมัครและทำกิจกรรมจิตอาสาด้านสุขภาพชุมชน ช่วงวัยสูงอายุดำเนินการผ่านศูนย์เรียนรู้ วัฒนธรรมวิถีชีวิตและภูมิปัญญาล้านนา โดยทางวัดได้จัดสร้างบ้านโบราณที่ได้เก็บสะสมเครื่องมือ เครื่องใช้ รูปภาพในอดีตเพื่อเก็บรักษาไว้ให้อนุชนรุ่นหลังได้ศึกษาเรียนรู้วิถีชีวิต ตลอดจนกิจกรรมทางพุทธศาสนา เช่น สังฆทานต่อบุญ งานจุลกฐิน ถือเป็นการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างคนในชุมชน และเสริมสร้างความเข้มแข็งที่มีรากฐานจากความสัมพันธ์อันดี

7. การวัดผลลัพธ์ทางสังคม (Social Impact Assessment) การดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนวัดร้องหลอดมีการประเมินผลลัพธ์ทางสังคมเป็นขั้นตอนที่สำคัญเพื่อแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ที่แท้จริงของธุรกิจ การวัดผลที่ครอบคลุม เช่น การลดค่าใช้จ่ายของผู้ป่วยติดเตียง หรือการสร้างรายได้จากผลิตภัณฑ์สมุนไพร สามารถช่วยให้ธุรกิจสามารถปรับปรุงและดำเนินการได้ตรงตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

8. การบริหารความยั่งยืน (Sustainability Management) เป้าหมายระยะยาวของวิสาหกิจชุมชนวัดร้องหลอด คือ การสร้างความยั่งยืนด้วยการสร้างระบบที่ชุมชนสามารถพึ่งพาตนเองได้ การนำทรัพยากรในชุมชนมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด การสร้างความร่วมมือกับหน่วยงานภายนอก เช่น หน่วยงานภาครัฐหรือเอกชน และการมุ่งเน้นที่การรักษาสมดุลระหว่างสังคมและสิ่งแวดล้อม จะช่วยเสริมสร้างเข้มแข็ง สร้างความมั่นคงให้แก่วิสาหกิจเพื่อสังคมและชุมชนในระยะยาว

ทั้งหมดนี้คือภาพรวมของการบริหารจัดการธุรกิจเพื่อสังคมที่มีรากฐานจากความเข้าใจชุมชนและมุ่งหวังการสร้างผลกระทบเชิงบวกที่ยั่งยืนในทุกมิติ.

การประเมินผลตอบแทนทางสังคม

ผลการศึกษาผลตอบแทนทางสังคมจากการดำเนินงานของการดูสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง ในกระบวนการแสดงความคิดเห็นอย่างมีส่วนร่วมของงานวิจัย ได้รวบรวมความคิดเห็นจากการสนทนากลุ่ม การสัมภาษณ์ และการสังเกต เพื่อหาแนวคิดที่น่าสนใจ และมีความเป็นไปได้ ในการจัดตั้งวิสาหกิจชุมชนแบบพึ่งตนเองบนพื้นฐานของการใช้มาใช้ประโยชน์ของ ซึ่งในกระบวนการวิจัย ได้มีการเชิญนักออกแบบผลิตภัณฑ์ เข้ามาร่วมสังเกตการณ์ และร่วมระดมสมองกับสมาชิกของกลุ่มด้วย

ตารางที่ 1 ผลการประเมินผลลัพธ์สุทธิจากการดำเนิน โครงการพัฒนาวิสาหกิจสังคมด้านสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง

ผลลัพธ์ (Outcome/Impact)	**ตัวชี้วัด** (Indicators)	**ตัวแทนทางการเงิน** (Proxies)	Dead Weight (%)	Attribution (%)	Drop-off (%)	**ผลลัพธ์สุทธิ (บาท)**
ค่าใช้จ่ายของผู้ป่วยติดเตียงที่ลดลงจากการเข้ารับบริการของศูนย์ร่มโพธิ์	จำนวนค่าใช้จ่าย (500บาท x 500 คน) ต่อเดือน x12 เดือน	ค่าใช้จ่ายด้านการรักษาพยาบาลที่ประหยัดได้ต่อปี รวม 3,00,000 บาท	100%	0%	0%	0
รายได้จากการสินค้าตลาดหน้าวัด	จำนวนรายได้ (1000บาท x 5 ร้าน) ต่อวัน x 365 วัน	รายได้ต่อปีรวม 1,825,000บาท	100%	0%	0%	0
รายได้จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ สมุนไพรแช่เท้า	จำนวนรายได้ (100 x 100 ชิ้น) ต่อเดือน x 12 เดือน	รายได้ต่อปีรวม 120,000 บาท	0%	10%	0%	108,000
รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการจัดอีเว้นท์ในนามวิสาหกิจเพื่อสังคม	จำนวนรายได้ (10,000 x 1 ครั้ง) ต่อเดือน x 12 เดือน	รายได้ต่อปีรวม 120,000 บาท	0%	50%	0%	60,000
		รวม				**168,000**

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลผลลัพธ์ด้านเศรษฐกิจหรือมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกิดแก่สังคมจากการดำเนินโครงการพัฒนาวิสาหกิจสังคมด้านสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง เฉพาะรายการที่สามารถวัดเป็นตัวเงินอย่างชัดเจน ได้แก่ ค่าใช้จ่ายของผู้ป่วยติดเตียงที่ลดลงจากการเข้ารับบริการของศูนย์ร่มโพธิ์ ซึ่งจะมีผู้ได้รับบริการประมาณเดือนละ 500 คน ที่จะได้รับผ้าอ้อมสำเร็จรูป สำลี กระดาษรอง แอลกอฮอล์ ราคาประมาณ 500 ต่อคนต่อครั้ง รายได้จากการสินค้าตลาดหน้าวัด เฉพาะร้านที่มาขายเป็นประจำสม่ำเสมอ จำนวน 5 ร้าน รายได้จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่สมุนไพรแช่เท้า ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ของโครงการวิจัยย่อยภายใต้แผนงานการยกระดับผลิตภัณฑ์สมุนไพร ด้วยการปฏิบัติการทางการเกษตรอัจฉริยะและการจัดการ สุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง เพื่อมุ่งสู่ผลิตภัณฑ์สมุนไพรต้านโควิดมูลค่าสูง ซึ่งนำมาวางจำหน่ายยังร้านหน้าวัดคาเฟ่ ในราคาชิ้นละ 100 บาท รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการจัดอีเว้นท์ในนามวิสาหกิจเพื่อสังคมที่เกิดขึ้นการรวมกลุ่มเพื่อตั้งวิสาหกิจเพื่อสังคม รวมกิจกรรมต่างด้านศิลปะวัฒนธรรมและประเพณีต่างๆ เข้าด้วยกันซึ่งเป็นรายได้โดยเฉลี่ยต่อการจัดงานประเพณีในแต่ละครั้ง ผลที่ได้จากการคำนวณดังกล่าวจะนำมาปรับค่าต่างๆ ก่อนการคำนวณค่า SROI ตามเกณฑ์ดังต่อไปนี้

– Deadweight การเปลี่ยนแปลงบางส่วนอาจจะเกิดขึ้นอยู่แล้วแม้ว่าจะไม่มีโครงการจะคิดเป็นร้อยละ 100% หากคิดเป็นร้อยละ 0% ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงนี้เป็นผลที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากโครงการวิจัย

– Attribution การเปลี่ยนแปลงเกิดจากบทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย คิดเป็น 10% เนื่องจากกระบวนการส่วนใหญ่พัฒนาขึ้นและทดลองโดยนักวิจัยและกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสมุนไพรเป็นผู้รับการถ่ายทอดองค์ความรู้ผ่านกิจกรรมฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ในส่วนที่คิดเป็น 50% เนื่องจากกระบวนการส่วนใหญ่เกิดจากผู้มีส่วนได้เสียนักวิจันเป็นเพียงผู้มีบทบาทในการออกแบบแบบจำลองทางธุรกิจ และนำเสนอแนวทางการดำเนินงาน

– Drop – off ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลง (ลดลงหรือเพิ่มขึ้น) โครงการจบคาดว่าผลลัพธ์จะไม่ลดลง จึงมีค่าเป็น 0% ซึ่งได้ข้อมูลในการประมาณการจากการสัมภาษณ์สมาชิกผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

ผลการคำนวณค่า SROI เพื่อประเมินความคุ้มค่าของโครงการพัฒนาวิสาหกิจสังคมด้านสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเองจากสูตรการคำนวณ

$$SROI = \frac{\text{(การเปลี่ยนแปลงที่เป็นตัวเงิน x จำนวนผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ได้รับผลกระทบ) – Deadweight – Attribution – Drop–off}}{\text{จำนวนเงินที่ลงทุนในโครงการ}}$$

$$SROI = \frac{168{,}000}{105{,}000}$$

$$= 1.6$$

ผลการตอบแทนสังคมของการโครงการพัฒนาวิสาหกิจสังคมด้านสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเองมีค่า 1.6 ซึ่งมูลค่า ผลตอบแทนทางสังคมที่คำนวณได้มีความหมายว่าผลลัพธ์ของกิจกรรมกลุ่มก่อให้เกิดผลตอบแทนทาง สังคมที่มากกว่ามูลค่าการลงทุนในการดำเนินโครงการวิจัย

สรุปผลและอธิปรายผล

การพัฒนาวิสาหกิจเพื่อสังคม ด้านสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง กรณีศึกษาวัดร้องหลอด อ.พาน จังหวัดเชียงราย สามารถพัฒนาขึ้นได้จากความร่วมมือร่วมใจของ ผู้นำชุมชนและสมาชิกชุมชน ดังนั้นผู้ที่มีอิทธิพลต่อความคิดของคนในชุมชนที่สำคัญคือ พระสงฆ์ โดยในมุมมองของคนในชุมชนส่วนใหญ่มีมุมมองที่ดีกับ “พระครูพิศาลสังวรคุณ” เนื่องจากเป็นผู้ที่พัฒนาชุน ภายในวัดให้มีความเชื่อมโยงกับชุมชนในลักษณะค่อยเป็นค่อยไป ตามบริบทของชุมชนเพราะฉะนั้นการพัฒนาหรือสร้างสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชุมชนนั้นจึงเป็นสิ่งที่ดำเนินการเพื่อตอบสนองความต้องการของคนในชุมชนและสามารถพัฒนาชุมชนได้อย่างแท้จริง เช่น การสร้างตลาดหน้าวัด การสร้างร้านกาแฟหน้าวัดคอฟฟี่ การทำสังฆทานต่อบุญ และการสร้างศูนย์ร่มโพธิ์ เป็นต้น

ทรัพยากรในชุมชน โดยในชุมชนบ้านร้องหลอดมีทรัพยากรที่สำคัญของชุมชนคือ ทรัพยากรด้านมนุษย์ กล่าวคือคนในชุมชนมีการช่วยเหลือดูแลกันอย่างสม่ำเสมอโดยสอดแทรกผ่านทุนทางวัฒนธรรมและประเพณี เช่น ประเพณีตานต๊อด ที่มีการนำสิ่งของที่จำเป็นไปบริจาคให้แก่กลุ่มเปราะบาง เช่น ผู้ป่วยติดเตียงที่มีภาวะยากจน เป็นต้น โดยทรัพยากรดังกล่าวถือเป็นจุดแข็งของชุมชนที่มีการประสานทรัพยากรทั้งด้านทรัพยากรมนุษย์และทุนทางสังคมในชุมชนเพื่อดำเนินการให้ความช่วยเหลือแก่คนในชุมชน เพื่อให้คนในชุมชนที่มีสภาวะของความเปราะบางสามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพตามบริบทของชุมชน สอดคล้องกับแนวคิดความเป็นอยู่ที่ดี (Well-being) อย่างน้อย 7 ประการ ในงานวิจัยของ กิตติพัฒน์ นนทปัทมะดุล (2560)สะท้อนถึงการดูแลประชาชนอย่างถ้วนหน้าตามคติของปรัชญาสังคมประชาธิปไตย (Social Democracy) สวัสดิการ 7 ประการ ประกอบด้วย สุขภาวะ การศึกษา ที่อยู่อาศัย การมีงานทำ ความมั่นคงทางสังคม บริการทางสังคม และนันทนาการ

การรวมกลุ่มในชุมชนเพื่อดำเนินการจัดตั้งวิสาหกิจเพื่อสังคม ถึงแม้ว่าในชุมชนจะมีลักษณะของการรวมกลุ่มทางสังคมในลักษณะแบบหลวม ๆ ในลักษณะที่ไม่เป็นทางการ แต่สิ่งหนึ่งที่พบได้จากการรวมกลุ่มคือการรวมกลุ่มนั้นเป็นการรวมกลุ่มในลักษณะที่มีการช่วยเหลือกันระหว่างสมาชิก รวมทั้งยังเป็นการรวมกลุ่มกันเพื่อช่วยเหลือคนในชุมชน อาทิเช่น การรวมกลุ่มของยุวพุทธที่เข้ามาทำงานในร้านกาแฟหน้าวัดคอฟฟี่ และมีการบันผลกำไรที่ได้จากการขายกาแฟและเครื่องดื่มมาบริจาคเพื่อซื้ออุปกรณ์ทางการแพทย์ให้แก่ศูนย์ร่มโพธิ์ในการดูแลผู้ป่วยติดเตียงในชุมชนบ้านร้องหลอดและชุมชนใกล้เคียง ซึ่งการแบ่งปันรายได้จากการดำเนินงานเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนกิจกรรมการดูแลสุขภาพและความเป็นอยู่ของคนในชุมชน อย่างไรก็ตามการรวมตัวกันเพื่อจัดตั้งวิสาหกิจเพื่อสังคมนี้ ไม่ได้มีวัตถุประสงค์หลักในการแสวงหากำไรจากการดำเนินงานดังนั้นสิ่งที่เป็นเป้าหมายปลายทางของการจัดตั้งวิสาหกิจเพื่อสังคมในครั้งนี้คือเพื่อความเข้มแข็งของชุมชน เช่นเดียวกับผลการวิจัยของ เกศินี ประทุมสุวรรณ และพีรพัฒน์ พันศิริ (2564) ที่ได้ศึกษาวิจัยโครงการวิสาหกิจเพื่อสังคมบนฐานทุนวัฒนธรรม ซึ่งมีจุดเริ่มต้นมาจากการทำงานอาสาสมัคร สมาชิกทุกคนจึงรู้บทบาทหน้าที่ของตนที่มีต่อชุมชนเป็นอย่างดี มีเป้าหมายร่วมกันกันคือการพัฒนาชุมชน ทำให้สมาชิกในกลุ่ม มีความอิ่มเอมใจในการทำกิจกรรม เห็นคุณค่าตนเอง ภาคภูมิใจในภูมิปัญญา บรรพบุรุษ รื้อฟื้นความเป็นชุมชนในอดีตตีความและเติมความหมายใหม่ทำให้วัฒนธรรมเดิมเป็นวัฒนธรรมที่ยังคงมีชีวิตและดำรงอยู่อย่างสอดคล้องกับบริบทในปัจจุบัน

ผลกระทบทางสังคม คือการที่วัดร้องหลอดเป็นศูนย์รวมจิตใจของคนในชุมชนเป็นพื้นที่กลางให้คนมาทำบุญ ชมศิลปวัฒนธรรมสืบทอดงานประเพณีต่างๆ และมีการจัดกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง จึงถือเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงศรัทธาที่ผู้คนนิยมมาทำบุญเพื่อให้เกิดความสุข ความสบายใจ ทั้งผู้ให้และผู้รับ ผู้ให้ความรู้สึกเห็นคุณค่าในตัวเองจากการทำบุญ ผู้รับมีความรู้สึกได้รับการโอบอุ้มจากสังคม ไม่ถูกสังคมทอดทิ้งหรือเกิดความรู้สึกต่ำต้อยทางสังคม สมาชิกในชุมชนเกิดความรักใคร่สามัคคีเนื่องจากมีกิจกรรมต้องช่วยเหลือพึ่งพาการอย่างต่อเนื่องทั้งด้านการใช้ชีวิตและด้านสุขภาพ ผลตอบแทนทางสังคมที่คำนวณได้ 1.6 เท่า สามารถอภิปรายได้ว่าเงินลงทุนทุก ๆ 1 บาท ที่โครงการวิจัยได้ลงทุนไปในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของวิสาหกิจสังคมด้านสุขภาพชุมชนแบบพึ่งตนเอง จะได้ผลตอบแทนกลับมา 1.6 บาท

จากผลการดำเนินงานข้างต้น สามารถอภิปรายได้ว่าการจัดตั้งวิสาหกิจเพื่อสังคมในชุมชนวัดร้องหลอดเป็นเพียงกลไกหนึ่งที่จะสามารถทำให้กิจกรรมต่างๆ มีความชัดเจนถึงกลุ่มเป้าหมายและคุณค่าที่จะส่งมอบให้กับชุมชนแห่งนี้ ทำให้กิจกรรมต่างๆ สามารถเชื่อมโยงกันได้ แต่งอย่างไรก็ตามพบว่าสิ่งที่สำคัญที่สุดคือการสร้าง “พื้นที่กลาง” ถือเป็นหนึ่งในสวัสดิการด้านนันทนาการ โดยเป็นการสร้างพื้นสาธารณะให้คนได้เข้าถึงมากขึ้น ซึ่งพื้นที่นี้เป็นพื้นที่ที่ไม่จำกัดการเข้าถึงของบุคคลทำให้ไม่ว่าจะมีสถานภาพทางสังคมอย่างไรก็สามารถมีส่วนร่วมกับพื้นที่นี้ได้ อีกทั้งความเจริญก้าวหน้าทางวัตถุและต่างคนต่างอยู่ในพื้นที่ของตนเองมีความเป็นปัจเจกบุคคลมากขึ้น สิ่งนี้จะทำให้บ่มเพาะพฤติกรรมที่ส่งผลเสียต่อทางสุขภาพกายและจิตใจโดยที่ไม่รู้ตัว การสร้างพื้นที่กลางจึงเปรียบเสมือนพื้นที่ส่วนกลางของชุมชนที่ดึงดูดให้คนมาทำกิจกรรมร่วมกัน ได้พูดคุยระบายความรู้สึกเกิดความผ่อนคลายและส่งผลต่อสุขภาวะที่ดี การมีพื้นที่กลางนอกจากจะส่งเสริมสวัสดิการทั้งด้านนันทนาการแล้วยังส่งเสริมสวัสดิการด้านสุขภาวะเพื่อความเป็นอยู่ที่ดีด้วย การทำงานแบบมีส่วนร่วมเป็นทั้งการเปิดพื้นที่ให้ชุมชนได้เรียนรู้และมีความเข้าใจกัน รวมทั้งได้เห็นถึงความทุกข์ยากปัญหาต่าง ๆ ที่มีในชุมชน ถือเป็นการกระตุ้นให้คนในทุกกลุ่มในชุมชนได้ตระหนักและร่วมกันรับผิดชอบในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชุมชน ขณะเดียวกันการมีส่วนร่วมทำให้ชุมชนได้เห็นถึงพลังและศักยภาพของตนเอง ในการนำความร่วมมือมาช่วยกันแก้ไขและจัดการปัญหา ซึ่งการสร้างและการเปิดพื้นที่ให้คนได้เรียนรู้และรับรู้ถึงปัญหาต่าง ๆ ที่มีอยู่นับว่าเป็นกลไกหนึ่งที่ลดความเหลื่อมล้ำในสังคม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ ได้รับการสนับสนุนงบประมาณ จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม คณะผู้วิจัยสูง ขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่คอยให้คำชี้แนะและตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณ พระครูพิศาลสังวรคุณ เจ้าอาวาสวัดร้องหลอด กรรมการวัด เจ้าหน้าที่ศูนย์ร่มโพธิ์ ผู้นำชุมชน กรรมการชุมชน สมาชิกชุมชนบริเวณ วัดร้องหลอด ที่ให้คำปรึกษาตลอดจนให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่การพัฒนางานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กิติพัฒน์ นนทปัทมะดุล, (2560). **นวัตกรรมการพัฒนาสังคม และสังคมสงเคราะห์.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

เกศินี ประทุมสุวรรณ และพีรพัฒน์ พันศิริ, (2564). **วิสาหกิจเพื่อสังคมบนฐานทุนวัฒนธรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน.** วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 41(3), 88–101.

สฤณี อาชวานันทกุล. (2553). **Social Entrepreneurship: New Models of Sustainable Change** [ออนไลน์]. สืบค้นจากhttp://fringer.org/wp-content/writings/Report-SocialEnt.pdf (วันที่ค้นข้อมูล 26 กันยายน 2567)

สำนักงานสร้างเสริมกิจการเพื่อสังคม (2556). **ระเบียบคำสั่ง.** สำนักงานสร้างเสริมกิจการเพื่อสังคม. สืบค้น 25 ตุลาคม 2556 จาก http://tseo.or.th/about/regulation-directives

สำนักงานสร้างเสริมกิจการเพื่อสังคมแห่งชาติ, (2553). **แผนแม่บทว่าด้วยการสร้างเสริมกิจการเพื่อสังคม พ.ศ. 2553–2557.** ค้นเมื่อ 18 เมษายน 2567. จาก http://tseo.or.th/

สุจินดา สุขกำเนิด และคณะ, (2542–2543). **ระบบการดูแลสุขภาพตนเองระดับครอบครัว ในชุมชนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการสภาวิจัยแห่งชาติ.

สุชาติ โสมประยูร, (2543). **สุขภาพเพื่อชีวิต.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Arvidson, M., Lyon, F., McKay, S., & Moro, D., (2013). **Valuing the social? The nature and controversies of measuring social return on investment (SROI).** Voluntary Sector Review, 4(1), 3–18.

Canvas. Journal of social entrepreneurship, 10(2), 232–251. https://doi.org/10.1080/19420676.2018.1541011

Millar, R., & Hall, K., (2013). **Social Return on Investment (SROI) and performance measurement: The opportunities and barriers for social enterprises in health and social care.** Public Management Review, 15(6), 923–941.

Nicholls, J., Lawlor, E., Neitzert, E., & Goodspeed, T, (2012). **A guide to Social Return on Investment.** The SROI Network. process integration of Business Model Canvas and Technological Roadmap.

Sparviero, S., (2019). **The Case for a Socially Oriented Business Model Canvas: The Social Enterprise Model**

Toro- Jarrín, M. A., Ponce-Jaramillo, I. E., & Güemes-Castorena, D., (2016). **Methodology for the of building**

Yamane, Taro., (1973). **Statistics : An Introductory Analysis.** 2rd ed. New York : Harper. and Row.

การจัดการค่าตอบแทนที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงาน กรณีศึกษา: องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

Compensation management that affects the quality of work life Case study: Songkhla Provincial Administrative Organization

สวรรยา โซะติก[1*] วริศรา แซ่ลี้[1], ศศิธร คีรีรักษ์[1], ฐานิตา อินทรแป้น[1], อนุตตรีย์ คงคำขวัญ[5] และ ชีวนันท์ คุณพิทักษ์[1]

Sawanya Sotik[1*], Warisara Saelee[1], Sasitorn Keereerak[1], Thanita Inpan[1], Anuttri Kongkamkwan[1] and Cheewanan Kunpitak[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาการจัดการค่าตอบแทนที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงาน กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาค่าตอบแทนที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงาน (2) เพื่อศึกษาคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา กลุ่มตัวอย่างจำนวน 296 คน โดยได้รับการตอบกลับแบบสอบถาม 217 ชุด คิดเป็นร้อยละ 73 ซึ่งสถิติที่ใช้ คือ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัย พบว่า ค่าตอบแทนที่เป็นตัวเงินมีระดับความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่าง ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{x}$ = 3.52) ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านค่าประกันชีวิตและประกันสุขภาพ ($\overline{x}$ = 3.69) ด้านค่าจ้างและเงินเดือน ($\overline{x}$ = 3.65) ด้านเงินโบนัสประจำปี ($\overline{x}$ = 3.24) ตามลำดับ ค่าตอบแทนที่ไม่เป็นตัวเงิน มีระดับความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่าง ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{x}$ = 3.76) ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านงาน ($\overline{x}$ = 3.84) ด้านโอกาสความก้าวหน้า ($\overline{x}$ = 3.76) ด้านสภาพแวดล้อม ($\overline{x}$ = 3.68) ตามลำดับ คุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงาน ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{x}$ = 3.93) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านภาวะอิสระจากงาน ($\overline{x}$ = 3.99) ด้านความเกี่ยวพันทางสังคม ($\overline{x}$ = 3.94) ด้านความมั่นคงในการทำงาน ($\overline{x}$ = 3.86) ตามลำดับ

คำสำคัญ : ค่าตอบแทน, คุณภาพชีวิตในการทำงาน

[1] สาขาการจัดการทรัพยากรมนุษย์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000

[2] Human Resource Management, Faculty of Humanities and Social Sciences, Thaksin University, Songkhla 90000

* Corresponding author : 641011190@tsu.ac.th

Abstract

This research aims to study the management of compensation that affects the quality of work life of employees, using the case study of Songkhla Provincial Administrative Organization. The objectives are (1) to study the compensation that affects the quality of work life of employees and (2) to study the quality of work life of employees in Songkhla Provincial Administrative Organization. The sample size was 296 people, with 217 questionnaires returned, accounting for 73%. The statistics used include frequency, percentage, mean, standard deviation, and multiple regression analysis to test the relationship. The research findings revealed that monetary compensation received a high level of agreement from the sample group overall ($\bar{x}$ = 3.52). The areas with the highest average scores were life and health insurance ($\bar{x}$ = 3.69), wages and salaries ($\bar{x}$ = 3.65), and annual bonuses ($\bar{x}$ = 3.24), respectively. Non-monetary compensation also received a high level of agreement from the sample group overall ($\bar{x}$ = 3.76). The areas with the highest average scores were work ($\bar{x}$ = 3.84), advancement opportunities ($\bar{x}$ = 3.76), and environment ($\bar{x}$ = 3.68), respectively. The overall quality of work life of employees was at a high level ($\bar{x}$ = 3.93), with the highest average scores in job autonomy ($\bar{x}$ = 3.99), social relationships ($\bar{x}$ = 3.94), and job security ($\bar{x}$ = 3.86), respectively.

Keywords: Compensation, Quality of work life

บทนำ

ค่าตอบแทน ถือได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในการตัดสินใจเข้าทำงาน และการคงอยู่กับองค์กรของพนักงาน ซึ่งองค์กรจะพิจารณาให้ค่าตอบแทนแตกต่างกันตามภาระความรับผิดชอบ ปริมาณงาน ความรู้ความสามารถและทักษะความยากง่ายของงานนั้น ๆ อย่างไรก็ตามมักพบปัญหาการจ่ายค่าตอบแทนที่ไม่คุ้มค่ากับรายจ่าย ค่าจ้างงานที่องค์กรต้องจ่ายออกไป ในส่วนของพนักงานเองอาจจะรู้สึกไม่พอใจกับค่าตอบแทนที่ได้รับ ที่ไม่สอดคล้องกับภาระงานที่ได้รับ จะเห็นว่าต่างฝ่ายต่างมองถึงความคุ้มค่าของผลตอบแทนที่ตนเองจะได้รับ ดังนั้นจึงต้องหาแนวทางการจ่ายค่าตอบแทนที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดความพึงพอใจทั้งกับองค์กรและกับพนักงาน (เบญจมาส ลักษณิยานนท์, 2561)หากองค์กรไม่สามารถตอบสนองความต้องการของพนักงานในการสร้างคุณภาพชีวิตในการทำงานให้ดีขึ้น พนักงานก็จะยึดมั่นกับองค์กรนั้นน้อยลง ซึ่งแน่นอนว่าในแต่ละบุคคลย่อมมีความต้องการที่จะมีคุณภาพชีวิตที่ดีแตกต่างกัน เป็นเหตุมาจากปัจจัยในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ตำแหน่งงาน ช่วงอายุ ดังนั้นการมีคุณภาพชีวิตการทำงานที่ดีของบุคคลในองค์กร และการที่องค์การสามารถตอบสนอง ความต้องการ และความคาดหวังของผู้ปฏิบัติงานได้จะส่งผลทำให้งานขององค์กรนั้นมีคุณภาพและประสิทธิภาพ รวมทั้งความสำเร็จขององค์กร (ศริยา ยังศิริ, 2562) ซึ่งการปรับปรุงพัฒนาคุณภาพชีวิตในการทำงานอย่างต่อเนื่องนับว่าเป็นวิธีการหนึ่งในการพัฒนาองค์กร ซึ่งจะส่งผลต่อพนักงานที่ปฏิบัติงานในองค์กรอย่างมีความสุข และส่งผลถึงประสิทธิภาพของพนักงานในองค์กร ดังนั้น คุณภาพชีวิตในการทำงานจึงเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงและให้ความสำคัญด้วยเช่นกัน

คุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงาน (Quality of Work Life) เป็นการประสานกันระหว่างความพึงพอใจในการทำงานของพนักงานกับประสิทธิภาพในการทำงาน ซึ่งจะก่อให้เกิดประสิทธิผลในองค์กร เมื่อพนักงานได้รับการเอาใจใส่ในเรื่องนี้ พนักงานจะรู้สึกได้รับการสนับสนุนทั้งสภาพความเป็นอยู่และจิตใจ อันได้แก่ 1) การได้รับผลตอบแทนที่เพียงพอและเป็นธรรม 2) สภาพการทำงานที่มีความปลอดภัยและส่งเสริมสุขภาพ 3) การพัฒนา

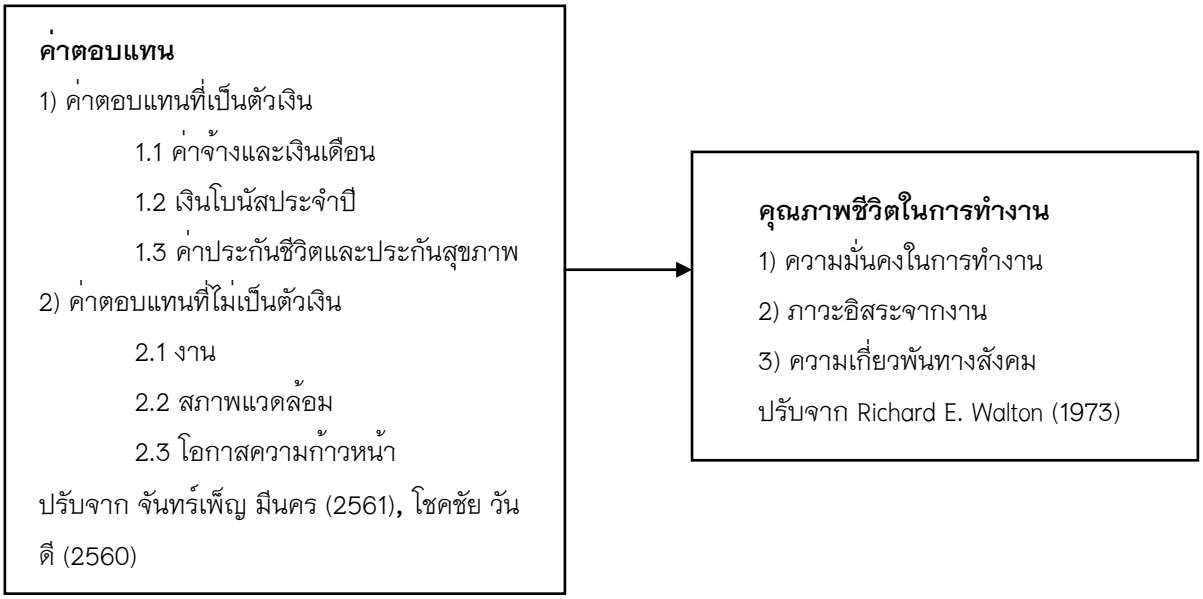
ศักยภาพของผู้ปฏิบัติงาน 4) ความก้าวหน้าและความมั่นคงในการทำงาน 5) การส่งเสริมและบูรณาการทางสังคมหรือการทำงาน 6) การปฏิบัติตามกฎระเบียบของกฎหมายและสังคม 7) ภาวะอิสระจากงาน 8) ความเกี่ยวพันทางสังคม (Richard E. Walton. 1973 อ้างถึงใน ประพันธ์ คำชัยวงศ์. 2556) แต่ในขณะเดียวกันถ้าหากองค์กรนั้นไม่สามารถตอบสนองความต้องการของพนักงานในการเสริมสร้างคุณภาพชีวิตในการทำงานให้ดีขึ้นกับพนักงานได้จะทำให้พนักงานยึดมั่นกับองค์กรนั้น ๆ น้อยลง ยกตัวอย่างเช่น เวลาการทำงานที่มากเกินไปแต่กลับได้ค่าตอบแทนที่ไม่ยุติธรรม ซึ่งการปรับปรุงพัฒนาคุณภาพชีวิตในการทำงานอย่างต่อเนื่องนับว่าเป็นวิธีการหนึ่งในการพัฒนาองค์กร ซึ่งจะส่งผลต่อพนักงานที่ปฏิบัติงานในองค์กรอย่างมีความสุข และส่งผลถึงประสิทธิภาพของพนักงานในองค์กร ดังนั้นคุณภาพชีวิตในการทำงานจึงเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงและให้ความสำคัญด้วยเช่นกัน

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการค่าตอบแทนที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตการทำงานของพนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาค่าตอบแทนที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงาน 2) เพื่อศึกษาคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา เนื่องจากค่าตอบแทนถือเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน และจะส่งผลต่อคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงาน ซึ่งแต่ละองค์กรได้ให้ความสำคัญกับการจ่ายค่าตอบแทนให้กับพนักงานเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงมีความสำคัญที่จะนำองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลามาเป็นกรณีศึกษาในการวิจัยครั้งนี้

วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาค่าตอบแทนที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงาน
2) เพื่อศึกษาคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐาน

ค่าตอบแทนที่เป็นตัวเงินและไม่เป็นตัวเงิน ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา อยู่ในระดับมาก

วิธีการศึกษา

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ พนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา จำนวน 1,063 คน

กลุ่มตัวอย่าง

ใช้วิธีการหาขนาดกลุ่มตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของประชากร ตามสูตรของ Taro Yamane. (1973) ประชากรที่ใช้ในการในศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ พนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา จำนวน 296 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

แบบสอบถามที่การจัดการค่าตอบแทนที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของพนักงาน แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคล ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) จำนวน 6 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ระยะเวลาการปฏิบัติงาน ตำแหน่งงาน รายได้ที่ได้รับต่อเดือน

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับค่าตอบแทน ได้แก่ 1) ค่าตอบแทนที่เป็นตัวเงิน ประกอบด้วย ค่าจ้างและเงินเดือน เงินโบนัสประจำปี ค่าประกันชีวิตและประกันสุขภาพ 2) ค่าตอบแทนที่ไม่เป็นตัวเงิน ประกอบด้วย งาน สภาพแวดล้อม และโอกาสความก้าวหน้า ลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบ มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating scale)

ตอนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงาน ได้แก่ 1) ความมั่นคงในการทำงาน 2) ภาวะอิสระจากงาน 3) ความเกี่ยวพันทางสังคม ลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบ มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating scale)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงได้รวบรวมและสรุปเพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยและกำหนดแบบสอบถาม

2) ดำเนินการจัดทำแบบสอบถามให้มีจำนวนเท่ากับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย โดยได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความเที่ยงตรง ความเหมาะสมของภาษา และให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ในแบบสอบถาม เพื่อใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

3) ขอหนังสือรับรองและแนะนำตัวจากมหาวิทยาลัยทักษิณถึงองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา เพื่อขอความร่วมมือจากองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ในการตรวจสอบสถิติกลุ่มประชากรและเก็บรวบรวมข้อมูล

4) ดำเนินแจกแบบสอบถามด้วยตนเอง ให้แก่กลุ่มพนักงานองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาตามจำนวนในกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 296 ชุด

5) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามที่ได้รับมาวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีการทางสถิติต่าง ๆ ที่ใช้การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บแบบสอบถามโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Product and Service Solutions) ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้

สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาค่าตอบแทนที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงาน และศึกษาคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าตอบแทนที่เป็นตัวเงิน

ค่าตอบแทนที่เป็นตัวเงิน	$\overline{x}$	S.D.	การแปลผล
1. ด้านค่าจ้างและเงินเดือน	3.65	.708	มาก
2. ด้านเงินโบนัสประจำปี	3.24	.842	ปานกลาง
3. ด้านค่าประชีวิตและประกันสุขภาพ	3.69	.924	มาก
รวม	3.52	.811	มาก

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาค่าตอบแทนที่เป็นตัวเงิน พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{x}$ = 3.52) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านค่าประชีวิตและประกันสุขภาพ ($\overline{x}$ = 3.69) อยู่ในระดับมาก รองลงมา คือ ด้านค่าจ้างและเงินเดือน ($\overline{x}$ = 3.65) อยู่ในระดับมาก และด้านเงินโบนัสประจำปี ($\overline{x}$ = 3.24) อยู่ในระดับปานกลาง ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าตอบแทนที่ไม่เป็นตัวเงิน

ค่าตอบแทนที่ไม่เป็นตัวเงิน	$\overline{x}$	S.D.	การแปลผล
1. ด้านงาน	3.84	.723	มาก
2. ด้านสภาพแวดล้อม	3.68	.773	มาก
3. ด้านโอกาสความก้าวหน้า	3.78	.720	มาก
รวม	3.76	.738	มาก

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาค่าตอบแทนที่ไม่เป็นตัวเงิน พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นภาพรวมอยู่ในระดับมาก อยู่ในระดับมาก ($\overline{x}$ = 3.76) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านงาน ($\overline{x}$ = 3.84) อยู่ในระดับมาก รองลงมา คือ ด้านโอกาสความก้าวหน้า ($\overline{x}$ = 3.76) อยู่ในระดับมาก และด้านสภาพแวดล้อม ($\overline{x}$ = 3.68) อยู่ในระดับมาก ตามลำดับ

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพชีวิตในการทำงาน

คุณภาพชีวิตในการทำงาน	$\overline{x}$	S.D.	การแปลผล
1. ด้านความมั่นคงในการทำงาน	3.86	.734	มาก
2. ด้านภาวะอิสระจากกงาน	3.99	.761	มาก
3. ด้านความเกี่ยวพันทางสังคม	3.94	.670	มาก
รวม	3.93	.721	มาก

จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาคุณภาพชีวิตในการทำงาน พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.93) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านภาวะอิสระจากกงาน ($\overline{X}$ = 3.99) อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ ด้านความเกี่ยวพันทางสังคม ($\overline{X}$ = 3.94) อยู่ในระดับมาก และด้านความมั่นคงในการทำงาน ($\overline{X}$ = 3.86) อยู่ในระดับมาก ตามลำดับ

จากผลการศึกษาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าตอบแทนที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา พบว่า ค่าตอบแทนด้านที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตในการทำงานและมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ด้านงาน ($\overline{X}$ = 3.84) อยู่ในระดับมาก รองลงมา คือ ด้านโอกาสความก้าวหน้า ($\overline{X}$ = 3.76) อยู่ในระดับมาก ด้านค่าประกันชีวิตและประกันสุขภาพ ($\overline{X}$ = 3.69) อยู่ในระดับมาก ด้านสภาพแวดล้อม ($\overline{X}$ = 3.68) อยู่ในระดับมาก ด้านค่าจ้างและเงินเดือน ($\overline{X}$ = 3.65) อยู่ในระดับมาก และด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ด้านเงินโบนัสประจำปี ($\overline{X}$ = 3.24) อยู่ในระดับปานกลาง ตามลำดับ

จากผลการศึกษาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา พบว่า คุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ด้านภาวะอิสระจากงาน ($\overline{X}$ = 3.99) อยู่ในระดับมาก รองลงมา คือ ด้านความเกี่ยวพันทางสังคม ($\overline{X}$ = 3.94) อยู่ในระดับมาก และด้านความมั่นคงในการทำงาน ($\overline{X}$ = 3.86) อยู่ในระดับมาก ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

พนักงานในองค์การส่วนบริหารจังหวัดสงขลาส่วนใหญ่ มีความคิดเห็นต่อค่าตอบแทนที่เป็นตัวเงินในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.52) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านค่าประกันชีวิตและประกันสุขภาพ ($\overline{X}$ = 3.69) อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ ด้านค่าจ้างและเงินเดือน ($\overline{X}$ = 3.65) อยู่ในระดับมาก และด้านเงินโบนัสประจำปี ($\overline{X}$ = 3.24) อยู่ในระดับปานกลาง

1) ค่าตอบแทนของพนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ในภาพรวม พนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลามีความคิดเห็นต่อค่าตอบแทนอยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พิชญาภัค เสมสาคร (2562) ได้ศึกษาเรื่อง การจัดการสวัสดิการที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของพนักงาน ห้างสรรพสินค้า พบว่า การจัดการสวัสดิการของห้างสรรพสินค้า โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก และหากพิจารณาเป็นรายด้าน ด้านสวัสดิการที่เป็นตัวเงิน อยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ ทิวากร กระชัน (2562) ได้ศึกษาเรื่อง ความคิดเห็นของพนักงานราชการที่มีต่อค่าตอบแทนและสวัสดิการ ที่ได้รับของสำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา พบว่า พนักงานราชการมีระดับความคิดเห็นต่อค่าตอบแทนและสวัสดิการที่ได้รับของสำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า พนักงานราชการมีระดับความคิดเห็นต่อค่าตอบแทนและสวัสดิการที่ได้รับของสำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาอยู่ในระดับมากทุกด้าน ได้แก่ ด้านสวัสดิการ และด้านค่าตอบแทน ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ของค่าตอบแทนที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา มากที่สุด ทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

1.1 ค่าตอบแทนที่ไม่เป็นตัวเงิน ด้านงาน พบว่า พนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา มีความคิดเห็นต่อด้านงาน อยู่ในระดับมาก อภิปรายได้ว่า งานที่องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาได้มอบหมายให้แก่พนักงานปฏิบัติช่วยส่งเสริมให้พนักงานเกิดการการเรียนรู้และพัฒนาการปฏิบัติงานเสมอ ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ ดร.รุ่งอรุณ กระแสร์สินธุ์ (2561) ได้ศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบรูปแบบค่าตอบแทนและสวัสดิการแรงงานของพนักงาน

บริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ของผู้ประกอบการในนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดสมุทรปราการ พบว่า พนักงานบริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ของผู้ประกอบการในนิคมอุตสาหกรรม มีระดับความคิดเห็นต่อด้านงานอยู่ในระดับปานกลาง

1.2 ค่าตอบแทนที่ไม่เป็นตัวเงิน ด้านโอกาสความก้าวหน้า พบว่า พนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา มีความคิดเห็นต่อด้านโอกาสความก้าวหน้า อยู่ในระดับมาก อภิปรายได้ว่า พนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาทุกคนมีโอกาสที่จะได้เลื่อนตำแหน่ง ใช้ความสามารถเต็มศักยภาพพร้อมที่จะก้าวสู่ตำแหน่งสูงขึ้น มีความเท่าเทียมและเสมอภาคกัน ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ ดร.รุ่งอรุณ กระแสร์สินธุ์ (2561) ได้ศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบรูปแบบค่าตอบแทนและสวัสดิการแรงงานของพนักงานบริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ของผู้ประกอบการในนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดสมุทรปราการ พบว่า พนักงานบริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ของผู้ประกอบการในนิคมอุตสาหกรรม มีระดับความคิดเห็นต่อด้านโอกาสความก้าวหน้าอยู่ในระดับปานกลาง

1.3 ค่าตอบแทนที่เป็นตัวเงิน ด้านค่าประชีวิตและประกันสุขภาพ พบว่า พนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา มีความคิดเห็นต่อด้านค่าประชีวิตและประกันสุขภาพ อยู่ในระดับมาก อภิปรายได้ว่า พนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ได้รับความคุ้มครองทั้งในเรื่องประกันชีวิต อุบัติเหตุ ทุพพลภาพ และประกันสุขภาพ อย่างเหมาะสม จึงมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของ ฐานิฎา เจริญเลิศวิวัฒน์ (2558) ได้ศึกษาเรื่อง ความพึงพอใจในค่าตอบแทน สวัสดิการและคุณภาพชีวิตการทำงานที่มีผลต่อความจงรักภักดีต่อองค์กร : กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข พบว่า ระดับความพึงพอในในค่าตอบแทน สวัสดิการและคุณภาพชีวิตการทำงาน ด้านประกันชีวิตและประกันสุขภาพ อยู่ในระดับมาก

2. คุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ในภาพรวม พนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลามีความคิดเห็นต่อคุณภาพชีวิตในการทำงาน อยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ มงคล คำมา (2562) ได้ศึกษาเรื่อง คุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานบริษัท อีริคสัน ประเทศไทย พบว่า ด้านที่อยู่ในระดับมาก คือ ด้านการมีส่วนร่วมในการทำงานและความสัมพันธ์กับผู้อื่น ด้านสิทธิส่วนบุคคลในการทำงาน ด้านสิ่งแวดล้อมที่ปลอดภัยและการส่งเสริมสุขภาพ ด้านค่าตอบแทนที่เพียงพอและยุติธรรม ส่วนด้านที่อยู่ในระดับปานกลางคือ ด้านโอกาสที่ได้รับการพัฒนาความสามารถด้านโอกาสก้าวหน้าและความมั่นคงในการทำงาน ด้านการทำงานและการดำเนินชีวิตโดยรวมตามลำดับ และสอดคล้องกับการศึกษาของ พชรพล ถนอมเกียรติกร (2564) ได้ศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการสวัสดิการสำหรับครอบครัวกับคุณภาพชีวิตการทำงาน กรณีศึกษาพนักงานบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง พบว่า คุณภาพชีวิตการทำงานด้าน ความมั่นคงและความก้าวหน้าในการทำงานมีระดับคุณภาพชีวิตมากที่สุด และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

2.1 คุณภาพชีวิตในการทำงาน ด้านความมั่นคงในการทำงาน พบว่า พนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา มีความคิดเห็นต่อด้านความมั่นคงในการทำงาน อยู่ในระดับมาก อภิปรายได้ว่า พนักงานในองค์การบรริหารส่วนจังหวัดสงขลารู้สึกมีความมั่นคงต่อตำแหน่งงานในปัจจุบัน และสามารถมองเห็นความชัดเจนและความมั่นคงของสายงานในอนาคต สอดคล้องกับการศึกษาของ ปิยะนุช ตันเจริญ และศรัณย์ ฐิตารีย์ (2563) ได้ศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ของการจัดสวัสดิการกับคุณภาพชีวิตในการทำงานของข้าราชการพนักงานองค์การบริหารส่วนตำบลวังก์พง อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่า คุณภาพชีวิตในการทำงานของข้าราชการ พนักงานองค์การบริหาร ส่วนตำบลวังก์พง ด้านความมั่นคงในการทำงาน อยู่ในระดับมาก

2.2 คุณภาพชีวิตในการทำงาน ด้านภาวะอิสระจากกงาน พบว่า พนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา มีความคิดเห็นต่อด้านภาวะอิสระจากกงาน อยู่ในระดับมาก อภิปรายได้ว่า ปริมาณงานที่พนักงานรับผิดชอบไม่ส่งผลกระทบต่อชีวิตส่วนตัว มีการแบ่งเวลาในการปฏิบัติงาน และเวลาส่วนตัวได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับ

แนวคิดคุณภาพชีวิตในการทำงานของ Walton (1975 อ้างถึงใน ประพันธ์ คำชัยวงศ์ 2556) ที่กล่าวว่า ภาวะอิสระจากงานถือเป็นการที่องค์การหลีกเลี่ยงการเข้าไปแทรกแซงผู้ปฏิบัติงานในเรื่องความสมดุลที่เหมาะสมระหว่างงานกับช่วงเวลาอื่น ๆ ของชีวิต การแบ่งสัดส่วนการใช้เวลาว่างอย่างเหมาะสม การทำงานในองค์การมิได้เป็นเพียงปัจจัยเดียวใน การดำเนินชีวิตของมนุษย์ มนุษย์ทุกคนย่อมต้องการมีเวลาส่วนตัวที่ไม่ต้องการให้มีสิ่งใดมารบกวน

2.3 คุณภาพชีวิตในการทำงาน ด้านความเกี่ยวพันทางสังคม พบว่า พนักงานในองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา มีความคิดเห็นต่อด้านความเกี่ยวพันทางสังคม อยู่ในระดับมาก อภิปรายได้ว่า การปฏิบัติงานภายในองค์กรของพนักงานมีการให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในการปฏิบัติงานร่วมกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ ปิยะนุช ตันเจริญ และ ศรัณย์ ฐิตารีย์ (2563) ได้ศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ของการจัดสวัสดิการกับคุณภาพชีวิตในการทำงานของข้าราชการพนักงานองค์การบริหารส่วนตำบลวังก์พง อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่า พนักงานองค์การบริหารส่วนตำบลวังก์พง มีความคิดเห็นต่อด้านความเกี่ยวพันทางสังคม อยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1.1 องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ควรให้ความสำคัญและพัฒนาการจัดการเงินบัสประจำปีให้เหมาะสมแก่พนักงานมากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นการส่งเสริมคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานในการดำรงชีพให้ดียิ่งขึ้น

1.2 ให้มีการส่งเสริมพนักงานให้มีโอกาสได้เข้ารับการฝึกอบรม โดยการเปิดโอกาสให้พนักงานได้เข้าร่วมอบรมสัมมนาทั้งหลักสูตรระยะสั้น หรือหลักสูตรระยะยาว เพื่อส่งผลต่อความก้าวหน้าของพนักงาน และเพื่อเป็นการพัฒนาศักยภาพในการปฏิบัติงาน

1.3 ให้มีการพัฒนาสภาพแวดล้อมในสถานที่ทำงาน ให้มีความเหมาะสมสำหรับการทำงาน โดยการปรับสภาพแวดล้อมให้มีความผ่อนคลาย และให้พนักงานได้รับการอำนวยความสะดวกอย่างเต็มที่และเหมาะสม เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาปัจจัยความต้องการขั้นพื้นฐานอื่น ๆ ที่จะส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของพนักงานที่ปฏิบัติงานภายในองค์กรมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

2.2 ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้สอบถามโดยใช้ข้อคำถามที่อาจมีความละเอียดอ่อนเกินไปในบางข้อ การศึกษาครั้งต่อไปจึงควรมีการแก้ไขและปรับปรุงข้อคำถามให้มีความเหมาะสม ไม่ส่งผลกระทบใด ๆ ต่อทั้งองค์กรและพนักงานมากจนเกินไป

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยการจัดการค่าตอบแทนที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงาน กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา ได้เสร็จสิ้นลงอย่างสมบูรณ์ ผู้จัดทำวิจัยดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ได้ด้วยความช่วยเหลือจากองค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลาที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล ทำให้ผู้จัดทำวิจัยสามารถดำเนินการวิจัยได้สำเร็จ

ผู้จัดทำวิจัยขอขอบคุณ อาจารย์ชีวนันท์ คุณพิทักษ์ ที่ได้ชี้แนะแนวทางในการดำเนินงาน ติดต่อประสานงานให้คำชี้แนะและตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารและรายละเอียดต่าง ๆ ทำให้วิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำวิจัยขอรำลึกถึงผู้มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูล เรียบเรียงข้อมูลและสรุปผลการวิจัย ส่งผลให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และรู้สึกยินดีเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

จันทร์เพ็ญ มีนคร. (2561). **ความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจด้านค่าตอบแทนและสวัสดิการความพึงพอใจด้านการสื่อสารภายในองค์กร ต่อความผูกพันของบุคลากรกลุ่มเจเนอเรชั่นวายในองค์กรภาคเอกชน**. (วิทยานิพนธ์). สาขาวิชาการจัดการการสื่อสารองค์กร คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

โชคชัย วันดี (2560). **ความคิดเห็นของพนักงานราชการที่มีต่อค่าตอบแทนและสวัสดิการที่ได้รับของสำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา**. (การค้นคว้าแบบอิสระ). หลักสูตรปริญญารัฐประศาสนศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชารัฐประศาสนศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ฐานิฎา เจริญเลิศวิวัฒน์. (2558). **ความพึงพอใจในค่าตอบแทน สวัสดิการและคุณภาพชีวิตการทำงานที่มีผลต่อความจงรักภักดีต่อองค์กร : กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข**. (การค้นคว้าอิสระ). หลักสูตรปริญญา บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการทั่วไป. คณะบริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ดร.รุ่งอรุณ กระแสร์สินธุ์. (2561). **การเปรียบเทียบรูปแบบค่าตอบแทนและสวัสดิการแรงงานของพนักงานริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ของผู้ประกอบการในนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดสมุทรปราการ**. (การค้นคว้าแบบอิสระ). คณะบริหารธุรกิจ. สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.

ทิวากร กระชัน. (2562). **ความคิดเห็นของพนักงานราชการที่มีต่อค่าตอบแทนและสวัสดิการ ที่ได้รับของสำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา**. (การค้นคว้าแบบอิสระ). หลักสูตรปริญญารัฐประศาสนศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาวิชารัฐประศาสนศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เบญจมาส ลักษณิยานนท์. (2561). **ความพึงพอใจในค่าตอบแทนและความพึงพอใจในงาน กรณีศึกษา : บริษัทเอกชนขนาดใหญ่**. สืบค้นจากhttp://www.ba-abstract.ru.ac.th/AbstractPdf/2563-6_1630165445.pdf

ปิยะนุช ตันเจริญ และ ศรัณย์ ฐิตารีย์. (2563). **ความสัมพันธ์ของการจัดสวัสดิการกับคุณภาพชีวิตในการทำงานของข้าราชการพนักงานองค์การบริหารส่วนตำบลวังก์พง อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์**. (การค้นคว้าแบบอิสระ). สาขาวิชารัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

พชรพล ถนอมเกียรติกร. (2564). **ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการสวัสดิการสำหรับครอบครัวกับคุณภาพชีวิตการทำงาน กรณีศึกษาพนักงานบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง**. (การค้นคว้าแบบอิสระ). หลักสูตรสังคมสงเคราะห์ศาสตร์ มหาบัณฑิตภาควิชาสังคมสงเคราะห์ศาสตร์ คณะสังคมสงเคราะห์ศาสตร์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พิชญาภัค เสมสาคร. (2562). **การจัดการสวัสดิการที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของพนักงาน ห้างสรรพสินค้า**. (การค้นคว้าแบบอิสระ). สาขาวิชาการจัดการทุนมนุษย์และองค์การ วิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

มงคล คำมา. (2562). **คุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานบริษัท อีริคสัน (ประเทศไทย) จำกัด.** (การค้นคว้าแบบอิสระ). สาขาการจัดการ คณะบริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ศริยา ยังศิริ. (2562). **คุณภาพชีวิตการทำงานของพยาบาลวิชาชีพโรงพยาบาลเอกชนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร.** ค้นจาก https://so05.tci-thaijo.org/index.php/journal_law/article/view/251303/171696

Richard E. Walton. (1973). อ้างถึงใน ประพันธ์ คำชัยวงศ์. (2556). **ปัจจัยคุณภาพชีวิตในการทำงานและคุณลักษณะของงานที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของบุคลากร: กรณีศึกษาโรงพยาบาลเอกชนแห่งหนึ่ง**. (การค้นคว้าแบบอิสระ). สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรมนุษย์ วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาด้านการจัดการ. มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวต่อศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี

Tourist satisfaction at the mangrove ecotourism and Conservation Center in Chonburi Province

มณฑล นวลใย[1], เบญจวรรณ แสงอรุณ[1], พรณิชา ตั่งแก้วไพฑูรย์[1] และ ณรงค์ พลีรักษ์[1*]

Monthon Nualyai[1], Benjawan Saengaroon[1], Pornnicha Thangkhaewpaithun[1] and Narong Pleerux[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวชาวไทยจำนวน 123 คนที่เดินทางมายังศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี การเก็บข้อมูลจากนักท่องเที่ยวโดยใช้แบบสอบถามและคัดเลือกตัวอย่างแบบบังเอิญ หลังจากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา จากผลการวิจัยพบว่านักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจด้านทัศนียภาพอยู่ในระดับมาก เช่น ความสวยงามของเส้นทางศึกษาธรรมชาติ และความสะอาดของพื้นที่ ในขณะที่ความพึงพอใจด้านสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ห้องน้ำ และร้านอาหารอยู่ในระดับน้อยที่สุด ส่งผลให้มีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานและบริการให้ตรงกับความต้องการของนักท่องเที่ยว นอกจากนี้ การเข้าถึงและความปลอดภัยมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม คือ การปรับปรุงป้ายบอกทาง และการเพิ่มการรักษาความปลอดภัยเพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ท่องเที่ยวที่ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ป่าชายเลน, การท่องเที่ยวเชิงนิเวศ, ความพึงพอใจ, นักท่องเที่ยว, ความยั่งยืน

Abstract

This study aims to examine the satisfaction of 123 Thai tourists who visited the Mangrove Ecotourism and Conservation Center in Chonburi Province. Data were collected from tourists using a questionnaire, with samples selected through accidental sampling. The data were then analyzed using descriptive statistics. The research results indicate that tourists were highly satisfied with the scenic aspects, such as the beauty of the nature trails and the cleanliness of the area. However, satisfaction with facilities, such as restrooms and dining options, was rated the lowest. This finding suggests the need to improve infrastructure and services to better meet tourists' requirements. Additionally, satisfaction with accessibility and safety was rated as moderate. Further recommendations include improving signage and enhancing security measures to provide an improved tourism experience.

Keywords: Mangrove, Ecotourism, Satisfaction, Tourist, Sustainability

[1] สาขาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี 20131

[1] Major of Geography and Geoinformatics, Faculty of Humanities and Social Sciences, Burapha University, Chon Buri, 20131

*Corresponding author : narong_p@go.buu.ac.th

บทนำ

การท่องเที่ยวเชิงนิเวศที่เกี่ยวข้องกับป่าชายเลนในประเทศไทย เป็นการท่องเที่ยวที่เน้นการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ ในขณะที่สร้างประโยชน์ทางเศรษฐกิจให้กับชุมชนท้องถิ่น ป่าชายเลนมีบทบาทสำคัญในการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งและเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำ เป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมประมงและการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ (Smith & Jones, 2020) อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่พบ คือ การขาดการจัดการที่เหมาะสม เช่น การบริหารจัดการจำนวนนักท่องเที่ยว และการควบคุมกิจกรรมการท่องเที่ยวที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบนิเวศ เช่น การทิ้งขยะ และการบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลน (Wong et al., 2021) นอกจากนี้ การขาดความรู้และความเข้าใจในเรื่องการอนุรักษ์ของชุมชนและนักท่องเที่ยวบางกลุ่มยังคงเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของการท่องเที่ยวเชิงนิเวศในประเทศไทย (Chaiyasit, 2019) ดังนั้น การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนและการให้ความรู้แก่ประชาชนเกี่ยวกับความสำคัญของป่าชายเลนจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้การท่องเที่ยวเชิงนิเวศในป่าชายเลนของไทยสามารถดำเนินไปได้อย่างยั่งยืน (Garcia & Liu, 2022)

จังหวัดชลบุรีมีการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศที่เกี่ยวข้องกับป่าชายเลนมาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีป่าชายเลนที่มีความอุดมสมบูรณ์ เป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญสำหรับการอนุบาลสัตว์น้ำและป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง ป่าชายเลนในชลบุรีเป็นแหล่งดึงดูดนักท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์และยังสร้างรายได้ให้กับชุมชนท้องถิ่นผ่านกิจกรรมการท่องเที่ยว เช่น การเดินชมธรรมชาติ และการล่องเรือในป่าชายเลน (Somchai & Yodchai, 2020) อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่พบ คือ การจัดการทรัพยากรที่ไม่เหมาะสม เช่น การสร้างสิ่งปลูกสร้างใกล้กับแนวป่าชายเลน และการทิ้งขยะจากนักท่องเที่ยวที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Garcia & Lee, 2021) นอกจากนี้ การขาดการบูรณาการระหว่างหน่วยงานรัฐและชุมชนในพื้นที่ยังเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้การอนุรักษ์และการพัฒนาที่ยั่งยืนเป็นไปได้ยาก (Phromsopa, 2018) เพื่อให้การท่องเที่ยวเชิงนิเวศในป่าชายเลนจังหวัดชลบุรีสามารถพัฒนาได้อย่างยั่งยืน จึงจำเป็นต้องมีการจัดการที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นและการส่งเสริมความรู้ด้านการอนุรักษ์ให้กับทั้งนักท่องเที่ยวและชุมชน (Wong & Smith, 2022)

การศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวในการท่องเที่ยวเชิงนิเวศที่เกี่ยวข้องกับป่าชายเลนมักใช้วิธีการเก็บข้อมูลแบบเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เช่น การใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินระดับความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ เช่น ความสวยงามของธรรมชาติ ความสะอาดของพื้นที่ และการบริการของเจ้าหน้าที่ (Jittrapong & Sucharit, 2019) นอกจากนี้ การสัมภาษณ์เชิงลึกยังเป็นอีกวิธีที่ช่วยให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับประสบการณ์และความคาดหวังของนักท่องเที่ยว ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการท่องเที่ยวในอนาคต (Garcia & Liu, 2021) ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการวางแผนและจัดการการท่องเที่ยวเชิงนิเวศได้อย่างยั่งยืน เช่น การพัฒนาเส้นทางท่องเที่ยวที่เหมาะสม การจัดทำข้อมูลเกี่ยวกับความสำคัญของป่าชายเลนให้กับนักท่องเที่ยว และการสร้างมาตรการควบคุมจำนวนนักท่องเที่ยวเพื่อไม่ให้กระทบต่อระบบนิเวศ (Wong & Adams, 2020) การประยุกต์ผลการศึกษาความพึงพอใจจึงมีความสำคัญในการสร้างสมดุลระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจและการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ (Smith & Lee, 2022)

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี ศูนย์ฯ แห่งนี้มีความสำคัญในด้านการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและการอนุรักษ์ป่าชายเลน เป็นแหล่งเรียนรู้และศึกษาธรรมชาติที่ส่งเสริมให้นักท่องเที่ยวและประชาชนเข้าใจถึงความสำคัญของป่าชายเลน การศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ ผลการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการ ปรับปรุงการบริการ รวมทั้ง

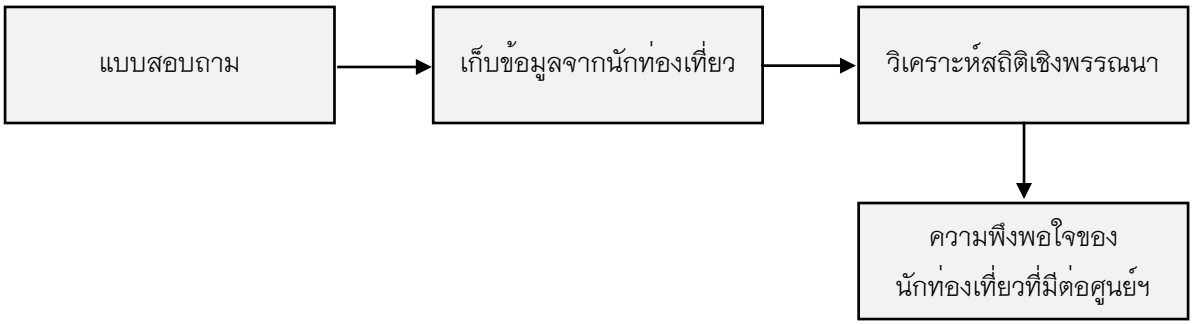
วางแผนและกำหนดแนวทางการอนุรักษ์ป่าชายเลน นำไปสู่ความยั่งยืนของระบบนิเวศในศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรีได้

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

การวิจัยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 สำรวจข้อมูลความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังในศูนย์ฯ โดยใช้แบบสอบถาม ประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไปของนักท่องเที่ยว และข้อมูลความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อการท่องเที่ยวของศูนย์ฯ ในด้านต่าง ๆ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านทัศนียภาพ ด้านการเข้าถึง และด้านความปลอดภัย ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามด้วยค่าสถิติต่าง ๆ ได้แก่ ค่าสถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

เครื่องมือ อุปกรณ์ ข้อมูล และขั้นตอนการดำเนินงานในการศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังศูนย์ฯ มีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1.1 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวเดินทางมายังศูนย์ฯ

1.2 การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาจากแบบสอบถามโดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)

2. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวเดินทางมายังศูนย์ฯ ได้จากการสอบถามนักท่องเที่ยว

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การสร้างแบบสอบถาม

แบบสอบถามฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังศูนย์ฯ แบบสอบถามนี้ผ่านการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงของเครื่องมือ (IOC) จากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 สอบถามข้อมูลทั่วไปของนักท่องเที่ยว ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ คำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check List)

ส่วนที่ 2 สอบถามข้อมูลความพึงพอใจและความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวที่มีต่อการท่องเที่ยวของศูนย์ฯ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านทัศนียภาพ ด้านการเข้าถึง และด้านความปลอดภัย ลักษณะของคำถามเป็นแบบวัดทัศนคติของ Likert

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของนักท่องเที่ยว

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร คือ นักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังศูนย์ฯ

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังศูนย์ฯ เนื่องจากข้อจำกัดของระยะเวลาและงบประมาณในการเก็บข้อมูลตัวอย่าง จึงใช้วิธีการคำนวณจำนวนของกลุ่มโดยใช้สมการที่ (1) ดังนี้

$$N = \left(\frac{z_c \sigma}{e_M}\right)^2 \quad (1)$$

โดย N คือ จำนวนตัวอย่าง

Z_c คือ คะแนน Z ตามระดับความมีนัยสำคัญที่ผู้วิจัยกำหนดให้ (α)

Z คือ 1.96 ที่ระดับความมั่นใจ 95% (α = .05)

e_M คือ ค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุดที่ยอมรับได้

σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

ถ้ากำหนดให้ความคลาดเคลื่อนมากที่สุดที่ยอมรับได้เป็น 1/10 ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร และระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ .05 จากประชากรที่ไม่แน่นอน จะได้จำนวนประชากรที่เดินทางมายังอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี เท่ากับ 665 คน และกลุ่มตัวอย่างคิดเป็น 15% ของจำนวนประชากร จะได้ 99.75 คน หรือ 100 คน โดยงานวิจัยนี้การเก็บแบบสอบถามจากนักท่องเที่ยวรวม 123 คน

3.3 การรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการเก็บข้อมูลแบบสอบถามจากนักท่องเที่ยว โดยใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) จนได้จำนวนครบตามที่คำนวณไว้

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของนักท่องเที่ยว เป็นแบบสอบถามแบบตรวจสอบรายการ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีแจกแจงความถี่ และค่าร้อยละ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว เป็นแบบสอบถามแบบวัดทัศนคติของ Likert วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

แบบสอบถามส่วนนี้มีการให้คะแนนเป็น 5 ระดับดังนี้

5 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

4 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

3 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

2 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

1 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

เกณฑ์การประเมินผล โดยใช้คะแนนเฉลี่ยตามเกณฑ์ดังนี้

4.21–5.00 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

3.41–4.20 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

2.61–3.40 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

1.81–2.60 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

1.00–1.80 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

ผลการศึกษา

1. ข้อมูลทั่วไปของนักท่องเที่ยว

จากการสอบถามนักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังศูนย์ฯ พบว่า มีเพศหญิงมากที่สุดจำนวน 64 คน คิดเป็นร้อยละ 52.03 เพศชายจำนวน 54 คน คิดเป็นร้อยละ 43.90 และ LGBTQ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 4.07 ส่วนช่วงอายุของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังศูนย์ฯ ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 15–24 ปี จำนวน 44 คน คิดเป็นร้อยละ 35.80 รองลงมาเป็นช่วงอายุ 45–54 ปี จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 30.90 ส่วนช่วงอายุที่มีจำนวนน้อยที่สุด ได้แก่ ช่วงอายุ 25–34 ปี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 4.00 ในขณะที่อาชีพของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังศูนย์ฯ พบว่า นักเรียน/นักศึกษามีจำนวนมากที่สุดเท่ากับ 49 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 รองลงมา คือ อาชีพข้าราชการ จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 และรับจ้างทั่วไป มีจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 4.00 สำหรับข้อมูลรายได้ของนักท่องเที่ยว พบว่า ช่วงรายได้ 5,001–10,000 บาท มีจำนวนมากที่สุดถึง 49 คน คิดเป็นร้อยละ 39.84 รองลงมา คือ ช่วงรายได้ 20,001–30,000 บาท จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 25.20 และนักท่องเที่ยวที่มีรายได้ 40,001–50,000 บาท มีจำนวนน้อยที่สุดเท่ากับ 1 คน คิดเป็นร้อยละ 0.81 ดังภาพที่ 2

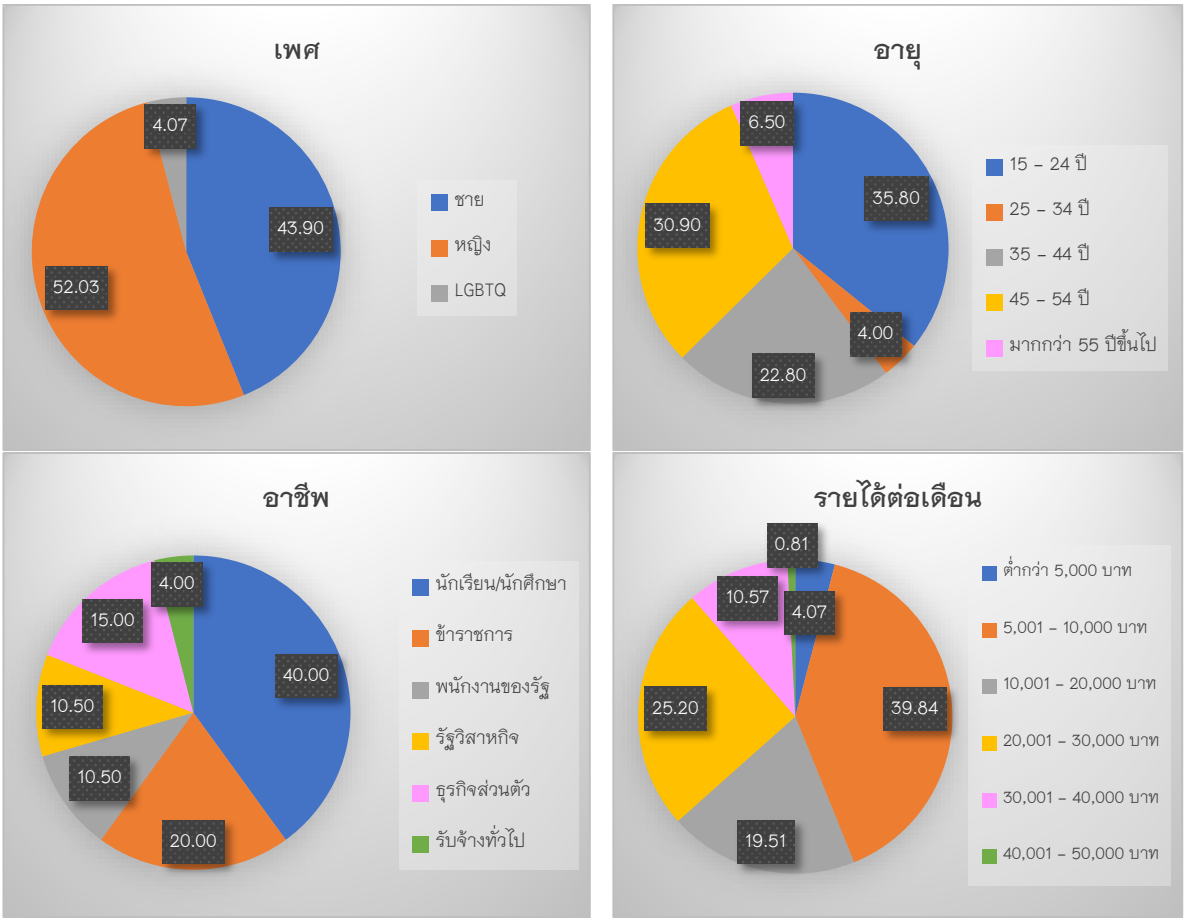
2. ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว

การศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวจำนวน 123 คนที่เดินทางมายังศูนย์ฯ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านทัศนียภาพ ด้านการเข้าถึง และด้านความปลอดภัย ผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

2.1 ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก

การศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านสิ่งอำนวยความสะดวกแบ่งออกเป็น 7 ด้านย่อย ได้แก่ ร้านอาหารและเครื่องดื่ม ที่จอดรถ จุดทิ้งขยะ จุดให้ข้อมูลข่าวสาร ห้องน้ำ ป้ายบอกทาง และป้ายให้ความรู้ โดยนักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจต่อป้ายให้ความรู้มากที่สุดเท่ากับ 3.72 จัดอยู่ในระดับมาก รองลงมา ได้แก่ ที่จอดรถ มีความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 3.45 (ระดับมาก) และป้ายบอกทาง มีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 3.16 (ระดับปานกลาง) ในขณะที่นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจต่อห้องน้ำน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.72 ซึ่งอยู่ในระดับน้อย ส่วนร้านอาหารและเครื่องดื่มมีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยค่าเท่ากับ 1.83 อยู่ในระดับน้อยเช่นกัน เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยของ

ความพึงพอใจด้านสิ่งอำนวยความสะดวก มีค่าเท่ากับ 2.70 ทำให้ภาพรวมของความพึงพอใจด้านสิ่งอำนวยความสะดวกอยู่ในระดับปานกลาง ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ และรายได้ต่อเดือน

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านสิ่งอำนวยความสะดวก

ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านสิ่งอำนวยความสะดวก	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
ร้านอาหารและเครื่องดื่ม	1.83	0.90	น้อย
ที่จอดรถ	3.45	1.35	มาก
จุดทิ้งขยะ	2.33	0.66	น้อย
จุดให้ข้อมูลข่าวสาร	2.72	0.89	ปานกลาง
ห้องน้ำ	1.72	1.12	น้อยที่สุด
ป้ายบอกทาง	3.16	1.08	ปานกลาง
ป้ายให้ความรู้	3.72	0.63	มาก
ค่าเฉลี่ย	**2.70**	**–**	**ปานกลาง**

2.2 ด้านทัศนียภาพ

ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านทัศนียภาพครอบคลุม 5 ด้าน จากการศึกษาพบว่านักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจต่อความสวยงามของเส้นทางศึกษาธรรมชาติมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ด้านความสะอาดของเส้นทางศึกษาธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ย 4.19 (ระดับมาก) และความสวยงามและการตกแต่งภายในศูนย์ฯ มีค่าเฉลี่ย 3.86 (ระดับมาก) ส่วนด้านความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายของพืชและสัตว์นั้น นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.93 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยรวมในแต่ละด้าน ปรากฏว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.79 แสดงว่านักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจต่อทัศนียภาพของศูนย์ฯ อยู่ในระดับมาก ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านทัศนียภาพ

ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านทัศนียภาพ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
ความสวยงามและการตกแต่งภายในศูนย์ฯ	3.86	1.08	มาก
ความสวยงามของเส้นทางศึกษาธรรมชาติ	4.24	0.85	มากที่สุด
ความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายของพืชและสัตว์	2.93	0.87	ปานกลาง
ความสะอาดภายในและบริเวณโดยรอบศูนย์ฯ	3.76	1.12	มาก
ความสะอาดของเส้นทางศึกษาธรรมชาติ	4.19	0.90	มาก
ค่าเฉลี่ย	**3.79**	**–**	**มาก**

2.3 ด้านการเข้าถึง

จากการศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านการเข้าถึงพบว่า นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจต่อการมีเส้นทางศึกษาธรรมชาติในการชมพืชและสัตว์มากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.01 อยู่ในระดับมาก รองลงมา ได้แก่ สภาพถนนที่เดินทางเข้ามาศูนย์ฯ มีความสะดวกปลอดภัย มีค่าเฉลี่ย 3.85 (ระดับมาก) ส่วนความพึงพอใจเกี่ยวกับการมีป้ายบอกทางจากถนนสาธารณะที่เข้ามายังศูนย์ฯ มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 2.89 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ในภาพรวมความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านการเข้าถึงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.58 ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่านักท่องเที่ยวมีมีความพึงพอใจด้านการเข้าถึงในระดับมาก ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านการเข้าถึง

ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านการเข้าถึง	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
สภาพถนนที่เดินทางเข้ามาศูนย์ฯ มีความสะดวกปลอดภัย	3.85	1.10	มาก
มีป้ายบอกทางจากถนนสาธารณะที่เข้ามายังศูนย์ฯ	2.89	0.83	ปานกลาง
มีเส้นทางศึกษาธรรมชาติในการชมพืชและสัตว์	4.01	0.92	มาก
ค่าเฉลี่ย	**3.58**	**–**	**มาก**

2.4 ด้านความปลอดภัย

ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านความปลอดภัย ได้แก่ ความแข็งแรงของเส้นทางศึกษาธรรมชาติ นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.99 อยู่ในระดับมาก ส่วนคำเตือนหรือข้อปฏิบัติเกี่ยวกับความปลอดภัย และมีเจ้าหน้าที่ดูแลความปลอดภัยภายในศูนย์ฯ ตลอดเวลา มีค่าเฉลี่ยไม่ต่างกันมาก คือ

2.98 และ 2.92 ตามลำดับ อยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้น ภาพรวมความพึงพอใจด้านความปลอดภัยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.29 อยู่ในระดับปานกลาง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านความปลอดภัย

ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้านความปลอดภัย	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
ความแข็งแรงของเส้นทางศึกษาธรรมชาติ	3.99	1.07	มาก
คำเตือนหรือข้อปฏิบัติเกี่ยวกับความปลอดภัย	2.98	0.76	ปานกลาง
มีเจ้าหน้าที่ดูแลความปลอดภัยภายในศูนย์ฯ ตลอดเวลา	2.92	0.93	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	**3.29**	**-**	**ปานกลาง**

สรุปผลและอธิปรายผล

การศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มาเยี่ยมชมศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี พบว่า นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงในหลายด้าน โดยเฉพาะด้านทัศนียภาพที่มีความสวยงามและความสะอาดของเส้นทางศึกษาธรรมชาติได้รับคะแนนเฉลี่ยในระดับมากที่สุด (4.24 และ 4.19 ตามลำดับ) ดังนั้น ศูนย์ฯ จึงควรดูแลและรักษาทรัพยากรธรรมชาติ ความสวยงาม และความสะอาดให้คงอยู่ต่อไป ถือเป็นจุดแข็งของศูนย์ฯ ที่ดึงดูดให้นักท่องเที่ยวเดินทางเข้ามาเยี่ยมชม ส่วนความพึงพอใจในด้านสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ห้องน้ำ และร้านอาหาร มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด (1.72 และ 1.83 ตามลำดับ) สะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาปรับปรุงบริการพื้นฐาน จึงควรเพิ่มจุดและจำนวนห้องน้ำ รวมถึงร้านจำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม ซึ่งเดิมมีเพียงรถเข็นขายอาหารและเครื่องดื่มเท่านั้น เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว นอกจากนี้ การเข้าถึงและความปลอดภัยมีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง แสดงถึงความจำเป็นในการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานเช่นเดียวกัน เช่น การเพิ่มป้ายบอกทาง และการดูแลความปลอดภัย โดยเฉพาะด้านความปลอดภัยของนักท่องเที่ยวที่เป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญในลำดับต้น จะทำให้นักท่องเที่ยวได้รับประสบการณ์ที่ดีและต้องการกลับมาเที่ยวอีกครั้ง นำมาซึ่งยั่งยืนในการท่องเที่ยวเชิงนิเวศของศูนย์ฯ ในอนาคต

การท่องเที่ยวเชิงนิเวศที่เกี่ยวข้องกับป่าชายเลนมีความสำคัญทั้งในแง่ของการอนุรักษ์และการส่งเสริมเศรษฐกิจท้องถิ่น การศึกษาในครั้งนี้ยืนยันถึงความสำคัญของการสร้างเส้นทางศึกษาธรรมชาติและการดูแลความสะอาดในพื้นที่เพื่อเพิ่มความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว (Narita & Nakagawa, 2021) การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและการเพิ่มบริการ เช่น ห้องน้ำที่มีคุณภาพสูงขึ้น จะช่วยเพิ่มประสบการณ์ของนักท่องเที่ยว ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาของ Hirose และ Matsumoto (2022) ที่เสนอว่า การพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกในเขตอนุรักษ์สามารถเพิ่มความพึงพอใจและสนับสนุนการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ได้อย่างยั่งยืน

นอกจากนี้ การบูรณาการการจัดการระหว่างหน่วยงานภาครัฐและชุมชนท้องถิ่นเป็นอีกหนึ่งประเด็นสำคัญ งานวิจัยนี้พบว่า การขาดความร่วมมือในการจัดการทรัพยากรและการมีส่วนร่วมของชุมชนส่งผลต่อความสำเร็จของการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ (Takahashi & Yamamoto, 2020) การสร้างเครือข่ายความร่วมมือและการให้ความรู้กับชุมชนในด้านการอนุรักษ์ป่าชายเลนสามารถเป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการทรัพยากรและเพิ่มความยั่งยืนในระยะยาว สำหรับข้อเสนอแนะ ควรมีการพัฒนากิจกรรมอบรมและส่งเสริมความรู้ด้านการอนุรักษ์ให้กับนักท่องเที่ยวและชุมชน นอกจากนี้ ควรมีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกให้มีคุณภาพสูงขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์เก็บแบบสอบถามนักท่องเที่ยว และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Chaiyasit, P. (2019). **Ecotourism development and mangrove conservation in Thailand.** Bangkok: Thai Research Journal.

Garcia, M., & Lee, C. (2021). **Sustainable mangrove tourism: Case studies from Southeast Asia.** Journal of Coastal Conservation, 17(4), 305–319.

Garcia, M., & Liu, Y. (2021). **Tourist satisfaction and its impact on sustainable ecotourism management: A global review.** Journal of Sustainable Tourism Studies, 18(1), 45–62.

Garcia, M., & Liu, Y. (2022). **Challenges and opportunities in sustainable mangrove ecotourism: A global perspective.** Journal of Environmental Tourism, 15(3), 215–228.

Hirose, Y., & Matsumoto, K. (2022). **Infrastructure development in ecotourism destinations: A case study from coastal Japan.** Journal of Environmental Management, 29(2), 100–112.

Jittrapong, S., & Sucharit, K. (2019). **Assessment of tourist satisfaction in mangrove ecotourism in Thailand.** Thai Ecotourism Journal, 11(2), 105–118.

Narita, S., & Nakagawa, T. (2021). **Tourist satisfaction in mangrove ecotourism areas: Implications for sustainable tourism management.** Asia-Pacific Journal of Tourism Research, 26(3), 285–302.

Phromsopa, P. (2018). **Ecotourism management and mangrove conservation in Chonburi province, Thailand.** Thai Journal of Environmental Studies, 25(1), 85–98.

Somchai, T., & Yodchai, K. (2020). **Mangrove ecotourism and community benefits in Chonburi.** Journal of Ecotourism and Environmental Management, 13(2), 45–60.

Smith, K., & Jones, L. (2020). **Mangrove ecotourism and community development in Southeast Asia.** International Journal of Ecotourism Studies, 8(2), 150–170.

Smith, K., & Lee, C. (2022). **Balancing economic development and environmental conservation through ecotourism.** International Journal of Environmental Management, 23(3), 190–205.

Takahashi, R., & Yamamoto, H. (2020). **Community participation in mangrove conservation and tourism: Lessons from Southeast Asia.** International Journal of Ecotourism Studies, 9(1), 123–138.

Wong, P., & Adams, J. (2020). **Ecotourism strategies for mangrove conservation.** Marine and Coastal Tourism Review, 15(4), 275–289.

Wong, P., & Smith, L. (2022). **Ecotourism challenges and sustainable solutions in coastal regions.** International Journal of Environmental Tourism, 20(3), 150–165.

Wong, T., Chan, K., & Lee, J. (2021). **Impacts of tourism on mangrove ecosystems in Southeast Asia.** Marine Ecology and Tourism Journal, 12(4), 300–312.

พฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาของนักท่องเที่ยวชาวไทย กรณีศึกษาวัดเจดีย์(ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราช

The religious tourism behavior of Thai Tourists : A case study of Wat Chedi (Ai Khai) in Nakhon Si Thammarat Province

กิติญา ยอดมณี[1*], ขวัญฤทัย ทีปะปาล[1], พัทธมน สุวรรณรัศมี[1], รุ่งนภา แก้วมณี[1], เสฏฐวุติ สุภาไชยกิจ[1] และ ธีรพร ทองขะโชค[1]

Kitiya Yodmanee[1*], Khwanruethai Teepapal[1], Phatthamon Suwanrasamee[1], Rungnapa Kaewmanee[1], Setthawut Suphachaiyakit[1] and Teeraporn Tongkachok[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่อง พฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาของนักท่องเที่ยวชาวไทยกรณีศึกษาวัดเจดีย์(ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราช มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแตกต่างของปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ที่มีต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยว ระดับองค์ประกอบการท่องเที่ยว(5A) ระดับพฤติกรรมการท่องเที่ยว และศึกษาอิทธิพลของปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยวที่มีต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา กรณีศึกษาวัดเจดีย์(ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน และดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และการวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression) ผลการวิจัย พบว่า ด้านปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว(5A) ประกอบด้วย สิ่งดึงดูด กิจกรรม การเข้าถึง สิ่งอำนวยความสะดวกและที่พักมีระดับปัจจัยอยู่ในระดับมากทุกด้าน ด้านพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา ประกอบด้วย ความต้องการทางกายภาพ ความต้องการด้านความปลอดภัย ความต้องการด้านสังคม ความต้องการเห็นคุณค่าของตนเอง และความต้องการบรรลุความหมายและการมีชีวิตตามอุดมคติมีระดับพฤติกรรมอยู่ในระดับมากทุกด้าน และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา คือ นักท่องเที่ยวที่มีลักษณะประชากรศาสตร์ด้านเพศ อายุ อาชีพ รายได้ต่อเดือน สถานภาพ และปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว(5A)แตกต่างกัน มีพฤติกรรมการท่องเที่ยวแตกต่างกัน ผลการวิจัยเกี่ยวกับข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งเป็นนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางไปเที่ยววัดเจดีย์(ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราช ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 67.3 มีอายุในช่วง Gen Z (พ.ศ.2540 เป็นต้นไป) ร้อยละ 32.3 มีสถานภาพโสด ร้อยละ 53.8 มีรายได้ต่อเดือนต่ำกว่า 10,000 – 20,000 บาท ร้อยละ 50.6 ประกอบอาชีพรับราชการ/พนักงานวิรัฐวิสาหกิจ ร้อยละ 33.3 เดินทางในวันเสาร์–อาทิตย์ ร้อยละ 41.5 มีความถี่ในการเดินทาง1–3 ครั้ง/ปี ร้อยละ 87.5 รับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับวัดเจดีย์ (ไอ้ไข่) จากเพื่อน/เพื่อนร่วมงาน/บุคคลในครอบครัว ร้อยละ 56.8 เดินทางโดยใช้รถยนต์ส่วนตัว ร้อยละ 91.5 เดินทางมากับครอบครัว/ญาติ ร้อยละ 81.3 และต้องการให้มีการแก้ไขด้านความสะอาดของห้องน้ำ ร้อยละ 21.3 ด้านปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว(5A) ประกอบด้วย สิ่งดึงดูด การ

[1] หลักสูตรการจัดการทรัพยากรมนุษย์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000

[1] Program in Human Resource Management, Faculty of Humanities and Social Sciences, Thaksin University, Songkhla, 90000

*Corresponding author : 641011133@tsu.ac.th

เข้าถึง ที่พัก สิ่งอำนวยความสะดวก และกิจกรรม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยวในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.19 โดยหากพิจารณาจากผลสำรวจย่อย พบว่า ด้านสิ่งดึงดูด นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มักนิยมที่จะเดินทางมาเนื่องจากวัดเจดีย์(ไอ้ไข่) มีความน่าสนใจและดึงดูดให้ไปเยี่ยมชม และมีความสำคัญทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม ส่วนกิจกรรมที่เพิ่มความน่าสนใจให้กับท่องเที่ยววัดเจดีย์(ไอ้ไข่) คือ การเข้าร่วมพิธีกรรมหรือกิจกรรมทางศาสนา วัดเจดีย์(ไอ้ไข่) มีสิ่งอำนวยความสะดวกที่ครบครันและมีจำนวนมากเพียงพอสำหรับนักท่องเที่ยว ทำให้เข้าถึงง่ายและเดินทางสะดวก ในด้านของที่พักมีความสะดวกสบายและเหมาะสมต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว ด้านพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว ประกอบด้วย ความต้องการพื้นฐานทางกายภาพ ความต้องการด้านความปลอดภัย ความต้องการด้านความรัก ความต้องการด้านการยอมรับและความเคารพในตนเอง และการบรรลุความสมบรูณ์ในชีวิต ซึ่งพฤติกรรมที่ส่งผลต่อนักท่องเที่ยวมากที่สุด คือ ความต้องการความรัก โดยหากพิจารณาจากผลสำรวจย่อยด้านความต้องการความรัก พฤติกรรมที่สูงที่สุด คือ การได้เดินทางท่องเที่ยววัดเจดีย์(ไอ้ไข่) ร่วมกับครอบครัวเพื่อนฝูง พฤติกรรมที่ส่งผลรองลงมา คือ ความต้องการด้านการยอมรับและความเคารพในตนเอง นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ ถือว่าการท่องเที่ยววัดเจดีย์(ไอ้ไข่) เป็นการทำบุญที่มีคุณค่า ความต้องการพื้นฐานทางกายภาพ นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เดินทางมาเพราะความสะดวกสบายในการเดินทางและการเข้าถึงวัดเจดีย์ (ไอ้ไข่) มีความสำคัญต่อการตัดสินใจ ความต้องการด้านความปลอดภัย นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มาเที่ยวที่วัดเจดีย์(ไอ้ไข่) เนื่องจากมีมาตรการความปลอดภัยสูง ระดับสุดท้ายของพฤติกรรมคือ การบรรลุความสำเร็จของชีวิต ซึ่งนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ถือว่าการท่องเที่ยววัดเจดีย์ (ไอ้ไข่) ช่วยให้เข้าใจตัวเองและพัฒนาจิตวิญญาณ

คำสำคัญ : พฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา, องค์ประกอบการท่องเที่ยว, การท่องเที่ยวเชิงศาสนา, วัดเจดีย์

Abstract

The research on Religious Tourism Behavior of Thai Tourists: A Case Study of Wat Chedi (Ai Khai), Nakhon Si Thammarat Province, aims to study the differences in demographic factors affecting tourism behavior, the level of tourism components (5 A), and the level of tourism behavior, and to study the influence of tourism components on religious tourism behavior, a case study of Wat Chedi (Ai Khai), Nakhon Si Thammarat Province. The questionnaire was used to collect data from a sample of 400 people, and the data was analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, and simple regression. The research results found that in terms of tourism components (5A), consisting of attractions, activities, accessibility, facilities, and accommodations, the factors were at a high level in all aspects. In terms of religious tourism behavior, consisting of physical needs, safety needs, social needs, self-esteem needs, and the need to achieve meaning and live an ideal life, the behavior was at a high level in all aspects. The factors that influenced religious tourism behavior were tourists with different demographic characteristics of gender, age, occupation, monthly income, status, and tourism components (5 A). Different tourism behaviors the research results on the demographic data of respondents, who are Thai tourists visiting Wat Chedi (Ai Khai) in Nakhon Si Thammarat, show that the majority are female (67.3%). Most are in the Gen Z age group (born in 1997 or later) at 32.3%, and 53.8% have a monthly income between 10,000 and 20,000 Baht. Around 50.6% are employed in government services or state enterprises, while 33.3% travel on weekends. 41.5% travel 1–3 times per year, and 87.5% learned about Wat Chedi (Ai Khai) from friends, coworkers,

or family. 56.8% travel by private car, and 91.5% travel with family or relatives. 81.3% suggest improvements to the cleanliness of the restrooms.

Regarding the factors of tourism (5A), which include attractions, accessibility, accommodation, amenities, and activities, the respondents rated these factors at a high level, with an average score of 3.19. Looking deeper into the sub-surveys:

- **Attractions**: Most tourists are attracted to visit Wat Chedi (Ai Khai) because it is interesting, has historical significance, and is culturally important.
- **Activities**: The most attractive activity is participating in religious rituals and activities.
- **Amenities**: Wat Chedi (Ai Khai) is well-equipped with sufficient amenities for tourists, making it easily accessible and convenient for travel.
- **Accommodation**: The accommodations are comfortable and meet tourists' needs.

In terms of tourist behavior that responds to their needs, this includes basic physical needs, safety needs, love needs, self-esteem needs, and the need for life fulfillment. The most influential behavior is the need for love. Based on sub-survey results on love needs, the highest behavior is traveling to Wat Chedi (Ai Khai) with family and friends. The second most important behavior is the need for self-esteem and respect. Most tourists consider visiting Wat Chedi (Ai Khai) to be a valuable act of merit-making.

Basic physical needs: Most tourists visit because of the convenience of access to Wat Chedi (Ai Khai), which plays a significant role in their decision-making. Safety needs: Tourists are drawn to Wat Chedi (Ai Khai) because it has high safety measures. The final behavior category is the fulfillment of life goals, as most tourists believe that visiting Wat Chedi (Ai Khai) helps them understand themselves and develop spiritually.

Keywords: Religious tourism behavior, Tourism components, Religious tourism, Chedi temple

บทนำ

ปัจจุบันการท่องเที่ยวในจังหวัดนครศรีธรรมราชนั้นนับว่าเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่สามารถทำรายได้ให้จังหวัดอย่างมหาศาลเพราะจังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นจังหวัดที่มีความหลากหลายในรูปแบบของการท่องเที่ยวมากจึงดึงดูดให้เกิดการท่องเที่ยวได้เป็นอย่างดี นครศรีธรรมราชมีทั้งอำเภอที่ทันมีธรรมชาติที่สวยงามมีอาหารที่หลากหลายรวมถึงวัฒนธรรมที่เป็นเอกลักษณ์สิ่งจูงใจเหล่านี้ส่งผลดีต่อเศรษฐกิจโดยรวม โดยเฉพาะในปัจจุบันการเดินทางมีความสะดวกสบายเกิดการท่องเที่ยวได้อย่างง่ายดายและมีความถี่มากขึ้นในปีพ.ศ. 2561 ที่ผ่านมาจังหวัดนครศรีธรรมราชมีรายได้ทางการท่องเที่ยว 2,121 ล้านบาทและมีอัตราการขยายตัว 9.18 เปอร์เซ็นต์ จากปี พ.ศ. 2560 การท่องเที่ยวนั้นนับเป็นอุตสาหกรรมที่เกิดประโยชน์ในวงกว้างเนื่องจากการเดินทางท่องเที่ยวในแต่ละครั้งสัมพันธ์กับธุรกิจหลายภาคส่วนทั้งธุรกิจโรงแรมที่พัก ธุรกิจคมนาคมขนส่ง ธุรกิจนำเที่ยวร้านอาหาร รวมไปถึงธุรกิจขนาดเล็กในชุมชนทำให้เกิดเงินหมุนเวียนมากขึ้นและเป็นการกระจายรายได้สู่ท้องถิ่นสืบเนื่องจากความสำคัญของการท่องเที่ยวดังที่กล่าวมาข้างต้นภาครัฐและภาคเอกชนจึงควรที่จะให้สนับสนุนอย่างจริงจัง โดยหาช่องว่างในอุตสาหกรรมเพิ่มเติมอย่างต่อเนื่องเปิดโอกาสให้เกิดการท่องเที่ยวได้มากยิ่งขึ้นไปอีก สำหรับจังหวัดนครศรีธรรมราชนั้นนอกจากจะเป็นเมืองที่น่าท่องเที่ยวแล้วก็นับได้ว่าเป็นศูนย์กลางความเจริญของประเทศไทย นอกจากจังหวัด

นครศรีธรรมราชเป็นเมืองที่ดึงดูดนักท่องเที่ยวแล้วก็นับว่าเป็นเมืองที่มีค่าครองชีพที่ไม่สูง แต่มีนักท่องเที่ยวใช้จ่ายในระดับที่น่าพอใจและทำให้นักท่องเที่ยวตัดสินใจมาเยือนได้ง่ายเพราะค่าใช้จ่ายต่ำกว่ามากหากเทียบกับจังหวัดอื่นๆ ของประเทศ (สำนักข่าว TNN, 2563)

วัดเจดีย์(ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นอีกหนึ่งสถานที่ที่มีชื่อเสียงในด้านประวัติศาสตร์ความเป็นมาตั้งแต่อดีต เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สะท้อนถึงศิลปะ วัฒนธรรม และประเพณีของพื้นที่ และเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางศาสนาที่มีผู้คนศรัทธา ทั้งนี้นักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาท่องเที่ยวภายในวัดเจดีย์(ไอ้ไข่)จังหวัดนครศรีธรรมราช ในวันธรรมดาจันทร์ – ศุกร์ มีคนเดินทางมาโดยเฉลี่ยประมาณ 4,000 – 5,000 คนต่อวัน ส่วนวันหยุดเสาร์ – อาทิตย์ มีคนเดินทางมาโดยเฉลี่ยประมาณ 15,000 – 17,000 คนต่อวัน ยิ่งในช่วงเทศกาลปีใหม่2566 มีคนเดินทางมาจำนวนมากกว่าปกติ ส่งผลให้เงินสะพัดในพื้นที่จังนครศรีธรรมราชเฉลี่ยทั้งปีนับพันล้านบาท (ประชาชาติธุรกิจ,2566)

ในปี 2566 นายพิจิตร เรืองฤทธิ์ ผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 9 ต.ฉลอง อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช ในฐานะเจ้าหน้าที่ฝ่ายประชาสัมพันธ์และดูแลงานจราจร วัดเจดีย์ (ไอ้ไข่) กล่าวกับ “ประชาชาติธุรกิจ” ว่า ตลอดปีที่ผ่านมามีประชาชนจากทั่วประเทศเดินทางมากราบไหว้ขอพรและแก้บนที่วัดเจดีย์ (ไอ้ไข่) จำนวนมาก ในวันธรรมดาจันทร์–ศุกร์ มีคนเดินทางมาเฉลี่ยประมาณ 4,000–5,000 คนต่อวัน ส่วนวันหยุดเสาร์–อาทิตย์ มีคนเดินทางมาเฉลี่ยประมาณ 15,000–17,000 คนต่อวัน ยิ่งช่วงนี้ใกล้เทศกาลปีใหม่ 2566 มีคนเดินทางมาจำนวนมากกว่าปกติ ส่งผลให้เงินสะพัดในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชเฉลี่ยทั้งปีนับพันล้านบาท (สำราญ ใจห้าว,สัมภาษณ์ 3 มกราคม 2561) เมื่อความทันสมัยที่เข้ามากลับกลายเป็นวิกฤติของผู้คน ความทุกข์ การเจ็บป่วย ความต้องการทางด้านการศึกษา ความต้องการทางอาชีพ ความต้องการทางด้านรายได้ความต้องการทางด้านการประกอบธุรกิจให้มีผลกำไร เหล่านี้ทำให้พื้นที่ศักดิ์สิทธิ์มีอิทธิฤทธิ์ที่เป็นที่พึ่งทางใจมากขึ้น ทำให้ผู้คนมีความหวังจากสิ่งเหนือธรรมชาติ การเข้าวัดขอพร บนบานศาลกล่าว จึงสะท้อนให้เห็นถึงสังคมปัจจุบันว่าผู้คนต่างมีความเจ็บป่วยทางใจมากขึ้นที่มีความต้องการที่จะ เยียวยาสะท้อนให้เห็นถึงการบริหารจัดการของภาครัฐที่จะต้องมีการดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องอย่างเร่งด่วน ทั้งนี้เพื่อทำให้ประชาชนทุกหมู่เหล่าสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างปกติสุข มีสุขภาพการและใจดี และยังมีส่วนที่สามารถทำให้การขับเคลื่อนการพัฒนาของประเทศเป็นไปอย่างที่ควรจะเป็นและตามแผนการพัฒนาประเทศที่ได้วางไว้

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาของนักท่องเที่ยวชาวไทย กรณีศึกษาวัดเจดีย์(ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราช เนื่องจากวัดเจดีย์(ไอ้ไข่) เกิดขึ้นในยุคเฟื่องฟูของการทำธุรกิจออนไลน์และยังได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก สังเกตได้จากการประชาสัมพันธ์ผ่านระบบสื่อสังคมออนไลน์ในรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น Facebook, Tiktok หรือเว็ปไซต์ และเพจต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว ซึ่งในความคิดของคณะผู้วิจัยมองว่า วัดเจดีย์(ไอ้ไข่) มีความน่าสนใจเป็นอย่างมาก เพราะพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาของชาวไทยช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจของประเทศและเศรษฐกิจของชุมชนให้ดีขึ้น อีกทั้งยังสะท้อนปัญหาหลายๆด้านในสังคมไทย ซึ่งจากการศึกษาข้อมูล พบว่าแต่ละปีมีเงินสะพัดมากกว่าหมื่นล้านบาท ในด้านกิจกรรมและธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับศาสนา สิ่งศักดิ์สิทธิ และความเชื่อ ซึ่งตัวเลขนี้เป็นข้อมูลจากสำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า (สนค.) กระทรวงพาณิชย์ เพื่อหาปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา และเพื่อหาปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว(5A) ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา ซึ่งคาดว่าประโยชน์ที่จะได้รับนั้นสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงศาสนาต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความแตกต่างของปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ที่มีต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยว
2. เพื่อศึกษาระดับองค์ประกอบการท่องเที่ยว(5A)
3. เพื่อศึกษาระดับพฤติกรรมการท่องเที่ยว
4. เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยวที่มีต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา กรณีศึกษาวัดเจดีย์ (ไอ้ไข่)จังหวัดนครศรีธรรมราช

สมมติฐาน

สมมติฐานที่ 1 : นักท่องเที่ยวที่มีเพศแตกต่างกัน มีพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาแตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 2 : นักท่องเที่ยวที่มีอายุแตกต่างกัน มีพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาแตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 3 : นักท่องเที่ยวที่มีอาชีพแตกต่างกัน มีพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาแตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 4 : นักท่องเที่ยวที่มีรายได้แตกต่างกัน มีพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาแตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 5 : นักท่องเที่ยวที่มีสถานภาพแตกต่างกัน มีพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาแตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 6 : นักท่องเที่ยวที่มีช่วงเวลาในการเดินทางแตกต่างกัน มีพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาแตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 7 : นักท่องเที่ยวที่มีความถี่ในการเดินทางท่องเที่ยวแตกต่างกันมีพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาแตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 8 : ปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา

วิธีการศึกษา

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางไปเที่ยววัดเจดีย์(ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราช

การสุ่มตัวอย่าง

การสุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้ดำเนินการสุ่มตัวอย่างจะใช้ วิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi–stage sampling) โดยมีลำดับขั้นตอนการสุ่ม ดังนี้

ขั้นที่ 1 เนื่องจากไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ดังนั้นขนาดกลุ่มตัวอย่างสามารถคำนวณได้จากสูตรของ W.G. Cochan โดยกำหนดค่าระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95% และระดับค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 ดังนั้นจึงใช้ขนาดตัวอย่างอย่างน้อย 384 คน จึงสามารถประมาณค่าร้อยละ โดยมีความผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 5 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อความสะดวกในการประเมินผล และการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 400 อย่าง ซึ่งถือได้ว่าผ่านเกณฑ์ตามเงื่อนไขกำหนด คือไม่น้อยกว่า 384 ตัวอย่าง

ขั้นที่ 2 การสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) เป็นการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยบังเอิญหรือไม่เฉพาะเจาะจงหรือเลือกบุคคลที่อยู่ใกล้ชิด หาได้ง่ายที่สุดเป็นตัวอย่างเพื่อให้ประหยัดเวลา แรงงาน งบประมาณ และสะดวกในการเก็บข้อมูล ทำการเก็บข้อมูลให้ครบตามต้องการโดยไม่มีเกณฑ์ที่แน่นอนตัวอย่างที่ได้มาโดยวิธีนี้เมื่อนำไปสรุปอ้างอิงไปยังประชากรทั้งหมดอาจมีความเอนเอียงมาก

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้สร้างแบบสอบถามโดยดัดแปลงและพัฒนาจากแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา เพื่อนำมาสู่การพัฒนาเป็นแบบสอบถามในครั้งนี้ สามารถพัฒนาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลประชากรศาสตร์ ประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับ เพศ อายุ อาชีพ รายได้สถานภาพ ช่วงเวลาในการเดินทาง และความถี่ในการเดินทางมาท่องเที่ยว โดยลักษณะคำถามเป็นแบบชนิดเลือกตอบและชนิดเติมข้อความให้สมบูรณ์

ส่วนที่ 2 ระดับปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว ประกอบด้วยข้อคำถามเกี่ยวกับ สิ่งดึงดูดใจ กิจกรรม การเข้าถึง สิ่งอำนวยความสะดวก และที่พัก โดยมีลักษณะคำถามเป็นประโยคบอกเล่าเพื่อประเมินระดับองค์ประกอบด้านการท่องเที่ยวผ่านมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ ระดับความมากที่สุด ระดับมาก ระดับปานกลาง ระดับน้อย และระดับน้อยที่สุด

ส่วนที่ 3 ระดับพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา ประกอบด้วยข้อคำถามเกี่ยวกับ ความต้องการทางกายภาพ ความต้องการด้านความปลอดภัย ความต้องการด้านสังคม ความต้องการเห็นคุณค่าของตนเอง ความต้องการบรรลุความหมายและการมีชีวิตตามอุดมคติ ความต้องการมีลักษณะแบบสอบถามเป็นมาตราส่วนประมาณค่า(Rating Scale) โดยมีลักษณะของคำถามเป็นประโยคบอกเล่าเพื่อประเมินระดับพฤติกรรมการท่องเที่ยว ผ่านมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ ระดับความมากที่สุด ระดับมาก ระดับปานกลาง ระดับน้อย และระดับน้อยที่สุด

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อวิจัยในเรื่อง พฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาของนักท่องเที่ยวชาวไทย กรณีศึกษาวัดเจดีย์ (ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราช ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.3.1 ข้อมูลจากแหล่งทุติยภูมิ

เป็นการรวบรวมข้อมูลการศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการท่องเที่ยวเชิงศาสนาเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาค้นคว้าเอกสารวิชาการ งานวิจัย บทความ วารสาร และข้อมูลทางเว็บไซต์ต่างๆ

3.3.2 ข้อมูลจากแหล่งปฐมภูมิ

เป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ นักท่องเที่ยวชาวไทยที่มาท่องเที่ยววัดเจดีย์ (ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 400 คน ในการตอบแบบสอบถาม เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา อีกทั้งเปิดให้นักท่องเที่ยวได้แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการท่องเที่ยวเชิงศาสนา

การวิเคราะห์ข้อมูล

การประมวลผลข้อมูลเชิงปริมาณที่เก็บรวบรวมได้จะถูกวิเคราะห์และแปลความหมายโดยดำเนินการประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS เพื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติและแปลความหมายของค่าตัวแปรต่างๆ ตามหลักวิธีของโปรแกรมและจัดทำตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังนี้

1.สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เพื่อใช้วัดระดับปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา โดยเป็นการหาค่าพื้นฐานทางสถิติ ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) แล้วนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบของตารางประกอบคำบรรยาย

2.สถิติเชิงอนุมาน (Inferentail Statistics analysis) เป็นการนำข้อสรุปที่ได้จากการศึกษาข้อมูลตัวอย่างไปอ้างถึงลักษณะของประชากร ทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้

2.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปรด้วย Independent-Samples T Test

2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis of Variance: Oneway Anova) และการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลถดถอยแบบง่าย (Simple Regression Analysis)

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในการวิจัยดำเนินโดยวิเคราะห์ความเที่ยงตรงในเนื้อหา (Content Validity) โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิเป็นผู้ตรวจสอบความเหมาะสมของแบบสอบถามทั้งทางด้านภาษาและเนื้อหาสาระ โดยพิจารณาให้ครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่กำหนดไว้ โดยใช้ค่า IOC (Item-objective congruence index) ซึ่งค่า IOC ของคำถามนั้นต้องมีอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1.0 จะถือว่ามีความเที่ยงตรงของเนื้อหาในแต่ละด้านและครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบ 3 ท่านโดยให้เกณฑ์ในการตรวจพิจารณาข้อคำถาม จากนั้นผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่ผู้เชี่ยวชาญได้ตรวจสอบแล้วมาปรับปรุงแก้ไข ซึ่งผล การวัดค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC โดยใช้สูตรของ ICO ดังนี้ (ลัดดาวัลย์ เพชรโรจน์และอัจฉรา ชำนิประศาสน์, 2547

ค่า +1	หมายถึง แบบสอบถามมีความสอดคล้องกับเนื้อหา
ค่า 0	หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแบบสอบถามสอดคล้องกับเนื้อหา
ค่า -1	หมายถึง แบบสอบถามไม่มีความสอดคล้องกับเนื้อหา

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทนดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence)

Σ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

R แทน คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณณวุฒิต่อคำถามแต่ละข้อ

N แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

สำหรับเกณฑ์การให้คะแนน มีดังนี้

ในการแปลงค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence) พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง ดังนี้

ค่า IOC ≥ .50	หมายความว่า คำถามนั้นตรงวัตถุประสงค์ของการวิจัย
ค่า IOC < .50	หมายความว่า คำถามนั้นไม่ตรงวัตถุประสงค์ของการวิจัย

จากผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยการตรวจสอบค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถามในแต่ละข้อคำถาม พบว่า ทุกข้อคำถามมีค่าความสอดคล้องมากกว่า 0.50 สามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

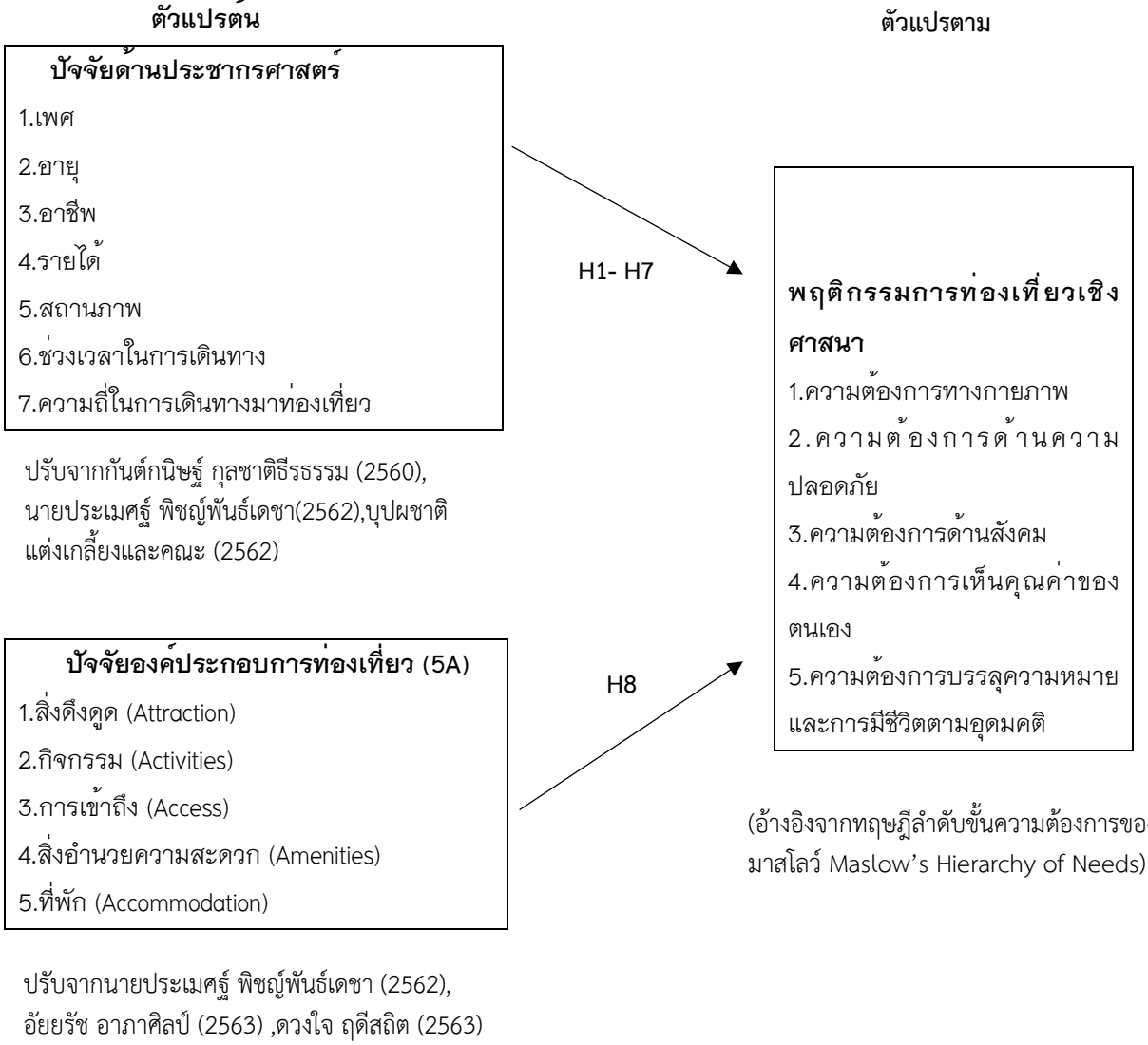
การกำหนดค่าคะแนนในแบบสอบถามส่วนที่2 เป็นการให้คะแนนแบบประเมินค่า โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละระดับ ดังนี้ (ปาริฉัตร อึ้งจะนิล, 2554)

ระดับมากที่สุด	ระดับคะแนน	5 คะแนน
ระดับมาก	ระดับคะแนน	4 คะแนน
ระดับปานกลาง	ระดับคะแนน	3 คะแนน
ระดับน้อย	ระดับคะแนน	2 คะแนน
ระดับน้อยที่สุด	ระดับคะแนน	1 คะแนน

แล้วใช้เกณฑ์ในการประเมินค่าของ Best (Best, 1977 : 174) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00	หมายถึง	มีระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50	หมายถึง	มีระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50	หมายถึง	มีระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50	หมายถึง	มีระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50	หมายถึง	มีระดับน้อยที่สุด

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ และปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว(5A) โดยทั้งสองปัจจัยดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่อการเกิดพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา

ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของการเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลที่มีพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา จำแนกตามเพศ

การเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว	T-test for Equality of Means					
	เพศ		S.D.	t	df	Sig.
ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว	ชาย	3.87	.741	-.323	383	.015
	หญิง	3.90	.668			

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลด้านเพศ โดยใช้สถิติ Independent T-test พบว่า ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลด้านเพศ มีพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว มีค่า Sig. น้อยกว่า .05 นั่นคือ ยอมรับสมมติฐาน หมายความว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีเพศที่แตกต่างกันมีพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ .05

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของการเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลที่มีพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา จำแนกตามอายุ อาชีพ รายได้ และสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ด้านอายุ						
การเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว	แหล่งความแปรปรวน	SS	DF	MS	F	Sig.
ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว	ระหว่างกลุ่ม ภายในกลุ่ม รวม	16.082 171.989 188.072	3 396 399	5.361 .434	12.343	.000
ด้านอาชีพ						
การเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว	แหล่งความแปรปรวน	SS	DF	MS	F	Sig.
ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว	ระหว่างกลุ่ม ภายในกลุ่ม รวม	14.713 173.359 188.072	7 392 399	2.102 .442	4.753	.000

ด้านรายได้						
การเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลด้านรายได้ต่อเดือนมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว	แหล่งความแปรปรวน	SS	DF	MS	F	Sig.
ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว	ระหว่างกลุ่ม ภายในกลุ่ม รวม	13.771 174.300 188.072	5 394 399	2.754 .442	6.226	.000
ด้านสถานภาพ						
การเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลด้านสถานภาพมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว	แหล่งความแปรปรวน	SS	DF	MS	F	Sig.
ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว	ระหว่างกลุ่ม ภายในกลุ่ม รวม	6.285 181.787 188.072	3 396 399	2.095 .459	4.564	.004

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว จำแนกตามอายุ อาชีพ รายได้ต่อเดือนและสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยใช้สถิติวิเคราะห์ค่าแปรปรวนทางเดียว (One-way Anova) ในการทดสอบสรุปได้ว่าข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลซึ่งจำแนกในด้านอายุ อาชีพ รายได้ต่อเดือน และสถานภาพส่งผลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว มีค่า น้อยกว่า .05 นั่นคือ ยอมรับสมมติฐาน หมายความว่าผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอายุ อาชีพ รายได้ต่อเดือน และสถานภาพต่างกันมีผลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว

ปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว (5A)	$\bar{x}$	**S.D.**	**ระดับปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว**
1.สิ่งดึงดูด(Attraction)	4.11	0.74	มาก
2.กิจกรรม(Activities)	3.85	0.74	มาก
3.การเข้าถึง(Access)	3.71	0.87	มาก
4.สิ่งอำนวยความสะดวก(Amenities)	3.92	0.74	มาก
5.ที่พัก(Accommodation)	3.98	0.77	มาก
รวม	**3.91**	**0.65**	**มาก**

จากตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว โดยภาพรวมอยู่ในระดับ $\bar{x}$ = 3.91 เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ระดับปัจจัยองค์ปะกอบการท่องเที่ยวอยู่ในระดับมาก 5 ข้อ คือ สิ่งดึงดูด (Attraction) $\bar{x}$ = 4.11 กิจกรรม (Activities) $\bar{x}$ = 3.85 การเข้าถึง (Access) $\bar{x}$ = 3.71 สิ่งอำนวยความสะดวก (Amenities) $\bar{x}$ = 3.92 และที่พัก(Accommodation) $\bar{x}$ = 3.98

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว

พฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา	$\bar{x}$	(S.D)	ระดับความคิดเห็น
1.ความต้องการทางกายภาพ	3.89	0.74	มาก
2.ความต้องการด้านความปลอดภัย	3.82	0.78	มาก
3.ความต้องการด้านสังคม	4.15	0.72	มาก
4.ความต้องการเห็นคุณค่าของตนเอง	3.95	0.81	มาก
5.ความต้องการบรรลุความหมายและการมีชีวิตตามอุดมคติ	3.73	0.90	มาก
รวม	**3.90**	**0.68**	**มาก**

จากตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว โดยภาพรวมอยู่ในระดับ $\bar{x}$ = 3.90 เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ระดับพฤติกรรมการท่องเที่ยวอยู่ในระดับมาก 5 ข้อ คือ ความต้องการพื้นฐานทางกายภาพ $\bar{x}$ = 3.89 ความต้องการด้านความปลอดภัย $\bar{x}$ = 3.82 ความต้องการด้านความรัก $\bar{x}$ = 4.15 ความต้องการด้านการยอมรับและความเคารพในตนเอง $\bar{x}$ = 3.95 และการบรรลุความสมบูรณ์ของชีวิต $\bar{x}$ = 3.73

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่ายของพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา

ตัวพยากรณ์	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
ค่าคงที่	.477	.103		4.628	.000
ปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว (5A)	.870	.026	.860	33.677	.000
$R=.860^a$, R^2 = .740 , $S.E._{est}$ = .35036 , F= 1134.155 , Sig. of F = .000					

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

a. Dependent Variable : พฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา

จากตารางที่ 5 พบว่า ปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว (5A) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์เท่ากับ .860 และสามารถพยากรณ์พฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา ได้ร้อยละ 74 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .000 โดยมีความคาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ ± .35036

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวพยากรณ์พบว่าปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว (5A) สามารถพยากรณ์พฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาได้ (p-value = .000)

สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

พฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา (Y) = 0.477 + 0.870 ปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว(5A)

หมายความว่า ผลการศึกษาครั้งนี้ ยอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “ พฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา กรณีศึกษา วัดเจดีย์(ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราช สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการวิจัยเกี่ยวกับข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งเป็นนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางไปเที่ยววัดเจดีย์(ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราช ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 67.3 มีอายุในช่วง Gen Z (พ.ศ.2540 เป็นต้นไป) ร้อยละ 32.3 มีสถานภาพโสด ร้อยละ 53.8 มีรายได้ต่อเดือนต่ำกว่า 10,000 – 20,000 บาท ร้อยละ 50.6 ประกอบอาชีพรับราชการ/พนักงานวิรัฐวิสาหกิจ ร้อยละ 33.3 เดินทางในวันเสาร์–อาทิตย์ ร้อยละ 41.5 มีความถี่ในการเดินทาง1–3ครั้ง/ปี ร้อยละ 87.5 รับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับวัดเจดีย์ (ไอ้ไข่) จากเพื่อน/เพื่อนร่วมงาน/บุคคลในครอบครัว ร้อยละ 56.8 เดินทางโดยใช้รถยนต์ส่วนตัว ร้อยละ 91.5 เดินทางมากับครอบครัว/ญาติ ร้อยละ 81.3 และต้องการให้มีการแก้ไขด้านความสะอาดของห้องน้ำ ร้อยละ 21.3

2. ด้านปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว(5A) ประกอบด้วย สิ่งดึงดูด การเข้าถึง ที่พัก สิ่งอำนวยความสะดวก และกิจกรรม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยวในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.19 โดยหากพิจารณาจากผลสำรวจย่อย พบว่า ด้านสิ่งดึงดูด นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มักนิยมที่จะเดินทางมาเนื่องจากวัดเจดีย์(ไอ้ไข่) มีความน่าสนใจและดึงดูดให้ไปเยี่ยมชม และมีความสำคัญทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม ส่วนกิจกรรมที่เพิ่มความน่าสนใจให้กับท่องเที่ยววัดเจดีย์(ไอ้ไข่) คือ การเข้าร่วมพิธีกรรมหรือกิจกรรมทางศาสนา วัดเจดีย์(ไอ้ไข่) มีสิ่งอำนวยความสะดวกที่ครบครันและมีจำนวนมากเพียงพอสำหรับนักท่องเที่ยว ทำให้เข้าถึงง่ายและเดินทางสะดวก ในด้านของที่พักมีความสะดวกสบายและเหมาะสมต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว

3.ด้านพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว ประกอบด้วย ความต้องการพื้นฐานทางกายภาพ ความต้องการด้านความปลอดภัย ความต้องการด้านความรัก ความต้องการด้านการยอมรับและความเคารพในตนเอง และการบรรลุความสมบรูณ์ในชีวิต ซึ่งพฤติกรรมที่ส่งผลต่อนักท่องเที่ยวมากที่สุด คือ ความต้องการความรัก โดยหากพิจารณาจากผลสำรวจย่อยด้านความต้องการความรัก พฤติกรรมที่สูงที่สุด คือ การได้เดินทางท่องเที่ยววัดเจดีย์(ไอ้ไข่) ร่วมกับครอบครัวเพื่อนฝูง พฤติกรรมที่ส่งผลรองลงมา คือ ความต้องการด้านการยอมรับและความเคารพในตนเอง นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ ถือว่าการท่องเที่ยววัดเจดีย์(ไอ้ไข่) เป็นการทำบุญที่มีคุณค่า ความต้องการพื้นฐานทางกายภาพ นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เดินทางมาเพราะความสะดวกสบายในการเดินทางและการเข้าถึงวัดเจดีย์ (ไอ้ไข่) มีความสำคัญต่อการตัดสินใจ ความต้องการด้านความปลอดภัย นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มาเที่ยวที่วัดเจดีย์(ไอ้ไข่) เนื่องจากมีมาตรการความปลอดภัยสูง ระดับสุดท้ายของพฤติกรรมคือ การบรรลุความสำเร็จของชีวิต ซึ่งนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ถือว่าการท่องเที่ยววัดเจดีย์ (ไอ้ไข่) ช่วยให้เข้าใจตัวเองและพัฒนาจิตวิญญาณ

อภิปรายผล

จากการศึกษาพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา กรณีศึกษาวัดเจดีย์(ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราช มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเพื่อศึกษาความแตกต่างของปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ที่มีต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยว ศึกษาระดับองค์ประกอบการท่องเที่ยว(5A) ศึกษาระดับพฤติกรรมการท่องเที่ยว และศึกษาอิทธิพลของปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยวที่มีต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา กรณีศึกษาวัดเจดีย์ (ไอ้ไข่)จังหวัดนครศรีธรรมราช มีประเด็นที่ควรนำมาอภิปราย ดังนี้

1. ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์

จากผลการทดสอบสอบสมมติฐาน สรุปได้ว่า นักท่องเที่ยวที่มีลักษณะประชากรศาสตร์ด้านเพศ อายุ อาชีพ รายได้ต่อเดือน และสถานภาพแตกต่างกันมีพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ บุปผชาติ แต่งเกลี้ยงและคณะ (2562) ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงศาสนาเพื่อรองรับนักท่องเที่ยวกลุ่มผู้สูงอายุ จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยในการทดสอบสมมติฐานพบว่า ลักษณะด้านประชากรศาสตร์ที่แตกต่างกันในด้านอายุ อาชีพ และรายได้ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาของนักท่องเที่ยวกลุ่มผู้สูงอายุ จังหวัดนครศรีธรรมราช แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และยังมีความสอดคล้องกับ นางสาวภัสชลักษณ์ เอมโคกสูง (2563) ศึกษาวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทยจังหวัดชลบุรี โดยในการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลด้านอายุ สถานภาพ อาชีพ และรายได้ที่แตกต่างกันมีระดับพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่แตกต่างกันในจังหวัดชลบุรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ กันตพงศ์ คุ้มโนนชัย และคณะ (2565) ศึกษาวิจัยเรื่องพฤติกรรมการท่องเที่ยวและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่นักท่องเที่ยวชาวเวียดนามใช้ในการตัดสินใจเดินทางท่องเที่ยวในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าเพศ อายุ สถานภาพ อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่ต่างกันมีพฤติกรรมการท่องเที่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ .05

2.ปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว (5A)

จากผลการทดสอบสอบสมมติฐาน สรุปได้ว่า นักท่องเที่ยวที่มีปัจจัยองค์ประกอบการท่องเที่ยว(5A) ด้านสิ่งดึงดูดกิจกรรม การเข้าถึง สิ่งอำนวยความสะดวกและที่พักแตกต่างกันมีพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาแตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ แสงรวี เกตุสุวรรณ (2563) ศึกษาวิจัยเรื่อง องค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยวที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในประเทศไทยของนักท่องเที่ยวชาวยุโรป โดยในการทดสอบสมมติฐาน พบว่าองค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยวด้านสิ่งดึงดูด ด้านที่พัก มีผลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวในเชิงวัฒนธรรมของนักท่องเที่ยวเชิงยุโรป และยังมีความสอดคล้องกับ มาศศุภา นิ่มบุญจาช (2558) ศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษาองค์ประกอบทางการท่องเที่ยวและการมีส่วนร่วมของชุมชนที่มีผลต่อความยั่งยืนทางการท่องเที่ยวเชิงนิเวศเขาสนหนอกวัว ผลการศึกษาระดับความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวที่มีต่อองค์ประกอบทางการท่องเที่ยว พบว่า นักท่องเที่ยวเชิงนิเวศมีระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับองค์ประกอบทางการท่องเที่ยว โดยรวมอยู่ในระดับมาก ด้านที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ ด้านกิจกรรมโดยรูปแบบกิจกรรมมีความเหมาะสมเป็นด้านที่มีความสำคัญมากที่สุด รองลงมา คือด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ลำดับถัดมา คือ ด้านที่พักโดยสถานที่ ตั้งของที่พักมีความสะอาด และมีความ ปลอดภัย อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของดวงใจ ฤดีสถิต (2563) ศึกษาวิจัยเรื่อง องค์ประกอบด้านการท่องเที่ยวและแรงจูงใจที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจท่องเที่ยวทัวร์ไหว้พระของนักท่องเที่ยวชาวไทยในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า องค์ประกอบการท่องเที่ยว ด้านกิจกรรม ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก และด้านที่พักมีอิทธิพลต่อความตั้งใจท่องเที่ยวทัวร์ไหว้พระของนักท่องเที่ยวชาวไทยในเขตกรุงเทพมหานคร

ข้อเสนอแนะ

1.การวิจัยในครั้งนี้ ได้เจาะจงสถานที่เก็บข้อมูล คือ วัดเจดีย์(ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักของนักท่องเที่ยว ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปควรเก็บตัวอย่างในหลายๆสถานที่และมีการกระจายกลุ่มตัวอย่างให้ทั่วถึงมากกว่านี้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการวิจัยมากที่สุด

2.ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาวิจัยในเชิงคุณภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ลึกซึ้งกว่าการวิจัยเชิงปริมาณที่ถูกจำกัด และเพื่อจะได้ทราบข้อมูลพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวว่ามีพฤติกรรมอื่นๆ นอกจากที่วิจัยในครั้งนี้หรือไม่ เพื่อจะนำข้อมูลดังกล่าว มาพัฒนาในด้านต่างๆ ซึ่งจะทำให้นักท่องเที่ยวเดินทางเข้ามาท่องเที่ยวเพิ่มมากขึ้น

3.ข้อเสนอแนะจากการวิจัย พบว่า นักท่องเที่ยวโดยส่วนใหญ่ใช้ยานพาหนะในการเดินทางเป็นรถยนต์ส่วนตัว ต้องการให้มีการปรับปรุงแก้ไข เรื่อง ความสะอาดของห้องน้ำมากที่สุด ดังนั้นควรมีการปรับปรุงแก้ไขให้ได้มาตรฐานและตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาของนักท่องเที่ยวชาวไทยกรณีศึกษาวัดเจดีย์ (ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราชได้เสร็จสิ้นลงอย่างสมบูรณ์ ผู้จัดทำวิจัยดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ได้ด้วยความช่วยเหลือจากนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางไปเที่ยววัดเจดีย์(ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราช ทำให้ผู้จัดทำวิจัยสามารถดำเนินการวิจัยได้สำเร็จ

ผู้จัดทำวิจัยขอขอบคุณ อาจารย์ธีรพร ทองขะโชค ที่ได้ชี้แนะแนว ให้คำชี้แนะและตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารและรายละเอียดต่าง ๆ ทำให้วิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำวิจัยขอรำลึกถึงผู้มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูล เรียบเรียงข้อมูลและสรุปผลการวิจัย ส่งผลให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และรู้สึกยินดีเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กันต์กนิษฐ์ กุลชาติธีรธรรม, นชวัล ต้นทับทิมทอง, เอกชัย สีทำมา, อิสรีย์ ติยะพิพัฒน์, ขวัญข้าว พูลเพิ่ม. (2560). **พฤติกรรมนักท่องเที่ยวเชิงศาสนา : กรณีศึกษาวัดป่าภูก้อน จังหวัดอุดรธานี.** รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ดวงใจ ฤดีสถิต. (2563). **องค์ประกอบด้านการท่องเที่ยวและแรงจูงใจที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจท่องเที่ยวทัวร์ไหว้พระของนักท่องเที่ยวชาวไทยในเขตกรุงเทพมหานคร.** สารนิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. สาขาวิชาการตลาด,มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ณภัค เพชรวิสัย. (2560). **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแรงจูงใจของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาท่องเที่ยว ณ หาดทรายดำ อำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด.** สาขาวิชาบริหารธุรกิจบัณฑิต. คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

นางสาวธิราพร ลักษณะวิลาศ. (2564). **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อแพ็คเกจท่องเที่ยวต่างประเทศของนักท่องเที่ยวชาวไทย.** สาขาวิชาหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศิลปากร.

นายประเมศฐ์ พิชญ์พันธ์เดชา. (2561). **การจัดการท่องเที่ยวเชิงศาสนาของเกาะฮ่องกงที่มีอิทธิพลต่อนักท่องเที่ยวชาวไทย.วิทยานิพนธ์หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต.** สาขาวิชาการจัดการมรดกวัฒนธรรมและอุตสาหกรรมสร้างสรรค์, วิทยาลัยนวัตกรรมมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

บุปผชาติ แต่งเกลี้ยง, สิทธิชัย นวลเศรษฐ, ดนวัต สีพุธสุข. (2562). **การพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงศาสนาเพื่อรองรับนักท่องเที่ยวกลุ่มผู้สูงอายุ จังนครศรีธรรมราช.** คณะเทคโนโลยีการจัดการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช.

ปฐมา หาเรือนทรง. (2560). **ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวชาวไทยในการเดินทางมาไหว้พระ 9 วัด ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา.** ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมการบริการและการท่องเที่ยว, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

รัติกาญจน์ ขัดสากาญจน์(2565). **การประเมินค่าทางเศรษฐกิจของการท่องเที่ยววัดเจดีย์(ไอ้ไข่)อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช.** บทความวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.

ศิวพร มีนาภา. (2562). **ปัจจัยแรงจูงใจในการท่องเที่ยว และปัจจัยองค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยวที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาท่องเที่ยวในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา.** ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมการบริการและการท่องเที่ยว, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

สิทธิพงษ์ บุญทอง. (2561)**. การประกอบสร้างให้กลายเป็นพื้นที่ศักดิ์สิทธิ์ภายใต้วิกฤติความทันสมัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต.** สาขาวิชาพัฒนามนุษย์และสังคม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

แสงรวี เกตุสุวรรณ. (2563). **องค์ประกอบของแหล่งท่องเที่ยวที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในประเทศไทยของนักท่องเที่ยวชาวยุโรป.** สารนิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อนุชิต พึ่งปัญญาดี. (2553). **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการท่องเที่ยวภาคตะวันออกเฉียงเหนือของนักท่องเที่ยว.**สารนิพนธ์ บธ.ม.(การตลาด). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อัยยรัช อาภาศิลป์. (2563). **แนวทางการจัดการการท่องเที่ยวเชิงศาสนาสำหรับนักท่องเที่ยวชาวไทยในพุทธมณฑลประจำจังหวัดสุพรรณบุรี.** วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต. (การจัดการการท่องเที่ยวแบบบูรณาการ). คณะการจัดการท่องเที่ยว,สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

พฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ของนักท่องเที่ยวชาวไทยในจังหวัดเชียงใหม่

Delivery service usage behavior of Thai Tourist in Chiang Mai Province

ศุภฤกษ์ ไชยลังกา[1*] และ นิรมล พรมนิล[2]

Suparuek Chailangka[1*] and Niramol Promnil[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ และจัดกลุ่มนักท่องเที่ยวตามพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ โดยเป็นการวิจัยเชิงปริมาณ เก็บข้อมูลแบบสอบถามกับนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เคยเดินทางท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่และเป็นผู้ที่เคยใช้บริการเดลิเวอรี่ในระหว่างการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 400 ตัวอย่าง และนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยวิธี K-means แบบไม่เป็นขั้นตอน ผลการศึกษาสามารถแบ่งนักท่องเที่ยวออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มนักท่องเที่ยวสุภาพสตรีที่เดินทางมากับครอบครัว จำนวน 136 คน กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มนักท่องเที่ยววัยทำงานที่มองหาการบริการที่คุ้มค่า จำนวน 116 คน และ กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มนักท่องเที่ยวที่มองการบริการที่หลากหลายและแม่นยำ มีจำนวนมากที่สุด 148 คน ผู้วิจัยยังได้ให้ข้อมูลเสนอแนะสำหรับธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ที่ต้องการเพิ่มกลุ่มเป้าหมายและเพิ่มยอดขายผ่านช่องทางออนไลน์ ตลอดจนการเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไปเพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : เดลิเวอรี่, การบริการ,นักท่องเที่ยวชาวไทย, เค-มีนส์, การวิเคราะห์กลุ่มข้อมูล

Abstract

This study aims to examine the behavior of tourists using delivery services and to segment tourists based on their delivery service usage behaviors. This is quantitative research collecting data through questionnaires from 400 Thai tourists who had traveled to Chiang Mai and used delivery services during their trips. The data were analyzed using the non-hierarchical K-means clustering method. The findings revealed three distinct groups of tourists, including Group 1: Female tourists traveling with their families, comprising 136 individuals. Group 2: Young tourists seeking value-for-money services, totaling 116 individuals. Group 3: Tourists prioritizing diverse and accurate services, the largest group, with 148 individuals. The paper provided the recommendations for tourism-related businesses in Chiang Mai who aim to expand their target market and increase sales through online channels. Additionally, suggestions for future research were made to enhance data accuracy.

Keywords : Delivery, Service, Thai tourist, K-Mean, Cluster

[1] นิสิตสาขาการจัดการท่องเที่ยวและโรงแรม คณะบริหารธุรกิจและนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[2] อาจารย์ประจำสาขาการท่องเที่ยวและโรงแรม คณะบริหารธุรกิจและนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Tourism and Hotel Management Student, Faculty of Business Administration and Communication Arts, University of Phayao, Phayao, 56000

[2] Lecturer in Tourism and Hotel Management, Faculty of Business Administration and Communication Arts, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author : suparuek.chailangka@gmail.com

บทนำ

จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ซึ่งเริ่มตั้งแต่ช่วงเดือนธันวาคม 2562 เป็นต้นมา ทำให้ผู้คนมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมาสั่งอาหารแบบออนไลน์หรือเดลิเวอรี่กันมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ธุรกิจ Online Food Delivery เติบโตขึ้นมากกว่าสามเท่าเมื่อเทียบกับระยะเดียวกันของปี 2561 การเติบโตอย่างก้าวกระโดดนี้ สะท้อนจากข้อมูล “Google Trend” ของคำค้นหา e-Commerce และ Logistic รวมถึงคำค้นหาด้าน Parcel Delivery และ Online Food Delivery และจากสถานการณ์การเติบโตของธุรกิจ Delivery และพฤติกรรมการบริโภคชาวไทยที่นิยมใช้บริการจากธุรกิจ Delivery มากขึ้น ทำให้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้บริการ Delivery ของผู้บริโภคเพื่อนำผลการศึกษามาใช้ในการพัฒนาธุรกิจให้ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาตลาดแอปพลิเคชันอาหารและพฤติกรรมผู้บริโภคต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการแอปพลิเคชันอาหาร (ณัฐรุจา พงศ์สุพัฒน์, 2561) การศึกษาการวิเคราะห์คุณลักษณะของบริการแอพพลิเคชั่นเพื่อการสั่งอาหารเดลิเวอรี่ในกรุงเทพมหานคร (พิรานันท์ แกล่งกล้า, 2562) การศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อพฤติกรรมของผู้ใช้บริการฟู้ดเดลิเวอรี่ผ่านแอปพลิเคชันฟู้ดแพนด้าในเขตอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา (วราภรณ์ เลาหะสัมพันธพร, 2563) และการศึกษาการตัดสินใจใช้บริการ Food Delivery ของผู้บริโภค ในจังหวัดเชียงใหม่ (พีระนัฐ โล่วันทา, 2564) ซึ่งการศึกษาดังกล่าวเป็นการศึกษาที่เกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้ใช้บริการเดลิเวอรี่ที่อยู่ในภูมิลำเนาหรือในถิ่นพำนักเพียงเท่านั้น

อย่างไรก็ตาม มีนักวิชาการต่างประเทศที่ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมนักท่องเที่ยว (Reisinger and Turner, 2003; Guiver et al., 2008) ชี้ว่า เมื่อเกิดการเดินทางท่องเที่ยว นักท่องเที่ยวจะมีพฤติกรรมที่แตกต่างจากพฤติกรรมในการชีวิตประจำวันหรือขณะที่อยู่ที่บ้าน แต่มีพฤติกรรมที่แตกต่างกับพฤติกรรมของคนในประเทศหรือท้องถิ่นที่นักท่องเที่ยวไปเยือน และในปี 2023 ดังที่ Hossain (2023) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวที่เลือกใช้บริการ Delivery ในระหว่างการเดินทางท่องเที่ยวในประเทศฟินแลนด์ และชี้ให้เห็นถึงพฤติกรรมการบริโภคอาหารของนักท่องเที่ยวที่บ้านและระหว่างการเดินทางมีความแตกต่างกัน โดยอธิบายว่า ปัจจัยหลักที่สามารถกระตุ้นให้นักท่องเที่ยวใช้บริการ Online Food Delivery ที่บ้านและในระหว่างการเดินทาง ได้แก่ ความสะดวก ประหยัดเวลา ประหยัดต้นทุน และอุปกรณ์ทำอาหารที่มีจำกัด ส่งผลให้พฤติกรรมการบริโภคอาหารของนักท่องเที่ยวที่บ้านและระหว่างการเดินทางแตกต่างกัน และลักษณะการเดินทางและรูปแบบที่พักมีผลกระทบต่อพฤติกรรมการซื้ออาหารของนักท่องเที่ยว อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการนักท่องเที่ยวชาวไทย เกี่ยวกับการใช้บริการเดลิเวอรี่ของนักท่องเที่ยวเมื่อเกิดการเดินทางไปพำนักที่อื่นนั้นยังไม่ปรากฏ ทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาถึงพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวในจังหวัดที่มีชื่อเสียงจะมีพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่อย่างไรและพฤติกรรมนี้จะเหมือนหรือแตกต่างจากเดิมที่อาศัยอยู่ในที่พำนักปกติ

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความต้องการศึกษาถึงพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ของนักท่องเที่ยว โดยเฉพาะนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาเยือนจังหวัดเชียงใหม่ โดยผลการศึกษาในครั้งนี้อาจจะเป็นประโยชน์ต่อธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อให้ธุรกิจหรืออุตสาหกรรมการท่องเที่ยวได้นำข้อมูลดังกล่าวนี้นำไปปรับใช้กับกลยุทธ์ของธุรกิจเพื่อให้สอดรับกับพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ที่มีพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงไปตามโลกาภิวัตน์ และตอบสนองต่อพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวชาวไทยได้อย่างสูงสุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ และจัดกลุ่มนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาจังหวัดเชียงใหม่ตามพฤติกรรมการใช้บริหารเดลิเวอรี่

การทบทวนวรรณกรรม

พฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ในประเทศ (ณัฐรุจา พงศ์สุพัฒน์, 2561) หรือ การศึกษาเฉพาะจังหวัดใหญ่ เช่น กรุงเทพมหานคร (ธัญลักษณ์ เพชรประดับสุข,2563) และเชียงใหม่ (พีระนัฐ โล่วันทา,2564) พบว่า ผู้ใช้บริการเดลิเวอรี่ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุในช่วงเจเนอเรชั่นวาย (อายุระหว่าง 26 – 40 ปี) มีสถานภาพโสด จบการศึกษาในระดับปริญญาตรี ประกอบอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,000 – 30,000 บาท (ธัญลักษณ์ เพชรประดับสุข,2563 ; ณัฐรุจา พงศ์สุพัฒน์, 2561 และ พีระนัฐ โล่วันทา,2564) และยังพบว่า ผู้ใช้บริการเดลิเวอรี่นิยมใช้บริการแอพพลิเคชั่นเพื่อการสั่งอาหารมากที่สุด (ณัฐรุจา พงศ์สุพัฒน์, 2561 ; พิรานันท์ แกล่งกล้า,2562 และ ธัญลักษณ์ เพชรประดับสุข,2563) ด้วยมูลค่าการใช้บริการต่อครั้งอยู่ระหว่าง 100–499 บาท (ณัฐรุจา พงศ์สุพัฒน์,2561) และใช้บริการช่วงเวลา 11.00–13.00 น. (ธัญลักษณ์ เพชรประดับสุข,2563)

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้บริการเดลิเวอรี่ ตามแนวคิดของ Lee and Miller (2015) ซึ่งระบุถึงปัจจัย 2 ประการที่ส่งผลต่อการเกิดพฤติกรรม ประกอบด้วย ปัจจัยผลัก และปัจจัยดึงดูด

ปัจจัยผลัก (Push factors)

ปัจจัยผลัก หรือแรงจูงใจทางด้านจิตวิทยาหรือความต้องการภายในตัวบุคคลที่เป็นแรงผลักดันให้เกิดพฤติกรรม ซึ่งเป็นมูลเหตุภายในของตัวบุคคลที่จุดชนวนความต้องการต่าง ๆ ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้บริการเดลิเวอรี่ พบว่า ปัจจัยผลักที่ทำให้ผู้ใช้บริการเดลิเวอรี่ ได้แก่ ความต้องการหลีกเลี่ยงจากปัญหาการจราจร (วราภรณ์ เลาหะสัมพันธพร, 2563 และชัชดาภรณ์ จอมโคกกรวด, 2564) ความต้องการความสะดวก รวดเร็ว (พีระนัฐ โล่วันทา,2564 และพิรานันท์ แกล่งกล้า, 2562) ความต้องการประหยัดค่าใช้จ่าย และเวลาประหยัดค่าใช้จ่าย (ณัฐรุจา พงศ์สุพัฒน์,2561 และชัชดาภรณ์ จอมโคกกรวด,2564)

ทั้งนี้แนวคิดเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีระบุถึงปัจจัยด้านความบันเทิง (Hedonic Motivation) ซึ่งถูกกำหนดให้*เป็น "ความสนุกสนานหรือความสุขที่ได้รับจากการใช้เทคโนโลยี และได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีบทบาทสำคัญในการกำหนดการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี"* (Venkatesh, Thong & Xu, 2012) อีกทั้ง ปัจจัยด้าน ความเคยชิน (Habit) หรือ นิสัย ซึ่งกำหนดเป็น*"ระดับที่ผู้คนมีแนวโน้มที่จะแสดงพฤติกรรมโดยอัตโนมัติ"*(Venkatesh, Thong & Xu, 2012) ซึ่ง Limayem, Hirt & Cheung, 2007; Kim, Malhotra & Narasimhan, 2005) กล่าวว่า การใช้เทคโนโลยีเป็นพฤติกรรมอัตโนมัติและไม่รู้ตัว มีสมมติฐานว่านิสัยมีผลโดยตรงและโดยอ้อมต่อการใช้งานจริงผ่านเจตนาในการแสดงออกทางพฤติกรรม (Venkatesh, Thong & Xu, 2012)

ปัจจัยดึงดูด (Pull Factor)

ปัจจัยดึงดูด หรือแรงจูงใจภายนอกที่เป็นเหตุจูงใจในตัดสินใจเลือกใช้บริการหรือซื้อสินค้า ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้นำแนวคิดส่วนผสมทางการตลาดบริการ (7 Ps) มาใช้ประกอบการทบทวนวรรณกรรม โดยพบว่า ผู้ใช้บริการเดลิเวอรี่จะเลือกใช้แอพพลิเคชันที่ใช้งานได้ง่าย และสามารถจดจำได้ง่าย (พีระนัฐ โล่วันทา, 2564) มีการจัดส่งสินค้าที่ตรงต่อเวลาและรวดเร็ว (วราภรณ์ เลาหะสัมพันธพร, 2563) มีการประชาสัมพันธ์และส่งเสริมการขายอย่าง

สม่ำเสมอ (พีระนัฐ โล่วันทา, 2564 และวราภรณ์ เลาหะสัมพันธพร, 2563) มีพนักงานส่งอาหารมีการบริการที่ดี พูดจาสุภาพและมีอัธยาศัยที่ดีต่อการบริการ และพร้อมให้บริการ (ธัญลักษณ์ เพชรประดับสุข, 2563) มีการจัดประเภทสินค้าในแอพพลิเคชั่นเป็นหมวดหมู่เพื่อให้ง่ายต่อการสั่งซื้อ (พีระนัฐ โล่วันทา,2564) และมีขั้นตอนการชำระเงินสามารถทำได้ง่าย และสามารถชำระได้หลายวิธีและสะดวกรวดเร็ว (ธัญลักษณ์ เพชรประดับสุข, 2563)

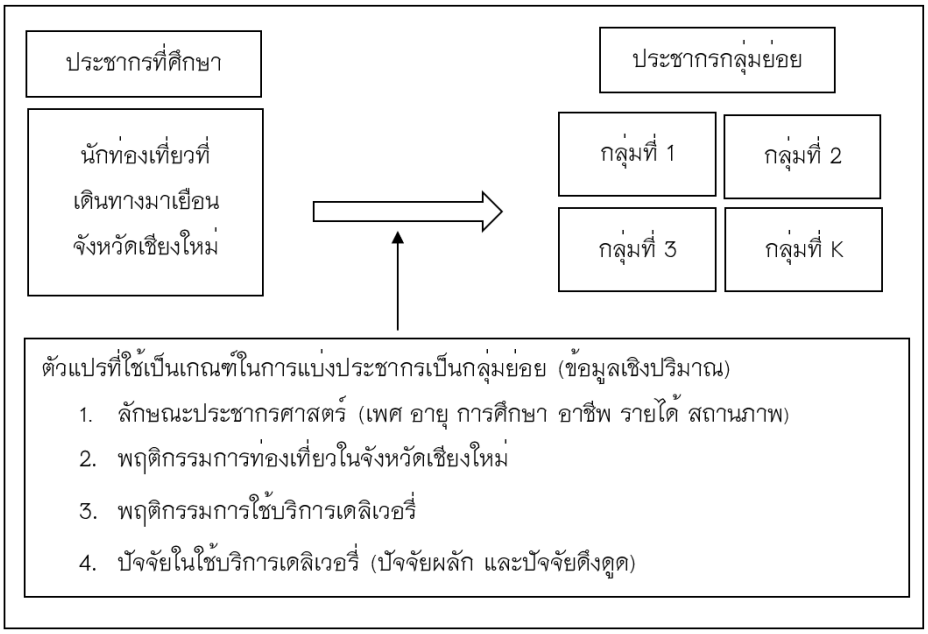
ซึ่งงานวิจัยของ ชัชดาภรณ์ จอมโคกกรวด (2564) ได้ทำการวิเคราะห์ลำดับปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการจัดส่งอาหารในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ผลการวิจัยพบว่าผู้บริโภคตัดสินใจสั่งอาหารผ่านแอพพลิเคชั่นมากขึ้นเพราะความสะดวกสบาย และหลีกเลี่ยงสภาพจราจรที่ติดขัด และสำหรับปัจจัยดึงดูดให้ตัดสินใจเลือกใช้บริการเดลิเวอรี่มากที่สุดคือ ปัจจัยด้านราคา รองลงมาคือ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ปัจจัยด้านกระบวนการ ปัจจัยด้านกายภาพ และปัจจัยด้านบุคคล ตามลำดับ

พฤติกรรมการท่องเที่ยวที่เดินทางมาจังหวัดเชียงใหม่

สุทธิดา เม้งหิ้นติ๋ว (2564) ได้ระบุว่า พฤติกรรมการท่องเที่ยวประกอบด้วย วิธีการเดินทาง ผู้ร่วมเดินทาง เวลาในการท่องเที่ยว รูปแบบของที่พัก พาหนะเดินทาง การจัดการท่องเที่ยว และค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว โดยจากการทบทวนการวิจัยที่เกี่ยวกับพฤติกรรมการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทยกลุ่มเจนเนอเรชั่นวายที่เดินทางมาในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เดินทางมาท่องเที่ยวกับครอบครัว โดยใช้เวลาในการท่องเที่ยว 3-4 วัน พักโรงแรม เดินทางมาท่องโดยใช้รถยนต์ และมีค่าใช้จ่ายไม่เกิน 10,000 บาท (สรวงรักษ์ จารุสมบัติ,2564) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นันทิยา ตันตราสืบ (2566) ได้ศึกษาความต้องการของนักท่องเที่ยวชาวไทยต่อการเดินทางท่องเที่ยวตามแนวทางการท่องเที่ยวแบบวิถีใหม่ในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า นักท่องเที่ยวเดินทางมาท่องเที่ยวโดยใช้รถยนต์ส่วนตัว มากับเพื่อน ซึ่งใช้ระยะเวลาในการท่องเที่ยว 3-4 วัน โดยประมาณ พักที่โรงแรม มีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวโดยประมาณ 3,000 – 5,000 บาท และงานวิจัยของ หรรษา ศรีสุวรรณ (2563) ได้ศึกษาปัจจัยในการเลือกเดินทางของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาท่องเที่ยวม่อนแจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เดินทางมาท่องเที่ยวที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยเครื่องโดยสารทางอากาศ (เครื่องบิน) มาท่องเทียวกับเพื่อน ระยะเวลาในการท่องเที่ยว 2-3 วัน พักโรงแรม บริหารจัดการการท่องเที่ยวด้วยตนเอง และมีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวโดยประมาณไม่เกิน 5,000 บาท

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

มีนักวิชาการหลากหลายท่านได้จัดแบ่งนักท่องเที่ยวหรือผู้เดินทางท่องเที่ยวออกเป็นหลายประเภท โดยมีเกณฑ์การแบ่งที่แตกต่างกัน ได้แก่ จำนวนนักท่องเที่ยวในกลุ่ม วัตถุประสงค์ท่องเที่ยว ลักษณะการเดินทาง อายุ เพศ ฐานะทางสังคมหรือฐานะทางเศรษฐกิจหรืออำนาจการซื้อ รูปแบบการเดินทางท่องเที่ยว และจิตวิทยาการท่องเที่ยว ดังนั้นการศึกษาพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ นักท่องเที่ยวที่เดินทางมาจังหวัดเชียงใหม่ จึงได้แบ่งกลุ่มนักท่องเที่ยวตาม ลักษณะประชากรศาสตร์ พฤติกรรมการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ พฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ในระหว่างการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ และปัจจัยในการใช้บริการเดลิเวอรี่ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักท่องเที่ยวชาวไทยที่เคยเดินทางท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่และเป็นผู้ที่เคยใช้บริการเดลิเวอรี่ในระหว่างการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งไม่ทราบจำนวน ทั้งนี้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง กรณีไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ที่ความเชื่อมั่น 95% ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจึงเท่ากับ 385 ตัวอย่าง และในการเก็บข้อมูลอาจจะพบความไม่สมบูรณ์ของการตอบแบบสอบถามบางชุด ผู้วิจัยจึงจะทำการเก็บข้อมูลทั้งสิน 400 ตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้การวิจัย

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) โดยแบ่งเป็น 4 ส่วนได้แก่ 1) ข้อมูลลักษณะประชากรของผู้ตอบแบบสอบถาม 2) พฤติกรรมการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ 3) พฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ในระหว่างการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ และ 4) ปัจจัยในการใช้บริการเดลิเวอรี่ โดยในการวิจัยครั้งนี้คุณภาพของเครื่องมือที่ทำการตรวจสอบ ได้แก่ ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content validity) ซึ่งเป็นความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาของแบบสอบถามที่สร้างขึ้นกับเนื้อหาของสิ่งที่ต้องการศึกษา โดยอาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาการท่องเที่ยวและบริการ หลังจากผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องของประเด็นคำถามแล้ว ผู้วิจัยนำข้อมูลจากคำชี้แนะของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Item Objective Congruence Index: IOC) ค่า IOC ทุกข้ออยู่ระหว่าง 0.60–1.00 ดังนั้นสามารถนำแบบสอบถามไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างได้ทันที (ศิริชัย พงษ์วิชัย, 2552)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ Cluster analysis ด้วย K-means Cluster ในการกำหนดกลุ่ม ซึ่งเป็นการแบ่งกลุ่มแบบไม่เป็นขั้นตอน (Nonhierarchical Cluster Analysis) หรือการแบ่งส่วน (Portioning) K-means เป็นอัลกอริทึมเทคนิคการเรียนรู้โดยไม่มีผู้สอนที่ง่ายที่สุด เพราะเป็นการแก้ปัญหาการจัดกลุ่มที่รู้จักกันทั่วไป โดยอัลกอริทึม K-Means จะตัดแบ่ง (Partition) วัตถุออกเป็น K กลุ่ม และแทนค่าแต่ละกลุ่มด้วย ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม ซึ่งใช้เป็นจุดศูนย์กลาง (centroid) ของกลุ่มในการวัดระยะห่างของข้อมูลในกลุ่มเดียวกัน ทั้งนี้ผู้วิจัยจะเป็นคนกำหนดจำนวนกลุ่มที่ต้องการจัดกลุ่มของข้อมูล แทนค่าด้วย K

จากการศึกษาพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่สำหรับนักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลกับกลุ่มนักท่องเที่ยวทั้งหมด 400 ราย แต่เมื่อทำการตรวจสอบเบื้องต้น (Data cleaning) เพื่อหาค่าระดับความเชื่อมั่นของเครื่องมือพร้อมกับแสดงจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม และจำนวนข้อถามที่นำมาวิเคราะห์โดย Cases Processing Summary แสดงจำนวนผู้ตอบ พบว่า แบบสอบถามทั้งหมด จำนวน 400 ชุด สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ทั้งหมด และนำมาจากการทดสอบ Outlier พบว่า ชุดข้อมูลไม่มีความผิดปกติ ดังนั้น ชุดข้อมูลจำนวนทั้งสิ้น 400 ชุดข้อมูล ทำการแปลงค่าความปกติของข้อมูล (normality) ด้วยวิธี Bootstrap ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จึงได้ค่าทดสอบเป็นการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล (Normality) หลังจากนั้นคณะผู้วิจัยได้ทำหารวิเคราะห์ Cluster analysis ด้วย K-means Cluster กำหนดจำนวนกลุ่มที่ต้องการจัดกลุ่มของข้อมูล

ผลการศึกษา

1. การแบ่งกลุ่มพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมายังจังหวัดเชียงใหม่

จากการศึกษาพบว่า นักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังจังหวัดเชียงใหม่มีพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่แตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มซึ่งมีขนาดประชากรของแต่ละกลุ่มใกล้เคียงกัน โดยกลุ่มที่ 3 มีประชากรที่มากที่สุดคือ 148 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 37.00 ของประชากรทั้งหมด รองลงมาคือ กลุ่มที่ 1 มีประชากร 136 คน คิดเป็นร้อยละ 34.00 และกลุ่มที่ 2 มีประชากรน้อยที่สุด จำนวน 116 คน คิดเป็นร้อยละ 29.00 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนประชากรในแต่ละ Cluster

กลุ่มนักท่องเที่ยว	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1	136	34.00
2	116	29.00
3	148	37.00
Valid	400.00	100.00

เมื่อทำการวิเคราะห์ระยะห่างระหว่างค่ากลางของทั้ง 3 Cluster จะพบว่า Cluster ที่ 2 มีระยะห่างจาก Cluster ที่ 3 มากที่สุด คือ 4.622 และใกล้ Cluster 1 มากที่สุด คือ 4.179 แสดงให้เห็นว่านักท่องเที่ยวใน Cluster ที่ 1 และ 2 มีพฤติกรรมที่คล้ายกัน แต่แตกต่างจากนักท่องเที่ยว Cluster ที่ 3 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงระยะห่างระหว่างค่ากลางของทั้ง 4 Cluster

กลุ่มนักท่องเที่ยว	1	2	3
1		4.179	3.769
2	4.179		4.622
3	3.769	4.622	

2. ลักษณะประชากรของนักท่องเที่ยวแต่ละกลุ่ม

จากการสำรวจลักษณะประชากรศาสตร์ ทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า

กลุ่มที่ 1 : นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 46.32 มีอายุระหว่าง 31–40 ปี ร้อยละ 39.71 สถานภาพโสด ร้อยละ 62.50 การศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 53.68 ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน ร้อยละ 59.56 และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,000–30,000 บาท ร้อยละ 42.65

กลุ่มที่ 2 : นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 43.97 มีอายุระหว่าง 21–30 ปี และอายุระหว่าง 31–40 ปี ร้อยละ 43.97 สถานภาพโสด ร้อยละ 76.72 การศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 83.62 ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน ร้อยละ 78.45 และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,000–30,000 บาท ร้อยละ 42.65

กลุ่มที่ 3 : นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 54.73 มีอายุระหว่าง 21–30 ปี ร้อยละ 71.62 สถานภาพโสด ร้อยละ 94.59 การศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 66.89 ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน ร้อยละ 59.46 และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน ต่ำกว่า 15,000 บาท ร้อยละ 54.73 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การจำแนกพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่สำหรับนักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ จากลักษณะประชากรศาสตร์

ลักษณะของนักท่องเที่ยว	กลุ่มนักท่องเที่ยว (Cluster)		
	1 (136 คน)	2 (116 คน)	3 (148 คน)
เพศ			
ชาย	38.97	43.97	37.16
หญิง	46.32	38.79	54.73
LGBTQ+	14.71	17.24	8.11
อายุ			
อายุต่ำกว่า 20 ปี	0.00	3.45	4.73
อายุระหว่าง 21–30 ปี	33.82	43.97	71.62
อายุระหว่าง 31–40 ปี	39.71	43.97	20.95
อายุระหว่าง 41–50 ปี	14.71	3.45	2.70
อายุระหว่าง 51–60 ปี	5.88	2.59	0.00
อายุมากกว่า 61 ปีขึ้นไป	5.88	2.59	0.00
สถานภาพ			
โสด	62.50	76.72	94.59
สมรส	37.50	23.28	5.41

ลักษณะของนักท่องเที่ยว	กลุ่มนักท่องเที่ยว (Cluster)		
	1 (136 คน)	2 (116 คน)	3 (148 คน)
ระดับการศึกษา			
ประถมศึกษา	0.00	0.00	2.03
มัธยมศึกษา / ปวช.	5.88	6.03	10.14
อนุปริญญา / ปวส.	14.71	6.90	5.41
ปริญญาตรี	53.68	83.62	66.89
ปริญญาโท	22.79	3.45	15.54
สูงกว่าปริญญาโท	2.94	0.00	0.00
อาชีพ			
ข้าราชการ	11.76	0.00	12.84
พนักงานรัฐวิสาหกิจ	2.94	6.90	10.14
พนักงานบริษัทเอกชน	59.56	78.45	59.46
ธุรกิจส่วนตัว	16.91	6.03	15.54
เกษียณอายุ	8.82	5.17	0.00
อื่นๆ	0.00	3.45	2.03
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน			
ต่ำกว่า 15,000 บาท	8.09	27.59	54.73
15,000–30,000 บาท	42.65	39.66	34.46
30,001–40,000 บาท	20.59	18.97	8.11
40,001–50,000 บาท	19.85	3.45	2.70
มากกว่า 50,001 บาท	8.82	10.34	0.00

3. พฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่สำหรับนักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ จากข้อมูลของการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่

จากการสำรวจข้อมูลของการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ ทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า

กลุ่มที่ 1 : นักท่องเที่ยวได้มีการเดินทางมาเชียงใหม่โดยเครื่องบิน ร้อยละ 44.12 มากับครอบครัว ร้อยละ 49.26 ระยะเวลาในการท่องเที่ยว 3 – 4 วัน ร้อยละ 60.29 พักโรงแรม/โฮสเทล ร้อยละ 88.24 ใช้รถยนต์/รถจักรยานยนต์ (เช่า) ในการเดินทางท่องเที่ยว ร้อยละ 55.15 จัดการการท่องเที่ยวด้วยตนเอง/จัดการเอง ร้อยละ 98.53 และมีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว 5,001–10,000 บาท ร้อยละ 28.68

กลุ่มที่ 2 : นักท่องเที่ยวได้มีการเดินทางมาเชียงใหม่โดยรถยนต์ ร้อยละ 56.90 มากับเพื่อน ร้อยละ 55.17 ระยะเวลาในการท่องเที่ยว 3 – 4 วัน ร้อยละ 54.31 พักโรงแรม/โฮสเทล ร้อยละ 79.31 ใช้รถยนต์/รถจักรยานยนต์ (ส่วนตัว) ในการเดินทางท่องเที่ยว ร้อยละ 67.24 จัดการการท่องเที่ยวด้วยตนเอง/จัดการเอง ร้อยละ 94.83 และมีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวต่ำกว่า 5,000 บาท ร้อยละ 39.66

กลุ่มที่ 3 : นักท่องเที่ยวได้มีการเดินทางมาเชียงใหม่โดยเครื่องบิน ร้อยละ 48.65 มากับเพื่อน ร้อยละ 52.70 ระยะเวลาในการท่องเที่ยว 3 – 4 วัน ร้อยละ 63.51 พักโรงแรม/โฮสเทล ร้อยละ 85.81 ใช้รถยนต์/

รถจักรยานยนต์ (เช่า) ในการเดินทางท่องเที่ยว ร้อยละ 77.70 จัดการการท่องเที่ยวด้วยตนเอง/จัดการเอง ร้อยละ 100.00 และมีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวต่ำกว่า 5,000 บาท ร้อยละ 70.95 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การจำแนกพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่สำหรับนักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ จากข้อมูลของการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่

ข้อมูลของการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่	กลุ่มนักท่องเที่ยว (Cluster)		
	1 (136 คน)	2 (116 คน)	3 (148 คน)
วิธีการเดินทางมาเยือนจังหวัดเชียงใหม่			
รถยนต์	2.94	56.90	2.70
รถจักรยานยนต์	41.91	13.79	19.59
รถไฟ	5.15	6.90	10.81
เครื่องบิน	44.12	10.34	48.65
รถบัสประจำทาง	5.88	6.90	18.24
รถบริษัทนำเที่ยว	0.00	5.17	0.00
ผู้ร่วมเดินทางมาเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่			
มาคนเดียว	11.03	19.83	35.14
มากับเพื่อน	39.71	55.17	52.70
มากับครอบครัว	49.26	25.00	12.16
เวลาในการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่			
1–2 วัน	19.12	22.41	31.08
3–4 วัน	60.29	54.31	63.51
5–6 วัน	17.65	16.38	5.41
มากกว่า 7 วัน	2.94	6.90	0.00
รูปแบบของที่พักแรมของท่านในเชียงใหม่			
โรงแรม / โฮสเทล	88.24	79.31	85.81
บ้าน / คอนโดมิเนียม	0.00	3.45	2.03
บ้านญาติ / บ้านเพื่อน	11.76	17.24	12.16
พาหนะในการเดินทางท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่			
รถยนต์ / รถจักรยานยนต์ (เช่า)	55.15	17.24	77.70
รถยนต์ / รถจักรยานยนต์ (ส่วนตัว)	36.03	67.24	19.59
รถสาธารณะ	8.82	3.45	0.00
รถบริษัทนำเที่ยว	0.00	5.17	0.00
อื่นๆ	0.00	6.90	2.70
การจัดการการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่			
เดินทางด้วยตนเอง/จัดการเอง	98.53	94.83	100.00
ซื้อแพ็คเกจท่องเที่ยว	1.47	0.00	0.00

ข้อมูลของการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่	กลุ่มนักท่องเที่ยว (Cluster)		
	1 (136 คน)	2 (116 คน)	3 (148 คน)
มากับบริษัททัวร์	0.00	5.17	0.00
ค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่			
ต่ำกว่า 5,000 บาท	18.38	39.66	70.95
5,001–10,000 บาท	28.68	36.21	29.05
10,001–15,000 บาท	23.53	13.79	0.00
15,001–20,000 บาท	20.59	3.45	0.00
20,001–30,000 บาท	8.82	6.90	0.00

4. พฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่สำหรับนักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ จากข้อมูลการใช้บริการเดลิเวอรี่

จากการสำรวจข้อมูลการใช้บริการเดลิเวอรี่ ทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า

กลุ่มที่ 1 : นักท่องเที่ยวใช้บริการ Grab food (แกร็บฟู้ด) ร้อยละ 54.41 โดยใช้บริการสั่งอาหาร ร้อยละ 70.59 มีค่าใช้จ่าย 101–300 บาท ร้อยละ 58.09 และตัดสินใจเลือกใช้บริการด้วยตนเอง ร้อยละ 53.68

กลุ่มที่ 2 : นักท่องเที่ยวใช้บริการ Lineman (ไลน์แมน) ร้อยละ 38.79 โดยใช้บริการสั่งอาหาร ร้อยละ 64.66 มีค่าใช้จ่าย 101–300 บาท ร้อยละ 59.48 และตัดสินใจเลือกใช้บริการด้วยตนเอง ร้อยละ 66.36

กลุ่มที่ 3 : นักท่องเที่ยวใช้บริการ Grab food (แกร็บฟู้ด) ร้อยละ 41.89 โดยใช้บริการสั่งอาหาร ร้อยละ 65.54 มีค่าใช้จ่าย 101–300 บาท ร้อยละ 59.46 และตัดสินใจเลือกใช้บริการจากแอพลิเคชั่นเดลิเวอรี่ ร้อยละ 49.32 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การจำแนกพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่สำหรับนักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ จากข้อมูลการใช้บริการเดลิเวอรี่

ข้อมูลการใช้บริการเดลิเวอรี่	กลุ่มนักท่องเที่ยว (Cluster)		
	1 (136 คน)	2 (116 คน)	3 (148 คน)
บริการแอพพลิเคชันที่เลือกใช้			
Lineman (ไลน์แมน)	19.12	38.79	27.03
Food panda (ฟู้ดแพนด้า)	20.59	17.24	26.35
Grab food (แกร็บฟู้ด)	54.41	34.48	41.89
Robinhood (โรบินฮู้ด)	0.00	2.59	4.73
รูปแบบในการใช้บริการเดลิเวอรี่			
บริการสั่งอาหาร	70.59	64.66	65.54
บริการการเดินทาง	20.59	25.86	34.46
บริการสั่งสินค้า/บริการสั่งของที่ระลึก	8.82	6.03	0.00
บริการส่งของ	0.00	0.86	0.00
บริการจองที่พักและท่องเที่ยว	0.00	2.59	0.00

ข้อมูลการใช้บริการเดลิเวอรี่	กลุ่มนักท่องเที่ยว (Cluster)		
	1 (136 คน)	2 (116 คน)	3 (148 คน)
ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการใช้บริการเดลิเวอรี่			
ต่ำกว่า 100 บาท	10.29	17.24	37.84
101–300 บาท	58.09	59.48	59.46
301–500 บาท	22.79	10.34	2.70
มากกว่า 500 บาท	8.82	12.93	0.00
แหล่งข้อมูลใดในการประกอบการตัดสินใจใช้บริการเดลิเวอรี่			
ตนเอง	53.68	66.38	41.22
เพื่อน	0.00	0.00	2.70
ครอบครัว	25.74	2.59	2.70
แฟน/คนรัก	0.00	2.59	4.05
จากแอพลิเคชั่นเดลิเวอรี่	20.59	28.45	49.32

5. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้บริการเดลิเวอรี่

จากการสำรวจข้อมูลการตัดสินใจใช้บริการเดลิเวอรี่สำหรับนักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ ทั้งในด้านของปัจจัยผลัก (Push Factors) และปัจจัยดึงดูด (Pull Factors) พบว่า

กลุ่มที่ 1 : นักท่องเที่ยวกลุ่มนี้มีการตัดสินใจใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะต้องการความสะดวก รวดเร็วสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 รองลงมา คือ ต้องการหลีกเลี่ยงจากปัญหาการจราจร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 และในทางกลับกันพบว่านักท่องเที่ยวมีความต้องการเรียนรู้เกี่ยวกับจังหวัดเชียงใหม่ผ่านสินค้าและบริการในแอพลิเคชั่นของเดลิเวอรี่น้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.05

นักท่องเที่ยวกลุ่มนี้มีความสนใจต่อการเลือกใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะมีพนักงานให้บริการเป็นมิตรสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 รองลงมา คือ สามารถตรวจสอบสถานะการจัดส่งสินค้าและบริการได้ตลอดเวลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 และในทางกลับกันพบว่านักท่องเที่ยวมีความสนใจต่อการเลือกใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะราคาไม่แตกต่างจากที่ร้านน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.69

กลุ่มที่ 2 : นักท่องเที่ยวกลุ่มนี้มีการตัดสินใจใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะต้องการหลีกเลี่ยงจากปัญหาการจราจร และต้องการความสะดวก รวดเร็วสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 รองลงมา คือ ต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.38 และในทางกลับกันพบว่านักท่องเที่ยวต้องการการยอมรับในความเป็นคนทันสมัยน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.08

นักท่องเที่ยวกลุ่มนี้มีความสนใจต่อการเลือกใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะมีพนักงานที่มีทักษะในการให้บริการและแก้ไขปัญหาได้สูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.04 รองลงมา คือ มีพนักงานให้บริการเป็นมิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.96 และในทางกลับกันพบว่านักท่องเที่ยวมีความสนใจต่อการเลือกใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะราคาไม่แตกต่างจากที่ร้านน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.76

กลุ่มที่ 3 : นักท่องเที่ยวกลุ่มนี้มีการตัดสินใจใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะต้องการความสะดวก รวดเร็วสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.76 รองลงมา คือ ต้องการหลีกเลี่ยงจากปัญหาการจราจร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 และในทาง

กลับกันพบว่านักท่องเที่ยวมีความต้องการเรียนรู้เกี่ยวกับจังหวัดเชียงใหม่ผ่านสินค้าและบริการในแอพลิเคชั่นของเดลิเวอรี่น้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06

นักท่องเที่ยวกลุ่มนี้มีความสนใจต่อการเลือกใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะมีช่องทางการชำระเงินที่หลากหลายสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83 รองลงมา คือ สามารถตรวจสอบสถานการณ์จัดส่งสินค้าและบริการได้ตลอดเวลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.77 และในทางกลับกันพบว่านักท่องเที่ยวมีความสนใจต่อการเลือกใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะราคาไม่แตกต่างจากที่ร้านน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.82 ได้แสดงผลในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การจำแนกพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่สำหรับนักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ จากข้อมูลการตัดสินใจใช้บริการเดลิเวอรี่ในจังหวัดเชียงใหม่

การตัดสินใจใช้บริการเดลิเวอรี่ในจังหวัดเชียงใหม่	กลุ่มนักท่องเที่ยว (Cluster)		
	1 (136 คน)	2 (116 คน)	3 (148 คน)
ปัจจัยผลัก (Push Factors)			
1. ต้องการหลีกเลี่ยงจากปัญหาการจราจร	4.49	4.46	4.61
2. ต้องการประหยัดค่าใช้จ่าย และเวลา	4.39	3.38	4.52
3. ต้องการความสะดวก รวดเร็ว	4.70	4.46	4.76
4. ต้องการการยอมรับในความเป็นคนทันสมัย	2.72	3.08	4.47
5. ต้องการเรียนรู้เกี่ยวกับจังหวัดเชียงใหม่ผ่านสินค้าและบริการในแอพลิเคชั่นของเดลิเวอรี่	2.05	3.10	4.06
6. ต้องการความเพลิดเพลินในการใช้แอพพลิเคชั่น /เลือกใช้บริการเดลีเวอรี่	2.41	3.10	4.14
7. คุ้นชินกับการใช้บริการเดลิเวอรี่	4.21	3.42	4.50
ปัจจัยดึงดูด (Pull Factors)			
8. มีสินค้าและบริการให้เลือกหลากหลาย	3.59	3.09	4.12
9. สินค้าและบริการของเดลีเวอรี่มีการอัพเดทตลอดเวลา	3.64	3.30	4.26
10. ราคาไม่แตกต่างจากที่ร้าน	2.83	2.76	3.82
11. มีการแสดงราคาที่ชัดเจน	4.17	3.91	4.61
12. ค่าบริการมีความเหมาะสมเมื่อเทียบกับการเดินทางออกไปซื้อเอง	2.69	3.75	4.22
13. มีช่องทางการชำระเงินที่หลากหลาย	4.41	3.94	4.83
14. มีเส้นทางการบริการที่ครอบคลุม	3.66	3.80	4.22
15. มีโปรโมทชั่นที่เคยสะสมไว้แล้ว เช่น ส่วนลด คะแนนสะสม	4.15	3.62	4.57
16. สามารถตรวจสอบสถานะการจัดส่งสินค้าและบริการได้ตลอดเวลา	4.74	3.85	4.77
17. มีบรรจุภัณฑ์เพื่อป้องกันการเสียหาย	2.93	3.00	4.22
18. แอพพลิเคชั่นใช้งานง่าย	4.56	3.89	4.56
19. มีพนักงานให้บริการเป็นมิตร	4.80	3.96	4.56
20. มีพนักงานที่มีทักษะในการให้บริการและแก้ไขปัญหาได้	4.59	4.04	4.47

ผลการศึกษา

จากการศึกษาถึงพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่จะมีพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ 3 กลุ่ม โดยพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวทั้ง 3 กลุ่มนี้ได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 : กลุ่มนักท่องเที่ยวสุภาพสตรีที่มองหาการบริการที่เป็นมิตรกับครอบครัว (Female and Family– Friendly service)

นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุระหว่าง 31–40 ปี สถานภาพโสด การศึกษาระดับปริญญาตรี ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,000–30,000 บาท ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธัญลักษณ์ เพชรประดับสุข (2563) ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้บริการสั่งอาหารผ่านแอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ซึ่งมีอายุในช่วงเจเนอเรชั่นวาย (อายุระหว่าง 26 – 40 ปี) โดยมีสถานภาพโสด จบการศึกษาในระดับปริญญาตรี ประกอบอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,000 – 30,000 บาท

นักท่องเที่ยวได้มีพฤติกรรมการเดินทางมาเชียงใหม่โดยเครื่องบิน มากับครอบครัว ระยะเวลาในการท่องเที่ยว 3 – 4 วัน พักโรงแรม/โฮสเทล ใช้รถยนต์/รถจักรยานยนต์ (เช่า) ในการเดินทางท่องเที่ยว จัดการการท่องเที่ยวด้วยตนเอง/จัดการเอง และมีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว 5,001–10,000 บาท ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สรวงรักษ์ จารุสมบัติ (2564) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกไปท่องเที่ยวจังหวัดเชียงใหม่ของนักท่องเที่ยวชาวไทยกลุ่มเจนเนอเรชั่นวายในช่วงการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 พบว่า นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เดินทางมาท่องเที่ยวกับครอบครัว โดยใช้เวลาในการท่องเที่ยว 3–4 วัน พักโรงแรม เดินทางมาท่องโดยใช้รถยนต์ และมีค่าใช้จ่ายไม่เกิน 10,000 บาท

นักท่องเที่ยวใช้บริการ Grab food (แกร็บฟู้ด) โดยใช้บริการสั่งอาหาร มีค่าใช้จ่าย 101–300 บาท และตัดสินใจเลือกใช้บริการด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐรุจา พงศ์สุพัฒน์ (2561) ได้ศึกษาเรื่องการศึกษาตลาดแอปพลิเคชันอาหารและพฤติกรรมผู้บริโภคต่อ การตัดสินใจเลือกใช้บริการแอปพลิเคชันอาหาร พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีการตัดสินใจเลือกใช้บริการแอพพลิเคชั่น Grab โดยเลือกใช้บริการสั่งอาหาร ด้วยมูลค่าการใช้บริการต่อครั้งระหว่าง 100–499 บาท

นอกจากนี้ยังพบว่า พฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ของนักท่องเที่ยวใน**กลุ่มนักท่องเที่ยวสุภาพสตรีที่เดินทางมากับครอบครัว** มีการตัดสินใจใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะต้องการความสะดวก รวดเร็วสูงสุด อีกทั้งนักท่องเที่ยวกลุ่มนี้มีความสนใจต่อการเลือกใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะมีพนักงานให้บริการเป็นมิตรสูงสุด รองลงมาคือ สามารถตรวจสอบสถานะการจัดส่งสินค้าและบริการได้ตลอดเวลา และในทางกลับกันพบว่านักท่องเที่ยวมีความสนใจต่อการเลือกใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะราคาไม่แตกต่างจากที่ร้านน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐรุจา พงศ์สุพัฒน์ (2561) ได้ศึกษาเรื่องการศึกษาตลาดแอปพลิเคชันอาหารและพฤติกรรมผู้บริโภคต่อ การตัดสินใจเลือกใช้บริการแอปพลิเคชันอาหาร พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีต้องการความสะดวกสบาย เนื่องจากแอพลิเคชั่นมีความง่ายในการใช้งาน อีกทั้งยังมีการบริการและจำนวนร้านอาหารที่เหมาะสมกับความต้องการ

กลุ่มที่ 2 : กลุ่มนักท่องเที่ยววัยทำงานที่มองหาการบริการที่คุ้มค่า (Working age and Valuable service)

นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุระหว่าง 21–30 ปี และอายุระหว่าง 31–40 ปี สถานภาพโสด การศึกษาระดับปริญญาตรี ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,000–30,000 บาท

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐรุจา พงศ์สุพัฒน์ (2561) ได้ศึกษาเรื่องการศึกษาตลาดแอปพลิเคชันอาหารและพฤติกรรมผู้บริโภคต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการแอปพลิเคชันอาหาร พบว่า ผู้บริโภคที่มีการตัดสินใจเลือกใช้บริการแอปพลิเคชั่นอาหารส่วนใหญ่เป็นเพศชายที่มีอายุระหว่าง 21–30 ปี มีสถานภาพโสด การศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนระหว่าง 15,000 – 30,000 บาท เช่นกัน

นักท่องเที่ยวได้มีพฤติกรรมการเดินทางมาเชียงใหม่โดยรถยนต์ มากับเพื่อน ระยะเวลาในการท่องเที่ยว 3 – 4 วัน พักโรงแรม/โฮสเทล ใช้รถยนต์/รถจักรยานยนต์ (ส่วนตัว) ในการเดินทางท่องเที่ยว จัดการการท่องเที่ยวด้วยตนเอง/จัดการเอง และมีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวต่ำกว่า 5,000 บาท ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นันทิยา ตันตราสืบ (2566) ได้ศึกษาความต้องการของนักท่องเที่ยวชาวไทยต่อการเดินทางท่องเที่ยวตามแนวทางการท่องเที่ยวแบบวิถีใหม่ในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า นักท่องเที่ยวเดินทางมาท่องเที่ยวโดยใช้รถยนต์ส่วนตัว มากับเพื่อน ซึ่งใช้ระยะเวลาในการท่องเที่ยว 3–4 วัน โดยประมาณ พักที่โรงแรม มีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวโดยประมาณ 3,000 – 5,000 บาท

นักท่องเที่ยวใช้บริการ Lineman (ไลน์แมน) โดยใช้บริการสั่งอาหาร มีค่าใช้จ่าย 101–300 บาท และตัดสินใจเลือกใช้บริการด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิรานันท์ แกล่งกล้า (2562) ได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์คุณลักษณะของบริการแอพพลิเคชั่นเพื่อการสั่งอาหารเดลิเวอรี่ในกรุงเทพมหานคร พบว่า ผู้ใช้บริการส่วนใหญ่เลือกใช้แอพลิเคชั่น Lineman ในการสั่งอาหารมากที่สุด ซึ่งนิยมสั่งประเภทอาหารไทยเพื่อรับประทานเป็นอาหารในมื้อเย็นในวันศุกร์และเสาร์

นอกจากนี้ยังพบว่า พฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ของนักท่องเที่ยวใน**กลุ่มนักท่องเที่ยววัยทำงานที่มองหาการบริการที่คุ้มค่า** มีการตัดสินใจใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะต้องการหลีกเลี่ยงจากปัญหาการจราจร และต้องการความสะดวก รวดเร็ว รองลงมา คือ ต้องการประหยัดค่าใช้จ่าย และเวลา และในทางกลับกันพบว่านักท่องเที่ยวต้องการการยอมรับในความเป็นคนทันสมัยน้อยที่สุด อีกทั้งนักท่องเที่ยวกลุ่มนี้มีความสนใจต่อการเลือกใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะมีพนักงานที่มีทักษะในการให้บริการและแก้ไขปัญหาได้ รองลงมา คือ มีพนักงานให้บริการเป็นมิตร และในทางกลับกันพบว่านักท่องเที่ยวมีความสนใจต่อการเลือกใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะราคาไม่แตกต่างจากที่ร้านน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิรานันท์ แกล่งกล้า (2562) ได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์คุณลักษณะของบริการแอพพลิเคชั่นเพื่อการสั่งอาหารเดลิเวอรี่ในกรุงเทพมหานคร พบว่า พฤติกรรมผู้ใช้บริการแอพพลิเคชั่นสั่งอาหารเดลิเวอรี่พบว่าเหตุผลที่เลือกใช้บริการแอพพลิเคชั่นสั่งอาหารเดลิเวอรี่มากสุดคือสะดวก/ง่าย รองลงมาคือประหยัดเวลาและเหตุผลไม่อยากออกไปข้างนอก

กลุ่มที่ 3 : กลุ่มนักท่องเที่ยวที่มองการบริการที่หลากหลายและแม่นยำ (Varity and Accuracy Service)

นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุระหว่าง 21–30 ปี สถานภาพโสด การศึกษาระดับปริญญาตรี ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน ต่ำกว่า 15,000 บาท ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พีระนัฐ โล่วันทา (2564) ได้ศึกษาเรื่องการตัดสินใจใช้บริการ Food Delivery ของผู้บริโภค ในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ที่มีอายุอยู่ในช่วง 21–30 ปี มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี

นักท่องเที่ยวได้มีพฤติกรรมการเดินทางมาเชียงใหม่โดยเครื่องบิน มากับเพื่อน ระยะเวลาในการท่องเที่ยว 3 – 4 วัน พักโรงแรม/โฮสเทล ใช้รถยนต์/รถจักรยานยนต์ (เช่า) ในการเดินทางท่องเที่ยว จัดการการท่องเที่ยวด้วยตนเอง/จัดการเอง และมีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวต่ำกว่า 5,000 บาท ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ หรรษา ศรีสุวรรณ (2563) ได้ศึกษาปัจจัยในการเลือกเดินทางของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาท่องเที่ยวม่อนแจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เดินทางมาท่องเที่ยวที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยเครื่องโดยสารทางอากาศ

(เครื่องบิน) มาท่องเที่ยวกับเพื่อน ระยะเวลาในการท่องเที่ยว 2-3 วัน พักโรงแรม บริหารจัดการการท่องเที่ยวด้วยตนเอง และมีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวโดยประมาณไม่เกิน 5,000 บาท

นักท่องเที่ยวใช้บริการ Grab food (แกร็บฟู้ด) โดยใช้บริการสั่งอาหาร มีค่าใช้จ่าย 101-300 บาท และตัดสินใจเลือกใช้บริการจากแอพลิเคชั่นเดลิเวอรี่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธัญลักษณ์ เพชรประดับสุข (2563) ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้บริการสั่งอาหารผ่านแอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ใช้บริการสั่งอาหารผ่าน GRAB มากที่สุด ซึ่งนิยมสั่งอาหารไทยมากที่สุดในช่วงเวลา 11.00-13.00 น. ซึ่งมีความถี่ในการเลือกใช้บริการเฉลี่ย 7 ครั้งใน 1 เดือน

นอกจากนี้ยังพบว่า พฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ของนักท่องเที่ยวใน**กลุ่มนักท่องเที่ยวมองการบริการที่หลากหลายและแม่นยำ** มีการตัดสินใจใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะต้องการความสะดวก รวดเร็ว รองลงมา คือ ต้องการหลีกเลี่ยงจากปัญหาการจราจร และในทางกลับกันพบว่านักท่องเที่ยวมีความต้องการเรียนรู้เกี่ยวกับจังหวัดเชียงใหม่ผ่านสินค้าและบริการในแอพลิเคชั่นของเดลิเวอรี่น้อยที่สุด อีกทั้งนักท่องเที่ยวกลุ่มนี้มีความสนใจต่อการเลือกใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะมีช่องทางการชำระเงินที่หลากหลาย รองลงมา คือ สามารถตรวจสอบสถานการณ์จัดส่งสินค้าและบริการได้ตลอดเวลา และในทางกลับกันพบว่านักท่องเที่ยวมีความสนใจต่อการเลือกใช้บริการเดลิเวอรี่เพราะราคาไม่แตกต่างจากที่ร้านน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัชดาภรณ์ จอมโคกกรวด (2564) ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการจัดส่งอาหารในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ผู้คนออกจากบ้านไปทานอาหารน้อยลงเพราะมีความสะดวกสบายในการสั่งอาหารมารับประทาน มีสมาร์ทโฟนที่สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตก็สามารถสั่ง อาหารผ่านแอพพลิเคชั่นเพิ่มความสะดวกสบายได้ โดยผู้ใช้บริการเลือกรูปแบบการจัดส่งอาหารเพื่อหลีกเลี่ยงสภาพจราจรที่ติดขัด

ข้อเสนอแนะสำหรับธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่

จากการศึกษาพบว่า นักท่องเที่ยวที่ใช้บริการเดริเวอรี่ระหว่างการเดินท่องเที่ยวส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิงที่เดินทางมากับครอบครัว และนิยมบริการสั่งอาหารเดลิเวอรี่ โดยมักจะเลือกใช้บริการเดลิเวอรี่ที่มีพนักงานให้บริการเป็นมิตร ดังนั้น ผู้ประกอบการร้านอาหารที่ต้องการเพิ่มกลุ่มเป้าหมายเป็นนักท่องเที่ยว และเพิ่มยอดขายอาหารผ่านช่องทางออนไลน์ ควรมีโปรโมทชั่น หรือแคมเปญที่เป็นมิตรกับผู้หญิง (Lady Friendly Service) ซึ่งแคมเปญนี้ยังสามารถปรับใช้กับธุรกิจเดลิเวอรี่ในจังหวัดเชียงใหม่ได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ของนักท่องเที่ยวชาวไทยในจังหวัดเชียงใหม่ในครั้งนี้ ทำให้ค้นพบพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่แตกต่างกัน 3 กลุ่ม และชี้เห็นให้ถึงพฤติกรรมการใช้บริการเดลิเวอรี่ที่ไม่ค่อยแตกต่างจากเดิมที่อาศัยอยู่ในที่พำนักปกติ โดยเฉพาะปัจจัยในการเลือกใช้บริการเดลิเวอรี่ อย่างไรก็ได้ข้อสรุปนี้ ยังไม่ได้รับการพิสูจน์ทางสถิติที่เหมาะสม หากมีการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติ เช่น การใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ความสำคัญ-ผลการปฏิบัติ (Important-Performance Analysis : IPA) จะทำให้ผลการศึกษามีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร. นิรมล พรมนิล อาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ประจำสาขาวิชาการท่องเที่ยวและการโรงแรมทุกท่านในการให้คำแนะนำและปรึกษาต่าง ๆ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ พร้อมทั้งกรุณาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ในพัฒนาบทความฉบับนี้มีความสมบูรณ์ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยพะเยาอันเป็นสถาบันทรงคุณค่าและเป็นแหล่งรวมความรู้ในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิต ซึ่งถือว่าเป็นประการสำคัญที่ทำให้การศึกษาสำเร็จได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

ชัชดาภรณ์ จอมโคกกรวด. (2564). **ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการจัดส่งอาหารในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา.** การค้นคว้าอิสระวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยบูรพา.

ชัยณรงค์ ศรีรักษ์. (2563). **พฤติกรรมการท่องเที่ยวข้ามแดนผ่านจุดผ่อนปรนชั่วคราวของนักท่องเที่ยว ชาว สปป. ลาว ในพื้นที่จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** สารนิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ณัฐรุจา พงศ์สุพัฒน์. (2561**). การศึกษาตลาดแอปพลิเคชันอาหารและพฤติกรรมผู้บริโภคต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการแอปพลิเคชันอาหาร.** การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ธัญลักษณ์ เพชรประดับสุข. (2563). **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้บริการสั่งอาหารผ่านแอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร.** ปริญญานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

นันทิยา ตันตราสืบ. (2566). **วัฒนธรรมอาหารพื้นถิ่นสู่รูปแบบการท่องเที่ยวอาหารในจังหวัดเชียงใหม่ ภายใต้แนวคิดการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์,** วารสารอารยธรรมศึกษาโขง–สาละวิน. 9(1), 139–158.

พิรานันท์ แกล่งกล้า. (2562**). การวิเคราะห์คุณลักษณะของบริการแอพพลิเคชั่นเพื่อการสั่งอาหารเดลิเวอรี่ในกรุงเทพมหานคร.** การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พีระนัฐ โล่วันทา. (2564). **การตัดสินใจใช้บริการ Food Delivery ของผู้บริโภค ในจังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

วราภรณ์ เลาหะสัมพันธพร. (2563). **ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อพฤติกรรมของผู้ใช้บริการฟู้ดเดลิเวอรี่ผ่านแอปพิลเคชันฟู้ดแพนด้าในเขตอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.** สารนิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศิริชัย พงษ์วิชัย. (2552). **การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์.** กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ. (2560). **การบริหารการตลาดยุคใหม่: (Marketing Management) ฉบับปรับปรุงใหม่.** กรุงเทพฯ: Diamond In Business World.

สรวงรักษ์ จารุสมบัติ. (2564). **ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกไปท่องเที่ยวจังหวัดเชียงใหม่ของนักท่องเที่ยวชาวไทย กลุ่มเจเนอเรชั่นวายในช่วงการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019.** การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

สุทธิดา เม้งหิ้นติ๋ว. (2564). **พฤติกรรมการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวในเขตพื้นที่อำเภอหัวหินจังหวัดประจวบคีรีขันธ์.** ภาคนิพนธ์รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนานาชาติแสตมฟอร์ด.

หรรษา ศรีสุวรรณ. (2563). **ปัจจัยในการเลือกเดินทางของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาท่องเที่ยวม่อนแจ่มจังหวัดเชียงใหม่.** สารนิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

Guiver, J., Lumsdon, L., & Weston, R. (2008). Traffic reduction at visitor attractions: the case of Hadrian's Wall. Journal of Transport Geography, 16(2), 142–150.

Hossain, M.K., et al. (2023). **An Extensive Study on Multiple ETL and HTL Layers to Design and Simulation of High-Performance Lead-Free CsSnCl3-Based Perovskite Solar Cells.** Scientific Reports, 13, Article No. 2521.

Park, S. H., Lee, C. K., & Miller, J. C. (2015). **A Comparative Study of the Motivations, Activities, Overall Satisfaction, and Post-Trip Behaviors of International Tourists in Macau: Mainland Chinese, Hongkonges, Taiwanese, and Westerners.** Asia Pacific Journal of Tourism Research, 20(10), 1174–1193.

Plog, S. C. (1977). **Why Destination Areas Rise and Fall in Popularity?' (E. Kelly ed.).** Domestic and, International Tourism: Institute of Certificated Travel Agents.

Reisinger, Y., & L. Turner. (2003). **Cross-cultural behavior in tourism: Concepts and analysis.** Oxford, UK: Butterworth Heinemann.

การเปรียบเทียบภาวะการมีงานทำของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2561 – 2565

A comparison of employment status among bachelor's degree graduates from the Faculty of Science at Naresuan University for the academic years 2018 – 2022

วราภรณ์ พยัตตพงษ์[1*] และ เกตุจันทร์ จำปาไชยศรี[2]

Waraporn Payattapong[1*] and Katechan Jampachaisri[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบภาวะการมีงานทำของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2561 – 2565 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพให้กับบัณฑิตระดับปริญญาตรี ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2561 – 2565 จำนวน 2,214 คน และกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้ตอบแบบสอบถามภาวะการมีงานทำ จำนวน 2,094 คน ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อมูลทุติยภูมิ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบไคสแควร์ สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ผลการศึกษาพบว่า ปีการศึกษา 2561 – 2565 บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาทุกหลักสูตรส่วนใหญ่ใช้เวลาเรียน 4 ปี บัณฑิตหญิงมากกว่าบัณฑิตชาย ผลการเรียนเฉลี่ยสะสมส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 2.00 – 3.00 บัณฑิตมีความพึงพอใจต่อคุณภาพหลักสูตรอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด ส่วนใหญ่มีสถานะมีงานทำ และบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ และสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ส่วนใหญ่ทำงานตรงสาขาที่สำเร็จการศึกษา ทั้งนี้ บัณฑิตทุกหลักสูตรส่วนใหญ่มีงานทำหลังสำเร็จการศึกษาไม่เกิน 6 เดือน รายได้เฉลี่ยน้อยกว่า 15,000 บาทต่อเดือน

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาในหลักสูตรระดับปริญญาตรีที่แตกต่างกันจะมีสัดส่วนสถานะการทำงานปัจจุบัน ลักษณะงานที่ทำ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P–value < 0.05) แต่มีสัดส่วนของระยะเวลาการมีงานทำหลังสำเร็จการศึกษาไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: ภาวการณ์มีงานทำ, การจ้างงาน, บัณฑิตระดับปริญญาตรี

[1] งานบริการการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[2] ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2] Department of Mathematics, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author : waraporn@nu.ac.th

Abstract

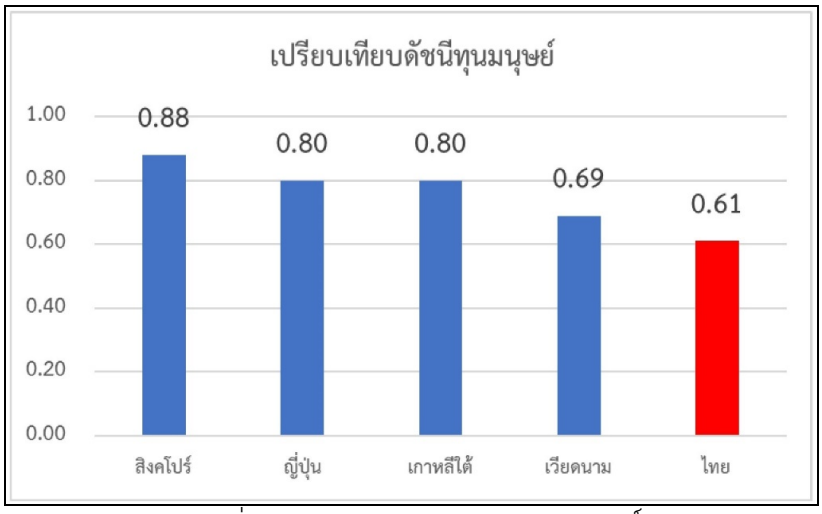
The research aimed to study and compare the employment statuses of bachelor's degree graduates from the Faculty of Science at Naresuan University for the academic years 2018–2022, as part of an effort to establish guidelines for developing undergraduate student competencies. The population for the study consisted of 2,214 bachelor's degree graduates from Naresuan University during the academic years 2018–2022. The sample group included 2,094 respondents who completed the employment status questionnaire. The secondary Sources used in the study. The statistical methods used for data analysis included frequency, percentage, mean, standard deviation, and chi-square test. The key findings of the study were as follows: Firstly, the study found that in the academic years 2018 – 2022: 1) most graduates from all programs in the Faculty completed their studies in 4 years, with more female graduates than male graduates; 2) the cumulative grade point averages (GPA) for most graduates were between 2.00 – 3.00; 3) most graduates reported high to very high levels of satisfaction with the quality of their programs; 4) most graduates were employed; and 5) graduates that mostly got jobs in fields related to their studies were graduates from the Bachelor of Science programs in Chemistry, Computer Science, and Information Technology. Finally, regarding employment, it was found that: 1) the majority of graduates from all programs found employment within six months after graduation; 2) the average monthly income was less than 15,000 baht.

The findings of the hypothesis test showed statistically significant differences among graduates from different bachelor's degree programs in terms of current employment status, types of work, and average monthly income (P-value < 0.05). However, no statistically significant difference was found in the time they took to get a job after graduation.

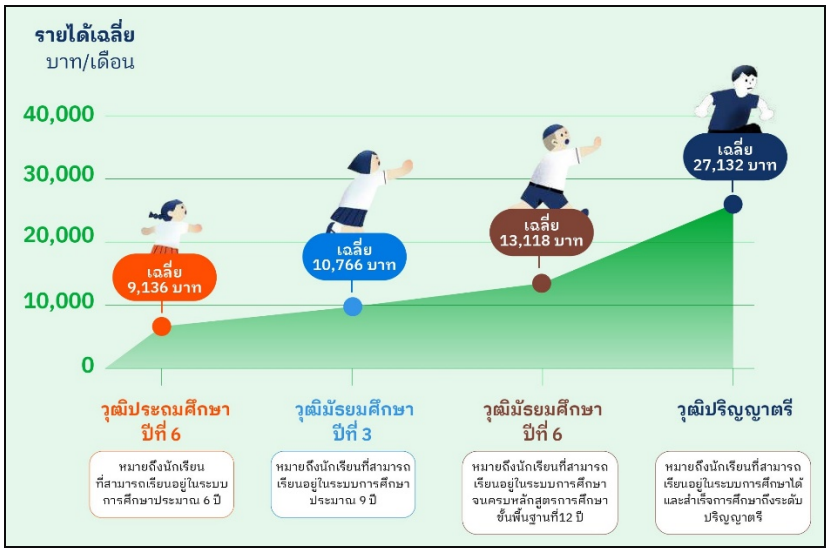
Keywords: Employment status, Employment, Bachelor's degree graduates

บทนำ

การศึกษาถือเป็นการเปิดโอกาสที่ดีให้กับการดำเนินชีวิต ช่วยให้บุคคลมีโอกาสที่จะได้เสริมสร้างความรู้และพัฒนาจิตใจ ซึ่งจะส่งเสริมให้บุคคลได้รับโอกาสในทำงานมากขึ้น ดังนั้น กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จึงมีหน้าที่สำคัญ ได้แก่ การส่งเสริม สนับสนุน และกำกับดูแลการศึกษาระดับอุดมศึกษาให้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของโลก โดยมีความเป็นอิสระทางวิชาการและมีการบริหารจัดการเพื่อให้พัฒนากำลังคนให้สอดคล้องกับความต้องการของประเทศ[1] จากการวางนโยบายดังกล่าว มหาวิทยาลัยนเรศวรเล็งเห็นความสำคัญ จึงได้มีพันธกิจด้าน การผลิตบัณฑิต เพื่อสร้างนิสิตให้เป็นผู้ที่มีศักยภาพเป็นประชากรโลก (World Citizen) สามารถปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและโลก ทำงานได้ทุกสถานที่ในโลก มีประสบการณ์ในวัฒนธรรมหลากหลาย รวมถึงมีความเข้าใจในระบอบประชาธิปไตยที่ถูกต้อง และมีวิจารณญาณในการวิเคราะห์ข้อมูลข่าวสารจากแหล่งต่าง ๆ อย่างถูกต้อง[2] อย่างไรก็ตาม จากรายงานของธนาคารโลกระบุว่าประเทศไทยมีค่าดัชนีทุนมนุษย์เพียง 0.61 นั่นคือบุคคลที่เกิดและเติบโตในไทยวันนี้ จะสร้างผลิตภาพเพียงร้อยละ 0.61 ของศักยภาพที่มี โดยไทย มีค่าดัชนีน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับทุนมนุษย์ประเทศสิงคโปร์ ญี่ปุ่น เกาหลีใต้และเวียดนาม โดยรายได้เฉลี่ยหลังสำเร็จการศึกษาของผู้ที่มีคุณวุฒิการศึกษาต่างกันส่งผลให้มีรายได้แตกต่างกัน แสดงดังรูปที่ 1 และ 2[3]



ภาพที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบดัชนีทุนมนุษย์



ภาพที่ 2 แสดงรายได้เฉลี่ยต่อเดือนหลังสำเร็จการศึกษาของผู้ที่มีคุณวุฒิการศึกษาต่างกัน

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ให้ความสำคัญกับจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียน โดยใช้เกณฑ์การประเมินคุณภาพหลักสูตรภายใน (AUN-QA) เพื่อเป็นเครื่องมือให้การจัดการหลักสูตรมีความสอดคล้องระหว่างการออกแบบเป้าหมายการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีมาตรฐานและก้าวสู่ระดับสากลในอนาคต ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาการเปรียบเทียบภาวะการมีงานทำของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2561 – 2565 เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อคณะวิทยาศาสตร์และทุกส่วนที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพให้กับบัณฑิตระดับปริญญาตรี พัฒนาคุณภาพของหลักสูตรการเรียนการสอน เพื่อให้บัณฑิตมีงานทำหลังสำเร็จการศึกษา รวมถึง การนำข้อมูลมาใช้ประกอบการรายงานประกันคุณภาพการศึกษาระดับหลักสูตรและคณะวิทยาศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

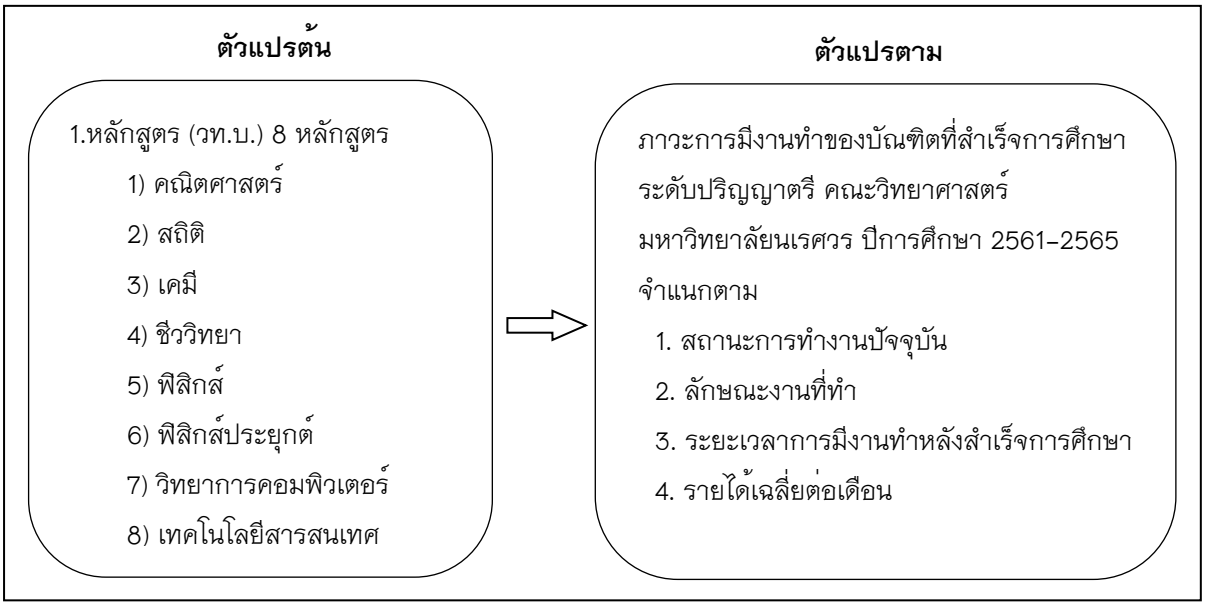
1. ศึกษาภาวะการมีงานทำของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2561 – 2565

2. เปรียบเทียบสถานะการทำงานปัจจุบัน ลักษณะงานที่ทำ ระยะเวลาการมีงานทำหลังสำเร็จการศึกษา และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน ของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2561 – 2565 จำแนกตามหลักสูตร

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

การศึกษาเรื่อง เปรียบเทียบภาวะการมีงานทำของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2561 – 2565 ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิด ดังนี้

แผนภูมิที่ 1 กรอบแนวคิด



สมมติฐานการวิจัย

1. บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาจากหลักสูตรต่างกัน มีสถานะการทำงานปัจจุบันแตกต่างกัน
2. บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาจากหลักสูตรต่างกัน มีลักษณะงานที่ทำแตกต่างกัน
3. บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาจากหลักสูตรต่างกัน มีระยะเวลาการมีงานทำหลังสำเร็จการศึกษาแตกต่างกัน
4. บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาจากหลักสูตรต่างกัน มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนแตกต่างกัน

วิธีวิทยาการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษา

ประชากร ได้แก่ ผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2561 – 2565 จำนวน 2,214 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2561 – 2565 ที่ตอบแบบสอบถามภาวะการมีงานทำผ่านทางเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัย จำนวน 2,094 คน

2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ประกอบด้วย

ตัวแปรต้น (Independent Variables) ได้แก่ หลักสูตร แบ่งออกเป็น 8 สาขาวิชา ได้แก่ 1) สาขาวิชาคณิตศาสตร์ 2) สาขาวิชาสถิติ 3) สาขาวิชาเคมี 4) สาขาวิชาชีววิทยา 5) สาขาวิชาฟิสิกส์ 6) สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ 7) สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ และ 8) สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่ ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2561 – 2565 แบ่งออกเป็น

1. สถานะการทำงานปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 1) มีงานทำ 2) ไม่มีงานทำ และ 3) ศึกษาต่อ
2. ลักษณะงานที่ทำ แบ่งออกเป็น 1) ตรงสาขา และ 2) ไม่ตรงสาขา
3. ระยะเวลาการมีงานทำหลังสำเร็จการศึกษา แบ่งออกเป็น 1) ไม่เกิน 6 เดือน และ 2) มากกว่า 6 เดือน
4. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน แบ่งออกเป็น 1) น้อยกว่า 15,000 บาทต่อเดือน 2) 15,000 – 20,000 บาทต่อเดือน และ 3) มากกว่า 20,000 บาทต่อเดือน

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งทุติยภูมิ (Secondary Sources) โดยผู้วิจัยดำเนินการขอความอนุเคราะห์ข้อมูลภาวะการมีงานทำของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2561 – 2563 และข้อมูลภาวะการมีงานทำผ่านระบบ Line@GONU ปีการศึกษา 2564 – 2565 จากกองแผนงานมหาวิทยาลัยนเรศวร ในรูปแบบของแฟ้มข้อมูล Microsoft Excel และตรวจสอบความถูกต้องรายการในฐานข้อมูล และนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

4. สถิติที่ใช้และการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยมีสถิติที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ได้แก่

1.1 ความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage)

1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2. สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistic) ได้แก่ สถิติทดสอบไคสแควร์ (Chi–Square Test)

ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้ จะพิจารณาจากผู้ที่ตอบแบบสอบถาม (บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2561 – 2565 จำนวน 2,094 คน แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2561 – 2565 สามารถสรุปผลการศึกษา ดังตารางที่ 1 – 5 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนและร้อยละของบัณฑิตในหลักสูตรที่สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2561 – 2565 จำแนกตามระยะเวลาเรียน

หลักสูตร	ระยะเวลาเรียน					รวม
	4 ปี	5 ปี	6 ปี	7 ปี	8 ปี	
วท.บ.คณิตศาสตร์	**275 (89.9)**	25 (8.2)	2 (0.7)	3 (1.0)	1 (0.3)	**306 (100)**
วท.บ.สถิติ	**149 (89.8)**	13 (7.8)	3 (1.8)	0	1 (0.6)	**166 (100)**
วท.บ.เคมี	**357 (97.3)**	7 (1.9)	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	**367 (100)**
วท.บ.ชีววิทยา	**354 (98.1)**	6 (1.7)	1 (0.3)	0	0	**361 (100)**
วท.บ.ฟิสิกส์	**162 (96.4)**	5 (3.0)	0	1 (0.6)	0	**168 (100)**
วท.บ.ฟิสิกส์ประยุกต์	**141 (93.4)**	6 (4.0)	2 (1.3)	0	2 (1.3)	**151 (100)**
วท.บ.วิทยาการคอมพิวเตอร์	**258 (86.9)**	30 (10.1)	5 (1.7)	2 (0.7)	2 (0.7)	**297 (100)**
วท.บ.เทคโนโลยีสารสนเทศ	**227 (81.7)**	40 (14.4)	5 (1.8)	4 (1.4)	2 (0.7)	**278 (100)**

หมายเหตุ: ร้อยละเทียบกับระยะเวลาเรียน 4 – 8 ปี

จากตารางที่ 1 พบว่า บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2561 – 2565 ภาพรวมของทุกหลักสูตรส่วนใหญ่ใช้เวลาเรียน 4 ปี เมื่อพิจารณารายหลักสูตร พบว่า สัดส่วนของบัณฑิตในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยามากที่สุด จำนวน 354 คน คิดเป็นร้อยละ 98.1 รองลงมา ได้แก่ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี จำนวน 357 คน คิดเป็นร้อยละ 97.3 และบัณฑิตที่ใช้ระยะเวลาเรียน 8 ปี มากที่สุด ได้แก่ สัดส่วนของบัณฑิตในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 1.3

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนและร้อยละของบัณฑิตในหลักสูตรที่สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2561 – 2565 จำแนกตามเพศ

หลักสูตร	เพศ		รวม
	ชาย	หญิง	
วท.บ.คณิตศาสตร์	80 (26.1)	**226 (73.9)**	306 (100)
วท.บ.สถิติ	39 (23.5)	**127 (76.5)**	166 (100)
วท.บ.เคมี	87 (23.7)	**280 (76.3)**	367 (100)
วท.บ.ชีววิทยา	68 (18.8)	**293 (81.2)**	361 (100)
วท.บ.ฟิสิกส์	67 (39.9)	**101 (60.1)**	168 (100)
วท.บ.ฟิสิกส์ประยุกต์	50 (33.1)	**101 (66.9)**	151 (100)
วท.บ.วิทยาการคอมพิวเตอร์	**162 (54.5)**	135 (45.5)	297 (100)
วท.บ.เทคโนโลยีสารสนเทศ	134 (48.2)	**144 (51.8)**	278 (100)

หมายเหตุ: ร้อยละเทียบกับหลักสูตร

จากตารางที่ 2 พบว่า บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2561 – 2565 ภาพรวมของทุกหลักสูตรมีบัณฑิตหญิงมากกว่าบัณฑิตชาย ยกเว้นหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่มีบัณฑิตชายมากกว่าบัณฑิตหญิง เมื่อพิจารณารายหลักสูตร พบว่า สัดส่วนของบัณฑิตในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา มีบัณฑิตหญิงมากกว่าบัณฑิตชายมากที่สุด จำนวน 293 คน คิดเป็นร้อยละ 81.2 รองลงมา ได้แก่ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ จำนวน 127 คน คิดเป็นร้อยละ 76.5

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนและร้อยละของบัณฑิตในหลักสูตรที่สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2561 – 2565 จำแนกตามผลการเรียนเฉลี่ยสะสม

หลักสูตร	ผลการเรียนเฉลี่ยสะสม				รวม
	2.00 – 2.50	2.51 – 3.00	3.01 – 3.50	3.51 – 4.00	
วท.บ.คณิตศาสตร์	114 (37.3)	**119 (38.9)**	51 (16.7)	22 (7.2)	306 (100)
วท.บ.สถิติ	**92 (55.4)**	50 (30.1)	19 (11.4)	5 (3.0)	166 (100)
วท.บ.เคมี	137 (37.3)	**139 (37.9)**	67 (18.3)	24 (6.5)	367 (100)
วท.บ.ชีววิทยา	94 (26.0)	**176 (48.8)**	69 (19.1)	22 (6.1)	361 (100)
วท.บ.ฟิสิกส์	56 (33.3)	**70 (41.7)**	24 (14.3)	18 (10.7)	168 (100)
วท.บ.ฟิสิกส์ประยุกต์	**68 (45.0)**	62 (41.1)	18 (11.9)	3 (2.0)	151 (100)
วท.บ.วิทยาการคอมพิวเตอร์	**150 (50.5)**	104 (35.0)	36 (12.1)	7 (2.4)	297 (100)
วท.บ.เทคโนโลยีสารสนเทศ	**145 (52.2)**	103 (37.1)	26 (9.4)	4 (1.4)	278 (100)

หมายเหตุ: ร้อยละเทียบกับหลักสูตร

จากตารางที่ 3 พบว่า บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2561 – 2565 ภาพรวมของทุกหลักสูตรบัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์มีผลการเรียนเฉลี่ยสะสมอยู่ในช่วง 2.00 – 3.00 เป็นส่วนใหญ่ เมื่อพิจารณารายหลักสูตรพบว่า สัดส่วนของบัณฑิตในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา บัณฑิตมีผลการเรียนเฉลี่ยสะสมมากที่สุด อยู่ในช่วง 2.51 – 3.00 จำนวน 176 คน คิดเป็นร้อยละ 48.8 และสัดส่วนของบัณฑิตในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ บัณฑิตมีผลการเรียนเฉลี่ยสะสมมากที่สุด อยู่ในช่วง 2.00 – 2.50 จำนวน 92 คน คิดเป็นร้อยละ 55.4

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2561 – 2565 ต่อการประเมินคุณภาพหลักสูตร

หลักสูตร	ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ต่อการประเมินคุณภาพหลักสูตร ระดับปริญญาตรี ปีการศึกษา 2561 – 2565				
	2561	2562	2563	2564	2565
วท.บ.คณิตศาสตร์	4.63 (0.58)	4.45 (0.68)	4.16 (0.50)	4.28 (0.73)	4.25 (0.62)
วท.บ.สถิติ	4.73 (0.54)	4.64 (0.64)	4.24 (0.56)	4.28 (0.73)	3.90 (0.94)
วท.บ.เคมี	4.65 (0.57)	4.56 (0.61)	4.14 (0.74)	4.18 (0.61)	4.23 (0.64)
วท.บ.ชีววิทยา	4.39 (0.74)	4.22 (0.95)	4.41 (0.64)	4.05 (0.59)	4.22 (0.67)
วท.บ.ฟิสิกส์	4.50 (0.74)	4.45 (0.86)	4.00 (0.76)	4.21 (0.66)	4.33 (0.66)
วท.บ.ฟิสิกส์ประยุกต์	4.81 (0.45)	4.55 (0.69)	3.82 (0.82)	3.96 (0.59)	4.25 (0.75)
วท.บ.วิทยาการคอมพิวเตอร์	4.33 (0.71)	4.17 (0.91)	3.67 (0.71)	3.79 (0.71)	4.01 (0.69)
วท.บ.เทคโนโลยีสารสนเทศ	4.39 (0.88)	4.28 (0.86)	3.76 (1.09)	4.03 (0.69)	3.94 (1.00)

หมายเหตุ: ค่าตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย(ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

จากตารางที่ 4 บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2561 – 2565 ภาพรวมของทุกหลักสูตรมีความพึงพอใจต่อคุณภาพหลักสูตรอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด

ตารางที่ 5 แสดงภาวะการมีงานทำของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2561 – 2565

หลักสูตร	สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2561 – 2565														
	2561			2562			2563			2564			2565		
	มีงานทำ	ไม่มีงานทำ	ศึกษาต่อ	มีงานทำ	ไม่มีงานทำ	ศึกษาต่อ	มีงานทำ	ไม่มีงานทำ	ศึกษาต่อ	มีงานทำ	ไม่มีงานทำ	ศึกษาต่อ	มีงานทำ	ไม่มีงานทำ	ศึกษาต่อ
วท.บ.คณิตศาสตร์	**54** (68.4)	11 (13.9)	14 (17.7)	**33** (44.0)	26 (34.7)	16 (21.3)	**17** (50.0)	12 (35.3)	5 (14.7)	**34** (59.6)	12 (21.1)	11 (19.3)	**30** (49.2)	19 (31.1)	12 (19.7)
วท.บ.สถิติ	**32** (72.7)	9 (20.5)	3 (6.8)	13 (36.1)	**19** (52.8)	4 (11.1)	**21** (67.7)	10 (32.3)	0	**21** (61.8)	11 (32.4)	2 (5.9)	**16** (76.2)	3 (14.3)	2 (9.5)
วท.บ.เคมี	**47** (72.3)	14 (21.5)	4 (6.2)	**38** (57.6)	21 (31.8)	7 (10.6)	**56** (71.8)	15 (19.2)	7 (9.0)	**47** (65.3)	17 (23.6)	8 (11.1)	**63** (73.3)	13 (15.1)	10 (11.6)
วท.บ.ชีววิทยา	**43** (65.2)	13 (19.7)	10 (15.2)	25 (36.2)	**29** (42.0)	15 (21.7)	**31** (47.7)	24 (36.9)	10 (15.4)	**37** (51.4)	18 (25.0)	17 (23.6)	**47** (52.8)	30 (33.7)	12 (13.5)
วท.บ.ฟิสิกส์	**18** (50.0)	10 (27.8)	8 (22.2)	**21** (55.3)	11 (28.9)	6 (15.8)	8 (32.0)	**10** (40.0)	2 (28.0)	**19** (23.4)	13 (33.3)	7 (17.9)	**14** (46.7)	9 (30.0)	7 (23.3)

หลักสูตร	สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2561 – 2565														
	2561			2562			2563			2564			2565		
	มีงานทำ	ไม่มีงานทำ	ศึกษาต่อ	มีงานทำ	ไม่มีงานทำ	ศึกษาต่อ	มีงานทำ	ไม่มีงานทำ	ศึกษาต่อ	มีงานทำ	ไม่มีงานทำ	ศึกษาต่อ	มีงานทำ	ไม่มีงานทำ	ศึกษาต่อ
วท.บ.ฟิสิกส์ประยุกต์	37 (77.1)	8 (16.7)	3 (6.3)	22 (57.9)	11 (28.9)	5 (13.2)	14 (53.8)	10 (38.5)	2 (7.7)	19 (70.4)	6 (22.2)	2 (7.4)	6 (50.0)	3 (25.0)	3 (25.0)
วท.บ.วิทยาการคอมพิวเตอร์	48 (82.8)	10 (17.2)	0	33 (68.8)	15 (31.3)	0	27 (64.3)	12 (28.6)	3 (7.1)	40 (59.7)	22 (32.8)	5 (7.5)	54 (64.9)	27 (32.9)	1 (1.2)
วท.บ.เทคโนโลยีสารสนเทศ	50 (80.6)	85 (18.6)	2 (3.2)	23 (50.0)	21 (45.7)	2 (4.3)	30 (65.2)	14 (30.4)	2 (4.3)	39 (66.1)	17 (28.8)	3 (5.1)	38 (58.5)	25 (38.5)	2 (3.1)
รวม	329 (71.8)	85 (18.6)	44 (9.6)	208 (50.0)	153 (36.8)	55 (13.2)	204 (58.8)	107 (30.8)	36 (10.4)	256 (60.0)	116 (27.2)	55 (12.9)	268 (60.1)	129 (28.9)	49 (11.0)

จากตารางที่ 5 พบว่า ปีการศึกษา 2561 – 2565 บัณฑิตทุกหลักสูตรส่วนใหญ่มีงานทำ ซึ่งบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2561 มีสัดส่วนบัณฑิตมีงานทำมากที่สุด จำนวน 329 คน คิดเป็นร้อยละ 71.8 รองลงมาได้แก่ บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2565 มีสัดส่วนบัณฑิตมีงานทำ จำนวน 268 คน คิดเป็นร้อยละ 60.1 และบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2562 มีสัดส่วนบัณฑิตมีงานทำน้อยที่สุด จำนวน 208 คน คิดเป็นร้อยละ 50.0

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบสถานะการทำงานปัจจุบัน ลักษณะงานที่ทำ ระยะเวลาการมีงานทำหลังสำเร็จการศึกษา และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน ของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2561 – 2565 จำแนกตามหลักสูตร และผลการทดสอบสมมติฐานสัดส่วนการมีงานทำของบัณฑิตในปีการศึกษา 2561 – 2565 โดยใช้สถิติ Chi-Square พบว่า สัดส่วนการมีงานทำของบัณฑิตแต่ละหลักสูตรแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ สามารถสรุปผลการศึกษา ดังตารางที่ 6 – 9 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบสถานะการทำงานปัจจุบันของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2561 – 2565 จำแนกตามหลักสูตร

หลักสูตร	จำนวนทั้งหมด	สถานะการทำงานปัจจุบัน			χ^2	*p*-value
		มีงานทำ	ไม่มีงานทำ	ศึกษาต่อ		
วท.บ.คณิตศาสตร์	306 (100)	**168 (54.9)**	80 (26.1)	58 (19.0)	107.09	< 0.001
วท.บ.สถิติ	166 (100)	**103 (62.0)**	52 (31.3)	11 (6.6)		
วท.บ.เคมี	367 (100)	**251 (68.4)**	80 (21.8)	36 (9.8)		
วท.บ.ชีววิทยา	361 100)	**183 (50.7)**	114 (31.6)	64 (17.7)		
วท.บ.ฟิสิกส์	168 (100)	**80 (47.6)**	53 (25.2)	35 (20.8)		
วท.บ.ฟิสิกส์ประยุกต์	151 (100)	**98 (64.9)**	38 (25.2)	15 (9.9)		
วท.บ.วิทยาการคอมพิวเตอร์	297 (100)	**202 (68.0)**	86 (29.0)	9 (3.0)		
วท.บ.เทคโนโลยีสารสนเทศ	278 (100)	**180 (64.7)**	87 (31.3)	11 (4.0)		
รวม	**2,094 (100)**	**1,265 (60.4)**	**590 (28.2)**	**239 (11.4)**		

หมายเหตุ: ร้อยละเทียบกับจำนวนทั้งหมดในแต่ละแถว

จากตารางที่ 6 ผลการทดสอบสมมติฐานสัดส่วนสถานะการทำงานปัจจุบันของบัณฑิตในหลักสูตรที่สำเร็จการศึกษา ในปีการศึกษา 2561 – 2565 โดยใช้สถิติ Chi-Square พบว่า สัดส่วนการมีงานทำของบัณฑิตแต่ละหลักสูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.001)

ตารางที่ 7 แสดงผลการเปรียบเทียบลักษณะงานที่ทำของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2561 – 2565 จำแนกตามหลักสูตร

หลักสูตร	ลักษณะงานที่ทำ			
	ตรงสาขา	ไม่ตรงสาขา	χ^2	p-value
วท.บ.คณิตศาสตร์	81 (43.3)	**106 (56.7)**	205.48	< 0.001
วท.บ.สถิติ	29 (27.6)	**76 (72.4)**		
วท.บ.เคมี	**186 (73.5)**	67 (26.5)		
วท.บ.ชีววิทยา	68 (36.2)	**120 (63.8)**		
วท.บ.ฟิสิกส์	26 (31.3)	**57 (68.7)**		
วท.บ.ฟิสิกส์ประยุกต์	41 (40.6)	**60 (59.4)**		
วท.บ.วิทยาการคอมพิวเตอร์	**170 (83.3)**	34 (16.7)		
วท.บ.เทคโนโลยีสารสนเทศ	**117 (65.4)**	62 (34.6)		
รวม	**718 (55.2)**	**582 (44.8)**		

หมายเหตุ: ร้อยละเทียบกับจำนวนทั้งหมดในแต่ละแถว

จากตารางที่ 7 ผลการทดสอบสมมติฐานสัดส่วนลักษณะงานที่ทำของบัณฑิตในหลักสูตรที่สำเร็จการศึกษา ในปีการศึกษา 2561 – 2565 โดยใช้สถิติ Chi-Square พบว่า สัดส่วนของลักษณะงานที่ทำของบัณฑิตแต่ละหลักสูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.001)

ตารางที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบระยะเวลาการมีงานทำหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2561 – 2565 จำแนกตามหลักสูตร

หลักสูตร	ระยะเวลาการมีงานทำหลังสำเร็จการศึกษา			
	ไม่เกิน 6 เดือน	มากกว่า 6 เดือน	χ^2	p-value
วท.บ.คณิตศาสตร์	**168 (89.8)**	19 (10.2)	6.90	0.439
วท.บ.สถิติ	**90 (86.5)**	14 (13.5)		
วท.บ.เคมี	**231 (92.0)**	20 (8.0)		
วท.บ.ชีววิทยา	**165 (89.2)**	20 (10.8)		
วท.บ.ฟิสิกส์	**73 (88.0)**	10 (12.0)		
วท.บ.ฟิสิกส์ประยุกต์	**87 (87.0)**	13 (13.0)		
วท.บ.วิทยาการคอมพิวเตอร์	**187 (91.7)**	17 (8.3)		
วท.บ.เทคโนโลยีสารสนเทศ	**167 (93.3)**	12 (6.7)		
รวม	**1.168 (90.3)**	**125 (9.7)**	6.90	0.439

หมายเหตุ: ร้อยละเทียบกับจำนวนทั้งหมดในแต่ละแถว

จากตารางที่ 8 ผลการทดสอบสมมติฐานสัดส่วนระยะเวลาการมีงานทำหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตในหลักสูตรที่สำเร็จการศึกษา ในปีการศึกษา 2561 – 2565 โดยใช้สถิติ Chi-Square พบว่า สัดส่วนของระยะเวลาการมีงานทำหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตแต่ละหลักสูตรไม่แตกต่างกัน (p-value = 0.439)

ตารางที่ 9 แสดงผลการเปรียบเทียบรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2561 – 2565 จำแนกตามหลักสูตร

หลักสูตร	รายได้เฉลี่ยต่อเดือน (หน่วย: บาท)			χ^2	p-value
	น้อยกว่า 15,000	15,000 – 20,000	มากกว่า 20,000		
วท.บ.คณิตศาสตร์	**139 (74.3)**	39 (20.9)	9 (4.8)	244.46	< 0.001
วท.บ.สถิติ	**66 (63.5)**	34 (32.7)	4 (3.8)		
วท.บ.เคมี	104 (41.4)	**120 (85.5)**	27 (10.8)		
วท.บ.ชีววิทยา	**117 (62.9)**	53 (28.5)	16 (8.6)		
วท.บ.ฟิสิกส์	**59 (71.1)**	21 (25.3)	3 (3.6)		
วท.บ.ฟิสิกส์ประยุกต์	**61 (61.0)**	32 (32.0)	7 (7.0)		
วท.บ.วิทยาการคอมพิวเตอร์	43 (104.7)	**80 (39.2)**	81 (39.7)		
วท.บ.เทคโนโลยีสารสนเทศ	**75 (41.9)**	62 (34.6)	42 (26.1)		
รวม	**664 (51.3)**	**441 (34.1)**	**189 (14.6)**		

หมายเหตุ: ร้อยละเทียบกับจำนวนทั้งหมดในแต่ละแถว

จากตารางที่ 9 ผลการทดสอบสมมติฐานสัดส่วนรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของบัณฑิตในหลักสูตรที่สำเร็จการศึกษา ในปีการศึกษา 2561 – 2565 โดยใช้สถิติ Chi-Square พบว่า สัดส่วนของรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของบัณฑิตแต่ละหลักสูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.001)

สรุปผลและอภิปรายผล

การสรุปผลการศึกษาในครั้งนี้ ได้แบ่งการนำเสนอผลการวิจัยข้อมูลตามรายละเอียดแต่ละตอนต่อไปนี้

<u>ตอนที่ 1</u> ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2561 – 2565

จากการศึกษาภาวะการมีงานทำของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2561 – 2565 ภาพรวมของทุกหลักสูตร พบว่า บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาทุกหลักสูตรส่วนใหญ่ใช้เวลาเรียน 4 ปี ทั้งนี้ บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษามีสัดส่วนเป็นบัณฑิตหญิงมากกว่าบัณฑิตชาย ยกเว้นหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ผลการเรียนเฉลี่ยสะสมส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 2.00 – 3.00 และมีความพึงพอใจต่อคุณภาพหลักสูตรอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด

<u>ตอนที่ 2</u> ผลการทดสอบสมมติฐาน

เมื่อเปรียบเทียบภาวะการมีงานทำของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา ปีการศึกษา 2561 – 2565 พบว่า สัดส่วนสถานะการทำงานปัจจุบัน ลักษณะงานที่ทำ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของบัณฑิตในหลักสูตรที่สำเร็จการศึกษา ในปีการศึกษา 2561 – 2565 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นสัดส่วนระยะเวลาการมีงานทำ

หลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตในหลักสูตรที่สำเร็จการศึกษา ในปีการศึกษา 2561 – 2565 ไม่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดผลการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

สมมติฐานที่ 1 บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาจากหลักสูตรต่างกัน มีสถานะการทำงานปัจจุบันแตกต่างกัน

ผลการทดสอบสมมติฐานสัดส่วนสถานะการทำงานปัจจุบันของบัณฑิตในหลักสูตรที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2561 – 2565 พบว่า สัดส่วนการมีงานทำของบัณฑิตแต่ละหลักสูตร (มีงานทำ ไม่มีงานทำและศึกษาต่อ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p–value < 0.001)

สมมติฐานที่ 2 บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาจากหลักสูตรต่างกัน มีลักษณะงานที่ทำแตกต่างกัน

ผลการทดสอบสมมติฐานสัดส่วนลักษณะงานที่ทำของบัณฑิตในหลักสูตรที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2561 – 2565 พบว่า สัดส่วนของลักษณะงานที่ทำแต่ละหลักสูตร (ตรงสาขา และไม่ตรงสาขา) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p–value < 0.001)

สมมติฐานที่ 3 บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาจากหลักสูตรต่างกัน มีระยะเวลาการมีงานทำหลังสำเร็จการศึกษาแตกต่างกัน

ผลการทดสอบสมมติฐานสัดส่วนระยะเวลาการมีงานทำหลังสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตในหลักสูตรที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2561 – 2565 พบว่า สัดส่วนของระยะเวลาการมีงานทำหลังสำเร็จการศึกษาแต่ละหลักสูตร (ไม่เกิน 6 เดือน และมากกว่า 6 เดือน) ไม่แตกต่างกัน (p–value = 0.439)

สมมติฐานที่ 4 บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาจากหลักสูตรต่างกัน มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนแตกต่างกัน

ผลการทดสอบสมมติฐานสัดส่วนรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของบัณฑิตในหลักสูตรที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2561 – 2565 พบว่า สัดส่วนของรายได้เฉลี่ยต่อเดือนแต่ละหลักสูตร (น้อยกว่า 15,000 บาทต่อเดือน 15,000 – 20,000 บาทต่อเดือน และมากกว่า 20,000 บาทต่อเดือน) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p–value < 0.001)

อภิปรายผล

จากผลการศึกษา พบว่า การเปรียบเทียบภาวะการมีงานทำของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2561 – 2565 มีสัดส่วนที่เกี่ยวข้องกับภาวะการมีงานทำ ซึ่งความสอดคล้องและแตกต่างจากภาวะการมีงานทำของบัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2562[4] บัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2565[5] และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2561[6] ทั้งนี้ ปีการศึกษา 2561 – 2565 บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ทุกหลักสูตรส่วนใหญ่ใช้เวลาเรียน 4 ปี บัณฑิตหญิงมากกว่าบัณฑิตชาย ผลการเรียนเฉลี่ยสะสมส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 2.00 – 3.00 และบัณฑิตมีความพึงพอใจต่อคุณภาพหลักสูตรอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด ส่วนใหญ่มีสถานะมีงานทำ จำนวน 1,265 คน คิดเป็นร้อยละ 60.4 โดยสอดคล้องกับมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ส่วนใหญ่มีสถานะมีงานทำ จำนวน 234 คน 597 คน และ 194 คน คิดเป็นร้อยละ 54.4 97.7 และ 31.6 ตามลำดับ ส่วนใหญ่ทำงานตรงสาขาที่สำเร็จการศึกษา จำนวน 1,265 คน คิด

เป็นร้อยละ 60.4 โดยสอดคล้องกับมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ส่วนใหญ่ทำงานตรงสาขาที่สำเร็จการศึกษา จำนวน 139 คน 208 คน และ 95 คน คิดเป็นร้อยละ 58.7 66.2 และ 47.7 ตามลำดับ ทั้งนี้ บัณฑิตทุกหลักสูตรส่วนใหญ่มีงานทำหลังสำเร็จการศึกษา ไม่เกิน 6 เดือน จำนวน 1,168 คน คิดเป็นร้อยละ 90.3 โดยสอดคล้องกับบัณฑิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ส่วนใหญ่มีงานทำหลังสำเร็จการศึกษา 1 – 3 เดือน จำนวน 112 คน คิดเป็นร้อยละ 47.3 และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ส่วนใหญ่ได้งานทำทันทีหลังสำเร็จการศึกษา จำนวน 62 คน คิดเป็นร้อยละ 31.2 และมีแนวโน้มสอดคล้องกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ส่วนใหญ่มีงานทำภายใน 1 ปีหลังจากสำเร็จการศึกษา ส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยน้อยกว่า 15,000 บาทต่อเดือน อาจเนื่องจากบัณฑิตยังไม่ได้ทำงานประจำ จึงต้องทำงานที่มีค่าตอบแทนน้อยกว่าคุณวุฒิที่สำเร็จการศึกษา ซึ่งไม่สอดคล้องกับมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือน 16,978 บาท 23,585 บาท และ 25,671 บาท ตามลำดับ และทำงานสังกัดหน่วยงานภาคเอกชน จำนวน 904 คน คิดเป็นร้อยละ 69.2 ซึ่งสอดคล้องกับมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยส่วนใหญ่ทำงานสังกัดหน่วยงานภาคเอกชน จำนวน 179 คน 208 คน และ 134 คน คิดเป็นร้อยละ 75.53 66.24 และ 67.3 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ (การนำผลการวิจัยไปใช้)

1. วางแผนการพัฒนาหลักสูตร และกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะด้านวิชาการและการใช้ชีวิตให้กับนิสิต เพื่อให้นิสิตมีทักษะ ความรู้ ความสามารถ ซึ่งจะเพิ่มโอกาสในการเสนออัตราผลตอบแทนจากเงินเดือนสูงขึ้น

2. จัดกิจกรรมด้านการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะด้านวิชาการให้กับนิสิต โดยวางแผนกลยุทธ์ในการจูงใจให้นิสิตช่วยเหลือกันและสนับสนุนกันทางด้านการเรียนให้มากขึ้น เพื่อยกระดับความรู้ความสามารถให้สูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิต

3. สร้างกระบวนการติดตามนิสิตอย่างต่อเนื่อง ผ่านระบบอาจารย์ที่ปรึกษาทางวิชาการ เพื่อนำปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นจากการเรียนและการใช้ชีวิตของนิสิต มาร่วมกันหาทางช่วยเหลือที่ถูกต้องและเหมาะสมกับนิสิต ทั้งในระดับหลักสูตร ระดับภาควิชา และระดับคณะ

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรพิจารณาตัวแปรอื่น ๆ ที่น่าสนใจ เช่น ความรู้ความสามารถที่ผู้ใช้บัณฑิตต้องการจากบัณฑิต เพื่อสะท้อนกลับไปยังหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนให้ตรงกับผู้ใช้บัณฑิตมากขึ้น

2. ดำเนินการลักษณะการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods) โดยเพิ่มการศึกษาจากข้อมูลระบบสารสนเทศอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพในการให้คำปรึกษานิสิตอย่างเป็นระบบ เพื่อสนับสนุนงานวิจัยได้ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาจากกองแผนงานและกองบริการการศึกษา สำนักอธิการบดี มหาวิทยาลัยนเรศวร รองคณบดีฝ่ายพัฒนาการศึกษาและวิชาการ บุคลากรสังกัดภาควิชา และงานบริการการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

1. กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม [อินเตอร์เนต]. 2563. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2567. ได้จาก https://www.mhesi.go.th/index.php/aboutus/vision-mission.html
2. มหาวิทยาลัยนเรศวร [อินเตอร์เนต]. 2567. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 18 มิถุนายน 2567. ได้จาก https://www.nu.ac.th/?page_id=9023
3. รายงานสถานการณ์ความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาปี 2566 กองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา [อินเตอร์เนต]. 2566. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2567. ได้จาก https://www.eef.or.th/publication-28816/
4. รายงานการวิจัยภาวะการมีงานทำของบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประจำปี 2562. [อินเตอร์เนต]. 2562. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2567. ได้จาก https://www.agri.cmu.ac.th/2017/files/AgriPersonal/415/%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%A1%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%B0%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%A1%E0%B8%B5%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B362%E0%B8%AA%E0%B8%A1%E0%B8%9A%E0%B8%B9%E0%B8%A3%E0%B8%93%E0%B9%8C.pdf
5. บทสรุปผู้บริหาร รายงานข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษา และภาวะการมีงานทำของบัณฑิต รุ่นปีการศึกษา 2565 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. [อินเตอร์เนต]. 2566. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2567. ได้จาก https://web.planning.ku.ac.th/Download/work/work65.pdf
6. รายงานสำรวจภาวะการหางานทำของบัณฑิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รุ่นปีการศึกษา 2561. [อินเตอร์เนต]. 2562. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2567. ได้จาก https://edu.chula.ac.th/sites/default/files/users/user18/%E0%B8%A1%E0%B8%84%E0%B8%AD.7%20(62)/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%AA%E0%B8%B3%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%88%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%B0%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B32561.pdf

ทัศนคติที่มีต่อสำเนียงไทยและภาษาอังกฤษ: กรณีศึกษานิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร

A case study of EFL Naresuan University undergraduate students

Apichai Rungruang[1*], Yanhong Mu[2], Bo Yang[1], Amornrat Netthanyakonwong[1], Kanyakron Punyangam[3], Jakkapan Jantan[3] and Sapjalern Nonphakdee[3]

Abstract

This study aimed to examine the attitudes of Thai students learning English as a Foreign Language (EFL) towards their Thai–English accents. Furthermore, the study sought to compare students' attitudes between English and non–English major students and find reasons behind students' perceptions. The participants were 100 fourth–year undergraduates (53 English and 47 non–English majors). The study employed two research instruments— a questionnaire adapted from Tokumoto and Shibata (2011) and Fang (2017), and a semi–structured interview. The findings reveal that there was statistically significant difference between the two groups ($t = 4.182$; $p<0.05$). That is, English major students revealed a higher positive attitude toward Thai–English accents ($\bar{X}$ =3.43; S.D. = 0.46) than non–English major students ($\bar{X}$=3.01; S.D.= 0.54). In addition, the interview findings showed some contrasts between the two groups concerning influential factors such as the learning environment and social norms. These disparities may offer new insights into the development of English Language Teaching (ELT).

Keywords: Thai–English accents, Language attitudes, EFL students

Introduction

As the most noticeable feature in spoken language is the accent (Jindapitak, 2012), it has become one of the factors that people use to judge others and reinforces the increase of accent–based stereotypes in terms of social class, personality, or academic success. Similarly, Ambele & Boonsuk (2021) found that students, who can use or speak like native speakers, are considered as well–performed students in Thailand English classes. However, due to many differences between Thai and English pronunciation, it is difficult for Thais to reach a native–like accent fluency, especially people with limited exposure to English. Therefore, Thais frequently prefer to use Thai–English accents when speaking English. It looks like Thai speakers hold different attitudes towards these accents. Not surprisingly, a topic on Thai–English accents variation has been widely discussed in Thailand for a long time; however, the previous studies related to learners' attitudes towards Thai–English accents have been

[1] Instructor at Faculty of Humanities, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2] Instructor at Naresuan University International College, Phitsanulok, 65000

[3] B. Ed student at Faculty of Education, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author : rapichai2002@yahoo.com

found and focused on only English major students' attitudes (Dorkphong, Tipyasupra, & Srinoparat, 2017; Ambele & Boonsuk, 2021). It turns out that research on non–English major students' attitudes was rare. Therefore, this study further explores attitudes towards Thai–English accents among both English and non–English major students and aims to find whether significant differences exist between them. It is expected that the findings may lead to a better understanding of how students in this generation perceive their own English accents, and what factors are associated with those perceptions. Additionally, the results could benefit educational institutions and teachers in developing instructional approaches to meet the requirements of students.

Research Objectives

This present study examines two main objectives:

1. To compare students' attitudes towards Thai–English accents between English and Non–English major students.
2. To find reasons behind students' attitudes towards Thai–English accents.

Research Questions

This study aims to answer these following questions:

1. Are there any differences or similarities in attitudes towards Thai–English accents between English and Non–English major students?
2. What are reasons behind students' attitudes towards Thai–English accents?

Literature Review

Language Attitudes

Language attitudes are a part of sociolinguistics that explores how individuals, groups, and communities feel towards any languages. Saidat (2010) described language attitudes as a person's propensity to feel positively or negatively about a language and its speakers. There are several factors that affect how someone feels about a language. Similarly, Baker (1992) believed that factors such as sex, age, language, culture, and background have a major impact on forming people's attitudes.

Types of Language Attitudes

Language attitudes can be divided into three components: cognitive, affective, and behavioral. Cognitive is a process of human thought, idea, or belief, which also includes human perception (Tokumoto & Shibata, 2011; Loisa, 2014; Dorkphong et al., 2017). There are three factors to consider in cognitive elements: accentedness, intelligibility, and acceptability. The term "accentedness" refers to the degree of similarity between the pronunciation of a spoken expression and that of a native speaker (Loisa, 2014; Thomson, 2017). Intelligibility is the ability of the listener to recognize and understand what the speaker wants to convey (Loisa, 2014). Acceptability means the distinctive characteristic of a linguistic expression that makes it comprehensible and meaningful to the language user's linguistic faculty (Obrebska, 2013; Loisa, 2014). Affective is defined as the emotional component that pertains to an individual's affective experiences in various situations. The term "behavioral" refers to people's actions or a study of their actions (Loisa, 2014).

Previous Studies

Language attitudes are one of the crucial factors that influence human behavior, especially in second language or foreign language learning; consequently, some researchers have shifted their focus onto the lens of non–native speakers.

In the international level, several related studies focusing on non–native speakers have been conducted with various participants and in different contexts; for example, Japanese, South Korean, Malaysian, Chinese, Iranian, Indian, etc. (Tokumoto and Shibata, 2011; Loisa,2014; Fang, 2017; Rajablou & Shirvan, 2017; Shibata, 2021; Maxwell, Diskin–Holdaway & Loakes, 2021). Most of them aim to investigate participants' attitudes towards English accents influenced by their mother tongues. They mostly used a mixed–method design to collect data via a questionnaire adapted from Tokumoto and Shibata (2011) and interviews. Overall, the results are similar: most participants negatively evaluate or are unhappy with their English accents. Additionally, some research compared the participants' attitudes with other nationalities to find influential factors. For instance, Tokumoto and Shibata (2011) surveyed and compared young adult Japanese, South Korean, and Malaysian university students' attitudes towards their own English accents. The results showed that Japanese and South Koreans had negative attitudes, while the Malaysians highly admired their English accent. To be more precise, Shibata (2021) expanded the field of the study by including participants from outside of Asia: Austrians, Germans, Danish, and Kazakhs, and the results revealed that socio–contextual settings have a significant impact on individual language attitudes and identity formation.

In Thailand, although research on attitudes towards mainstream English accents, such as British and American English, are much greater, scholars in the recent decades have changed their focuses from those standard English accents to the Thai–English accent, which is commonly used by Thais. For example, Apiruangrit (2018) investigated Thai EFL high school students' attitudes towards different English teacher's accents. The result indicated that the Thai–English accent was ranked third in terms of preference and scored significantly lower than British and American accents. Subsequently, Ambele and Boonsuk (2021) carried out research on this issue in EFL undergraduate students by employing a questionnaire adapted from Tokumoto and Shibata (2011) and semi–structured interview for gathering in–depth information. The researchers found out that even though students understand the variations in the English accents, they still try to sound like native English speakers as possible.

In conclusion, all relevant research suggests that people hold different attitudes towards non–native English accents. Nevertheless, few studies have examined attitudes towards the Thai–English accents since they mainly focus on American or British English accents. Most importantly, there is not even a single study that explores the language perception of students who are not majoring in English and makes a comparison among multiple groups. Additionally, a few studies employed interviews to collect qualitative data. To address the gaps in previous research outlined above, the present study investigated the attitudes between English and non–English major students by using both the questionnaire and interview for quantitative and qualitative datasets. It is intended that the findings of this research could provide new insights helping English teachers create suitable lessons for students to improve their English learning.

Research Methodology

Participants

In total, 100 university students participated in this research. All participants were fourth-year undergraduate students, with 53 English major students and 47 non-English major students in the Faculty of Education at Naresuan University. The researchers chose fourth-year students because when compared to other groups, the fourth-year students tended to have a better understanding of Thai-English accents attitudes in Thailand since they had experience learning and using English with people of various English accents, both at school and outside of school.

Instruments

This study employed two research instruments: a 12-item questionnaire and a semi-structured interview for both quantitative and qualitative data. The questionnaire was adapted from Tokumoto & Shibata (2011) and Fang (2017). It consisted of three parts: six cognitive (items 1 – 6), two affective (items 7 and 8), and four behavioral components (items 9 – 12). The researchers employed Google Forms to distribute the questionnaire. The second instrument was a semi-structured interview to collect a qualitative dataset. The aim of this instrument was to find out more about the participants' attitudes towards their Thai-English accents. The interview questions were drawn partly from previous studies on similar issues (Fang, 2017; Ambele & Boonsuk, 2021; Maxwell et al., 2021).

Data Collection

The questionnaire was distributed to students enrolled in Naresuan University's Faculty of Education, specifically the fourth-year English major and non-English major students. The researchers collected the data by using the online questionnaire via Google Forms to gauge the participants' attitudes. Following the collection of data using surveys, the researchers chose three students from each sample group to be the representative samples or interviewees. The samples gave an interview via telephone calls for approximately 15 – 30 minutes a person. During the interview, the researchers recorded audio with permission from the interviewees. All participants were duly notified that all procedures were conducted exclusively for academic purposes and that the confidentiality of their personal information and responses was ensured.

Data Analysis

After the questionnaire was distributed and collected, the researchers employed a t-test independent technique to analyze the descriptive data derived from the 12 items of the questionnaire. The findings were presented in a statistical table of means and standard deviation and interpreted using a five-point Likert scale (Pimentel, 2010) as follows:

Table 1: Qualitative interpretation of a five-point Likert scale

Scale	Range	Interpretation (INTPN)
1	1.00 – 1.80	Strongly Disagree
2	1.81 – 2.60	Disagree
3	2.61 – 3.40	Neutral
4	3.41 – 4.20	Agree
5	4.21 – 5.00	Strongly Agree

Additionally, the present study employed the content analysis method for qualitative data from the semi-structured interview in order to better understand the participants' attitudes and their reasons behind certain answers given in the questionnaire.

Research Findings

Since this research aimed to study the attitudes of Thai EFL learners towards their Thai-English accents, compare students' attitudes between English and non-English major, and find reasons behind students' attitudes. Therefore, this part was divided into two separate sections according to two major research questions.

Questionnaire Findings

Research Question 1: Are there any differences or similarities in attitudes towards Thai-English accents between English and Non-English major students?

The results showing in this part were divided and presented into three components: cognitive, affective, and behavioral components to reflect attitudes towards Thai-English accents.

1. Cognitive Component

Table 2: The results of the cognitive component

No.	Items	English Major Students			Non-English Major Students		
		Mean	S.D.	INTPN	Mean	S.D.	INTPN
1.	I have a non-native accent.	3.94	0.97	Agree	3.68	1.22	Agree
2.	Native speakers of English can easily understand my accented English.	3.57	0.75	Agree	2.94	0.92	Neutral
3.	Non-native speakers of English can easily understand my accented English.	3.47	0.85	Agree	2.98	0.77	Neutral

No.	Items	English Major Students			Non-English Major Students		
		Mean	S.D.	INTPN	Mean	S.D.	INTPN
4.	My pronunciation would be acceptable in international business.	3.49	0.78	Agree	2.89	0.87	Neutral
5.	My pronunciation would be acceptable for an English teacher.	3.68	0.87	Agree	3.00	0.72	Neutral
6.	My pronunciation would be acceptable in personal cross-cultural communication.	3.68	0.75	Agree	3.11	0.79	Neutral
	Total	3.64	0.54	Agree	3.10	0.61	Neutral

Table 2 shows that the overall mean score of English major students was 3.64, indicating that the participants held positive attitudes towards Thai-English accents. In contrast, the overall mean score of non-English major students was 3.10, suggesting that participants had neutral or less positive attitudes compared to English major students. In more detail, there were differences in attitudes towards Thai-English accents between English and non-English major students for five items: items 2 to 6. Only item 1 showed no difference between the two groups. Moreover, item 1 garnered the highest average scores from both groups, with scores of 3.94 and 3.68, respectively, interpreted as "Agree" in statement number 1 (*I have a non-native accent*).

2. Affective Component

Table 3: The results of the affective component

No.	Items	English Major Students			Non-English Major Students		
		Mean	S.D.	INTPN	Mean	S.D.	INTPN
7.	I am confident in my English pronunciation.	3.28	1.06	Neutral	2.96	1.12	Neutral
8.	I am happy with my accent.	3.53	0.95	Agree	3.13	1.10	Neutral
	Total	3.41	0.96	Agree	3.04	1.03	Neutral

Table 3 shows that the overall mean score of English major students was 3.41, indicating that the participants satisfied or had positive attitudes towards their own Thai-English accents. Conversely, the overall mean score of non-English major students was 3.04 which could be interpreted that the participants had neutral attitudes towards their Thai-English accents. In more details, item 2 garnered the highest average scores from both groups, with scores of 3.53 and 3.13, respectively, interpreted as "Agree" and “Neutral” in the statement number 2 (*I am happy with my accent*). Moreover, only item 7 showed no difference between English and non-

English major students (English major students: Mean = 3.28, S.D. = 1.06; non–English major students: Mean = 2.96, S.D. = 1.12).

3. Behavioral Component

Table 4: The results of the behavioral component

No.	Items	English Major Students			Non–English Major Students		
		Mean	S.D.	INTPN	Mean	S.D.	INTPN
9.	I speak English with a native–like accent.	2.68	0.87	Neutral	2.13	1.03	Disagree
10.	I hesitate to show my accent.	2.74	1.21	Neutral	2.98	1.34	Neutral
11.	I would like to keep my accent.	2.87	0.94	Neutral	2.47	0.95	Disagree
12.	I would like to sound like a native speaker of English.	4.25	1.05	Strongly Agree	3.87	1.13	Agree
	Total	3.13	0.50	Neutral	2.86	0.62	Neutral

Table 4 reveals that the overall attitudes of both English major and non–English major students are neutral. The overall mean score of non–English major students was 2.86, which is slightly lower than English major students. Interestingly, there were only item 10 showed no differences between those two groups. Moreover, item 12 garnered the highest average scores from both groups, with scores of 4.25 and 3.87, respectively, interpreted as "Strongly Agree" and "Agree" in statement number 12 (*I would like to sound like a native speaker of English*).

Table 5: A comparison of the attitudes based on three components between English and Non–English major students

Items	English Major Students			Non–English Major Students			t	p–value
	Mean	S.D.	INTPN	Mean	S.D.	INTPN		
1. Cognitive Component	3.64	0.54	Agree	3.10	0.61	Neutral	4.72	.000*
2. Affective Component	3.41	0.96	Agree	3.04	1.03	Neutral	1.83	.070
3. Behavioral Component	3.13	0.50	Neutral	2.86	0.62	Neutral	2.41	.018*
Total of 12 items	3.43	0.46	Agree	3.01	0.54	Neutral	4.18	.000*

Note. A significant difference at a probability of $p \leq 0.05$.

To answer the first research question, an independent sample t–test with a significance level set at 0.05 was employed to compare the attitudes towards Thai–English accents between English and non–English major students. Table 5 demonstrates that except for the affective component, the p–values for attitudes towards Thai–

English accents were below 0.05. This illustrates that there was a significant difference in attitudes towards Thai–English accents between the two groups. Moreover, it can be interpreted that English major students generally had more positive perspectives on attitudes towards Thai–English accents than non–English major students.

Interview Findings

Research Question 2: What are reasons behind students' attitudes towards Thai–English accents?

After the questionnaire was collected, the researchers chose three students from each sample group to be the representative sample: three English major students (students E1, E2, and E3) and three non–English major students (students N1, N2, and N3). The data collected from the semi–structure interview was analyzed to answer the other research question. The results in this part are divided and presented into three components: cognitive, affective, and behavioral components based on the theoretical framework.

1. Cognitive Component

1.1 Acceptance and Students' Attitudes towards Communication Intelligibility

English majors are more likely to be accepted by English speakers because the English major students had more opportunities to utilize English and practice speaking skills more often than the non–English majors.

Student E3: "*...As an English major, it is a site of practice and tolerance for errors. This enables the next time to be developed repeatedly. Everyone practices to be better...*"

However, both native and non–native are not always able to understand Thai–English accents.

Student E3: "*...When playing the game, Asian people from countries such as Indonesia and Malaysia came to play with me. They may or may not understand what I said. I had to repeat what I had said many times...*"

2. Affective Component

2.1 Students' Attitudes towards Their own Thai–English Accents:

In this section, the researchers asked the participants about their feelings regarding their Thai–English accents. The results revealed that most of them felt happy about it. They did not feel embarrassed; instead, they were proud of it because the Thai–English accent made them unique. However, students majoring in English were slightly happier and more confident about their Thai–English accents than the non–English majors. See the following reactions

Student E3: "*...I thought it may be because of our classroom environment, where we had more chances to practice and learn with friends at the same level. Smart students also helped those who struggled with their English accents...*"

Student E3: "*...I also believed that teachers who were open–minded about accents were helpful, whether the teachers were Thai or non–Thai. They made students feel more confident when they accepted different accents...*"

2.2 Students' Attitudes towards People Using Thai–English accents:

In this section, students were asked about their attitudes towards people using Thai–English accents in an international context to understand their attitudes. As observed in student E1, the participant showed a very positive attitude and admiration towards those who used Thai–English accents in the international context.

Student E1: "*...I really appreciated them for using Thai English accent in an international context. I believed that being able to communicate and be understood was enough. Accent is not as important as understanding and having good content...*"

However, some non–English major students held a different perspective. They believed that accents should be appropriate for the international context, as seen in student N1:

Student N1: "*...I thought that when speaking internationally and representing our country, we should strive to speak as closely to a native speaker as possible...*"

2.3 Students' Attitude towards People using Standard English Accents

Both groups tend to lack confidence when communicating or competing with people using standard accents and the idea of wanting to adjust their accent to be more similar to the standard accent.

Student E2: "*...I don't feel inferior about my accent, but I want to improve it to be like people who speak with a standard accent...*"

Student N3: "*...The lack of confidence stems from the possibility that we may receive different opportunities, as his or her dialect is more standard than mine, meaning that he/she may receive more opportunities than me...*"

3. Behavioral Component

3.1 Students' Accent Preferences and Social Standards

Although this study discovered positive attitudes and an increasing acceptance of Thai–English accents, the researchers found the accent preference via the questionnaire's results in the behavioral component (items 9 to 12). Both English and non–English major students desired to attain near–native accents for different reasons. English major students aspired to enhance their accent to resemble standard English in order to enhance their speaking skills, thereby increasing their efficiency in teaching and also facilitating native audiences to understand them better (see students E2 and E3). Conversely, non–English major students seek to improve their English accents to boost self–confidence and form identity (see student N2).

Student E3: "*... I want to speak like native speakers as much as possible because I want my students to know how foreigners actually pronounce. I want them to remember the correct pronunciation ...*"

Student N3: "*... Honestly, I don't feel bad about my accent, but I feel that if I could speak like native speakers, I'd feel more confident. Besides, when talking to other people, I'd feel like I have a clear and the unique characteristic ...*"

Moreover, although both groups were comfortable with their Thai–English accents, they tended to switch between Thai–English and standard English accents depending on the contexts.

I was found that both groups preferred to use Thai–English accents in informal or casual contexts, such as chats, phone calls with family or friends, and informal face–to–face interactions, due to its familiarity and convenience.

Student E1: "... *In casual situations, I use Thai–English accents since it's familiar to us. Moreover, it helps us and the person we're talking to understand each other quickly* ..."

Student N1: "... *I usually use Thai–English accents when talking to my friends because it's the accent commonly used by Thai people, so it's easy to understand and feels like we aren't different from each other* ..."

Nonetheless, in academic or formal contexts like classrooms or academic conferences, both groups agreed to use mainstream English accents for the sake of precision and formality. However, student E2 gave an interesting opinion that Thai–English accents could be considered as an alternative teaching option, particularly when dealing with students who had limited language proficiency levels or struggled with the listening skill.

Student E2: "... *based on my experience, I believe that Thai English accent is still necessary because it is the accent most are familiar to Thai students. Introducing native accents to students with limited language proficiency can lead to incomprehension. Moreover, they'd view English as an alien language and may become bored. Therefore, if we choose to use a Thai–English accent, students may feel that it is part of the lesson they are studying* ..."

Discussion/Conclusion

The quantitative data analysis shows that the attitudes of the fourth–year English major students towards their Thai–English accents were agreed, whereas non–English major students were neutral. However, both groups had different attitudes towards the Thai–English accents in the cognitive and behavioral components. Interestingly, only the affective component showed no difference, which is not consistent with Dorkphong et al.'s (2017) results in that the affective aspect revealed the highest mean score. Overall, the results of the study showed that participants held positive attitudes towards the Thai–English accents. The results were similar to what other studies found, where students also had very positive attitudes towards their Thai–English accents (Ambele & Boonsuk, 2021).

Regarding the cognitive component, the English major students had slightly higher overall mean scores than the counterparts. However, item 3 received the lowest score among English major students, indicating that they believed non–native English speakers could not easily understand their accent. In contrast, item 4 received the lowest score among non–English major students, suggesting that they think their pronunciation might not be acceptable in international business or formal contexts. On the other hand, item 1 received the highest score from both groups, showing that they accepted that they had a non–native English accent. These findings agreed with Loisa (2014), who noted that English speakers in the Expanding Circle view themselves and their accents as non–native, leading to a sense that their accents may not be appropriate for professional settings. Regarding the affective component, the academic performance of students majoring in English was marginally superior to non–English majors. The results indicated a notable increase in scores, showing that students studying in English were

already content with their accents, while non-English majors rated themselves as neutral. The findings of this study align with those of Dorkphong et al. (2017), who reported that English major students experience a positive emotional response while utilizing Thai-English accents throughout their speech. Furthermore, it also related to Rajablou and Shirvan (2017), 80% of participants agreed with their confidence, and 66% of respondents were happy with their English accent.

Regarding the behavioral component, students in the English major have slightly different overall mean scores than other majors. Item 4 has the highest score for both disciplines. Both wish to sound as much like native English speakers as feasible. On the other hand, both fields of study are still going in the same direction and have the same low score, which is speaking with an accent, unlike a native speaker. The results align with many previous studies which found that the majority of non-native English students was dissatisfied with their accent and pronunciation and desired to improve their English pronunciation so that it resembles that of native speakers (Jindapitak & Teo, 2013; Fang, 2017; Rajablou & Shirvan, 2017; Kangkun, 2018; Apiruangrit, 2018 ; Ambele & Boonsuk, 2021).

For qualitative data, the interview revealed two significant findings that extend beyond the information discussed above: the learning environment and social norms. Firstly, regarding the learning environment, English major students exhibited slightly more confidence in their Thai-English accents and held more positive attitudes compared to non-English major students. These differences may result from factors in the learning environment, including academic disciplines and peers. Studying in the English major not only exposed them to various English accents but also provided them with a space for learning and practicing English. Moreover, having supportive classmates with similar language levels created a comfortable environment for practice and making mistakes. However, teachers seemed to play the most important role in shaping students' attitudes. Both groups agreed that having open-minded teachers could make them feel more comfortable and confident in their own English accents. These results may emphasize the importance of fostering a positive classroom environment in English language teaching for non-native speakers. Surprisingly, no relevant studies have highlighted the significant impact of students' majors and English teachers on accent anxiety. Secondly, in terms of social norms, the researchers found that both groups still aspired to achieve standard English accents despite their positive attitudes towards the Thai-English accents. Particularly in formal, academic, or professional contexts, they tended to modify their accents to sound as native as possible, since it was perceived as being widely accepted, standardized, and accurate. According to the findings, it can be concluded that social norms significantly impact students' attitudes. These findings were similar to previous studies which stated that social norms can influence the attitudes of non-native English speakers towards accents, leading them to adopt mainstream accents as their ideal standard (Loisa, 2014; Apiruangrit, 2018; Maxwell et al., 2021).

In summary, this research may provide new insights for developing English Language Teaching (ELT) in Thailand and be beneficial for enhancing teaching methods to improve students' speaking skills. Additionally, it is hoped that this study may be able to reflect the perspective of Thai-English learners on their own English accents.

Suggestions for Future Research

This study gathered data from undergraduate students in a single Faculty at one university. Therefore, further research may broaden the study's scope by including participants from various academic disciplines, collecting data from other universities located in different regions of Thailand, or focusing on participants with experiences abroad. Besides, if possible, future studies might also explore attitudes of native English speakers towards non–native English accents to gain deeper insights into native speakers' perspectives, especially on the cognitive component.

References

Ambele, E. A. & Boonsuk, Y. (2021). **Thai tertiary learners' attitudes towards their Thai English accent**. PASAA, 61, 87–110.

Apiruangrit, W. (2018). **Thai EFL Students' Attitudes towards English Teachers' Accents amidst the Emergence of World Englishes**. [MA thesis]. Thammasat University.

Baker, C. (1992). **Attitudes and Language**. Clevedon: Multilingual Matters.

Dorkphong, R., Tipyasupra, N., & Srinoparat, S. (2017). **A survey of English major students' attitudes toward speaking English in a Thai context.** The 12th RSU National Graduate Research Conference. (960–969). Rangsit University.

Fang, F. (2017). **An investigation of attitudes towards English accents: a case study of a university in China.** In Z. Xu, D. He & D. Deterding (Eds.), Researching Chinese English: The State of the Art (pp. 145–156). Cham, Germany: Springer.

Jindapitak N. (2022). **Addressing Learners' Attitudes toward English Language Variation through a Global Englishes Awareness Raising Program**. [PhD Thesis]. Prince of Songkla University.

Jindapitak, N & Teo, A. (2014). **Thai tertiary English majors' attitudes towards and awareness of World Englishes.** Journal of Studies in the English Language, 7, 74–116.

Jindapitak, N., & Teo, A. (2013). Accent priority in a Thai university context: a common sense revisited. English Language Teaching, 6(9), 193–204.

Kangkun, P. (2018). **Projecting identities through L2: pronunciation and attitudes towards varieties of Englishes among Thai learners of English in a public speaking classroom context.** Thoughts, 2, 45–70.

Loisa, J. (2014). **Japanese Attitudes towards Their English Pronunciation**. [PhD Thesis]. Jyväskylä: University of Jyväskylä, Finland.

Maxwell, O., Diskin–Holdaway, C., & Loakes, D. (2021). **Attitudes towards Indian English among young urban professionals in Hyderabad, India.** World Englishes, 42(2), 272–291.

Obrebska, M. (2013). **Grammatical and semantic acceptability of utterance texts of patients diagnosed with paranoid schizophrenia.** a research report. Psychology of Language and Communication, 17(1), 79–92.

Rajablou, F., & Shirvan, M. E. (2017). **Iranian English language learners' attitude towards their accent in English language: an ecological approach.** Englishes in Practice, 4(1), 1–30.

Rogers, U. (2013). **Thai English as a Variety.** [PhD Thesis]. Arizona State University, USA.

Saidat, A. M. (2010). **Language attitude: a case study of Jordan.** International Journal of Academic Research, 2(6), 235–243.

Shibata, M. (2021). **L2 English speakers' perception of their English accent: an investigation of European and Asian attitudes.** English Language Teaching, 14(12), 126–143.

Thomson, R. I. (2017). **Measurement of accentedness,** intelligibility, and comprehensibility. In O. Kang & A. Ginther (Eds.), Assessment in Second Language Pronunciation (pp. 11–29). Routledge

Tokumoto, M., & Shibata, M. (2011). **Asian varieties of English: attitudes towards pronunciation.** World Englishes, 30(3), 392–408.

เพศภาวะกับการดัดแปลงนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” เป็นซีรีส์

Gender and the television adaptation of the novel ‘My Ride’

ธงชัย แซ่เจี่ย[1*]

Thongchai Sae-Chia[1*]

บทคัดย่อ

“รักนาย My Ride” เป็นซีรีส์วายที่ดัดแปลงมาจากนวนิยายชื่อเดียวกันของ รังสิมันต์ ความแตกต่างที่ปรากฏในการดัดแปลงนวนิยายเรื่องนี้เป็นซีรีส์เกี่ยวข้องกับประเด็นเรื่องเพศภาวะเป็นหลัก บทความนี้มุ่งศึกษาการดัดแปลงนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” เป็นซีรีส์โดยผนวกทฤษฎีการดัดแปลงศึกษาเข้ากับการวิจารณ์แนวเพศภาวะเป็นกรอบความคิดในการศึกษา ใช้วิธีวิจัยเอกสารและนำเสนอผลการศึกษาแบบพรรณนาวิเคราะห์ ผลการศึกษาพบว่าการดัดแปลงนวนิยายวายเรื่องดังกล่าวเป็นซีรีส์สัมพันธ์กับความเป็นหญิงและความเป็นชายของตัวละคร ทั้งยังสัมพันธ์กับขนบการประพันธ์นวนิยายโรมานซ์ที่มีโครงสร้างการเล่าเรื่องกำกับอยู่ กล่าวได้ว่า การวิจารณ์แนวเพศภาวะเปิดเผยให้เห็นว่า ปฏิบัติการทางวัฒนธรรมที่สัมพันธ์กับชนชั้นกลางเป็นปัจจัยสำคัญในการดัดแปลงนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” เป็นฉบับซีรีส์

คำสำคัญ: การดัดแปลง, ซีรีส์วาย, นวนิยายวาย, เพศภาวะ

Abstract

"My Ride" is the television adaptation of Rangsiman's novel with the same title. Gender issues mostly influence how the original text and the adapted version differ from one another. This article, which is a documentary research, uses a combination of gender critique and adaptation theory as a framework for studying the television adaptation of this novel. As a result, the television adaptation of this work is linked to the femininity and masculinity of the characters as well as the romance novel convention overseen by the narrative structure. In summary, gender criticism has shown that the middle-class cultural practices play a critical role in the television adaptation of this novel.

Keywords: Adaptation, Y series, Y novel, Gender

[1] สาขาวิชาภาษาไทยเพื่ออาชีพ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000

[1] Department of Thai for Career, Faculty of Humanities and Social Sciences, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom, 73000

*Corresponding author : thepurpleink@yahoo.com; thongchia@webmail.npru.ac.th

บทนำ

“วาย” เป็นคำเรียกตัวอักษรภาษาอังกฤษ Y ซึ่งตัดมาจากคำในภาษาญี่ปุ่นสองคำ คำแรกคือคำว่า Yaoi เดิมเป็นคำใช้เรียกงานวาดล้อเลียนที่มีเนื้อเรื่องเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างชายหนุ่ม ส่วนอีกคำคือคำว่า Yuri ซึ่งแปลว่าดอกลิลลี่ หมายถึงผลงานที่มีเนื้อเรื่องเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของหญิงสาว นอกจากเป็นคำเรียกชื่อผลงานแล้ว ทั้งสองคำยังได้กลายเป็นคำใช้เรียกรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างชายรักชายและหญิงรักหญิงตามลำดับ ด้วยเหตุที่ทั้ง Yaoi และ Yuri ได้รับความนิยมในหมู่หญิงสาวญี่ปุ่น จึงทำให้เกิดคำว่า “สาววาย” เพื่อใช้เรียกหญิงสาวที่ชื่นชอบในความสัมพันธ์ระหว่างเพศเดียวกันในเวลาต่อมาโดยมิได้จำกัดอยู่ที่รูปแบบผลงานว่าจะต้องชื่นชอบภาพวาด การ์ตูนแอนิเมชัน นวนิยาย หรือซีรีส์ (ณิชชารีย์ เลิศวิชญโรจน์, 2560: 25-30) อนึ่ง การใช้คำว่า “วาย” ในบทความนี้จะหมายถึงเฉพาะ Yaoi เท่านั้น

งานที่มีเนื้อหาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชายรักชายได้รับความนิยมอย่างมากในประเทศไทยเนื่องจากทัศนคติของคนในสังคมที่เปลี่ยนแปลงไป ดังจะเห็นได้จากนวนิยายวายได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากในช่วงหลายปีที่ผ่านมามีกลุ่มผู้อ่านที่เหนียวแน่นและสามารถครอบครองพื้นที่ในร้านหนังสือกระแสหลักได้หลังจากที่ต้องหลบซ่อนตัวเป็นหนังสือใต้ดินมาเป็นเวลานาน (มติชนออนไลน์, 2563) ขณะที่ซีรีส์วายหลายตอนหลายเรื่องก็มียอดชมออนไลน์มากถึงหลายสิบล้านครั้งจนกล่าวได้ว่าเป็นสื่อบันเทิงที่ได้รับความนิยมอย่างมากในภูมิภาคเอเชียและได้กลายเป็นสินค้าส่งออกเชิงวัฒนธรรมที่กำลังมาแรงของประเทศไทย (กรุงเทพธุรกิจ, 2567) ความนิยมที่มีต่อนวนิยายและซีรีส์วายทำให้ปัจจุบันมีความพยายามผลิตเนื้อหาของสื่อบันเทิงกลุ่มนี้ให้มีความหลากหลายมากขึ้น ทั้งยังส่งผลต่อมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นด้วย (อัญชัญ อันชัยศรี, 2566)

“รักนาย My Ride” เป็นซีรีส์วายเรื่องหนึ่งที่น่าสนใจ ซีรีส์เรื่องนี้ออกอากาศครั้งแรกเมื่อวันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2565 ทางช่อง GMM25 นำเสนอเรื่องราวของ ตะวัน แพทย์ประจำบ้านสาขาอายุรศาสตร์ในโรงพยาบาลแห่งหนึ่งที่ตัดสินใจคบกับ ปอ ทันตแพทย์รุ่นพี่ในโรงพยาบาลเดียวกัน ตะวันต้องเดินทางไปคอนโดปอโดยอาศัยจักรยานยนต์รับจ้างเป็นประจำ ทำให้ได้สนิทกับ หมอก คนขับจักรยานยนต์รับจ้างที่ประจำอยู่ที่นั่น แต่เมื่อเกิดเหตุการณ์พลิกผันก็ทำให้ตะวันกับหมอกตกหลุมรักกัน แต่เพราะสถานะทางสังคมที่แตกต่างทำให้กลายเป็นอุปสรรคที่ทั้งสองต้องฝ่าฟันไปด้วยกันให้ได้ ซีรีส์วายเรื่องนี้ดัดแปลงมาจากนวนิยายชื่อเดียวกัน ผลงานของ รังสิมันต์ ซึ่งคือนามปากกาของนายแพทย์อุเทน บุญอรณะ นวนิยายเรื่องนี้เผยแพร่ในรูปแบบออนไลน์เป็นครั้งแรกในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายน พ.ศ. 2561 ก่อนที่จะตีพิมพ์เป็นรูปเล่มในเวลาต่อมา (รังสิมันต์, 2561: 372)

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง “รักนาย My Ride” ฉบับนวนิยายกับฉบับซีรีส์ พบว่า ฉบับนวนิยายตะวันกับหมอกยังไม่ตกลงเป็นคนรักกัน ประโยคสุดท้ายของนวนิยายคือข้อความที่ตะวันพูดกับหมอกว่า “นายต้องไปเจอพ่อเรากอน!” ก่อนที่ผู้ประพันธ์จะระบุว่ามีภาคต่อ (รังสิมันต์, 2561: 371) ขณะที่ฉบับซีรีส์ทั้งสองตกลงเป็นคนรักกันแล้วและย้ายไปใช้ชีวิตด้วยกันที่บ้านเกิดของตะวัน (ฟิกซ์ เอ็นเตอร์เทนเม้นท์, 2566) อย่างไรก็ดี ความแตกต่างประการสำคัญที่ปรากฏตลอดทั้งเรื่องคือการปรับเปลี่ยนเกี่ยวกับตัวละคร เช่น มีการปรับตัวละครที่เป็นกะเทยในฉบับนวนิยายให้กลายเป็นตัวละครหญิงในฉบับซีรีส์ หรือมีการเพิ่มตัวละครชายรักชายอีกหนึ่งคู่ในฉบับซีรีส์ จากที่ฉบับนวนิยายเล่าความสัมพันธ์รักของตัวละครเพียงสองคู่ เป็นต้น (ฟิกซ์ เอ็นเตอร์เทนเม้นท์, 2566) ความแตกต่างดังกล่าวพิจารณาได้ด้วยทฤษฎีการดัดแปลงศึกษา (adaptation studies) และการวิจารณ์แนวเพศภาวะ (Gender Criticism)

การดัดแปลงศึกษา หมายถึง ศาสตร์ที่ศึกษาปรากฏการณ์การดัดแปลงผ่านมุมมองสหวิทยาการ (นัทธนัย ประสานนาม, 2564ก: (23)) ทฤษฎีการดัดแปลงศึกษาสามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นการศึกษาโดยเน้น

ตัวบท ซึ่งสัมพันธ์กับกรอบความคิดเรื่องสหบทหรือสัมพันธบท (Intertextuality) การเล่าเรื่อง การวิเคราะห์ตัวบทแบบละเอียด การเคารพต้นฉบับและลักษณะความสัมพันธ์เชิงการดัดแปลง ความแตกต่างระหว่างสหบทหรือสัมพันธบทกับการดัดแปลง กลุ่มที่สองเป็นการศึกษาโดยเน้นผู้สร้างหรือผู้ดัดแปลง ซึ่งสัมพันธ์กับประเด็นความสัมพันธ์เชิงการดัดแปลง ความสนใจเรื่องนักประพันธ์กับธุรกิจ ศิลปะชั้นสูงและวัฒนธรรมมวลชน ส่วนกลุ่มที่สามเป็นการศึกษาโดยเน้นบริบทการดัดแปลงและผู้รับงานดัดแปลง ซึ่งสัมพันธ์กับบริบทวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ การรับ และบริบทใหม่ของการบริโภค อนึ่ง การจำแนกดังกล่าวมิได้เป็นไปอย่างเบ็ดเสร็จเด็ดขาด เพราะแต่ละกลุ่มสามารถสัมพันธ์และเกื้อหนุนกันกับกลุ่มอื่นได้ (นัทธนัย ประสานนาม, 2564ก: 64-94)

ส่วนการวิจารณ์แนวเพศภาวะเป็นผลผลิตจากแนวทางการวิจารณ์วรรณกรรมที่ได้รับอิทธิพลจากกระแสสตรีนิยมในคริสต์ศตวรรษที่ 20 ซึ่งนำไปสู่การอภิปรายประเด็นเรื่องเพศในวรรณกรรมอย่างกว้างขวางและขยายขอบเขตรวมไปถึงเพศอื่น ๆ นอกจากเพศหญิง เช่น เกย์และเลสเบียน เป็นต้น (สุรเดช โชติอุดมพันธ์, 2559: 205) แนวคิดสตรีนิยมถือกำเนิดขึ้นเพื่อศึกษาทำความเข้าใจวิธีการหรือวิถีปฏิบัติที่ระบบสังคมและวัฒนธรรมส่วนใหญ่ของมนุษย์เอื้อให้ผู้ชายได้เปรียบเหนือผู้หญิง (นพพร ประชากุล, 2552: 197) การวิจารณ์แนวเพศภาวะจึงตั้งอยู่บนฐานความคิดที่ว่า หญิงและชายมีความแตกต่างและไม่เท่าเทียม ผู้หญิงถูกทำให้เป็นเพศชายขอบ อันเนื่องมาจากวัฒนธรรมชายเป็นใหญ่และผู้หญิงถูกกดขี่ครอบงำจากวัฒนธรรมดังกล่าว การวิจารณ์แนวนี้จะพยายามอธิบายสาเหตุที่ทำให้ความเป็นเพศไม่เท่าเทียมกันโดยพิจารณาจากเงื่อนไขทางวัฒนธรรมที่ได้รับการนำเสนอในตัวบทวรรณกรรม (ธัญญา สังขพันธานนท์, 2560: 301)

เมื่อทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ในแง่ความสำเร็จของซีรีส์ที่ดัดแปลงมาจากนวนิยายนั้น ชวินโรจน์ ลิขิตเจริญสกุล (2566: 68-69) กล่าวว่า การคัดเลือกนวนิยายวายที่ได้รับความนิยมมาสร้างเป็นซีรีส์เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ซีรีส์ประสบความสำเร็จ เนื่องจากมีฐานผู้ชมจากผู้อ่านที่รอชมซีรีส์ตั้งแต่ก่อนเริ่มถ่ายทำ ขณะที่การประสานกันระหว่างวัฒนธรรมวรรณศิลป์และวัฒนธรรมสกรีนส่งผลให้การดัดแปลงมิได้จำกัดอยู่เพียงแค่รูปแบบนวนิยายวายเป็นซีรีส์วายเท่านั้น แต่ยังเกิดการดัดแปลงจากซีรีส์เป็นนวนิยาย ทั้งยังเกิดการดัดแปลงในวัฒนธรรมแฟนคลับด้วย เช่นกรณีนวนิยายและซีรีส์เรื่อง SOTUS เป็นต้น (นัทธนัย ประสานนาม, 2564ก: 278-320) ส่วนงานที่ศึกษาการดัดแปลงนวนิยายวายเป็นซีรีส์นั้นยังไม่มีการศึกษาการดัดแปลงนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” เป็นซีรีส์ ทำให้เห็น “ช่องว่าง” ที่จะศึกษาการดัดแปลงเรื่องดังกล่าวได้

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดัดแปลงนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” เป็นซีรีส์โดยผนวกทฤษฎีการดัดแปลงศึกษาเข้ากับการวิจารณ์แนวเพศภาวะเป็นกรอบความคิดในการศึกษา

วิธีการศึกษา

ขอบเขตข้อมูลการวิจัย

เก็บข้อมูลจากนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” ของ รังสิมันต์ ฉบับพิมพ์ครั้งที่หนึ่ง ปี พ.ศ. 2561 โดยสำนักพิมพ์ดีป จำนวน 372 หน้า และเก็บข้อมูลจากซีรีส์เรื่อง “รักนาย My Ride” ทางยูทูบ (youtube) ซึ่งเผยแพร่โดยบริษัท ฟิกซ์ เอ็นเตอร์เทนเม้นท์ จำกัด

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. กำหนดขอบเขตของการศึกษา คือ นวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” ของ รังสิมันต์ ฉบับพิมพ์ครั้งที่หนึ่ง ปี พ.ศ. 2561 และซีรีส์เรื่อง “รักนาย My Ride” ทางยูทูบซึ่งเผยแพร่โดยบริษัท ฟิกซ์ เอ็นเตอร์เทนเม้นท์ จำกัด

2. สำรวจ ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเอกสาร แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สอดคล้องกับขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างที่ปรากฏในการดัดแปลงและจัดกลุ่มข้อมูล

4. สรุปผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอแบบพรรณนาวิเคราะห์

ผลการศึกษา

ด้วยเหตุที่นวนิยายและซีรีส์วายมีเนื้อหาแสดงความสัมพันธ์ของตัวละครเพศเดียวกัน ประเด็นเรื่องเพศภาวะจึงเป็นสาระสำคัญที่ตัวบทนำเสนอ เมื่อศึกษาการดัดแปลงนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” เป็นฉบับซีรีส์ด้วยมุมมองการวิจารณ์แนวเพศภาวะแล้ว พบว่า การดัดแปลงนวนิยายวายเรื่องดังกล่าวเป็นซีรีส์สัมพันธ์กับความเป็นหญิงและความเป็นชาย ทั้งยังสัมพันธ์กับขนบการประพันธ์นวนิยายโรมานซ์ด้วย ดังมีรายละเอียดจะกล่าวได้ต่อไปนี้

ความเป็นหญิงและความเป็นชายกับการดัดแปลงจากนวนิยายเป็นซีรีส์

ความเป็นหญิง (femininity) หมายถึง คุณสมบัติและลักษณะที่บ่งบอกถึงอารมณ์และการแสดงออกแบบผู้หญิง ขณะที่ความเป็นชาย (masculinity) หมายถึง คุณสมบัติและลักษณะที่บ่งบอกถึงอารมณ์และการแสดงออกแบบผู้ชาย (นฤพนธ์ ด้วงวิเศษ และ แจ็กสัน, พี. เอ., 2556: 10–11) ในนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” นำเสนอตัวละคร “นาเดีย” ให้มีทั้งความเป็นหญิงและความเป็นชายอยู่ในบุคคลคนเดียว ดังตัวอย่าง

> “น้อง วรุฒ แหมมม จำได้สิครับ ก็ว่าอยู่หน้าคุ้น ๆ”
>
> “ไม่เอาสิพี่ ไม่เรียกชื่อจริง ต่อไปนี้เรียกหนูว่านาเดียนะพี่ จริง ๆ ชื่อเล่นชื่อน้อต แต่หมอดูบอกว่าคำว่า NOT มันไม่เป็นมงคล ผู้ชายไม่เข้า น้องเลยเปลี่ยนเป็นนาเดีย”
>
> “ฮ่า ฮ่า ฮ่า ไอเดียดีนะครับน้อง...เอ่อ นาเดีย”
>
> พี่ปอดูลังเลเล็กน้อยก่อนจะเรียกชื่อเพื่อนผมว่า...นาเดีย อย่าว่างั้นงี้เลยนะ ผมยังลังเลเลย
>
> (รังสิมันต์, 2561: 10)

ตัวอย่างข้างต้นนำเสนอว่า ตัวละครนาเดียเดิมมีชื่อว่า “วรุฒ” ซึ่งเป็นชื่อที่แสดงถึงความเป็นชาย ทั้งยังมีชื่อเล่นว่า “น้อต” แต่เปลี่ยนมาเป็นชื่อนาเดียซึ่งแสดงถึงความเป็นหญิงมากกว่า ขณะที่บทสนทนาความว่า “ผู้ชายไม่เข้า น้องเลยเปลี่ยนเป็นนาเดีย” แสดงให้เห็นว่าตัวละครนี้มีรสนิยมทางเพศชื่นชอบบุคคลที่เป็นผู้ชาย เพศภาวะที่ก้ำกึ่งระหว่างความเป็นหญิงและความเป็นชายของนาเดียอาจเรียกตามความเข้าใจทั่วไปว่า “กะเทย” ทั้งยังเป็นสิ่งที่ “ดูไม่สนิทใจ” สำหรับตัวละครอื่นเท่าใดนัก สังเกตได้จากการบรรยายกิริยาอาการของพี่ปอและความคิดของ “ผม” หรือหมอตะวันว่า “ลังเล” ที่จะเรียกชื่อนาเดีย

เพศภาวะที่ก้ำกึ่งของนาเดียและความเป็นสิ่งที่ “ดูไม่สนิทใจ” สำหรับตัวละครอื่นได้รับการตอกย้ำอีกครั้งดังปรากฏในตัวอย่างต่อไปนี้

> ผมพยายามแยกคำตอบของนางเป็นเรื่อง ๆ เรื่องอกหักจบไปแล้ว ตอนนี้เป็นเรื่องเดทใหม่
>
> “อ้ะ แล้วทำไมต้องทำหน้านิ่วด้วยอะ ผู้ชายไม่หล่อหรือไง รูปไม่ตรงปกเหรอ”
>
> “ตรงแหละ ดีกว่าในรูปด้วย แต่เขาบอกว่าเราสาวไป ไม่ใช่แบบที่เขาชอบ”
>
> “อือ...แล้วไง แกแคร์เหรอ เขาไม่ได้ชอบในแบบที่แกเป็นนี่หว่า”

“เขาก็บอกว่าชอบนะ เขาบอกว่าฉันหน้าตาโอเค รูปร่างก็ดีแบบที่เขาชอบเลย โปรไฟล์ก็ดี เขาอยากมีแฟนเป็นหมอมานาน ยิ่งเป็นหมอเด็กด้วย แต่เขาไม่อยากให้เราสาว เขาอยากได้ความสัมพันธ์แบบแมน ๆ คบกัน เดินตามถนนแล้วคนคิดว่าเป็นเพื่อน ไม่ใช่คนรัก”

(รังสิมันต์, 2561: 185)

ตัวอย่างข้างต้นนำเสนอเหตุการณ์หลังการนัดพบกับผู้ชายของนาเดียซึ่งส่งผลให้ไม่มีความสุขเนื่องจากได้รับการปฏิเสธจากอีกฝ่าย ดังความว่า “เขาบอกว่าเราสาวไป” และ “เขาไม่อยากให้เราสาว เขาอยากได้ความสัมพันธ์แบบแมน ๆ คบกัน” บทสนทนาระหว่างตะวันและนาเดียข้างต้นนี้แสดงให้เห็นว่า เพศภาวะที่ก้ำกึ่งของนาเดียโดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ “ความสาว” หรือความเป็นหญิงได้รับการปฏิเสธจากตัวละครอื่น

อย่างไรก็ดี ในตอนสุดท้ายของนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” ได้นำเสนอว่าตัวละครที่มีเพศภาวะก้ำกึ่งระหว่างความเป็นชายและความเป็นหญิงก็สามารถมีความสุขในเรื่องความรักได้ตามที่ปรารถนา ดังตัวอย่าง

“ผมชอบหมอนะ ชอบมาก ไม่ว่าหมอจะสาวขนาดไหน จะล่ำกว่า สูงกว่าผม ถึงหมอจะแข็งแรงกว่าผม แต่ผมก็อยากเป็นคน ปกป้องหมออยู่ดี ผมรู้ว่าเป็นแค่ลูกจ้างร้านกาแฟ แต่ผมก็ไปอบรมขึ้นผู้จัดการมาแล้ว สักวันผมจะเปิดร้านของตัวเอง สร้างอนาคตดี ๆ ให้ได้ ผมขอโอกาสให้...หมอมาเป็นส่วนหนึ่งของอนาคตของผม ได้ไหมครับ”

นาเดียเม้มปาก แต่ผมนี่สิ ลุ้นจนหัวใจแทบหยุดเต้น....

“เรายอมตั้งแต่นายบอกว่า ‘ไม่ว่าหมอจะสาวขนาดไหน’ แล้วละ”

(รังสิมันต์, 2561: 310)

ตัวอย่างข้างต้นเป็นตอนที่บาริสต้าแห่งร้านกาแฟในโรงพยาบาลที่หมอกทำงานอยู่ได้สารภาพรักกับนาเดียและขอโอกาสให้ได้ใช้ชีวิตร่วมกัน ขณะที่นาเดียก็ตอบตกลงกับบาริสต้าเนื่องจากได้ยินประโยคที่ว่า “ไม่ว่าหมอจะสาวขนาดไหน” ตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นว่า “ความสาว” หรือความเป็นหญิงของตัวละครนาเดียซึ่งมีเพศภาวะก้ำกึ่งระหว่างความเป็นหญิงและความเป็นชายได้รับการยอมรับและนำไปสู่การพัฒนาความสัมพันธ์กับตัวละครอื่นได้ในที่สุด

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า แม้นวนิยายวายเรื่อง “รักนาย My Ride” จะนำเสนอตัวละคร “นาเดีย” ให้มีทั้งความเป็นหญิงและความเป็นชายอยู่ในบุคคลคนเดียว ทั้งยังนำเสนอว่าความเป็นหญิงของตัวละครดังกล่าวไม่ได้รับการยอมรับในบางสถานการณ์ แต่ในที่สุดก็สามารถพบรักกับคนที่ยอมรับในเพศภาวะของนาเดียได้ ลักษณะดังกล่าวทำให้การนำเสนอตัวละครนาเดียและเรื่องราวความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวละครดังกล่าวในนวนิยายเรื่องนี้มีปัจจัยเรื่องเพศภาวะของตัวละครเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความก้ำกึ่งระหว่างความเป็นหญิงและความเป็นชายของตัวละครดังกล่าว

อย่างไรก็ดี เมื่อมีการดัดแปลงนวนิยายเรื่องนี้เป็นซีรีส์ ผู้ผลิตซีรีส์ได้ดัดแปลงเพศภาวะของตัวละครนาเดียให้ไม่มีภาวะก้ำกึ่งระหว่างความเป็นหญิงและความเป็นชาย ดังตัวอย่าง



ภาพที่ 1 นาเดียกับตะวันกำลังซื้ออาหารที่ร้าน

จากภาพข้างต้นจะเห็นว่า ตัวละครนาเดียในซีรีส์วายเรื่อง “รักนาย My Ride” ได้รับการนำเสนอว่าเป็นแพทย์เช่นเดียวกับนวนิยาย แต่ผู้ผลิตซีรีส์ได้ปรับเพศภาวะที่ก้ำกึ่งของตัวละครนี้ในฉบับนวนิยายให้เป็นผู้ที่มีเพศภาวะหญิงอย่างชัดเจน (ฟิกซ์ เอ็นเตอร์เทนเม้นท์, 2566) ทำให้ความก้ำกึ่งของเพศภาวะของตัวละครนี้ในนวนิยายหายไป

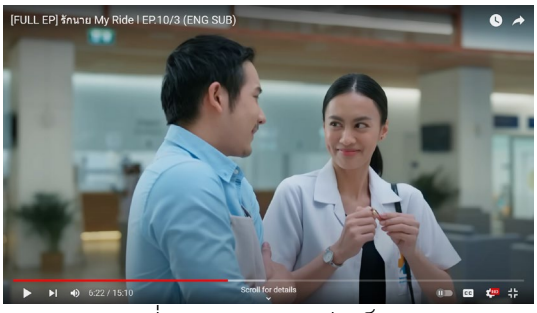
ความเป็นหญิงของตัวละครนาเดียในฉบับซีรีส์ได้รับการนำเสนอโดยผูกกับเรื่องบรรทัดฐานสังคมอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องความรักความสัมพันธ์ กล่าวคือ หากสังคมคาดหวังให้ผู้ชายเป็นฝ่ายสารภาพรักต่อผู้หญิงก่อน ซีรีส์เรื่องนี้ก็นำเสนอให้ตัวละครนาเดียได้สารภาพรักก่อน ดังตัวอย่าง



ภาพที่ 2 นาเดียสารภาพรักกับหมอกังหันแต่ถูกปฏิเสธ

จากภาพข้างต้นเป็นตอนที่นาเดียสารภาพรักกับหมอกังหันเนื่องจากแอบชอบมานานแล้ว แต่หมอกังหันปฏิเสธพร้อมบอกว่า “เดีย ฟังพี่นะ พี่ไม่ได้ชอบผู้หญิง” (ฟิกซ์ เอ็นเตอร์เทนเม้นท์, 2566) จะเห็นได้ว่า แม้ฉบับซีรีส์จะนำเสนอให้นาเดียเป็นฝ่ายเริ่มต้นในเรื่องความรักความสัมพันธ์ซึ่งตรงข้ามกับบรรทัดฐานและความคาดหวังของสังคม แต่ซีรีส์เรื่องนี้ก็ได้นำเสนอว่าตัวละครหญิงที่เป็นฝ่ายเริ่มต้นก่อนได้รับการปฏิเสธ

อย่างไรก็ดี นัยสำคัญของการนำเสนอเรื่องความรักความสัมพันธ์ที่ผูกความเป็นหญิงของตัวละครนาเดียในฉบับซีรีส์เข้ากับกับเรื่องบรรทัดฐานสังคมได้รับการตอกย้ำอีกครั้งในตอนจบของซีรีส์เรื่องนี้ ดังตัวอย่าง



ภาพที่ 3 มะยมขอนาเดียเป็นแฟน

จากภาพเป็นตอนที่มะยมซึ่งเป็นบาริสต้าของร้านกาแฟในโรงพยาบาลได้สารภาพรักกับนาเดียและขอนาเดียเป็นแฟน ในตอนหนึ่งมะยมกล่าวว่า “คุณหมอ เป็นแฟนกับผมได้ไหมครับ” (ฟิกซ์ เอ็นเตอร์เทนเม้นท์, 2566) เมื่อย้อนกลับไปพิจารณาเปรียบเทียบกับฉากสารภาพรักของนาเดียที่ได้กล่าวแล้วจะเห็นได้ว่า การที่มะยมสารภาพรักกับนาเดียเป็นการนำเสนอว่าตัวละครดำเนินรอยตามบรรทัดฐานและความคาดหวังของสังคมในเรื่องความรักความสัมพันธ์ คือ ฝ่ายชายต้องเป็นฝ่ายเริ่มต้นสานสัมพันธ์กับฝ่ายหญิงก่อน ลักษณะดังกล่าวทำให้การนำเสนอเรื่องความรักความสัมพันธ์ของตัวละครนาเดียในตอนแรกเป็นเพียงการเล่นกับบรรทัดฐานสังคมเพื่อเสริมรสชาติให้กับเรื่องราว ก่อนที่ซีรีส์จะพาให้ตัวละครกลับมาดำเนินรอยตามบรรทัดฐานสังคมในที่สุด กล่าวได้ว่า การดัดแปลงเพศภาวะของตัวละครนาเดียในนวนิยายวายเรื่อง “รักนาย My Ride” ให้กลายเป็นซีรีส์ผูกยึดอยู่กับเรื่องบรรทัดฐานสังคมโดยเฉพาะอย่างยิ่งบรรทัดฐานรักต่างเพศที่ให้ความสำคัญกับผู้ชายหรือบุคคลเพศภาวะชายมากกว่าผู้หญิงหรือบุคคลเพศภาวะหญิง

การดัดแปลงนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” เป็นซีรีส์โดยมีเพศภาวะที่ก้ำกึ่งระหว่างความเป็นหญิงและความเป็นชายของตัวละครเป็นเหตุปัจจัยของการดัดแปลงปรากฏอีกครั้งในการดัดแปลงเรื่องราวความสัมพันธ์ระหว่างเฟืองกับครูอัย ฉบับนวนิยายนำเสนอว่าเฟืองเป็นรุ่นพี่คนขับจักรยานยนต์รับจ้างที่อยู่ประจำจุดเดียวกับหมอก ส่วนครูอัยเป็นคนรักของเฟือง ทั้งสองมีความสัมพันธ์กันมานานแล้ว ดังตัวอย่างจากบทสนทนาความว่า

> “คือ...สำหรับพี่ ครูอัยเขา...เขาเป็นไรวะพี่”
>
> “เอ๋า! ไอ้นี่ ก็แฟนกูสิวะ ภาษาบ้าน ๆ ก็เรียกเมีย ก็เมียนั่นแหละ แค่ไม่ได้จดทะเบียนสมรสกัน มึงมาถามอะไรแปลก ๆ วะเนี่ย ไอ้หมอก”
>
> “ถึงเขาเป็นสาวประเภทสอง พี่ก็รักเขาเหรอ”
>
> “อ้าว! ไอ้หมอกนี่ ถามแปลก ๆ ถ้ากูไม่รักเขา กูจะเรียกเขาว่าเมีย จะไปรับไปส่งเขาที่โรงเรียนสอนภาษาทุกวันเหรอวะมึง”
>
> (รังสิมันต์, 2561: 65–66)

บทสนทนาข้างต้นเป็นตอนที่หมอกถามเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเฟืองกับครูอัย เนื่องจากหมอกมีข้อสงสัยว่า เพศภาวะของครูอัยซึ่งเป็น “สาวประเภทสอง” ส่งผลต่อการยอมรับของเฟืองและส่งผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างเฟืองกับครูอัยหรือไม่ คำตอบของเฟืองแสดงให้เห็นว่านวนิยายเรื่องนี้ไม่เพียงนำเสนอเพศภาวะที่ก้ำกึ่งระหว่างความเป็นหญิงและความเป็นชายของตัวละครว่าเป็นเรื่องปกติ แต่ความสัมพันธ์รักระหว่างตัวละครอื่นกับตัวละครที่มีเพศภาวะก้ำกึ่งก็เป็นเรื่องปกติที่สามารถเกิดขึ้นและดำรงอยู่ได้เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ของคู่ชายหญิง

อย่างไรก็ดี เรื่องราวความสัมพันธ์ระหว่างเฟืองกับครูอัยในซีรีส์ได้รับการนำเสนอในซีรีส์เรื่อง “รักนาย My Ride” ด้วย ทว่ามีการดัดแปลงให้แตกต่างไปจากฉบับนวนิยายบางประการ ดังตัวอย่าง



ภาพที่ 4 เฟืองรู้ความจริงว่าครูอัยมีคำนำหน้าชื่อว่านาย

เหตุการณ์ข้างต้นเป็นตอนที่เฟืองเก็บกระเป๋าสตางค์ที่ครูอัยทำตกไว้แล้วได้รู้ความจริงว่าครูอัยที่เขาแอบหลงรักมานานมีคำนำหน้าว่า “นาย” เป็นเหตุให้เฟืองปฏิเสธที่จะไปส่งครูอัยและให้คนอื่นไปส่งแทนแม้ว่าจะถึงรอบที่ต้องออกวิ่งจักรยานยนต์รับจ้างแล้ว (ฟิกซ์ เอ็นเตอร์เทนเม้นท์, 2566) ฉากดังกล่าวไม่ปรากฏในฉบับนวนิยาย ผู้ผลิตซีรีส์ดัดแปลงและเพิ่มเข้าไปในซีรีส์เพื่อนำเสนอว่า ตัวละครที่มีเพศภาวะก้ำกึ่งระหว่างความเป็นหญิงและความเป็นชายได้รับการปฏิเสธแม้ว่าในตอนแรกเฟืองจะตกหลุมรักครูอัยไปแล้วก็ตาม

แม้เรื่องราวความสัมพันธ์ระหว่างเฟืองกับครูอัยเรื่อง “รักนาย My Ride” จะได้รับการดัดแปลงให้แตกต่างไปจากฉบับนวนิยายดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ทว่าในที่สุดการดัดแปลงดังกล่าวก็พาไปสู่บทสรุปของความสัมพันธ์แบบที่ฉบับนวนิยายได้ปูทางไว้ ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 5 เฟืองไม่ปฏิเสธความรู้สึกที่มีต่อครูอัยและขี่รถไปส่งตามเดิม

เหตุการณ์ข้างต้นเป็นตอนที่เฟืองตัดสินใจที่จะยอมรับความรู้สึกที่มีต่อครูอัยโดยไม่สนใจสิ่งที่ครูอัยเป็นอีกต่อไป ดังที่ตัวละครกล่าวในซีรีส์ว่า “กูไม่หนีแล้ว ทั้งครูอัยกับทั้งความรู้สึกตัวเอง” (ฟิกซ์ เอ็นเตอร์เทนเม้นท์, 2566) เมื่อย้อนกลับไปพิจารณาเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์ระหว่างเฟืองและครูอัยที่นำเสนออยู่ในนวนิยายจะเห็นได้ว่าการดัดแปลงให้ตัวละครที่มีเพศภาวะก้ำกึ่งระหว่างความเป็นหญิงและความเป็นชายได้รับการปฏิเสธดังที่ปรากฏในฉบับซีรีส์ทำให้ประเด็นเรื่องเพศภาวะกลายเป็นอุปสรรคขัดขวางความรักที่ตัวละครมี และเป็นเหตุให้ตัวละครต้องทบทวนความรู้สึกก่อนจะตัดสินใจทำตามความรู้สึก ลักษณะดังกล่าวเป็นการเพิ่มความน่าติดตามให้แก่ซีรีส์เรื่องนี้ อย่างไรก็ดี มีข้อน่าพิจารณาว่า การนำเสนอว่าตัวละครได้ก้าวข้ามกำแพงเรื่องเพศภาวะและยอมรับความรู้สึกที่มีต่อตัวละครที่มีเพศภาวะก้ำกึ่งระหว่างความเป็นหญิงและความเป็นชายนั้นได้รับการนำเสนอผ่านตัวละครประกอบ ไม่ใช่ตัวละครหลัก ทั้งยังไม่ส่งผลต่อโครงเรื่องหลักของ “รักนาย My Ride” ด้วย

เมื่อย้อนกลับไปพิจารณาเปรียบเทียบกับฉากสารภาพรักของนาเดียที่ได้กล่าวแล้วจะเห็นได้ว่า การที่มะยมสารภาพรักกับนาเดียเป็นการนำเสนอว่าตัวละครดำเนินรอยตามบรรทัดฐานและความคาดหวังของสังคมในเรื่องความรักความสัมพันธ์ คือ ฝ่ายชายต้องเป็นฝ่ายเริ่มต้นสานสัมพันธ์กับฝ่ายหญิงก่อน ลักษณะดังกล่าวทำให้การนำเสนอเรื่องความรักความสัมพันธ์ของตัวละครนาเดียในตอนแรกเป็นเพียงการเล่นกับบรรทัดฐานสังคมเพื่อเสริมรสชาติให้กับเรื่องราว ก่อนที่ซีรีส์จะพาให้ตัวละครกลับมาดำเนินรอยตามบรรทัดฐานสังคมในที่สุด กล่าวได้ว่า การดัดแปลงเพศภาวะของตัวละครนาเดียในนวนิยายวายเรื่อง “รักนาย My Ride” ให้กลายเป็นซีรีส์ผูกยึดอยู่กับเรื่องบรรทัดฐานสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งบรรทัดฐานรักต่างเพศที่ให้ความสำคัญกับผู้ชายหรือบุคคลเพศภาวะชายมากกว่าผู้หญิงหรือบุคคลเพศภาวะหญิง

ขนบการประพันธ์นวนิยายโรมานซ์กับการดัดแปลงจากนวนิยายเป็นซีรีส์

นวนิยายวายของไทยมีองค์ประกอบและกลวิธีทางวรรณศิลป์สอดคล้องกับนวนิยายโรมานซ์ประชานิยม (popular romance) กล่าวคือ นวนิยายวายของไทยมีโครงสร้างตามขนบนวนิยายโรมานซ์ซึ่งสัมพันธ์กับประเด็นเรื่องเพศภาวะ ขณะเดียวกันก็สามารถประสานขนบการสร้างตัวละครซึ่งเป็นขนบการประพันธ์จากวัฒนธรรมแฟนหรือแฟนฟิก (fan fiction) เข้าไว้ด้วยกันได้ ทั้งยังเปิดรับกระแสวัฒนธรรมประชานิยมต่าง ๆ ในบริบทสังคมไทยอีกด้วย (นัทธนัย ประสานนาม, 2564ข: 156–157) เมื่อพิจารณาการดัดแปลงนวนิยายวายเรื่อง “รักนาย My Ride” เป็นซีรีส์ พบว่า ผู้ผลิตซีรีส์ดัดแปลงนวนิยายเป็นซีรีส์อย่างสัมพันธ์กับขนบการประพันธ์นวนิยายโรมานซ์ สามารถจำแนกได้เป็นการสร้างตัวละครและการวางโครงสร้างของซีรีส์

ในแง่หนึ่ง นวนิยายโรมานซ์มีขนบการสร้างตัวละครแบบแอลฟา (alpha) หรือแอลฟาเมล (alpha male) ซึ่งเป็นตัวละครชายที่แข็งแรง มีความเป็นผู้นำ รูปหล่อ และอาจมีฐานะร่ำรวย ตัวละครแบบแอลฟานี้มักปรากฏร่วมกับตัวละครแบบเบตา (beta) ซึ่งมีความอ่อนโยนและอ่อนไหวมากกว่าตัวละครแบบแอลฟา ทั้งยังยินยอมให้ตัวละครแบบแอลฟาโดดเด่นกว่า นอกจากนี้ยังปรากฏตัวละครแบบโอเมกา (omega) ที่จะได้รับการปกป้องทั้งจากตัวละครแบบแอลฟาและเบตา (Ramsdell, 2012: 50) ขนบการสร้างตัวละครดังกล่าวได้กลายเป็นขนบการสร้างบันเทิงคดีของแฟนหรือแฟนฟิกอย่างแพร่หลายและกลายเป็นส่วนหนึ่งของขนบการประพันธ์นวนิยายวายของไทย (นัทธนัย ประสานนาม, 2564ข: 104–106) ขนบการสร้างตัวละครดังกล่าวแสดงนัยด้านเพศภาวะที่แตกต่างกันในหมู่ตัวละคร ทั้งยังส่งผลต่อการดัดแปลงนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” เป็นซีรีส์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มตัวละครทอยและบอสซึ่งไม่ปรากฏในนวนิยาย

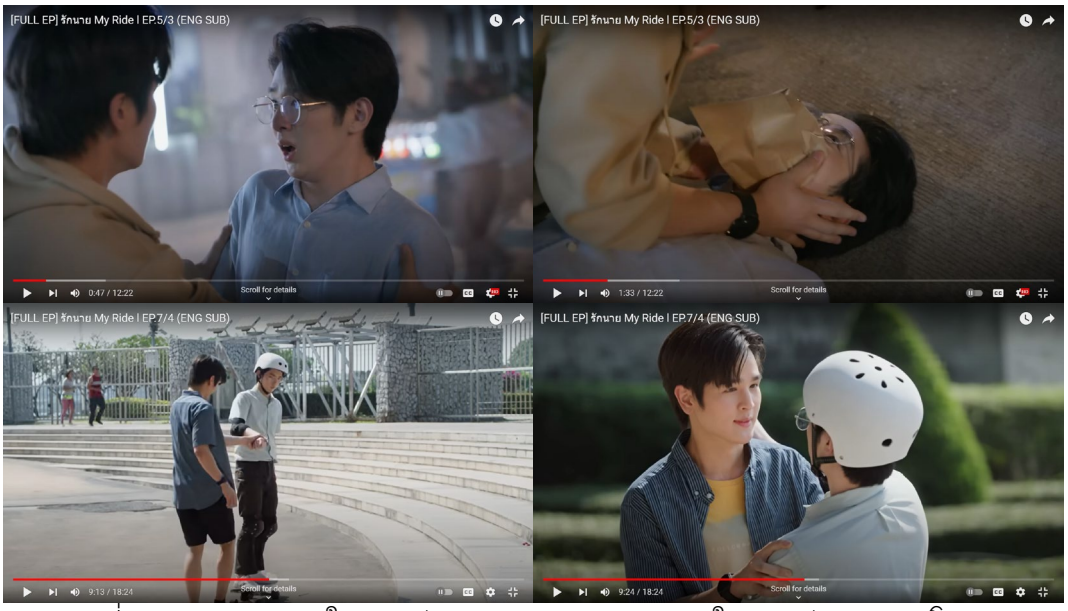
ในฉบับซีรีส์ ตัวละครทอยและบอสได้รับการนำเสนอว่าเป็นนักศึกษาแพทย์ต่างชั้นปี ทอยเป็นนักศึกษาปี 5 และเป็นนักศึกษาแพทย์ชั้นคลินิก ส่วนบอสเป็นนักศึกษาปี 6 และเป็นนักศึกษาแพทย์เวชปฏิบัติ (Extern) ซีรีส์ตอนแรกนำเสนอความขัดแย้งของตัวละครทั้งสองอันมีสาเหตุมาจากการที่ทอยไปล้อเลียนกิริยาอาการและคำพูดของบอสที่ตักเตือนเขาเมื่อมาสายในเวลาตรวจเยี่ยมคนไข้ที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล (Round Ward) ดังตัวอย่าง



ภาพที่ 6 ความขัดแย้งระหว่างบอสกับทอยเมื่อทอยล้อเลียนกิริยาอาการและคำพูดของบอส

ภาพข้างต้นมาจากเหตุการณ์หลังเวลาตรวจเยี่ยมคนไข้ เป็นตอนที่ทอยกำลังล้อเลียนกิริยาอาการและคำพูดของบอสว่า “คุณไม่รู้เหรอครับว่าปีห้าต้องมาก่อนเจ็ดโมง หรืออย่างน้อย ๆ ต้องมาก่อนเอ็กซ์เทิร์นอย่างผม ผมไม่ได้ใจดีนะครับ เข้าใจไหมครับ” และ “กรุณามาราวด์วอร์ดให้ตรงเวลาด้วยนะครับ” เป็นเหตุให้บอสซึ่งเดินมาพบเหตุการณ์ดังกล่าวรู้สึกโกรธและคาดโทษกับทอยว่า “คุณนี่ไม่มีมารยาทเลยนะครับ คุณชื่อทอยใช่ไหม คุณทำตัวอย่างนี้อย่าหวังเลยว่าผมจะคอมเมนต์ให้คุณผ่านไปง่าย ๆ” (ฟิกซ์ เอ็นเตอร์เทนเม้นท์, 2566) ความขัดแย้งระหว่างทอยและบอสที่นำเสนอในซีรีส์เป็นผลมาจากการเพิ่มตัวละครที่ไม่ปรากฏในนวนิยาย ทำให้เรื่องราวน่าติดตามเพิ่มขึ้น

แม้ในตอนแรกการเพิ่มตัวละครทอยและบอสในซีรีส์จะเริ่มต้นด้วยความขัดแย้งระหว่างตัวละคร แต่การสร้างตัวละครทั้งสองนั้นขนบการสร้างตัวละครแบบแอลฟาและโอเมกาตามขนบการประพันธ์นวนิยายโรมานซ์ ดังตัวอย่าง



ภาพที่ 7 การนำเสนอทอยในฐานะตัวละครแบบแอลฟาและบอสในฐานะตัวละครแบบโอเมกา

ตัวอย่างสองภาพบนมาจากซีรีส์ตอนที่ 5 ซึ่งเป็นเหตุการณ์ความวุ่นวายในคืนวันลอยกระทงที่มีกลุ่มอันธพาลทะเลาะวิวาทในงานวัด บอสมีอาการของโรคหายใจเกิน (Hyperventilation Syndrome) เนื่องจากได้ยินเสียงปืนที่ดังเกินไปทำให้ทอยต้องช่วยปฐมพยาบาลเพื่อให้หายใจช้าลง ส่วนสองภาพล่างมาจากซีรีส์ตอนที่ 7 ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่ทอยกับบอสเริ่มสนิทกันมากขึ้น ทอยชวนบอสให้ลองเล่นสเก็ตบอร์ดเพื่อเปิดประสบการณ์ใหม่ ๆ และสอนบอสให้เริ่มเล่นอีกด้วย (ฟิกซ์ เอ็นเตอร์เทนเม้นท์, 2566) จากภาพข้างต้นจะเห็นได้ว่า ตัวละครทอยนอกจากมีรูปลักษณ์หล่อเหลาแล้ว ยังมีลักษณะที่แข็งแรง พร้อมปกป้องบอส และมีความเป็นผู้นำกล้าตัดสินใจในสถานการณ์คับขัน ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับตัวละครแบบแอลฟาหรือแอลฟาเมล ขณะที่ตัวละครบอสก็สอดคล้องกับลักษณะตัวละครแบบโอเมกาที่ได้รับการปกป้องจากตัวละครแอลฟา

กล่าวได้ว่า ขนบการสร้างตัวละครแบบนวนิยายโรมานซ์ส่งผลต่อการเพิ่มตัวละครและเพศภาวะของตัวละครในซีรีส์เรื่อง “รักนาย My Ride” ซึ่งทำให้แตกต่างไปจากนวนิยายต้นฉบับ เพราะแม้นวนิยายจะกล่าวถึงตัวละครหมอกผ่านความคิดของตะวันว่า “เป็นหนุ่มหน้าตาดีอยู่นะ สูง รูปร่างสมส่วน ผิวแทน ๆ หน่อย เครื่องหน้าก็จัดได้ว่าคมอยู่ยิ่งเวลายิ้มยิ่งดูดี” (รังสิมันต์, 2561: 117) แต่ลักษณะของหมอกดังที่บรรยายข้างต้นก็สอดคล้องกับตัวละครแบบแอลฟาในด้านรูปลักษณ์เท่านั้น ยังไม่ปรากฏคุณลักษณะด้านอื่น ๆ การที่ฉบับซีรีส์เพิ่มตัวละครทอยและบอสจึงทำให้ขนบการสร้างตัวละครแบบนวนิยายโรมานซ์ในซีรีส์เรื่อง “รักนาย My Ride” ชัดเจนขึ้นมากกว่าฉบับนวนิยาย

ในอีกแง่หนึ่ง นวนิยายโรมานซ์มีการวางโครงสร้างของเรื่องอย่างเป็นแบบแผน พาเมลา รีจิส (Regis, 2003: 30–38) จำแนกองค์ประกอบนวนิยายโรมานซ์ที่สัมพันธ์กับการพัฒนาโครงเรื่องออกเป็น 8 ประการ ได้แก่ การวาดภาพสังคม (society defined) การพบ (meeting) สิ่งกีดขวาง (barrier) แรงดึงดูดใจ (attraction) การเผยความรู้สึก (declaration) การตายเป็นพิธี (point of ritual death) การระลึกได้ (recognition) และการสมรักสมรส (betrothal)[2] เมื่อ

[2]คำศัพท์ภาษาไทยเหล่านี้ใช้ตามนัทธนัย ประสานนาม (2564ข: 45–48)

พิจารณาองค์ประกอบนวนิยายโรมานซ์ที่ปรากฏในการดัดแปลงนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” เป็นซีรีส์โดยเพ่งเล็งที่ความสัมพันธ์ของหมอกและตะวันซึ่งเป็นตัวละครหลักที่ปรากฏทั้งในนวนิยายและซีรีส์ พร้อมกับพิจารณาความสัมพันธ์ของทอยและบอสซึ่งเป็นตัวละครที่เพิ่มเข้ามาในการดัดแปลง สามารถแสดงการวิเคราะห์ได้ดังตารางต่อไปนี้

องค์ประกอบและคำอธิบาย	หมอกและตะวันในนวนิยาย	หมอกและตะวันในซีรีส์	ทอยและบอสในซีรีส์
การวาดภาพสังคม: ในช่วงต้นของนวนิยายจะวาดภาพสังคมที่ตัวละครเอกต้องเผชิญเพื่อให้ผู้อ่านเห็นภาพ สังคมที่เป็นฉากท้องเรื่องในนวนิยายโรมานซ์มักเป็นสังคมที่บกพร่อง ล้าหลัง หรือศีลธรรมถดถอย มักบีบบังคับตัวละครเอก	สังคมที่ตัวละครเอกมีความแตกต่างด้านสถานะทางสังคมระหว่างแพทย์กับคนขับจักรยานยนต์รับจ้าง ความแตกต่างนั้นทำให้ดูเหมือนว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวละครไม่น่าเป็นไปได้	เหมือนนวนิยาย	สังคมแพทย์ที่เคร่งครัดระเบียบวินัย ต้องมีความรับผิดชอบต่อชีวิตของผู้ป่วย แต่ตัวละครยึดมั่นหรือเคร่งครัดต่อกฎเกณฑ์ดังกล่าวในระดับที่ต่างกัน
การพบ: การพบกันครั้งแรกระหว่างตัวละครเอกมักเกิดขึ้นในตอนต้นเรื่อง ร่องรอยความขัดแย้งมักปรากฏให้เห็นผ่านการพบกันนี้	ตะวันใช้บริการจักรยานยนต์รับจ้าง ทำให้ได้พบกับหมอกและรู้จักกันมากขึ้น แต่หมอกตระหนักถึงสถานะคนขับจักรยานยนต์รับจ้างของตัวเอง	เหมือนนวนิยาย	ทอยผู้ไม่เคร่งครัดกฎระเบียบมาสายในการตรวจเยี่ยมคนไข้ครั้งแรกกับบอส ทำให้บอสคอยเพ่งเล็ง
สิ่งกีดขวาง: ความขัดแย้งที่ทำให้ตัวละครลงเอยกันไม่ได้ อาจกระจายไปปรากฏในฉากต่าง ๆ ตลอดทั้งเรื่อง สิ่งกีดขวางอาจปรากฏให้เห็นชัด หรือเกิดขึ้นภายในจิตใจของตัวละครก็ได้	ความขัดแย้งเกิดจากสภาพสังคมที่วางไว้ หมอกเพิ่งเลิกกับแฟนที่เป็นผู้หญิง ส่วนตะวันเพิ่งเริ่มต้นความสัมพันธ์กับพี่ปอซึ่งเป็นแพทย์ในโรงพยาบาลเดียวกัน	เหมือนนวนิยาย	ความเคร่งครัดกฎระเบียบเกินไปของบอสทำให้ทอยไม่ชอบ ในงานเลี้ยงของโรงพยาบาล ทอยมอมเหล้าบอสและถ่ายรูปเก็บไว้ แต่บอสยังไม่รู้ตัว
แรงดึงดูดใจ: ปัจจัยที่ผลักดันให้ตัวละครเอกข้องเกี่ยวซึ่งกันและกันนานมากพอที่จะพากันข้ามผ่านสิ่งกีดขวาง	หมอกชวนตะวันไปงานลอยกระทง ตะวันถูกตามตัวด่วนเนื่องจากมีอุบัติเหตุ หมอกตามไปส่งและรอรับตะวันกลับ ทั้งสองได้เห็นอีกด้านของกันและกันมากกว่าจะเห็นแค่อาชีพหรือสถานะทางสังคม	เหมือนนวนิยาย แต่เปลี่ยนจากอุบัติเหตุเป็นเหตุทะเลาะวิวาทในงานลอยกระทง	ทอยชวนบอสไปงานลอยกระทง เหตุทะเลาะวิวาทในงานมีเสียงระเบิดทำให้บอสมีอาการของโรคหายใจเกิน ทอยช่วยปฐมพยาบาลจนอาการดีขึ้น บอสได้เห็นทอยในอีกแง่มุมหนึ่งแต่ก็ยังลังเลใจ
การเผยความรู้สึก: ฉากที่ตัวละครสารภาพรักกัน มักปรากฏภายหลังจากที่ช่วยเหลือกันฟันฝ่าสิ่งกีดขวางในเรื่อง	ตะวันรู้ความจริงเรื่องที่พี่ปอมีคนรักอยู่แล้วจึงพยายามตัดใจ หมอกคือคนที่อยู่เคียงข้างทำให้ได้มองหมอกชัดขึ้น ได้ใช้เวลาอยู่ด้วยกันมากขึ้น จนสถานะทางสังคมไม่เป็นอุปสรรคอีก หมอกสารภาพรักตะวัน	เหมือนนวนิยาย	บอสพยายามตีตัวออกหากจากทอย ทอสขอโทษบอสและลบคลิปที่เคยถ่ายไว้ พร้อมชวนไปใช้ชีวิตนอกโรงพยาบาลด้วยการเล่นสเก็ตบอร์ด ทำให้ได้ใช้เวลาอยู่ด้วยกันมากขึ้นและเริ่มตกหลุมรัก ทอยเผลอจูบบอส
การตายเป็นพิธี: ช่วงเวลาที่การอยู่ร่วมกันของตัวละครเอกดู	ไม่ปรากฏ	เฟิร์นซึ่งเป็นคนรักเก่าของหมอกมาขอคืนดี ตะวันมาเห็น	บอสโกรธหลังจากทอยเผยความรู้สึก ทั้งสองไม่สามารถ

องค์ประกอบและคำอธิบาย	หมอกและตะวันในนวนิยาย	หมอกและตะวันในซีรีส์	ทอยและบอสในซีรีส์
เหมือนจะเป็นไปไม่ได้ สิ่งกีดขวางในเรื่องเหมือนจะยังคงอยู่และแข็งแรงเกินกว่าจะข้ามผ่านไป เป็นจังหวะสุดท้ายของเรื่องที่จะสร้างวิกฤตสูงสุดก่อนจะคลี่คลาย มักเกิดขึ้นกับตัวละครเอกหญิง		เข้าจึงลาพักร้อนและกลับบ้านที่เชียงรายโดยไม่ได้แจ้งให้หมอกทราบ	ปรับความเข้าใจกันได้ บอสขอให้ทอยเลิกยุ่งกับบอส ทอยยอมออกไปจากชีวิตของบอส
การระลึกได้: ฉากที่ผู้ประพันธ์นำเสนอข้อมูลที่ขจัดสิ่งกีดขวางให้หมดไป มักนำเสนอฉากนี้ผ่านตัวละครเอกหญิง ภายหลังการระลึกได้ ตัวละครเอกหญิงจะเห็นตัวละครเอกชายชัดเจนขึ้นและตระหนักในความรักที่มี	ไม่ปรากฏ	หมอกตัดสินใจไปขอคืนดีกับตะวัน จึงไปหาตะวันที่เชียงรายและอธิบายทุกอย่างให้ตะวันเข้าใจ ตะวันเห็นความพยายามของหมอก	บอสทราบจากอาจารย์หมอว่าทอยไม่ได้กลั่นแกล้งเขาแม้มีโอกาส อาจารย์หมอชมบอสที่ทำให้ทอยเป็นคนดีขึ้น อยู่ในรูปในรอยมากขึ้น ทำให้บอสได้ทบทวนความรู้สึก
การสมรักสมรส: ฉากที่ตัวละครเอกร้องขอและตอบรับการลงเอยกัน ไม่จำเป็นต้องจบด้วยการสมรสเสมอไป	หมอกคบกับตะวันมาสองปีแต่ยังไม่ได้ขอเป็นคนรัก ตะวันยื่นเงื่อนไขให้ต้องไปพบครอบครัวของตะวันก่อน นวนิยายจบเพียงเท่านั้น	หมอกและตะวันสารภาพรักกันและกัน สี่ปีผ่านไป ทั้งสองได้ใช้ชีวิตด้วยกันที่เชียงราย หมอกเรียนจบมหาวิทยาลัยและเปิดกิจการร้านซ่อมรถพร้อมขายรถจักรยานยนต์ ตะวันเป็นหมอในโรงพยาบาลใกล้บ้าน	บอสทนความคิดถึงที่มีต่อทอยไม่ไหว จึงไปขอโทษและสารภาพความรู้สึกกับทอยกลางห้องเรียน ทั้งสองตกลงเป็นคนรักกันโดยมีเพื่อนร่วมชั้นของทอยเป็นพยาน

จากตารางจะเห็นว่า เมื่อพิจารณานวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” และการดัดแปลงนวนิยายเป็นซีรีส์โดยพิจารณาองค์ประกอบนวนิยายโรมานซ์ที่สัมพันธ์กับการพัฒนาโครงเรื่อง พบว่า ฉบับนวนิยายซึ่งเล่าความสัมพันธ์ระหว่างหมอกและตะวันมีองค์ประกอบนวนิยายโรมานซ์ไม่ครบ กล่าวคือ องค์ประกอบที่มีประกอบด้วยการวาดภาพสังคม การพบ สิ่งกีดขวาง แรงดึงดูดใจ การเผยความรู้สึก และการสมรักสมรส ไม่ปรากฏองค์ประกอบด้านการตายเป็นพิธีและการระลึกได้ ทำให้อารมณ์ความรู้สึกที่หมอกและตะวันมีให้แก่กันไม่ได้รับการตอกย้ำในช่วงท้ายของเรื่อง เมื่อมีการดัดแปลงนวนิยายเป็นซีรีส์ ฉบับซีรีส์ได้ดัดแปลงโดยเพิ่มเหตุการณ์ที่ทำให้มีองค์ประกอบด้านการตายเป็นพิธีและการระลึกได้เข้าไป ทั้งยังนำตัวละครเฟิร์นที่ปรากฏในตอนต้นเรื่องมาผูกปมในฉากที่เฟิร์นขอคืนดีกับหมอกเพื่อให้ตะวันเข้าใจผิด และเพื่อให้หมอกได้ขอคืนดีกับตะวันในภายหลัง (ฟิกซ์ เอ็นเตอร์เทนเม้นท์, 2566) การดัดแปลงที่เกิดขึ้นเปิดโอกาสให้ตะวันได้แสดงอาการน้อยใจและตัดสินใจถอยห่างจากหมอก ขณะเดียวกันก็เป็นโอกาสให้หมอกได้เน้นย้ำความรู้สึกของตนเองที่มีต่อตะวัน เป็นการตอกย้ำอารมณ์ความรู้สึกที่ตัวละครมีให้แก่กันมากกว่าที่ปรากฏในฉบับนวนิยาย นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาว่าองค์ประกอบด้านการตายเป็นพิธีมักเกิดกับตัวละครหญิง เหตุการณ์ที่ตะวันเห็นเฟิร์นมาขอคืนดีกับหมอกแล้วหนีกลับไปบ้านที่เชียงรายก็สามารถจัดวางบทนายเอกของตะวันเทียบทาบกับบทของตัวละครหญิงในนวนิยายโรมานซ์ได้พอดี ที่น่าสนใจก็คือ การปรับเปลี่ยนตัวละครหมอกในตอนท้ายเรื่อง จากที่เพียงแค่คิดว่า “ส่วนเราก็จะเรียน ป.ตรี” (รังสิมันต์, 2561: 369) ในนวนิยาย ให้กลายเป็นหมอกที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีแล้วและเปิดกิจการของตัวเองเมื่อเวลาผ่านไปสี่ปี (ฟิกซ์ เอ็นเตอร์เทนเม้นท์, 2566) อันเป็นการเลื่อนสถานะของตัวละครผ่านมหาวิทยาลัยที่หล่อหลอมให้มีการศึกษา อาชีพ วิถีชีวิตและวัฒนธรรมของชนชั้นกลาง ทำให้

ความแตกต่างด้านสถานะทางสังคมระหว่างแพทย์กับคนขับจักรยานยนต์รับจ้างที่นวนิยายและซีรีส์วาดภาพสังคมไว้ในช่วงต้นสลายหายไปด้วย

ขณะเดียวกัน “รักนาย My Ride” ฉบับซีรีส์ก็เพิ่มตัวละครทอยกับบอสซึ่งไม่ปรากฏในนวนิยายและนำเสนอการพัฒนาความสัมพันธ์ของตัวละครทั้งสองอย่างสอดคล้องกับโครงสร้างการเล่าเรื่องของนวนิยายโรมานซ์ กล่าวคือ ในโครงเรื่องที่เล่าถึงความสัมพันธ์ระหว่างทอยและบอสได้วาดภาพสังคมของนักศึกษาแพทย์ที่เริ่มเรียนและปฏิบัติงานคลินิกในโรงพยาบาล การพบกันของทั้งคู่เริ่มต้นด้วยความขัดแย้งจากการยึดมั่นในกฎระเบียบที่แตกต่างกันและได้กลายเป็นสิ่งกีดขวางให้ดูเหมือนว่าความสัมพันธ์ของตัวละครไม่สามารถเป็นไปได้ กระทั่งเหตุการณ์คืนวันลอยกระทงที่ทำให้บอสเกิดแรงดึงดูดใจจากการได้เห็นอีกแง่มุมหนึ่งของอีกฝ่าย เหตุการณ์ดังกล่าวนำไปสู่การเผยความรู้สึกของทอย ทว่าความไม่มั่นใจของบอสก็เป็นเหตุให้เกิดเหตุการณ์ในช่วงการตายเป็นพิธี เมื่อทั้งสองห่างกัน บอสได้รับข้อมูลจากอาจารย์หมอจึงเริ่มระลึกได้และได้ทบทวนความรู้สึกของตัวเองก่อนที่บอสจะสารภาพความรู้สึกที่มีต่อทอยกลางห้องเรียนเป็นการลงเอยด้วยเหตุการณ์สมรักสมรส ความสัมพันธ์ของตัวละครคู่นี้สอดคล้องกับองค์ประกอบนวนิยายโรมานซ์ที่สัมพันธ์กับการพัฒนาโครงเรื่องอย่างพอดิบพอดี ที่น่าสนใจก็คือ การกำหนดให้องค์ประกอบการตายเป็นพิธีซึ่งมักเกิดกับตัวละครหญิงนั้นเกิดขึ้นกับตัวละครบอสซึ่งมีลักษณะสอดคล้องกับตัวละครแบบโอเมกา ทำให้ขนบการสร้างตัวละครและการวางโครงสร้างของนวนิยายโรมานซ์ประสานกันผ่านการดัดแปลงที่เกิดขึ้นในฉบับซีรีส์

วิจารณ์และสรุปผล

จากการศึกษาการดัดแปลงนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” เป็นฉบับซีรีส์ด้วยมุมมองการวิจารณ์แนวเพศภาวะ พบว่า การดัดแปลงนวนิยายวายเรื่องดังกล่าวเป็นซีรีส์สัมพันธ์กับความเป็นหญิงและความเป็นชายของตัวละครทั้งยังสัมพันธ์กับขนบการประพันธ์นวนิยายโรมานซ์อีกด้วย

ในแง่หนึ่ง ความเป็นหญิงและความเป็นชายของตัวละครส่งผลต่อการดัดแปลงนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” เป็นซีรีส์ ทั้งยังสัมพันธ์กับการนำเสนอปัญหาเรื่องการเข้าสู่ความสัมพันธ์รักที่มีปัจจัยเรื่องเพศภาวะเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย กรณีที่เป็นตัวละครรอง ความก้ำกึ่งของเพศภาวะของตัวละครที่ปรากฏในนวนิยายได้รับการดัดแปลงให้กลายเป็นตัวละครเพศภาวะหญิง ขณะที่ปัญหาเรื่องความก้ำกึ่งของเพศภาวะที่ส่งผลให้ไม่สามารถเข้าสู่ความสัมพันธ์รักกับตัวละครอื่นได้ในฉบับนวนิยายกลับไม่ได้รับการนำเสนอในฉบับซีรีส์ นอกจากนี้ การนำเสนอตัวละครหญิงที่ดัดแปลงมาจากตัวละครที่มีความก้ำกึ่งด้านเพศภาวะยังอยู่ภายในกรอบบรรทัดฐานของสังคมรักต่างเพศอีกด้วย ส่วนกรณีตัวละครประกอบที่มีบทบาทเพียงบางฉาก ความก้ำกึ่งของเพศภาวะของตัวละครที่ปรากฏในนวนิยายยังคงปรากฏในฉบับซีรีส์ ทว่าซีรีส์นำเสนอว่าความก้ำกึ่งนั้นเป็นปัญหาให้ตัวละครไม่สามารถเข้าสู่ความสัมพันธ์ได้ในตอนแรกก่อนที่จะยอมรับความรู้สึกและเริ่มต้นความสัมพันธ์กันในภายหลัง ขณะที่นวนิยายต้นฉบับนั้นไม่ปรากฏปัญหาดังกล่าว เมื่อพิจารณาการเมืองวัฒนธรรมของเพศสภาวะและเพศวิถีที่ปรากฏผ่านการดัดแปลงดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการดัดแปลงที่เกิดขึ้นเบียดขับตัวละครในนวนิยายที่มีเพศภาวะก้ำกึ่งระหว่างความเป็นหญิงและความเป็นชายให้หายไปจากซีรีส์ สอดคล้องกับการสำรวจของร็อกเก็ต มีเดีย แล็บ (Rocket Media Lab) ที่พบว่า ซีรีส์วายไทยที่ออกอากาศช่วงปี พ.ศ.2563–2564 เกือบทั้งหมดยังคงเสนอภาพของชายตรงเพศ (straight) ที่รักกัน ขณะที่กลุ่มคนผู้ที่มีความหลากหลายทางเพศถูกกีดกันให้กลายเป็นคนชายขอบหรือไม่ก็ถูกนำเสนอเป็นตัวตลก อันสะท้อนชุดความคิดแบบชายเป็นใหญ่และสร้างภาพจำเรื่องเพศให้แก่สังคมไทย (สิทธิศักดิ์ บุญมั่น, 2564)

ในอีกแง่หนึ่ง ขนบการประพันธ์นวนิยายโรมานซ์ซึ่งสัมพันธ์กับประเด็นเรื่องเพศภาวะและส่งผลต่อโครงสร้างของนวนิยายวายไทยก็ส่งผลต่อการดัดแปลงนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” เป็นซีรีส์ ทั้งในแง่การสร้างตัวละครและการวางโครงสร้างของซีรีส์ ในแง่ตัวละคร ขนบการสร้างตัวละครแบบแอลฟาและโอเมกาในนวนิยายโรมานซ์ส่งผลให้มีการเพิ่มตัวละครทอยและบอสซึ่งไม่ปรากฏในนวนิยาย ตัวละครที่เพิ่มเข้ามานอกจากจะมีเพศภาวะอิงอยู่กับขนบดังกล่าวแล้ว ยังทำให้ลักษณะตัวละครตามขนบการประพันธ์นวนิยายโรมานซ์ชัดเจนขึ้นด้วย ส่วนในแง่การวางโครงสร้างของซีรีส์ ขนบการประพันธ์นวนิยายโรมานซ์ที่ต้องมีองค์ประกอบ 8 ประการส่งผลต่อการดัดแปลงเรื่องความสัมพันธ์ของตัวละครหลักที่ยังไม่ครบองค์ประกอบในนวนิยายให้กลายเป็นการเล่าเรื่องความสัมพันธ์ที่ครบตามองค์ประกอบนวนิยายโรมานซ์ในฉบับซีรีส์ ส่วนตัวละครที่เพิ่มเข้ามาตามขนบการสร้างตัวละครที่กล่าวไปก่อนหน้านี้ก็ได้รับการนำเสนอความสัมพันธ์รักและการพัฒนาความสัมพันธ์อย่างสอดคล้องกับองค์ประกอบนวนิยายโรมานซ์ อนึ่ง หากพิจารณาตามข้อสรุปที่ว่า ความนิยมที่มีต่อนวนิยายวายหรือซีรีส์วายเกี่ยวเนื่องกับพลวัตทางสังคม เศรษฐกิจ การเมืองและวัฒนธรรมของชนชั้นกลาง (สุดารัตน์ ดวงดี, 2566: 172) การดัดแปลงที่เกิดขึ้นในแง่การสร้างตัวละครและการวางโครงสร้างของซีรีส์อย่างสัมพันธ์กับขนบการประพันธ์นวนิยายโรมานซ์ดังที่กล่าวมาก็มีนัยที่อ้างอิงอยู่กับวัฒนธรรมที่สัมพันธ์กับชนชั้นกลางมากกว่าที่จะอ้างอิงอยู่กับวัฒนธรรมที่สัมพันธ์กับเพศภาวะและเพศวิถี

ทั้งความเป็นหญิงและความเป็นชายของตัวละคร และขนบการประพันธ์นวนิยายโรมานซ์ที่สัมพันธ์กับการดัดแปลงนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” เป็นซีรีส์ดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นอคติทางวัฒนธรรมในมิติเพศภาวะ เนื่องจากชนชั้นกลางได้สร้างบรรทัดฐานรักต่างเพศเพื่อการจัดระเบียบให้ชายและหญิงอยู่ในโครงสร้างความสัมพันธ์ทางเพศที่เห็นว่าเหมาะสม เช่น เพศชายต้องมีความเข้มแข็ง อดทน ไม่อ่อนแอ เป็นผู้นำ ส่วนผู้หญิงต้องมีความนุ่มนวล อ่อนหวาน รักนวลสงวนตัว ว่านอนสอนง่าย การที่ตัวละครที่มีความก้ำกึ่งทางเพศภาวะในนวนิยายได้รับการดัดแปลงเป็นตัวละครที่ไม่มีความก้ำกึ่งดังกล่าวในฉบับซีรีส์แสดงให้เห็นบรรทัดฐานรักต่างเพศของชนชั้นกลางที่ปฏิเสธและไม่ยอมรับเพศภาวะที่ไม่ใช่ชายและหญิง ขณะที่การดัดแปลงนวนิยายเป็นซีรีส์โดยเพิ่มตัวละครและโครงเรื่องตามขนบการประพันธ์นวนิยายโรมานซ์ก็แสดงให้เห็นการให้คุณค่าต่อตัวละครที่มีเพศภาวะชายตามบรรทัดฐานรักต่างเพศที่ให้อำนาจแก่เพศชายหรือชายเป็นใหญ่ (patriarchy) เป็นหลัก นอกจากนี้ การเพิ่มตัวละครแบบแอลฟาและโอเมกาตามขนบนวนิยายโรมานซ์ยังสอดรับกับกระแสการเติบโตของนวนิยายแนวจักรวาลโอเมกาในช่วงปี พ.ศ. 2562–2563 ซึ่งเป็นผลมาจากความเฟื่องฟูของอุตสาหกรรมวายในประเทศไทยหลังปี พ.ศ. 2557 อันทำให้เกิดรสชาติแปลกใหม่ที่เป็นทางเลือกของผู้อ่านผู้ชมในวัฒนธรรมวาย (บุษกร ไชยราช, 2565: 5) ด้วย อาจกล่าวได้ว่า การวิจารณ์แนวเพศภาวะเปิดเผยให้เห็นปัจจัยสำคัญในการดัดแปลงนวนิยายเรื่อง “รักนาย My Ride” เป็นฉบับซีรีส์ นั่นคือ บรรทัดฐานรักต่างเพศและขนบนวนิยายโรมานซ์ซึ่งเป็นผลผลิตทางวัฒนธรรมที่สัมพันธ์กับชนชั้นกลาง

ข้อเสนอแนะจากบทความนี้ คือ ควรมีการศึกษาซีรีส์วายเรื่องอื่น ๆ ที่ดัดแปลงจากนวนิยายโดยพิจารณาด้วยมุมมองการวิจารณ์แนวเพศภาวะ เพื่อทำความเข้าใจทั้งนวนิยายและซีรีส์วายในฐานะปรากฏการณ์สื่อบันเทิงร่วมสมัยที่ได้รับความนิยม

เอกสารอ้างอิง

กรุงเทพธุรกิจ. (10 มิถุนายน 2567). **สื่อนอกชี้ 'ซีรีส์วายไทย' ทำถึงทำดี! มีแฟนคลับคลั่งไคล้ทั่วเอเชีย.** กรุงเทพธุรกิจ. สืบค้นจาก https://www.bangkokbiznews.com/world/1130736

ชวินโรจน์ ลิขิตเจริญสกุล. (2566). **รูปแบบของซีรีส์ชายรักชายที่ประสบความสำเร็จ**. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ณิชชารีย์ เลิศวิชญโรจน์. (2560). **หัวใจ/วาย**. กรุงเทพฯ: บันบุ๊คส์.

ธัญญา สังขพันธานนท์. (2560). **แว่นวรรณคดี ทฤษฎีร่วมสมัย** (พิมพ์ครั้งที่ 2). ปทุมธานี: นาคร.

นพพร ประชากุล. (2552). **แนวคิดสกุล "สตรีนิยม" (Feminism).** ใน ยอกอักษร ย้อนความคิด เล่ม 2 ว่าด้วยสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ (น. 193–204). กรุงเทพฯ: อ่าน.

นฤพนธ์ ด้วงวิเศษ และ แจ็กสัน, พี. เอ. (2556). **เพศหลากเฉดสี: พหุวัฒนธรรมทางเพศในสังคมไทย**. กรุงเทพฯ: ศูนย์มานุษยวิทยาสิรินธร.

นัทธนัย ประสานนาม. (2564ก). **เขียนด้วยเงา เล่าด้วยแสง: วรรณกรรมกับการดัดแปลงศึกษา**. กรุงเทพฯ: แสงดาว.

นัทธนัย ประสานนาม. (2564ข). **นวนิยายยาโออิของไทย: การเมืองวัฒนธรรมของเพศสถานะและเพศวิถีในโรมานซ์ประชานิยม**. กรุงเทพฯ: ฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุษกร ไชยราช. (2565). **นวนิยายแนวจักรวาลโอเมก้าของไทย**. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ฟิกซ์ เอ็นเตอร์เทนเม้นท์. (2566). **รักนาย My Ride**. สืบค้นจาก https://youtube.com/playlist?list=PLwr0z8ElcoF9HCchNUpX0WgH6lJb-LBXu&si=oosz6MwkfsgAD4l8

มติชนออนไลน์. (28 ตุลาคม 2563). **ทำไมนิยายชายรักชายถึงได้รับความนิยมมากกว่านิยายหญิงรักหญิง.** มติชน. สืบค้นจาก https://www.matichon.co.th/publicize/news_2416379

สิทธิศักดิ์ บุญมั่น. (2564). **ภาพจำของซีรีส์วายในประเทศไทย: เมื่อความเป็นจริงไม่ใช่สิ่งที่ปรากฏบนหน้าจอ**. สืบค้นจาก https://www.amnesty.or.th/latest/blog/923/

สุดารัตน์ ดวงดี. (2566). **นวนิยายยาโออิ: ที่พักพิงทางอารมณ์ความรู้สึกของหญิงชนชั้นกลางไทย พ.ศ. 2555–2565.** วารสารประวัติศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระดับปริญญาตรี, 1(2), 155–175.

สุรเดช โชติอุดมพันธ์. (2559). **ทฤษฎีวรรณคดีวิจารณ์ตะวันตกในคริสต์ศตวรรษที่ 20**. กรุงทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัญชัญ อันชัยศรี. (2566). **ซีรีส์วายไทย: บทหนังไปไกล แต่โครงสร้างไทยยังเหมือนเดิม**. สืบค้นจาก https://theactive.net/read/y-content-thai/

Ramsdell, K. (2012). **Romance fiction: A guide to the genre** (2nd ed.). California: Libraries Unlimited.

Regis, P. (2003). **A Natural History of the Romance Novel**. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.

องค์ประกอบของเครือข่ายความร่วมมือสำหรับโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่: สภาพปัจจุบันและสภาพพึงประสงค์

Elements within the collaborative network for Schools under the Chiang Mai provincial administrative organization: Current situation and desirable situation

ชาญวิทย์ คำเจริญ[1*] และปฐมาวดี จงรักษ์[2]

Chanwit Kamcharean[1*] and Patamawadee Jongruck[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาเรื่องแนวทางการพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือสำหรับโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสภาพปัจจุบัน สภาพที่พึงประสงค์ ตามองค์ประกอบตัวชี้วัดของเครือข่ายความร่วมมือสำหรับโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ โดยเป็นงานวิจัยเชิงผสมผสานกลุ่มเป้าหมายได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษา ครูและบุคลากรทางการศึกษา ผู้บริหารองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม เก็บข้อมูลเชิงปริมาณด้วยแบบสอบถามจำนวน 112 คน และข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้างจำนวน 5 คน รวมทั้งสิ้น 117 คน ได้มาโดยวิธีเลือกแบบเจาะจง สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความก้าวหน้า ผลการวิจัยพบว่า องค์ประกอบของเครือข่ายความร่วมมือทั้ง 5 ด้านมีค่าเฉลี่ยสภาพปัจจุบันเท่ากับ 5.77±0.25 ค่าเฉลี่ยสภาพพึงประสงค์เท่ากับ 7.59±0.80 ผลต่างของระดับคะแนนเท่ากับ 1.82 ค่าความแตกต่างน้อย ค่าความก้าวหน้าเท่ากับ 0.43 อยู่ในระดับปานกลาง ด้านการบริหารจัดการเครือข่ายมีค่าความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำ และด้านบทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีค่าความก้าวหน้าอยู่ในระดับสูง สาเหตุสำคัญที่ทำให้สภาพปัจจุบันแตกต่างจากสภาพที่พึงประสงค์คือการบริหารจัดการเครือข่ายที่ขาดความชัดเจน และความต่อเนื่องของนโยบาย โดยมีแนวทางที่จะทำให้เกิดสภาพที่พึงประสงค์คือการให้อิสระโรงเรียนในการกำหนดแนวทางการบริหารจัดการศึกษาได้เต็มตามศักยภาพ สอดคล้องกับบริบทของชุมชน และมุ่งเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง

คำสำคัญ: เครือข่ายความร่วมมือ, สภาพปัจจุบัน, สภาพพึงประสงค์, องค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่

[1]สำนักวิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะรัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[2] สำนักวิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะรัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[1] School of Public Administration Faculty of Political Science and Public Administration Chiang Mai University Chiang Mai

[2] School of Public Administration Faculty of Political Science and Public Administration Chiang Mai University Chiang Mai

*Corresponding author : chanwit_kam@g.cmru.ac.th

Abstract

This research is part of a study on the Collaborative Network Development Guideline for Schools Under the Chiang Mai Provincial Administrative Organization. The purpose is to study the current situation and the desirable situation according to the indicators of the collaborative network for schools under the Chiang Mai Provincial Administrative Organization which is a mixed-methods research. The target group includes school administrators, teachers, educational personnel and administrators from the Chiang Mai Provincial Administrative Organization that divided into 2 groups, quantitative data were collected using questionnaires from 112 participants, and qualitative data were collected through semi-structured in-depth interviews from 5 participants, totaling 117 participants selected through purposive sampling. The statistics used to analyze the data were mean, percentage, standard deviation, and normalized gain <g>. The results of this study reveal that the five elements within the collaborative network have an average current situation of 5.77±0.25, a desirable situation score of 7.59±0.80, a GAP of 1.82, a low difference, and a normalize gain <g> of 0.43, which is a moderate level. In terms of network management, the progress level is low, while the role of stakeholders has a high progress level. The primary reason why the current situation differs from the desirable situation is the unclear management of the network and the lack of continuity in policies. The approach to achieving the desirable situation is to grant schools autonomy to determine educational management strategies to their full potential, consistent with the community context, and focus on student-centered.

Keywords: Collaborative Network, Current situation, Desirable situation, Chiang Mai Provincial Administrative Organization

บทนำ

การศึกษาเป็นกระบวนการให้และรับความรู้ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการปรับเปลี่ยนทัศนคติ การสร้างจิตสำนึก การเพิ่มพูนทักษะ การอบรมปลูกฝังค่านิยม การถ่ายทอดศาสนาศิลปะและวัฒนธรรมของสังคม โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะให้บุคคลมีความเจริญงอกงามทางปัญญา มีความรู้ความสามารถที่เหมาะสมสำหรับประกอบอาชีพ สามารถดำรงชีวิตได้อย่างเหมาะสม มีค่านิยมที่ดีและอยู่ร่วมกับผู้อื่นอย่างมีความสุข และที่สำคัญการศึกษาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาประเทศ ทั้งในด้านสังคม เศรษฐกิจและการเมือง การศึกษาช่วยยกระดับคุณภาพประชากรของชาติให้มีคุณภาพ สอดคล้องกับแนวทางของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13 (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2565) ซึ่งหากมีการปรับเปลี่ยนของสภาพของสังคม เศรษฐกิจและการเมือง การจัดการศึกษาของประเทศก็จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังนั้นแนวทางในการจัดการศึกษาในแต่ละประเทศจึงแตกต่างกันตามความเชื่อ แนวคิดและปรัชญาการจัดการศึกษา (สมหมาย ปวะบุตร, 2558) การศึกษาของประเทศไทยในปัจจุบัน มีกระทรวงศึกษาธิการ และกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เป็นหน่วยงานหลักในการกำกับควบคุม โดยภาครัฐจะเข้ามาดูแลโดยตรงและเปิดโอกาสให้เอกชนมีส่วนร่วมในการศึกษาตั้งแต่ระดับการศึกษาปฐมวัยจนถึงระดับอุดมศึกษา ทั้งนี้รัฐจะต้องจัดให้อย่างทั่วถึงและมีคุณภาพโดยไม่เก็บค่าใช้จ่ายตามความในรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550 ปัจจุบันการศึกษาในประเทศไทยมีทั้งสิ้น 3 รูปแบบ คือ การศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย (ประหยัด พิมพา, 2561)

รูปแบบการจัดการศึกษาในปัจจุบันยังพบปัญหาที่มาจากการควบคุม กำกับดูแลจากหน่วยงานส่วนกลางเช่น 1) หลักสูตรการศึกษาจากส่วนกลางไม่มีความยืดหยุ่นสำหรับโรงเรียนในแต่ละท้องถิ่น ไม่สอดคล้องกับบางพื้นที่ที่มีผู้ใช้ภาษาอื่นจำนวนมาก เช่น โรงเรียนในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ หรือพื้นที่ภาคเหนือ 2) การแก้ไขปัญหาทางการศึกษาจากส่วนกลาง จำเป็นต้องมีหน่วยงานย่อยในท้องที่รับผิดชอบ หากไม่มีหน่วยงานย่อยก็จำเป็นต้องจัดตั้งหน่วยงานย่อยขึ้นใหม่ทำให้เกิดการขยายตัวของหน่วยงานภายใต้การดูแลของส่วนกลาง เกิดภาระงานในการดูแลที่เพิ่มมากขึ้น 3) ปัญหาด้านการบริหารบุคลากรในระดับพื้นที่การศึกษาและสถานศึกษาที่ไม่สามารถบริหารจัดการได้เอง ต้องได้รับการจัดสรรมาจากหน่วยงานส่วนกลางเท่านั้น 4) ปัญหาการบริหารงบประมาณของสถานศึกษาไม่สามารถขอรับงบประมาณแบบเหมาจ่ายรวมได้ จึงขาดความยืดหยุ่นและล่าช้า ทำให้ไม่สามารถใช้งบประมาณได้ทันการณ์และไม่ตอบสนองบริบทในพื้นที่ 5) ความไม่พร้อมของบุคลากรทางการศึกษาและผู้บริหารสถานศึกษา ที่เกิดจากการโยกย้ายเปลี่ยนแปลงสภาพจากระบบราชการมาเป็นองค์กรแบบมหาชนหรือแบบนิติบุคคล ทำให้เกิดการต่อต้านจากครู และผู้บริหาร เนื่องจากไม่อยากลดสถานะตนเองและต่อต้านวิธีการบริหารการศึกษารูปแบบนี้ ส่งผลให้ไม่สามารถกำหนดนโยบายหรือคานอำนาจผู้บริหารได้จริง จากสภาพปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดในการกระจายอำนาจจากส่วนกลางไปยังส่วนท้องถิ่น (อภิชัย พันธเสน และคณะ, 2558)

ในปี พ.ศ. 2542 มีการกระจายอำนาจรูปแบบการศึกษาไปยังองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นให้มีสิทธิในการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยดำเนินการภายใต้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ที่เน้นให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยกำหนดว่าจะต้องมีการถ่ายโอนภารกิจจากราชการบริหารส่วนกลางและส่วนภูมิภาคในการจัดบริการสาธารณะ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ภารกิจ ได้แก่ 1) ด้านโครงสร้างพื้นฐาน 2) ด้านงานส่งเสริมคุณภาพชีวิต 3) ด้านการจัดระเบียบชุมชน สังคม และการรักษาความสงบเรียบร้อย 4) ด้านการวางแผน การส่งเสริมการลงทุน พาณิชยกรรมและการท่องเที่ยว 5) ด้านการบริหารจัดการ และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติสิ่งแวดล้อม และ 6) ด้านศิลปะวัฒนธรรม จารีตประเพณีและภูมิปัญญาท้องถิ่น (วุฒิสาร ตันไชย, 2545)

การกระจายอำนาจทางการศึกษาสู่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะประสบผลสำเร็จได้จึงจำเป็นจะต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างความพร้อมให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในการจัดการศึกษาและรับถ่ายโอนสถานศึกษา เพื่อให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถจัดการศึกษาเพิ่มมากขึ้นทั้งทางการศึกษาในระบบการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย ตามความพร้อม ความเหมาะสมและความต้องการภายในท้องถิ่น เพื่อให้เด็กเยาวชนและประชาชนได้รับการศึกษาที่มีคุณภาพอย่างทั่วถึงสอดคล้องกับความต้องการที่หลากหลายและวิถีชีวิตของท้องถิ่น ควรมีการสร้างเครือข่ายความร่วมมือ การทำงานร่วมกันซึ่งการสร้างเครือข่ายเป็นปัจจัยสำคัญของการส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน เพราะสมาชิกในเครือข่ายมีบทบาทสำคัญในการดำเนินงานร่วมกัน ทุกฝ่ายมีส่วนร่วมและแบ่งบทบาทหน้าที่กันทำ และทำบางอย่างร่วมกัน

องค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ให้บริการสาธารณะจำนวนทั้งสิ้น 25 อำเภอ ครอบคลุมในทุกด้านของการให้บริการสาธารณะตามอำนาจหน้าที่รับผิดชอบ สำหรับงานด้านการศึกษา ได้จัดตั้ง สำนักการศึกษาศาสนา และวัฒนธรรมเพื่อรองรับภารกิจในการถ่ายโอนการจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ.2542 โดยมีสถานศึกษาในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่จำนวน 4 แห่งโดยมีวัตถุประสงค์ในการจัดการศึกษา 4 ประการคือ 1) เพื่อพัฒนาระบบ และกระบวนการจัดการศึกษาที่มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพ 2) เพื่อพัฒนาคนไทยให้เป็นพลเมืองดี มีคุณลักษณะ ทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับบทบัญญัติของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติและยุทธศาสตร์ชาติ 3) เพื่อพัฒนาสังคมไทยให้เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ และคุณธรรม จริยธรรม รู้รักสามัคคี และ

ร่วมมือผนึกกำลังมุ่งสู่การพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และ4) เพื่อนำประเทศไทยก้าวข้ามกับดักประเทศที่มีรายได้ปานกลาง และความเหลื่อมล้ำภายในประเทศลดลง

นอกจากนี้ยุทธศาสตร์เครือข่ายความร่วมมือถือเป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการในยุคใหม่ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ทั้งด้านการเมือง เศรษฐกิจ และสังคม ทั้งในระดับพื้นที่ ระดับประเทศ รวมถึงในระดับโลก ความสำเร็จของการสร้างเครือข่ายและการดำรงรักษาเครือข่ายไว้อย่างยั่งยืนเป็นสิ่งที่จะต้องควบคู่ไปกับการสร้างการมีส่วนร่วมของสมาชิกเครือข่าย ดังแสดงให้เห็นได้จากงานวิจัยที่ผ่านมาเช่น ศักรินทร์ สมพิศนภา จันทรัศม์ ภูติอริยวัฒน์ และมารุต พัฒผล (2565) ศึกษาการพัฒนารูปแบบการบริหารเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็กของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา พบว่า รูปแบบการบริหารเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็กมี 3 องค์ประกอบคือ สภาพปัญหาของโรงเรียน รูปแบบการบริหารเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการของโรงเรียน และ ผลการประเมินรูปแบบการบริหารเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการโรงเรียน กริช ธีรางศุ และอำนาจ ชนะวงศ์ (2564) ศึกษาแนวทางการพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือสำหรับสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 24 พบว่า องค์ประกอบเครือข่ายความร่วมมือที่มีความเหมาะสมประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ด้านการมีวิสัยทัศน์ร่วม ด้านการมีส่วนร่วม ด้านการปฏิสัมพันธ์เชิงแลกเปลี่ยน และด้านการบริหารจัดการเครือข่าย ชัชวาลย์ สิงหาทอง (2561) ศึกษารูปแบบเครือข่ายความร่วมมือทางการศึกษา พบว่า ยุทธศาสตร์ที่ใช้ในการดำเนินงานในรูปแบบเครือข่ายความร่วมมือทางการศึกษามี 6 ยุทธศาสตร์ ได้แก่ 1) การจัดการศึกษาเพื่อความมั่นคงของสังคมและประเทศชาติ 2) การผลิตและพัฒนากำลังคน การวิจัยและนวัตกรรมเพื่อสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ 3) การพัฒนาศักยภาพคนทุกช่วงวัยและการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ 4) การสร้างโอกาสความเสมอภาคและความเท่าเทียมทางการศึกษา 5) การจัดการศึกษาเพื่อสร้างเสริมคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และ 6) การพัฒนาประสิทธิภาพของระบบบริหารจัดการศึกษา

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างโรงเรียนในสังกัดองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นจึงเป็น กลยุทธ์สำคัญที่ช่วยให้โรงเรียนสามารถขับเคลื่อนการพัฒนาการศึกษาให้มีมาตรฐานและจากการจัดการศึกษาขององค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาแนวทางการพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือสำหรับโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการยกระดับคุณภาพการจัดการศึกษาให้ดียิ่งขึ้น โดยการศึกษาแนวทางที่จะทำให้เกิดเครือข่าย ความร่วมมือระหว่างสถานศึกษาเป็นเครื่องมือเพื่อการพัฒนาผู้บริหาร ครู ซึ่งจะส่งผลไปสู่การจัดการศึกษาที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืนของโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่

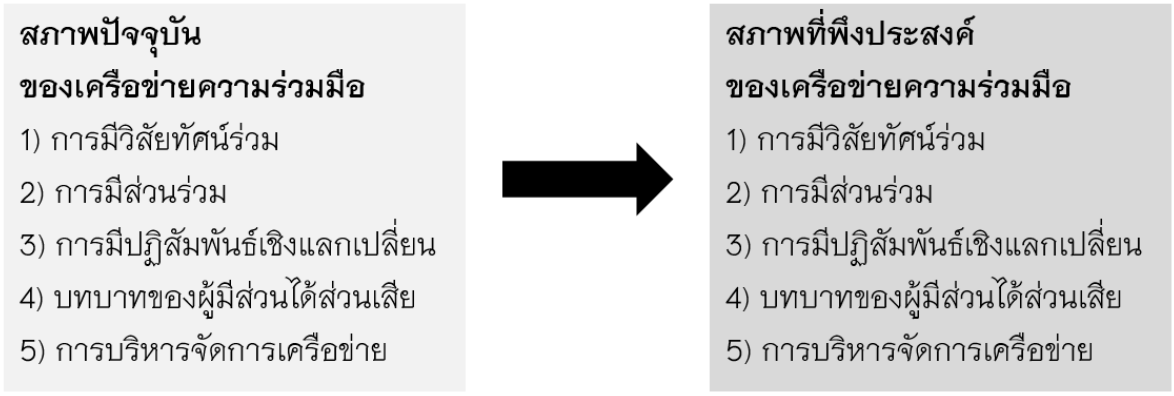
วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบัน สภาพที่พึงประสงค์ ตามองค์ประกอบตัวชี้วัดของเครือข่ายความร่วมมือสำหรับโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่

กรอบแนวคิด

แนวคิดในงานวิจัยนี้คือ แนวคิดเกี่ยวกับเครือข่ายความร่วมมือ แนวคิดเกี่ยวกับการสร้างเครือข่ายความร่วมมือ และแนวคิดการจัดการศึกษาขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น นำมาสร้างเป็นองค์ประกอบของเครือข่ายความร่วมมือ ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบคือ 1) การมีวิสัยทัศน์ร่วม 2) การมีส่วนร่วม 3) การปฏิสัมพันธ์เชิงแลกเปลี่ยน (กริช ธีรางศุ และอำนาจ ชนะวงศ์, 2564) 4) บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และ 5) การบริหารจัดการเครือข่าย

(ศักรินทร์ สมพิศนภา จันทรัศม์ ภูติอริยวัฒน์ และมารุต พัฒผล, 2565) นำไปศึกษาสภาพปัจจุบันของเครือข่ายความร่วมมือ เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือ โดยคำนึงถึงบทบาทผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของเครือข่ายความร่วมมือ ปรับเปลี่ยนสภาพปัจจุบันให้เป็นสภาพที่พึงประสงค์ของเครือข่ายความร่วมมือ โดยศึกษาในบริบทของโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ ดังสรุปในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Method) โดยมีวิธีวิทยาการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มเป้าหมาย

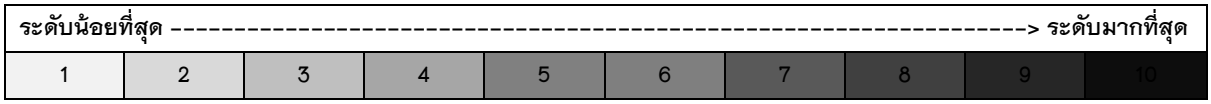
ผู้วิจัยคำนึงถึงการพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มเป้าหมายโดยผู้วิจัยได้ชี้แจงและอธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยให้กลุ่มเป้าหมายทราบ ผู้วิจัยได้ทำหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลวิจัยต่อประธานคณะกรรมการประจำจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ให้ได้รับการพิจารณาเข้าข่ายการยกเว้นการพิจารณาจริยธรรม และรับรองว่าการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากลตลอดจนกฎหมายข้อบังคับและข้อกำหนดภายในประเทศ และได้รับหมายเลขรับรอง IRBCMRU 2024/405.14.08 ให้การรับรองตั้งแต่วันที่ 15 สิงหาคม 2567 ถึง วันที่ 14 สิงหาคม 2568 โดยผลการวิจัยนี้จะนำไปใช้ประโยชน์ในทางวิชาการเท่านั้น และข้อมูลทั้งหมดจะถูกทำลายภายในระยะเวลา 1 ปี เมื่องานวิจัยได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

2. กลุ่มเป้าหมายและวิธีการเก็บข้อมูล

กลุ่มเป้าหมายในการศึกษาซึ่งเป็นผู้ให้ข้อมูลหลักใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม รวมทั้งสิ้น 117 คน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มที่ 1 ผู้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพ ปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ของเครือข่ายความร่วมมือ

ประกอบด้วยครู และบุคลากรทางการศึกษา ที่ปฏิบัติงานในโรงเรียนสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่รวมจำนวน 112 คน เก็บข้อมูลด้วยการตอบแบบสอบถามสภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ของเครือข่ายความร่วมมือ ซึ่งแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอนคือ ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 แบบสอบถามสภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ของเครือข่ายความร่วมมือ มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 10 ระดับโดยเรียงลำดับจากระดับน้อยที่สุด ถึงระดับมากที่สุดดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงระดับคะแนนจากระดับน้อยที่สุดถึงระดับมากที่สุด

โดยมีทั้งหมด 5 องค์ประกอบคือ 1) การมีวิสัยทัศน์ร่วม 2) การมีส่วนร่วม 3) การปฏิสัมพันธ์เชิงแลกเปลี่ยน 4) บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และ 5) การบริหารจัดการเครือข่าย โดยมีคำถามองค์ประกอบละ 5 ข้อ รวมเป็น 25 ข้อ เพื่อนำไปประเมินค่าความแตกต่างระหว่างสภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะทั่วไปเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือสำหรับโรงเรียนในสังกัดองค์การบริการส่วนจังหวัดเชียงใหม่

กลุ่มที่ 2 ผู้ให้ข้อมูลแนวทางการพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือ สำหรับโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ ประกอบด้วย ผู้บริหารสถานศึกษา จากโรงเรียนสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 4 โรงเรียน และผู้บริหารด้านการศึกษาขององค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ รวมจำนวน 5 คน เก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง ซึ่งประเด็นคำถามเกี่ยวกับเครือข่ายความร่วมมือทั้ง 5 ด้านคือ การมีวิสัยทัศน์ร่วม การมีส่วนร่วม การปฏิสัมพันธ์เชิงแลกเปลี่ยน บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และ การบริหารจัดการเครือข่าย

3. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

(1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ที่ได้จากแบบสอบถามสภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ของเครือข่ายความร่วมมือใช้สถิติเชิงพรรณนาคือ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำค่าเฉลี่ยมาแปลความหมาย เพื่อนำไปประเมินค่าความแตกต่างระหว่างสภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ของในแต่ละองค์ประกอบ 5 องค์ประกอบรวมจำนวน 25 ข้อ โดยแบ่งช่วงคะแนนเฉลี่ยความแตกต่างออกเป็น 5 ระดับ (Heeks, 2003) ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการแปลผลค่าระดับความแตกต่าง

ความแตกต่างช่วงคะแนนเฉลี่ย (GAP)	การแปลผล
8.00 – 10.00	มีความแตกต่างกันมากที่สุด
6.00 – 7.00	มีความแตกต่างกันมาก
4.00 – 5.00	มีความแตกต่างกันปานกลาง
2.00 – 3.00	มีความแตกต่างกันน้อย
0.01 – 1.00	มีความแตกต่างกันน้อยที่สุด
0	ไม่มีความแตกต่าง

และการวิเคราะห์หาความสามารถในการพัฒนาให้เข้าสู่สภาพที่พึงประสงค์ด้วยการวิเคราะห์ค่าความก้าวหน้า (Normalized gain: <g>) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$\text{ค่าความก้าวหน้า } < g > = \frac{\text{ระดับสภาพที่พึงประสงค์} - \text{ระดับสภาพปัจจุบัน}}{\text{คะแนนเต็ม} - \text{ระดับสภาพปัจจุบัน}} \quad (1)$$

โดยค่าความก้าวหน้าจะบ่งบอกถึงความสามารถในการพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือตามองค์ประกอบของเครือข่ายความร่วมมือในแต่ละด้านซึ่งแปลผลออกเป็น 3 ระดับ (Coletta and Steinert, 2020) ดังรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการแปลผลค่าความก้าวหน้า

ค่าความก้าวหน้า	การแปลผล
0.70–1.00	สามารถพัฒนาได้ในระดับสูง
0.30–0.69	สามารถพัฒนาได้ในระดับปานกลาง
0.00–0.29	สามารถพัฒนาได้ในระดับต่ำ

(2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย (Analytical Induction) โดยรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ และการแสดงความคิดเห็นของผู้ให้ข้อมูลแต่ละส่วน ว่ามีความคิดเห็นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร หลังจากนั้นจึงนำมาสังเคราะห์สรุปภาพรวมตามประเด็นที่ศึกษา และวัตถุประสงค์การวิจัย รวมทั้งการวิเคราะห์ร่วมกับแนวคิดทฤษฎีที่กำหนดไว้ในกรอบการศึกษา

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

1. ผลจากการตอบแบบสอบถามสภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ของเครือข่ายความร่วมมือ

ผู้ให้ข้อมูลประกอบด้วยครู และบุคลากรทางการศึกษา ที่ปฏิบัติงานในโรงเรียนสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 4 โรงเรียน รวมจำนวน 112 คน แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 3 ตอนดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม (112 คน)

ข้อมูลทั่วไป		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	40	35.72
	หญิง	71	63.39
	ไม่ต้องการระบุ	1	0.89
ตำแหน่ง	ผู้บริหารสถานศึกษา	6	5.38
	ครูผู้สอน	96	85.71
	เจ้าหน้าที่ฝ่ายสนับสนุน	10	8.91
ประสบการณ์การทำงาน	น้อยกว่า 5 ปี	29	25.89
	5 – 10 ปี	27	24.11
	11 – 15 ปี	16	14.29
	16 – 20 ปี	13	11.61
	21 – 25 ปี	7	6.25
	26 – 30 ปี	4	3.57

ข้อมูลทั่วไป		จำนวน (คน)	ร้อยละ
	31 – 35 ปี	8	7.14
	36 ปี ขึ้นไป	8	7.14
วุฒิการศึกษา	ต่ำกว่าปริญญาตรี	3	2.68
	ปริญญาตรี	74	66.07
	ปริญญาโท	34	30.36
	ปริญญาเอก	1	0.89

ตอนที่ 2 ระดับคะแนนแสดงสภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ของเครือข่ายความร่วมมือสำหรับโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีระดับคะแนน 10 ระดับ โดยเรียงลำดับจาก 1 – 10 (ระดับน้อยที่สุด – ระดับมากที่สุด) ซึ่งแสดงค่าระดับคะแนนเฉลี่ยของสภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ ค่าผลต่างของระดับคะแนนระหว่างสภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ ค่าความก้าวหน้า และค่าการแปลผลความสามารถในการพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลสภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ของเครือข่ายความร่วมมือ

องค์ประกอบของเครือข่ายความร่วมมือ	คะแนนเฉลี่ย ± SD		ค่าผลต่างของระดับคะแนน (GAP)	การแปลผลความแตกต่าง	ค่าความก้าวหน้า <g>	การแปลผล
	สภาพปัจจุบัน	สภาพที่พึงประสงค์				
1. การมีวิสัยทัศน์ร่วม	5.59±0.11	7.74±0.41	2.15	น้อย	0.49	ระดับปานกลาง
2. การมีส่วนร่วม	5.56±0.07	7.12±0.39	1.56	น้อยที่สุด	0.35	ระดับปานกลาง
3. การมีปฏิสัมพันธ์เชิงแลกเปลี่ยน	5.63±0.05	7.37±0.34	1.74	น้อยที่สุด	0.40	ระดับปานกลาง
4. บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	6.05±0.24	8.91±0.34	2.87	น้อย	0.73	ระดับสูง
5. การบริหารจัดการเครือข่าย	6.00±0.11	6.81±0.07	0.80	น้อยที่สุด	0.20	ระดับต่ำ
ค่าเฉลี่ยรวมทุกองค์ประกอบ	**5.77±0.25**	**7.59±0.80**	**1.82**	**น้อย**	**0.43**	**ระดับปานกลาง**

โดยรวมทุกองค์ประกอบมีค่าผลต่างของระดับคะแนนน้อย (GAP = 1.82) และมีค่าความก้าวหน้าอยู่ในระดับปานกลาง (<g> = 0.43) โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายองค์ประกอบพบว่าองค์ประกอบด้านการมีวิสัยทัศน์ร่วมกัน ด้านการมีส่วนร่วม และด้านการมีปฏิสัมพันธ์เชิงแลกเปลี่ยน มีค่าความก้าวหน้าอยู่ในระดับปานกลาง โดยองค์ประกอบด้านการบริหารจัดการเครือข่ายมีค่าความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำ และ องค์ประกอบด้านบทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีค่าความก้าวหน้าอยู่ในระดับสูง

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม สามารถสรุปประเด็นได้คือด้านการมีวิสัยทัศน์ร่วม ควรมีการตั้งเป้าหมาย วัตถุประสงค์ที่ชัดเจน และมีการศึกษาถึงเป้าหมายที่มีความเป็นไปได้ร่วมกันระหว่างหน่วยงานต้นสังกัดคือ องค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่กับโรงเรียนในสังกัดทั้ง 4 โรงเรียน เพราะจะทำให้สมาชิกในเครือข่ายมีวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายร่วมกัน มีส่วนร่วมในการกำหนดเป้าหมาย และเป็นตัวกำหนดแนวทางการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงเรียนในเครือข่าย ซึ่งการที่สมาชิกในเครือข่ายได้มีโอกาสในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ถือเป็นสิ่งสำคัญของกระบวนการสร้างเครือข่าย และทำให้กระบวนการสร้างเครือข่ายมีความต่อเนื่องและยั่งยืน

2. ผลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง

ผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์ประกอบด้วย ผู้บริหารสถานศึกษา จากโรงเรียนสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ และผู้บริหารด้านการศึกษาขององค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ รวมจำนวน 5 คน ซึ่งได้สรุปตามประเด็นที่ศึกษา และวัตถุประสงค์การวิจัย รวมทั้งการวิเคราะห์ร่วมกับแนวคิดทฤษฎีที่กำหนดไว้ในกรอบการศึกษาดังแสดงรายละเอียดตามแต่ละองค์ประกอบดังนี้

1. การมีวิสัยทัศน์ร่วม

กลุ่มเครือข่ายโรงเรียนทั้ง 4 โรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ มีการจัดประชุมเสวนาเกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการของโรงเรียนภายในกลุ่มเครือข่าย มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้านวิชาการร่วมกันโดยใช้กิจกรรมชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC : Professional Learning Community) คือ การที่ครู ผู้บริหาร และนักการศึกษา ได้มาแบ่งปันแนวคิดเพื่อพัฒนาแนวทางการสอน และสร้างสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่เหมาะสมร่วมกัน มีการจัดกิจกรรมศึกษาดูงานกลุ่มเครือข่ายโรงเรียนที่ประสบผลสำเร็จในด้านวิชาการและมีวิธีปฏิบัติที่เป็นเลิศ สร้างวัตถุประสงค์และวิสัยทัศน์กลุ่มเครือข่ายให้เป็นรูปธรรมและมีขั้นตอนการดำเนินงานที่ชัดเจน จัดกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันกับกลุ่มเครือข่ายโรงเรียน เพื่อสร้างแนวทางการวางแผนและส่งเสริมความเข้มแข็งทางวิชาการ จัดประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากสมาชิกในกลุ่มเครือข่ายโรงเรียน จัดประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากบุคคลทั้งภายในกลุ่มเครือข่ายและจากภายนอกกลุ่มเครือข่ายดังตัวอย่างการสัมภาษณ์ดังนี้

“...การสร้างวิสัยทัศน์ของโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ มีการนำวิสัยทัศน์ที่กำหนดมาจากต้นสังกัดคือองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ มาปรับให้เข้ากับบริบทของโรงเรียน โดยมีคณะผู้บริหาร ครู และบุคลากรทางการศึกษามีส่วนร่วมในการกำหนดวิสัยทัศน์ของโรงเรียนร่วมกัน โดยยึดหลักให้อยู่ในกรอบของวิสัยทัศน์ของต้นสังกัดเป็นหลัก”

“....โรงเรียนในสังกัด อบจ. มีนโยบายค่อนข้างจะเป็นแนวเดียวกันมาจากต้นสังกัด แล้วส่งตรงมาที่โรงเรียนเลย แนวปฏิบัติบางอย่างก็ปรับมาจากสพฐ. มาใช้ บางอย่างก็เป็นของอบจ.เอง....”

(ผู้อำนวยการโรงเรียน ในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่, ตุลาคม 2567: สัมภาษณ์)

2. การมีส่วนร่วม

สมาชิกของเครือข่ายมีส่วนร่วมในการคิด การตัดสินใจ และการดำเนินงานของเครือข่ายในรูปแบบของการจัดประชุมกลุ่มแกนนำของเครือข่าย มีการประชุมปรึกษาหารือ เพื่อร่วมกันวางแผนในการดำเนินงานของเครือข่าย มีการดำเนินการตามแผนการปฏิบัติงาน ร่วมกันปฏิบัติและแบ่งงานกันรับผิดชอบ เพื่อให้เป็นไปตามแผนหรือเป้าหมายที่วางไว้ นอกจากนี้ยังร่วมกันกำหนดประเด็นปัญหา หาแนวทางในการแก้ไขปัญหา มีการจัดกิจกรรมร่วมกันอย่างสม่ำเสมอต่อเนื่อง ระหว่างสมาชิกของเครือข่าย เพื่อส่งเสริมพัฒนาความสามารถสมาชิกของเครือข่าย ผู้บริหารมีการรับฟังความคิดเห็น ข้อเสนอแนะของสมาชิกเครือข่ายเพื่อร่วมกันพัฒนา และแก้ไขข้อบกพร่องในการดำเนินงานของเครือข่าย สมาชิกของเครือข่ายร่วมกันสร้างสรรค์ในการค้นหาวิถีทางใหม่ ๆ ในการปฏิบัติงานหรือเรียนรู้นวัตกรรมจากเพื่อนสมาชิกเครือข่าย

3. การมีปฏิสัมพันธ์เชิงแลกเปลี่ยน

โรงเรียนในสังกัดทั้ง 4 แห่งมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกันช่วยเหลือกัน เพื่อพัฒนาสมาชิกในเครือข่ายให้มีความสามารถในการจัดการเรียนรู้ในยุคใหม่ โดยมีความร่วมมือกับหน่วยงานภายนอกเช่น คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วิทยาลัยศิลปะ สื่อและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในลักษณะ การบันทึกความเข้าใจ (Memorandum of Understanding: MOU) ร่วมกันในการพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษา มีการประสานความร่วมมือกับองค์กรภายนอกโรงเรียน เช่นโรงเรียนระดับประถมศึกษาขนาดเล็ก มีการแนะแนวให้ความรู้และจัดกิจกรรมให้กับนักเรียน เพื่อเป็นการประชาสัมพันธ์โรงเรียนและดึงดูดให้นักเรียนเข้ามาเรียนต่อในโรงเรียนสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ นอกจากนี้ยังมีการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้กับโรงเรียนหรือวิทยาลัยที่เปิดสอนสายอาชีพ เพื่อส่งต่อนักเรียนให้สามารถได้เข้าเรียนต่อในสายอาชีพ เช่น วิทยาลัยเทคโนโลยีพายัพและบริหารธุรกิจ ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์ดังนี้

“...ทางโรงเรียนของเรามีการติดต่อกับวิทยาลัยเทคโนโลยีพายัพและบริหารธุรกิจเพื่อเปิดสอนหลักสูตรนอกเวลาเรียนให้กับนักเรียนของเราเพื่อขอรับหน่วยกิจสะสม เมื่อนักเรียนของเราไปเข้าเรียนในวิทยาลัยได้แล้วก็จะไม่ต้องได้ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาพื้นฐานที่ได้เรียนมาก่อนแล้ว เป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายให้กับนักเรียน....”

(ผู้อำนวยการโรงเรียน ในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่, ตุลาคม 2567: สัมภาษณ์)

4. บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

โรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ทั้ง 4 แห่งมีคณะกรรมการสถานศึกษาซึ่งมาจากผู้แทนครู ผู้แทนศิษย์เก่า ผู้แทนผู้ปกครอง ผู้แทนองค์กรชุมชน ผู้แทนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ผู้แทนองค์กรศาสนา และผู้ทรงคุณวุฒิ โดยส่วนใหญ่แล้วทางโรงเรียนจะเลือกผู้นำชุมชน หรือผู้ที่เป็นที่เคารพนับถือของคนในชุมชนให้เข้ามาเป็นคณะกรรมการสถานศึกษาของโรงเรียน โดยคณะกรรมการสถานศึกษามีส่วนในการวางแผน กำหนดแผนปฏิบัติการศึกษาประจำปีการศึกษา รวมไปถึงจัดทำหลักสูตรท้องถิ่นเพื่อตอบสนองความต้องการของท้องถิ่น และหลักสูตรเสริมเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เพิ่มเติมตามศักยภาพ ความถนัด และความสนใจนอกเหนือจากหลักสูตรแกนกลาง เช่น หลักสูตรความเป็นเลิศด้านภาษาอังกฤษ ด้านดนตรี ด้านกีฬา ด้านการทำอาหาร เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีโอกาสร่วมบริหาร ร่วมตัดสินใจ และร่วมจัดการศึกษา ซึ่งจะทำให้เกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของ จากการสัมภาษณ์พบว่า ทางโรงเรียนจะมีการจัดประชุมคณะกรรมการสถานศึกษาอย่างน้อยปีการศึกษาละ 1 ครั้ง เพื่อให้คณะกรรมการสถานศึกษารับทราบผลการดำเนินงานด้านต่างๆของโรงเรียน ตลอดจนการให้คำปรึกษากับทางโรงเรียนในการพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น คณะกรรมการสถานศึกษาจึงมีบทบาทสำคัญในการช่วยโรงเรียนประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสารของทางโรงเรียนให้แก่คนในท้องถิ่น รวมทั้งนำความต้องการของคนในท้องถิ่นต่อการจัดการศึกษามาแจ้งให้

โรงเรียนทราบ เพื่อเป็นข้อมูลแก่โรงเรียนในการจัดการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพสอดคล้องตามความต้องการของผู้ปกครองตามบริบทของท้องถิ่นและความต้องการของผู้เรียนตามศักยภาพของแต่ละโรงเรียนโดยยังคงความสอดคล้องตามมาตรฐานการศึกษาของชาติด้วยเช่นกันดังตัวอย่างการสัมภาษณ์ดังนี้

"...โรงเรียนของเรามีคณะกรรมการสถานศึกษาที่มีความเข้มแข็ง ช่วยเหลือกิจการของโรงเรียนเป็นอย่างดี และส่วนใหญ่จะเป็นคนที่ชุมชนให้การยอมรับนับถือ เราก็เชิญท่านมาเป็นคณะกรรมการสถานศึกษาร่วมกันบริหารงานโรงเรียนของเรา..."

(ผู้อำนวยการโรงเรียน ในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่, ตุลาคม 2567: สัมภาษณ์)

5. การบริหารจัดการเครือข่าย

โรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ มีการจัดทำแผนดำเนินงานของเครือข่ายตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยส่วนใหญ่แล้วมีการกำหนดนโยบายมาจากทางต้นสังกัด ทางโรงเรียนเป็นฝ่ายรับนโยบายมาปฏิบัติตาม อาจจะยังไม่ได้มีส่วนในการกำหนดเป้าหมายหรือนโยบายเอง แต่ทางต้นสังกัดก็ให้การสนับสนุนโครงการที่ทางโรงเรียนเสนอขอมา มีการสนับสนุนเงินงบประมาณนอกเหนือจากที่ได้รับเงินอุดหนุนรายหัวของนักเรียนในแต่ละปี ทำให้โรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ค่อนข้างมีความคล่องตัวในการบริหารจัดการเรื่องงบประมาณ ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์ดังนี้

"...ทาง อบจ.ของเรามีงบประมาณสนับสนุนให้กับทางโรงเรียน เมื่อทางโรงเรียนร้องขอมาแล้วเราพิจารณาแล้วว่าเห็นสมควรก็จะจัดสรรงบประมาณไปที่โรงเรียนทันที ทั้งนี้ก็ขอให้อยู่ในกรอบนโยบายที่ได้วางเอาไว้..."

(ผู้อำนวยการส่วนบริหารการศึกษา องค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่, ตุลาคม 2567: สัมภาษณ์)

สรุปผลและอธิปรายผล

สภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ ตามองค์ประกอบตัวชี้วัดของเครือข่ายความร่วมมือสำหรับโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ทั้ง 5 ตัวชี้วัดมีค่าผลต่างของระดับคะแนนน้อย (GAP = 1.82) และมีค่าความก้าวหน้าอยู่ในระดับปานกลาง (<g> = 0.43) โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายองค์ประกอบพบว่าองค์ประกอบด้านการมีวิสัยทัศน์ร่วมกัน ด้านการมีส่วนร่วม และด้านการมีปฏิสัมพันธ์เชิงแลกเปลี่ยน มีค่าความก้าวหน้าอยู่ในระดับปานกลาง โดยองค์ประกอบด้านการบริหารจัดการเครือข่ายมีค่าผลต่างของระดับคะแนนน้อยที่สุด (GAP =0.80) ความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำ (<g> = 0.20) ตามทฤษฎีการแลกเปลี่ยนทางสังคมที่กล่าวว่า พฤติกรรมของคนในสังคมที่มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน ทำเพื่อมุ่งหวังผลตอบแทน ความรู้สึกพึงพอใจ หรือหลีกเลี่ยงการลงโทษจากผู้อื่นหากไม่ได้รับรางวัล หรือสิ่งที่พึงพอใจก็จะทำให้ไม่เกิดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน (Homans, 1958). ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชรินทร์ จันทาพูน และปิยพงษ์ สุเมตติกุล(2557) ที่ศึกษาเรื่องการพัฒนากลยุทธ์การบริหารเครือข่ายความร่วมมือเพื่อการพัฒนาโรงเรียนขนาดเล็ก ที่พบว่าสภาพปัจจุบันที่ต้องเร่งแก้ไขคือด้านการบริหารจัดการเครือข่าย เนื่องจากการบริหารจัดการเครือข่ายยังไม่มีโครงสร้างการทำงานการบริหารจัดการ หรือหน้าที่ของสมาชิกที่ชัดเจน มีเพียงการรวมกลุ่มเครือข่ายเพื่อร่วมกันทำงานเท่านั้น การแลกเปลี่ยนเรียนรู้มีเพียงการพูดคุยหรือจัดกิจกรรมของเครือข่ายเท่านั้น ไม่เกิดการบริหารหรือแลกเปลี่ยนที่ทำให้เกิดการแก้ไขปัญหาได้ และองค์ประกอบด้านบทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีค่าผลต่างของระดับคะแนนน้อย (GAP = 2.87) ค่าความก้าวหน้าอยู่ในระดับสูง (<g> = 0.73) จะเห็นได้ว่า องค์ประกอบด้านบทบาทผู้มีส่วนได้ส่วนเสียนั้นมีค่าความก้าวหน้าอยู่ในระดับสูงสุด ซึ่งเป็นผลมาจากการที่โรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่มีคณะกรรมการสถานศึกษาที่เข้มแข็ง โดยองค์ประกอบของคณะกรรมการสถานศึกษาจะอยู่ในรูปแบบที่ชุมชนมีบทบาทหลัก (Community Control SBM) ตาม

แนวคิดของ Leithwood, Kenneth and Teresa (1998) และคณะกรรมการสถานศึกษามีส่วนในการติดตาม ตรวจสอบการปฏิบัติงานของโรงเรียนอย่างเป็นทางการ สร้างความรู้สึกเป็นเจ้าของให้แก่ประชาชนในท้องถิ่นตามแนวคิดของ Cheng (1996) ที่กล่าวว่า ความรู้สึกเป็นเจ้าของ และการมีส่วนร่วมเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้การบริหารจัดการศึกษาประสบความสำเร็จได้

นอกจากนี้ สาเหตุที่ทำให้สภาพปัจจุบันแตกต่างจากสภาพที่พึงประสงค์คือ การดำเนินการตามองค์ประกอบตัวชี้วัดของเครือข่ายความร่วมมือสำหรับโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ทั้ง 5 ตัวชี้วัดโดยรวมยังมีความก้าวหน้าอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นผลมาจากการบริหารจัดการเครือข่ายที่ขาดความชัดเจน และความต่อเนื่องของนโยบาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงผู้บริหารจากต้นสังกัด ทำให้การดำเนินนโยบายต่างๆ เปลี่ยนไปจากเดิม และแนวทางที่จะทำให้เกิดสภาพที่พึงประสงค์ได้นั้น ผู้บริหารโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ต้องมีอิสระในการกำหนดแนวทางการบริหารจัดการศึกษาได้เต็มตามศักยภาพ สอดคล้องกับบริบทของชุมชน และมุ่งเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ตามแนวคิดของ Caldwell (1998) ที่กล่าวว่า การกระจายอำนาจการจัดการศึกษาต้องเกิดความพึงพอใจในความมีอิสรภาพ และความหลากหลายทางการบริหาร และการได้รับการตอบสนองต่อการจัดการศึกษาที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สิริกัญญา ค่ายหนองสรวง และวิยุทธ์ จำรัสพันธุ์ (2563) ที่กล่าวว่า นายกองค์การบริหารส่วนจังหวัดควรให้ความสำคัญต่อภารกิจด้านการจัดการศึกษา เพิ่มอำนาจด้านการบริหารงบประมาณ และการบริหารงานบุคคลให้แก่โรงเรียนได้มีอิสระในการบริหารจัดการมากขึ้น เพื่อให้เกิดความคล่องตัว และสามารถบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพสอดคล้องตามปัญหา บริบทแวดล้อมของแต่ละโรงเรียน และเปลี่ยนบทบาทขององค์การบริหารส่วนจังหวัดเป็นฝ่ายสนับสนุนส่งเสริม ให้คำปรึกษาด้านการจัดการศึกษาแก่โรงเรียนในสังกัดแทนการเป็นผู้ควบคุมสั่งการ นอกจากนี้การจัดสรรงบประมาณ ควรจัดสรรตามความต้องการและจำเป็นของแต่ละโรงเรียนจะช่วยทำให้การบริหารทรัพยากรทางการบริหารเกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น

จากผลการวิจัยได้ข้อค้นพบเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อองค์ประกอบตัวชี้วัดของเครือข่ายความร่วมมือ วิธีการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้สภาพปัจจุบันมีความแตกต่างจากสภาพที่พึงประสงค์สำหรับโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับนำไปใช้วางแผนการพัฒนาการสร้างเครือข่ายความร่วมมือเพื่อให้สามารถจัดการศึกษาได้สอดคล้องกับบริบทแวดล้อมของแต่ละโรงเรียน ช่วยทำให้การบริหารเกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลเพิ่มมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ สำนักการศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม องค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่ และคณะรัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้การสนับสนุนและความอนุเคราะห์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กริช ธีรางศุ และอำนาจ ชนะวงศ์. (2564). **แนวทางการพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือสำหรับสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 24.** วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด, ปีที่ 15 ฉบับที่ 2, หน้า 20–31.

ชัชวาลย์ สิงหาทอง. (2561). **รูปแบบเครือข่ายความร่วมมือทางการศึกษา.** วารสารสหวิทยาการมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, ปีที่ 1 ฉบับที่ 3, หน้า 1–12.

ประหยัด พิมพา. (2561). **การศึกษาไทยในปัจจุบัน.** วารสารมหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย วิทยาเขตร้อยเอ็ด, ปีที่ 7 ฉบับที่ 1, หน้า 242–249.

พัชรินทร์ จันทาพูน และปิยพงษ์ สุเมตติกุล. (2557). **การพัฒนากลยุทธ์การบริหารเครือข่ายความร่วมมือเพื่อการพัฒนาโรงเรียนขนาดเล็ก.** วารสารครุศาสตร์, ปีที่ 42 ฉบับที่ 1, หน้า 81–94.

วุฒิสาร ตันไชย. (2545**). การกระจายอำนาจสู่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น.** (พิมพ์ครั้งที่ 2) กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ศาลาแดง จำกัด.

ศักรินทร์ สมพิศนภา จันทรัศม์ ภูติอริยวัฒน์ และมารุต พัฒผล. (2565). **การพัฒนารูปแบบการบริหารเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็กของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา สังกัดคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.** วารสารศิลปการจัดการ, ปีที่ 6 ฉบับที่ 4, หน้า 1821–1843.

สมหมาย ปวะบุตร. (2558). **ตำราหลักการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 1). คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.**

สำนักงานสภาการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (21 ตุลาคม 2565). **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (พ.ศ. 2566–2570).** https://www.nesdc.go.th/ewt_news.php?nid=13651

สิริกัญญา ค่ายหนองสรวง และวิยุทธ์ จำรัสพันธุ์ (2563). **กระบวนการบริหารบริการสาธารณะด้านการศึกษาตามแนวคิดการบริหารโดยใช้โรงเรียนเป็นฐานของโรงเรียนสังกัดองค์การส่วนจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** วารสารการบริหารปกครอง, ปีที่ 9 ฉบับที่ 1, หน้า 488–508.

อภิชัย พันธเสน และคณะ. (2558**). การสังเคราะห์งานวิจัยว่าด้วยปัญหาและข้อเสนอแนะในกระบวนการจัดการศึกษาไทย:ประเด็นปัญหาคุณภาพการศึกษา (2535–2558).** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

Caldwell, B.J. (1998). The changing role of the school principal: A review of development and school effectiveness. London: Routledge.

Cheng, Y.C. (2022). **School Effectiveness and School–Based Management. Routledge: London.**

Coletta, V.P., & Steinert, J.J. (2020). **Why normalized gain should continue to be used in analyzing preinstruction and postinstruction scores on concept inventories.** Physical Review Special Topics – Physics Education Research. 16(1), 010108.

Heeks, R. (2003). **Most eGovernment for Development Projects Fail: How can risks be reduced? Manchester: University of Manchester.**

Homans, G. C. (1958**). Social Behavior as Exchange. American Journal of Sociology**. 63(6), 597–606.

Leithwood, K., & Menzies, T. (1998). **Forms and Effeccts of School–Based Management: A Review.** Educational Policy. 12(3), 325–346.

การพัฒนาความสามารถการแก้ไขปัญหาโดยใช้การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ให้กับแกนนำศูนย์เรียนรู้ด้านการเกษตร อ.จอมบึง จ.ราชบุรี

Developing problem-solving ability by experience-based learning for leaders of the Agricultural Learning Center, Chom Bueng District, Ratchaburi Province

ปณัตดา ยอดแสง[1*], ภฤศดี สุขพ่วง[2] และ สมพงษ์ เผือกเอี่ยม[1]

Panutda Yodsang[1*], Phrutsadee Sukpuang[1] and Sompong Phueak-iam[1]

บทคัดย่อ

ความสามารถในการแก้ไขปัญหาช่วยให้บุคคลสามารถเผชิญหน้าและแก้ไขปัญหาได้เป็นระบบ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ไขปัญหาด้วยการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ มีกลุ่มตัวอย่าง คือ แกนนำจากศูนย์การเรียนรู้ด้านการเกษตรในอำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี จำนวน 4 คน ที่มีประสบการณ์การถ่ายทอดองค์ความรู้ และทำงานพัฒนาชุมชนในพื้นที่ และต้องการพัฒนาวิธีการถ่ายทอดองค์ความรู้ให้แก่ผู้ที่เข้ามาเรียนในศูนย์ กระบวนการวิจัยมี 4 ระยะ คือ ทบทวนปัญหา ให้ความรู้ ทดลองใช้ และถอดบทเรียน โดยการวิจัยเชิงทดลองเพื่อได้ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผ่านเครื่องมือ เช่น แบบประเมินตนเอง แบบสัมภาษณ์เชิงลึก แบบสังเกตและการสนทนากลุ่ม ผลการวิจัย พบว่าแกนนำของศูนย์เรียนรู้ ฯ สามารถระบุปัญหาของตนได้ คือ การสื่อสารความรู้ให้ผู้อื่น จึงได้ออกแบบการเรียนรู้เพื่อสร้างนักสื่อสารความรู้ และให้แกนนำทดลองปฏิบัติผ่านการทำงาน จนพัฒนาความสามารถในการสื่อสารได้ดีขึ้น และขยายผลสู่สมาชิกอีก 15 คน จากการถอดบทเรียนพบว่า การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์สร้างการเปลี่ยนแปลงหลัก 3 ด้าน แก่แกนนำ ได้แก่ (1) การเรียนรู้จากการทดลองและการสะท้อนคิด (2) การสร้างแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับชุมชน และ (3) การวางแผนเพื่อการพัฒนาต่อเนื่อง งานวิจัยชี้ให้เห็นว่ากระบวนการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ช่วยแก้ปัญหาตามความต้องการและเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือกับความท้าทายของผู้เรียนได้

คำสำคัญ: การแก้ไขปัญหา, การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์, นักสื่อสารความรู้, การพัฒนาชุมชน

[1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี 70150

[2]โครงการทักษะวิศวกรรมเคมีแบบบูรณาการ สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[1]King Mongkut's University of Technology Thonburi, Ratchaburi, Residential College, Rang Bua, Chom Bueng District, Ratchaburi 70150

[2] C-ChEPS, Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi

*Corresponding author : Sompong.phue@mail.kmutt.ac.th

Abstract

This study aimed to enhance problem-solving skills through experiential learning. The target group consisted of four key individuals from an agricultural learning center in Chom Bueng District, Ratchaburi Province, who possessed experience in community development and knowledge dissemination but sought to improve their communication methods with learners. The research process was conducted in four phases: problem review, knowledge provision, practical experimentation, and lesson reflection. Using an experimental approach, qualitative data were collected through tools such as self-assessment, in-depth interviews, observations, and focus group discussions.

The findings indicated that participants could clearly identify their roles and challenges, with the primary issue being the communication of knowledge. A collaborative knowledge communication model was developed and tested, leading to enhanced communication skills and the successful transfer of knowledge to an additional 15 participants.

The study revealed that experiential learning facilitated three key outcomes for the participants: (1) learning through experimentation and reflection, (2) creating problem-solving strategies tailored to their community, and (3) planning for continuous development. This research highlights that experiential learning not only resolves current challenges but also fosters sustainable readiness for future problems.

Keywords: Problem-Solving Ability, Experiential Learning, Knowledge Communicators, Community Development

บทนำ

ในยุคที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การขาดแคลนอาหารและทรัพยากร หรือเศรษฐกิจ การแก้ไขปัญหา (Problem-Solving Ability) เป็นความสามารถที่ประกอบด้วยความรู้ ทักษะและทัศนคติที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สถานการณ์หรือโจทย์ที่ซับซ้อนเพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ (Nneji, 2013) คือหนึ่งทักษะที่สำคัญของศตวรรษที่ 21 ช่วยให้บุคคลสามารถเผชิญหน้ากับปัญหาที่ซับซ้อนและไม่คาดคิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kay, 2010) รวมทั้งสามารถสร้างความยืดหยุ่น (Resilience) ให้กับชุมชน เพื่อเพิ่มศักยภาพในการเผชิญหน้ากับความท้าทาย ดังนั้นความสามารถในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งการคิดเชิงวิพากษ์ (Trilling & Fadel, 2009) และการเรียนรู้ร่วมกัน ไม่ได้จำกัดที่การพัฒนาบุคคลเท่านั้น แต่ยังสามารถช่วยสร้างชุมชนให้เข้มแข็ง โดยการทำให้ชุมชนเข้าใจสภาพปัญหาเชิงระบบ การวิเคราะห์ผลกระทบต่าง ๆ การบริหารจัดการทรัพยากรที่ตนเองมีและการนำเสนอแลกเปลี่ยนแนวทางต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ได้จริง แต่ระบบการศึกษาในปัจจุบันมักมุ่งเน้นการถ่ายทอดความรู้ผ่านการบรรยายและการพัฒนาทักษะแบบไม่ต่อเนื่อง จนสามารถนำไปประกอบสัมมาชีพของตนเองในอนาคตได้ (วิจารณ์ พานิช, 2555) และให้ความสำคัญกับการเรียนรู้เชิงลึกในวิชาเฉพาะทางมากกว่าการสร้างผู้เรียนที่มีทักษะหลากหลายและรอบด้าน (วรภัทร์ ภู่เจริญ, 2546) ทำให้ความสามารถในการแก้ไขปัญหานี้ ไม่ถูกบรรจุอยู่ในหลักสูตรการสอนในห้องเรียน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พื้นที่การศึกษาราชบุรี (มจธ. ราชบุรี) เป็นพื้นที่วิจัยทางการศึกษา ได้มีการนำเอากรอบแนวคิดทางการศึกษาในหลากหลายมุมมอง (Perspective) ทั้งเรื่องอาศรมมหาวิทยาลัย (Residential College) การเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ปัญญา (Constructionism) การเรียนรู้แบบโครงงาน (Project Based Learning) การเรียนรู้โดยใช้ชุมชนเป็นฐาน (Community Based Learning) โดยเฉพาะการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ (Experience Based Learning) มาใช้กับนักศึกษาและเตรียมความพร้อมให้นักศึกษาเผชิญกับโลกความเป็นจริงได้ดียิ่งขึ้น เพราะการเข้าใจความสำคัญของการเรียนรู้ที่เกิดจากประสบการณ์ของตนเองมากว่าที่จะเรียนรู้อยู่ภายในห้องเรียนหรือใช้แต่เพียงตำราเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ยังเป็นกรอบคิดที่สำคัญในการพัฒนาความสามารถในการแก้ไขปัญหา (Bloom & Krathwohl, 1956; Dewey, 1933; Kolb, 1984; McLendon et al., 2008; Schön, 1988) เนื่องจากความรู้ที่ได้รับภายใต้การสะท้อนคิดในประสบการณ์ก่อให้เกิดมุมมองที่รอบด้านต่อการพิจารณาถึงวิธีการที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงเพื่อให้เกิดการปฏิบัติในอนาคตให้ดีขึ้น

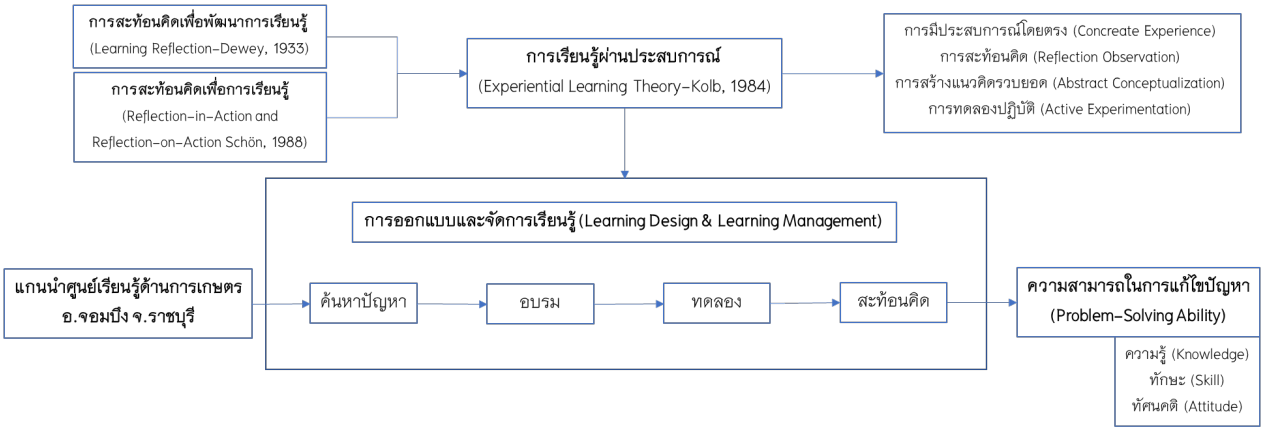
การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยของ Wenger (1998) ในการสร้างชุมชนแห่งนักปฏิบัติ (Communities of Practice) ซึ่งเป็นวิธีสำคัญในการถ่ายทอดความรู้และสร้างความเข้มแข็งในชุมชน ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระบวนการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ ไม่เพียงช่วยในการแก้ไขปัญหาส่วนบุคคล แต่ยังสามารถประยุกต์ใช้ในสถานการณ์หลากหลาย เช่น การฝึกอบรมผู้นำชุมชน การสร้างแนวทางพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน และการจัดการทรัพยากรในระดับท้องถิ่น กระบวนการนี้สนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจจากการปฏิบัติจริง สร้างทักษะที่เหมาะสมกับบริบทเฉพาะ และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้อย่างยั่งยืน (Pretty, 1995) จากแนวคิดดังกล่าว ทางคณะวิจัยจึงได้ออกแบบกระบวนการวิจัยที่มีการขยายผลไปสู่โรงเรียนและชุมชนโดยรอบมจธ. ราชบุรี และยังเป็นการสร้างพื้นที่การเรียนรู้ที่เหมาะสมให้กับนักศึกษาในการลงไปเรียนรู้โดยใช้ชุมชนเป็นฐานอีกด้วย ซึ่งในงานวิจัยนี้ คณะวิจัยลงไปทำงานร่วมกับ ศูนย์เรียนรู้ด้านเกษตร ที่ตั้งอยู่ในอำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี

โดยปกติศูนย์เรียนรู้ ฯ จะทำหน้าที่ถ่ายทอดความรู้ให้กับคนในชุมชนหรือผู้ที่สนใจศึกษาและเป็นผู้รู้ที่ช่วยให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาให้กับสมาชิกในชุมชน แต่เมื่อมีการขยายตัวของศูนย์เรียนรู้ ฯ ที่มากยิ่งขึ้น บุคคลที่มีความสามารถในการถ่ายทอดหรือสื่อสารความรู้ที่เป็นวิทยากรประจำศูนย์มีอยู่อย่างจำกัด ส่งผลให้ประสบกับปัญหาในการถ่ายทอดความรู้ที่ไม่เพียงพอต่อผู้ที่สนใจ นอกจากนี้ในระหว่างการถ่ายทอดความรู้จะเกิดปัญหาตลอดเวลา บุคคลที่ทำหน้าที่ดังกล่าวต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันศูนย์เรียนรู้ ฯ ยังไม่ทราบสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง และไม่มีแนวทางที่เหมาะสมในการพัฒนาแกนนำถ่ายทอดความรู้เพื่อเป็นผู้นำทางความคิด และส่งต่อความรู้ให้กับชุมชนอย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นที่มาของคำถามงานวิจัยว่า หากต้องการพัฒนาความสามารถในการแก้ไขปัญหาของแกนนำผ่านประสบการณ์ของตนเอง จะมีวิธีการอย่างไร เพื่อเกิดความรู้ที่มีความหมายต่อแกนนำ ช่วยให้แกนนำสามารถเรียนรู้ได้จากปัญหาที่พบเจอในชีวิตจริง ทำให้สามารถรับมือกับปัญหาที่ซับซ้อนและท้าทายในการทำงาน และนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชนอย่างยั่งยืนได้

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ไขปัญหาให้กับแกนนำศูนย์เรียนรู้ด้านการเกษตร อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ด้วยกระบวนการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. เพื่อประเมินผลของการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ต่อการพัฒนาทักษะการแก้ไขปัญหาในการจัดการปัญหาในระดับชุมชนอย่างยั่งยืน

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน(ถ้ามี)



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการดำเนินงานวิจัย

กรอบแนวคิดนี้อ้างอิงจากทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ (Experiential Learning Theory) ของ Kolb (1984) ซึ่งกล่าวว่าประสบการณ์ที่จะสร้างให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพจากกระบวนการที่มีการหมุนเวียนระหว่าง การมีส่วนร่วมกับประสบการณ์ (Concrete Experience) การสะท้อนคิดจากการสังเกตประสบการณ์ (Reflective Observation) การสร้างความคิดรวบยอดหรือแนวคิดใหม่ ((Abstract Conceptualization) และ การทดลองนำไปปรับใช้กับประสบการณ์ (Active Experimentation) พร้อมทั้งเสริมด้วยแนวคิดในการสะท้อนคิดของ Dewey (1933) ที่เน้นการสะท้อนคิดเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ และ Schön (1988) ที่กล่าวถึงการสะท้อนคิดในระหว่างและหลังประสบการณ์ ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถปรับตัวและแก้ไขปัญหาระหว่างกระบวนการ

กระบวนการวิจัยที่มุ่งพัฒนาความสามารถในการแก้ไขปัญหาของแกนนำศูนย์เรียนรู้ ฯ ออกแบบและจัดการบนพื้นฐานการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ แบ่งออกเป็น 4 ระยะ คือ **ระยะค้นหาปัญหา** เป็นการใช้ Concreate Experience เพื่อให้แกนนำสัมผัสจากประสบการณ์ตรงของตนเอง เริ่มจากการสำรวจและทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาในการทำงานของตนเอง ผ่านการทำกลุ่มสนทนาและระดมความคิด เพื่อระบุปัญหาและสาเหตุ ทำให้ทราบปัญหาจากประสบการณ์จริงของแกนนำ ระยะอบรม เป็นการใช้ Reflective Observation เพื่อให้แกนนำฝึกสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการอบรม เพื่อให้เกิดความเข้าใจตัวตนของตนเอง เข้าใจความรู้ภายใน (Tacit Knowledge) ความรู้ภายนอก (Explicit Knowledge) เข้าใจกระบวนการออกแบบการเรียนรู้ และสามารถการสังเกตความรู้ที่ได้รับของตนเอง โดยใช้ **ระยะทดลอง** เป็นขั้นตอนที่ แปลงสิ่งที่ตนเองเรียนรู้มาเป็นความคิดรวบยอดใช้ Abstract Conceptualization เพื่อพัฒนาแนวคิดเชิงระบบ เมื่อแปลงแนวคิดที่ได้รับแล้วมาออกแบบแนวทางการแก้ไขปัญหาร่วมกัน และใช้ Active Experimentation เพื่อให้เกิดการเรียนรู้จากการลงมือทำ โดยให้มีการจัดการอบรมภายในของกลุ่มแกนนำ เมื่อเสร็จแล้วแกนนำแต่ละคนจะออกแบบกระบวนการเรียนรู้เพื่อถ่ายทอดความรู้ที่ตนเองถนัด ให้กับผู้ที่สนใจเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละประมาณ 10 คน และมีการสะท้อนคิดเกี่ยวกับแนวทางในการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าที่พบ (Reflective in Action) และ**ระยะการสะท้อนคิด** เน้นการใช้ Reflective Observation ในแนวทางการสะท้อนคิดเพื่อพัฒนาการเรียนรู้และการสะท้อนหลังทำกิจกรรม (Reflection on Action) เพื่อให้แกนนำสามารถวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ความรู้ที่ผ่านมา และสร้างเป็นองค์ความรู้ของตนเอง ซึ่งองค์ความรู้นี้จะเกิดเป็นความคิดรวบยอด (Concept) ใช้ Abstract Conceptualization อีกครั้งในกระบวนการสนทนากลุ่มผ่านการใช้สุนทรียสนทนา (Dialogue)

หลังการอบรมแกนนำจะได้พัฒนาความสามารถในการแก้ไขปัญหาใน 3 มิติ คือ ด้านความรู้ ซึ่งเป็นการเข้าใจปัญหาและบริบทเชิงลึก ซึ่งเป็นการเข้าใจตั้งแต่นิยามของปัญหาคืออะไร ไปจนถึงกระบวนการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมกับบริบทของตนเอง ด้านทักษะ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์และสังเคราห์ปัญหา สาเหตุ ไปจนถึงกระบวนการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ และ ด้านทัศนคติ ก่อให้เกิดความเข้าใจที่ดีต่อปัญหา ไม่กลัวปัญหา มีความมั่นใจและมุ่งมั่นในกการแก้ไขปัญหาของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ กระบวนการที่เกิดขึ้น ไม่เพียงพัฒนาศักยภาพส่วนบุคคลเท่านั้น แต่ยังส่งผลเชิงบวกต่อชุมชน โดยแกนนำสามารถเป็นต้นแบบการแก้ปัญหาและถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (action research) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) โดยเน้นการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่เป็นตัวเลข ถึงแม้ว่าจะมีข้อมูลที่แสดงระดับความสามารถในการแก้ไขปัญหา แต่ใช้เพื่อเป็นข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เข้าร่วมให้ได้ทราบถึงระดับความสามารถและพัฒนาการของตนเองหลังจากการเข้าร่วมโครงการวิจัย นำข้อมูลที่ได้รับไปอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการพัฒนาความสามารถในการแก้ไขปัญหา มีประชากรที่สนใจ คือ กลุ่มแกนนำศูนย์เรียนรู้ด้านการเกษตรในอ.จอมบึง จ.ราชบุรี โดยคัดเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ตามเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ตรงที่ทำงานในศูนย์เรียนรู้มาไม่น้อยกว่า 2 ปี มีบทบาทที่สำคัญในการแก้ไขปัญหาในชุมชนของตนเอง และสามารถเข้าร่วมงานวิจัยด้วยความสมัครใจและต่อเนื่องจนจบการวิจัย ข้อมูลที่ได้จะละเอียดและครอบคลุมในประเด็นที่ต้องการศึกษา เข้าใจปรากฏการณ์อย่างลึกซึ้ง ทำให้ข้อมูลเชิงคุณภาพมากขึ้น

เครื่องมือสำหรับการวิจัยประกอบด้วย 1) กรอบการประเมินระดับความสามารถในการแก้ไขปัญหาของกลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังเข้าร่วมโครงการวิจัย 2) แบบสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อเก็บข้อมูลที่เกี่ยวกับความรู้และประสบการณ์ของแกนนำในการสะท้อนคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ได้รับจากประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหา 3) แบบสังเกตอย่างไม่มีส่วนร่วม (Non-participant Observation) ใช้สังเกตพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ของแกนนำ และ 4) การสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) เพื่อให้แกนนำเกิดการสะท้อนคิดจากการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่เกี่ยวกับประสบการณ์ของตนเองในแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น สามารถจำแนกเครื่องมือในแต่ละระยะดังตารางที่แสดงต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงเครื่องมือที่นำมาใช้ทั้ง 4 ระยะ

ระยะที่	เครื่องมือ	รายละเอียด
1. ค้นหาปัญหา	1. กรอบวัดความสามารถ 2. แบบสัมภาษณ์เชิงลึก 3. แบบสังเกต 4. การสนทนากลุ่ม	1. กรอบวัดความสามารถในการแก้ไขปัญหาเพื่อให้แกนนำได้ประเมินตนเองเพื่อทราบระดับความสามารถก่อนเข้าร่วมโครงการ 2. แบบสัมภาษณ์เชิงลึก สำหรับการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อเก็บข้อมูลที่เกี่ยวกับความรู้และประสบการณ์ของแกนนำในการสะท้อนคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ได้รับจากประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหา 3. แบบสังเกตอย่างไม่มีส่วนร่วม (Non-participant Observation) ใช้ในการสังเกตพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการสัมภาษณ์ และการสนทนากลุ่ม 4. การสนทนากลุ่ม ใช้เพื่อระดมสมองและวิเคราะห์ปัญหาที่แท้จริงจากประสบการณ์ที่เกี่ยวกับการทำงานในศูนย์เรียนรู้
2. อบรม	1. แบบสังเกต 2. แบบสัมภาษณ์	1. แบบสังเกตอย่างไม่มีส่วนร่วม (Non-participant Observation) ใช้ในการสังเกตพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการเข้าร่วมอบรม 2. แบบสัมภาษณ์เชิงลึก สำหรับการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อเก็บข้อมูลในการสะท้อนคิดที่เกิดจากการอบรม
3. ทดลอง	1. แบบสังเกต 2. แบบสัมภาษณ์ 3. การสนทนากลุ่ม	1. แบบสังเกตอย่างไม่มีส่วนร่วม (Non-participant Observation) ใช้ในการสังเกตการนำความรู้ที่ได้รับไปออกแบบแก้ปัญหาของตนเอง รวมถึงสังเกตการณ์ผู้เข้าร่วมอื่นๆ ที่เข้าร่วมกิจกรรรม 2. แบบสัมภาษณ์เชิงลึก สำหรับการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อเก็บข้อมูลในการสะท้อนคิดเกี่ยวกับกระบวนการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น 3. การสนทนากลุ่ม ใช้เพื่อสำรวจปัญหาของแกนนำ สะท้อนและแลกเปลี่ยนประสบการณ์หลังจากทำกิจกรรม สำรวจข้อดี ข้อเสีย สิ่งที่ต้องปรับปรุงตลอดกิจกรรม
4. สะท้อนคิด	1. กรอบการวัดความสามารถ 2. แบบสัมภาษณ์เชิงลึก 3. แบบสังเกต 4. การสนทนากลุ่ม	1. กรอบวัดความสามารถในการแก้ไขปัญหาเพื่อให้แกนนำได้ประเมินตนเองเพื่อทราบระดับความสามารถหลังจากเข้าร่วมโครงการ 2. แบบสัมภาษณ์เชิงลึก สำหรับการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อเก็บข้อมูลทั้งของแกนนำ และผู้ที่เกี่ยวข้อง 3. แบบสังเกตอย่างไม่มีส่วนร่วม (Non-participant Observation) ใช้ในการสังเกตการณ์การสะท้อนคิดต่อข้อคำถามและการสนทนากลุ่มเพื่อช่วยประเมินความสามารถในการแก้ไขปัญหาและให้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อพัฒนาความสามารถให้สูงขึ้น 4. การสนทนากลุ่มเพื่อสะท้อนความคิดและแลกเปลี่ยนสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกันเพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้รวมของศูนย์เรียนรู้

ผลการศึกษา

การศึกษาเรื่องการพัฒนาความสามารถการแก้ไขปัญหาโดยใช้การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ให้กับแกนนำศูนย์เรียนรู้ด้านการเกษตร อ.จอมบึง จ.ราชบุรี มีรายละเอียดของผลการศึกษาเรียงตามขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

ระยะที่ 1 การค้นหาปัญหาที่เกิดขึ้น เริ่มจากการระบุปัญหาที่กลุ่มตัวอย่างพบในการทำหน้าที่เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ให้กับศูนย์เรียนรู้ ฯ และประเมินความสามารถในการแก้ไขปัญหา นักวิจัยลงพื้นที่ศูนย์เรียนรู้ ฯ สอบถามข้อมูลที่ เกี่ยวกับการดำเนินงาน หลังจากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างที่มีความสนใจสมัครเข้าร่วมและประเมินอย่างไม่เป็นทางการผ่านประสบการณ์ตามกรอบการประเมิน เพื่อวัดความสามารถในการแก้ไขปัญหา โดยมีผลดังแสดงในตารางที่ 2 ตารางที่ 2 แสดงผลจากการทบทวนปัญหาและประเมินความสามารถของแกนนำในศูนย์เรียนรู้ที่เข้าร่วมโครงการ

ลำดับที่	กิจกรรม	ผลที่ได้รับ
1	การเขียนถึงแนวคิดในการแก้ไขปัญหาลงในกระดาษ post it	แกนนำ 1 การแก้ไขปัญหาคือวิธีการหนึ่งที่ทำให้ไม่เกิดทุกข์ แกนนำ 2 การแก้ไขปัญหาช่วยทำให้เกิดความสบายใจ แกนนำ 3 การแก้ไขปัญหาเป็นวิธีการที่ช่วยให้ชีวิตดีขึ้น แกนนำ 4 การแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันให้ดีขึ้น
2	การทบทวนประสบการณ์การแก้ไขปัญหาต่างๆ ในชีวิต แล้วเล่าให้กับคู่ของตนเอง	จากการฟังและสังเกตอย่างไม่มีส่วนร่วมพบว่ามีการเล่าถึงประสบการณ์เรียนรู้ในห้องเรียนที่ไม่ได้มีความชัดเจนในการสอนเรื่องการแก้ไขปัญหา หรือเมื่อเข้าสู่ชีวิตจริง เวลาเจอปัญหาก็จะแก้ไขไปตามประสบการณ์หรือสิ่งที่ได้ยินได้ฟังมา และไม่พบกระบวนการแก้ไขปัญหาที่แท้จริง และไม่ได้แก้ไขปัญหาที่สาเหตุที่แท้จริง
3	การระดมสมองเขียนแผนภาพที่เกี่ยวข้องกับปัญหา แนวคิด วิธีการเรียนรู้ต่างๆ ภายในศูนย์เรียนรู้	ได้แผนภาพที่แสดงปัญหาที่เกิดร่วมกันในศูนย์เรียนรู้ ฯ คือ เมื่อมีกลุ่มบุคคลมาศึกษาดูงานมากขึ้น ทีมวิทยากรหรือผู้ถ่ายทอดความรู้ที่ไม่เคยทำหน้าที่หรือมีประสบการณ์น้อย จะไม่มีความมั่นใจในการถ่ายทอด กลัวพูดไม่รู้ หรือถ่ายทอดไม่ได้ประเด็นตามที่ต้องการ เป็นต้น
4	การสรุปความคิดออกมาแล้วพูดนำเสนอทีละคน	แกนนำ 1 กล่าวว่า “ศูนย์เรียนรู้ ฯ นี้ เป็นของทุกคนที่เข้ามาเกี่ยวข้อง จะเรียกว่าเป็นหุ้นส่วนก็ได้ และอยากให้ทุกๆ คนได้แสดงความสามารถได้อย่างเต็มที่ เล่าเรื่องราวได้อย่างเป็นธรรมชาติ” แกนนำ 2 กล่าวว่า “ส่วนใหญ่เป็นคนปฏิบัติงานหรือทำงานหน้างานไม่ค่อยมีความมั่นใจที่จะพูดถ่ายทอดความรู้ให้ผู้อื่นฟัง ถึงแม้ว่าจะเคยเห็นคนอื่นทำมาบ้าง” แกนนำ 3 กล่าวว่า “พื้นฐานเป็นคนมีความมั่นใจ แต่เมื่อมาพูดแล้วมีคนเงียบฟัง รู้สึกว่าไม่ค่อยมั่นใจ” แกนนำ 4 กล่าวว่า “ปกติมีศูนย์เรียนรู้เป็นของตนเอง แต่พอมีคนมาดูงานก็มักจะเล่าเรื่องที่ตนเองกำลังทำหรือสนใจได้ แต่พอเล่าไปสักพักก็จะไหลไปเรื่อยๆ ไม่รู้ว่าจะต้องหยุดตรงไหนอย่างไร แค่ไหนถึงพอ”

โดยสามารถสรุปปัญหาหลักร่วมกัน คือ “การเป็นนักสื่อสารความรู้ที่ตนเองมีสู่ผู้อื่น”

ระยะที่ 2 อบรมให้ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้แกนนำมีองค์ความรู้ เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับตนเอง เข้าใจความรู้ภายใน และความรู้ภายนอก เข้าใจกระบวนการออกแบบการเรียนรู้โดยเป็นการเข้าใจการสื่อสารและส่งผ่านความรู้ทั้งแบบถ่ายทอดและจัดการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ และเข้าใจการสังเกตความรู้ที่ได้รับของตนเองซึ่งเป็นการฝึกการสะท้อนคิดจากประสบการณ์ เป็นการอบรมเชิงปฏิบัติการ จัดขึ้นที่มจธ. ราชบุรี จำนวน 4 ครั้ง ครั้งละ 3 ชั่วโมง ซึ่งมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงเนื้อหาในการอบรมเพื่อให้ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวกับการแก้ไขปัญหา

ครั้งที่	หัวข้อการเรียนรู้	หัวข้อย่อยที่ดำเนินการผ่านกิจกรรม
1	การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์	– สไตล์การเรียนรู้ของคน 4 แบบ – สไตล์การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ – การสะท้อนคิดเกี่ยวกับประสบการณ์ที่สังเกต – การสร้างความคิดรวบยอดเป็นความรู้ที่มีความหมายต่อตนเอง
2	การเรียนรู้อย่างมีส่วนร่วม และการออกแบบกระบวนเรียนรู้ที่มีความหมายต่อตัวผู้เรียนและการแก้ไขปัญหา	– การสร้างพื้นที่ปลอดภัยเพื่อการเรียนรู้ร่วมกัน – ปัญญา 3 ฐานและการเรียนรู้ในแต่ละด้าน นำไปสู่วิธีการออกแบบการแก้ไขปัญหาที่แตกต่างตามบริบท – วงจรการสนทนาอย่างสุนทรีย์เพื่อการก่อเกิดปัญญาร่วมกัน – การสังเกตวิธีการสะท้อนคิดที่ได้รับผ่านประสาทสัมผัสทางกาย ใจ ความคิด (Reflective Observation) – การสะท้อนคิดเป็นความคิดรวบยอดร่วมกัน (Interaction)
3	พื้นที่ในการเรียนรู้และศาสตร์แห่งการสอนเพื่อสื่อความหมายในรูปแบบ Active Learning และ Passive Learning	– เชื่อมโยงความรู้เก่ากับความรู้ใหม่ (Constructivism) – พื้นที่การเรียนรู้ (Learning Space) ทางรูปธรรมและนามมธรรม – ศาสตร์แห่งการสอนเพื่อถ่ายทอดความรู้ผ่านประสบการณ์ของผู้เรียน – Active Learning และ Passive Learning – สะท้อนคิดเกี่ยวกับการสอนที่ผ่านมา
4	การออกแบบการเรียนรู้ (Learning Design) และศิลปะแห่งการจัดกระบวนการถ่ายทอดความรู้	– เรื่องเล่านักแกะสลักไม้ – ออกแบบกระบวนการถ่ายทอดความรู้ – สะท้อนคิดเกี่ยวกับความรู้ที่ได้ออกเป็นแผนภาพความคิดรวบยอดเพื่อรวบรวมความรู้ที่ได้รับ – ออกแบบการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ – ถอดบทเรียนไปสู่วิธีการแก้ไขปัญหา คือ เข้าใจปัญหา มองเห็นภาพรวมของปัญหา ค้นหาสาเหตุของปัญหา และนำเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหา

ระยะที่ 3 ทดลอง เป็นขั้นตอนแปลงสิ่งที่ตนเองเรียนรู้มาออกแบบแนวทางการแก้ไขปัญหาร่วมกัน คือ การออกแบบกระบวนการเรียนรู้เพื่อเป็นนักสื่อสารความรู้ที่ดี โดยให้มีการจัดการอบรมภายในของกลุ่มแกนนำ โดยที่แกนนำท่านหนึ่งได้ออกแบบแนวทางการเป็นนักสื่อสารความรู้ที่ดี (ในระหว่างนี้แกนนำแต่ละท่านได้สะท้อนปัญหาของตนเองออกมา) จากนั้นแกนนำที่เหลือออกแบบกระบวนการเรียนรู้เพื่อถ่ายทอดความรู้ที่ตนเองถนัดซึ่งต้องเป็นเอกลักษณ์และมีความเหมาะสมของตนเอง ให้กับผู้ที่สนใจเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละประมาณ 10 คน ซึ่งในระหว่างกิจกรรมได้มีการสะท้อนคิดองค์ความรู้ที่เกิดขึ้น และได้ข้อมูลเพิ่มเติมจากการสังเกตของทีมวิจัยที่ลงพื้นที่ไปร่วมเรียนรู้ในฐานะนักเรียนคนหนึ่ง ผลการดำเนินงาน แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลจากการออกแบบเนื้อหาการสอนและข้อมูลที่ได้รับจากการสังเกตและการสะท้อนคิดของแกนนำศูนย์เรียนรู้

ประเด็น	แกนนำ 1	แกนนำ 2	แกนนำ 3	แกนนำ 4
หัวข้อปัญหา	ไม่มีผู้สื่อสารความรู้	ขาดความมั่นใจ	ขาดการลำดับเนื้อหา	ไม่รู้เนื้อหาและขาดการลำดับการพูดสื่อสาร
หัวข้อที่สอน	การเป็นผู้สื่อสารความรู้ที่ดี	การทำขนมหวาน	การทำขนมหวาน	การแปรรูปผลิตภัณฑ์
เนื้อหา/กระบวนการในการสอน	1. ปัญหาที่เกิดขึ้นคืออะไร 2. การเป็นวิทยากรที่ดีประกอบด้วยอะไรบ้าง 3. องค์ประกอบของการเป็นวิทยากรที่ดีเป็นอย่างไร 4. เรื่องเล่าเส้นทางการพัฒนาตนเองไปสู่การเป็นวิทยากรที่ดี 5. ทดลองออกแบบการสอนของแต่ละคน 6. สรุปการเรียนรู้	1. แนะนำอุปกรณ์ที่ใช้ 2. แนะนำวัตถุดิบที่ใช้ 3. แนะนำขั้นตอนและให้ผู้เข้าร่วมทดลองทำไปทีละขั้นตอน 4. เชิญผู้รู้มาช่วยแนะนำที่มาของขนมที่ตนเองทำ 5. กล่าวถึงการนำไปใช้ประโยชน์ 6. สรุปการเรียนรู้และขอข้อเสนอแนะ	1. แนะนำอุปกรณ์ที่ใช้ 2. แนะนำวัตถุดิบที่ใช้ 3. แนะนำขั้นตอนและให้ผู้เข้าร่วมทดลองทำไปทีละขั้นตอน 4. ให้ผู้เข้าร่วมทดลองทำอีกครั้งโดยไม่มีขั้นตอนและวิธีการให้ 5. กล่าวถึงการประยุกต์ใช้วัตถุดิบชนิดอื่นๆ ในการทำขนมหวาน 6. สรุปการเรียนรู้และขอข้อเสนอแนะ	1. แนะนำอุปกรณ์ 2. แนะนำวัตถุดิบ 3. ทดลองทำให้ดูพร้อมทั้งแนะนำขั้นตอนในการทำ 4. กล่าวถึงการใช้วัตถุดิบอื่นๆ ในการแปรรูป 5. สรุปการเรียนรู้
ข้อสังเกตของทีมวิจัย	– มีการจัดทำแผนการสอนอย่างละเอียด – มีเอกสารประกอบการสอน – เตรียมอุปกรณ์การสอนเป็นอย่างดี	– มีการเตรียมอุปกรณ์ในการสอนได้อย่างครบถ้วน – มีการเตรียมเนื้อหาโดยเขียนใส่กระดาษแผ่นใหญ่ไป และให้	– มีการเตรียมอุปกรณ์ไปพร้อม – มีการเตรียมเนื้อหาเขียนใส่กระดาษแผ่นใหญ่ – มีการจัดเตรียมพื้นที่	– มีการเตรียมอุปกรณ์พร้อม – มีการเตรียมเนื้อหาเหมือนคนอื่น – ขั้นตอนการอธิบายยังคงติดขัด ดูมีความ

	– มีการลำดับเนื้อหาได้เป็นอย่างดี	ผู้เข้าร่วมถ่ายรูปกลับไปแทนการแจกเป็นเอกสาร – มีการแนะนำเนื้อหาตามแผนการสอน – มีการเชิญผู้ที่เชี่ยวชาญกว่ามาช่วยเพื่อลดความกังวลใจการเตรียมเนื้อหา	การสอนอย่างเป็นระเบียบและมีการตกแต่งอย่างสวยงามด้วยงานศิลปะการพับใบไม้ที่ตนเองถนัด – มีการสอบถามผู้เข้าร่วมตลอดการเรียนการสอน	กังวลใจอยู่บ้าง – สามารถแนะนำข้อมูลเชิงลึกได้ดี
การสะท้อนคิดตนเองของแกนนำ	รู้สึกว่าการออกแบบการสอนทำได้ดี และน่าจะช่วยทำให้แกนนำท่านอื่นก้าวขึ้นมาเป็นผู้สื่อสารความรู้ได้	รู้สึกว่าการสอนวันนี้ของตนเองราบรื่น เป็นระเบียบ และดูไม่ยากจนเกินไป	รู้สึกสนุกกับการสอนแต่มีความกังวลเรื่องความเรียบร้อยและอุปกรณ์ของตนเอง	รู้สึกเรียบเรียงเนื้อหาไม่ถูกและมีความกังวลใจ

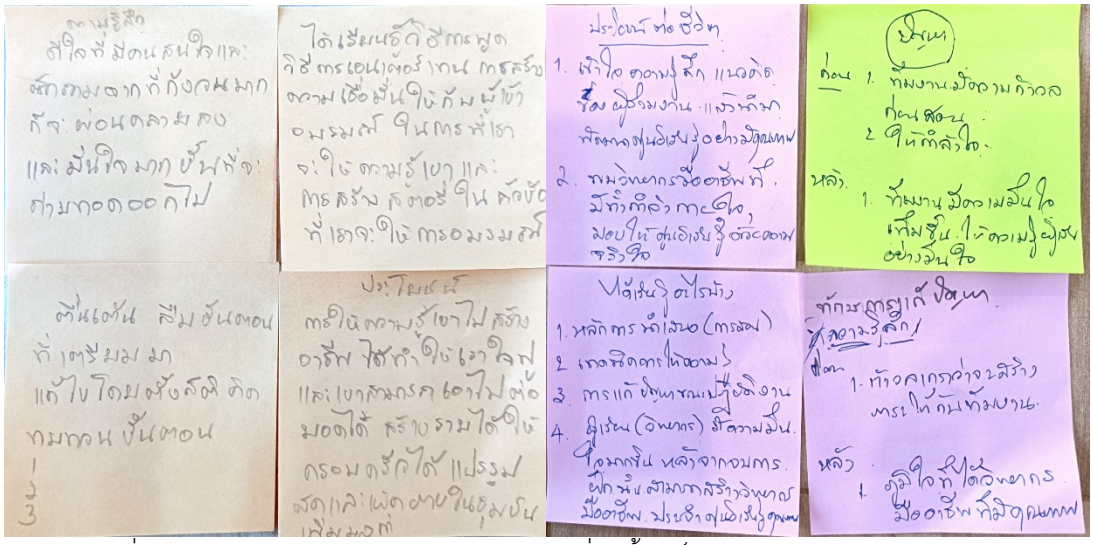
ระยะที่ 4 การสะท้อนคิด เป็นการสรุปและถอดบทเรียน สร้างความคิดรวบยอด (Concept) ต่อประสบการณ์ที่ได้รับการวิเคราะห์และปรับปรุงการแก้ปัญหา นำแนวทางการสะท้อนคิดเพื่อพัฒนาการเรียนรู้และการสะท้อนหลังทำกิจกรรมเพื่อให้แกนนำสามารถวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ความรู้ที่ผ่านมา และสร้างเป็นองค์ความรู้ของตนเองอีกครั้งในรูปแบบสัมภาษณ์ และในกระบวนการสนทนากลุ่มผ่านการใช้สุนทรียสนทนา (Dialogue) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการสะท้อนคิด เป็นการสรุปและถอดบทเรียน สร้างความคิดรวบยอด

ลำดับที่	กิจกรรม	ผลที่ได้รับ
1	สร้างพื้นที่ปลอดภัยและการดำรงอยู่ร่วมกัน	แกนนำมีความผ่อนคลายและบอกกล่าวสภาวะที่เกิดขึ้นในช่วงที่ตนเองกับเผชิญหน้าได้ และสามารถประเมินตนเองได้อย่างดี สามารถที่จะเปิดใจพูดถึงปัญหาหรือข้อสงสัยได้ในบรรยากาศที่เป็นมิตร สามารถที่จะช่วยสร้างความเชื่อมั่นกันในกลุ่มได้
2	เขียนสะท้อนสิ่งที่ตนเองได้รับจากการเข้าร่วมโครงการ	ได้รับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาที่แกนนำแต่ละคนได้รับแสดงในตัวอย่างในภาพที่ 3 ซึ่งแสดงให้เห็นข้อมูลที่เกี่ยวกับความคิดหรือความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นจากการเข้าร่วมกิจกรรม รวมถึงได้เห็นมุมมองของเพื่อนแกนนำท่านอื่น
3	เล่าสะท้อนถึงประสบการณ์ของตนเองที่ได้เข้าร่วมโครงการ	ได้นำสิ่งที่เรียบเรียงในการเขียน ออกมาเล่าแบ่งปัน ซึ่งสิ่งที่เล่าค่อนข้างมีความคิดเห็นที่เกิดจากประสบการณ์ของตนเองมากกว่าที่จะเป็นการเล่าออกมาจากการเล่าฟังเพื่อน ซึ่งเป็นประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์ และได้รับข้อมูลป้อนกลับทั้งจากเพื่อนแกนนำและทีมนักวิจัย ซึ่งเป็นมุมมองที่ก่อให้เกิดการมองภาพรอบด้านมากยิ่งขึ้น ทำให้มองเห็นจุดที่ควรสร้างให้เกิดจุดแข็งมากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

4	เขียนบทสรุปสิ่งที่ได้รับทั้งหมด	ผู้เข้าร่วมได้สรุปความรู้สึก ความคิด และทัศนคติที่มีต่อองค์ความรู้ที่ตนเองได้รับจากประสบการณ์ ก่อให้เกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่เฉพาะตนเองมากยิ่งขึ้น สามารถที่จะวางเป้าหมายในการทำงานของตนเองต่อไปในอนาคต

จากการดำเนินการที่เกิดขึ้น พบว่า หลังจากที่คณะทำงานลงพื้นที่สังเกตการจัดอบรมสื่อสารความรู้ให้ผู้ที่สนใจในชุมชนอย่างน้อย 10 คนต่อการอบรม ซึ่งหลังจากมีการติดตามเพิ่มเติม มีบุคคลที่เข้ามาฝึกฝนและพัฒนาตนเองเป็นนักสื่อสารเพิ่มอีกเป็น 15 ท่าน ซึ่งแต่ละท่านที่เข้ามามีพื้นฐานมาจากเป็นผู้ที่มีความสนใจในการพัฒนาตนเอง และอยากสร้างศูนย์เรียนรู้เป็นของตนเอง



ภาพที่ 3 แสดงผลจากการสรุปและถอดบทเรียนเพื่อสร้างเป็นความคิดรวบยอดจากกิจกรรม

สรุปผลและอธิปรายผล

การพัฒนาความสามารถการแก้ไขปัญหาโดยใช้การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ให้กับแกนนำศูนย์เรียนรู้ด้านการเกษตร อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ได้ข้อสรุปคือ

1) **ระยะที่ 1 การค้นหาปัญหาที่เกิดขึ้น** ในการสำรวจเบื้องต้นพบว่า ศูนย์การเรียนรู้ด้านอำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี กำลังเผชิญกับปัญหาด้านการสื่อสารความรู้จากแกนนำไปยังผู้เรียนที่มีความสนใจเข้ามาศึกษาดูงาน ปัญหานี้เกิดขึ้นเนื่องจากความซับซ้อนของเนื้อหาที่ต้องการถ่ายทอดและความขาดแคลนทักษะการเป็นผู้สื่อความหมายอย่างมีประสิทธิภาพ การประเมินเบื้องต้นชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาทักษะการสื่อสารและการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบของแกนนำ เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของชุมชนได้ดียิ่งขึ้น

2) **ระยะที่ 2 อบรมให้ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง** ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า กระบวนการให้ความรู้ที่มุ่งเน้นการสร้างประสบการณ์ร่วมโดยเน้นการนำทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ เช่น วงจรการเรียนรู้ของ Kolb (1984) มาเป็นกรอบแนวคิด และทีมวิจัยได้ออกแบบกิจกรรมที่เน้นการมีส่วนร่วมเพื่อฝึกสร้างประสบการณ์ เช่น การนำตนเองเข้าร่วมกับประสบการณ์และการฝึกสะท้อนคิดหลายครั้ง การจัดกิจกรรมดังกล่าวช่วยให้แกนนำสามารถพัฒนาทักษะการแก้ไขปัญหาได้อย่างเป็นรูปธรรม เช่น การปรับตัวในการสื่อสารเนื้อหาที่ยากให้ง่ายขึ้น รวมถึงการสร้างทัศนคติที่ดีต่อการเผชิญปัญหาต่าง ๆ มากกว่าการให้ความรู้แบบส่งผ่านแต่เพียงอย่างเดียว (Passive Learning)

ช่วยให้เกิดการฝึกฝนอย่างไม่รู้ตัว ส่งผลให้สามารถสื่อสารความรู้ที่ตนเองได้รับจากประสบการณ์เป็นไปอย่างเป็นอัตโนมัติ ได้ดียิ่งขึ้น

3) ระยะที่ 3 ทดลอง เป็นกิจกรรมที่เชิญชวนให้แกนนำได้นำเอาวิธีการเรียนรู้ที่ตนเองมีประสบการณ์ไปปรับใช้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง เช่น การออกแบบกระบวนการสื่อสารที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย การประเมินผลกิจกรรมพบว่า แกนนำสามารถนำความรู้ไปปรับใช้กับการถ่ายทอดความรู้ได้อย่างมีชีวิตชีวา มีความหมายที่เป็นประโยชน์กับผู้เรียน และมีประสิทธิภาพมาก ประโยชน์ที่พบชัดเจน คือ จำนวนผู้เรียนที่สามารถนำความรู้ไปต่อยอดเพิ่มขึ้น การเรียนรู้ที่ผ่านการลงมือปฏิบัตินี้ เกิดความรู้ที่ชัดเจนกับตนเอง และช่วยเสริมสร้างความมั่นใจและพัฒนาทักษะการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์จริงต่อไปในอนาคตได้ เป็นการเปลี่ยนมุมมองจากวิธีการแก้ไขปัญหาแบบเดิม คือ การใช้ประสบการณ์เดิมของตนเองนำทาง ซึ่งทำให้ปัญหาไม่หมดไป แต่เมื่อมีกระบวนการแก้ไขปัญหาที่แตกต่างออกไป ส่งผลให้ปัญหาได้รับการแก้ไขในมิติที่ดีขึ้น และช่วยเสริมสร้างให้แกนนำพัฒนาความสามารถด้านอื่น ๆ ด้วย โดยเฉพาะ ความสามารถการเป็นนักสื่อสารความรู้

4) ระยะที่ 4 การสะท้อนคิด เป็นการจัดกระบวนการเพื่อให้แกนนำได้สะท้อนคิดและสรุปบทเรียนที่ตนเองได้รับ ผลชี้ให้เห็นว่า แกนนำสามารถสะท้อนว่าตนเองมีความสามารถในการแก้ไขปัญหาที่สูงขึ้นและแตกต่างออกไปจากเดิม รวมถึงมีพัฒนาการเกี่ยวกับการสื่อสารองค์ความรู้ภายในตนเองที่ดีขึ้น โดยแกนนำที่มีศักยภาพเพิ่มขึ้นจาก 4 คน เป็น 15 คน การถ่ายทอดองค์ความรู้จากแกนนำไปยังผู้เรียนสามารถช่วยสร้างแกนนำรุ่นใหม่ได้ ส่งผลให้ชุมชนมีระบบการพัฒนาทักษะการแก้ไขปัญหาในระดับบุคคลและชุมชนเข้มแข็งยิ่งขึ้น และที่สำคัญเกิดทัศนคติที่ดีต่อการเผชิญหน้ากับปัญหา ไม่กลัวการเข้าไปแก้ไขปัญหาของตนเองในอนาคตต่อไป

จากข้อสรุปข้างต้น พบว่า การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ช่วยสร้างการเปลี่ยนแปลงเชิงพฤติกรรมและทัศนคติ ซึ่งตรงกับแนวคิดการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ของ Kolb (1984) ที่กล่าวว่ากระบวนการนี้ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้จากประสบการณ์เดิมและปรับปรุงความเข้าใจอย่างต่อเนื่อง ทฤษฎีนี้เน้นย้ำว่าการเรียนรู้จะมีประสิทธิผลสูงสุดเมื่อดำเนินการทั้งสี่ขั้นตอน สอดคล้องกับการออกแบบกระบวนการวิจัยที่ใช้แนวคิดนี้ แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความคลอบคลุมด้วย นอกจากนี้ทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรม มีการให้แกนนำสะท้อนคิดในระหว่างปฏิบัติ (Reflection-in-Action) และหลังปฏิบัติ (Reflection-on-Action) ซึ่งถือว่าเป็นกระบวนการที่สำคัญในการพัฒนาความสามารถในแก้ไขปัญหาซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Schön (1988) ที่การสะท้อนคิดในทุกขั้นตอนถือเป็นสิ่งสำคัญ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะที่ต้องการได้ดียิ่งขึ้นโดยเฉพาะการแก้ไขปัญหา และตลอดทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้น เกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ในการทำงานของตนเอง ส่งผลให้เกิดความเข้าใจต่อปัญหามากยิ่งขึ้น และสามารถออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหา ที่เหมาะสมกับบริบทตนเองและมีประสิทธิภาพได้อย่างดีเยี่ยม รวมถึงยังสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนและหลากหลายในงานของศูนย์การเรียนรู้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ King-Sears (2007) Human-Vogel & Bouwer (2005) และ Hmelo-Silver (2004)และสอดคล้องกับงานของ Schön ในการแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการสะท้อนคิดในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา นอกจากนี้ การเรียนรู้ที่ประกอบด้วยขั้นตอนการสะท้อนคิดอย่างต่อเนื่อง ช่วยให้ความรู้เที่เกิดขึ้นมีความหมาย เพราะผู้เรียนรู้ว่า จะนำความรู้ของตนเองไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไร ก่อให้เกิดความเข้าใจแนวลึก ที่สอดคล้องกับงานของ Moon (2004) ที่สนับสนุนว่าการฝึกสะท้อนคิดจากประสบการณ์ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึกและการปรับตัว แต่อาจจะมีจุดที่แตกต่างกันกับงานวิจัยที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) ของ Hmelo-Silver (2005) เพราะมีจุดเน้นที่แตกต่างกัน โดยการศึกษานี้เน้นการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงของชุมชนโดยตรง ซึ่งช่วยให้ผลลัพธ์มีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุมชนอย่างเป็นระบบ

เมื่อมองผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการพัฒนาความสามารถในการแก้ไขปัญหาให้กับสมาชิกในชุมชนในระยะยาวพบว่า การเพิ่มศักยภาพของแกนนำที่สามารถสื่อสารความรู้ได้มากขึ้นจาก 4 คนเป็น 15 คน ส่งผลให้เกิดการพัฒนาศักยภาพของศูนย์เรียนรู้ ฯ มีการให้วิธีการสะท้อนคิดความรู้ภายในตนให้กับแกนนำ ส่งผลให้เกิดการสร้างวัฒนธรรมการเรียนรู้ที่ยั่งยืนให้กับสมาชิกในชุมชน และเป็นเครื่องมือที่ถูกปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของชุมชนต่อไป งานวิจัยนี้สอดคล้องกับ Wenger (1998) ในงานเรื่อง “ชุมชนแห่งการปฏิบัติ” (Communities of Practice) แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาผู้นำหรือแกนนำในชุมชนสามารถช่วยสร้างระบบการเรียนรู้และการถ่ายทอดความรู้ที่มีความยั่งยืน Hmelo-Silver (2005) ในการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ซับซ้อนช่วยสนับสนุนการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารและการแก้ไขปัญหาในระดับชุมชน นอกจากนี้การเรียนรู้ผ่านปัญหาเป็นฐานช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการทรัพยากรชุมชนหรือพัฒนาเศรษฐกิจในระดับท้องถิ่น ซึ่งสนับสนุนได้จากงานของ Hmelo-Silver (2004)

ในมิติของคุณค่าของการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถของการแก้ไขปัญหาและนำไปสู่การพัฒนาชุมชน โดยที่การเรียนรู้สร้างโอกาสให้แกนนำเกิดการพัฒนาทักษะที่สำคัญเกี่ยวกับการเป็นผู้สื่อสารความรู้ การแก้ไขปัญหา การทำงานร่วมกัน การสะท้อนคิด และการสร้างความเป็นผู้นำในท้องถิ่น สอดคล้องกับการฝึกอบรมผ่านการทำงาน (On the job training) และการงานวิจัยนี้สร้างให้เกิดความมั่นใจเกี่ยวกับการพัฒนาศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงชุมชนให้เข้มแข็งมากขึ้น ผ่านการพัฒนานักสื่อสารความรู้และสร้างผู้นำชุมชนในรุ่นต่อไป สอดคล้องกับงานของ Day (2000) ที่กล่าวว่า การฝึกอบรมความเป็นผู้นำโดยใช้ประสบการณ์ตรงมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาทักษะการสื่อสาร การจัดการทีม และการสร้างความยั่งยืนในชุมชน

ข้อจำกัดในงานวิจัย 1. ขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีขนาดจำกัด ซึ่งมีเพียง 4 คน อาจทำให้ผลการศึกษาไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนและสรุปได้ในระดับที่กว้างขึ้น จึงจำเป็นต้องพัฒนากระบวนการนี้ เมื่อมีกลุ่มตัวอย่างจำนวนมากขึ้น 2. ระยะเวลาวิจัย ค่อนข้างสั้น ส่งผลต่อการประเมินในระยะยาว จึงควรขยายระยะเวลาเพื่อทำการรวบรวมข้อมูลหลังการทำวิจัยเพิ่มเติมต่อไปอีก เพื่อทำให้การวิเคราะห์ผลสามารถกระทบในบริบทที่ความซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น และควรมีการศึกษาผลกระทบในระยะยาว ซึ่งเป็นการประเมินความต่อเนื่องต่อไปในอนาคตหลังจาก 1 – 2 ปี นอกจากนี้อาจจะต้องนำไปทดลองกับบริบทอื่น ๆ เช่นในภาครัฐ ภาคเอกชน หรือภาคอุตสาหกรรม เพราะจะช่วยทำให้เกิดการแก้ไขภายในองค์กรได้เป็นระบบมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจากทุน Fundamental Fund มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และขอขอบพระคุณแกนนำจากศูนย์เรียนรู้ที่เข้าร่วมการวิจัยทุกท่าน คณะวิจัยว่าสิ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการวิจัยจะเป็นประโยชน์ไม่มากก็น้อยต่อไปในอนาคตต่อศูนย์เรียนรู้ ฯ

เอกสารอ้างอิง

Bloom, B. S., & Krathwohl, D. R. (1956). **Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals.** In *Handbook I: Cognitive Domain.*

Day, D. V. (2000). **Leadership development: A review in context.** The Leadership Quarterly, 11(4), 581–613.

Dewey, J. (1933). **How We Think a Restatement of the Relation of Reflective Thinking to the Educative Process.** D.C. Heath & Co Publishers.

Hmelo-Silver, C. E. (2004). **Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, *16*(3), 235–266.** https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3

Human-Vogel, S., & Bouwer, C. (2005). **Creating a complex learning environment for the mediation of knowledge construction in diverse educational settings.** In South African Journal of Education EASA (Vol. 25, Issue 4).

Kay, K. (2010). **21st century skills: Why they matter, what they are, and how we get there.** In 21st century skills. Rethinking how students learn.

King-Sears, M. E. (2007). **Designing and Delivering Learning Center Instruction.** Intervention in School and Clinic, 42(3), 137–147. https://doi.org/10.1177/10534512070420030201

Kolb, D. A. (1984). **Experiential learning: Experience as the source of learning and development Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.** Journal of Organizational Behavior.

McLendon, R., Friedman, A., Bigner, D., Van Meir, E. G., Brat, D. J., Mastrogianakis, G. M., Olson, J. J., Mikkelsen, T., Lehman, N., Aldape, K., Yung, W. K. A., Bogler, O., Weinstein, J. N., VandenBerg, S., Berger, M., Prados, M., Muzny, D., Morgan, M., Scherer, S., … Thomson, E. (2008). **Comprehensive genomic characterization defines human glioblastoma genes and core pathways.** Nature, 455(7216). https://doi.org/10.1038/nature07385

Moon, J. A. (2004). **A handbook of reflective and experiential learning: Theory and practice.** Routledge.

Nneji, S. O. (2013). **Effect of Polya George's Problem Solving Model on Students' Achievement and Retention in Algebra.** Journal of Educational and Social Research. https://doi.org/10.5901/jesr.2013.v3n6p41

Pretty, J. N. (1995). **Participatory learning for sustainable agriculture.** World Development, 23(8). https://doi.org/10.1016/0305-750X(95)00046-F

Schön, D. A. (1988). **Designing: Rules, types and words.** Design Studies, 9(3). https://doi.org/10.1016/0142–694X(88)90047–6

Trilling, B., & Fadel, C. (2009). **Learning Past and Future.** In 21st century skills : learning for life in our times.

Wenger, E. (1998). **Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity.** *Systems Thinker*, 9. https://doi.org/10.2277/0521663636

วรภัทร์ ภู่เจริญ. (2546). **การคิดอย่างเป็นระบบและเทคนิคการแก้ปัญหา = Systematic thinking & problem solving technique.** อริยชน.

วิจารณ์ พานิช. (2555). **วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21 .** มูลนิธิสดศรีสฤษดิ์วงศ์.

การศึกษาปัจจัยจูงใจและปัจจัยค้ำจุนในการขอรับทุนและผลิตผลงานทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการ กรณีศึกษา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

Investigate the motivating and sustaining factors influencing academic staff in applying for grants and producing academic work: A case study of School of Health Science, Mae Fah Luang University

พรพิมล สุภาวรรณ์[1*], ศศิธร ชูศรี[2] และ เฉลิมพันธ์ แก้วกันทะ[3]

Pornpimol Supawan[1*], Sasitorn Chusri[2] and Chaloemphan Kaewkanta[3]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยจูงใจและปัจจัยค้ำจุนในการขอรับทุนและผลิตผลงานทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการ เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการสำรวจโดยใช้แบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาจารย์สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จำนวน 50 คน ในช่วงเดือนสิงหาคม – กันยายน 2567 ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยจูงในในด้านความรับผิดชอบ และปัจจัยค้ำจุนภายในด้านสถานภาพวิชาชีพของบุคลากรมีความสำคัญอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.50, SD.=0.69 และ $\bar{X}$=4.53 SD.=0.67) ตามลำดับ และปัจจัยด้านการยอมรับนับถือ และปัจจัยด้านชีวิตส่วนตัว (Personal life) อยู่ในระดับที่น้อยที่สุด ($\bar{X}$=3.82, SD = 1.22, $\bar{X}$=3.84, SD = 1.10) ในขณะที่ปัจจัยจูงใจด้านความก้าวหน้าในตำแหน่งงาน (Advancement) ด้านความสำเร็จในการทำงาน (Achievement) และด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติ (The work itself) รวมถึงปัจจัยค้ำจุนด้านเงินเดือน ด้านความสัมพันธ์กับผู้ใต้บังคับบัญชา และด้านนโยบายและการบริหาร และด้านการกำกับดูแลและปกครองบังคับบัญชาเป็นปัจจัยที่กลุ่มอาจารย์มีความคิดเห็นที่แตกต่างกัน ส่วนสภาพปัญหาที่เป็นอุปสรรคต่อการขอรับทุนวิจัยและผลิตผลงานทางวิชาการ คือ ด้านเงินทุน ด้านรางวัลค่าตอบแทนในรูปแบบตัวเงินเพื่อเป็นขวัญกำลังใจด้านการผลิตผลงานวิจัยที่โดดเด่น และด้านความเหมาะสมกับจำนวนงานที่ทำ

คำสำคัญ: ปัจจัยจูงใจ, ปัจจัยค้ำจุน, สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

[1] สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย 57100

[2] สาขาวิชาชีวการแพทย์และวิทยาการวิเคราะห์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย 57100

[3] สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย 57100

[1] School of Health Science, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100

[2] Biomedical Science and Analytical Science Program, School of Health Science, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100

[3] Occupational Health and Safety Program, School of Health Science, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100

*Corresponding author: pornpimon.suy@mfu.ac.th

Abstract

This study aims to investigate the motivating and sustaining factors influencing academic staff in applying for grants and producing academic work. Data were collected through a survey using questionnaires distributed to a sample of 50 lecturers from the School of Health Science at Mae Fah Luang University during August – September 2024.

The findings indicate that the motivational factor of responsibility and the internal sustaining factor of professional status were rated as the most important ($\bar{X}$ = 4.50, SD = 0.69, and $\bar{X}$ = 4.53, SD = 0.67, respectively). However, the least significant characteristics were those related to personal life and recognition ($\bar{X}$ = 3.84, SD = 1.10, and $\bar{X}$ = 3.82, SD = 1.22, respectively). Meanwhile, the group of lecturers elicited varying opinions regarding motivating factors such as advancement in position, achievement, and the nature of the work itself, as well as sustaining factors like salary, relationships with subordinates, policies, administration, and supervision. The primary obstacles to applying for research grants and producing academic work were identified as funding, monetary incentives to boost morale for outstanding research, and the appropriateness of the workload.

Keywords: motivational factor, sustaining factor, School of Health Science, Mae Fah Luang University

บทนำ

รัฐบาลได้กำหนดยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ.2561 –2580) เป็นแนวทางในการพัฒนาประเทศในระยะยาว เพื่อให้ประเทศไทยบรรลุวิสัยทัศน์ “ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้ว ด้วยการพัฒนาตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” โดยการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศให้มีเสถียรภาพอย่างยั่งยืนตามแนวทางที่กำหนดในยุทธศาสตร์ชาตินั้น จำเป็นอย่างยิ่งต้องอาศัยความรู้และความก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัยและนวัตกรรม รวมถึงการพัฒนากำลังคนที่เหมาะสม เพื่อเป็นกลไกสำคัญในการนำพาประเทศให้หลุดพ้นจากกับดักประเทศรายได้ปานกลาง ยุทธศาสตร์ชาติได้ระบุวาระการพัฒนาที่เน้นการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางเศรษฐกิจของประเทศไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม (Innovation–driven Economy) รวมถึงการเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรที่เข้าสู่สังคมสูงวัย ตลอดจนรองรับผลกระทบจากพลวัตของกระบวนการโลกาภิวัตน์ การย้ายขั้วอำนาจทางเศรษฐกิจ และภูมิรัฐศาสตร์ใหม่ ตลอดจนผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่คาดว่าจะมีความรุนแรงมากขึ้น รวมถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างพลิกผัน (Disruption) จากการพัฒนาอย่างก้าวกระโดดทางเทคโนโลยีและนวัตกรรม (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560)

นโยบายและยุทธศาสตร์การอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม พ.ศ. 2563 – 2570 ได้กำหนดทิศทางให้สอดคล้องกับทิศทางของยุทธศาสตร์ชาติ แผนแม่บท และนโยบายของรัฐบาล โดยมีวิสัยทัศน์เพื่อ “เตรียมคนไทยแห่งศตวรรษที่ 21 พัฒนาเศรษฐกิจที่กระจายโอกาสอย่างทั่วถึง สังคมที่มั่นคง และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน โดยสร้างความเข้มแข็งทางนวัตกรรมระดับแนวหน้าในสากล นำพาประเทศไปสู่ประเทศที่พัฒนาแล้ว” โดยมีการขับเคลื่อนการดำเนินงานการพัฒนาใน 4 ด้าน ได้แก่ 1) การพัฒนากำลังคนและสถาบันความรู้ 2) การวิจัยและสร้างนวัตกรรมเพื่อตอบโจทย์ท้าทายของสังคม 3) การวิจัยและสร้างนวัตกรรมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขัน และ 4) การวิจัยและสร้างนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่และลดความเหลื่อมล้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถาบันอุดมศึกษาถือว่าเป็น

ฟันเฟืองสำคัญสำหรับการสร้างคน สร้างองค์ความรู้ และการสร้างนวัตกรรมเพื่อตอบโจทย์ท้าทายของประเทศผ่านการปรับเปลี่ยนบทบาทภารกิจกลุ่มมหาวิทยาลัย เปลี่ยนหลักสูตรและกระบวนการเรียนรู้ รวมทั้งจัดระบบและการบริหารจัดการ

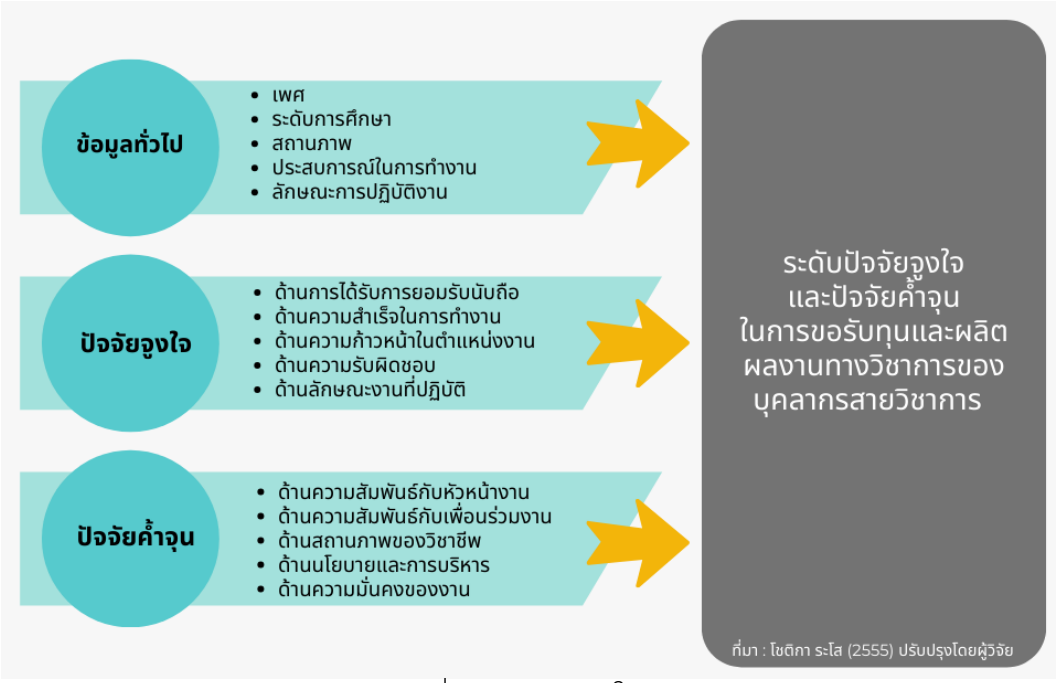
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เป็นสถาบันอุดมศึกษาที่มุ่งพัฒนางานวิจัยให้มีความเข้มแข็งเพื่อผลิตงานวิจัยที่มีคุณภาพหรือนวัตกรรมที่มีผลกระทบเชิงสังคมและการพัฒนาอุตสาหกรรม อีกทั้งยังเป็นการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัยด้านการสร้างความเป็นเลิศทางการวิจัยและนวัตกรรม ความเข้มแข็งด้านศักยภาพบุคลากรที่สามารถผลิตผลงานวิจัยที่มีคุณภาพสูงตามแผนพัฒนามหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงและสำนักวิชา (แผนพัฒนามหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ฉบับที่ 5 พ.ศ.2565–2569, 2564)

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มีพันธกิจหลักที่สำคัญ 3 ด้าน ได้แก่ การผลิตบัณฑิต งานวิจัย/นวัตกรรม และการบริการวิชาการ โดยมีตัวชี้วัดความสำเร็จตามพันธกิจที่สำคัญของมหาวิทยาลัย จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ ของสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ ในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา (ปี พ.ศ. 2564 – 2566) พบว่า ในปี 2564 บุคลากรมีการตีพิมพ์ผลงานวิจัยระดับนานาชาติ คิดเป็นร้อยละ 6 (จำนวน 32 ผลงาน) ในปี 2565 คิดเป็นร้อยละ 49 (จำนวน 21 ผลงาน) และในปี 2566 คิดเป็นร้อยละ 40 (จำนวน 17 ผลงาน) พบว่ามีอัตราการเพิ่มสูงขึ้นและลดลง จะเห็นได้ว่าสัดส่วนผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติต่ออาจารย์ ของสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ ยังอยู่ระหว่างการพัฒนากระบวนการผลิตผลงานวิจัยที่มีคุณภาพ เพื่อสร้างการยอมรับด้านวิจัยในระดับนานาชาติ (รายงานการประเมินตนเอง ตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินงานที่เป็นเลิศ ปีการศึกษา 2565, 2566) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาปัจจัยจูงใจและปัจจัยค้ำจุนในการขอรับทุนและผลิตผลงานทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เพื่อนำผลไปวิเคราะห์และเป็นข้อมูลนำเข้าในการวางแผนกลยุทธ์ ด้านวิจัย/นวัตกรรมของสำนักวิชาฯ ในการขับเคลื่อนผลงานวิจัยระดับนานาชาติของอาจารย์ประจำสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพในอนาคต และกำหนดเป็นนโยบายส่งเสริมนักวิจัยในระดับสำนักวิชาฯ ต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาปัจจัยจูงใจและปัจจัยค้ำจุนในการขอรับทุนและผลิตผลงานทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการ กรณีศึกษา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน(ถ้ามี)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยปริมาณ ประชากร คือ บุคลากรสายวิชาการ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จำนวน 50 คน (ฝ่ายบุคลากรสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ, 2567)

เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบสอบถาม ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงข้อคำถามจากงานวิจัยของโชติกา ระโส (2555) ให้มีบริบทที่ใกล้เคียงกับสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ และแบบสอบถามนี้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญในด้านการผลิตผลงานทางวิชาการ โดยมีค่าความเที่ยงตรง (Validity) เท่ากับ 0.91 และความเชื่อมั่น (Reliability) เท่ากับ 0.95 ประกอบไปด้วย ปัจจัยส่วนบุคคล–เพศ–อายุ–ระดับการศึกษา–ประเภทตำแหน่ง–ระดับเงินเดือน–ระยะเวลาการทำงาน ณ สถานที่ทำงานแห่งนี้สถานที่ปฏิบัติงานปัจจัยจูงใจ–ลักษณะงานที่ปฏิบัติ–ความก้าวหน้าในงาน–ความยอมรับนับถือ–ความรับผิดชอบ–ความสำเร็จในงานปัจจัยสุขวิทยา–เงินเดือน/ค่าจ้าง–ความสัมพันธ์กับผู้อื่น–ความมั่นคงในงาน–สภาพการทำงาน–นโยบายและการบริหารแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน–ความพยายาม–ความมุ่งมั่น–การมีทิศทาง–การมีเป้าหมาย

ค่าคะแนนเฉลี่ยในการพิจารณาปัจจัยจูงใจและปัจจัยค้ำจุนต่อการตีพิมพ์ผลงานวิชาการให้เป็นไปตามผลการดำเนินงานของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ของอาจารย์ประจำสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ได้ดังนี้

ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายความว่า ผู้ตอบมีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานระดับมากที่สุด

ค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายความว่า ผู้ตอบมีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานระดับมาก

ค่าคะแนนเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายความว่า ผู้ตอบมีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานระดับปานกลาง

ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายความว่า ผู้ตอบมีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานระดับน้อย

ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายความว่า ผู้ตอบมีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานระดับน้อยที่สุด

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย ความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

งานวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เลขที่ EC 24036–18

ผลการศึกษา

1. **สถานภาพ**

เพศ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 26 คน (ร้อยละ 52.0) และเพศชาย จำนวน 24 คน (ร้อยละ 48.0)

ระดับการศึกษา กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับปริญญาเอก จำนวน 35 คน (ร้อยละ 70.0) และระดับปริญญาโท จำนวน 15 คน (ร้อยละ 30.0)

ประสบการณ์ในการทำงาน กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 5 ปี จำนวน 33 คน (ร้อยละ 66.0) และมีประสบการณ์ในการทำงานน้อยกว่า 5 ปี จำนวน 17 คน (ร้อยละ 34.0)

ลักษณะการปฏิบัติงาน กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ปฏิบัติงานสอนมากที่สุดจำนวน 38 คน (ร้อยละ 76.0) รองลงมาคือ ปฏิบัติงานสอนและงานบริหาร จำนวน 8 คน (ร้อยละ 16) และน้อยที่สุด ปฏิบัติงานบริหาร จำนวน 4 คน (ร้อยละ 8.0) ตามลำดับ

ตารางที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

สถานภาพ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	24	48.0
หญิง	26	52.0
ระดับการศึกษา		
ปริญญาเอก	35	70.0
ปริญญาโท	15	30.0
ประสบการณ์ในการทำงาน		
มากกว่า 5 ปี	33	66.0
น้อยกว่า 5 ปี	17	34.0
ลักษณะการปฏิบัติงาน		
ปฏิบัติงานสอน	38	76.0

ปฏิบัติงานสอนและงานบริหาร	8	16.0
ปฏิบัติงานบริหาร	4	8.0

2. การตีพิมพ์และได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย

ตารางที่ 2 สถานะการได้รับทุนและการตีพิมพ์ผลงานวิชาการ

1. ท่านได้รับทุนวิจัย ในช่วงระยะเวลา 3 ปี ย้อนหลัง	**จำนวน (คน)**	**ร้อยละ**
ไม่เคยตีพิมพ์/ไม่เคยได้รับทุน	1	2
ได้รับ เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย	28	56
ได้รับ เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย, ได้รับ เป็นผู้ร่วมวิจัย	12	24
ได้รับ เป็นผู้ร่วมวิจัย	7	14
ไม่สามารถประเมินได้เนื่องจากอายุงานต่ำกว่า 3 ปี	2	4
2. ท่านเคยตีพิมพ์บทความวิจัย<u>ระดับชาติ</u> ในช่วงระยะเวลา 2 ปี ย้อนหลัง		
ไม่เคยตีพิมพ์	18	36
ตีพิมพ์ และเป็นชื่อแรกของผลงาน, ตีพิมพ์ และเป็น Corresponding	3	6
ตีพิมพ์ และเป็นชื่อแรกของผลงาน, ตีพิมพ์ และเป็นผู้ร่วม	3	6
ตีพิมพ์ และเป็น Corresponding	5	10
ตีพิมพ์ และเป็นผู้ร่วม	11	22
ตีพิมพ์ และเป็นชื่อแรกของผลงาน	7	14
ตีพิมพ์ และเป็น Corresponding, ตีพิมพ์ และเป็นผู้ร่วม	2	4
ตีพิมพ์ และเป็นชื่อแรกของผลงาน, ตีพิมพ์ และเป็น Corresponding, ตีพิมพ์ และเป็นผู้ร่วม	2	4
3. ท่านเคยตีพิมพ์บทความวิจัยระดับ<u>นานาชาติ</u> ในช่วงระยะเวลา 2 ปี ย้อนหลัง		
ไม่เคยตีพิมพ์	7	14
ตีพิมพ์ และเป็นชื่อแรกของผลงาน, ตีพิมพ์ และเป็น Corresponding	3	6
ตีพิมพ์ และเป็นชื่อแรกของผลงาน, ตีพิมพ์ และเป็นผู้ร่วม	4	8
ตีพิมพ์ และเป็น Corresponding	4	8
ตีพิมพ์ และเป็นผู้ร่วม	15	30
ตีพิมพ์ และเป็นชื่อแรกของผลงาน	11	22
ตีพิมพ์ และเป็น Corresponding, ตีพิมพ์ และเป็นผู้ร่วม	3	6
ตีพิมพ์ และเป็นชื่อแรกของผลงาน, ตีพิมพ์ และเป็น Corresponding, ตีพิมพ์ และเป็นผู้ร่วม	3	6

จากตารางที่ 2 พบว่า ในรอบ 3 ปีย้อนหลัง บุคลากรสายวิชาในสำนักวิชาฯ ได้รับทุนวิจัย โดยการเป็นหัวหน้าโครงการวิจัยมากที่สุด จำนวน 28 คน (ร้อยละ 56) และน้อยที่สุด คือไม่เคยได้รับทุนวิจัย และไม่เคยตีพิมพ์ในรอบ 3 ปีย้อนหลัง และเมื่อพิจารณาลงไปถึงการตีพิมพ์ผลงานวิจัยในระดับชาติและนานาชาติในรอบ 2 ปีย้อนหลัง กลับพบว่า บุคลากรส่วนให้ไม่เคยตีพิมพ์ในระดับชาติมากที่สุด จำนวน 18 คน (ร้อยละ 36) แต่อย่างไรก็ตามบุคลากร

สายวิชาการของสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพเน้นการตีพิมพ์ผลงานในระดับนานาชาติ โดยมีสถานะการตีพิมพ์และเป็นผู้ร่วม (Corresponding author) จำนวน 15 คน (ร้อยละ 30)

3. แรงจูงใจในการการขอรับทุนสนับสนุนวิจัย และการผลิตผลงานทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ตารางที่ 3 แรงจูงใจในการการขอรับทุนสนับสนุนวิจัย และการผลิตผลงานทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ประเด็น	$\bar{X}$	SD
ด้านการได้รับการยอมรับนับถือ (Recognition)	**3.82**	**1.22**
1. ผู้บังคับบัญชาให้ความสำคัญและชมเชยต่อผลสำเร็จในงานของท่าน	3.88	1.03
2. หน่วยงานภายนอกให้การยอมรับและยกย่องในความสามารถของท่าน	4.22	0.86
3. สำนักวิชาฯ ของท่านมีการให้รางวัลเพื่อเป็นขวัญกำลังใจด้านการผลิตผลงานวิจัยที่โดดเด่น	4.10	1.12
4. สำนักวิชาฯ ของท่านมีการให้ค่าตอบแทนในรูปแบบตัวเงินเพื่อเป็นขวัญกำลังใจด้านการผลิตผลงานวิจัยที่โดดเด่น	3.08	1.49
ด้านความสำเร็จในการทำงาน (Achievement)	**4.37**	**0.79**
1. ในการทำงานต่างๆ ท่านใช้ความรู้ความสามารถของท่านอย่างเต็มที่	4.73	0.60
2. ท่านสามารถปฏิบัติงานตามแผนงานวิจัย/ระยะเวลาการเขียนผลงานวิจัยตามที่กำหนดไว้	4.08	0.91
3. ท่านสามารถปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้สำเร็จบรรลุตามเป้าหมาย/วัตถุประสงค์	4.39	0.70
4. ท่านเป็นผู้มีส่วนร่วมกับความสำเร็จของหน่วยงานที่ท่านสังกัด	4.29	0.81
ด้านความก้าวหน้าในตำแหน่งงาน (Advancement)	**4.27**	**0.89**
1. ท่านได้รับพัฒนาความรู้ความสามารถ ด้านการฝึกอบรมเพื่อเพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์	4.31	0.79
2. ท่านได้รับพัฒนาความรู้ความสามารถ ด้านการศึกษาดูงานเพื่อเพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์	3.76	0.99
3. ท่านได้รับความก้าวหน้าในหน้าที่การงานจากความสามารถของตนเอง	4.47	0.61
4. การประเมินความสามารถของท่านมีโอกาสในการเลื่อนขั้นเลื่อนตำแหน่งตามความเหมาะสม	4.24	0.84
5. ท่านได้รับพิจารณาความดีความชอบอย่างยุติธรรมและมีมาตรฐานเชื่อถือได้	4.25	0.87
6. การมีโอกาสในการฝึกอบรมทำให้ท่านมีความรู้ความสามารถมากยิ่งขึ้น	4.51	0.76
7. การมีโอกาสในการศึกษาต่อทำให้ท่านมีความรู้ความสามารถมากยิ่งขึ้น	4.39	0.94
8. การมีโอกาสในการศึกษาต่อทำให้ท่านได้รับผิดชอบงานที่ยากและสำคัญมากขึ้น	4.24	1.07

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ประเด็น	$\bar{X}$	SD
ด้านความรับผิดชอบ (Responsibility)	**4.50**	**0.69**
1. ท่านใช้ความรู้ความสามารถของตนเองอย่างเต็มที่ในการปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย	4.78	0.46
2. งานที่ท่านรับผิดชอบเป็นงานที่ท่านถนัดและมีความสนใจ	4.41	0.75
3. ท่านสามารถเลือกวิธีการปฏิบัติงานได้ตามความต้องการ	4.22	0.81
4. ท่านได้รับมอบหมายให้มีอำนาจในการตัดสินใจในการปฏิบัติงานอย่างเต็มที่	4.27	0.78
5. ท่านได้รับการแต่งตั้งให้เป็นคณะกรรมการในการปฏิบัติงานชุดต่างๆ ของหน่วยงาน	4.65	0.56
6. ท่านมักวางแผนและเตรียมการสำหรับการปฏิบัติงานก่อนล่วงหน้าอย่างสม่ำเสมอ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการสอน หรืองานโครงการต่างๆ	4.69	0.51
ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติ (The work itself)	**4.41**	**0.80**
1. ท่านรู้สึกว่างานที่ทำอยู่ในขณะนี้ เป็นงานที่ท้าทายความสามารถ และกระตุ้นให้ต้องปฏิบัติงาน	4.29	0.83
2. งานที่ท่านทำอยู่ในปัจจุบันส่งเสริมให้ท่านมีการพัฒนาตนเองให้มีความรู้ความสามารถมากขึ้น	4.41	0.85
3. งานที่ท่านได้รับมอบหมายช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์เรียนรู้และทักษะความชำนาญ	4.39	0.78
4. งานที่ท่านทำอยู่ในปัจจุบันส่งเสริมให้ท่านมีการพัฒนาตนเองให้มีความรู้ความสามารถมากขึ้น	4.53	0.73

จากตารางที่ 3 ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยจูงใจด้านความรับผิดชอบของบุคลากรอยู่ในระดับสูง ($\bar{X}$=4.50, SD=0.69) และในขณะเดียวกัน ปัจจัยด้านการยอมรับนับถือเป็นประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่ำที่สุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าสำนักวิชาและมหาวิทยาลัยควรพิจารณารูปแบบการให้ค่าตอบแทนเป็นตัวเงินเพื่อเป็นขวัญและกำลังใจในการผลิตผลงานวิจัยที่โดนเด่นและมีคุณภาพสูง

4. ปัจจัยค้ำจุน ของบุคลากรที่มีต่อการปฏิบัติงาน สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

ตารางที่ 4 ปัจจัยค้ำจุน ของบุคลากรที่มีต่อการปฏิบัติงาน สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

ประเด็น	$\bar{X}$	SD
ด้านเงินเดือน (Salary)	**3.92**	**0.80**
1. ท่านได้รับเงินเดือนอย่างเหมาะสมกับตำแหน่งงานที่ทำในปัจจุบัน	3.94	0.68
2. ท่านได้ ค่าตอบแทนอื่น เหมาะสมกับงานที่ท่านทำ	3.80	0.89
3. ท่านได้รับการเลื่อนขั้นเงินเดือนอย่างเหมาะสม และเป็นธรรมกับการปฏิบัติงานปัจจุบัน	4.02	0.81
ด้านความสัมพันธ์กับหัวหน้างาน (Interpersonal Relations with Supervision)	**4.11**	**0.96**
1. หัวหน้างานเข้าใจและยอมรับฟังความคิดเห็นของท่าน	4.16	0.95
2. หัวหน้างานสามารถตอบสนองเรื่องของงานได้ทันท่วงที	3.94	0.99
3. หัวหน้างานให้ความเป็นธรรมต่อผู้ใต้บังคับบัญชาเท่าเทียมกัน	4.24	0.52

ตารางที่ 4 ปัจจัยค้ำจุน ของบุคลากรที่มีต่อการปฏิบัติงาน สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

ประเด็น	$\bar{X}$	SD
ด้านความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน (Interpersonal Relations with Peers)	**4.49**	**0.77**
1. ท่านได้เข้าร่วมกิจกรรมภายในหน่วยงาน เพื่อเสริมสร้างความสัมพันธ์อันดี ระหว่างบุคลากรในองค์กร	4.67	0.52
2. บรรยากาศและความสัมพันธ์ที่ดีของเพื่อนร่วมงาน ส่งผลให้ท่านมีความกระตือรือร้นในการทำงานมากยิ่งขึ้น	4.29	0.99
3. ท่านได้รับความช่วยเหลือจากเพื่อนร่วมงานเมื่องานของท่านเกิดปัญหา	4.51	0.70
ด้านความสัมพันธ์กับผู้ใต้บังคับบัญชา (Interpersonal Relations with Subordination)	**3.93**	**1.13**
1. ท่านสามารถทำงานกับผู้ใต้บังคับบัญชาของท่านได้เป็นอย่างดี	4.47	0.61
2. ท่านมีความเข้าใจผู้ใต้บังคับบัญชาทั้งเรื่องงานและเรื่องส่วนตัว	4.08	0.91
3. ท่านและผู้ใต้บังคับบัญชามักไปทานข้าวกลางวันหรือสังสรรค์ด้วยกัน	3.25	1.37
ด้านสถานภาพของวิชาชีพ (Status)	**4.53**	**0.67**
1. ท่านเชื่อว่าตำแหน่งหน้าที่ของท่านมีเกียรติ และน่าภาคภูมิใจ	4.63	0.60
2. ท่านเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยขับเคลื่อนมหาวิทยาลัยให้มีชื่อเสียง	4.43	0.73
ด้านนโยบายและการบริหาร (Company Policy and Administration)	**3.94**	**0.96**
1. ท่านได้รับการสื่อสารนโยบายการบริหารจากผู้บริหารระดับสูงอย่างชัดเจน	3.98	0.95
2. ท่านได้นำนโยบายการบริหารไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง	3.98	0.95
3. ท่านเข้าใจในการประยุกต์หลักการของวิสัยทัศน์ขององค์กรเพื่อนำไปสู่เป้าหมายที่ท้าทาย	3.94	0.95
4. ท่านเชื่อมั่นในการนำองค์กรของบริหารระดับสูง	3.75	1.06
5. ท่านได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบงานตาม KPI อย่างชัดเจนและเหมาะสม	4.04	0.92
ด้านสภาพการทำงาน (Working Conditions)	**3.91**	**1.02**
1. จำนวนอาจารย์มีความเหมาะสมกับจำนวนงานที่ทำ	3.49	1.05
2. ชั่วโมงการทำงานของท่านมีความเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน	3.69	0.88
3. สภาพแวดล้อม และบรรยากาศทั่วไปในที่ทำงาน เช่น ความเป็นสัดส่วน สะอาด เป็นระเบียบเรียบร้อย แสงสว่างเพียงพอ การถ่ายเทอากาศมีความเหมาะสมและส่งเสริมให้ท่านทำงานสะดวก	4.27	0.85
4. พื้นที่ปฏิบัติงานของท่าน มีการจัดการที่เหมาะสม สะดวก และง่ายต่อการปฏิบัติงาน	4.27	0.85
5. หน่วยงานของท่านมีวัสดุ อุปกรณ์ ครุภัณฑ์ ที่ทันสมัยเพียงพอต่อการปฏิบัติงาน และมีความสะดวกที่จะนำมาใช้	4.16	0.90
6. ท่านพอใจที่จอดรถ และเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยที่หน่วยงานจัดไว้ให้	3.22	1.17

7. หน่วยงานของท่านมีการจัดบริการสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น น้ำดื่ม ห้องน้ำ ห้องครัว ห้องพักรับประทานอาหารที่เพียงพอกับความต้องการ	4.27	0.87

ตารางที่ 4 ปัจจัยค้ำจุน ของบุคลากรที่มีต่อการปฏิบัติงาน สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

ประเด็น	$\bar{X}$	SD
ด้านชีวิตส่วนตัว (Personal Life)	**3.84**	**1.10**
1. ท่านมีความสะดวกสบายในการเดินทางมาทำงานในทุกวัน	4.47	0.86
2. ความห่างไกลจากครอบครัวมีผลกระทบต่อความสุขและความพอใจกับตำแหน่งงานในปัจจุบัน	2.80	1.51
3. สภาพความเป็นอยู่ในปัจจุบันส่งเสริมประสิทธิภาพการทำงานของท่าน	4.24	0.95
ด้านความมั่นคงของงาน (Job Security)	**4.09**	**0.94**
1. หน่วยงานของท่านเป็นองค์กรที่มีความมั่นคงในการทำงาน	4.29	0.76
2. ท่านพอใจในระบบเกษียณ และผลประโยชน์ที่ได้รับ	3.76	1.14
3. ท่านพอใจในการกำหนดเกณฑ์การพิจารณาต่อสัญญาจ้าง	4.25	0.72
4. ท่านพอใจใน สวัสดิการขั้นพื้นฐาน ด้านการรักษาพยาบาลที่หน่วยงานกำหนดไว้	4.04	1.02
ด้านการกำกับดูแล/การปกครองบังคับบัญชา	**3.90**	**1.01**
1. หน่วยงานของท่านมีการกำหนดสายการบังคับบัญชาที่เหมาะสมและเป็นระบบ	3.92	0.89
2. ท่านได้เรียนรู้ เทคนิคในการทำงาน จากหัวหน้างานอยู่เป็นประจำ	3.69	0.97
3. ท่านมีโอกาสเข้าพบ และปรึกษาหารือกับหัวหน้างานได้อย่างสะดวก	4.10	1.14

จากตารางที่ 4 ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยค้ำจุน ของบุคลากรที่มีต่อการปฏิบัติงาน สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ ด้านนโยบายและการบริหาร (Company Policy and Administration) ด้านการกำกับดูแล/การปกครองบังคับบัญชา เป็นปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ในระดับต่ำสุด เมื่อพิจารณารายประเด็นพบว่าด้านสถานภาพของวิชาชีพอยู่ในระดับสูงเนื่องจากวิชาชีพนี้เป็นวิชาชีพที่มีเกียรติและน่าภูมิใจ อีกทั้งยังสามารถช่วยขับเคลื่อนให้มหาวิทยาลัยมีชื่อเสียงตามการจัดอันดับ Times Higher Education–QS World University Rankings และด้านชีวิตส่วนตัวอยู่ในระดับต่ำ อันเนื่องมาจากบุคลากรในสำนักวิชาส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นผู้ที่มีภูมิลำเนาในพื้นที่จังหวัดเชียงราย

สรุปผลและอธิปรายผล

ผลจากการศึกษานำมาสู่การค้นพบว่า ปัจจัยจูงใจในการขอรับทุนสนับสนุนการวิจัยและการผลิตผลงานของบุคลากรสายวิชาการ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ให้ความสำคัญและพึงพอใจในระดับมาก คือ ด้านความสำเร็จในการทำงาน (Achievement) ด้านความรับผิดชอบ (Responsibility) ด้านความก้าวหน้าในตำแหน่งงาน (Advancement) ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติ (The work itself) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gerozidis และ

Papaioannou (2014) และของ Pinto (2011) ที่ชี้ว่าปัจจัยด้านค่าตอบแทนอาจไม่ใช่ปัจจัยจูงใจในการทำงานของบุคคล ทั้งนี้เพราะโดยเนื้อหาของงานนั้นมีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตผลงานวิชาการเพื่อการตีพิมพ์ของอาจารย์ในมหาวิทยาลัยนั้น เป็นงานที่ท้าทายความสามารถ ซึ่งผู้ที่เป็นอาจารย์จะต้องมีความกระตือรือล้นที่จะเพิ่มทักษะและแสวงหาความรู้ใหม่เพิ่มเติมจากความรู้ในสาขาวิชาที่ตัวอาจารย์ได้รับการศึกษามาโดยการทดลอง ทดสอบและวิจัย ซึ่งงานเหล่านี้จำเป็นที่ผู้ที่เป็นอาจารย์จะต้องใช้ความรู้ความสามารถในขั้นสูงที่มีอยู่อย่างเต็มที่ ในขณะเดียวกันก็สามารถกำหนดเป้าหมายแห่งความสำเร็จของงานได้เอง จึงถือเป็น ปัจจัยด้านความสำเร็จในงานที่ตั้งอยู่บนแนวคิดที่ว่าความสามารถในการผลิตผลงานทางวิชาการของอาจารย์เป็นพื้นฐานแห่งความสำเร็จของการจัดการศึกษาของมหาวิทยาลัยและของประเทศ นอกจากนี้ยังสัมพันธ์กับงานวิจัยของนรา หัตถสิน และวิริญญา ชูราษี (2560) ที่ชี้ให้เห็นว่า ด้านการยอมรับนับถือ ด้านความรับผิดชอบ และด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติ และด้านความสำเร็จในการทำงานอยู่ในระดับที่มากเช่นเดียวกัน

ด้านของปัจจัยค้ำจุน บุคลากรให้ความสำคัญภายในด้านสถานภาพของวิชาชีพ (Status) เนื่องจากวิชาชีพนี้เป็นวิชาชีพที่มีเกียรติและน่าภูมิใจ อีกทั้งยังสามารถช่วยขับเคลื่อนให้มหาวิทยาลัยมีชื่อเสียงตามการจัดอันดับ Times Higher Education–QS World University Rankings ด้านความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน (Interpersonal Relations with Peers) ด้านความมั่นคงของงาน (Job Security) อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสัมพันธ์กับการศึกษาของอุทัย อันพิมพ์ (2565) ทำการศึกษาเรื่องแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ที่มีต่อความสำเร็จในการทำงานของบุคลากรคณะบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พบว่าบุคลากรเล็งเห็นความสำคัญด้าน ความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงานอยู่ในระดับมาก แต่อย่างไรก็ตามบุคลากรยังให้ความสำคัญกับด้านเงินเดือนอยู่ในรดับที่มากเช่นดียวกัน แตกต่างจากผลการวิจัยที่พบว่าด้านเงินเดือน ของบุคลากรสายวิชาการ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพอยู่ในระดับที่น้อย เนื่องจากบุคลากรมองว่าภาระงานที่เพิ่มขึ้นทำให้ เงินเดือนเพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน

ในขณะที่ ด้านเงินเดือน ด้านความสัมพันธ์กับผู้ใต้บังคับบัญชา (Interpersonal Relations with Subordination) ด้านสภาพการทำงาน (Working Conditions) ด้านชีวิตส่วนตัว (Personal Life) บุคลากรในสำนักวิชาส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นผู้ที่มีภูมิลำเนาในพื้นที่จังหวัดเชียงราย ด้านการกำกับดูแล/การปกครองบังคับบัญชา อยู่ในระดับมาก ซึ่งสัมพันธ์กับงานวิจัยของพนมพร วงษ์เหมือน (2564) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของแรงจูงใจในการทำงานและคุณภาพชีวิตการทำงานที่ส่งผลต่อประสิทธิผลการทำงานเป็นทีมของบุคลากรสายสนับสนุน มหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พบว่าอิทธิพลในการทำงานของบุคลากรอยู่ในด้านเงินเดือน ด้าน และด้านชีวิตส่วนตัว นอกจากนี้งานวิจัยยังพบอีกว่าด้านความภูมิใจในองค์อยู่ในระดับมาก และด้านผลตอบแทนที่เพียงพอและยุติธรรมอยู่ในระดับน้อย ซึ่งสัมพันธ์กับงานวิจัยในครั้งที่ว่า บุคลากรมีความพึงพอใจในสำนักวิชาฯ ของท่านมีการให้ค่าตอบแทนในรูปแบบตัวเงินเพื่อเป็นขวัญกำลังใจด้านการผลิตผลงานวิจัยที่โดดเด่นที่อยู่ในระดับน้อย ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มกำลังใจให้กับบุคลากร ผู้บริหารควรพิจารณาจัดสรรงบประมาณ และให้รางวัลกับพนักงานในกรณีที่ได้รับการจัดสรรทุนวิจัย หรือการผลิตผลงานทางวิชาการ เพื่อให้บุคลากรเกิดความผูกพันธ์กับองค์กรมากยิ่งขึ้น อันจะนำไปสู่การพัฒนาบุคลากรให้ตรงกับความต้องการและลดอัตราการลาออกของพนักงานลง รวมถึงการจัดทำกิจกรรมหรือการสนับสนุนงบประมาณ และค่าใช้จ่ายในการตีพิมพ์ผลงานเพื่อสร้างขวัญและกำลังใจ ให้กับบุคลากรสายวิชาการต่อไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

ควรทำการศึกษาปัจจัยจูงใจและปัจจัยค้ำจุนที่มีความสัมพันธ์กับการผลิตผลงานวิชาการของบุคลากรสายวิชาการ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ บุคลากรสายวิชาการของสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูลอย่างครบถ้วน

เอกสารอ้างอิง

โชติกา ระโส. (2555). **แรงจูงใจในการปฏิบัติงานของบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. (ปริญญานิพนธ์ ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.**

นรา หัตถสิน และวิริญญา ชูราษี. (2560). การวิเคราะห์ปัจจัยจูงใจในการตีพิมพ์ผลงานวิชาการของอาจารย์: ศึกษากรณีมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. 8(2), 19-36.

ณริศรา เวทยานนท์. (2566). **ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของพนักงานกลุ่มเจเนอเรชั่นวายในจังหวัด กาญจนบุรี. (สารนิพนธ์ ปริญญาการจัดการมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.**

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). **ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561 – 2580 ฉบับย่อ.** สำนักงานเลขานุการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ, กรุงเทพมหานคร.

รายงานการประเมินตนเอง ตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินงานที่เป็นเลิศ ปีการศึกษา 2565. (2566). **รายงานการประเมินตนเอง ตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินงานที่เป็นเลิศ ปีการศึกษา 2565 สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.**

แผนพัฒนามหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. (2564). **แผนพัฒนามหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ฉบับที่ 5 พ.ศ.2565-2569,** มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, เชียงราย.

ฝ่ายบุคลากรสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. (2567). **แผนพัฒนาบุคลากรสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ ปีงบประมาณ2567.**

พนมพร วงษ์เหมือน. (2564). **อิทธิพลของแรงจูงใจในการทำงานและคุณภาพชีวิตการทำงานที่ส่งผลต่อประสิทธิผลการทำงานเป็นทีมของบุคลากรสายสนับสนุนมหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. (การค้นคว้าอิสระ ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.**

อุทัย อันพิมพ์. (2565). **แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ที่ผลต่อความสำเร็จในการทำงานของบุคลากรคณะบริหารศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี**. *วารสารบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 11(1), 88-105.*

Apinya, I. (2024). **An Analysis of Factors Affecting Numbers of Citations of Academic Officers at the Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University Published in Scopus Database.** *Journal of Information Science Research and Practice. 42(1), 37–57. https://doi.org/10.14456/jiskku.2024.3*

Gorozidis, G. and Papaioannou, A.G. (2014). **"Teachers' motivation to participate intraining and to implement innovations"**. *Teaching and Teacher Education. 39, 1–11.*

Pinto, E.P. (2011). **" The influence of age on motivation and satisfaction".** *International Business & Economics Research Journal. 10(9), 81–91.*

การศึกษาเปรียบเทียบกฎหมายเรื่องสิทธิสัตว์ในธุรกิจการท่องเที่ยวเกี่ยวกับช้างไทย

A comparative study of animal rights laws in the thai elephant tourism industry

ชณัฐดา มะโนชัย[1*] และ ธิติ ไวกวี[1]

Chanatda Manochai[1*] and Thiti Waikavee[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการจัดสวัสดิภาพช้างในกิจกรรมการท่องเที่ยวในประเทศไทย ซึ่งจะมุ่งเน้นไปที่ “ช้างเลี้ยง”ในปางช้างและธุรกิจการท่องเที่ยวเกี่ยวกับช้าง โดยศึกษาจากความเชื่อ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง รวมถึงข้อจำกัดทางกฎหมายด้านสิทธิสัตว์เกี่ยวกับช้างเลี้ยงในธุรกิจการท่องเที่ยวและเปรียบเทียบกับแนวทางปฏิบัติ กฎหมายต่างประเทศผ่านการวิจัยทางเอกสาร

จากการศึกษาพบว่ากฎหมายที่ใช้บังคับเกี่ยวกับช้างเลี้ยงในประเทศไทย ได้แก่ พระราชบัญญัติสัตว์พาหนะ พ.ศ. 2482 เป็นบังคับเกี่ยวกับการครอบครองและการใช้งานช้างในฐานะสัตว์พาหนะ อย่างไรก็ตาม กฎหมายฉบับนี้ยังขาดมาตรฐานที่ชัดเจนในการควบคุมการใช้แรงงานช้างที่อายุต่ำกว่า 8 ปี หรือการจัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับช้างในขอบเขตการคุ้มครองไม่ครอบคลุมในมาตรฐานการดูแลระยะยาวและการปฏิบัติต่อช้างเลี้ยงหรือสัตว์พาหนะชนิดอื่นอย่างเหมาะสม แม้จะมีพระราชบัญญัติป้องกันการทารุณกรรมสัตว์และส่งเสริมสวัสดิภาพสัตว์ พ.ศ.2557 ในการป้องกันการทารุณกรรมสัตว์และส่งเสริมสวัสดิภาพสัตว์ แต่ยังพบว่ากฎหมายนี้มีความไม่ชัดเจนยากต่อการตีความในคำนิยามศัพท์เรื่องการทารุณกรรมและกิจกรรมที่เสี่ยงต่อการทารุณกรรมสัตว์ในกิจกรรมที่ใช้สัตว์มากขึ้นในปัจจุบันจึงส่งผลให้การบริหารจัดการปางช้างไม่ได้มาตรฐานส่งผลให้ช้างได้รับการดูแลไม่เหมาะทำให้คุณภาพชีวิตของช้างไม่ได้รับการพัฒนาอย่างแท้จริง

ในงานวิจัยชิ้นจึงขอเสนอแนะแนวทางในการยกระดับการดูแล “ช้างเลี้ยง” จากหลักสวัสดิภาพสัตว์สู่หลักสิทธิสัตว์ โดยกำหนดให้ “ช้าง” มีสภาพบุคคลตามกฎหมาย อันเป็น “ประธานแห่งสิทธิ” มิใช่ “วัตถุแห่งสิทธิ” ที่ขึ้นอยู่กับเจตจำนงค์ของเจ้าของในลักษณะทรัพย์ ตามประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ ซึ่งการยกระดับสิทธิช้างดังกล่าวนี้ จะทำให้ “เจ้าของช้าง” เปลี่ยนแปลงเป็น “ผู้พิทักษ์” มีหน้าที่และความรับผิดชอบแตกต่างไปจากการเป็นเจ้าของกรรมสิทธิ์เหนือทรัพย์นั้นทำให้สัตว์มีสิทธิเหนือการถูกกระทำโดยให้ความสำคัญกับสิทธิและสวัสดิภาพของสัตว์โดยเพิ่มเติมเนื้อหาเกี่ยวกับประกันสุขภาพช้างเลี้ยงรวมถึงแผนรับมือกับสถานการณ์ฉุกเฉินในมาตรฐานปางแคมป์ เพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนและเป็นการส่งเสริมภาพลักษณ์การท่องเที่ยวเกี่ยวกับช้างที่ดีของประเทศไทย

คำสำคัญ: สิทธิสัตว์, สวัสดิภาพสัตว์, สภาพบุคคล, อุตสาหกรรมการท่องเที่ยว, ช้างเลี้ยง

[1] คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา 56000

[1] School of Law, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author: Puppipchanatda27@gmail.com

Abstract

This research aims to study the problems and guidelines for elephant welfare in tourism activities in Thailand, which will focus on “domesticated elephants” in elephant camps and elephant tourism businesses. The study is based on beliefs, related theories, including legal limitations on animal rights regarding domesticated elephants in tourism businesses and comparisons with practices and laws in foreign countries through documentary research.

The study found that the law applicable to captive elephants in Thailand, namely the Vehicle Act B.E. 2482, is applicable to the possession and use of elephants as vehicles. However, this law still lacks clear standards to control the use of elephants under 8 years old or the organization of activities related to elephants. The scope of protection does not cover the standards of long-term care and appropriate treatment of captive elephants or other vehicles. Although there is the Prevention of Cruelty to Animals and Promotion of Animal Welfare Act B.E. 2557 to prevent animal cruelty and promote animal welfare, it was found that this law is unclear and difficult to interpret in the definition of cruelty and activities that are at risk of animal cruelty in activities that use animals more and more at present. Therefore, the management of elephant camps is not up to standard, resulting in elephants receiving inappropriate care, causing the quality of life of elephants not to develop truly.

This research therefore proposes guidelines for elevating the care of “domesticated elephants” from animal welfare to animal rights by defining “elephants” as legal persons, as “principles of rights”, not “objects of rights” that depend on the owner’s will in the form of property according to the Civil and Commercial Code. This elevation of elephant rights will change “elephant owners” into “protectors” with duties and responsibilities different from those of property owners, giving animals the right to be free from abuse, emphasizing animal rights and welfare by adding content on health insurance for captive elephants and emergency response plans to campsite standards for sustainable tourism and promoting a good image of elephant tourism in Thailand.

Keywords: Animal rights, Animal welfare, Personality, Tourism industry, Domesticated elephant

บทนำ

“ช้างไทย” เป็นสัตว์คู่บ้านคู่เมืองมานับแต่โบราณ ซึ่ง “คุณค่า” ของช้างไทยจะพบเห็นได้ในวรรณกรรมศึกสงครามประวัติศาสตร์ ความเชื่อ-ความศักดิ์สิทธิ์ หรือ ปรากฏเป็นสัญลักษณ์ที่สำคัญใน “ธงสยาม” ที่แสดงถึงคุณค่าสูงสุดของแห่งความเป็นชาติสยาม อีกทั้งยังปรากฏหลักฐานในวัฒนธรรมประเพณีของชาติสยามสืบต่อกันมาจนถึงประเทศไทย แต่เนื่องจากความจำเป็นในการใช้ประโยชน์จากช้างไทยลดน้อยลง ทำให้คุณค่าของช้างไทยลดลงตามไป ในปัจจุบัน “ช้างไทย” หรือ ในงานวิจัยนี้เรียกว่า “ช้างเลี้ยง” ถูกนำใช้เพื่อประโยชน์ในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวของไทย ไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบองค์กรไม่แสวงหากำไร มูลนิธิ หรือ ภาคธุรกิจ (ปางช้างเอกชน) หรือ บุคคลธรรมดา (หมู่บ้านช้าง) ซึ่งเป็น “กิจกรรมท่องเที่ยวช้าง” ที่ได้รับความนิยมและชื่นชอบจากชาวต่างชาติที่เข้ามาท่องเที่ยว สัมผัสกับช้างไทยและได้ใกล้ชิดกับช้างในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การขี่ช้าง อาบน้ำช้าง เป็นต้น

แต่อย่างไรก็ตาม การท่องเที่ยวช้างก็มักจะถูกโจมตีในประเด็น “ทารุณกรรมสัตว์” อยู่เป็นระยะ ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาพลักษณ์ของอุตสาหกรรมท่องเที่ยวของประเทศไทยโดยรวม ถึงแม้ประเทศไทยจะมีกฎหมายหลากหลายฉบับที่เกี่ยวข้องกับช้างเลี้ยง เช่น พระราชบัญญัติสัตว์พาหนะ พ.ศ.2482 และประกาศกระทรวงเกษตร

และสหกรณ์ เรื่อง การจัดสวัสดิภาพช้างในปางช้าง พ.ศ.2563 ที่กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการเพื่อให้ช้างในปางช้างได้รับการดูแลที่เหมาะสมแต่ประกาศดังกล่าวยังมิได้ครอบคลุมถึงช้างเลี้ยงทุกเชือกที่จะถูกดูแลตามกฎหมายยังมีช้างที่ได้รับการดูแลและปฏิบัติแบบดั้งเดิมและแบบสมัยใหม่ที่แตกต่างกันไป ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน แม้จะมีพระราชบัญญัติป้องกันทารุณกรรมและการจัดสวัสดิภาพสัตว์ พ.ศ.2557 ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการกระทำทารุณกรรมต่อสัตว์ และส่งเสริมการจัดสวัสดิภาพสัตว์อย่างเหมาะสม แต่กฎหมายดังกล่าวมุ่งเน้นไปที่ความรับผิดชอบ ข้อปฏิบัติของเจ้าของสัตว์ที่เป็นพื้นฐานทั่วไปเท่านั้น ซึ่งไม่สอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ช้างเลี้ยงในปัจจุบัน (ประชาไท,2567)

ดังนั้นในงานวิจัยชิ้นนี้จึงพยายามศึกษาแนวคิด ทฤษฎีด้านความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นโดยโต้แย้งแนวคิด “ความเป็นเจ้าของ หรือ หลักกรรมสิทธิ์” ในสรรพสิ่งต่างๆ และชี้ให้เห็นถึงสภาพปัญหาและข้อจำกัดของกฎหมายไทยที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งนำเสนอข้อเสนอแนะทางกฎหมายและนโยบายในธุรกิจท่องเที่ยวที่เกี่ยวกับช้างเลี้ยงในประเทศไทย

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและความเป็นมา เรื่องสิทธิและความสัมพันธ์ระหว่างช้างไทยและธุรกิจการท่องเที่ยว
2. เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและข้อจำกัดของกฎหมายไทยเรื่องสิทธิสัตว์และกฎหมายต่างประเทศ
3. เพื่อนำเสนอข้อเสนอแนะทางกฎหมายด้านสิทธิสัตว์ในธุรกิจท่องเที่ยวเกี่ยวกับช้างไทย

วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยแบบเอกสาร(Documentary Research) โดยการค้นคว้าข้อมูลแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงเอกสาร จากหนังสือ ตำรากฎหมาย ตำรา วิชาการ วารสาร บทความ งานวิจัย เอกสารต่างๆทั้งกฎหมายของประเทศไทยและกฎหมายของ ต่างประเทศ ได้แก่ ประเทศอินเดีย ประเทศออสเตรีย ประเทศสวิตเซอร์แลนด์รวมถึงฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์ สรุปผลแนวทางการพัฒนา

ผลการศึกษา

1. สิทธิ

“สิทธิ” มีบทบาทอย่างยิ่งในด้านของกฎหมาย การเมือง และสังคม แนวคิดเรื่องสิทธิพัฒนามาจากแนวทางที่หลากหลาย เช่น สิทธิตามธรรมชาติ (Natural Rights) ซึ่งถือว่าสิทธิบางประการของมนุษย์นั้นมีอยู่ตามธรรมชาติโดยไม่ต้องอาศัยการให้จากรัฐแต่ต้องอยู่บนความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์ สิทธิดังกล่าวคือ สิทธิในชีวิต เสรีภาพในร่างกายและความเสมอภาค(วีระ, 2525) และสิทธิตามกฎหมาย (Legal Rights) เป็นสิทธิที่กฎหมายได้กำหนดหรือรับรองสิทธิให้กับบุคคลหรือกลุ่มบุคคลอย่างชัดเจน ไม่ว่าจะเป็นสิทธิตามรัฐธรรมนูญ กฎหมายแพ่ง กฎหมายอาญา เป็นต้น สำหรับประเทศไทยนั้นการบังคับใช้สิทธิตามกฎหมายจะได้รับการคุ้มครอง รับรองผ่านระบบกฎหมายที่รัฐจัดทำขึ้นเช่น สิทธิในทรัพย์สิน และสิทธิในการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนจากการถูกละเมิด หากพิจารณาแล้วสิทธิตามกฎหมายประเทศไทยแล้วมีอยู่หลากหลายเกิดขึ้นจากการรับรองและคุ้มครองโดยระบบกฎหมายที่รัฐได้จัดทำขึ้นและพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองความต้องการและความเปลี่ยนแปลงของสังคม

1.1 ทรัพยสิทธิ (Real rights)

จากการศึกษาพบว่าทรัพย์สิทธิในประเทศไทยคือ สิทธิที่บุคคลมีเหนือทรัพย์สินหรือวัตถุอันเป็นทรัพย์ ซึ่งมี การคุ้มครองและการจัดการทรัพย์สิทธิ ที่กำหนดโดยกฎหมายไทยเพื่อให้เจ้าของทรัพย์สินมีสิทธิใช้ประโยชน์ จัดการ และแสวงหาประโยชน์จากทรัพย์สินนั้น รวมถึงสิทธิในการปกป้องทรัพย์จากการละเมิดของผู้อื่นด้วย และสามารถใช้ยันต่อบุคคลทั่วไปได้ โดยสิทธิเหล่านี้จะเกิดขึ้นได้เฉพาะเมื่อกฎหมายกำหนดหรืออนุญาต ซึ่งตัวอย่างของทรัพยสิทธิที่สำคัญในกฎหมายไทยตามประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ บรรพ 4 ว่าด้วยทรัพย์สิน อาทิ กรรมสิทธิ์ ซึ่งหมายถึงผู้ทรงกรรมสิทธิ์หรือเจ้าของสามารถใช้ จัดการ โอนและปกป้องทรัพย์สิทดังกล่าว เป็นต้น(อธิชา,2019)

1.2 บุคคลสิทธิ (Personal rights)

บุคคลสิทธิเป็นหลักการพื้นฐานที่สำคัญที่สะท้อนถึงความเท่าเทียมและความเสมอภาคระหว่างมนุษย์ทุกคน ไม่ว่าบุคคลนั้นจะมีเชื้อชาติ ศาสนา เพศ หรือสถานะทางสังคมอย่างไร บุคคลสิทธิเป็นสิทธิที่ติดตัวมนุษย์มาตั้งแต่เกิดและไม่สามารถถูกพรากไปได้อย่างชอบธรรมโดยเกิดขึ้นจากนิติกรรมหรือข้อเท็จจริงที่ทำให้เกิดผลทางกฎหมาย โดยเป็นสิ่งที่กฎหมายกำหนดให้มีผลต่อสิทธิซึ่งอาจเกิดจากการกระทำของบุคคลหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติซึ่งมีสิทธิที่จะบังคับเอากับตัวบุคคลเพื่อให้บุคคลดังกล่าวละเว้นหรืองดเว้นการกระทำหรือทำการส่งมอบทรัพย์สินเป็นสิทธิที่บุคคลหนึ่งชอบจะเรียกร้องเอากับเฉพาะบุคคลซึ่งเป็นคู่กรณีจะใช้อ้างหรือยันบุคคลภายนอกไม่ได้และการบังคับใช้สิทธิต้องใช้สิทธิเรียกร้องทางศาลเท่านั้น ดังนั้น เฉพาะแต่เพียงผู้ทรงสิทธิเท่านั้นจะใช้อำนาจแห่งสิทธินั้นจะบังคับเอาเองไม่ได้โดยผู้ทรงสิทธิดังกล่าวนี้อาจเป็นบุคคลธรรมดาหรือนิติบุคคลก็ได้

1.3 บุคคลธรรมดา

ตามความหมายของกฎหมายบคคลธรรมดา หมายถึง มนุษย์ที่มีความสามารถในการมีสิทธิในชีวิตเสรีภาพ สิทธิในการครอบครองและใช้ประโยชน์ในทรัพย์สิน สิทธิเรียกร้องหรือฟ้องร้องเพื่อคุ้มครองผลประโยชน์ของตนและมีหน้าที่ตามกฎหมาย เช่น สิทธิในทรัพย์สิน สิทธิเรียกร้อง หรือหน้าที่ในการเสียภาษี ความเป็นบุคคลธรรมดาเริ่มต้นเมื่อเด็กคลอดออกจากครรภ์มารดาและสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ตามธรรมชาติ (ตามมาตรา 15 แห่งประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์)และสิ้นสุดเมื่อบุคคลนั้นถึงแก่ความตายและบุคคลจะมีความสามารถทางกฎหมายได้เมื่อมีอายุครบ 20 ปีบริบูรณ์, ผู้เยาว์ คือ ผู้ที่อายุต่ำกว่า 20 ปี มีสิทธิ หน้าที่บางอย่างแต่ยังต้องได้รับการดูแลจากผู้แทนโดยชอบธรรมและผู้ไร้ความสามารถหรือเสมือนไร้ความสามารถโดยมี ผู้อนุบาลหรือ ผู้พิทักษ์ เป็นผู้แทนในการจัดการสิทธิและหน้าที่แทน

1.4 นิติบุคคล

นิติบุคคลเป็นองค์กรหรือหน่วยงานที่กฎหมายรับรองให้มีสิทธิและหน้าที่ทางกฎหมายเหมือนบุคคลธรรมดา นิติบุคคลอาจเป็นบริษัท มูลนิธิ สมาคม หรือสหกรณ์ นิติบุคคลเหล่านี้สามารถฟ้องร้องหรือถูกฟ้องร้องในศาลได้ มีสิทธิเข้าทำสัญญา และมีสิทธิในการเป็นเจ้าของทรัพย์สิน อาทิ ติบุคคลสามารถดำเนินกิจกรรมทางธุรกิจตามที่ได้รับอนุญาตจากกฎหมาย เช่น การจัดตั้งบริษัท การซื้อขายทรัพย์สิน และการลงทุน, นิติบุคคลมีสิทธิในการครอบครองและใช้ทรัพย์สินต่างๆ เช่น ที่ดิน อาคาร หรือทรัพย์สินทางปัญญา(สิริกาญจน์,2019)

1.5 สิทธิสัตว์ (Animal Rights)

สิ่งมีชีวิตอื่นๆอีกมากมายไม่เพียงแต่มนุษย์ก็มีความรู้สึกเช่นกัน แต่กลับไม่ได้รับการพิจารณาถึงผลประโยชน์หรือคุณค่าในชีวิตอย่างเท่าเทียมภายใต้กรอบศีลธรรม ยังมีสัตว์อื่นๆมีความรู้สึกเจ็บปวดเนื่องจากการกระทำใดๆเพื่อความสุขของมนุษย์ที่เป็นการเลือกปฏิบัติต่อสายพันธุ์ จากทางกายภาพ เชื้อชาติ เป็นต้น ปีเตอร์ ซิงเกอร์ ผู้สนับสนุนด้านสิทธิ กล่าวถึงเรื่อง สิทธิสัตว์ เพื่อแสดงจุดยืนใดๆหรือเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อสัตว์ โดยใช้คำว่า

สิทธิในการปกป้องผลประโยชน์จากมนุษย์เนื่องจากการปฏิบัติต่อสัตว์และยังมีนักปรัชญาอีกหลายท่านเกี่ยวกับมุมมองเรื่องความรู้สึกและความสัมพันธ์ของสัตว์ ในเรื่องของค่านิยมในการท่องเที่ยว การกีฬา หรือการใช้ประโยชน์จากชีวิต แรงงานเพื่อความสุข ความบันเทิงหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์ การขับเคลื่อนเรื่องสิทธิสัตว์เริ่มต้นตั้งแต่ศตวรรษที่ 18 โดยเริ่มจากการตั้งคำถามเกี่ยวกับค่านิยมของมนุษย์ในสังคมที่ปฏิบัติต่อสัตว์เช่นเดียวกับสิ่งของราวกับสัตว์นั้นไม่ใช่สิ่งมีชีวิตโดยการถูกแบ่งชนชั้นจากสติปัญญาของมนุษย์ที่มากกว่าสัตว์ จึงเริ่มมีการโต้แย้งค่านิยมดังกล่าวเพื่อชี้ให้เห็นว่า สัตว์เป็นสิ่งที่มีชีวิต มีความรู้สึกเจ็บปวด มีความต้องการที่จะมีชีวิตที่ดีเช่นเดียวกับมนุษย์

1.6 การคุ้มครองสัตว์ (Animal Protection)

เมื่อมนุษย์ได้ตระหนักถึงคุณค่าและยอมรับว่าสัตว์มีความรู้สึกเจ็บปวดเช่นเดียวกับมนุษย์จึงเริ่มมีการปกป้องและดูแลสัตว์จากการทารุณกรรม เพื่อคุณภาพชีวิตสัตว์ที่ดีขึ้นจากการถูกทำร้ายหรือการใช้ในลักษณะที่ไม่เหมาะสมรวมถึงการออกกฎหมายเพื่อห้ามการกระทำที่เป็นการทารุณกรรมตลอดจนการบังคับใช้และตรวจสอบหากมีการนำสัตว์มาเลี้ยงหรือนำมาใช้เป็นแรงงานจะต้องมีการจัดสวัสดิภาพให้เหมาะสมตามที่กฎหมายกำหนด(แคทลียา,2553)

1.7 สวัสดิภาพสัตว์ (Animal Welfare)

เป็นแนวคิดที่เป็นการดูแลสัตว์อย่างมีมนุษยธรรม โดยลดความทุกข์ทรมานและปรับปรุงสภาพความเป็นอยู่ของสัตว์ แนวคิดนี้มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงนโยบายและการปฏิบัติต่อสัตว์ในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมการท่องเที่ยว อุตสาหกรรมการเกษตร เป็นต้นแนวคิดนี้เกี่ยวกับพันธะทางศีลธรรมของมนุษย์ที่ควรมีต่อสัตว์ เป็นการไม่ปฏิเสธที่มนุษย์จะใช้สัตว์ตามสมควรแต่เป็นการใช้ประโยชน์ดังกล่าวอย่างมีของเขตและมีคุณธรรม โดยต้องจัดสิ่งที่จำเป็นพื้นฐานอย่างเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ และกำหนดมาตรการในการปฏิบัติต่อสัตว์อย่างมีมนุษยธรรม ดังนั้นจึงต้องอาศัยข้อมูลทาง วัฒนธรรม วิทยาศาสตร์ จรรยาบรรณและความเป็นไปได้ในการปฏิบัติเป็นไปอย่างมีระบบและปลอดภัยรวมถึงความต้องการพื้นฐานเช่น ความต้องการด้านที่อยู่อาศัย ความต้องการด้านอาหารและความต้องการรักษาเผ่าพันธุ์หรือวิวัฒนาการไปสู่สายพันธุ์ที่ดีขึ้น (Broom,1991)

จากการศึกษาพบว่า ปัจจุบันมีการขยายความเรื่องสิทธิมากขึ้น อาทิ ผู้ทรงสิทธิหรือผู้ถือสิทธิ์ ซึ่งเฉพาะที่เป็นสภาพบุคคลเท่านั้นได้แก่ บุคคลธรรมดา นิติบุคคล สิ่งอื่นๆที่ไม่มีสภาพบุคคลไม่มีสิทธิและหน้าที่ อีกทั้งยังมีวิวัฒนาการแห่งสิทธิที่ได้รับการยอมรับในสิทธิของกลุ่มเปราะบางมากขึ้น เช่น ผู้ลี้ภัย, ผู้พิการ, ชนกลุ่มน้อย, และ LGBTQ+ แต่วิวัฒนาการแห่งสิทธิดังกล่าวยังไม่พัฒนาไปถึงสัตว์เท่าที่ควร ดังนั้นจึงมีความแตกต่างระหว่างสิทธิสัตว์และสวัสดิภาพสัตว์ กล่าวคือ สิทธิสัตว์จะมุ่งเน้นให้สัตว์มีสิทธิที่จะมีชีวิตและได้รับการเคารพ ถูกปฏิบัติอย่างมีคุณค่าเช่นเดียวกับมนุษย์ แต่สวัสดิภาพสัตว์เน้นไปยังการปกป้องและปฏิบัติต่อสัตว์อย่างเหมาะสมโดย ลดความทุกข์ทรมานให้สัตว์และเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นโดยอยู่ภายใต้การดูแลของมนุษย์ และเมื่อมีการยอมรับว่าสัตว์มีความรู้สึกเจ็บปวดและมีคุณค่าก่อให้เกิดความรับผิดชอบทางศีลธรรมของมนุษย์ต่อสัตว์ ดังนั้นมนุษย์จึงต้องมีหน้าที่ที่ต้องดูแลและปกป้องจึงไปสู่การคุ้มครองตามกฎหมาย

1.8 ธุรกิจท่องเที่ยวช้างไทย

ช้างกับประเทศไทยมีความสำคัญอย่างลึกซึ้งและยาวนานตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน บทบาทช้างทางประวัติศาสตร์ สัมพันธภาพระหว่างคนกับช้างอย่างเปี่ยมล้นที่เต็มไปด้วยความผูกพัน ความเชื่อ ความศรัทธา ดังนั้นช้างไทยจึงมีบทบาทสำคัญต่อสถาบันชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ และวิถีชีวิตคนไทย ช้างไม่เพียงแต่เป็นสัตว์ที่ใช้ในการทำงานและขนส่งแต่ยังเป็นสัตว์สำคัญเคียงคู่พระมหากษัตริย์ในการทำสงคราม สู้รบเป็นสัตว์คู่พระบารมีถูกจารึก

ในประวัติศาสตร์ในช่วงของสมเด็จพระนเรศวรในอดีตเป็นจารึกสำคัญ ดั่งวลีที่ว่า “ช้างสร้างชาติ”และยังมีบทบาทสำคัญในวัฒนธรรม ประเพณี ได้รับการเคารพอย่างสูงในราชสำนัก โดยเฉพาะช้างเผือกซึ่งถือเป็นสัญลักษณ์ของโชคลาภ วาสนา และสิ่งอันเป็นมงคลนำมาเป็นสัญลักษณ์ เช่น เครื่องราชอิสริยาภรณ์อันเป็นที่เชิดชูยิ่ง ชื่อถนน ชื่อสกุล รวมถึงในปัจจุบันมีการสถาปนาวันช้างไทยขึ้นถือเป็นการยกย่องและให้เกียรติว่าช้างเป็นสัตว์ที่มีความสำคัญและเพื่อให้ประชาชนตระหนักเห็นความสำคัญของช้างไทย (สุพัตรา,2547) ดังนั้น ช้างยังคงเป็นเอกลักษณ์ของไทยในสายตาของชาวต่างชาติและเป็นที่ดึงดูดนักท่องเที่ยวเข้ามาในประเทศไทยตามแหล่งท่องเที่ยวต่างๆเช่น สวนสัตว์ ปางช้าง เพื่อต้องการสัมผัสช้างอย่างใกล้ชิดผ่านการนำเสนอจากธุรกิจ สถานที่ท่องเที่ยวช้าง เช่น การขี่ช้าง การป้อนอาหารช้าง อาบน้ำช้าง ช้างเลี้ยงในประเทศไทยนั้นเกิดจากการพัฒนาและปรับตัวของการใช้ช้างในประเทศ แต่เดิมช้างถูกใช้ในภาคการเกษตรในการใช้ลากซุงจากการถางป่า ในปัจจุบันมีการลดลงของงานป่าไม้เนื่องจากรัฐบาลได้ยกเลิกการสัมปทานป่าไม้ในพื้นที่ทั้งหมดหรือ “ปิดป่า” ใน พ.ศ.2535 และมีการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจที่ปัจจุบันนี้มีเทคโนโลยีเข้ามาทดแทนทำให้การใช้แรงงานจากช้างไม่ได้รับความนิยมอีกต่อไปและเจ้าของช้างต้องปรับตัวเพื่อความอยู่รอดของช้างและครอบครัวของควาญช้าง จึงมีการปรับเปลี่ยนเกิดธุรกิจการท่องเที่ยวช้างเกิดขึ้น(ปางช้างแม่สา ,2567.) ช้างตามกฎหมายประเทศไทยถูกคุ้มครองโดยสามารถพิจารณาได้จากกฎหมายหลายฉบับแบ่งไปตามประเภทของช้างโดยกำหนดการคุ้มครองและจัดการช้างที่อยู่ในธรรมชาติและที่เลี้ยงดูโดยมนุษย์ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ ช้างป่าหรือช้างที่อาศัยอยู่ในธรรมชาติ ได้รับการคุ้มครองโดยกฎหมายที่เข้มงวดเนื่องจากเป็นสัตว์ที่มีความสำคัญทางระบบนิเวศและเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์โดยมีพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 คุ้มครองตามกฎหมายนี้ในฐานะสัตว์ป่าคุ้มครอง ห้ามการล่า ทำร้าย หรือคุกคามช้างป่าทุกกรณี และอีกประเภทคือ ช้างบ้านหรือช้างเลี้ยง ได้รับการคุ้มครองตามพระราชบัญญัติสัตว์พาหนะ พ.ศ.2482 โดยเป็นสัตว์พาหนะที่ต้องจัดทำตั๋วรูปพรรณและสามารถถูกโอนกรรมสิทธิ์ จำนองหรือขายทอดตลาดได้

2. ปัญหาและข้อจำกัดของกฎหมายไทยเกี่ยวกับช้างเลี้ยงในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเกี่ยวกับช้าง

ธุรกิจการท่องเที่ยวช้างไทยขยายตัวขึ้นเรื่อยๆ เกิดปางช้างหลายแห่งขึ้นทั่วไทยในหลายจังหวัด เช่น เชียงใหม่ เชียงราย ภูเก็ตและสุรินทร์ แต่เมื่อมีธุรกิจที่นำสัตว์เข้ามามีส่วนร่วมก็มักจะถูกตั้งคำถามเกี่ยวกับสภาพความเป็นอยู่ของช้างเลี้ยงในธุรกิจท่องเที่ยวนั้นจะดีหรือแย่ขึ้นอยู่กับผู้ประกอบการ ฉะนั้นการสร้างมาตรฐานกิจกรรมปางช้างเพื่อการท่องเที่ยวเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งซึ่งมีผลทั้งในด้านเศรษฐกิจ และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม รวมถึงความรับผิดชอบด้านสิทธิสัตว์ รัฐบาลมีการออกกฎระเบียบ ข้อบังคับหรือมาตรฐานออกมาเพื่อควบคุมและดูแลการดำเนินงานของปางช้างในประเทศไทย แต่เมื่อช่วงการระบาดของโควิด-19 และสถานการณ์ปัจจุบันในขณะนี้ ก่อให้เกิดการนำช้างมาใช้เป็นแรงงานในหลายรูปแบบ บ้างก็มีการนำช้างแสดงในโซเชียลเพื่อแลกกับการให้อาหารผ่านผู้เข้าชม หรือมีการนำช้างไปแสดงโชว์ตามงานเพื่อคนที่ศรัทธามาบริจาครวม ถึงสถานการณ์ที่ควาญช้างตกงานทำให้ไม่สามารถดูแลช้างได้ อีกต่อไปนั้นเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของช้างจากช้างที่เคยมีเจ้าของหรือควาญช้างที่ดูแลจะต้องเผชิญกับสภาพที่ไม่มีที่อยู่อาศัยและขาดแคลนอาหารเมื่อไม่ได้รับการดูแลอย่างเหมาะสมปัญหาเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นแต่เพียงกับช้างอย่างเดียว แต่ยังส่งผลกระทบต่อสังคมและมูลนิธิ หน่วยงานของรัฐ ที่ต้องรับภาระในการดูแลช้างจำนวนมากที่เกิดจากเจ้าของนำช้างไปฝากเลี้ยงส่งผลให้มูลนิธิ หน่วยงานรัฐดังกล่าวยังขาดแคลนทรัพยากรและการสนับสนุนจากภาครัฐที่เพียงพอ(มติชนสุดสัปดาห์,2565) เมื่อช้างมีคุณค่าและสำคัญต่อประเทศไทยจึงสมควรมีการจัดระบบโครงสร้างกิจกรรมการท่องเที่ยวเกี่ยวกับช้างโดยบูรณาการระหว่างการท่องเที่ยวและกฎหมายในการอนุรักษ์สวัสดิภาพสัตว์ จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการสร้างสรรค์การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในชุมชน ส่งเสริมการท่องเที่ยวแบบเป็นมิตรต่อช้างและธรรมชาติโดยมีกฎระเบียบ ข้อบังคับหรือมาตรฐานออกมาเพื่อควบคุมและดูแล

การดำเนินงานของปางช้างอย่างครอบคลุมเนื่องจากขณะนี้ มาตรการดังกล่าวยังพบข้อจำกัดและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งทางกฎหมาย วัฒนธรรม เศรษฐกิจ ที่ต้องแก้ไขอย่างเป็นระบบเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน ดังนี้

2.1 ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานสินค้าการเกษตร : การปฏิบัติที่ดีสำหรับปางช้างตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าการเกษตร พ.ศ. 2551

จากการศึกษาสถานการณ์ของธุรกิจปางช้างในประเทศไทยค้นพบว่า มีการขยายตัวของสถานประกอบการด้านการท่องเที่ยวเกี่ยวกับช้างอย่างต่อเนื่องเป็นการดำเนินกิจการในรูปแบบการแสดงและนำเที่ยว ทั้งนี้ภายใต้กรอบการกำกับดูแลตามประกาศ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติสำหรับผู้ควบคุมปางช้างและสัตวแพทย์ การจัดการด้านความปลอดภัย สุขภาพช้าง สวัสดิภาพสัตว์สิ่งแวดล้อม และการบันทึกข้อมูล และสวัสดิภาพของบุคลากรและผู้มาใช้บริการในการจัดทำตัวชี้วัดในเรื่องของการประเมินสวัสดิภาพช้างได้แก่ สุขภาพ สภาพความเป็นอยู่และกิจกรรมการทำงาน มาตฐานดังกล่าวไม่ครอบคลุมในกรณีการเลี้ยงช้างไว้ใช้แรงงาน เช่น การชักลากและการเลี้ยงช้างไว้ในครัวเรือนโดยไม่มีการประกอบกิจการเกี่ยวกับช้างเพื่อการแสดงหรือการท่องเที่ยว อย่างไรก็ตาม การบังคับใช้มาตรฐานดังกล่าวยังประสบข้อจำกัดหลายประการ ดังนี้

ประการแรก คู่มือจัดการปางช้าง พบว่าขาดมาตรการ กฎระเบียบขั้นพื้นฐานในการจัดทำแผนเคลื่อนย้ายสัตว์ในกรณีฉุกเฉินเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการซักซ้อมเตรียมพร้อมรับมือทั้งควาญช้างและช้างในการจัดทำเส้นทางอพยพที่สอดคล้องกับพฤติกรรมธรรมชาติของช้าง โดยเฉพาะในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมและดินถล่ม ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญแก่คุณภาพชีวิตของช้างและบุคลากรในปางช้างสมควรจัดทำไว้เพิ่มเติมในประกาศดังกล่าว ประการที่สอง ด้านสวัสดิภาพสัตว์ ปรากฏปัญหาเรื่องชั่วโมงในการทำงานและเวลาพักผ่อนที่เกิดจากความแตกต่างของมาตรฐานการดูแลระหว่างสถานประกอบการเนื่องจากขาดการติดตามจากหน่วยงานรัฐอย่างต่อเนื่องและประการที่สาม ปัญหาด้านโภชนาการ ในปางช้างบางแห่งพบว่าจัดการพื้นที่ไม่เหมาะสมในพื้นที่ป่าไม้ถูกทำลายเนื่องจากการขยายเขตเมือง ส่งผลให้ช้างขาดอาหารและพืชหลากหลายทำให้ช้างพบเจอเรื่องสุขภาพจึงควรสนับสนุนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการปลูกพืชอาหารสำหรับช้างไม่เพียงแต่ช่วยให้มีแหล่งอาหารที่มีคุณภาพและเพียงพอแต่ยังสร้างโอกาสในการเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนท้องถิ่น ซึ่งช่วยให้ชุมชนมีความยั่งยืนในด้านเศรษฐกิจและสังคม (ปาทิตา บางสมบุญ และ ธานี วรภัทร์, 2566)

2.2 ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง การจัดสวัสดิภาพช้างในปางช้าง พ.ศ.2563

จากการศึกษาพบว่าเป็นประกาศที่เข้ามาดูแลในเรื่องการดูแลช้างในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมให้ตรงตามมารตฐานในเรื่องของสถานที่อยู่อาศัย การจัดหาน้ำ การใช้แรงงานและการฝึกช้างเพื่อแสดงที่ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดและตอบสนองต่อความกังวลเกี่ยวกับการทารุณกรรมช้าง แต่การบังคับยังไม่ประสบความสำเร็จเกิดขึ้นจากหลายประเด็นที่ยังไม่ได้รับการครอบคลุมหรือมีความไม่ชัดเจนในการบังคับใช้ ประการแรกคือ การบังคับใช้ในภาคปฏิบัติอาจขาดความเข้มงวดในการตรวจสอบเจ้าของหรือผู้ดูแลช้างในปางช้างที่อาจไม่ได้ปฏิบัติตามข้อกำหนดอย่างเคร่งครัดเนื่องจากขาดการตรวจสอบปางช้างสม่ำเสมอในการปฏิบัติตามประกาศของกระทรวงฯ เช่น การจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับความต้องการทางธรรมชาติของช้างในช่วงวัยหรือพฤติกรรมหรือการดูแลที่อาจทำให้ช้างตกอยู่ในภาวะเครียดหรือทุพพลภาพที่ต้องได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดจากควาญช้างและสัตวแพทย์ ประการที่สองจัดทำเรื่องสวัสดิการสุขภาพช้างเลี้ยงเพิ่มเติมเข้าไปใน ข้อ3 การจัดการด้านสุขอนามัย ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญในการยกระดับคุณภาพชีวิตของสัตว์จึงสมควรมีระบบประกันสุขภาพสำหรับช้างที่สามารถทำเป็นระบบฐานข้อมูลที่ใช้ร่วมกันในทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ช้างมีประวัติการรักษาที่ชัดเจนและครบถ้วนสามารถใช้ร่วมกันหลายหน่วยงานอีกทั้งยังช่วยลดความกังวลเรื่องค่าใช้จ่ายในการรักษาและทำให้ช้างได้รับการดูแลรักษาและตรวจสุขภาพ

อย่างสม่ำเสมอ การจัดการสุขภาพของช้างเป็นการให้สิทธิขั้นพื้นฐานในการดำรงชีวิตที่ปลอดภัยในการอำนวยความสะดวกทางการแพทย์อย่างทั่วถึงและประการที่สาม ขาดความชัดเจนเกี่ยวกับการกำหนดวิธีการฝึกฝนที่ไม่เหมาะสมหรือวิธีการทำงาน ข้อที่ 5 ของประกาศนี้ที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ของช้าง(ฉัตรโชติ, 2563)

2.3 พระราชบัญญัติการป้องกันทารุณกรรมและการจัดสวัสดิภาพสัตว์ พ.ศ.2557

จากการศึกษาพระราชบัญญัติป้องกันการทารุณกรรมและการจัดสวัสดิภาพสัตว์ ค้นพบว่ากฎหมายดังกล่าวมีความสำคัญในการกำหนดมาตรการคุ้มครองสัตว์และยกระดับมาตรฐานการดูแลสัตว์ให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล คือหลักเสรีภาพ 5 ประการ คือ (1) เสรีภาพจากความหิวและกระหาย (2) เสรีภาพจากความไม่สบาย, (3) เสรีภาพจากความเจ็บปวด บาดเจ็บ และโรคภัย, (4) เสรีภาพในการแสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติ และ (5) เสรีภาพจากความกลัวและความทุกข์ทรมานทางจิตใจ ดังนั้นควรนำหลักทั้งห้าประการมาปรับใช้ในประเทศไทยเพื่อเป็นการยกระดับสวัสดิภาพสัตว์ให้ดีมากยิ่งขึ้นในการรับรองสิทธิพื้นฐานโดยนำมาปรับให้สอดคล้องกับกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ในเรื่องสิทธิ อาทิ สิทธิในการมีชีวิตปลอดภัยและการไม่ถูกทารุณกรรมที่ไม่จำเป็นที่มักเกิดขึ้นจากการใช้สัตว์เพื่อความบันเทิง การแสดงภาพยนต์ การใช้สารอันตรายนอกเหนือทางการแพทย์ อย่างไรก็ตามกฎหมายดังกล่าวยังคงจำกัดในกรอบของสวัสดิภาพสัตว์ที่มุ่งเน้นไปที่การปฏิบัติต่อสัตว์ในฐานะทรัพย์สินมิได้มีสิทธิเช่นเดียวกับมนุษย์ใน “บุคคลสิทธิ หรือ ประธานแห่งสิทธิ” ตามประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ที่มีความสามารถตามกฎหมายในการถือครองสิทธิหรือหน้าที่ตามกฎหมาย กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ บุคคลสิทธิเป็นผู้ที่ได้รับการยอมรับในฐานะที่สามารถเป็นเจ้าของสิทธิมีสถานะทางกฎหมายที่คุ้มครองและรับรองความสามารถในการมีสิทธิขั้นพื้นฐานในชีวิตและร่างกาย สิทธิในทรัพย์สิน สิทธิในการทำนิติกรรมและสิทธิในการฟ้องร้องคดี (RSPCA (Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals), 2024)

หากพิจารณาตามพระราชบัญญัติดังกล่าวสวัสดิภาพสัตว์เป็นเพียงข้อปฏิบัติที่หลีกเลี่ยงการทรมานที่ไม่จำเป็นแก่สัตว์แต่ยังคงอนุญาตให้มีการใช้ประโยชน์จากสัตว์เพียงมีข้อจำกัดหรือ กำหนดกรอบการปฏิบัติกล่าวคือ ช้างเลี้ยงยังคงถูกขี่หลัง ใช้เป็นแรงงานเหมือนเดิมเพียงกำหนดเวลาในการทำงาน หรือเพียงแค่มีข้อกำหนดให้ผู้เป็นเจ้าของสัตว์หรือผู้ที่ดูแลสัตว์ต้องปฏิบัติต่อสัตว์ ปัญหาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่าง สวัสดิภาพสัตว์และสิทธิสัตว์โดยที่สวัสดิภาพสัตว์เป็นการป้องกันการทารุณกรรมและการสร้างเงื่อนไขที่ดีในการดำรงชีวิตแต่ไม่ได้กำหนดสถานะทางกฎหมายแก่สัตว์ในฐานะ ผู้ทรงสิทธิที่สามารถถือสิทธิและเรียกร้องการคุ้มครองจากกฎหมายได้ สัตว์เป็นเพียง “วัตุแห่งสิทธิ” ที่บุคคลมีสิทธิหรืออำนาจในการควบคุมหรือใช้ประโยชน์ ในขณะที่สิทธิสัตว์มุ่งเน้นให้สัตว์มีสิทธิที่ไม่ถูกละเมิด มีสิทธิในการเรียกร้องหรือปกป้องผลประโยชน์ของตนเอง เช่น สิทธิในการที่จะไม่ถูกใช้เป็นแรงงาน ถูกใช้สารอันตรายพื่อการแสดงสำหรับความบันเทิงของมนุษย์หรือถูกฆ่าเพื่อประโยชน์ของมนุษย์ การพัฒนากฎหมายของประเทศไทยเป็นการคุ้มครองสวัสดิภาพสัตว์โดยมีเหตุผลทางศีลธรรมแต่ไม่ได้พัฒนาไปสู่การรับรองสถานะความเป็นผู้ทรงสิทธิ สัตว์ที่อาศัยอยู่กับมนุษย์มีสถานะเป็นทรัพย์สินตามกฎหมายซึ่งสะท้อนให้เห็นชนชั้นทางศีลธรรมและความสัมพันธ์เชิงอำนาจระหว่างมนุษย์และสัตว์ (Srisawat and Pitchasinee, 2021)

แม้จะมีกฎหมายที่มุ่งเน้นการป้องกันการทารุณกรรมสัตว์และการจัดสวัสดิภาพสัตว์ในประเทศไทย แต่กฎหมายยังคงขาดความครอบคลุมและเพื่อประโยชน์ต่อสัตว์อย่างแท้จริงที่สมบูรณ์ กฎหมายยังมีเพื่อรองรับการใช้ประโยชน์จากสัตว์ภายใต้เงื่อนไขและควบคุมเพื่อคลายความกังวลของประชาชนไม่ได้มุ่งเน้นเพื่อความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของสัตว์ เนื่องจากมีหลายปัจจัย คือ(1) การบังคับใช้กฎหมาย ในเรื่องคำจำกัดความที่ชัดเจนหรือครอบคลุมในเรื่อง "การทารุณกรรมสัตว์" ซึ่งทำให้การตีความเรื่องการทารุณกรรมในบางกรณีเกิดความไม่แน่นอนและอาจไม่ครอบคลุมถึงรูปแบบการทารุณกรรมที่มีอยู่จริงในปัจจุบัน เช่น การใช้สารอันตรายต่อสัตว์ในการแสดงภาพยนต์ การขังสัตว์ในสภาพที่แออัด หรือการเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ไม่เหมาะสม, (2) กฎหมายอนุญาตให้มีการใช้สัตว์ในกิจกรรมทางวัฒนธรรม

และการประกอบอาชีพ เช่น การชนไก่ หรือการแสดงสัตว์เพื่อการท่องเที่ยว แต่ไม่มีการกำหนดแนวทางหรือมาตรการคุ้มครองสัตว์ในกิจกรรมเหล่านี้ให้ชัดเจน, (3) ความตระหนักรู้ของประชาชนและความเข้าใจเกี่ยวกับสิทธิสัตว์ บ่อยครั้งที่คนเลี้ยงสัตว์อาจไม่รู้ถึงความจำเป็นในการดูแลสัตว์อย่างถูกต้องขาดความเข้าใจในการปฏิบัติที่สอดคล้องกับหลักสวัสดิภาพสัตว์อย่างแท้จริง ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการทารุณสัตว์ในบางกรณี, (4) ขาดการสนับสนุนจากทางภาครัฐในเรื่องสิทธิสัตว์ นโยบายที่เกี่ยวข้องกับสัตว์ยังมุ่งเน้นไปที่ประโยชน์ทางเศรษฐกิจจากสัตว์มากกว่าการคุ้มครองสิทธิของสัตว์อย่างแท้จริง

ดังนั้นการยกระดับสวัสดิภาพสัตว์ไปสู่สิทธิสัตว์ตามพระราชบัญญัติการป้องกันการทารุณกรรมและการจัดสวัสดิภาพสัตว์ พ.ศ. 2557 เมื่อพิจารณาแล้วพบว่า การป้องกันการทารุณกรรมสัตว์มีเนื้อหาที่ยังไม่ครอบคลุมในหลายเรื่องจึงทำให้การบังคับใช้กฎหมายเพื่อป้องกันการทารุณกรรมสัตว์ยังไม่ประสบความสำเร็จ จึงสมควรมีการแก้ไขรูปแบบการทารุณกรรมให้ครอบคลุมยิ่งขึ้นและเพิ่มเติมเนื้อหาให้ครอบคลุมในเรื่องของรับรองสิทธิพื้นฐานบางอย่างของสัตว์ อาทิ สิทธิในการมีชีวิตที่สมบูรณ์และปลอดภัย สิทธิในการได้รับการดูแล และสิทธิในการไม่ถูกทารุณกรรมจากความบันเทิงของมนุษย์ โดยมีการเพิ่มเติมข้อกฎหมายอย่างชัดเจนให้สอดคล้องกับหลักสากล คือ เสรีภาพ 5 ประการและประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ในเรื่องของสิทธิ เพื่อแสดงถึงความตระหนักในสังคมเกี่ยวกับสิทธิสัตว์และโปร่งใสในการบังคับใช้กฎหมาย

2.4 พระราชบัญญัติสัตว์พาหนะ พ.ศ.2482

“ช้างเลี้ยงหรือช้างบ้าน” ตามสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ในประเทศไทย ได้รับการดูแลภายใต้พระราชบัญญัติสัตว์พาหนะ พ.ศ.2482 มีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมและกำหนดมาตรฐานสำหรับสัตว์พาหนะที่ใช้ในการทำงาน เช่น ช้าง โค กระบือและม้าโดยมีมาตราที่เกี่ยวข้องกับช้างเพียงไม่กี่มาตราเนื่องจากเป็นพระราชบัญญัติเกี่ยวกับสัตว์พาหนะหลายชนิดรวมกันบางมาตราไม่ได้ระบุชัดเจนว่าใช้กับสัตว์พาหนะชนิดใดบ้างซึ่งยากต่อการตีความ มาตราที่เกี่ยวกับช้างที่ชัดเจนมีเพียงเล็กน้อย อาทิ มาตรา4 กำหนดให้ช้างเลี้ยงต้องทำตั๋วรูปพรรณรวมถึงตำหนิรูปพรรณเพื่อแสดงลักษณะเฉพาะของช้าง, มาตรา8 ช้างต้องมีอายุย่างเข้าปีที่แปดจะต้องจัดทำตั๋วรูปพรรณโดยผู้เป็นเจ้าของหรือตัวแทน เป็นต้น (อุษณีย์ เฟืองอุย,2565) จากการศึกษาพบว่าพระราชบัญญัตินี้ถูกใช้มาอย่างยาวนานยังมิได้มีการปรับอัตราโทษ และควรมีแก้ไขยังคงใช้มาตรฐานเดิมที่เน้นการควบคุมการใช้แรงงานของสัตว์พาหนะเป็นหลักแต่ไม่ได้กำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับการดูแลแลสัตว์พาหนะในระยะยาวจากการถูกใช้เป็นแรงงานหรือกิจกรรมที่ใช้สัตว์ที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบัน อีกทั้งกฎหมายนี้ไม่ได้กำหนดให้มีการตรวจสุขภาพสัตว์พาหนะเป็นระยะให้สอดคล้องกับกฎหมายอื่นซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการป้องกันการเกิดโรคหรืออุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงานหนักเกินไปควรมีการการกำหนดมาตรฐานด้านสวัสดิภาพและสุขภาพของสัตว์พาหนะให้ชัดเจนและครอบคลุมทุกประเภทของการใช้งาน

2.5 ประมวลแพ่งและพาณิย์

จากการทบทวนวรรณกรรมของประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์มีการรรับรองความสามารถในการมีสิทธิและหน้าที่รวมถึงสถานะทางกฎหมายโดยแบ่งออกเป็นบุคคลธรรมดาและนิติบุคคลที่เป็นผู้ทรงสิทธิตามกฎหมายในการใช้สิทธิและเรียกร้องสิทธิตามกฎหมายโดยต้องมีสภาพบุคคลตามกฎหมายจึงจะเป็น “ประธานแห่งสิทธิ” และการกำหนดสถานะของสัตว์ไว้อย่างชัดเจนซึ่งเป็นทรัพย์สินที่อยู่ภายใต้กรรมสิทธิ์ของบุคคลที่ครอบครอง ตามมาตรา 137 ระบุว่าสัตว์ที่มีเจ้าของถือเป็นทรัพย์สินของบุคคลที่มีกรรมสิทธิ์ เจ้าของสัตว์มีสิทธิในการครอบครอง ใช้ประโยชน์ หรือจำหน่ายสัตว์ได้ตามกฎหมายทรัพย์สิน สัตว์จึงถูกพิจารณาเป็นทรัพย์สินเช่นเดียวกับวัตถุหรือสิ่งของอื่นๆ ที่บุคคลสามารถมีสิทธิ์ในกรรมสิทธิ์ ซึ่งมีความหมายทางกฎหมายในเรื่องสิทธิและหน้าที่ของผู้เป็นเจ้าของสัตว์ รวมถึงความ

รับผิดชอบเมื่อสัตว์ก่อให้เกิดความเสียหายโดยสถานะของสัตว์ในฐานะทรัพย์สิน ตามมาตรา 433 (ชมพูนุท อรัญนารถ, 2023) และ กรณีละเมิด ประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ได้บัญญัติให้เจ้าของสัตว์มีสิทธิในการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทน หากมีบุคคลภายนอกกระทำการทำร้ายหรือทำให้สัตว์ที่อยู่ในความครอบครองได้รับบาดเจ็บหรือตาย เนื่องจากสัตว์ดังกล่าวถือเป็นทรัพย์สินตามกฎหมาย เจ้าของสัตว์ซึ่งเป็นผู้มีกรรมสิทธิ์จะถือว่าได้รับความเสียหายและมีสิทธิในการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนตาม มาตรา 420 ของประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ ซึ่งเป็นมาตราที่ระบุถึงความรับผิดชอบในกรณีที่เกิดความเสียหายจากการละเมิด จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถพิจารณาได้ว่าการคุ้มครองสัตว์นั้นขึ้นอยู่กับดุลพินิจของมนุษย์ สัตว์ไม่มีสิทธิในการปกป้องผลประโยชน์ของตน

จากการศึกษาสัตว์ตามประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์พบว่า การครอบครองและใช้ประโยชน์จากสัตว์มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับทรัพย์สินทั่วไปมากกว่าการให้สัตว์มีสิทธิในฐานะ “ประธานแห่งสิทธิ” ที่มีสิทธิเหนือการถูกกระทำ แต่นโยบายการคุ้มครองสิทธิสัตว์ในปัจจุบันยังให้ความสำคัญกับผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจมากกว่าสิทธิและสวัสดิภาพของสัตว์ ดังนั้น การยกระดับจากสวัสดิภาพสู่สิทธิสัตว์โดยที่สัตว์จะไม่ถูกเป็น “กรรมสิทธิ์” ที่เจ้าของสามารถใช้ประโยชน์ อำนาจตามอำเภอใจกฎหมาย เจ้าของสัตว์ซึ่งเป็นผู้มีกรรมสิทธิถูกลดสถานะกลายเป็น “ผู้พิทักษ์” ที่ต้องดูแลผู้ไร้ความสามารถคือช้างเลี้ยง โดยการนำหลักผู้พิทักษ์ตามประมวลกฎหมายนี้มาปรับใช้เพื่อมีหน้าที่ตามกฎหมายในการดูแลและคุ้มครองช้างจากการทารุณกรรมของมนุษย์

3. สวัสดิภาพสัตว์และสิทธิสัตว์ในต่างประเทศ

นอกเหนือจากแนวคิดทฤษฎีแล้วยังมีกฎระเบียบเกี่ยวกับสวัสดิภาพสัตว์ในสหภาพยุโรป (EU) ที่ได้มีการพัฒนากฎระเบียบและกรอบมาตรฐานเพื่อให้ประเทศสมาชิกนำไปปฏิบัติตามอละมีการปรับใช้ตามสภาพแวดล้อมและวัฒนธรรมแตกอย่างไรก็ตาม สหภาพยุโรปได้กำหนดกรอบมาตรฐานด้านสวัสดิภาพสัตว์ที่ประเทศสมาชิกควรปฏิบัติตาม เป็นข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับกฎระเบียบสวัสดิภาพสัตว์ใน EU เกี่ยวกับสวัสดิภาพสัตว์โดยมีสนธิสัญญาว่าด้วยการทำงานของสหภาพยุโรป (TFEU) มาตรา 13 ยอมรับว่าสัตว์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความรู้สึก และกำหนดให้สหภาพยุโรปและประเทศสมาชิกต้องพิจารณาสวัสดิภาพสัตว์ในการจัดทำและดำเนินนโยบายต่างๆกฎหมายเกี่ยวกับสวัสดิภาพสัตว์ (Toma, Luiza, 2012)

ฉะนั้นกฎระเบียบเกี่ยวกับสวัสดิภาพสัตว์ในสหภาพยุโรป (EU) มีความแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศสมาชิกแสดงให้เห็นว่ามีการนำหลักการด้านศีลธรรมและการยอมรับว่าสัตว์เป็นสิ่งมีชีวิตตามกฎหมาย เพื่อคุ้มครองสัตว์จากการถูกทารุณกรรม โดยให้ความเหมาะสมในการดูแลสุขภาพและความเป็นอยู่ของสัตว์ ทั้งนี้ บางประเทศอาจมีกฎหมายที่เข้มงวดมากกว่ามาตรฐานดังกล่าวหรือมีแนวทางที่ยืดหยุ่นในบางกรณี อาทิ มีการจัดตั้งองค์กรที่รับผิดชอบโดยการตั้งองค์กรหรือหน่วยงานที่มีหน้าที่ดูแลและส่งเสริมสวัสดิภาพสัตว์ รวมถึงการบังคับใช้กฎหมายเกี่ยวกับการทารุณกรรมสัตว์มีการปรับปรุงเพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล เช่น ขององค์การสหประชาชาติ (UN) หรือองค์การอาหารและการเกษตร (FAO) หลายประเทศมีการแสดงความรับผิดชอบในเวทีโลกด้วยการปรับปรุงกฎหมายเหล่านี้ไม่เพียงแต่ช่วยคุ้มครองสัตว์ แต่ยังเป็นการพัฒนาสังคมในทางที่ดีขึ้นโดยการสร้างความเข้าใจและความเคารพต่อชีวิตของสัตว์ในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งของสังคม

3.1 อินเดีย

ช้างถือเป็นสัตว์ที่มีความสำคัญได้รับการยกย่องในวัฒนธรรมและมีความสำคัญในตำนานของอินเดียเช่นกัน อาทิ พระพิฆเนศวรซึ่งเป็นเทพเจ้าที่ได้รับความนิยมมากที่สุดองค์หนึ่งของอินเดียและเป็นเทพเจ้าแห่งปัญญา มีหัวช้างเป็นสัญลักษณ์ของสติปัญญาและปัญญาอันยิ่งใหญ่เป็นที่กราบไหว้บูชา และยังถูกใช้ในสถานที่

ท่องเที่ยวสำคัญหลายแห่ง เช่น รัฐราชสถาน (Rajasthan) และรัฐเกรละ (Kerala) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานที่ประวัติศาสตร์และแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมที่นักท่องเที่ยวนิยมขี่ช้างชมวิว รัฐบาลของประเทศอินเดียเล็งเห็นความสำคัญของช้างจึงมีนโยบายการอนุรักษ์ช้าง (Project Elephant) ตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2535 ภายใต้กระทรวงสิ่งแวดล้อม ป่าไม้ โดยมีการจัดทำแผนการอนุรักษ์ช้างซึ่งรวมถึงการฟื้นฟูถิ่นที่อยู่ของช้าง การป้องกันการล่าสัตว์และการส่งเสริมการใช้ชีวิตร่วมกันระหว่างช้างกับชุมชนท้องถิ่นประเทศอินเดียในปางช้างหรือสถานที่ที่ให้บริการเกี่ยวกับช้างรวมถึงการฟื้นฟูและดูแลช้างที่ได้รับผลกระทบหรือบาดเจ็บในโครงการ Elephant Conservation and Care Center ในรัฐอุตตรประเทศให้การดูแลช้างอย่างครบวงจร รวมถึงการบำบัด การให้การดูแลด้านสุขภาพ และการฝึกให้ช้างสามารถปรับตัวเข้าสู่ชีวิตธรรมชาติได้ (World Wild life Fund (WWF) India) ประเทศไทยมีศูนย์อนุรักษ์ช้างเช่นกันที่จัดตั้งขึ้นเพื่ออนุรักษ์และดูแลช้างที่ถูกทารุณกรรม หรือช้างที่ต้องการการดูแลพิเศษจำนวนหลายแห่งตั้งอยู่ในพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศศูนย์เหล่านี้ไม่เพียงแค่ให้การดูแลช้างเท่านั้นแต่ยังส่งเสริมการศึกษาของชุมชนและนักท่องเที่ยวเพื่อการอนุรักษ์ช้างในประเทศไทย รวมถึงการจัดกิจกรรมการศึกษาทางวิทยาศาสตร์และการวิจัยเพื่อรักษาพันธุ์ช้างไทยให้คงอยู่.

พระราชบัญญัติคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2515 ของอินเดีย ช้างเป็นสายพันธุ์ที่มีการคุ้มครองสูงสุด ซึ่งรวมอยู่ใน ตารางที่ 1 มีการระบุช้างเอเชีย (Elephas maximus) เป็นสัตว์ที่ใกล้สูญพันธุ์และสัตว์ที่มีความเสี่ยงสูงมีการระบุโดยหน่วยงานอนุรักษ์ต่าง ๆ เช่น IUCN Red List (International Union for Conservation of Nature) (Nicolas,2018) อีกทั้งยังมีการจำกัดความเกี่ยวกับสัตว์ใน พระราชบัญญัติการป้องกันการทารุณกรรมสัตว์ พ.ศ. 1960 (The Prevention of Cruelty to Animals Act, 1960) ของอินเดีย CHAPTER 1 Definitions(a) “สัตว์” หมายความถึงสิ่งมีชีวิตอื่นใดนอกจากมนุษย์ แต่สถานะของสัตว์สำหรับประเทศไทยตามประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ แม้ว่าจะมีการตระหนักถึงสวัสดิภาพสัตว์ในด้านกฎหมายเฉพาะทางมากขึ้นแต่สัตว์ถือเป็นทรัพย์สินประเภทหนึ่งเช่นเดียวกับสิ่งของอื่นๆ ดังนั้น สัตว์สามารถเป็นวัตถุแห่งการครอบครอง ซื้อขาย หรือโอนกรรมสิทธิ์ได้ สัตว์ยังคงไม่ได้รับการยอมรับว่าเป็น ประธานแห่งสิทธิ หรือเป็นผู้ถือครองสิทธิทางกฎหมายในตัวเอง

3.2 ออสเตรีย (Austria)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า พระราชบัญญัติคุ้มครองสัตว์ (Federal Act on the Protection of Animals) มีวัตถุประสงค์เพื่อคุ้มครองชีวิตและความเป็นอยู่ทั้งสัตว์เลี้ยง สัตว์ป่า สัตว์ที่เลี้ยงไว้เพื่อการเกษตรกรรมและสัตว์ที่ใช้เป็นอาหารโดยมีรัฐบาล ระดับจังหวัด ระดับเทศบาล มีหน้าที่ในการสร้างความเข้าใจในเรื่องการคุ้มครองสัตว์โดยเฉพาะเยาวชนเพื่อสนับสนุนและส่งเสริมระบบการเลี้ยงสัตว์อย่างเป็นมิตร โดยห้ามสร้างความเจ็บปวด ความทุกข์ทรมานโดยไร้เหตุผลหรือทำให้สัตว์วิตกกังวล อาทิ Chapter 1 Prohibition of cruelty to animals 5(8) การห้ามการทารุณกรรมสัตว์โดยใช้สัตว์เพื่อการถ่ายทำภาพยนต์ โฆษณาหรือวัตถุประสงค์ที่คล้ายคลึงกันหากเกี่ยวกับความเจ็บปวด ความทุกข์ทรมาน การบาดเจ็บ หรือ 5(12) การทารุณกรรมโดยการนำสารต่สงๆตราบใดไม่จำเป็นตามเหตุผลทางการแพทย์ (Cohen, H. (1995). Federal animal protection statutes. Animal L., 1, 153.) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับพระราชบัญญัติการป้องกันทารุณกรรมและการจัดสวัสดิภาพสัตว์ พ.ศ.2557 ซึ่งกฎหมายคุ้มครองสัตว์ซึ่งมุ่งเน้นป้องกันการทารุณกรรมสัตว์และการเลี้ยงดูที่เหมาะสม แต่ยังไม่มีข้อกำหนดเฉพาะที่ห้ามการใช้สัตว์ในภาพยนตร์หรือโฆษณาหากไม่มีการละเมิดหรือทำให้สัตว์เจ็บปวดอย่างชัดเจนรวมถึงเรื่องการใช้สารอันตรายโดยไม่จำเป็นนอกเหนือทางการแพทย์และไม่มีข้อบังคับที่ครอบคลุมเรื่องความเครียดหรือความวิตกกังวลที่เกิดกับสัตว์อย่างชัดเจน การปฏิบัติต่อสัตว์ส่วนใหญ่จะเน้นการป้องกันการบาดเจ็บทางกายมากกว่าความเป็นอยู่ด้านจิตใจ

มาตรา 285a ของประมวลกฎหมายแพ่งออสเตรีย (Allgemeines Bürgerliches Gesetzbuch, ABGB) มีข้อกำหนดที่สำคัญในการปรับเปลี่ยนแนวคิดทางกฎหมายที่มีต่อสัตว์ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสัตว์ไม่ใช่เพียงทรัพย์สินธรรมดา และสะท้อนถึงความพยายามในการยกระดับการคุ้มครองสวัสดิภาพสัตว์อย่างเป็นระบบ โดยมีการแยกสถานะของสัตว์ออกจากทรัพย์สินทั่วไปว่า “Animals are not Things” ในมาตรา 285a โดยปกติแล้วสัตว์มักถูกมองว่าเป็น "ทรัพย์สิน" หรือ "วัตถุ" ซึ่งหมายความว่าสัตว์ถูกปฏิบัติเช่นเดียวกับสิ่งของอื่นๆ เช่นเดียวกับรถยนต์หรือบ้าน การที่สัตว์ไม่ถูกจัดว่าเป็นทรัพย์สินในทางกฎหมายแสดงถึงการยอมรับว่าสัตว์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความรู้สึก มีความต้องการทางสวัสดิภาพและการดูแล ซึ่งต่างจากทรัพย์สินที่ไม่มีชีวิต เป็นต้น (Lennkh, Sabine. 2011) เมื่อเปรียบเทียบมาตรา 137 ของประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ของประเทศไทย ระบุว่าสัตว์ที่มีเจ้าของถือเป็นทรัพย์สินของบุคคลที่มีกรรมสิทธิ์ เจ้าของสัตว์มีสิทธิในการครอบครอง ใช้ประโยชน์ หรือจำหน่ายสัตว์ได้ตามกฎหมายทรัพย์สิน สัตว์จึงถูกพิจารณาเป็นทรัพย์สินเช่นเดียวกับวัตถุหรือสิ่งของอื่นๆ ที่บุคคลสามารถมีสิทธิ์ แนวคิดนี้สะท้อนถึงมุมมองทางกฎหมายที่ว่าสัตว์ถูกพิจารณาเป็นทรัพย์สินส่วนบุคคล ซึ่งทำให้การปฏิบัติต่อสัตว์ภายใต้กฎหมายไทยมุ่งเน้นในแง่สิทธิของเจ้าของสัตว์เป็นหลัก มากกว่าจะมองว่าสัตว์เป็นสิ่งมีชีวิต

สรุปผล

จากการศึกษาเกี่ยวกับสิทธิสัตว์กรณีศึกษาอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเกี่ยวกับช้าง ตามกฎหมายไทยและกฎหมายต่างประเทศมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวคิด ทฤษฎีเรื่องสิทธิด้านความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและข้อจำกัดของกฎหมายไทยและเพื่อนำเสนอข้อเสนอแนะทางกฎหมายและนโยบายในธุรกิจท่องเที่ยวที่เกี่ยวกับช้างเลี้ยงในประเทศไทยมีผลการศึกษาดังนี้

แนวคิดเรื่องสิทธิแบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่ สิทธิตามธรรมชาติ คือสิทธิที่ติดตัวมนุษย์ตั้งแต่เกิด และสิทธิตามกฎหมายเป็นสิทธิที่กำหนดโดยกฎหมายเพื่อคุ้มครองและจัดการทรัพย์สินหรือความสัมพันธ์ทางกฎหมาย ในประเทศไทยสัตว์ยังคงมีสถานะเป็นทรัพย์สิน ตามประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ซึ่งสามารถครอบครอง ซื้อขาย และโอนกรรมสิทธิ์ได้ อย่างไรก็ตาม สัตว์ไม่มีสิทธิในการปกป้องผลประโยชน์ของตนเอง แต่การคุ้มครองสัตว์ในไทยอยู่ภายใต้ พระราชบัญญัติป้องกันการทารุณกรรมและการจัดสวัสดิภาพสัตว์ พ.ศ. 2557 ซึ่งเน้นการดูแลสัตว์อย่างมีมนุษยธรรม ลดความทุกข์ทรมาน และปรับปรุงสภาพความเป็นอยู่

ช้างมีบทบาทสำคัญต่อวัฒนธรรม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคมในประเทศไทย แต่ปัจจุบันยังมีปัญหาเรื่องคุณภาพชีวิตช้างเลี้ยง โดยเฉพาะในธุรกิจท่องเที่ยว ซึ่งขาดมาตรฐานที่เหมาะสมด้านสวัสดิภาพกฎหมายเนื่องจากปัจจุบันช้างเลี้ยงยังถือเป็นสัตว์พาหนะตาม พระราชบัญญัติสัตว์พาหนะ พ.ศ. 2482 ที่เน้นการควบคุมแรงงานสัตว์ จึงสมควรปรับปรุง เพิ่มเติม เนื้อหาเกี่ยวกับช้างให้มากขึ้นพร้อมขยายความนิยามการทารุณกรรมสัตว์ในพระราชบัญญัติการป้องกันการทารุณกรรมสัตว์และสวัสดิภาพสัตว์ พ.ศ. 2557 ให้ครอบคลุมกิจกรรมที่อาจส่งผลกระทบต่อช้างและสิทธิพื้นฐานของสัตว์ควรกำหนดสิทธิขั้นพื้นฐาน 5 ประการ เช่น สิทธิในการมีชีวิตที่ปลอดภัยและไม่ถูกทารุณกรรม โดยเปรียบเทียบกับประเทศอินเดียและออสเตรียที่ให้สัตว์มีสถานะทางกฎหมายหรือมีตัวแทนทางกฎหมายและการดูแลและสวัสดิภาพควรมีระบบประกันสุขภาพสำหรับช้าง ฐานข้อมูลการรักษา แผนอพยพฉุกเฉินที่ต้องจัดทำขึ้นทุกปางช้าง รวมถึงการส่งเสริมการมีส่วนร่วมกับชุมชนการปลูกพืชอาหารสำหรับช้าง

ข้อเสนอแนะ

1. การปรับใช้ลักษณะบุคคลตามประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ในสถานะทางกฎหมายของช้างเลี้ยง มีการเปลี่ยนแปลงสถานะของช้างเลี้ยงมี “สถานะบุคคลตามกฎหมาย”และสามารถเป็น “ประธานแห่งสิทธิ” และลดสถานะเจ้าของช้างเป็นเป็น “ผู้พิทักษ์” และมีหน้าที่ดูแลสวัสดิการและคุ้มครองช้างในด้านต่างๆ ในการปกป้องจากการทารุณกรรม การดำเนินการเพื่อสวัสดิภาพและสิทธิประโยชน์อื่นๆของช้าง ผ่านกระบวนการพิจารณาทางศาล

2. เพิ่มเติมข้อบังคับในการจัดทำแผนรับมือฉุกเฉิน การเคลื่อนย้ายสัตว์สำหรับปางช้างทุกแห่งให้ต้องจัดทำเป็นข้อปฏิบัติใน ประกาศกระทรวงเกษตรฯ เรื่อง การปฏิบัติที่ดีสำหรับปางช้าง พ.ศ. 2551

3. ควรมีการขยายคำจำกัดความเกี่ยวกับ การกำหนดวิธีการฝึกฝนที่ไม่เหมาะสมหรือวิธีการทำงานที่เป็นการทารุณกรรมเนื่องจากปัจจุบันมีกิจกรรมเกี่ยวกับช้างหลายรูปแบบและเพื่อความชัดเจนในการบังคับใช้เพิ่มเติมเนื้อหาเกี่ยวกับประกันสุขภาพช้างเลี้ยงซึ่งจะช่วยลดความกังวลเรื่องค่าใช้จ่ายในการรักษาและทำให้ช้างได้รับการดูแลรักษาและตรวจสุขภาพอย่างสม่ำเสมอ ในประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง การจัดสวัสดิภาพช้างในปางช้าง พ.ศ.2563 เนื่องจากช้างเลี้ยงถูกใช้ขี่เพื่อพาหนะ จากกิจกรรมอื่น หรือการแสดงที่ส่งผลต่อสุขภาพช้างเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตช้าง

4. พระราชบัญญัติสัตว์พาหนะ พ.ศ. 2482 ควรมีการปรับปรุงการจัดทำตั๋วรูปพรรณสำหรับช้างเลี้ยงที่ช้างอายุต่ำมากกว่า 8 ปี หรือเพิ่มเติมมาตรฐานควบคุมการใช้ช้างในกิจกรรมท่องเที่ยวและแก้ไขค่าธรรมเนียมให้เหมาะสมในปัจจุบันและสอดคล้องกับกฎหมายฉบับอื่น

5. การพัฒนาและขยายความของพระราชบัญญัติป้องกันการทารุณกรรมสัตว์และการจัดสวัสดิภาพสัตว์ พ.ศ. 2557 ในการคุ้มครองสัตว์ในประเทศไทยเพื่อประสิทธิภาพในการลดการทารุณกรรมสัตว์ควรมีการขยาย คำนิยาม “ทารุณกรรม”และรูปแบบกิจกรรมที่เป็นการทารุณกรรมสัตว์ให้ชัดเจนยิ่งขึ้นในพระราชบัญญัติฉบับนี้ เพื่อสร้างความเข้าใจและปฏิบัติที่สอดคล้องในระดับสากลและการประยุกต์ใช้ในหลากหลายบริบทของการคุ้มครองสัตว์

6. พัฒนาและขยายความเรื่อง การทารุณกรรม โดยเป็นยกระดับจากมาตรฐานสากลหลักเสรีภาพ 5 ประการ เป็นการรับรองสิทธิ 5 ประการ ในพระราชบัญญัติป้องกันการทารุณกรรมสัตว์และการจัดสวัสดิภาพสัตว์ พ.ศ. 2557

7. ควรมีการแก้ไข เพิ่มเติม ในการเคลื่อนย้ายช้างเลี้ยงไปยังพื้นที่ผู้คนหนาแน่นใน พระราชบัญญัติโรคระบาดสัตว์ พ.ศ.2558 เพื่อป้องกันช้างตื่นตระหนกจากสภาพแวดล้อม ควรมีการตรวจสอบพื้นที่และความปลอดภัย

8. การมีส่วนร่วมของชุมชนในการปลูกพืชอาหารสำหรับช้างไม่เพียงแต่ช่วยให้มีแหล่งอาหารที่มีคุณภาพและเพียงพอ แต่ยังสร้างโอกาสในการเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนท้องถิ่น ซึ่งช่วยให้ชุมชนมีความยั่งยืนในด้านเศรษฐกิจและสังคมอีกทั้งยังช่วยส่งเสริมความรับผิดชอบต่อสวัสดิภาพสัตว์ และลดความเสี่ยงจากการทารุณกรรมที่อาจเกิดขึ้นจากการขาดแคลนอาหารที่เหมาะสมนอกจากนี้ การพัฒนาความรู้และทักษะในการเกษตรที่ยั่งยืนในชุมชนแสดงให้เห็นถึงการทำงานร่วมกับช้างในรูปแบบที่มีจริยธรรมและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การบูรณาการระหว่างการท่องเที่ยว การเกษตร และการอนุรักษ์สวัสดิภาพสัตว์ จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการสร้างสรรค์การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในชุมชน

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก คณาจารย์คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผศ.ดร.ธิติ ไวกวี ที่กรุณาให้คำปรึษาแนะแนวทาง ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตั้งแต่เริ่มต้นตลอดจนแก้ไขจนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยซาบซึ้งในความทุ่มเทและความเอาใจใส่ของอาจารย์ และขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. นภนันต์ ศุภศิริพงษ์ชัย สำหรับคำแนะนำต่าง ๆ เพื่อแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอบคุณผู้ให้ข้อมูลจากธุรกิจปางช้างและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ เพื่อใช้ในการประกอบการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ชมพูนุท อรัญนา รถ. (2023). **วัตถุแห่งสิทธิของกรรมสิทธิ์.** วารสารวิชาการนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, 11(1), 42–64.

ฉัตรโชติ ทิตาราม. (2563). **คู่มือการจัดการและสวัสดิภาพของช้างเลี้ยงเอเชียที่ใช้ในการท่องเที่ยวในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: สมาคมป้องกันการทารุสัตว์แห่งประเทศไทย (TSPCA).

4 แนวร่วม ถกแก้วิกฤตช้างไทยทั้งระบบ เร่งยกสวัสดิภาพช้างและท่องเที่ยวแบบไม่ทำร้ายช้าง. (2565, 30 พฤษภาคม). **มติชนสุดสัปดาห์.** สืบค้นจาก https://www.matichonweekly.com/publicize/article_560282.

ปางช้างแม่สา. (2567). ปางช้างแม่สา เราคือคนเลี้ยงช้าง ช้างคือหัวใจของเรา. **มิวเซียมไทยแลนด์.** สืบค้นวันที่ 30 สิงหาคม 2567, จาก https://www.museumthailand.com/th/3831/storytelling/%E0%B8%9B%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%A1%E0%B9%88%E0%B8%AA%E0%B8%B2/.

ปาทิตา บางสมบุญ, & ธานี วรภัทร์. (2566). มาตรการทางกฎหมายในการยกระดับสถานะสัตว์เลี้ยงภายใต้ประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์. **วารสารวิชาการ, 6**(1), 119–129.

สุพัตรา ศิริวัฒน์. (2567). **ช้างกับคน: สัมพันธภาพนิรันดร์กาล.** สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยรามคำแหง. สืบค้นวันที่ 30 สิงหาคม 2567, จาก https://www.lib.ru.ac.th/miscell2/?p=2165.

สิริกาญจน์ ศรีสุรัตน์, & ฉาน เรืองธรรมสิงห์. (2019). ศึกษาความหมายและความเข้าใจในความเป็นนิติบุคคลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นไทย. **Journal of MCU Nakhondhat, 6**(10), 5776–5790.

Srisawat, P., & Pitchasinee, P. (2021). **ข้อสังเกตบางประการในการป้องกันการทารุณกรรมสัตว์ตามพระราชบัญญัติป้องกันการทารุณกรรมและการจัดสวัสดิภาพสัตว์ พ.ศ. 2557**. Phranakhon Rajabhat Research Journal: Humanities and Social Sciences, 16(2), 264–277.

อธิชา หลิมจานนท์. (2019). **ปัญหาความเป็นบุคคลสิทธิและทรัพยสิทธิในสัญญาเช่าอสังหาริมทรัพย์ตามกฎหมายไทย**.

อุษณีย์ เฟืองอุย. (2565). **มาตรการทางกฎหมายสำหรับการจัดสวัสดิภาพสัตว์กรณีศึกษาสุนัขพันธุ์ใหญ่** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา), หน้า 55–57.

วีระ โลจายะ. (2525). **กฎหมายสิทธิมนุษยชน** (หน้า 1). กรุงเทพมหานคร: คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

แคทลียา ธนพงศ์พิพัฒน์. (2553). **การคุ้มครองสัตว์เพื่อการศึกษาและการทดลองในประเทศไทย** (วิทยานิพนธ์ปริญญานิติศาสตร์มหาบัณฑิต). คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ.

Broom, D. M. (1991). Animal welfare: Concepts and measurement. **Journal of Animal Science, 69**(10), 4167–4175.

Cohen, H. (1995). **Federal animal protection statutes**. Animal Law, 1, 153.

Lainé, N. (2018). Asian elephant conservation: Too elephantocentric? Towards a biocultural approach of conservation. **Asian Bioethics Review, 10**(4), 279–293.

Lennkh, S. (2011). The animal: A subject of law? A reflection on aspects of the Austrian and German juridical systems. **International Journal for the Semiotics of Law–Revue internationale de Sémiotique juridique,** 24, 307–329.

RSPCA (Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals). (2024). **What are the Five Freedoms of animal welfare**. RSPCA Knowledgebase. Retrieved September 9, 2024, from https://kb.rspca.org.au/knowledge-base/what-are-the-five-freedoms-of-animal-welfare/.

Times of India. (2018). **Animals declared legal entities by Uttarakhand HC**.

Toma, L., et al. (2012). Consumers and animal welfare: A comparison between European Union countries. **Appetite, 58**(2), 597–607.

World Wildlife Fund (WWF) India. (n.d.). **Indian elephant interventions.** Retrieved from https://www.wwfindia.org/about_wwf/priority_species/indian_elephant/interventions/.

หลักธรรมาภิบาล บนฐานวิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง จังหวัดตาก

Good Governance Based on Culture of Hmong Ethnic Groups, Tak Province

ศาสตร์ศิลป์ ละม้ายศรี[1*]

Sartsil Lamaisri[1*]

บทคัดย่อ

โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาวิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง จังหวัดตาก และ 2) เพื่ออธิบายหลักธรรมาภิบาล บนฐานวิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง จังหวัดตาก เป็นการวิจัยเอกสาร เก็บข้อมูลจากตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา ผลการศึกษาพบว่า 1) บรรพชนได้สร้าง “เรื่องเล่า” เกี่ยวกับความเชื่อในอำนาจเหนือธรรมชาติ พร้อมนำมาร้อยเรียง เพื่อวิถีวัฒนธรรมให้สมาชิกกลุ่มได้ประพฤติและปฏิบัติ ในประเด็นพิธีแต่งงาน พิธีงานศพ และพิธี “ตู่-ซู้” นำมาจัดความสัมพันธ์ในรูปของระบบผลิต ระบบคุณค่า และระบบความสัมพันธ์ ได้อย่างสมดุล ตลอดรวมถึงมีการรักษา และการสืบทอดจากรุ่นหนึ่งสู่รุ่นหนึ่งด้วยวิธีทำให้เห็นและแสดงให้ดู และ 2) หลักธรรมาภิบาลมีการจัดความความสัมพันธ์บนวิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง ของผู้นำในลักษณะหลักการมีส่วนร่วม หลักสำนึกรับผิดชอบ และหลักธรรมาภิบาลของสมาชิกกลุ่มที่อาศัยอยู่ในอาณาบริเวณเดียวกันในรูปของสิทธิหน้าที่ของตนเอง และฐานะผู้รับบริการ มีการทำหน้าที่ตามหลักธรรมาภิบาลระหว่างผู้นำและสมาชิกได้อย่างเป็นองค์รวม

คำสำคัญ: ธรรมาภิบาล, วิถีวัฒนธรรม, กลุ่มชาติพันธุ์ม้ง

Abstract

Objective for Study the marriage culture of the Hmong ethnic group, Tak Province from the document. and To explain principles of good governance based on the marriage culture Hmong ethnic group, Tak province, is a document research. Content Analysis The results showed that 1) The ancestors have brought hundreds of historical stories. in order to create the identity of the group members it has been inherited, preserved and modified in accordance with the modern social context. 2) The marriage culture Relationships between leaders and group members are established. in a Sense of belongingness balanced.

Keywords: Governance, Way culture, Hmong ethnic group

[1] สาขายุทธศาสตร์และการพัฒนา คณะศิลปะศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ จังหวัดชัยภูมิ 36000

[1] Master of Art Program in Development Strategy, Faculty of Liberal Arts and Science, Chaiyaphum University, Chaiyaphum, 36000

*Corresponding author: sartsil.l@gmail.com

บทนำ

การตอบโจทย์ความท้าทายของสังคม ที่จะนำพาให้ประเทศหลุดพ้นจากความไม่สมดุล โดยมุ่งหมายให้เป็นสังคมคุณภาพ สังคมที่เป็นธรรม สังคมที่เปิดกว้าง เคารพความแตกต่างและยอมรับความหลากหลาย โดยไม่เลือกปฏิบัติและไม่ทอดทิ้งใครไว้ข้างหลัง (“ร่าง” นโยบายและยุทธศาสตร์การอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม พ.ศ.2563–2570 และแผนด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม พ.ศ.2563–2565, : 29) สอดคล้องกับหลักธรรมาภิบาลหรือการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี ที่ให้ความสำคัญกับภาคประชาชน มุ่งให้เกิดเป็นหลักการใช้ในการดำเนินงานทั้งภาครัฐ ภาคประชาชน และภาคธุรกิจ โดยมุ่งให้ประชาชนเป็นศูนย์กลาง บนพื้นฐานของ “สังคมวัฒนธรรม” อย่างเป็นรูปธรรม (พิษณุ บุญนิยม, 2559 : 132) หรือที่เรียกว่า วิถีชีวิตของกลุ่มชนผู้เป็นเจ้าของวัฒนธรรมในสังคม และวิธีคิด จึงหมายถึงองค์รวมของหลักการดำรงชีวิตของกลุ่มคนในสังคมหนึ่ง ๆ ซึ่งกลุ่มคนในสังคมได้สร้างสรรค์และสะสมขึ้นในความหมายที่แสดงออกถึงจิตวิญญาณของความเป็นมนุษย์ ดังนั้น วัฒนธรรมเปรียบเสมือนพลังที่รองรับวิถีชีวิตที่มีความหลากหลายและซับซ้อนแตกต่างกันไปภายใต้เงื่อนไขและบริบทของสภาวะแวดล้อมในแต่ละพื้นที่ ขณะเดียวกันก็มีพลังเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงได้ โดยการผลิตใหม่ของเจ้าของวัฒนธรรม เพื่อการปรับตัวให้เข้ากับบริบทของสังคมวัฒนธรรม (อานันท์ กาญจนพันธุ์, 2563 : 102–103)

มิติทางมานุษยวิทยาสังคมและวัฒนธรรมให้ความสำคัญกับวิถีชีวิตของมนุษย์ และอัตลักษณ์ของกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการดำรงอยู่ของตนเองในด้านวิถีวัฒนธรรมต้องอาศัยมุมมองในมิติด้านคติชนวิทยาจะช่วยสะท้อนสภาพวิถีชีวิตของคนในสังคม เพื่อกำหนดอัตลักษณ์หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ อัตลักษณ์จะถูกสร้างขึ้นโดยกระบวนการทางสังคมที่มีติดตัวมาตั้งแต่ถือกำเนิด ที่บ่งบอกว่าตนเองเป็นใครและต่างจากกลุ่มอื่นอย่างไร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบริบทของความสัมพันธ์เชิงอำนาจที่พวกเขามีกับกลุ่มอื่นๆ ด้วย เป็นการอธิบายถึงการมีตัวตน ซึ่งปรากฏออกมาในรูปของภาษา ตำนาน และหรือนิทานพื้นบ้าน ที่บรรพชนได้ปรุงแต่งสร้างขึ้น จึงเป็นเรื่องของความคิด ความเชื่อ เป็นปัจจัยที่เสริมอำนาจที่เกิดจากตัวผู้นำ (จุฑาพรรธ์ (จามจุรี) ผดุงชีวิต, 2551 : 60 และ ศิราพร ณ ถลาง, 2552 : 34, 181)

การเสริมพลังของชุมชนให้มีอำนาจ ด้วยกระบวนการการคิด การตัดสินใจ และการปฏิบัติที่ทำให้เกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของร่วม ย่อมนำไปสู่ความร่วมมือร่วมแรงใจหรือที่เรียกว่า “การมีส่วนร่วม” ซึ่งมีสอดคล้องกับรัฐมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ.2560 ได้วางกรอบการมีส่วนร่วมของประชาชนใน มาตรา 43 ที่ว่า “บุคคลย่อมมีสิทธิ (1) อนุรักษ์ ฟื้นฟู หรือส่งเสริมภูมิปัญญา ศิลปะ วัฒนธรรม ขนบธรรมเนียม และจารีตประเพณี อันดีงามของท้องถิ่นและของชาติ” (อุทัย ปริญญาสุทธินันท์, 2561 :180) ซึ่งมีความสอดคล้องกับวิถีวัฒนธรรมของกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ ที่บ่งบอกถึงอัตลักษณ์เฉพาะ ซึ่งมีติดตัวมาตั้งแต่กำเนิด เป็นต้นว่า ความผูกพันทางเครือญาติ ศาสนา ภาษา และพฤติกรรมทางสังคม ซึ่งเป็นลักษณะร่วมเฉพาะของคนกลุ่มเดียวซึ่งมีความเป็นพลวัต และการที่สมาชิกในกลุ่มหนึ่ง ๆ จะบอกว่าตนเองเป็นใครนั้น ต้องขึ้นอยู่กับบริบทของความสัมพันธ์เชิงอำนาจที่พวกเขามีกับกลุ่มอื่น ๆ มีการแสดงออกถึงความรู้สึกร่วมกันในผีบรรพชน ผ่านเรื่องเล่าต่าง ๆ (ตำนานและหรือนิทานพื้นบ้าน) ที่สมาชิกในกลุ่มเชื่อว่ามีจุดกำเนิดร่วม โดยผู้นำจะเลือกเอาบางสถานการณ์หรือบางเรื่องที่มีนัยสำคัญ มาเป็นกรอบในการกำหนดพฤติกรรมการแสดงออกให้เป็นไปตามคาดหวังของกลุ่มตน ซึ่งเป็นปัจจัยหล่อหลอมให้เกิดกระบวนการปรับเปลี่ยนความสัมพันธ์เชิงอำนาจ ที่ให้ทุกภาคส่วนของสังคม สามารถกำหนดวิถีชีวิตในความเป็นมนุษย์ของตนเองได้อย่างเท่าเทียมกัน เพื่อตอบโต้หรือต่อสู้กับอัตลักษณ์ที่ไม่พึงปรารถนา (จุฑาพรรธ์ (จามจุรี) ผดุงชีวิต, 2551 : 60 ; ศิราพร ณ ถลาง, 2552 : 34, 181 และอุทัย ปริญญาสุทธินันท์, 2561 : 145)

จากเหตุผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ฐานรากที่กำหนดค่านิยมวิถีปฏิบัติของกลุ่มชาติพันธุ์และทำหน้าที่ส่งเสริมหลักธรรมาภิบาล มีการผลิตซ้ำ มีการปรับเปลี่ยน และหรือสร้างขึ้นมาใหม่ในบริบทของการเปลี่ยนทางสังคมและวัฒนธรรมที่มีความ มีสอดคล้องกับการพัฒนาแนววัฒนธรรมชุมชน กล่าวคือ การคืนอำนาจให้ชุมชนในแต่ละพื้นที่ตัดสินเอง เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ภายในของตนเอง เพราะคนในชุมชนรู้และเข้าใจปัญหาที่แท้จริง ดังนั้นการกำหนดนโยบายต้องถูกกำหนดและวางแผนงานจากภายในชุมชน (พิเชษฐ์ วงค์เกียรติ์ขจร, 2552 : 2) ดังนั้นวิถีวัฒนธรรมจึงเปรียบเสมือนกลไกการบริหารจัดการในลักษณะโครงสร้างความสัมพันธ์ทางสังคม ผู้วิจัยมุ่งอธิบายตามหลักสังคมวิทยา โดยวิธีทางประวัติศาสตร์ (ความเชื่อแบบดั้งเดิม) นำไปสู่การอธิบายหลักธรรมาภิบาล บนฐานวิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง สำหรับเป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสู่การปฏิบัติในพื้นที่ (จังหวัดตาก) ซึ่งมีความเป็นพหุวัฒนธรรม ในประเด็นนี้ วิถีวัฒนธรรมถือว่าเป็นมิติที่สำคัญต่อการพัฒนาอย่างยิ่งในสังคมปัจจุบัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ รุ่งคุณ มหาปัญญาวงศ์, (2550 : 212) กล่าวว่า วิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง เป็นเครื่องแสดงถึงวิถีวัฒนธรรมผ่านค่านิยม ความคิด อุดมการณ์ ประเพณี พิธีกรรมตามความเชื่อ มีการคัดสรร และเลือกหยิบยกเหตุการณ์หรือเรื่องราวต่าง ๆ มาตีความในลักษณะที่มีนัยสำคัญต่อวิถีชีวิต เพื่อสร้างความรู้สึกภาคภูมิใจและตระหนักถึงความเป็นกลุ่มชาติพันธุ์ที่มีรากเหง้าทางประวัติศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง จังหวัดตาก
2. เพื่ออธิบายหลักธรรมาภิบาล บนฐานวิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง จังหวัดตาก

ขอบเขตการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ขอบเขตข้อมูล 2) ขอบเขตด้านเนื้อหา และ 3) ขอบเขตด้านพื้นที่ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ขอบเขตข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บข้อมูล “ทุติยภูมิ” จากเอกสาร งานวิจัย และบทความวิชาการ เป็นหลัก โดยเลือกผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความรู้ ความเข้าใจในวิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

2. ขอบเขตด้านเนื้อหาของการวิจัย

2.1 วิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง ผู้วิจัยเลือกศึกษาเฉพาะ จำนวน 3 พิธี ได้แก่ พิธีแต่งงาน พิธีงานศพ และพิธี “ตู่-ซู้” โดยใช้เกณฑ์ เป็นพิธีกรรมที่มีการสืบทอดรูปแบบของพิธีกรรมมาอย่างต่อเนื่อง และศึกษาตามหลักสังคมวิทยาด้วยวิธีทางประวัติศาสตร์ (ความเชื่อแบบดั้งเดิม) ซึ่งปรากฏออกมาในรูปของระบบผลิต ระบบคุณค่า และระบบความสัมพันธ์

2.2 ผู้วิจัยมุ่งอธิบายหลักธรรมาภิบาล ใน 2 ประเด็น คือ 1) หลักธรรมาภิบาลของผู้นำ (ผู้นำ หมายถึง ผู้นำสายสกุลแซ่ และผู้นำทางด้านจิตวิญญาณ) ได้แก่ 1.1) หลักการมีส่วนร่วม และ 1.2) หลักสำนึกรับผิดชอบ และ 2) หลักธรรมาภิบาลของสมาชิกกลุ่ม (สมาชิกกลุ่ม หมายถึง กลุ่มชาติพันธุ์ม้งทุกคน ที่อาศัยอยู่ในอาณาบริเวณเดียวกัน) ได้แก่ 2.1) สิทธิ หน้าที่ของตนเอง และ 2.2) ฐานะผู้รับบริการ

2.3 ทฤษฎีโครงสร้าง – หน้าที่นิยม (Functionalism) และแนวคิดธรรมาภิบาล มาประกอบการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

3. ขอบเขตด้านพื้นที่

ผู้วิจัยกำหนดพื้นที่บ้านเจดีย์โค๊ะ ตำบลมหาวัน อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก เลือกแบบเจาะจง โดยใช้เกณฑ์ คือ 1) เป็นกลุ่มชาติพันธุ์ที่อยู่ในระหว่างสังคมเมืองกับสังคมชนบท 2) มีการสืบทอดวิถีวัฒนธรรมแบบดั้งเดิมอย่างต่อเนื่อง และ 3) เป็นหมู่บ้านกลุ่มชาติพันธุ์ม้งที่มีขนาดใหญ่ ในพื้นที่จังหวัดตาก

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง หลักธรรมาภิบาล บนฐานวิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง จังหวัดตาก เป็นวิจัยเอกสาร ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนของการดำเนินการออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาวิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง จังหวัดตาก โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ผู้วิจัยเก็บข้อมูล “ทุติยภูมิ” จากเอกสาร ตำรา งานวิจัย และบทความ เป็นหลัก

2. การตรวจสอบข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ (รศ.ดร.สุขเกษม ขุนทอง) ที่มีความรู้เกี่ยวกับพิธีแต่งงาน พิธีงานศพ และพิธี “ตู่-ซู้”

3. สรุปวิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง จังหวัดตาก ซึ่งปรากฏออกมาในรูปของระบบผลิต ระบบคุณค่า และระบบความสัมพันธ์

ขั้นตอนที่ 2 อธิบายหลักธรรมาภิบาลกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง จังหวัดตาก โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. นำผลการศึกษาในขั้นตอนที่ 1 นำมาอธิบายความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับหลักธรรมาภิบาลใน 2 ประเด็น คือ 1) หลักธรรมาภิบาลของผู้นำ ได้แก่ 1.1) หลักการมีส่วนร่วม และ 1.2) หลักสำนึกรับผิดชอบ และ 2) หลักธรรมาภิบาลของสมาชิกกลุ่ม ได้แก่ 2.1) สิทธิ หน้าที่ของตนเอง และ 2.2) ฐานะผู้รับบริการ

2. ใช้เทคนิคการอธิบาย (วิเคราะห์) ตามกระบวนการวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (content analysis)

ผลการวิจัย

โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ศึกษาวิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง พบว่า จากประวัติศาสตร์ครั้งเมื่อประมาณ 2,700 ปีก่อนคริสตกาล คนม้งอาศัยอยู่บริเวณลุ่มแม่น้ำเหลือง (Hwang He river) และแม่น้ำเชียงเจียง (Yangtze river) และในระหว่าง 220 ปีก่อนคริสตกาลถึง 220 ปีหลังคริสตกาล และอาศัยอยู่ที่อำเภอ “ลำธารห้าสาย” (Five Streams district) ซึ่งอยู่ติดกับทิศตะวันตกของมณฑลหูหนาน (Hunan) ด้านทิศตะวันออกของมณฑลกุ้ยโจว (Guizhou) คนม้งเคยต่อต้านการขยายตัวของพวก “เฮิน” (Hia) เป็นพวกจีนโบราณอย่างทรหด ในที่สุดได้พ่ายแพ้ และถูกบังคับให้ยอมรับวัฒนธรรมของผู้ชนะ (จีน) และเมื่อประมาณปี 1644–1911 ตรงกับราชวงศ์แมนจู (Manchus) อันเป็นราชวงศ์สุดท้ายของจีน ซึ่งมีนโยบายกดขี่ ทำให้เกิดการต่อสู้และขัดขืน ประกอบกับแรงกดดันจากจำนวนประชากรที่ได้เพิ่มมากขึ้น และช่วงศตวรรษที่ 19 ทำให้คนม้งจำนวนมากอพยพเขาเข้ามาบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทางเหนือของประเทศเวียดนาม ลาว ไทย และพม่า (ยศ สันตสมบัติ และคณะผู้วิจัย, 2547 : 37–38) ตรงกับปลายรัชกาลที่ 5 (พระบาทสมเด็จพระปรมินทรามหาจุฬาลงกรณ์ พระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว “20 กันยายน 2411–23 ตุลาคม 2453) บริเวณแคว้นบ่อแก้ว ประเทศลาว เข้าประเทศไทยช่องทางของจังหวัดน่าน เข้ามาหาพื้นที่ทำกินบริเวณขุนสถาน เขตอุทยานแห่งชาติซึ่งเป็นเขตติดต่อกับจังหวัดแพร่ และมีอพยพต่อเนื่องมาที่อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ตามลำดับ เมื่อประมาณ พ.ศ. 2480–2486 ได้เดินทางมาอยู่ที่ดอยมูเซอ บ้านโละโคะ บ้านอุ้มเปี้ยม บ้านแม่กลองใหญ่ ตำบล

แม่ละม้ง อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก และครั้งสุดท้าย ในปี พ.ศ. 2516 เกิดการเปลี่ยนแปลงทางการเมืองในประเทศไทย พรรคคอมมิวนิสต์ได้เข้ามาในพื้นที่แม่กลองใหญ่ ทำให้คนม้งกลุ่มดังกล่าวต้องอพยพหนีภัยคอมมิวนิสต์เข้ามาอาศัยอยู่ที่บ้านเจดีย์โคะ ตำบลมหาวัน อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก (สุขเกษม ขุนทอง, 2561 : 78-82) และได้นำความเชื่อแบบดั้งเดิม และวิถีวัฒนธรรมจากบรรพชนเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของวิถีดำรงอยู่

ความเชื่อเรื่องในอำนาจเหนือธรรมชาติที่สิงสถิตอยู่ภายในบ้านเรือน จำนวน 5 ตน ที่ทำหน้าที่ปกป้องคุ้มครอง ดูแลคนในครอบครัวของตนเองให้ปลอดภัยจากภยันตราย ตลอดรวมถึงความอุดมสมบูรณ์ในเรื่องของอาหาร และสัตว์เลี้ยง (สุขเกษม ขุนทอง, 2561: 84-85) ดังนี้

1. ผีสือกลั้ง (xwm kab) จะอาศัยอยู่บริเวณฝาบ้านด้านที่อยู่ตรงข้ามกับประตูทางออก ลักษณะทั่วไปจะเป็นกระดาษเงินกระดาษทองสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดไม่เกิน 12 นิ้ว จะมีขนไก่ติดอยู่บนกระดาษ เป็นตัวแทนวิญญาณบรรพบุรุษที่ถูกเชิญมาประจำบ้าน และมีหิ้งสำหรับวางเครื่องบูชา คือ กระถางธูป ถ้วยน้ำสะอาด และธูป 3 ดอก เป็นผีที่สำคัญที่สุด ช่วยปกปักรักษาสมาชิกในครัวเรือนให้มีความสุข อยู่ดีกินดี ช่วยดลบันดาลให้ทรัพย์สินต่าง ๆ เข้ามาภายในบ้าน

2. ผีเสากลางบ้าน (ncij daab) จะตั้งอยู่กลางบ้าน มีลักษณะเป็นเสาสี่เหลี่ยมหรือกลม ปัจจุบันไม่จำเป็นต้องเป็นเสาไม้จริง ๆ ก็ได้ คนม้งเชื่อกันว่าเป็นสัญลักษณะของ “เสาเอกของบ้าน” ช่วงของการประกอบพิธีกรรมวันขึ้นปีใหม่ เจ้าของบ้านจะทำการบูชาด้วยกระดาษขาวเจาะรู ซึ่งจะต้องเปลี่ยนทุกปี เปรียบเสมือนการให้เงินทอง เพื่อเป็นการตอบแทนที่วิญญาณของพ่อมาปกป้องคุ้มครองลูกหลานทุกคนที่อาศัยอยู่ในบ้าน ห้ามตอกตะปูและหรือห้อยสิ่งของใดๆ โดยเด็ดขาด เพราะจะทำให้บ้านนั้นอยู่ไม่ดี ไม่มีความสุข และก่อนประกอบพิธีกรรมใด ๆ จะต้องกราบไหว้ผีเสากลางบ้านก่อนเป็นอันดับแรก

3. ผีประตูหน้าบ้าน (khov rooj tas) จะสิงสถิตอยู่ที่บานประตูหลักของบ้านเท่านั้น เพื่อคอยคุ้มครองดูแลมิให้สิ่งไม่ดีเข้ามาภายในบ้านได้ และช่วยป้องกันเงินทองไหลออกจากบ้าน และนอกจากนี้แล้ว การประกอบพิธีกรรมใดๆ ต้องกราบไหว้ขออนุญาตผีประตูหน้าบ้านก่อน จึงจะเริ่มพิธีกรรมอื่นๆ ภายในบ้านได้

4. ผีเตาไฟเล็ก (dab ghov cub) จะอาศัยอยู่บริเวณพื้นดินที่ตั้งเตาไฟสำหรับหุงหาอาหาร เตาไฟเล็กจะอยู่บริเวณประตูหน้าบ้านเมื่อเดินเข้าไปแล้วจะอยู่ทางขวามือ เป็นเหล็กเล็กๆ สำหรับเป็นที่หุงหาอาหารเลี้ยงคนในครอบครัว หรือกล่าวอีกในหนึ่ง คือ เป็นสัญลักษณ์แห่งความอุดมสมบูรณ์ สุขภาพร่างกายแข็งแรง ไม่เจ็บป่วย มีกินตลอด

5. ผีเตาไฟใหญ่ (dab ghov txug) จะอาศัยอยู่บริเวณพื้นดินเป็นที่ตั้งของเตาไฟขนาดใหญ่ สำหรับทำอาหารอาหารเลี้ยงสัตว์ เป็นสัญลักษณ์แทนความอุดมสมบูรณ์ในสัตว์เลี้ยง ได้แก่ หมู และไก่ เพื่อจะได้มีสัตว์เหล่านี้ไว้เพียงพอสำหรับการประกอบอาหาร และใช้ประกอบพิธีกรรมมิให้ขาดแคลน

วิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง จังหวัดตาก กรณีศึกษา : พิธีแต่งงาน พิธีงานศพ และพิธี “ตู่-ชู้”

1. พิธีแต่งงาน ถือกำเนิดมาจากบรรพชนในแต่ละรุ่นได้ส่งสารผ่าน “ตำนานและหรือนิทานพื้นบ้าน” (ศูนย์มานุษยวิทยาสิรินธร, 2547: 43-46) ดังนี้

...การกำเนิดมนุษย์และสรรพสิ่งขึ้นมาบนโลกนั้น ครั้งหนึ่งมนุษย์กับผีอยู่ปะปนกันอย่างแยกไม่ออก จึงมักเกิดปัญหากระทบกระทั่งกันบ่อยๆ บรรพชนม้งในตอนนั้นจึงส่งจดหมายหารือกันว่าจะทำอย่างไรดี ในที่สุดก็ได้ข้อสรุปโดยช่วยกันไปขอคำปรึกษาจากเทวดา (saub) โดยเทวดาแนะนำว่าให้กลับมาใช้กระด้งตาข่ายที่ทำด้วยทองและเหล็ก (vab tshaus tooj, vab tshaus hlau) ร่อนเพื่อแยกมนุษย์ออกจากผี เพราะมนุษย์เป็นผู้ที่มีร่างกาย จึงไม่สามารถร่อนด้วยกระด้งตาขาย ส่วยผีนั้นแปลงร่างได้ ก็จะถูกร่อนแยกออกไป บรรพชนม้งจึงกลับมาทำตามคำแนะนำดังกล่าว ซึ่งก็ได้ผลในการแยกมนุษย์ออกจากผี ภายหลังจากนั้นมนุษย์จึงมีชีวิตอยู่อย่างสันติสุข แต่ในระยะ

ต่อมามีวัวปีศาจกับม้าปีศาจ (nyuj ciab, nees ciab) มากัดกินมนุษย์จนใกล้จะสูญพันธุ์ บรรพชนม้งในสมัยนั้นจึงกลับไปกราบทูลและขอคำปรึกษาจากเทวดาอีก เทวดาจึงส่งพญารามสูร (Yawm Xob) ลงมาส่งเสียงร้องคำรามเป็นฟ้าร้องเพื่อข่มขู่ และใช้ขวานหินทำฟ้าผ่าเพื่อลงโทษวัวและม้าปีศาจดังกล่าว พร้อมกับจับในส่วนที่เหลือแล้วใช้เชือกผูกเอาไว้ สำหรับวัวนั้นใช้วิธีการเจาะรูจมูก (chaws neswg) เพื่อทำให้เชื่อง แล้วแนะนำให้มนุษย์ฝึกปรือเพื่อเอาไว้ใช้งาน กับนำมาเป็นค่าสินสอด เมื่อลูกหลานแต่งงานกัน ด้วยในสมัยนั้นยังไม่มีเงินทองใช้กัน มาถึงยุคของหญิงเก้าจัวะและชายเจ่าหน่า (Nkauj Ntsuab, Txiv Nraug Nas) ซึ่งเป็นคู่สมรสชาวม้ง เนื่องจากเก้าจัวะเป็นหญิงสาวสวยน่ารักกษัตริย์จีนเห็นเข้าจึงเกิดความหลงใหล และพยายามใช่เล่ห์กลสารพัดอย่าง ในการที่จะให้ได้แต่งงานกับนาง ทั้งสองจึงทิ้งไร่นาและบ้านเมืองแล้วหนีเอาตัวรอดไปทั่วทุกมุมโลก ใช้เวลาหนีและหลบซ่อนอยู่ยาวนานถึงสามหมื่นสามพันสามร้อยปี (33,300) (peb txhiab peb vam xyoo) เมื่อทั้งสองกลับมาถึงก็พบว่าไร่นาและบ้านเมืองของตัวเองถูกชาวจีนแย่งชิงไปหมดแล้ว ด้วยความโกรธแค้น จึงไปถอนเอาขนของวัวน้ำ (plaub Xib nyuj) มาอุดรูถ้ำที่เป็นทางระบายน้ำบนพื้นผิวโลก ทำให้น้ำท่วมโลก คนจีนผู้มีจิตใจโหดร้ายคดโกงจึงนำเหล็กมาทำกลอง แล้วต้อนสัตว์เลี้ยง และเก็บเอาเมล็ดพืชพันธุ์ธัญหารทุกอย่างเข้าไปไว้ในนั้นกับตน ส่วนคนม้งใจซื่อได้ใช้หนังสัตว์และท่อนไม้แห้งมาทำกลอง โดยมีเพียงเก้าหมิกับเจ่าหมู่ (Nhauj Mim, Nraug Nus) เข้าไปอยู่ในนั้น เมื่อน้ำท่วมสูงขึ้นกลองเหล็กของคนจีนจมใต้น้ำ ส่วนกลองหนังของคนม้งนั้นลอยขึ้นผิวน้ำ จนกระทั่งไปกระทบท้องฟ้า ซึ่งเป็นใต้ฤนที่อยู่อาศัยของเทวดา ครั้นเทวดาทราบว่าเกิดน้ำท่วมโลกหนัก จึงส่งพญารามสูร (Yawm Xob) ลงมาใช้เหล็กแทงผืนแผ่นดินให้ทะลุเพื่อระบายน้ำไปยังใต้บาดาล จากนั้นน้ำบนพื้นผิวโลกจึงค่อยๆ ลดลงเข้าสู่ปกติ ทั้งสองจึงกลับลงมาสู่พื้นผิวโลก แต่ก็ไม่พบมนุษย์ สัตว์ พืช และสิ่งมีชีวิตอื่นใดเหลืออยู่เลย จึงเกิดคำถามกับตัวเองว่า เป็นพี่สาวกับน้องชายกันจะแต่งานกันได้หรือไม่ ถ้าเป็นเช่นนั้นแล้วใครจะเป็นผู้ให้กำเนิดลูกหลายมนุษย์เพื่อสืบทอดเผ่าพันธุ์อยู่ในโลกนี้ต่อไป เมื่อไปถามเทวดา เทวดาจึงแนะนำว่าให้ทั้งสองนำโม่หินขึ้นไปบนยอดเขา โดยฝ่ายหญิงแบบซีกล่าง ส่วนฝ่ายชายแบบซีกบน แล้วกลิ้งลงเขาคนละด้าน ถ้าโม่หินทั้งสองข้างลงมาทับกันที่เชิงเขาก็ให้แต่งงานกันได้ เท่านั้นยังไม่พอ ให้ฝ่ายหญิงถือเข็มแล้วฝ่ายชายโยนปลายด้ายดูว่าเข้ารูเข็มหรือไม่ ถ้าเข้าจึงสามารถแต่งงานกันได้ ทั้งสองจึงกลับมาทำตามคำแนะนำของเทวดา ปรากฏว่าโม่หินทั้งสองข้างกลิ้งมาทับกันที่เชิงเขา และปลายเส้นด้ายก็เข้ารูเข็มเช่นกัน จึงแต่งงานอยู่กินกันฉันสามีภรรยา จากนั้นเก้าหมิจึงตั้งครรภ์ แล้วคลอดลูกออกมา ทั้งสองรู้สึกแปลกใจที่ลูกไม่มีลักษณะของความเป็นมนุษย์กล่าวคือ ไม่มีใบหน้า แขน และขา แต่เป็นรูปทรงกลมเหมือนลูกโป่งที่อ่อนปวกเปียก กลิ้งไปมาเท่านั้น ทั้งสองจึงไปปรึกษาเทวดาในเรื่องนี้ เทวดาแนะนำให้กลับมาตัดลูกออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย แล้วนำไปห้อยตามกิ่งไม้ใบหญ้ารอบบ้าน รุ่งเข้าขึ้นมาก็จะเกิดครอบครัวใหม่ขึ้นมากมาย กลายเป็นต้นกำเนิดของตระกูลแซ่ต่างๆ ในการสืบทอดมนุษย์ในโลกต่อไป ทั้งสองจึงกลับมาทำตามคำแนะนำของเทวดา วันรุ่งขึ้น พบว่าแต่ละแห่งที่เอาชิ้นเนื้อไปแขวนไว้นั้นมีบ้านเกิดขึ้นหลังหนึ่ง พร้อมกับเห็นควันไฟออกมาจากหลังคาบ้าน เมื่อเข้าไปในบ้านก็พบสองสามีภรรยาอาศัยอยู่ พวกเขาแนะนำตัวเองว่าเป็นคนแซ่ย่าง แซ่ว่าง แซ่ลี แซ่ซ่ง แซ่เล่า แซ่ม้า ฯลฯ ตามสำเนียงที่ชาวม้งเรียกพืชและสิ่งของแต่ละอย่างที่เอาชิ้นเนื้อไปแขวน นับตั้งแต่นั้นมามนุษย์จึงกลับมาแพร่หลายอีกครั้งหนึ่ง จนกระทั่งทุกวันนี้...

จากเรื่องเล่าดังกล่าว ส่งผลให้บรรพชนดั้งเดิมได้สร้าง “กฎศีลธรรมและหรือจารีต” ขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักคือเพื่อ “ห้ามกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง ที่มีสายสกุลแซ่เดียวกันแต่งงานกัน จะทำให้ชีวิตคู่ไม่มีความสุข อยู่อย่างลำบาก ถึงแม้นว่าจะอยู่ต่างที่ ต่างถิ่นกันก็ตาม ให้ถือเสมือนว่าเป็นพี่น้องกัน” ผ่านบทลำนำกลอนในงานแต่งงาน (Zaj Ydhoob) กล่าวไว้ว่า

...เมื่อพี่น้องแต่งงานกันแล้วจะไม่มีความสมบูรณ์เหมือนกับลูกของเก้าหมิกับเจ้าหนู กล่าวว่า มนุษย์ที่เกิดมาจะไม่มีใบหน้า แขน และขา แต่เป็นรูปทรงกลมเหมือนลูกโป่ง อ่อน–ปวกเปียก และกลิ้งไปมาเท่านั้น...

ขั้นตอนการแต่งงานเมื่อชายม้งที่พึงพอใจในฝ่ายหญิง ก็จะส่งผู้ใหญ่ตระกูลแซ่ของตนเอง มาสู่ขอกับพ่อแม่ของฝ่ายหญิง มีการเจรจาในเรื่องของ วัน เวลา และค่าสินสอด ในประเด็นนี้เป็นเรื่องของค่าสินสอด โดยปกติคนม้งจะเรียกสินสอดเป็นเงินลัง จำนวน 5 แท่ง (1 ลัง = เงินบาทประมาณ 8,000 บาท) เป็นค่าน้ำนมให้กับพ่อแม่ของฝ่ายหญิง (สุขเกษม ขุนทอง, 2561 : 89) สำหรับพิธีกรรม คือ ฝ่ายชายต้องเดินทางมาถึงบ้านของฝ่ายหญิงเพื่อทำพิธีแต่งงานให้แล้วเสร็จภายใน 1 วัน 1 คืน มีการไหว้ผีบรรพชนประจำตระกูล (ผีสือกลั้ง) ในกรณีที่พ่อแม่ กลุ่มเครือญาติของฝ่ายชายพอจะมีฐานะหน่อยก็จะนำไก่มาไหว้ญาติฝ่ายหญิง 1 คน/1 ตัว เทียบเคียงได้ ประมาณ 17 ตัว (ญาติฝ่ายหญิง มีจำนวน 17 คน) ภายในงานมีการเลี้ยงฉลอง ฝ่ายชายเตรียมหมู 1 ตัว และฝ่ายหญิงอีก 1 ตัว เพื่อใช้สำหรับจัดเลี้ยงแขกที่มาร่วมแสดงความยินดี ถ้าฝ่ายชายไม่ค่อยจะมีฐานะ ก็เพียงแค่หมู 1 ตัว และไก่ อีก 4 ตัวก็ได้ เมื่อเสร็จพิธีที่บ้านของฝ่ายหญิงแล้ว จะต้องไปทำพิธีต่อที่บ้านของฝ่ายชาย คือ การเรียกขวัญอีก 3 วัน เพื่อปัดเป่าสิ่งไม่ดีออกไปก่อน เครื่องเซ่นไหว้มีไก่ 1 ตัว และหมู 1 ตัว มีการกล่าวอวยพรต่อหน้าผีบรรพชนประจำตระกูลของฝ่ายชาย อันเนื่องจากฝ่ายหญิงเมื่อออกจากเรือนจะต้องไปถือผีบรรพชนของฝ่ายชาย (แซ่ใหม่สามี) และถูกตัดออกจากตระกูลแซ่ของตนเอง ในประเด็นนี้ ถือเป็นกฎจารีตที่บรรพชนเป็นผู้กำหนด

“ภาพอดีต” คำว่า “ฉุด” (สุขเกษม ขุนทอง, 2561 : 88) คือ เมื่อเห็นหน้าเกิดชอบพอกันทั้งสองฝ่าย และหรือฝ่ายหญิงไม่ชอบก็ตาม จะชวนกันไปอยู่ด้วยกันที่บ้านของฝ่ายชาย ประมาณ 3 วัน อันเนื่องจากปัจจัย คือ ระยะทางไกลและหรือจะเป็นการจองไว้ก็เป็นได้ วันแรกที่ผู้หญิงถูกฉุดไปนั้น รุ่งขึ้นวันใหม่จะมีเครือญาติฝ่ายชายเข้ามาแจ้งข่าวว่า “ขณะนี้ลูกสาวได้ไปอยู่กับผู้ชายแล้ว” โดยใช้สัญลักษณ์ คือ เอาไส้บุหรี่มาคลี่ส่งให้ที่มือของพ่อฝ่ายหญิง และจากนั้นอีก 2 วัน ฝ่ายชายจะพาฝ่ายหญิงกลับมาที่บ้านพร้อมกับผู้อาวุโสของสายสกุลแซ่ เพื่อ การเจรจาไกล่เกลี่ย และจากการที่ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรม พบว่า คนม้งจะมีหลักในการจัดความสัมพันธ์ในการอยู่ร่วมกันของสายสกุลแซ่และระหว่างสายสกุลแซ่ : กรณีพิพาท ความขัดแย้งที่เกิดขึ้น เริ่มตั้งแต่สถาบันครอบครัว ผู้นำสายสกุลแซ่เข้ามาเจรจาหาข้อยุติ และในกรณีนี้ฝ่ายชายจะต้องเตรียม เหล้า 1 ขวด และไก่ 1 คู่ (ตัวผู้และตัวเมีย) พร้อมเงินเพื่อเป็นค่าปรับสินไหม ต่อจากนั้นก็ต้องดำเนินพิธีกรรมให้ถูกต้องตามประเพณี

การแต่งงานตามประเพณี มีความสอดคล้องกับประเพณีการตาย กล่าวคือ เมื่อมีคนม้งตาย ตามความเชื่อแบบดั้งเดิม กลุ่มเครือญาติจะแต่งตัวให้กับผู้ตาย คือ แต่งกายชุดยาว และหรือชุดคนแก่ ที่คนม้ง เรียกว่า “เค้าลัวเล่า” (สุขเกษม ขุนทอง, 2561 : 92) ซึ่งถูกกำหนดโดยบรรพชน และจากความเชื่อดังกล่าวส่งผลต่อประเพณีการแต่งกายของผู้หญิงม้ง ทุกคนเมื่อแต่งงาน (ออกเรือน) จะต้องสวมใส่ “เค้าลัวเล่า” โดยมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อให้ผู้หญิงม้งที่แต่งงานตัดขาดจากสายสกุลแซ่ของบรรพชนเดิม ไปใช้สายสกุลแซ่ใหม่ของบรรพชนฝ่ายสามี

กรณีเกิดการหย่าและหรือฝ่ายสามีได้เสียชีวิตลง ทำให้ฝ่ายหญิงต้องได้รับความลำบาก อันเนื่องจากกลุ่มเครือญาติของฝ่ายชายไม่ต้องการ และไม่สามารถอยู่ร่วมในสายสกุลแซ่ของฝ่ายชายได้ คือ ห้ามใช้สกุลแซ่จึงทำให้ฝ่ายหญิงจึงเป็นคนไร้แซ่ และในประเด็นนี้มีความสอดคล้องกับประเพณีการเกิดที่แสดงให้เห็นถึงระบบอำนาจ “ชายเป็นใหญ่ และเป็นช้างเท้าหน้า” โดยเริ่มตั้งแต่เด็กม้งเกิดขึ้น (ความเชื่อแบบดั้งเดิม) กล่าวคือ “รกของเด็กผู้ชาย” จะต้องฝังไว้กับเสากลางบ้าน (เสาเอก) ส่วน “รกของเด็กผู้หญิง” จะฝังไว้ใต้เตียงนอนของพ่อ–แม่ (สุขเกษม ขุนทอง, 2561 : 91) เพื่อให้สถานภาพ (เพศ) กำหนดบทบาท และบทบาทกำหนดหน้าที่ของเด็กม้งที่ถือกำเนิด

จากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรมอย่างเป็นพลวัต มีความเกี่ยวข้องกับ สิทธิเสรีภาพของบุคคล และสิทธิในความเสมอภาค ถือเป็นพื้นฐานของ “ศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์” ที่ทำให้ผู้หญิงม้งรุ่นใหม่ ต้องลุกขึ้นมาเรียกร้องสิทธิ์จากผู้นำ ในประเด็นนี้ทำให้ผู้นำ มีการระดมความคิดเห็น อันนำไปสู่การยอมรับ

พร้อมทั้งสร้างกฎเกณฑ์ขึ้นมาใหม่ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกฎจารีตที่บรรพชนได้ผู้กำหนดไว้ เป็นสำนึกรับผิดชอบของผู้นำรุ่นใหม่ เป็นการวางรากฐานของการอยู่ร่วมกันอย่างสันติสุข และสิ่งสำคัญเป็นการปรับเปลี่ยนวิถีปฏิบัติให้เป็นส่วนหนึ่งของวิถีวัฒนธรรมการแต่งงาน ส่งผลต่อประเพณี “การรับลูกสาวกลับมาอยู่กับพ่อแม่” หรือที่คนม้งเรียกว่า “รับขวัญ” (สุขเกษม ขุนทอง, 2561 : 90)

“รับขวัญ” จะต้องกระทำต่อหน้าหิ้งผีสือกลั้งของสายสกุลแซ่เดิมของฝ่ายหญิง สำหรับเครื่องเซ่นไหว้ มีไก่ 1 คู่ (ตัวผู้และตัวเมีย) เหล้าต้ม 1 ขวด และเมื่อเสร็จพิธีแล้วหญิงสาวผู้นั้น ก็สามารถกลับมาใช้แซ่ของสกุลเดิม กราบไหว้ผีบรรพชนเดิม และสิ่งสำคัญคือสามารถร่วมประกอบพิธีกรรมต่างๆ ที่สายสกุลแซ่ของตนเองจัดขึ้น เช่น พิธีตู้-ซู้ พิธีกินข้าวใหม่ และพิธีอัวเน้ง เป็นต้น

หลังจาก “รับขวัญ” เสร็จ “ผู้นำสายสกุลแซ่” ของทั้งสองฝ่ายมาว่าความกัน (เจรจาไกล่เกลี่ย) จะกระทำในช่วงเย็น (เป็นเหตุผลเนื่องจากเวลากลางวันคนม้งส่วนใหญ่ต้องออกไปทำไร่) เมื่อกลุ่มเครือญาติสายสกุลแซ่ของทั้งสองฝ่ายมาพร้อมแล้ว มีการพูดคุยกันเพื่อตกลงในเรื่องของการแบ่งทรัพย์สินที่ทั้งคู่ได้ร่วมกันสร้างฐานะร่วมกัน และในกรณีที่มีลูกด้วยกัน จากความเชื่อแบบดั้งเดิม คือ เด็กผู้ชายจะต้องไปอยู่กับฝ่ายพ่อเพื่อสืบสายตระกูลแซ่ต่อไป ส่วนลูกสาวจะอยู่กับแม่

2. พิธีงานศพ

สุขเกษม ขุนทอง, (2561 : 92-95) ได้กล่าวเกี่ยวกับพิธีงานศพไว้ว่า เมื่อมีคนตายเกิดขึ้นในหมู่บ้าน ผู้อาวุโสและหรือผู้นำสายสกุลแซ่ จะยิงปืนขึ้นฟ้า 3 นัด โดยคนม้งเชื่อว่า เสียงปืนที่ดังนั้น เป็นการเปิดทางให้ผู้ตายได้เดินทางไปหาวิญญาณบรรพบุรุษและอีกหนึ่งเหตุผล คือ เพื่อเป็นการ “สื่อ” ให้คนในหมู่บ้านได้รู้ว่า “มีคนตายเกิดขึ้น” สำหรับการประกอบพิธีกรรมที่บ้านผู้ตาย ญาติผู้ตายจะทำการล้างหน้าและอาบน้ำให้กับผู้ตาย พร้อมกับแต่งตัวให้กับผู้ตายตามประเพณี คือ แต่งกายชุดยาว หรือชุดคนแก่ “เค้าลัวเล่า” (ครั้งหนึ่ง เคยเป็นชุดเจ้าสาว สวมใส่ เพื่อเดินออกจากสายสกุลแซ่ของตนเองไปใช้สกุลแซ่ของสามี) จากนั้นก็นำศพไปวางไว้ที่แคร่ไม้หรือคนม้งเรียกว่า “ม้าผี” ซึ่งมีความสูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร และนำศพมาใส่ในโลง วางไว้ตรงหน้าหิ้งผีสือก๊าง เมื่อเสร็จขั้นตอนนี้แล้ว ผู้อาวุโสฯ จะยิงปืนขึ้นฟ้าอีก 3 นัด เพื่อ “สื่อ” อีกครั้งให้คนในหมู่บ้านได้รับรู้ถึงขั้นตอนดังกล่าว ญาติจะเอาสิ่งที่เป็นโลหะและหรือเหล็ก (เกิดจากการผ่าตัด) ออกจากผู้ตายด้วย พร้อมกับถักรองเท้าใหม่ซึ่งทำจากใยกัญชง (htaub maj) ให้อีก 1 คู่ สำหรับใช้ในการเดินทางไปหาวิญญาณบรรพบุรุษ และผู้อาวุโสฯ จะนำผ้าแดงมาปิดหน้า (บริเวณหน้าผาก) ของผู้ตาย (ถ้ายังไม่ตายให้ลุกขึ้นมา ถ้าไม่ลุกขึ้นมาแสดงว่าตายจริง เราจะเอาผ้าปิดหน้าแล้วนะ)

จากนั้นจะมีการสวดชี้นำทางให้กับผู้ตาย เพื่อที่จะได้กลับไปหาบรรพบุรุษของตนเอง (กล่าวเป็นภาษาม้ง) บอกถึงบ้านเกิดของผู้ตายว่ามาจากที่ไหน จะได้เดินทางกลับได้ถูก เมื่อเสร็จพิธีดังกล่าวจะมีหมอแคนมาทำหน้าที่ คือ การร้องประกอบเสียงแคนในลักษณะของการบอกกล่าวว่า “ผู้ตายขณะนี้ได้ตายแล้ว คุณไม่ใช่คน คุณต้องกลับไปหาบรรพชน” และ “แคน” คือ สื่อส่งสารระหว่างหมอแคนกับผีไม่ดีที่ทำให้คนต้องตาย ถ้าเจ้าภาพ (ญาติ) ของผู้ตายยังไม่พร้อมก็จะนำศพไว้บนแค่ไม้ก่อน และเมื่อพร้อมแล้วจึงนำใส่ในโรงศพ (โรงศพต้องวางอยู่บนม้าผี) มีการยิงปืนอีกครั้ง เพื่อ ให้คนที่มาร่วมงานรู้ว่า เวลานี้กำลังทำอะไร เช่น เช้า จะยิง 1 ชุด บอกให้รู้ว่าได้เวลาอาหารเช้า ศพที่สวดไว้ประมาณ 3-5 วัน เพราะบางครั้งญาติพี่น้องอยู่ไกล และการฝังศพผู้อาวุโสประจำตระกูลแซ่ต้องดูรายละเอียดเรื่องของเวลาด้วยว่าผู้ตายเป็นชายหรือหญิง

การจัดงานวันสุดท้าย เวลาค่ำ (19.00 น. โดยประมาณ) เป็นการสอนให้คน “เป็น” ฟัง (ทั้งคืน) โดยญาติผู้ใหญ่ซึ่งเป็นที่เคารพ และที่มีความรู้ (ปราชญ์) มาสั่งสอนให้กับกลุ่มเครือญาติของผู้ที่เสียชีวิต ในประเด็นความรักและความผูกพัน ในทำนองที่ว่า “คนที่อยู่จะต้องรักกัน เข้าใจกัน ช่วยเหลือกันเอื้ออาทรต่อกัน และสิ่งสำคัญ คือ ต้องขยันทำมาหากิน”

การนำศพไปฝังตามประเพณี ในกรณีที่ผู้ตายได้เลือกไว้ก่อนแล้วก็ได้ (สั่งไว้ก่อนตาย) ญาติจะต้องไปฝังตรงที่ผู้ตายต้องการ สำหรับการขุดหลุมฝังศพ ญาติต้องขุดให้เสร็จก่อนบ่ายโมง หลุมศพนี้จะต้องถูกต้องตามหลักฮวงจุ้ย และ ณ บริเวณสุสาน จะมีพิธีฆ่าวัว กรณีถ้าผู้ตายมีลูกชาย 1 คน ก็จะฆ่าวัว 1 ตัว ถ้ามีลูกชาย 2 คน ก็ฆ่า 2 ตัว สำหรับลูกชายถ้ามีเมีย 2 คน ต้องฆ่าเพิ่มอีก 2 ตัว เช่นกัน และถ้าผู้ตายเป็นคนมีฐานะทางเศรษฐกิจดี ก็จะฆ่าวัวเพิ่มอีกหนึ่งตัว ในประเด็นนี้ วัวทุกตัวที่มัดติดอยู่กับหลักไม้ เพื่อรอการฆ่านั้น จะมีเส้นใยที่ทำจากเปลือกของต้นกันชง (ทำเส้น) ร้อยอยู่ที่รูจมูกของวัวทุกตัว และนำปลายของเส้นใยฯ มาไว้ที่มือของผู้ตายข้างขวา ซึ่งเป็นความเชื่อแบบดั้งเดิมที่ว่า ผู้ตายจะได้นำไปเป็นทุนสำหรับเดินทางไปหาวิญญาณบรรพบุรุษ

“ตำนาน” ที่กล่าวเกี่ยวกับที่มาของการเป่าแคนและฆ่าวัวในงานศพ กล่าวไว้ว่า “ครั้งนี้มีคนม้งตาย เกิดขึ้นที่บ้านของตนเอง แต่ไม่รู้ว่าจะจัดการกับคนตายอย่างไร ทำให้คนม้ง (ชาย) ต้องเดินทางไปถาม “เหย่อเช้า” (Yawn Suab) (พระเจ้า) ว่าจะประกอบพิธีกรรมเกี่ยวกับคนตายอย่างไร จึงเดินทางออกไปพบ เหย่อเช้า แต่เส้นทางไกลมาก จึงต้องหยุดพัก เพื่อประกอบอาหาร และขณะที่กำลังประกอบอาหารอยู่นั้น ได้มีหนูมาขอกินอาหาร แต่คนม้งไม่ยอมแบ่งอาหารให้หนู แต่ก็ได้ฆ่าหนูตายเป็นจำนวนมาก ทำให้หนูโกรธมาก และได้รู้ถึงความต้องการของคนม้งว่า กำลังจะเดินทางไปของหนังสือจากเหย่อเช้า เพื่อนำมาจัดพิธีกรรมเกี่ยวกับคนตาย (ศพ) จึงได้เดินทางไปก่อนและได้กัดหนังสือที่เหย่อเช้าเตรียมไว้ให้คนม้ง และเมื่อคนม้งเดินทางไปถึงก็พบว่าหนังสือที่เตรียมไว้ให้นั้นได้ถูกหนูกันขาดหมดแล้ว คนม้ง จึงได้ถามเหย่อเช้าว่า จะทำอย่างไร ในเมื่อไม่มีหนังสือแล้ว เหย่อเช้า บอกว่าให้คนม้งคิดเองว่าจะจัดการกับคนตายอย่างไร ดังนั้น คนม้งทำแคนขึ้นมาเป่าเป็นเพลง เพื่อนำทางคนตายให้สามารถเดินทางกลับไปหาวิญญาณบรรพบุรุษ และคนม้งได้คิดที่จะแก้แค้นหนู แต่ก็ทำไม่ได้ จึงคิดถึง “วัว” เนื่องจากวัวเป็นเพื่อนกับหนู จึงเป็นที่มาของการฆ่าวัว เพื่อร่วมเดินทางไปสวรรค์กับคนตาย

ในประเด็นของการตีกลองประกอบเสียงแคน “กลอง” คือ เครื่องดนตรีสำหรับงานศพเท่านั้น และกลองจะมี “ผี” ประจำอยู่ สำหรับผู้ที่จะฝึกตีกลองในงานพิธีศพจะต้องเดินทางออกไปฝึก (เรียน) นอกหมู่บ้าน และจะต้องหมั่นดูแลรักษาทำความสะอาด คนม้งเชื่อว่า “กลองจะมีผีสิงสถิตอยู่” มีการเซ่นไหว้ทุกๆ 3 เดือน และ ณ บริเวณหลุมฝังศพ พบว่า จะมีกลุ่มเครือญาติมาร่วมประกอบพิธีฝังศพ โดยจะนำกระดาษ (แทนเงิน) จำนวนมาก วางไว้ที่โลงศพของผู้ตาย มีดอกไม้วางอยู่ข้างๆ (นอกโลงศพ) จากนั้นจะทำการปิดฝาโลง กลุ่มผู้ชายจะช่วยกันขุดดินขึ้นเพื่อกลบโลงศพของผู้ตาย เป็นการเสร็จสิ้นพิธีงานศพ

3. พิธี “ตู่-ซู้”

ที่มาของการประกอบพิธี “ตู่-ซู้” โดยมีเรื่องเล่าว่า “กาลครั้งหนึ่งโลกได้ประสบภัยธรรมชาติ เนื่องจากอากาศร้อนจัดมาก โดยมีแสงแดดแผดเผาสรรพสิ่งต่างๆ ในโลกวินาศหมด สิ่งมีชีวิต ซึ่งได้แก่ ต้นไม้และสัตว์ต่างๆ พากันทยอยล้มตาย เพราะทนความร้อนไม่ได้ ภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นครั้งนี้ เป็นเพราะเทพเจ้าผู้สร้างโลก (เหย่อเช้า : nyawy saub) ซึ่งพระองค์ได้สร้างพระอาทิตย์ขึ้นมา 7 ดวง (บางสายสกุลแซ่เล่าว่ามีพระอาทิตย์ 9 ดวง) ภัยครั้งนี้ทำให้เหลือต้นไม้รอดอยู่ต้นหนึ่ง คนม้ง เรียกว่า “ต้นหย่าง” (ncaag) (เป็นต้นไม้ยืนต้นสูงปานกลาง ประเภทไม้พุ่มยืนต้น (Shrub) ลักษณะใบทรงเรียวกว้างเล็กน้อย ไม่ยาว กิ่งใบมีลักษณะเป็นปุยขนทั่วไปและมีหนาม เป็นไม้ป่าขึ้นเองตามแหล่งชื่นใกล้น้ำ คาดคะเนนเบื้องต้นว่า เป็นพืชอยู่ในตระกูล Aralia Chinensis ลักษณะทั่วไปจะเหมือนกับต้นทองหลวง ซึ่งเป็นชื่อท้องถิ่นทางภาคเหนือ เป็นพืชอยู่ในวงศ์ ARALLACECE และต้นหย่างมี 2 ชนิด คือ ต้นหย่างแดงและต้นหย่างเขียว ซึ่งคนม้งนำต้นหยางแดงมาประกอบพิธีกรรม (กรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการ กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่งคงของมนุษย์, 2555 หน้า 62-63) และที่ต้นหย่างจะมี “ผีซู้” (xub) เข้ามาอาศัยร่มเงาอยู่ด้วย ผีซู้เป็นผีที่มีอิทธิฤทธิ์ร้ายแรง สามารถดลบันดาลให้เกิดเพศภัยต่างๆ ในลักษณะที่ทำให้เลือดไหลออกมา และรวมถึงภัยอันตรายที่เกิดจากการทำไร่ โดยมีเรื่องเล่าต่อเนื่องเกี่ยวกับความเชื่อไว้ว่า “ครั้งหนึ่งบรรพชนของคนม้ง ออกทำไร่แบบฟันโค่น

ต้นไม้ใหญ่ เพื่อต้องการเปิดหน้าดินสำหรับทำการเพาะปลูกพืชไร่ เช่น ข้าว ข้าวโพด และถั่วเหลือง ฯลฯ และเป็นเหตุให้ต้นไม้ล้มลงมาทับร่างบรรพชนถึงแก่ชีวิต ลักษณะดังกล่าว เชื่อว่าเป็นการกระทำของ “ผีซู้” (กรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการ กระทรงการพัฒนาสังคมและความมั่งคงของมนุษย์, 2555 หน้า 54) ดังนั้น คนม้งจึงต้องประกอบพิธีกรรม โดยเริ่มจากสถาบันครอบครัว เชื่อมต่อถึงกลุ่มเครือญาติที่มีสายสกุลแซ่เดียวกัน ซึ่งที่อาศัยอยู่ภายชุมชนและหรือบริเวณใกล้เคียงกัน ต้องออกมารวมกลุ่มกันเพื่อประกอบพิธีกรรมตามความเชื่อแบบดั้งเดิม

สุขเกษม ขุนทอง, (2561 : 95-97) กล่าวเพิ่มเติมในประเด็นการประกอบพิธีกรรม จะเริ่มจากจุดเล็กๆ ของสายสกุลแซ่ก่อน นั้นคือ สถาบันครอบครัว มีหัวหน้าครอบครัวเป็นผู้นำในการประกอบพิธีกรรม ต้องทำต่อหน้าหิ้ง “ผีสือกลั้ง” สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบพิธี ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องมือทางการเกษตร เช่น ขวาน มีด จอบเสียม อาวุธ (หน้าไม้ : ธนู) และต้นเต๋า (taub) (ต้นเต๋า เป็นหญ้าพงหรือหญ้าเลา อยู่ในวงศ์ GRAMINEAE มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Saccharum Spontaneum Linn : กรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการ กระทรงการพัฒนาสังคมและความมั่งคงของมนุษย์, 2555 หน้า 55) คนม้งเชื่อในอำนาจของต้นเต๋าว่า “ถ้าระหว่างที่กำลังปลูกข้าวอยู่ในไร่ แล้วเกิดถูกของมีคม (มีด) บาดมีเลือนไหลออกมา ก็จะรีบหาใบเต๋ามาเช็ดเลือดทันที ซึ่งหมายถึงได้ใช้เต๋าไล่ผีซู้ให้ออกไปก่อนในเบื้องต้น” จากนั้นจึงใส่ยาเพื่อรักษาบาดแผล และคนม้งจะนำต้นเต๋า 3 ต้น มามัดรวมกับฝ้ายสีแดงขาว (บรรพชนเป็นผู้กำหนด) และในความหมายของฝ้ายสีแดง หมายถึง “ร้อน” เป็นการยั่วยุให้ “ผีซู้” ใจร้อน ร้อนรุ่ม เจ็บแค้น และโกรธแค้น เปรียบเสมือนแสงของพระอาทิตย์ทั้ง 7 ดวง ส่วนฝ้ายสีขาว หมายถึง ความเย็น เป็นสิ่งเตือนใจให้สมาชิกที่เข้าร่วมในพิธี ต้องมีจิตใจเป็นหนึ่งเดียว (มัดใจ) คือ ความสงบนิ่ง (ใจเย็น) และรวมถึงเศษผ้าของสมาชิกในครอบครัวด้วย (เป็นของสมาชิกที่ไม่สามารถมาร่วมประกอบพิธีกรรมอันเนื่องจากอยู่ไกล) มีการก่อกองไฟ 1 กอง บริเวณประตูหน้าบ้าน (ผีประตูหน้าบ้าน) จากนั้นหัวหน้าครอบครัวจะทำการปัดเป่าสิ่งไม่ดีงามภายในบ้านออกไปให้หมดด้วยต้นเต๋า เมื่อเสร็จแล้วจะนำน้ำมาดับกองไฟ (อยู่บริเวณผีประตูหน้าบ้าน) เป็นการเสร็จสิ้นขั้นตอนพิธีกรรมในระดับครอบครัว

เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนในระดับครัวเรือนแล้วทุกคนจะมารวมตัวกันประกอบพิธีกรรม ณ บ้านของผู้นำสายสกุลแซ่ม้า ต่อหน้าหิ้ง “ผีสือกลั้ง” โดยสมาชิกที่เข้าร่วมจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ดังนี้ กลุ่มแรก คือ ผู้นำการประกอบพิธีกรรม (“ฉี-ยี”) คุณสมบัติของนำในการประกอบพิธีกรรม คือ ต้องมีความรู้ (ผ่านการฝึกฝน) มีจิตใจที่เข้มแข็ง และสิ่งสำคัญต้องนับถือผีบรรพชน “ตั๋ว ตู่กลั๋ง” (tuaj tus klaab) และจากการสังเกต การแต่งกายของ “ฉี-ยี” พบว่า จะแต่งกายด้วยชุดประจำเผ่าม้ง แบบดั้งเดิม สวมหมวกที่ปิดทับด้วยผ้าผืนสีแดง กลุ่มที่สอง คือ ผู้ช่วย “ฉี-ยี” มี 1 คน จะถือหน้าไม้ (บรรพชนเป็นผู้กำหนด) และกลุ่มสุดท้าย คือ สมาชิกสายสกุลแซ่ม้าทุกคนที่เข้าร่วมประกอบพิธีกรรม

สิ่งของที่ใช้ในการประกอบพิธีกรรม จะมีข้าวโพด 2 กระบุง เครื่องมือทำการเกษตร และอาวุธสมัยใหม่ (ปืนลูกซอง) และมีไก่ 1 ตัว มัดติดอยู่ทางด้านขวาของ ฉี-ยี (และจากการสัมภาษณ์ พบว่า ไก่ คือ ตัวแทน “ฉี-ยี” เพื่อป้องกันมิให้มาร “ผีซู้” มองเห็น) และสิ่งที่ขาดมิได้ คือ ต้นเต๋าที่มัดรวมกันเป็นกำใหญ่ (ของแต่และครัวเรือนนำมารวมกัน) ผูกติดกับต้นหย่าง (เป็นตัวแทนของ “ผีซู้” ถ้าไม่มีต้นหย่าง “ผีซู้” จะไม่ลงมา) ซึ่งมีขนานเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นประมาณ 3-5 นิ้ว วางอยู่ระหว่างกระบุงที่ใส่ข้าวโพด คือ จะใส่ทั้งฟัก (จากการสังเกต) และในประเด็นอุปกรณ์สิ่งของที่ใช้ในการประกอบพิธีกรรมนั้น “ฉี-ยี” จะใช้เป็นข้ออ้างกับ “ผีซู้”

ในประเด็นผู้ช่วย “ฉี-ยี” จะนั่งถือหน้าไม้อยู่ทางขวามือ เพื่อป้องกัน “ผีซู้” จะเข้ามาทำร้าย “ฉี-ยี” ขณะกำลังประกอบพิธีกรรม และเมื่อเสร็จสิ้นพิธีกรรมภายในบ้าน “ฉี-ยี” จะนำเมล็ดข้าวโพดและเมล็ดถั่วเหลืองกำไว้ในมือ แล้วนำมาโปรยตามบริเวณบ้านเพื่อเป็นการขับไล่สิ่งไม่ดี ไม่งาม และไม่เป็นมงคลให้ออกจากบ้าน จากนั้น “ฉี-ยี”

จะแบกต้นหย่าง ซึ่งมัดด้วยต้นเต่าเดินออกมาสู่ลานพิธีหน้าบ้าน พร้อมกับเรียกสมาชิกที่มีแซ่สกุลเดียวกันเข้ามานั่งอยู่ในพิธีที่ล้อมรอบด้ายฝ้ายสีแดงขาว

ขณะประกอบพิธีกรรมพบว่า “ฉี-ยี” จะเดินไปรอบๆ วงกลมของพิธีกรรม ซึ่งมีพี่น้องสายสกุลแซ่ม้า และในทุกๆ รอบ “ฉี-ยี” จะมาหยุดตรงโต๊ะที่วางของเซ่นไหว้ พร้อมกับยกแก้วเหล้าดื่ม (รอบละหนึ่งแก้ว) มีการกล่าวถึงความจำเป็นที่จะต้องมาประกอบพิธี “ตู่-ซู้”

“ฉี-ยี” จะเดินวนรอบสมาชิกที่อยู่ภายในวงรอบของด้ายฝ้ายสีแดงขาว และจะพูดเป็นภาษาม้ง จากคำกล่าวที่ว่า

“ผีซู้ คืออะไร ผีซู้ คือผีสีแดง ผีซู้ อยู่ไหน อยู่ในมุมมืดแห่งใดของโลก อยู่ในถ้ำ อยู่ใต้ดิน อยู่บนท้องฟ้า อยู่บริเวณรอบๆ บ้าน อยู่บริเวณที่ไร่ที่นา เรา “ฉี-ยี” ขอเชิญ ผีซู้ ให้ออกมาอยู่ที่ต้นหย่างต้นนี้”

“ฉี-ยี” จะดื่มเหล้าและเป่าเหล้าออกจากปาก ท่าทางการพูดเริ่มมีอาการรุ่นแรง (กระด้าง) และแข็งกร้าวมากขึ้นตามลำดับ การเชิญ “ผีซู้” ออกมาในรอบสุดท้ายเป็นลักษณะของการท้าทาย สมาชิกที่นั่งอยู่จะนิ่ง (เด็กเล็กจะนั่งตักผู้ใหญ่) จากนั้น “ฉี-ยี” จะถือดาบขึ้นมา ยื่นไปเกี่ยวดึงฝ้ายสีแดงขาวที่ล้อมตัวสมาชิกออกมาผูกไว้ที่ต้นหย่าง มีการพูดในลักษณะยั่วยุ ท้าทายอีกครั้งหนึ่งเพื่อทำให้ “ผีซู้” โกรธและอยากที่จะต่อสู้ การตอบโต้ของ “ผีซู้” จะออกมาด้วยอารมณ์ที่โกรธ และจะเข้ามาหลบความร้อนของแสงแดดอยู่ที่ร่มเงาของต้นหย่าง

จากนั้น “ฉี-ยี” ยกดาบขึ้นมาฟันต้นเต่าที่ผูกติดกับต้นหย่าง โดยฟันให้ขาด เพื่อแสดงว่า “ผีซู้” ได้ถูกทำลาย (ถ้ากรณีที่ “ฉี-ยี” ฟันต้นเต่าไม่ขาดจะเป็นสิ่งบอกเหตุและหรือเตือนภัยต่างๆ ที่เกิดจากการกระทำของ “ผีซู้”) ขณะเดียวกันนั้นผู้ช่วย “ฉี-ยี” จะยิงหน้าไม้สวนมาทางทิศที่ต้นหย่างทันที เพื่อเป็นการสกัด “ผีซู้” มิให้หนีได้

ขั้นตอนสุดท้ายของพิธีกรรม จากการสังเกต พบว่า “ฉี-ยี” และผู้ช่วยจะยืนอยู่ตรงหน้าต้นหย่าง พร้อมทั้งชูดาบและหน้าไม้ “ชี้ขึ้นฟ้า” ในลักษณะปลายดาบและปลายหน้าไม้หันเข้าหากันเป็นซุ้ม สมาชิกสายสกุลแซ่ ม้าทุกคนที่เข้าร่วมประกอบพิธีกรรมจะเดินข้ามต้นเต่าซึ่งตกอยู่ที่พื้นเพื่อเดินรอดซุ้มออกมา แสดงให้เห็นถึงการฟันฝ่าอุปสรรค์ร่วมกันของสายสกุลแซ่ (ม้า) เป็นการเสร็จสิ้นการประกอบพิธีกรรม และทุกคนจะแยกย้ายกันไปรับประทานอาหาร มีการแบ่งเป็นกลุ่มของผู้ชายและผู้หญิง เป็นระบบความสัมพันธ์ระหว่างคนกับคน เป็นการแสดงออกถึงเฉลิมฉลองที่ทุกคนได้ร่วมกันฟันฝ่าอุปสรรค์

สรุปเรื่องเล่าทางประวัติศาสตร์จากบรรพชนจากรุ่นสู่รุ่น เป็นที่มาของการประกอบพิธีกรรม บนความเชื่อในเรื่องของเทพเจ้าผู้สร้างโลก (เหย่อเซ้า) ซึ่งบรรพชนม้งได้รังสรรค์ขึ้น ส่งผลต่อคนม้งรุ่นปัจจุบันที่จะต้องประพฤติและปฏิบัติตาม กรณี : พิธีแต่งงาน คนม้งทุกสายสกุลแซ่จะไม่แต่งงานกับคนที่มีสายสกุลแซ่เดียวกันเป็นอันขาด และกรณี : พิธีงานศพ พบว่า คนม้งได้พยายาสื่อให้เห็นถึง ความกตัญญูกตเวที (ฆ่าวัว) ตลอดรวมถึงการอบรมสั่งสอนจากผู้อาวุโสฯ ให้กับกลุ่มเครือญาติที่เสียชีวิตให้มีความรัก ความสามัคคี ความขยันทำมาหากิน ในประเด็นการประกอบพิธี ตู่-ซู้ คือ กระบวนการถักทอสายสกุลแซ่ ให้เป็นหนึ่งในการดูแลช่วยเหลือเกื้อกูลซึ่งกันและกัน ซึ่งที่กล่าวเป็นความสัมพันธ์ระหว่างคนกับคน และคนกับความเชื่อ (อำนาจเหนือธรรมชาติ) ส่งผลต่อการขับเคลื่อนให้เกิดเป็นพลังแห่งความสามัคคีของกลุ่มเครือญาติที่ขนาดใหญ่ ที่ ซึ่งปรากฏออกมาในรูปของระบบผลิต ระบบคุณค่า และระบบความสัมพันธ์ ดังนี้

ระบบผลิต พบว่า บรรพชนได้นำเรื่องเล่าทางประวัติศาสตร์มาร้อยเรียง เพื่อสร้างเป็นทุนทางสังคม (Social Capital) เป็นการถักทอสายสัมพันธ์ของกลุ่มชาติพันธุ์ตนเองให้เป็นหนึ่งเดียว (ไว้เนื้อเชื่อใจ) มีการกำหนดผู้นำ (ผู้นำ หมายถึง ผู้อาวุโส ผู้นำสายสกุลแซ่ และผู้นำทางจิตวิญญาณ) ให้มาประกอบพิธีกรรมตามความเชื่อ คือ กระบวนการสร้าง “ทุนทางวัฒนธรรม” (Cultural Capital) ที่แสดงถึงภาพมายาแห่งความศักดิ์สิทธิ์ของการประกอบ

พิธีกรรม มีการผลิตซ้ำ และพร้อมส่งมอบทอดมรดกวิถีวัฒนธรรมจากรุ่นหนึ่งสู่อีกรุ่นหนึ่ง ซึ่งปรากฏออกมาในรูปของการทำให้เห็นและการแสดงให้ดู เป็นการตอกย้ำว่า “คนม้งที่มีสายสกุลแซ่เดียวกัน คือ พี่น้องกัน”

ระบบคุณค่า พบว่า ความเชื่อแบบดั้งเดิมในเทพเจ้าผู้สร้างโลก คือ กระบวนการสร้างอัตลักษณ์เฉพาะของความมีตัวตนบนพื้นที่ ที่ให้ความสำคัญกับพฤติกรรมของการอยู่ร่วมกัน มีการจัดความสัมพันธ์ทางสังคมโดยผู้นำ (ชายเป็นใหญ่) เข้ามาทำหน้าที่กระชับความห่างของกลุ่มชาติพันธุ์ให้เกิดความมั่นคงทางด้านจิตใจ ผ่านกระบวนการที่สมาชิกกลุ่มทุกคนเข้าร่วมประกอบพิธีกรรมตามที่บรรพชนเป็นผู้กำหนด

ระบบความสัมพันธ์ พบว่า ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของสมาชิกกลุ่มทุกคนที่เข้าร่วมประกอบพิธีกรรม เป็นความสัมพันธ์ระหว่างผู้นำกับสมาชิกทุกคน โดยความไว้เนื้อเชื่อใจมาเป็นกลไกล ผ่านเรื่องเล่าทางประวัติศาสตร์ เพื่อเชื่อมโยงจิตวิญญาณให้คนม้งทุกคน (ทุกสายสกุลแซ่) ยอมรับในตัวของผู้นำส่งผลต่อการบริหารจัดการและหรือการแก้ปัญหาต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นภายในสายสกุลแซ่และหรือต่างสายสกุลแซ่ เป็นการชี้ให้เห็นถึงพลังทางสังคม (Social Force) ที่มีขนาดใหญ่ ที่ผู้นำจะต้องทำหน้าที่ดูแลสมาชิกทุกคน

ในประเด็นนี้ ผู้วิจัยมองว่า เป็นการยากที่จะแยกวิถีวัฒนธรรมซึ่งปรากฏออกมาในรูปของระบบผลิต ระบบคุณค่า และระบบความสัมพันธ์ แยกจากกันได้ เนื่องจากทั้งสามระบบมีความสัมพันธ์เกี่ยวโยงซึ่งกันและกัน และเป็นการอธิบายถึงการบริหารจัดการตนเองบนพื้นฐานของวิถีวัฒนธรรม

ส่วนที่ 2 การอธิบายหลักธรรมาภิบาล บนฐานอัตลักษณ์วิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ดังนี้

ประวัติศาสตร์ ความเชื่อ และพิธีกรรม ต่างๆ ที่บรรพชนม้งได้กำหนดขึ้นบนเรื่องเล่า คือ คือ กลยุทธ์ที่บรรพชนม้งได้ถอดบทเรียนสำหรับการจัดการตนเอง ซึ่งประกอบไปด้วย วิธีคิด วิธีการ และวิธีทำ กล่าวคือ **วิธีคิด** คือกระบวนการรับรู้ในปัญหาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรม จะต้องเริ่มต้นและถูกกำหนดมาจากกลุ่มของตน **วิธีการ** คือ ขั้นตอนในการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหา เพื่อใช้ในการอยู่ร่วมกัน จะต้องใช้วิธีการที่เกิดจากวิถีวัฒนธรรมที่บรรพชนได้กำหนดไว้ และ**วิธีทำ** เป็นขั้นตอนของ “ผู้นำ” และ “สมาชิก” ได้ร่วมกันประพฤติปฏิบัติ (ทำงานร่วมกัน) เพื่อรักษาไว้ซึ่งวิถีวัฒนธรรมที่บรรพชน (การประกอบพิธีกรรม) เป็นผู้กำหนด กล่าวคือ การให้สมาชิกได้เข้ามามีส่วนร่วมในการรับรู้ถึงสภาวะปัจจุบันที่เกิดขึ้น อันนำไปสู่เป็นหลักการปฏิบัติการอยู่ร่วมกันทางสังคม สำหรับการดำเนินวิถีชีวิตอย่างเป็นปกติ ซึ่งมีความสอดคล้องกับหลักธรรมาภิบาลในประเด็นของผู้นำ และสมาชิก ดังนี้

1. บรรพชนได้มอบอำนาจการตัดสินใจอยู่ที่ “ตัวผู้นำ” เพื่อจัดความสัมพันธ์ในสายสกุลแซ่ และระหว่างสายตระกูลแซ่ บนพื้นฐานของวิถีวัฒนธรรม พิธีแต่งงาน พิธีงานศพ และพิธี “ตู่-ซู้” ด้วยการปลูกฝังจิตสำนึกค่านิยมในรูปแบบของหลักธรรมาภิบาลให้แก่สมาชิกของตนเอง (ล่างขึ้นบน) ผู้นำรุ่นปัจจุบันได้ปรับตัวให้เข้ากับวิถีวัฒนธรรมรูของสังคมส่วนใหญ่ในพื้นที่ และในประเด็นนี้ ผู้วิจัยจะได้กล่าวถึง “หลักการมีส่วนร่วม และหลักสำนึกรับผิดชอบ” เพื่อนำไปปฏิบัติกับสมาชิกของตนเองให้เกิดการยอมรับ ดังนี้

1.1 หลักการมีส่วนร่วม (Participation) พบว่า ผู้นำมีการส่งเสริมให้สมาชิกทุกคนเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดจากวิถีวัฒนธรรม พิธีแต่งงาน พิธีงานศพ และพิธี “ตู่-ซู้” มีการเปิดกว้างรับความคิดเห็นจากกลุ่มผู้เสียโอกาสทางสังคม (ผู้หญิง) รับฟังถึงสภาพ/ปัญหาที่เกิดจากวิถีดั้งเดิมที่บรรพชนเป็นผู้กำหนด โดยผู้นำจะประชุมเพื่อการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นร่วมกัน โดยตระหนักถึงความสำคัญและประโยชน์ที่จะได้รับจากสมาชิก เป็นการเสริมสร้างความรักและความสามัคคี เป็นพลังที่เกิดขึ้นภายในชุมชน ส่งผลต่อการปรับเปลี่ยนเพื่อให้เกิดการยอมรับ

ของสมาชิกทุกๆ คน ซึ่งปรากฏอยู่ในรูปของทุนทางสังคม (ความไว้เนื้อเชื่อใจ) และสามารถส่งผลต่อหลักสำนึกรับผิดชอบ

1.2 หลักสำนึกรับผิดชอบ (Accountability) พบว่า ผู้นำมีการแสดงออกถึงความรับผิดชอบต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัจจัยภายนอก ได้แก่ การศึกษาภาคบังคับของภาครัฐ ส่งโดยตรงต่อระบบความเชื่อแบบดั้งเดิม และเพื่อให้เกิดการยอมรับซึ่งกันและกัน ผู้นำได้เปิดรับความคิดเห็นจากสมาชิกพร้อมทั้งการปรับทัศนคติให้เหมาะสม และสอดรับกับบริบทของสถานการณ์ปัจจุบัน ที่ทำให้สมาชิกทุกคนเป็นเจ้าของร่วมในการรื้อ สร้างวิถีวัฒนธรรมใหม่ แต่ต้องไม่เสียวิถีแบบดั้งเดิม ซึ่งปรากฏออกมาในรูปของพิธีแต่งงาน “การรับลูกสาวกลับมาอยู่กับพ่อแม่” (รับขวัญ) และกรณีการแต่งกายของชุดเจ้าสาวเมื่อแต่งงานแล้วไม่จำเป็นต้องใส่ชุด “เค้าลัวเล่า” คือ การรับรู้ถึงเงื่อนไขในเรื่องของกาลเวลา และสิ่งสำคัญ คือ เพื่อให้เกิดการดำเนินชีวิตอย่างมีเหตุผล ยอมรับกฎกติกาการอยู่ร่วมกัน อันเป็นคุณสมบัติที่ผู้นำพึงปฏิบัติ ถือเป็นกระบวนการร่วมวิถีวัฒนธรรมใหม่ แบบสันติวิธี กล่าวคือ เป็นกระบวนการส่งเสริมการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งภายใน (ผู้ด้วยโอกาส) พร้อมกับสร้างชุดความรู้ใหม่ สำหรับบังคับใช้กับสมาชิกรุ่นต่อไปของกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง

2. สมาชิกกลุ่ม พบว่า ผู้นำสามารถทำให้สมาชิกทุกคนยึดถือปฏิบัติในวิถีวัฒนธรรม (พิธีแต่งงานพิธีงานศพ และพิธี “ตู่-ซู้”) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิถีแบบดั้งเดิม เกิดการยอมรับและให้ความเคารพต่อผู้นำอย่างจริงจัง ในฐานะสมาชิกคนหนึ่งของสังคม มีการตระหนักถึง “สิทธิ หน้าที่ ของตนเอง” ด้วยการแสดงตนเข้าร่วมใน “ฐานะผู้รับบริการ” ดังนี้

2.1 สิทธิ หน้าที่ของตนเอง พบว่า สมาชิกทุกคนให้ความเคารพ รัก และศรัทธาต่อผู้นำอย่างจริงใจ และสมาชิกมีความตระหนักถึงความรับผิดชอบของตนเอง ต่อครอบครัว ต่อสายสกุลแซ่ ตลอดรวมถึงกลุ่มชาติพันธุ์ม้งทุกสายสกุลแซ่ ส่งผลต่อการรักษาและสืบทอดวิถีวัฒนธรรม (พิธีแต่งงานพิธีงานศพ และพิธี “ตู่-ซู้”) ที่บรรพชนได้สร้างขึ้น และการได้ทำหน้าที่ในฐานะสมาชิกของสังคม กล่าวคือ ผู้นำมีการปรับเปลี่ยนวิถีวัฒนธรรมให้เหมาะสม และที่ไม่ขัดต่อวิถีชีวิตอันดีงาม เป็นการปรับตัวให้สอดคล้องกับบริบทของสังคมที่มีความเป็นพลวัต เพื่อรักษาไว้ซึ่งความสมดุลยของกลุ่มสมาชิก เกิดเป็นวิถีวัฒนธรรมใหม่อย่างเป็นรูปธรรม ตลอดรวมถึงการแสดงตนในฐานะผู้รับบริการ

2.2 ฐานะผู้รับบริการ พบว่า สมาชิกมีการตอบสนองความต้องการของผู้นำ ในการประกอบพิธีกรรมรูปแบบใหม่ ซึ่งเป็นกฎระเบียบที่เกิดกระบวนการมีส่วนร่วม ที่ทำให้สมาชิกทุกคนเกิดการยอมรับ อันเป็นผลมาจากการปรับรื้อกฎจารีตที่เกิดจากกฎระเบียบต่างๆ (Deregulation) ที่บรรพชนเป็นผู้กำหนด เพื่อตอบสนองความต้องการของสมาชิกรุ่นใหม่ โดยยึดสมาชิกเป็นศูนย์กลาง ยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ให้เป็นไปเพื่อความถูกต้องสอดรับต่อวิถีวัฒนธรรมของสังคมส่วนใหญ่ในพื้นที่ได้อย่างสมดุล

สรุป “วิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง” มีความสัมพันธ์กับหลักธรรมาภิบาลในประเด็นของ ระบบผลิต ระบบคุณค่า และระบบความสัมพันธ์ ซึ่งมีความเกี่ยวโยงที่มีความสัมพันธ์กันอย่างแยกไม่ออก เนื่องจากทั้งสามระบบมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และเป็นการอธิบายถึงความมีตัวตนของกลุ่มชาติพันธุ์ม้งที่มี “ผีบรรพชน” ร่วมกันในวิถีปฏิบัติแบบดั้งเดิม และหัวใจสำคัญ คือ ผู้นำได้สร้าง “กฎเกณฑ์ (พิธีแต่งงาน พิธีงานศพ และพิธี “ตู่-ซู้”) พร้อมทั้งส่งมอบวิถีวัฒนธรรมจากรุ่นหนึ่งสู่รุ่นอย่างต่อเนื่อง บนพื้นฐานการจัดความสัมพันธ์ที่เกิดจาก “ผู้นำ” ที่สามารถรักษาไว้ซึ่งสายสัมพันธ์ของสมาชิกกลุ่มทุกคนให้เกิดความรัก ความผูกพัน และสิ่งสำคัญ คือ การเปิดพื้นที่ทางสังคม ให้กับสมาชิกทุกคนได้อยู่ร่วมกันอย่างมีความสุข

ความเป็นหนึ่งเดียว คือ กลุ่มชาติพันธุ์ม้งที่มีขนาดใหญ่บนพื้นที่จังหวัดตาก (ทุนทางสังคม) มีการแสดงออกถึงเครือข่ายการสนับสนุนซึ่งกันและกันทางสังคม และเมื่อพบว่าสมาชิกต้องเผชิญกับวิกฤติขึ้น ในห้วง

เวลาของการกลับคืนสู่สภาวะปกติ ผู้นำจะสร้างความสัมพันธ์บนหลักธรรมภิบาลเข้ามาแสดงบทบาทในฐานะของความเป็นกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง ที่จะต้องเข้ามาดูแลสมาชิกของตนเอง เพื่อลดความขัดแย้งทางสังคม มีการปรับตัวให้ยอมรับในวิถีวัฒนธรรมของสังคมส่วนใหญ่ในพื้นที่

อภิปรายผล

1. วิถีวัฒนธรรมการแต่งงานกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง จะวางอยู่บนพื้นฐานความเชื่อแบบดั้งเดิมในผีบรรพชน มีการจัดความสัมพันธ์บนพื้นฐานของ “ความเชื่อ”(beliefs) โดย “ผู้นำ” ได้นำพาให้สมาชิกทุกคนปฏิบัติตนให้อยู่ในกรอบ “จารีตหรือกฎศีลธรรม” ที่บรรพชนเป็นผู้กำหนด สอดคล้องกับ จุฑาพรรธ์ (จามจุรี) ผดุงชีวิต, (2551 : 60) ที่ได้กล่าวถึง หน้าที่ของอัตลักษณ์วิถีวัฒนธรรมสามารถนำมาอธิบายว่า “เราคือใคร บรรพบุรุษของเราเป็นใคร” และมีการอธิบายถึงสถานการณ์ และสถานภาพของคนกลุ่มต่างๆ ในสังคมที่สูงต่ำ ไม่เท่ากันเพราะเหตุใด รวมไปถึงบทบาทในฐานะที่เป็น “บทบัญญัติ” สำหรับพฤติกรรมในการใช้ชีวิตของแต่ละกลุ่มชาติพันธุ์ที่มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับภูมิหลังทางประวัติศาสตร์ และความเชื่อดังกล่าว คือ ทุนทางสังคม ที่แสดงถึงเครือข่ายความสัมพันธ์ทางสังคมที่จะสนับสนุนซึ่งกันและกันทางสังคม และเมื่อพบว่าสมาชิกต้องเผชิญกับวิกฤติขึ้น ในห้วงเวลาของการกลับคืนสู่สภาวะปกติ และเรื่องเล่าทางประวัติศาสตร์ที่ส่งผลต่ออัตลักษณ์วิถีวัฒนธรรมการแต่งงาน ซึ่งบรรพชนได้นำมากำหนดเป็นกฎเกณฑ์ และหรือให้ยึดถือเป็นบรรทัดฐานของตนเอง สอดคล้องกับ ศิราพร ณ ถลาง, (2559 : 366, 377–378) ได้กล่าวถึงเรื่องเล่าทางประวัติศาสตร์วิถีวัฒนธรรมแบบดั้งเดิม จะเกี่ยวข้องกับผู้มีอำนาจเหนือธรรมชาติ ที่ทำให้ “มนุษย์” ต้องมีพฤติกรรมการปรับตัว และเรื่องเล่าดังกล่าวส่งผลต่อการประกอบพิธีกรรมตามความเชื่อแบบดั้งเดิม เป็นกระบวนการสร้างขวัญ สร้างกำลังใจ และให้ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของวิถีดำเนินชีวิต

2. “วิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง” มีความสัมพันธ์กับหลักธรรมาภิบาลในประเด็นของ สิทธิเสรีภาพที่เกี่ยวข้องกับจริยธรรม เนื่องจากเป็นสิทธิที่เกิดจากการยอมรับของสมาชิก ให้ถือว่าเป็นสิทธิขั้นพื้นฐานที่จำเป็นในวิถีดำรงชีวิตของกลุ่มสมาชิกอย่างมีศักดิ์ศรี สอดคล้องกับ อนิวัช แก้วจำนง, (2555 : 56) กล่าวว่า มนุษย์เราแต่ละคนไม่ว่าจะเกิดมาในเผ่าพันธุ์ ในฐานะอย่างไร ย่อมมีสิทธิส่วนตัวในเรื่องนั้นเกี่ยวกับกฎหมาย ความคิด ความเชื่อ การเลือกแนวทางการดำเนินชีวิต ความสัมพันธ์ในครอบครัว และทรัพย์สมบัติส่วนตัวของคน ซึ่งผู้อื่นจะมาละเมิดมิได้ ในขณะเดียวกันการดำรงและการใช้สิทธิส่วนตัวของแต่ละบุคคลย่อมต้องไม่ส่งผลกระทบหรือก่อความเดือดร้อนแก่ผู้อื่น ซึ่งหมายถึง การต้องเคารพในสิทธิส่วนตัวของกันและกัน

การจัดความสัมพันธ์บนพื้นฐานโดยระบบอาวุโส และหรือผู้นำที่มีความน่าเชื่อถือ (เคารพ) คือ กระบวนการที่ทำให้สมาชิกทุกคนมีความตระหนักถึงความรับผิดชอบของตนเอง ต่อครอบครัว ต่อสายสกุลแซ่ของตนเอง เคารพในวิถีวัฒนธรรมที่บรรพชนเป็นผู้กำหนดขึ้น และการได้ทำหน้าที่ในฐานะสมาชิกของสังคม ด้วยการเข้ามามีส่วนร่วมในการรื้อฟื้นและให้ความหมายด้วยการร่วมสร้างอัตลักษณ์ขึ้นมาใหม่สำหรับสมาชิกรุ่นต่อไป เพื่อให้เกิดความเป็นธรรมกับกลุ่มสตรีที่ด้อยโอกาสทางสังคม สอดคล้องกับ ยุรารัตน์ พันธุ์ยุรา และคณะ, (2551: 81–88) กล่าวว่า สิทธิมนุษยชนเป็นรากฐานสำคัญที่ทำให้เกิดความยุติธรรม เสมอภาค และนำมาซึ่งสันติสุขของสมาชิกของตนเอง โดยการให้ความสำคัญกับความเป็นมนุษย์ทุกคนในสังคม ไม่เอารัดเอาเปรียบ เคารพในเกียรติและศักดิ์ศรีของเพื่อนมนุษย์ เคารพในสิทธิและเสรีภาพซึ่งกันและกัน เกิดเป็นเครือข่ายการสนับสนุนซึ่งกันและกัน และสอดคล้องกับนิยพรรณ (พลวัฒนะ) วรรณศิริ, (2550 : 260) กล่าวว่า การรับวัฒนธรรมใหม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรม ทั้งนี้เพราะวัฒนธรรมของสังคมส่วนใหญ่ที่แพร่กระจายเข้ามาใหม่ จึงเป็นที่ต้องการของสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแพร่กระจายรูปแบบการปกครองสมัยใหม่ย่อมก่อให้เกิดการปรับตัวของวัฒนธรรมอย่างรวดเร็ว

และเมื่อพบว่าสมาชิกต้องเผชิญกับวิกฤติขึ้น ในห้วงเวลาของการกลับคืนสู่สภาวะปกติ ผู้นำจะสร้างความสัมพันธ์บนหลักธรรมภิบาลเข้ามาแสดงบทบาทในฐานะของความเป็นกลุ่มชาติพันธุ์ “ที่มีสายสกุลแซ่เดียวกัน” ที่จะต้องเข้ามาดูแลสมาชิกของตนเอง เพื่อลดความขัดแย้งทางสังคม ให้มีความสอดคล้องกับวิถีวัฒนธรรมของสังคมสมัยใหม่ สอดคล้องกับพิษณุ บุญนิยม, (2559 : 74) กล่าวถึงหลักการโดยทั่วไปของสิทธิมนุษยชนบุคคลจะต้องได้รับการคุ้มครองจากกฎหมายบ้านเมืองอย่างเท่าเทียมและเป็นธรรมที่สุด และความเท่าเทียมกันในแง่ศักดิ์ศรีและสิทธิมนุษยชนที่ผู้อื่นจะล่วงละเมิดมิได้ ไม่ว่าจะเป็นด้านชาติพันธุ์ สีผิว ภาษา ศาสนา ความคิดทางการเมือง ภูมิลำเนา และชนชั้น เป็นต้น ซึ่งเป็นเสรีภาพและเป็นสิทธิของบุคคล ย่อมเป็นไปตามความต้องการของบุคคล และมีความเท่าเทียมกันไม่มีการแบ่งแยก อันเป็นเงื่อนไขพื้นฐานสำหรับการพัฒนาวัฒนธรรมาภิบาล และสอดคล้องกับ สุภางค์ จันทวานิช, (2559 : 168) ที่อธิบายไว้ว่า วิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์สามารถถักทอจิตวิญญาณความสัมพันธ์ระหว่างคนกับคน ทำให้กลุ่มมีความผูกพันกันอย่างเหนียวแน่น รู้สึกได้ถึงความเป็นพี่ เป็นน้อง เป็นเครือญาติ เป็นพลังแห่งเครือข่ายทางสังคม ซึ่งสอดรับกับการบรรลุเป้าหมาย (Goal Attainment) ของกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง คือ สร้างความรู้สึกเป็นหนึ่งเดียว โดยใช้ความเชื่อในผีบรรพชนมาเป็นกลไกในการควบคุมพฤติกรรม พร้อมกับอธิบายให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างคนกับคน เป็นระบบคุณค่าที่ให้ความหมายของ “พลังที่สร้างสรรค์” เพื่อการอยู่ร่วมกัน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสู่การปฏิบัติ

1. ต่อสำนักงานจังหวัดตาก องค์การบริหารส่วนจังหวัดตาก สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดตาก สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดตาก และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในมิติของแนวทางการพัฒนาเขตพื้นที่ชายแดนจังหวัดตากที่มีความหลากหลายทางกลุ่มชาติพันธุ์ ควรให้ความสำคัญในเรื่องความแตกต่างในบริบททางวัฒนธรรม และทำความเข้าใจถึงระบบผลิต ระบบความสัมพันธ์ และระบบคุณค่า เป็นกระบวนการสืบค้น “ระบบคุณค่า” ที่มีอยู่ในพื้นที่ นำมาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อการพัฒนาตามบริบท โดยเฉพาะกลุ่มชาติพันธ์ “ม้ง” ควรกำหนดกลยุทธ์ที่อาศัยความเข้มแข็งของอัตลักษณ์ เข้ามาเป็นกลไกเชื่อมประสานกับการพัฒนา และสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการพัฒนาให้สอดรับกับทิศทางการพัฒนาของจังหวัด

2. ต่ออำเภอแม่สอด และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในมิติของการกำหนดยุทธศาสตร์ระดับอำเภอและท้องถิ่น ควรให้ความสำคัญกับการสร้างเครือข่ายความเป็นกลุ่มชาติพันธุ์เดียวกัน ในเรื่องของการอนุรักษ์วิถีวัฒนธรรมและประเพณีของชุมชนกลุ่มชาติพันธ์ “ม้ง” นำมาพัฒนาคน พัฒนาชุมชนและใช้เป็นต้นทุนสำคัญในการพัฒนาให้สอดรับกับทิศทางการพัฒนา

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. จากการศึกษาพบว่าวิถีวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ม้งที่จัดขึ้นในรอบปีปฏิทิน ที่สามารถแสดงตัวตนบนพื้นที่อำเภอพบพระได้ คือ ประเพณีปีใหม่ม้ง ส่งผลต่อการทำวิจัยเรื่องการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม กรณีศึกษา: ปีใหม่ม้ง อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

2. พิธี “ตู้-ซู้” คือ พิธีกรรมที่เกี่ยวข้องกับสายสกุลแซ่ ส่งผลต่อความมั่นคงเชิงพื้นที่ 5 อำเภอชายแดนจังหวัดตาก ด้านความมั่นคงแนวใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับการทำวิจัยเรื่อง การเฝ้าระวังปัญหายาเสพติดจากประเทศเพื่อนบ้าน ในรูปแบบของการสร้างเครือข่าย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการ, กระทรวงพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์. (2555). **แม้ว**. กรุงเทพฯ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์ องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

จุฑาพรรธ์ (จามจุรี) ผดุงชีววิต. (2551). **วัฒนธรรม การสื่อสารและอัตลักษณ์.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิษณุ บุญนิยม. (2559). **คุณธรรมและจริยธรรม สำหรับนักรัฐประศาสนาศาสตร์.** กำแพงเพชร: คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

นิยพรรณ (พลวัฒนะ) วรรณศิริ. (2550). **มานุษยวิทยาสังคมและวัฒนธรรม.** กรุงเทพฯ: เอ็กซเปอร์เน็ท.

“ร่าง” นโยบายและยุทธศาสตร์การอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม พ.ศ.2563-2570 และแผนด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม พ.ศ.2563-2565.

ยศ สันตสมบัติ และคณะผู้วิจัย. (2547). **นิเวศวิทยาชาติพันธุ์ทรัพยากรชีวภาพและสิทธิชุมชน.** เชียงใหม่: วิทอินดีไซน์.

ยุราวัตน์ พันธุ์ยุรา และคณะ. (2551). **หน้าที่พลเมือง วัฒนธรรม และการดำเนินชีวิตในสังคม.** กรุงเทพฯ: เอมพันธ์.

รุ่งคุณ มหาปัญญาวงศ์. (2550). **การประยุกต์ใช้มิติทางวัฒนธรรมกับยุทธศาสตร์ทหารเพื่อการพัฒนา.** วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาศิลปศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ศิราพร ณ ถลาง. (2552). **ทฤษฎีคติชนวิทยา : วิธีวิทยาในการวิเคราะห์ ตำนาน-นิทานพื้นบ้าน.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____ . (2559). **มองคติชน เห็นตัวตน ชาติพันธุ์.** กรุงเทพฯ : ศูนย์มนุษย์วิทยาสิรินธร.

ศูนย์มนุษย์วิทยาสิรินธร. (2547). **วาทกรรมอัตลักษณ์.** กรุงเทพฯ : โอ.เอส. เริ้นติ้งเฮ้าส์. (องค์การมหาชน).

สุขเกษม ขุนทอง. (2561). **แนวทางการป้องกันพฤติกรรมการเสพย์สารเสพติดบนฐานจารีตมั่งแบบมีส่วนร่วมของนักเรียนโรงเรียนบ้านเจดีย์โคะ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก.** กำแพงเพชร : มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

สุภางค์ จันทวานิช. (2559). **ทฤษฎีสังคมวิทยา.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนิวัช แก้วจำนง. (2555). **จริยธรรมทางธุรกิจ.** สงขลา: นำศิลป์โฆษณา.

อุทัย ปริญญาสุทธินันท์. (2561). **การพัฒนาชุมชน.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

“ระบบสังคม” และหน้าที่พื้นฐานบนฐานประวัติศาสตร์และวิถีวัฒนธรรมกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ที่นับถือลัทธิฤาษี นิกายตะละกู่ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก

The “social system” and its fundamental functions, based on the history and cultural life of the Karen people (Pwo and Sgaw), who follow the Talaku hermit sect in Umphang District, Tak Province

ศาสตร์ศิลป์ ละม้ายศรี[1]
Sartsil Lamaisri

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประวัติศาสตร์และบทบาทของระบบสังคมและหน้าที่พื้นฐานในวิถีวัฒนธรรมของชาวกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ที่นับถือลัทธิฤาษีนิกายตะละกู่ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงเอกสาร เก็บรวมรวมข้อมูลจากเอกสาร บทความ งานวิจัย และการวิเคราะห์ข้อมูลด้านเนื้อหา

1. ชาวกะเหรี่ยงมีความเชื่อในอำนาจหนือธรรมชาติตามมโนคติที่มีเทพสูงสุดหรือเรียกว่าเอกเทวนิยม เพื่อเป็นสิ่งยึดเหนี่ยวทางจิตใจ บรรพชนได้ร้อยเรียงเรื่องเล่าทางประวัติศาสตร์เกี่ยวกับ “ผู้นำ” เริ่มตั้งแต่การสมานทานศีล 5 การรับพระเกศาธาตุจากพระพุทธเจ้า การอพยพย้ายถิ่นฐาน และที่มาของการประกอบกรรม (พิธีบูชาเจดีย์ พิธีจุดไฟบูชาองค์ฤาษี และพิธีสะเดาะเคราะห์)

2. หน้าที่พื้นฐาน 4 ประการ มีความเกี่ยวพันกับประวัติศาสตร์วิถีวัฒนธรรมกะเหรี่ยง กล่าวคือ ระบบอินทรีทางชีววิทยา (Biological Organism) จะทำหน้าที่ในการปรับตัว ซึ่งเริ่มจากเปลี่ยนรูปแบบของสังคมภายนอก บุคลิกภาพ (Personality System) ทำหน้าที่ด้านการบรรลุเป้าหมาย ด้วยการกำหนดเป้าหมายของระบบและระดมทรัพยากรต่างๆ เพื่อการนำไปสู่เป้าหมาย และระบบสังคมจะดูแลเกี่ยวกับหน้าที่ด้านบูรณาการ โดยการควบคุมส่วนต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ และสุดท้ายระบบวัฒนธรรม (Cultural System) ทำหน้าที่ในการธำรงไว้ซึ่งแบบแผน ด้วยการกำหนด “จารีต” ให้เป็นบรรทัดฐานและค่านิยมแก่ผู้ปฏิบัติ

คำสำคัญ: ระบบสังคม, หน้าที่พื้นฐาน, วิถีวัฒนธรรม, กะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์)

[1] สาขายุทธศาสตร์และการพัฒนา คณะศิลปะศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ จังหวัดชัยภูมิ 36000
[1] Master of Art Program in Development Strategy, Faculty of Liberal Arts and Science, Chaiyaphum University, Chaiyaphum, 36000
*Corresponding author: sartsil.l@gmail.com

Abstract

This research aimed to examine the history and role of social systems and fundamental functions within the cultural life of the Karen people (Pwo and Sgaw) who adhere to the Talaku hermit sect in Umphang District, Tak Province. This study employed a documentary research methodology, collecting data from various sources, such as documents, articles, and research papers, and conducting a content analysis.

1. Historical records indicate that the Karen people hold a belief in supernatural forces centered on the concept of a supreme deity, or monotheism, which serves as a spiritual anchor. Their ancestors have woven together historical narratives concerning their 'leader,' beginning with adherence to the Five Precepts, the reception of the Buddha's sacred relic hair, their migration, and the observance of rituals aligned with their beliefs (the stupa worship ceremony, the ritual of lighting a fire in homage to a hermit, and ceremonies to ward off misfortune).

2. The four fundamental functions are interconnected with the history and cultural life of the Karen people. Namely, the biological organism system serves to adapt, beginning with changes in the external social structure of the personality system, which is responsible for goal achievement. This involves setting objectives and mobilizing resources. The social system oversees integration functions by regulating the components that comprise the system. Finally, the cultural system maintains patterns by establishing "traditions" as norms and values for practitioners.

Keywords: Social system, The fundamental functions, cultural life, Karen people

บทนำ

การสืบทอดมรดกทางวัฒนธรรมของกลุ่มชาติพันธุ์ ถือเป็นความคิดสากลของมวลมนุษย์ โดยเฉพาะชาติพันธุ์ที่เป็นชนกลุ่มน้อยที่ต้องพยายามหากุศโลบายในการแสดงออก เพื่อสร้างอัตลักษณ์เฉพาะของตนเอง ด้วยวิธีการทางคติชนวิทยามาเป็นพื้นฐานในการออกถึงกฎเกณฑ์ และหรือกฎจารีต เข้ามาควบคุมการเข้าใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ (ปัจจัยสี่) โดยใช้ความเชื่อ (วิญาณบรรพชน) ที่ฝังรากลึกอยู่ในวิถีวัฒนธรรม สอดคล้องกับแนวคิดหลักของนักคิดสำนักหน้าที่นิยม เชื่อว่าขนบธรรมเนียม ตลอดรวมถึงการประกอบพิธีกรรมของแต่ละกลุ่มชนในสังคมล้วนมีความหมาย และมีการทำหน้าที่ทั้งสิ้น ไม่ว่าใครจะมองเป็นเรื่องแปลกก็ตาม พิธีกรรมของมนุษย์ที่เกิดจากความคิดและจิตนาการต่าง ๆ ล้วนต้องมีเหตุผลที่สร้างสรรค์ (สุขเกษม ขุนทอง, 2561 : 1)

อย่างไรก็ดีพิธีกรรมมักมีองค์ประกอบที่สำคัญมาจาก “เรื่องเล่า” ประเภทตำนานและหรือนิทาน เข้ามาอธิบายเหตุผลอันเป็นที่มาในการประกอบพิธีกรรม ดั้งนั้น เรื่องเล่าจึงเป็นส่วนที่เป็นนามธรรม และขณะที่พิธีกรรมเป็นส่วนที่เป็นรูปธรรม (สุขเกษม ขุนทอง, 2561 : 1) และ สอดคล้องกับ สุขเกษม ขุนทอง, (2557 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง รูปแบบการพัฒนาชุมชน บนฐานนิเวศวัฒนธรรมชุมชน : กรณีศึกษาชุมชนกะเหรี่ยง (ปกาเกอะญอ) พบว่าวัฒนธรรมที่ก่อกำเนิดจาก “เรื่องเล่า” ส่งผลให้ชุมชนต้องประกอบพิธีกรรมตามความเชื่อ และมีความหมายต่อวิถีดำรงอยู่ ซึ่งปรากฏออกมาในรูปของระบบผลิต ระบบคุณค่า และระบบความสัมพันธ์ อันเกิดจากการทำหน้าที่พื้นฐานของระบบสังคม ซึ่งหัวใจสำคัญของพิธีกรรม คือ การรวมคน เข้ามาประกอบพิธีกรรม ซึ่งส่งผลต่อโดยตรงต่อจิตใจของสมาชิกคนทุกคน เมื่ออยู่ในสภาวะวิกฤติ อันเป็นระยะหัวเลี้ยวหัวต่อของชีวิต การสวดมนต์ อ้อนวอน การเซ่น

สรวงบูชา เพื่อขอร้องให้อำนาจที่มองไม่เห็น เข้ามาช่วยเหลือในสิ่งที่ตนเองไม่มั่นใจ แล้วนำมาเป็นกลยุทธ์ของการเชื่อมประสานถึง “ผู้นำ” (จิตวิญญาณ) ซึ่งเป็นผู้ที่ชุมชนของตนเองให้เคารพ ความศรัทธา การสืบทอด และมีการผลิตซ้ำตลอดรวมถึงการปรับเปลี่ยนรูปแบบของพิธีกรรมตามสถานการณ์ปัจจุบันได้อย่างเป็นพลวัต สอดคล้องกับนราวัลย์ พูลพิพัฒน์ และรังสรรค์ จันต๊ะ, (2558 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัย เรื่อง การวิเคราะห์พิธีกรรมพื้นบ้านของกลุ่มชาติพันธุ์ในชุมชนสบเปิง พบว่าพิธีกรรมมีพื้นฐานมาจากความเชื่อในสิ่งศักดิ์สิทธิ์ (วิญญาณ) ประจำหมู่บ้าน ซึ่งเป็นแกนกลางยึดโยงคนในชุมชนให้เป็นน้ำหนึ่งใจเดียวกัน และยังสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ทางสังคม

ในประเด็นนี้ สุภางค์ จันทวานิช, (2552 : 141–144) กล่าวว่า ความสัมพันธ์ทางสังคม คือ ส่วนต่างๆ ของสังคม ร่วมมือกันได้โดยแรงผูกพันทางกายภาพ (เช่นเดียวกับระบบอินทรีย์ของร่างกายมนุษย์) อีกส่วนหนึ่งที่สัมพันธ์กันโดยสื่อกลาง คือ ภาษา (ท่าทาง การพูด และภาษาเขียน) ส่วนต่างๆ ยังรวมตัวกันได้ด้วยสำนึกที่กระจายไปทั่วทุกส่วน แต่สำนึกหรือความรู้สึกทางสังคมร่วมกันนี้ ไม่ได้มีอยู่ในทุกส่วนในระดับที่เท่ากัน เพราะไม่มีศูนย์กลางประสาทความรู้สึกทางสังคมเหมือนร่างกายมนุษย์ โดยมองว่า “กฎของสังคม” คือ กฎของการอยู่ร่วมกันของผู้ที่แข็งแกร่งที่สุด (Survival of the Fittest) ซึ่งเป็นกฎธรรมชาติ ยิ่งประชากรเพิ่มมากมนุษย์ก็ต้องต่อสู้เพื่อความอยู่รอด กลุ่มและบุคคลที่มีความฉลาดน้อยจะต้องล้มหายตายจาก สังคมจะขับสมาชิกที่ไม่แข็งแรง โง่เขลา เชื่องช้า เอาแน่นอนไม่ได้ออกไป ซึ่งรัฐจะต้องไม่เข้าไป แทรกแซงความเป็นไปของกฎแห่งความอยู่รอด ด้วยมาตรการสังคมสงเคราะห์ใดๆ เพราะเป็นการบิดเบือนกระบวนการคัดออก

จากเหตุผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ของระบบสังคมกับระบบวัฒนธรรมจะต้องทำหน้าที่ประสานสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ระบบวัฒนธรรมเป็นตัวกำหนดค่านิยมของสังคม และระบบสังคมเป็นตัวกำหนดวิถีปฏิบัติ เพื่อนำพาทางไปสู่การบรรลุเป้าหมายของค่านิยม มีการผลิตซ้ำ ปรับเปลี่ยน หรือสร้างอุดมการณ์อำนาจขึ้นมาใหม่ในบริบทของชุมชน ที่ต้องเผชิญกับประสบการณ์ทางสังคมอย่างจำเพาะเจาะจง ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติท่ามกลางสภาวะขัดแย้ง ดังนั้น วัฒนธรรมเปรียบเสมือนรากเหง้าดั้งเดิมในวิถีดำรงอยู่ (Viability) ของกลุ่มชาติพันธุ์ และเป็นยุทธวิธีหลักในการจัดความสัมพันธ์ทางสังคม ผู้วิจัยมีความสนใจในประวัติศาสตร์วิถีวัฒนธรรมกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ลัทธิฤาษี โดยมุ่งอธิบายพฤติกรรมที่เกิดจากภาพอดีตตามหลักสังคมวิทยาแบบดั้งเดิม ผ่าน “เรื่องเล่า” เกี่ยวกับ “ระบบสังคมและหน้าที่พื้นฐาน” จะทำให้เข้าใจกลไกต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรม ซึ่งจัดทำเป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย และเชิงปฏิบัติการในระดับพื้นที่ให้สอดรับกับความเป็นพหุวัฒนธรรม

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาประวัติศาสตร์และบทบาทของระบบสังคมและหน้าที่พื้นฐานในวิถีวัฒนธรรมของชาวกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ที่นับถือลัทธิฤาษีนิกายตะละกู่ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก

ขอบเขตการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ขอบเขตด้านพื้นที่ 2) ขอบเขตด้านเนื้อหา และ 3) ขอบเขตแนวคิดและทฤษฎี มีรายละเอียด ดังนี้

1. ขอบเขตด้านพื้นที่

ผู้วิจัยเลือกชุมชนกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ที่นับถือลัทธิฤาษี นิกายตะละกู่ บ้านเลตองคุ ตำบลแม่จัน อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก เลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยใช้เกณฑ์ 1) เป็นหมู่บ้านวัฒนธรรมพิเศษ

“เมื่อ 3 สิงหาคม 2553” ตามมติ ครม. 2) เป็นชุนชนที่มีความเชื่อแบบดั้งเดิม (เทพยดา และวิญญาณบรรพบุรุษ) และ 3) เป็นชุมชนที่มีความอ่อนไหวต่อการจัดของอำนาจรัฐที่เข้ามาในรูปของปกครอง

2. ขอบเขตด้านเนื้อ

ประวัติศาสตร์วิถีวัฒนธรรมกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) จากเอกสาร (ทุติยภูมิ) ในประเด็น พิธีจุดพิธีบูชาเจดีย์ ไฟบูชาองค์ฤาษี และพิธีสะเดาะเคราะห์ เลือกแบบเจาะจง โดยใช้เกณฑ์ เป็นพิธีกรรมที่มีการประกอบพิธีอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และผู้วิจัยศึกษาตามหลักสังคมวิทยาโดยวิธีทางประวัติศาสตร์ (เป็นภาพอดีตในความเชื่อแบบดั้งเดิมเท่านั้น)

3. อธิบายแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้ 1) ระบบสังคม และหน้าที่พื้นฐาน 4 ประการ ได้แก่ 1.1) การปรับตัว (Adaptation) 1.2) การบรรลุเป้าหมาย (Goal Attainment) 1.3) การบูรณาการ (Integration) และ 1.4) การรักษาแบบแผน (Latency หรือ Pattern Maintenance) และ 2) โครงสร้าง-หน้าที่นิยม (สุภางค์ จันทวานิช, 2552 : 165-167)

วิธีการดำเนินการวิจัย

“ระบบสังคม” และหน้าที่พื้นฐานบนฐานประวัติศาสตร์วิถีวัฒนธรรมกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ลัทธิฤาษี นิกายตะละกู่ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก เป็นการวิจัยเอกสาร (Document Research) ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนของการดำเนินการออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาประวัติศาสตร์วิถีวัฒนธรรมกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ที่นับถือลัทธิฤาษี นิกายตะละกู่ : กรณีศึกษา พิธีบูชาเจดีย์ พิธีจุดไฟบูชาองค์ฤาษี และพิธีสะเดาะเคราะห์ มีรายละเอียด ดังนี้

1. ผู้วิจัยเก็บข้อมูล “ทุติยภูมิ” จากเอกสาร ตำรา งานวิจัย และบทความ

2. การตรวจสอบข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน (รศ.ดร.ภาณุวัฒ ภัคดีวงศ์ รศ.ดร.สุขเกษม ขุนทอง และ ผศ.ดร.สุรศักดิ์ บุญเทียน)

3. สรุปประวัติศาสตร์วิถีวัฒนธรรมกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) กรณีศึกษา : พิธีบูชาเจดีย์ พิธีจุดไฟบูชาองค์ฤาษี และพิธีสะเดาะเคราะห์ ซึ่งปรากฏออกมาในรูปของโครงสร้างการปกครองในการจัดความสัมพันธ์

ขั้นตอนที่ 2 บทบาทของระบบสังคมและหน้าที่พื้นฐานในวิถีวัฒนธรรมของชาวกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ที่นับถือลัทธิฤาษีนิกายตะละกู่ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก มีรายละเอียด ดังนี้

1. นำผลการศึกษาในขั้นตอนที่ 1 นำมาอธิบายความสัมพันธ์ของระบบสังคมและหน้าที่พื้นฐาน

2. ใช้เทคนิคการอธิบาย (วิเคราะห์) ตามกระบวนการวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (content analysis)

3. สรุป บทบาทของระบบสังคมและหน้าที่พื้นฐานในวิถีวัฒนธรรมของชาวกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ที่นับถือลัทธิฤาษีนิกายตะละกู่ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก

ผลการวิจัย

ประวัติศาสตร์วิถีวัฒนธรรมกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ที่นับถือลัทธิฤาษี นิกายตะละกู่ หมู่บ้านเลตองคุอยู่ติดชายแนวแดนไทย-พม่าฝั่งตะวันออกของเขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร หมู่ที่ 10 ตำบลแม่จัน อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก จะเรียกตัวเองว่า “โปว์” และ “สะกอว์” เดิมมีถิ่นฐานมาจากประเทศพม่า (กองกำกับการตำรวจตระเวนชายแดนที่ 34, 2557)

ที่มาของการนับถือศีล 5 และการสร้างเจดีย์ของชุมชนกะเหรี่ยง กล่าวไว้ในรายงานการศึกษาฯ ผ่าน “เรื่องเล่า” (คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545 : 199) กล่าวว่า

“หัวหน้ากะเหรี่ยงสะกอว์ บังเอิญไปพบพระพุทธเจ้าและลูกศิษย์ขณะออกไปล่าสัตว์ โดยหัวหน้ากะเหรี่ยงไม่รู้ว่าเป็นใคร พระพุทธเจ้าขอข้าวกิน หัวหน้ากะเหรี่ยงเอาข้าวให้อย่างไม่ค่อยพอใจนัก เพราะมีข้าวเพียงห่อเดียว แต่ปรากฏว่าพระพุทธเจ้าทำให้ข้าวห่อเดียวกินได้พอเพียงสำหรับลูกศิษย์ 500 องค์ รวมทั้งหัวหน้ากะเหรี่ยง และหมา (สุนัข) ล่าสัตว์ของเขาอีกด้วย ทำให้หัวหน้ากะเหรี่ยงเกิดความเลื่อมใสเชื่อว่าเป็นผู้วิเศษ ภายหลังจึงได้ถวายลูกสมอ (มานะชะ) ให้พระพุทธเจ้า” จากนั้นพระพุทธเจ้าสั่งสอนว่ากะเหรี่ยง ไว้ว่า

“การแตกแยกไปคนละทิศละทางของชาวกะเหรี่ยงนั้น ถ้าเรารู้จักการให้แบ่งปันกันเหมือนข้าวห่อนี้ จะทำให้เกิดความรู้สึกว่าเป็นพวกเดียวกันและรวมกันได้ สำหรับลูกสมอนั้นเมื่อกินจะรู้สึกฝาด แต่เมื่อดื่มน้ำเข้าไปจะได้รสหวานชุ่มคอชื่นใจ เปรียบได้กับชาวกะเหรี่ยงที่ขณะนี้ต่างเดือนร้อนลำบาก แต่ถ้าอดทนต่อไปในไม่ช้าจะได้รับความสุข... พระพุทธเจ้าจึงให้ชื่อหัวหน้ากะเหรี่ยงว่า ย่อแฮ (ผู้ที่ได้รับความดีงามแล้ว) จากนั้นย่อแฮจึงถามพระพุทธเจ้าว่า ทำอย่างไร ? จึงจะรวมพวกกะเหรี่ยงได้ พระพุทธเจ้าจึงถอนพระเกศาธาตุ (เส้นผม) ให้ 8 เส้น ให้ไปสร้างเจดีย์แล้วบรรจุพระเกศาทั้ง 8 เส้นไว้ในเจดีย์... รุ่งเช้าย่อแฮ นำพระเกศาธาตุ 8 เส้นของพระพุทธเจ้าเดินทางไป... เมื่อไปถึงสถานที่แห่งหนึ่ง ย่อแฮตกลงใจว่าจะสร้างเจดีย์ จึงอธิฐานถามฟ้าและดินว่า เห็นด้วยหรือไม่ ก็ได้รับคำตอบว่าเห็นด้วย และมีเทวดาลงมาช่วยสร้างเจดีย์จนเสร็จ ย่อแฮจึงตั้งชื่อเจดีย์แห่งนี้ตามที่พระพุทธเจ้าบอกไว้ว่า เซ่ยเขอะตะระ หรือ โคะตะกู้”

1. พิธีบูชาเจดีย์

สุขเกษม ขุนทอง, (2561 : 60) ได้กล่าวถึงที่มาของเจดีย์ ไว้ว่า “มีพ่อค้าวานิชสองพี่น้องชื่อ “ตำพฤกษะ” กับ “พฤกตะ” ได้เดินทางไปค้าขายที่ประเทศอินเดีย ระหว่างที่ทำการค้าอยู่นั้นได้มีเจ้าที่ (เทพ) มาบอกให้ทั้งสองไปเข้าเฝ้าพระพุทธเจ้า ซึ่งขณะนั้นพระพุทธเจ้าตรัสรู้ได้เพียง 45 วัน และเมื่อทั้งสองได้เข้าเฝ้าพระพุทธเจ้าพร้อมกับได้มอบพระเกศาธาตุให้ จำนวน 8 เส้น เพื่อเป็นสิ่งแทนพระพุทธศาสนา และให้ทั้งสองนำมาสร้างเจดีย์สำหรับ การกราบไหว้บูชา

เมื่อทั้งสองค้าขายเสร็จแล้วจึงได้เดินทางกลับมายังประเทศพม่า อย่างไรก็ดีระหว่างทางจะต้องเสียภาษา คนเก็บภาษีชาวอินเดียเมื่อทราบข่าวว่าทั้งสองได้รับพระเกศาธาตุจากพระพุทธเจ้า จำนวน 8 เส้น จึงขอเก็บภาษาเป็นเส้นพระเกศาธาตุ จำนวน 2 เส้น และขณะที่เดินทางอยู่ในมหาสมุทรนั้น “พญานาค” เมื่อทราบข่าวว่ามีพ่อค้าวานิชชาวพม่าได้รับเส้นพระเกศาธาตุจากพระพุทธเจ้า จำนวน 8 เส้น ก็ขึ้นมาจากบนผิวน้ำ และได้ขอเส้นพระเกศาธาตุอีก จำนวน 2 เส้น เพื่อจะได้คุ้มครองให้เรือสำเภาเดินทางกลับประเทศพม่าได้อย่างปลอดภัย สุดท้ายพ่อค้าวานิช จะเหลือเส้นพระเกศาธาตุ จำนวน 4 เส้น จากเรื่องเล่าดังกล่าว ได้แสดงให้เห็นถึงความมหัศจรรย์ กล่าวคือ พระเกศาธาตุได้งอกเพิ่มขึ้นมาเป็น 8 เส้นเท่าเดิม

เมื่อเดินทางมาถึงประเทศพม่า กษัตริย์พม่าขณะนั้นทรงพระนามว่า “โอะกะระปะ” ได้นำทหารจำนวน 1,000 คน (โปตาเทา) มารับพระเกศาธาตุที่ท่าเรือ ณ แม่น้ำยางกุ้ง เพื่อที่จะนำไปสร้างเจดีย์ แต่ก็ไม่รู้ว่าจะไปสร้างที่ใด ในประเด็นนี้กษัตริย์พม่าตามความเชื่อ คือ เป็นบุตรของพระอินทร์ จึงได้ขอให้พระอินทร์เชิญเทพ 4 มุม เพื่อชี้สถานที่สร้างเจดีย์ ซึ่งได้แก่ เนินเขา “ชิงเกาะตะระ” ซึ่งครั้งหนึ่งเคยเป็นที่ประทับของพระพุทธเจ้าสามพระองค์ ได้แก่ กะบุสังโค กรมนะคม และกะสะปะ”

การทำบุญไหว้เจดีย์หรือที่เรียกว่า “บาโคะหรือมาบุ๊โคะ” เริ่มมีขึ้นตั้งแต่ฤาษีองค์แรก เป็นการทำบุญให้กับดิน ฟ้า อากาศ ในช่วงแรกๆ ของพิธีไหว้เจดีย์ จะมีเพียงผู้ที่นับถือเท่านั้นที่สามารถเข้าไปร่วมพิธีเพื่อการกราบไหว้ การทำบุญนั้นหนึ่งปีจะมีหนึ่งครั้ง ซึ่งตรงขึ้น 8 ค่ำ ถึง 14 ค่ำ ของเดือนมีนาคมในทุกปีปฏิทิน ซึ่งเปรียบเทียบได้กับเดือนเมษายน (เดือนฤาษี) และลักษณะของเจดีย์ แบ่งออกได้ 3 รูปแบบ คือ เจดีย์ทราย เจดีย์ดิน และเจดีย์ข้าว สำหรับการบูชานั้น ต้องขึ้นอยู่กับสถานการณ์ กล่าวคือ มีคนตาย สัตว์ตาย ผู้คนเจ็บไข้ได้ป่วยตลอด

อย่างต่อเนื่อง มีการสู้รบ ฝนฟ้าไม่ตกต้องตามฤดูกาล จากเหตุการณ์ดังกล่าว “อิสิ” (ผู้นำทางจิตวิญญาณ) จะเป็นผู้พิจารณาประกอบพิธีบูชาเจดีย์ เพื่อการแก้วิกฤติที่เกิดขึ้น ณ ช่วงเวลานั้นๆ

1.1 เจดีย์ทราย “โคะแหม่”

ในประเด็นนี้ สุขเกษม ขุนทอง, (2557 : 92-93) กล่าวว่า การสร้างเจดีย์ทราย จะต้องเกี่ยวข้องกับการย้ายถิ่นฐานใหม่ เกี่ยวข้องกับพื้นที่ครั้งแรกที่ชุมชนได้อพยพเข้ามาอาศัยอยู่ (ป่า) ณ บริเวณพื้นที่นั้น และการสร้างเจดีย์ทรายเปรียบเสมือนหลักเมืองของชุมชนกะเหรี่ยง ผ่าน “เรื่องเล่า” แบบมุขปาฐะ (oral tradition) ไว้ว่า

“เดิม ปู้นา เป็นหมอเสี่ยงทายชาวกะเหรี่ยงที่สามารถทำนายได้อย่างแม่นยำ ปลูกบ้านแยกออกไปนอกหมู่บ้าน อยู่มาวันหนึ่งได้มีเด็กผู้ชาย (ลูกของชาวกะเหรี่ยง) มาเที่ยวหา ปู้นาเห็นลักษณะท่าทาง และรูปร่างของเด็กก็ทำนายว่า เด็กคนนี้จะต้องถูกฟ้าผ่าตายภายในวันนี้แน่นอน จึงได้ไล่เด็กให้กลับบ้านไปหาพ่อแม่ เพราะเกรงว่าถ้าหากเด็กถูกฟ้าผ่าตายที่บ้านของตนเองกลัวจะมีความผิด ในขณะที่เด็กเดินทางกลับบ้าน (ตอนกลางวัน) ได้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองขึ้นระหว่างทาง เด็กจึงได้หยุดเล่นตามประสาที่หาดทราย และได้ปั้นทรายเป็นกองสูงมียอดแหลม (รูปทรงกรวย) ต่อจากนั้นเด็กได้นำยอดของต้น พอตะมี (เป็นไม้ยืนต้นลักษณะของใบจะเหมือนกับต้นหว้า) มาปักที่ตรงกลางยอดของกองทราย จากนั้นจึงก้มตัวลงกราบ 3 ครั้ง เด็กจึงเดินทางกลับบ้านของตนเอง ทันใดนั้นเองพายุฝนฟ้าคะนองได้สงบลงอย่างน่าอัศจรรย์ วันต่อมาเด็กได้เดินทางกลับมาที่บ้านของปู้นาอีกครั้งหนึ่ง เมื่อปู้นาเห็นเด็กจึงตกตะลึงที่เด็กไม่ตายตามคำทำนายของตน จึงได้สอบถามเด็กว่า ในระหว่างที่เจ้าเดินทางกลับบ้านนั้น ไปทำอะไรมา เด็กจึงเล่าให้ปู้นาฟังว่า ระหว่างทางนั่น ตนเองได้ปั้นทรายเป็นกองสูงมียอดแหลม และนำยอดของต้นพอตะมีมาปักไว้ตรงกลางของกองทราย แล้วก้มตัวลงกราบ 3 ครั้ง เมื่อได้ฟังดังนั้น ปู้นาจึงได้เสี่ยงทายว่าชาวกะเหรี่ยงที่สร้างบ้านเรือนอยู่จะต้องมีการสร้างเจดีย์ทรายขึ้นไว้ในหมู่บ้าน เพื่อเป็นการปกป้องภยันตรายที่จะเกิดขึ้นจากอำนาจเหนือธรรมชาติ หลังจากนั้นเป็นต้นมา ปู้นาได้สั่งให้ชุมชนกะเหรี่ยงที่ได้ตั้งถิ่นฐาน (สร้างบ้าน) เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะต้องสร้างเจดีย์ทรายขึ้น เพื่ออันเชิญเทพ (ผี) ให้มาคุ้มครอง และป้องกันภยันตรายที่จะเกิดขึ้นกับคนในหมู่บ้าน” เป็นการสร้างสิ่งยึดเหนี่ยวทางด้านจิตใจ และจะต้องทำการกราบไหว้ทุกปี

1.2 เจดีย์ดิน “โคะเหอะโคะ”

ความเชื่อของบรรพชนกะเหรี่ยงเชื่อว่า ทุกสิ่งทุกอย่างอยู่ในผืนดิน เปรียบผืนดินเป็นดั่งพ่อและแม่ให้สิ่งที่ไม่ดีกลับดีขึ้น และการสร้างเจดีย์ดินนั้นมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้กับมนุษย์ที่อาศัยอยู่ในป่า ตลอดรวมถึงมนุษย์ทั้งโลก ซึ่งเกี่ยวข้องกับความกลัว 3 อย่าง คือ 1) กลัวเจ็บไข้ได้ป่วย 2) กลัวอดอยาก และ 3) กลัวการปล้นสะดม สำหรับมนุษย์ที่อาศัยอยู่ในเมืองเช่นเดียวกัน คือ 1) กลัวการเจ็บไข้ได้ป่วย 2) กลัวความอดอยาก และ 3) กลัวสงคราม การทำพิธีบูชาเจดีย์ทรายดินจะต้องให้คนในหมู่บ้านเข้ามาร่วม เพื่อการแก้ปัญหา ซึ่งมีเรื่องเล่าจากคนรุ่นหนึ่งไปสู่คนรุ่นหนึ่ง กล่าวไว้ว่า

“มีหมู่บ้านกะเหรี่ยงอยู่หนึ่งหมู่บ้าน ในขณะนั้นมีคนตาย มีสัตว์ตาย ทุกๆ วัน ผู้นำทางจิตวิญญาณ (หมอผีและหรือผู้นำหมู่บ้าน) ได้นำด้ายสายสิญจน์มาล้อมรอบหมู่บ้านของตนเอง เพื่อป้องกันมิให้สิ่งไม่ดีไม่งาม (ความชั่ว) จากภายนอกเข้ามาทำร้ายคนในหมู่บ้าน และด้ายสายสิญจน์เส้นนี้ คือ สิ่งศักดิ์สิทธิ์ ที่ป้องกันมิให้คนในหมู่บ้านของตนเองผ่านออกนอกหมู่บ้านเป็นอันขาด และคนที่อยู่นอกหมู่บ้านเมื่อเห็นด้ายสายสิญจน์และก็ไม่กล้าเดินเข้ามาในหมู่บ้าน เพราะกลัวว่าจะเกิดอันตรายขึ้นแก่ตนเองและครอบครัวตลอดรวมถึงเครือญาติของตนด้วย

จากนั้นผู้นำทางจิตวิญญาณ ได้ทำก่อเจดีย์ดินขึ้น เพื่อสวดมนต์อ้อนวอนสิ่งศักดิ์สิทธิ์ ให้เข้ามาปกป้องคุ้มครองคนในหมู่บ้านให้ปลอดภัยจากภยันตรายที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในขณะนี้ และทุกคนในหมู่บ้านต้องทำความสะอาดบ้านเรือนของตนเองให้สะอาด จากนั้น ผู้นำทางจิตวิญญาณก็จะทำการต้มยาสมุนไพร ให้กับผู้ที่ป่วยอยู่

และผู้ที่ไม่ป่วย เพื่อทำการรักษาคนป่วยและคนปกติ (ไม่ป่วย) มีการผู้ข้อมือด้วยด้ายสายสิญจน์ให้กับทุกคนที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้าน

เมื่อไม่มีคนและสัตว์ตายเพิ่มขึ้นแล้ว ผู้นำทางจิตวิญญาณ ได้ถอดด้ายสายสิญจน์ที่ล้อมหมู่บ้านอยู่นั้นออก เพื่อให้คนได้สัญจรไปมาได้ตามปกติ”

1.3 เจดีย์ข้าว “โคะบี”

บรรพชนกะเหรี่ยงได้ดูสถานการณ์ที่ในขณะที่ชุมชนได้เกิดวิกฤติ กล่าวคือ ข้าวยากหมากแพง ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล ไร่นา พืชผลให้ผลไม่ดี จึงสร้างเป็นเจดีย์ข้าว เพื่อให้ผลผลิตกลับมามีความอุดมสมบูรณ์ขึ้นดังเดิม มีกินตลอดหนึ่งปี ผ่านเรื่องเล่า ดังนี้

“ชาวนาคนหนึ่งได้ปลูกข้าวขึ้นในแปลงนาของตนเอง และแปลงนานั้นอยู่ไกลจากบ้าน ครั้นเมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยวข้าว ชาวนาก็ทำการเก็บเกี่ยวข้าวพร้อมกับนำเมล็ดข้าวที่ได้มากองรวมกันไว้ในแปลงนาของตนเอง เพื่อที่จะนำไปเก็บไว้ในยุ้งฉางที่บ้านต่อไป และในระหว่างที่ชาวนาผู้นั้นกำลังขนเมล็ดข้าวกลับบ้านอยู่ได้มี “นกโท้ปีคา” ร้องขึ้น และการร้องของนกแต่ละครั้งได้ทำให้เมล็ดข้าวที่อยู่ในปากของนกนั้นได้ไหลออกมารวมอยู่ที่กองเมล็ดข้าวของชาวนาด้วย ทำให้เมล็ดข้าวที่กองอยู่นั้นได้เพิ่มจำนวนมากขึ้น จนชาวนาขนเมล็ดข้าวกลับบ้านเท่าไรก็ไม่หมด ด้วยความโกรธ จึงทำให้ชาวนาผู้นั้นได้ฆ่านกตาย หลังจากที่นกตาย ชาวนาจึงได้ขนเมล็ดข้าวกลับบ้านจนเสร็จ

ปีต่อมาชาวนาผู้นั้นได้กลับไปทำนาอีกครั้งหนึ่งที่บริเวณเดิม และหลังจากได้เก็บเกี่ยวข้าวพร้อมกับนำมากองรวมกัน แต่กลับพบว่าเมล็ดข้าวที่ได้ในปีนี้น้อยไม่พอกิน และการที่ตนเองนั้นได้ข้าวน้อยในปีนี้นั้น ทำให้ชาวนานึกถึงเสียงร้องของนกโท้ปีคา และเสียงร้องของนกที่ร้องออกมาแต่ละครั้งนั้นได้เพิ่มจำนวนเมล็ดข้าวให้กับตนเอง และในปีนี้ตนเองไม่ได้ยินเสียงร้องของนก เป็นเพราะว่าตนเองได้ฆ่านกตายเมื่อปีที่ผ่านมา ชาวนาผู้นั้นจึงได้ทำพิธีเรียกนกขึ้น เพื่อให้นกกลับมาหาตนเอง และเสียงร้องของนกจะทำให้ตนเองมีเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น และหลังจากที่ชาวนาขนเมล็ดข้าวเก็บที่ยุ้งฉางเสร็จเรียบร้อยแล้ว ชาวนาก็จะทำพิธีส่งนกให้กลับบ้านด้วยความปลอดภัย” (สุขเกษม ขุนทอง, 2557 : 94–95)

จากตำนานความเชื่อเรื่องนกโท้ปีคาที่สามารถเพิ่มจำนวนข้าวให้กับชาวนา และมีขั้นตอนของ การประกอบพิธี จะเห็นได้ว่า เรื่องเล่าและความเชื่อ เป็นสิ่งคู่กัน เป็นการสื่อสารเพื่อต้องการถ่ายทอดให้คนรุ่นหลังได้รับรู้ได้เข้าใจ และเป็นการอธิบายเหตุผลที่มาของการประกอบพิธีบูชาเจดีย์ข้าว เป็นการยอมรับในอิทธิฤทธิ์อำนาจจากสิ่งเหนือธรรมชาติ ซึ่งถือเป็นตัวแทนของความเชื่อดั้งเดิมว่าเป็นสิ่งศักดิ์สิทธิ์ และยอมรับว่า “นก” ได้กลายเป็นสัตว์สัญลักษณ์ที่มีอำนาจ และสามารถบันดาลเมล็ดข้าว เป็นเทพแห่งข้าว ดังนั้น นกในความคิด จึงเชื่อมโยงกับความอุดมสมบูรณ์ของธัญญาหาร

และในประเด็นนี้ สุขเกษม ขุนทอง, (2557 : 96) กล่าวเพิ่มเติมว่า การทำพิธีบูชาเจดีย์ข้าวนั้น การประกอบพิธีกรรมจะช่วยแก้ไขให้ดีขึ้นมาระดับหนึ่งเท่านั้น (วิกฤต 100 % สามารถช่วยได้ 10%) และอิสิได้เล่าถึงขั้นตอนการประกอบพิธีรอบๆ เจดีย์ทราย เจดีย์ดิน และเจดีย์ข้าว ไว้ว่า ในการกราบไหว้ขอพรจากอำนาจเหนือธรรมชาติ ผู้ที่เข้าร่วมประกอบพิธีกรรมจะต้องไหว้สิ่งศักดิ์สิทธิ์ 10 จุดด้วยด้วยกัน คือ (อยู่บริเวณทิศตะวันออกของเจดีย์) 1) ตะมูกะวอ ขอพรเพื่อให้ชาวโลก (มนุษย์ทุกคน) 2) ตะมูแจผาโด้ ขอพรให้คนส่วนใหญ่ดูแลลูกหลานให้อยู่ดีมีความสุข 3) ตะมูเจะโพ ขอพรให้พ้นจากความยากลำบาก 4) ตะมูพีหือ ขอพรให้ลูกหลานที่คิดไม่ออกจะกลับมาหาพ่อแม่ (หมายถึง คิดไม่ดีจะได้คิดดี) 5) กอล่ากะเปอร์ ขอพรให้การกินการใช้ (อาหาร) มีกินมีอยู่ไม่อดอยาก 6) ตะมูปอร์ตะกู ขอพรให้เรือที่ส่งของมาให้คนทั้งโลกมีแต่ผลไม้ (อาหาร) 7) ตะมูกอล่าตะเปอร์ดูตะวอ ขอพรให้เรือที่ส่งของมาให้ชนชั้นสูงที่อยู่บนสวรรค์ (ชนชั้นสูง ข้าราชการ) ได้มีกิน 8) ตะมูซูกะยอ ขอพรคนตาย ที่ตายไปแล้วกี่ปี

มีการจดทะเบียน เพื่อผ่านประตู ว่าจะเกิดเป็นอะไร อยู่ได้กี่ปี พร้อมทั้งการกำหนดอายุไข 9) ตะมูตะเล ขอพรโลกสองโลกเปลี่ยนเพื่อให้อยู่รอดปลอดภัย และ 10) ตะมูเลาะมิโดะ ของพรจากที่นอน (อิสิ) ให้นอนหลับสบายไม่ฝันร้าย เมื่อเสร็จพิธีขอพรทั้ง 10 จุด ก็จะมีการแห่ (เดิน) พร้อมกับตีกองนำหน้าขบวนเป็นจังหวะรอบเจดีย์อีก 3 รอบ (ตามเข็มนาฬิกา)

กรณีที่ผู้หญิงที่เข้าร่วมพิธีบูชาเจดีย์นั้นจะมี “ตะมูก้าโล” ซึ่งจะสร้างไว้ด้านหลังของตะมูกะวอ (ลำดับที่ 1) ถึง ตะมูซูกะยอ (ลำดับ 8) เป็นการเชื่อมสายสัมพันธ์ของการกราบไหว้ขอพร อันนี้จะเป็นของผู้หญิงซึ่งอยู่ด้านหลังของตะมูอันที่ 1–8 มีไว้เพื่อกลุ่มผู้หญิงที่นับถืออิสิได้เข้าร่วมในพิธีด้วย

“ผู้นำทางจิตวิญญาณ” ได้กล่าวเกี่ยวกับพิธีบูชาเจดีย์ทั้ง 3 รูปแบบว่า เราจะทำการกราบไหว้วันละ 2 ครั้ง คือ ตอนเช้าหลังจากกินอาหารเช้าร่วมกันเรียบร้อยแล้ว และตอนเย็นก่อนพระอาทิตย์ตก การกราบไหว้เราจะแบ่งคนที่เข้าร่วมพิธีออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน คือ กลุ่มแรกที่ทำพิธีก่อนจะเป็นกลุ่มของผู้ชาย (บริสุทธิ์) ที่ยังไม่ได้แต่งงาน และกลุ่มที่สอง คือ กลุ่มของผู้ที่แต่งงานให้รวมหมายถึงคนที่มีครอบครัวแล้วและให้รวมถึงกลุ่มผู้หญิงกับเด็กด้วย เมื่อกราบไหว้สิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้ง 10 จุด เสร็จเรียบร้อยแล้ว เราจะทำการแห่รอบเจดีย์อีก 3 รอบ (เวียนตามเข็มนาฬิกา) มีกลองตีนำหน้าขบวนแห่ เป็นเสร็จสิ้นการกราบไหว้ในแต่ละวัน

หลังจากเสร็จพิธีในตอนเย็นแล้วทุกคนที่มากราบไหว้จะมีการนั่งบนสำนักฤาษี พูดคุยกันถามถึงเรื่องราวต่างๆ ของกลุ่มญาติที่มาร่วมพิธี พร้อมกับร่วมร้องเพลงเป็นภาษากะเหรี่ยงจะบรรยายถึง ความรักของคนกะเหรี่ยง (เราต้องรักกัน) ความผูกพันของคนกะเหรี่ยงกับเจดีย์ (เรารักเจดีย์)

2. พิธีจุดไฟบูชาฤาษี

การอพยพย้ายครัวเรือนชุมชนกะเหรี่ยงลัทธิฤาษี จากประเทศพม่าเข้ามาอยู่ในประเทศไทย ณ บ้านเลตองคุ อันเนื่องมาจากปัจจัยผลัก (Push Factor) กล่าวคือ ประการแรก วิถีวัฒนธรรมกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ด้านการแต่งกาย ตลอดจนความเชื่อที่แตกต่าง จึงทำให้อาศัยอยู่กับชนกลุ่มอื่นๆ ในประเทศพม่าไม่ได้ ประการที่สอง คือ ไม่สามารถทนการถูกกดขี่จากกษัตริย์พม่าไม่ไหว ผ่านเรื่องเล่า ดังนี้

“ชาวกะเหรี่ยงที่ปกครองโดยพือย่อแฮ อยู่รวมกันเป็นปึกแผ่นมั่นคงติดต่อกันมาหลายชั่วอายุคนและสุดท้ายก็ถูกชนเผ่าพม่า (เปอะเยอ) ยกทัพมารุกราน ขับไล่ จึงทำให้ต้องหลบหนีออกจากอาณาจักรกะเหรี่ยง และชาวกะเหรี่ยงได้หลบหนีไปอาศัยอยู่หลายแห่งในเขตพม่า และสุดท้าย คือ ต้องหนีทหารพม่าเข้าไปหลบอยู่ในถ้ำ ซึ่งภายในถ้ำแห่งนั้น ได้พบกับเด็กผู้ชายคนหนึ่งชื่อว่า “กว่อแว” และกว่อแวขอขี้ผึ้งจากชาวกะเหรี่ยงมาทำเป็นเทียนโดยบอกกับชาวบ้านว่า ตนจะนำไปจุดเทียน เพื่อที่จะให้ปลอดภัยจากการไล่ติดตามของทหารพม่า

และการจุดเทียนของกว่อแว สามารถทำให้ทหารพม่านอนหลับสนิท และเมื่อทหารพม่าตื่นขึ้นมาก็ไม่พบชาวกะเหรี่ยงอยู่ในถ้ำ ดังนั้น ชาวกะเหรี่ยงจึงเชื่อว่ากว่อแว คือ “ผู้วิเศษ” จึงแต่งตั้งให้กว่อแวเป็น “ผู้นำ”

“กว่อแว เป็นผู้นำในการอพยพ และครั้งสุดท้ายได้พามาตั้งหลักแหล่งทำไร่อยู่ที่แม่กะวอ (แอ่งกระทะ) ได้หลายปี และในที่สุดก็ถูกชนเผ่าเปอะเยอ (พม่า) ยกกองทัพมารุกรานขับไล่ ทำให้ต้องถอยร่นหลบหนีไปเรื่อย ๆ ระหว่างการเดินทาง กว่อแวได้หยุดพักและบอกกับชาวกะเหรี่ยงทุกคนว่า ปกติเราจะใช้สัตว์ใหญ่สี่เท้าเลี้ยงผี แต่ในสถานการณ์เช่นนี้เราจำเป็นจะต้องใช้เป็นพาหนะในการเดินทาง ดังนั้น เราจะใช้ไก่และหมูเลี้ยงผีแทน เพื่อจะได้หลบหนีทหารพม่าได้ จากนั้นกว่อแวได้นำ “ไม้วิเศษ” ขับไล่สิ่งไม่ดีออกจากร่างกายของคนกะเหรี่ยงทุกคน และนำไปใส่ไว้ในตัวหมูและตัวไก่ เมื่อชาวกะเหรี่ยงไม่มีสิ่งที่ชั่วร้ายติดตัว (ในประเด็นนี้กะเหรี่ยงบ้านเลตองคุ จะไม่บริโภคเนื้อไก่และเนื้อหมู) พอถึงรุ่งเช้าทหารพม่าที่ไล่ติดตามมาก็ไม่พบชาวกะเหรี่ยง แต่เห็นเพียงร่องรอยการจากไป”

ขณะที่หลบหนีการกดขี่จากกษัตริย์พม่านั้น ชาวกะเหรี่ยงได้เร่ร่อนไปอยู่ในพื้นที่ต่างๆ ในประเทศพม่าอยู่หลายแห่ง อันเนื่องจากยังไม่สามารถหาที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ได้ และสุดท้ายได้อพยพผ่านเข้ามาทางด่านเจดีย์สามองค์จังหวัดกาญจนบุรี เดินลัดเลาะป่าฝั่งตะวันตกของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวรฝั่งตะวันตกเข้ามาในเขตประเทศไทยบริเวณหุบเขาสามลอ ภูมิประเทศและสภาพแวดล้อม (Natural Environment) คือ มีหน้าผาที่สูงชั้น มีน้ำตก และมีลำน้ำเลบราโกร (ห้วยค้างคาว) ไหลผ่านซึ่งเป็นที่ตั้งในปัจจุบัน (กองกำกับการตำรวจตระเวนชายแดนที่ 34, 2557 : 10–11)

และการเข้ามา ตั้งถิ่นฐานอยู่ ณ บ้านเลตองคุ ผ่านเรื่องเล่า กล่าวไว้ว่า “กว่อแว ได้รับการยอย่องให้เป็นผู้นำด้านจิตวิญญาณในขณะนั้น ได้ขึ้นไปนอนบนหน้าผาและนิมิต (ฝัน) ว่าสถานที่ตรงนี้เป็นที่ตั้งหมู่บ้านอย่างถาวรของเรา จึงได้สร้างหมู่บ้านขึ้นอีกครั้งหนึ่ง และตั้งชื่อว่า “เลต่อโคะ” (ใต้หน้าผาเหนือน้ำตก) (คนไทยเรียกว่า “เลตองคุ”) และได้สร้างที่อยู่ของอิสิ (ผู้นำทางจิตวิญญาณ) แยกออกจากหมู่บ้าน เรียกว่า “ตะหมุปูเบีย” (ที่บูชาพ้นภัย) มีกว่อแวที่ชาวกะเหรี่ยงเรียกว่า “พืออิสิกว่อแว” ขึ้นเป็นอิสิองค์แรกของบ้านเลต่อโคะ หลังจากนั้นไม่นาน ได้มีทหารพม่าได้เข้ามาจับตัว “บุโคะ” (เจ้าวัด) และบังคับให้พาไปชี้ตัวพืออิสิกว่อแว เมื่อจับได้ตัวแล้ว ทหารพม่าได้ฆ่าตัดคอพืออิสิกว่อแวทันที” ในประเด็นนี้มีการเชื่อมต่อถึงที่มาของพิธีจุดไฟบูชาองค์ฤาษี กล่าวไว้ว่า

วิญญาณของพืออิสิกว่อแว ได้ขึ้นไปหาเก่อจาเม (บิดา) บอกว่า “ตนจะไม่ลงไปโลกมนุษย์อีก เนื่องจากเต็มไปด้วยความโหดร้ายป่าเถื่อน” และเก่อจาเมได้บอกกับพืออิสิกว่อแวว่า “ตามความเป็นจริงแล้วโลกมนุษย์มีทั้งคนดีและคนไม่ดีปะปนกัน เราจะต้องลงไปช่วยคนดีแก้ไขคนไม่ดี” แต่พืออิสิกว่อแวยืนกรานจะไม่ลงไปโลกมนุษย์อีก และขอให้เก่อจาเมส่ง “เพื่อน” ของตนลงไปแทน

“เพื่อน” ของพืออิสิกว่อแว ลงมายังโลกมนุษย์และได้บอกกับคนกะเหรี่ยงทุกคนว่า “การที่คนกะเหรี่ยงจะอยู่ดีกินดีได้ต้องตัดภาระบางอย่างลงไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะต้องเลิกเลี้ยงผี” ทำให้ยักษ์ที่เป็นหัวหน้าผีไม่พอใจจึงขึ้นไปหาเก่อจาเมบอกว่า “ขอให้ลูกของท่านยกเลิกความคิดดังกล่าว โดยที่พอจะประนีประนอมได้” แต่ เก่อจาเมแนะนำว่า “เลี้ยงผีได้แต่ผีจะต้องรับผิดชอบในการล้างถ้วยชามเอง” ยักษ์บอกว่า “จะทำตามเงื่อนไขนี้ ถ้าเพื่อนของพืออิสิกว่อแว กล้ากระโดดเข้ากองไฟ เพื่อแสดงว่าจะทำเพื่อมวลมนุษย์มากว่าผี” ดังนั้น เพื่อนของพืออิสิกว่อแว จึงกระโดดเข้ากองไฟ คนกะเหรี่ยงจึงตั้งชื่อให้ว่า “โจ่วยุ” (เพื่อชาติ) และเรียกว่า พืออิสิโจ่วยุ นับเป็นอิสิองค์ที่ 2 ของบ้านเลตองคุ และเป็นที่มาของพิธีจุดไฟบูชาฤาษี (กองกำกับการตำรวจตระเวนชายแดนที่ 34, 2557 : 10–11)

ในประเด็นนี้ สุขเกษม ขุนทอง , 2561: 72–74) กล่าวถึง พิธีจุดไฟบูชาองค์ฤาษี ตรงนี้อิสิและลูกศิษย์จะเป็นผู้นำในการประกอบพิธี ซึ่งตรงกับวันขึ้น 15 ค่ำ เดือนธันวาคมในทุกปี เพื่อระลึกถึงพืออิสิโจ่วยุ (อิสิองค์ที่ 2) ไว้ว่า

ขั้นตอนการประกอบพิธีกรรม (Rituals) จะมีการเตรียมไม้ไว้ 33 ท่อน (ไม้แก่น) โดยใช้เถาวัลย์มัดรวมกันเป็นก่อ (แนวตั้ง) เก็บไว้ประมาณ 7 วัน มีการติดกระดาษเป็นเส้นเหมือนกับหางว่าว ในกระดาษจะเขียนข้อความในเชิงขอร้องอ้อนวอนอำนาจเหนือธรรมชาติ (เก่อจาเม) ให้สิ่งชั่วร้าย สิ่งไม่ดีไม่งามให้ออกไป และนำเอาแต่สิ่งที่ดีงามความสงบสุข เป็นการสะเดาะเคราะห์สิ่งไม่ดีไม่งามในโลกใบนี้ให้ผ่านพ้นไปไม่ว่าจะเป็นมนุษย์และสัตว์

และมีการตัดไม้ไผ่เพิ่มอีก คือ อิสิตัดเพิ่มอีก 5 ลำ ลูกศิษย์ตัดเพิ่มอีกคนละ 3 ลำ ความยาวประมาณ 6 ศอก เพื่อที่จะจุดทำเป็นเชื้อไฟ ก่อนที่จะทำการจุดไฟกองใหญ่ ในประเด็นนี้ อิสิและลูกศิษย์จะกราบไหว้สิ่งศักดิ์สิทธิ์ 7 แห่ง ซึ่งเป็นวิถีความเชื่อชุมชนกะเหรี่ยงลัทธิฤาษี นิกายตะละกู่ ในการบูชาสิ่งศักดิ์สิทธิจะใช้ดอกไม้และเทียนขี้ผึ้งมากราบไหว้ เป็นการสื่อถึงเก่อจาเม ซึ่งครั้งหนึ่งพระองค์ ได้สร้างชายหญิงขึ้นมาหนึ่งคู่ (บรรพบุรุษของมวลมนุษย์ชาติ) และได้ส่งคนทั้งสองลงมาอยู่ในสวนอีเด้”

การกราบไหว้สิ่งศักดิ์สิทธิ์ 7 แห่งนั้น ณ “ตะหมุปูเบีย” (เป็นพื้นที่ต้องห้าม) อิสิและลูกศิษย์จะกระทำในวันพระ และมีการสวดมนต์ (กลางวัน) และเมื่อได้เวลา (พระอาทิตย์ตก) อิสิจะเดินมาเป็นประธาน เพื่อจุดไฟ เพื่อจุดเทียนและวางไว้ตามกิ่งไม้รอบๆ กองไม้ วางไว้ตามกิ่งก้านของกองไม้ ลูกศิษย์จะทำเหมือนกับอิสิ ขั้นตอนสุดท้าย อิสิจะโปรยขมิ้นเหลืองไปรอบกองไฟ (เดินเวียนตามเข็มนาฬิกา) 1 รอบ และจุดไฟเผากองไม้ด้วยไม้ไผ่ 5 ลำ เป็นคนแรก และตามด้วยลูกศิษย์ทุกคนด้วยไม้ไผ่ 3 ลำ เป็นอันเสร็จพิธี

ในประเด็นนี้ แสดงให้เห็นถึงลัทธิการบูชาบรรพชน (Ancestor Worship) เป็นการแสดงออกถึงความเคารพ บนความเชื่อแบบดั้งเดิม เชื่อมต่อถึงความเชื่อในลัทธิพหุเทวนิยม (Poly-theism) ความคิดเรื่องพระเจ้าตามมโนคติของตน และเห็นว่าเทพเจ้าตามมโนคติของตนเป็นเทพสูงสุดกว่าเทพองค์อื่น จึงทำให้เกิดลำดับชั้นของเทพเจ้าที่ตนเองนับถือ และสำคัญว่าเทพเจ้าของตนว่าสูงสุด จึงทำให้เกิดเทพเจ้าหลายองค์ขึ้น และความเชื่อในลัทธิเอกเทวนิยม (Mono-theism) การเชื่อว่ามีพระเจ้าที่ยิ่งใหญ่อยู่องค์หนึ่งเป็นผู้สร้างสรรพสิ่งขึ้นมาเป็นบิดาของเทพเจ้าทั้งหลาย เมื่อพระองค์สร้างโลกแล้วก็ทรงปล่อยโลกให้เป็นไปตามวิถีทางของมัน โดยพระองค์ติดต่อกับโลกนี้น้อยมาก แต่เชื่อว่าสักวันหนึ่งพระองค์จะเสด็จกลับมาอีก และสุดท้ายมนุษย์มีความเชื่อในเหตุผลนิยม (Rationalism) กล่าวคือ เชื่อว่าสิ่งต่างๆ เป็นไปตามกฎเกณฑ์แห่งความเป็นเหตุและผล (Causality) รวมทั้งความงมงายต่างๆ เกิดความเชื่อมั่นในตนเองมากขึ้น มนุษย์จึงไม่ยอมอยู่ใต้อำนาจของสิ่งที่ไม่มีตัวตน และพิสูจน์ไม่ได้ ซึ่งเป็นพัฒนาการสูงสุดแห่งสติปัญญาของมนุษย์ในปัจจุบัน

3. พิธีสะเดาะเคราะห์

ความต่อเนื่องจากพิธีจุดไฟบูชาองค์ฤาษี ในวันรุ่งขึ้น คือ วันขึ้น 15 ค่ำ เดือนมีนาคม จะมีประเพณีการสะเดาะเคราะห์ เพื่อให้ชีวิตมีความสุข ปลอดภัยจากภยันตรายที่จะเกิดกับชีวิตได้ เกี่ยวกับสร้างสะพาน ปล่อยปลาและค้ำโพธิ์ (สุขเกษม ขุนทอง, 2561 : 101-102) ผ่าน “เรื่องเล่า” กล่าวว่า

“ครั้งหนึ่งมีชายคนหนึ่งได้เดินทางศึกษาวิชาอยู่กับ “อิสิ” ในป่าอยู่หลายปี มาวันหนึ่งอิสิได้บอกกับลูกศิษย์ของตนเองว่า เจ้าไม่มีวันที่จะสำเร็จวิชา และอีกไม่นานเจ้าก็จะต้องตาย จึงสั่งให้ลูกศิษย์คนนั้นเดินทางกลับบ้าน ลูกศิษย์จึงได้เดินทางกลับบ้านและในระหว่างเดินทางกลับบ้านนั้น ลูกศิษย์ได้เดินข้ามแม่น้ำสายหนึ่งเห็นว่ามันเดินข้ามลำบาก จึงคิดว่าถ้าเราได้สร้างสะพานให้กับคนอื่นๆ ที่อยู่ข้างหลังและเดินทางผ่านมาบริเวณตรงนี้ จะทำให้เดินทางด้วยความสะดวก ดังนั้น ลูกศิษย์จึงได้สร้างสะพานขึ้นมา และจากนั้นจึงได้เดินทางต่อ และไปพบแม่น้ำสายหนึ่งซึ่งกำลังจะแห้ง เมื่อมองไปที่แอ่งน้ำจะเห็นปลาตัวเล็กๆ เป็นจำนวนมากอยู่ในแอ่งน้ำนั้น จึงคิดต่อไปว่าถ้าแอ่งน้ำนี้แห้งจะทำให้ปลาเหล่านั้นตายได้ ไหนๆ ก่อนที่เราจะต้องตายก็ขอช่วยชีวิตปลาเหล่านั้นก่อน จึงได้นำปลาไปปล่อยในแม่น้ำใหญ่ และได้เดินทางต่อไปถึงต้นไม้ใหญ่ (ต้นโพธิ์) จึงได้หยุดพักเหนื่อย เห็นต้นไม้ที่ตนเองนั่งพักอยู่มีลำต้นเอียงใกล้จะล้ม จึงได้นำกิ่งไม้มาค้ำไว้มิให้ต้นไม้นั้นล้ม จากนั้นได้เดินทางต่อจนถึงบ้าน เพื่อรอเวลา (ตาย) เป็นเวลานาน และได้พูดกับตนเองว่า ทำไมเราถึงไม่ตายตามที่อิสิได้กำหนดวันตายของเราไว้แล้ว เกิดความสงสัย จึงได้เดินทางกลับไปหาอิสิ ณ สำนักฤาษีอีกครั้งหนึ่ง

เมื่อกลับไปถึงสำนักฤาษี อิสิได้เห็นลูกศิษย์ของตนเองกลับมาหาอีกครั้งหนึ่ง ก็เกิดความสงสัยว่าทำไมลูกศิษย์ของเราจึงไม่ตายดังที่เราได้ทำนายไว้ จึงได้ถามว่า “เจ้าไปทำอะไรมา” ลูกศิษย์ก็เล่าให้ฟังว่า ระหว่างทางที่เดินทางกลับบ้านนั้น ตนเองได้สร้างสะพาน ได้ปล่อยปลาที่กำลังจะตายในแอ่งน้ำเล็กๆ นำปลาไปปล่อยในแม่น้ำใหญ่ และสุดท้ายก่อนที่ตนเองจะถึงบ้านได้หยุดพักเหนื่อยใต้ต้นไม้ เห็นต้นไม้ใหญ่กำลังจะล้มตนเองจึงได้นำไม้มาค้ำไว้มิให้ต้นไม้นั้นล้ม และก็เดินทางกลับถึงบ้าน

เมื่ออิสิได้ยินเช่นนั้น จึงได้ทำนายต่อไปว่า “การที่มนุษย์ได้สร้างสะพาน ปล่อยปลา และค้ำโพธิ์ ซึ่งเป็นการกระทำที่มีประโยชน์ ถ้าทุกคนได้ทำประโยชน์ 3 อย่างแล้ว จะทำให้ชีวิตมีความสุข ปลอดภัยจากภยันตรายที่จะเกิดกับชีวิตได้”

1. สรุปประวัติศาสตร์วิถีวัฒนธรรมกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ลัทธิฤาษี นิกายตะละกู่ กรณีศึกษา: พิธีบูชาเจดีย์ พิธีจุดไฟบูชาองค์ฤาษี และพิธีสะเดาะเคราะห์

1.1 เริ่มตั้งแต่ “เก่อจาเม” ผู้ยิ่งใหญ่ตามมโนคติของกลุ่มชาติพันธุ์ และเป็นเทพสูงสุดหรือเอกเทวนิยม (Mono-theism) ผู้สร้างโลก สร้างสรรพสิ่ง และสร้างมนุษย์คู่แรก พร้อมกับการจำลองพื้นที่ศักดิ์สิทธิ์ให้เป็นตัวแทนเทพยดา สำหรับเป็นที่ยึดเหนี่ยวทางจิตใจ ณ สำนักฤาษี พร้อมกับร้อยเรียงเรื่องเล่าต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยวิธีมุขปาฐะ (Oral Tradition) จากรุ่นหนึ่งสู่รุ่นหนึ่ง กล่าวถึงบรรพชน คือ “ย่อแฮ” ได้รับศีล 5 นำไปเป็นวิถีปฏิบัติ พร้อมกับรับเส้นพระเกศาธาตุจากพระพุทธเจ้า เพื่อนำไปสร้างเจดีย์ (พิธีบูชาเจดีย์) สำหรับการไหว้ และรวบรวมคนกะเหรี่ยงที่พลัดพรากจากกันให้มาร่วมกันเป็นหนึ่งเดียว

เนื่องด้วยความเชื่อที่แตกต่าง และถูกกษัตริย์พม่ากดขี่ ทำให้ต้องอพยพนี้ภัย และในระหว่างการเดินทางนั้น ผู้นำได้ใช้ไม้เท้าวิเศษ ขับไล่สิ่งไม่ดีงามที่มีอยู่ในตัวของคนกะเหรี่ยงออกและนำไปใส่ในสัตว์ (ไก่และหมู) ในประเด็นนี้ คนกะเหรี่ยงจะไม่กินเนื้อไก่และเนื้อหมู และได้เดินทางต่อไม่นาน เกอเว ก็เข้ามาอาศัยอยู่ในประเทศไทย ณ บ้านเลตองคุ จากนั้นทหารพม่าที่ไล่ติดตามมา และฆ่าตัดคอพืออิสิเก่อเว อันเป็นที่มาของพิธีจุดไฟบูชาองค์ฤาษี และด้วยความต่อเนื่องของพิธีจุดไฟรุ่งเช้าของวันใหม่ จะมีพิธีสะเดาะเคราะห์ เพื่อให้ชีวิตมีความสุข ปลอดภัยจากภยันตรายที่จะเกิดกับชีวิต

ภาพอดีตถูกถักทอความสัมพันธ์ระหว่างคนกับความเชื่อ มีการบูชาบรรพชน (Ancestor Worship) เพื่อการธำรงรักษาไว้ซึ่งแบบแผนแบบดั้งเดิม อันเป็นส่วนหนึ่งของบรรทัดฐานทางวัฒนธรรม (Culture Norms) ที่เกี่ยวข้องกับกฎเกณฑ์ทางสังคม ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อบังคับให้บุคคลหรือกลุ่มบุคคลทำตาม (Prescriptive) หรือจะเป็นข้อห้ามมิให้กระทำ (Proscriptive) อันเกิดจากค่านิยม (Values) ที่มีคุณค่า ตามความเชื่อในลัทธิฤาษี นิกายตะละกู่

1.2 โครงสร้างการปกครองในการจัดความสัมพันธ์กะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ลัทธิฤาษี นิกายตะละกู่ แบ่งออกได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

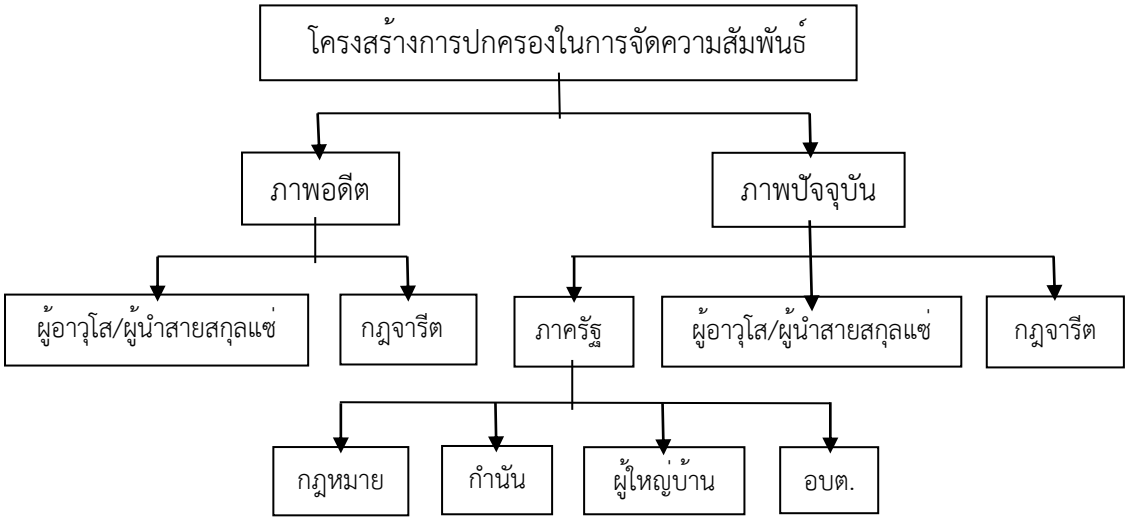
1.2.1 ผู้นำแบบเป็นทางการ จะได้รับการแต่งตั้งจากคนในชุมชนให้ดำรงตำแหน่งทางอย่างเป็นทางการด้วยกระบวนการเลือกตั้ง เช่น นายกองค์การบริหารส่วนตำบล สมาชิกสภาองค์การบริหารส่วนตำบล กำนัน และผู้ใหญ่บ้าน จะทำหน้าที่เกี่ยวกับการจัดสรรงบประมาณ ตลอดรวมถึงการดูแลในเรื่องของสาธารณูปโภคเป็นหลัก พร้อมทั้งปลูกฝังให้สมาชิกทุกคนต้องเคารพ “กฎหมายบ้านเมือง”

1.2.2 ผู้นำทางจิตวิญญาณ ทำหน้าที่ในการประกอบพิธีกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในชุมชน ซึ่งมีคุณลักษณะพิเศษ คือ ให้สมาชิกทุกคนต้องประพฤติปฏิบัติตนอยู่ในกรอบของ “จารีตและหรือกฎศีลธรรม” แบบดั้งเดิม ในเรื่องของวิถีดำรงอยู่รวมกัน ในประเด็นนี้ คือ การนับถือศีล (ศีล 5) และการแต่งกาย ตลอดรวมถึงการเข้าร่วมประกอบพิธีกรรมตามความเชื่อแบบดั้งเดิม เพื่อให้เป็นไปตามวงรอบของปีปฏิทินวัฒนธรรม อันได้แก่ พิธีบูชาเจดีย์ พิธีจุดไฟบูชาองค์ฤาษี พิธีสะเดาะเคราะห์ และอื่นๆ เป็นต้น

1.2.3 โครงสร้างการปกครองในการจัดความสัมพันธ์ภายในชุมชน เรื่องเล่าทางประวัติศาสตร์สื่อให้คนในชุมชนเข้ามารวมตัวกัน (รวมคน) เพื่อประกอบพิธีกรรม ตรงนี้ คือ กระบวนการสร้างอำนาจของผู้นำสำหรับใช้กฎจารีตและหรือกฎศีลธรรมในการจัดระเบียบกลุ่มชาติพันธุ์ของตนเอง และการประกอบพิธีกรรม (พิธีบูชาเจดีย์ พิธีจุดไฟบูชาองค์ฤาษี และพิธีสะเดาะเคราะห์) พบว่า มีการแบ่งผู้แสดงทางสังคมออกเป็น 2 กลุ่มอย่าง

ชัดเจน กล่าวคือ กลุ่มแรก ได้แก่ กลุ่มผู้นำในการประกอบพิธีกรรม และกลุ่มที่สอง คือ กลุ่มผู้ตาม (สมาชิกกลุ่ม) ที่เข้าร่วมในพิธีกรรม เป็นเพราะเกิดความศรัทธา และเกิดความไว้เนื้อเชื่อใจในตัวผู้นำ (จิตวิญญาณ) อันเป็นโครงสร้างการปกครองในการจัดความสัมพันธ์ (แผนภูมิ)

แผนภูมิที่ 1 แสดงโครงสร้างการปกครองในการจัดความสัมพันธ์กะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ลัทธิฤาษี นิกายตะละกู่ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก



จากแผนภูมิที่ 1 แสดงโครงสร้างการปกครองในการจัดความสัมพันธ์กะเหรี่ยง บ้านเลตองคุ ตำบลแม่จันทร์ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก พบว่า สมาชิกทุกคนให้ความเคารพ ความศรัทธาต่อผู้อาวุโส/และผู้นำทางจิตวิญญาณ (อิสิ หมายถึง ฤาษีที่ทำหน้าที่อยู่ที่ตำหนัก) และยังคงยึดหลักกฎจารีตแบบดั้งเดิม กล่าวคือ การรักษาศีล (วิถีปฏิบัติ) การแต่งกาย (เอกลักษณ์) ภาษาพูด (อัตลักษณ์) เป็นการรักษาไว้ซึ่งแบบแผนการดำเนินชีวิต ซึ่งปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรมที่ภาครัฐได้เข้ามาปกครอง (รูปแบบใหม่) พบว่า การอยู่ร่วมทางสังคมภาพส่วนใหญ่ ยังคงใช้กฎจารีตแบบดั้งเดิม แต่มีเพิ่มเติมในเรื่องของอำนาจรัฐ ในประเด็นการกระจายอำนาจ พบว่า มีองค์การบริหารส่วนตำบล และการบริหารจัดการรูปแบบของผู้นำขึ้นภายใน จะมีกำนัน และผู้ใหญ่บ้านส่วนในประเด็น “กฎหมาย” พบว่า ชุมชนจะปฏิบัติตามในรูปของการให้ความเคารพ (ตรงนี้จะมีหน่วยงานเข้ามาให้ความรู้และมีอีกส่วนหนึ่งจะเข้ามาในรูปของการศึกษาภาคบังคับ และกลุ่มสมาชิกได้เรียนต่อในระดับที่สูงขึ้น (ปริญญาตรี) ซึ่งมีมีอำนาจโครงสร้างสูงกว่า

2. วิเคราะห์ระบบ “ระบบสังคม” และหน้าที่พื้นฐาน 4 ประการ คือ 1) การปรับตัว (Adaptation) 2) การบรรลุเป้าหมาย (Goal Attainment) 3) การบูรณาการ (Integration) และ 4) การรักษาแบบแผน (Latency หรือ Pattern Maintenance) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การปรับตัว พบว่า ชุมชนกะเหรี่ยงมีการจัดความสัมพันธ์ภายในชุมชนภายใต้ชุดความรู้อันมีที่มาจาก “เรื่องเล่า” ซึ่งมีความสอดคล้องกับบริบทของการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรมอย่างเป็นพลวัต กล่าวคือ พิธีกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในสำนักฤาษีนั้น จะไม่มีบุคคลและกลุ่มบุคคลนอกเข้าร่วมได้ ซึ่งในปัจจุบัน นั้น ด้วยการติดต่อสื่อสาร (คมนาคม) สะดวก การศึกษา และรูปแบบการปกครอง สามารถทำให้มีการติดต่อสื่อสารจากสังคมภายนอกมากขึ้น ในประเด็นนี้ พือิสิ องค์ปัจจุบัน มองว่า การที่ให้บุคคลภายนอกชุมชนได้รับรู้ถึงเรื่องราวต่างๆ ภายในจะเป็นการดีต่อหมู่บ้านของเรา ในสถานการณ์วิกฤติ จะได้มีการช่วยเหลือ (สาธารณสุข) ซึ่งจะเป็นประโยชน์

ต่อการช่วยเหลือชาวบ้านหากเกิดมีเภทภัยขึ้น แสดงให้เห็นว่าชุมชนกะเหรี่ยงเริ่มปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างเป็นพลวัตเพื่อลดความขัดแย้งระหว่างเจ้าหน้าที่รัฐกับคนที่นับถือลัทธิฤาษี

2. การบรรลุเป้าหมาย พบว่า ชุมชนกะเหรี่ยงได้นำเรื่องเล่าของ “ย่อแฮ” ที่ได้รับศีล 5 จากพระพุทธเจ้ามาเป็นวิถีประพฤติปฏิบัติในชีวิตประจำวัน และยังเชื่อมต่อพิธีบูชาเจดีย์ เป็นการทำบุญให้กับดิน ฟ้า อากาศ ที่กำลังวิกฤติอยู่ในขณะนั้น และพิธีบูชาองค์ฤาษี เป็นการแสดงให้เห็นถึงความกตัญญูกตเวที ต่อบรรพชนที่ได้ร่วงลับไปแล้ว สุดท้าย คือ พิธีสะเดาะเคราะห์ เป็นการอธิบายถึง การทำประโยชน์ในที่สาธารณะ ขยายพันธุ์สัตว์ และการอนุรักษ์ผืนป่า ซึ่งเกี่ยวข้องกับ “การปฏิบัติตนอยู่ในกรอบของจารีต ซึ่งส่งผลต่อความรัก ความผูกพัน ความรู้สึกเป็นพี่เป็นน้อง เป็นกลุ่มเครือญาติ ที่มีความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ ช่วยเหลือเกื้อกูลซึ่งกันและกัน

3. บูรณาการ พบว่า ผู้นำได้ผูกเรื่องเล่าต่างๆ ที่มีอยู่ในชุมชน เป็นการสื่อให้เห็นภาพ “เทพยดา” ที่ตนเองเคารพ นับถือ บูชา อันเป็นเทพสูงสุดหรือเอกเทวนิยม (Mono–theism) เป็นความเชื่อเกี่ยวกับวิญญาณนิยม (Animism) มีการจำลองพื้นที่ศักดิ์สิทธิ์ “เก่อจาเม” ณ สำนักฤาษี ผู้ซึ่งก่อกำเนิดมนุษย์ขึ้นบนโลก ในประเด็น “ย่อแฮ” นำพระเกศาของพระพุทธเจ้าไปสร้างเจดีย์ ตลอดรวมถึงพิธีบูชาเจดีย์ โดยมีวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อรวมคนกะเหรี่ยงให้เข้ามาเป็นหนึ่งเดียว พร้อมทั้งร้อยเรียงเหตุการณ์สำคัญของ “พืออิสิโจ่วยุ” กระโดดเข้ากองไฟ เพื่อแสดงว่าจะทำเพื่อมวลมนุษย์มากกว่าผี สุดท้าย พิธีสะเดาะเคราะห์ เพื่อให้คนกะเหรี่ยงมีจิตสำนึกที่ดีงานต่อสิ่งแวดล้อมและการเข้าใช้ประโยชน์ในปัจจัย 4 ทั้งหมดที่กล่าวมา คือ ชุดความรู้ที่บรรพชนได้กำหนดขึ้น โดยให้สมาชิกของตนเองมารวมตัวกัน เพื่อเปิดพื้นที่ทางสังคม เป็นการแสดงออกถึงอัตลักษณ์และเอกลักษณ์เฉพาะกลุ่ม

4. การรักษาแบบแผน พบว่า ชุดความรู้เดิมจาก “เรื่องเล่า” กรณีศึกษา: พิธีบูชาเจดีย์ พิธีจุดไฟบูชาองค์ฤาษี และพิธีสะเดาะเคราะห์ เพื่อรักษาสมดุลของความขัดแย้งที่อาจจะเกิดขึ้นในชุมชน ซึ่งอยู่ในรูปแบบการจัดระเบียบสังคม ให้อยู่ในกรอบเครือข่ายความสัมพันธ์ และแสดงออกมาในรูปของบรรทัดฐาน เป็นระบบสัญลักษณ์ที่ถูกกำหนดขึ้น เพื่อให้เกิดการยอมรับใน “จารีตหรือกฎศีลธรรม” (Morals) อันเป็นวิถีปฏิบัติ และหรือคำสั่งขององค์ฤาษี (อิสิ) เป็นรูปของพฤติกรรม

เป็นการธำรงรักษาไว้ซึ่งแบบแผนในวิถีดำรงอยู่แบบดั้งเดิมไว้ อันเป็นส่วนหนึ่งของบรรทัดฐานทางวัฒนธรรม (Culture Norms) ที่เกี่ยวข้องกับกฎเกณฑ์ทางสังคม ที่มีลักษณะเป็นข้อบังคับให้บุคคลและหรือกลุ่มบุคคลทำตาม (Prescriptive) หรือจะเป็นข้อห้ามมิให้ทำ (Proscriptive) อันเกิดจากค่านิยม (Values) ที่ควรค่าแก่การกระทำเป็นสิ่งที่พึงปรารถนาหรือเป็นสิ่งที่ยกย่องของคนในชุมชน ที่กล่าวมาเป็นความเชื่อ ความศรัทธาในลัทธิฤาษีนิกายตะละกู่

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

“ระบบสังคม” และหน้าที่พื้นฐาน บนฐานประวัติศาสตร์วิถีวัฒนธรรมกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ลัทธิฤาษี นิกายตะละกู่ อำเภออุ้มผาง มีรายละเอียดการ สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. สรุปผลการศึกษาประวัติศาสตร์ พบว่า บรรพชนได้สร้าง “เรื่องเล่า” เริ่มตั้งแต่เก่อจาเมผู้ยิ่งใหญ่ตามมโนคติของกลุ่มชาติพันธุ์ เป็นผู้สร้างโลก สร้างสรรพสิ่ง และสร้างมนุษย์คู่แรก มีการกล่าวถึงการ ผู้นำกะเหรี่ยงคนแรก “ย่อแฮ” รับศีล 5 และพระเกศาจากพระพุทธเจ้า กำเนิดพิธีบูชาเจดีย์ การอพยพนี้ภัย และ “เก่อเว” ได้นำกะเหรี่ยงเข้ามาอยู่ในประเทศไทย ณ บ้านเลตองคุ ด้วยความต่อเนื่อง ทหารพม่าไล่ติดตามมาและฆ่าตัดคอพืออิสิเก่อเว อันเป็นที่มาของพิธีจุดไฟบูชาองค์ฤาษี และพิธีสะเดาะเคราะห์ ภาพอดีตถูกถักทอความสัมพันธ์ระหว่างคนกับความเชื่อ ส่งผลต่อการกราบไหว้บูชาบรรพชน (Ancestor Worship) เพื่อธำรงรักษาไว้ซึ่งวิถีวัฒนธรรมแบบ

ดั้งเดิม อันเป็นส่วนหนึ่งของบรรทัดฐานทางวัฒนธรรม (Culture Norms) ที่เกี่ยวข้องกับกฎเกณฑ์ทางสังคม ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อบังคับให้บุคคลหรือกลุ่มบุคคลทำตาม (Prescriptive) หรือจะเป็นข้อห้ามมิให้กระทำ (Proscriptive) อันเกิดจากค่านิยม (Values) ที่มีคุณค่า ตามความเชื่อในลัทธิฤาษี นิกายตะละกู่

2. บทบาทของระบบสังคมและหน้าที่พื้นฐานอธิบายผ่าน (วิเคราะห์) วิถีวัฒนธรรมของชาวกะเหรี่ยง (โปว์และสะกอว์) ที่นับถือลัทธิฤาษีนิกายตะละกู่ สรุป ผลการศึกษา พบว่า ชุดความรู้แบบดั้งเดิมทางประวัติศาสตร์ผ่าน “เรื่องเล่า” ซึ่งมีอิสิเป็นผู้นำทางจิตวิญญาณเข้ามาทำหน้าที่เป็นองค์ประธานสำหรับการประกอบพิธีกรรมตามความเชื่อในผีบรรพชนร่วมกัน มีการกำหนดบทบาท และหน้าที่ของผู้เข้าร่วม เพื่อสนองความต้องการของระบบสังคม และเราเรียกสิ่งนี้ว่า “หน้าที่” ณ สำนักฤาษี ซึ่งเป็นศูนย์ร่วมทางจิตใจ เมื่อพิจารณาหน้าที่พื้นฐาน 4 ประการ หรือ LIGA กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงวิถีแบบดั้งเดิม เกิดจากการที่ระบบย่อยของสังคมมีลักษณะแตกต่างกันออกไปจากสังคมสมัยใหม่ในกระบวนการที่ก่อให้เกิดการแตกต่าง (Differentiation) ทำให้ชุมชนกะเหรี่ยงต้องมีการปรับตัวให้ยอมรับกับสิ่งแปลกปลอม ต้องเพิ่มความสามารถในการปรับตัว (Adaptive Upgrading) เพื่อการถักทอความสัมพันธ์ สำหรับเปิดพื้นที่ทางสังคมให้กับกลุ่มชาติพันธุ์ของตนเอง เป็นการแสดงออกถึงอัตลักษณ์เฉพาะกลุ่ม และต้องมีการบูรณาการของระบบย่อยต่างๆ ให้เป็นกรอบจารีตในการปฏิบัติตน และในประเด็นการบรรลุเป้าหมายนั้น ผู้นำมีการธำรงไว้ซึ่งการรักษาแบบแผนแบบดั้งเดิมอันเกิดจากค่านิยม (Values) ที่ควรค่าแก่การกระทำในลักษณะวิวัฒนาการอย่างเป็นพลวัต

อภิปรายผล

1. “เรื่องเล่า” ที่กล่าวถึง “เก่อจาเม (เทพยดา) ได้สร้างชายหญิงคู่หนึ่งขึ้นมา ผู้ชายชื่อว่า เอท้อกะระ (เหมือนแผ่นฟ้า) และผู้หญิงชื่อว่า เอท้อกะชิ (เหมือนแผ่นดิน) แล้วส่งคนทั้งสองลงมาอยู่ในสวนอีเด้ เพื่อสร้างมนุษยชาติ โดยให้ทำงาน 6 วันและหยุด 1 วัน และให้กินผลไม้ในสวนได้ยกเว้นเพียงต้นเดียวที่ห้ามกิน เพราะจะเกิดสิ่งที่ไม่ดีงามขึ้น สอดคล้องกับ ยศ สันตสมบัติ และคณะผู้วิจัย, (2547 : 199-203) กล่าวว่า ความเชื่อ เรื่อง ยวา (พระเจ้าผู้สร้างโลก) คือ พลังแห่งการพยากรณ์ ผู้สร้างธรรมชาติ รวมถึงเป็นผู้สร้างมนุษย์ (ชาย-หญิง) คู่แรกของโลก ขณะที่กะเหรี่ยงที่นับถือพุทธศาสนาพุทธ เชื่อว่า ยวา คือ พระพุทธเจ้า ขณะที่ ยวา ในความคิดของกะเหรี่ยงที่นับถือผีไม่ได้มีความสำคัญมากนัก และไม่มีพิธีกรรมที่ทำให้กับ ยวา โดยเฉพาะ และในเรื่องของ “ยวา” และสอดคล้องกับบือพอ, (2540 : 167) ได้กล่าวเพิ่มเติมเกี่ยวกับสิ่งสูงสุดที่ชาวกะเหรี่ยง (ปกาเกอะญอ) เคารพบูชา โดยมีความเชื่อว่า ยวา เป็นเจ้าของธรรมชาติทุกสิ่งทุกอย่าง และเชื่อด้วยว่า ยวา คือ ผู้สร้างมนุษย์ คำฟ้องของคำว่า ยวา คือ ทู “เกอะจ่าทู เกอะจ่ายวา” ซึ่งมีความหมายตรงกับคำว่า “พระองค์พระเจ้า”

และสร้างพื้นที่ศักดิ์สิทธิ์ขึ้น ณ สำนักฤาษี เพื่อการประกอบพิธีกรรมตามความเชื่อ มีการกำหนดบทบาทให้ “อิสิ” ผู้นำทางจิตวิญญาณ ต้องทำหน้าที่ประกอบพิธีกรรมตามความเชื่อในเรื่อง “วิญญาณบรรพชน” ให้เป็นไปตามวงรอบของปีปฏิทิน สอดคล้องกับ ศิริพร ณ ถลาง, (2557 : 366, 377-378) กล่าวว่า ตำนานกับการอธิบายกำเนิด และอัตลักษณ์ของกลุ่มชน (Myth of Origin) และสถานภาพของคนในสังคมในสังคมดั้งเดิมหรือสังคมประเพณีทั่วโลก มีเรื่องเล่าใช้อธิบายว่า ตนเป็นใคร มีกำเนิดอย่างไร และมีรูปแบบการจัดระเบียบของสายตระกูล (clan) ที่สมาชิกในตระกูลเชื่อว่าสืบเชื้อสายมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน

ชุดความรู้แบบดั้งเดิม คือ วิถีดำรงอยู่ของคนกะเหรี่ยง มีการจัดความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ นำความเชื่อในเรื่องของเทพยดา และวิญญาณบรรพบุรุษ เข้ามากำหนดแบบแผนทางสังคม ซึ่งปรากฏออกมาในรูปของ กฎจารีต และหรือกฎศีลธรรม เกิดเป็นค่านิยมที่ทรงคุณค่า สอดคล้องกับจุฑาพรรธ์ (จามจุรี) ผดุงชีวิต, (2551 : 101) กล่าวว่า ตนอยู่ภายใต้อำนาจของธรรมชาติ วัฒนธรรมที่ดำรงไว้ซึ่งค่านิยมนี้เชื่อว่า พลังที่มีอำนาจมากที่สุดของชีวิต

มนุษย์นั้นอยู่นอกเหนือการควบคุมของมนุษย์ ไม่ว่าพลังนั้นๆ จะหมายถึง พระเจ้า ชาตาชีวิต หรือความมหัศจรรย์ มนุษย์ไม่สามารถเอาชนะได้ และจะจบลงด้วยการยอมรับในที่สุด

2. โครงสร้างความสัมพันธ์ของ “ระบบสังคม” และหน้าที่พื้นฐาน 4 ประการ หรือ LIGA กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงวิถีแบบดั้งเดิม เกิดจากการที่ระบบย่อยของสังคมมีลักษณะแตกต่างกันออกไปจากสังคมสมัยใหม่ในกระบวนการที่ก่อให้เกิดการแตกต่าง (Differentiation) ทำให้ชุมชนกะเหรี่ยงต้องมีการปรับตัวให้ยอมรับกับสิ่งแปลกปลอม ที่ต้องเพิ่มความสามารถในการปรับตัว (Adaptive Upgrading) เพื่อการถักทอความสัมพันธ์ สำหรับเปิดพื้นที่ทางสังคมให้กับตนเอง เป็นการแสดงออกถึงอัตลักษณ์และเอกลักษณ์เฉพาะกลุ่ม และต้องมีการบูรณาการของระบบย่อยต่างๆ ให้เป็นกรอบจารีตในการปฏิบัติตนเพื่อการบรรลุเป้าหมายด้วยการธำรงไว้ซึ่งการรักษาแบบแผนแบบดั้งเดิมอันเกิดจากค่านิยม (Values) ที่ควรค่าแก่การกระทำในลักษณะวิวัฒนาการอย่างเป็นพลวัต สอดคล้องกับ สุภางค์ จันทวานิช, (2559 : 165-167) กล่าวว่า “ระบบสังคม” และ “หน้าที่” กล่าวคือ หน้าที่ คือ กลุ่มของกิจกรรมที่ดำเนินไปเพื่อสนองความต้องการของระบบสังคม Parsons เห็นว่าสังคมเป็นระบบ ในระบบสังคมนี้มีหน้าที่ คือ มีการทำกิจกรรม แต่กิจกรรมนี้ทำเป็นกลุ่มๆ และทำเพื่อสนองความต้องการของระบบ เช่น ระบบสังคมมีความต้องการให้ใครมาเลี้ยงดูเด็ก ก็ต้องมีกลุ่มกิจกรรมหนึ่งสำหรับเลี้ยงดูเด็ก เราเรียกสิ่งนี้ว่า “หน้าที่” กลุ่มกิจกรรมก็ได้แก่สถานดูแลเด็ก และโรงเรียน โดยพิจารณาจากหน้าที่พื้นฐาน 4 ประการ หรือ LIGA ประกอบด้วย การปรับตัว (Adaptation) การบรรลุเป้าหมาย (Goal Attainment) การบูรณาการ (Integration) และการรักษาแบบแผน (Latency หรือ Pattern Maintenance)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

มาตรการในการพัฒนาชุมชนชนบทที่อยู่ห่างไกล (อำนาจรัฐ) การพัฒนาต้องไม่เน้นไปที่โครงสร้างพื้นฐาน (รูปธรรม) แต่อยากให้เน้นด้านนามธรรม (จิตใจ) ต้องมีการสนับสนุนและส่งเสริมให้ชุมชนได้พัฒนาตนเองบนพื้นฐานของวิถีประวัติศาสตร์วัฒนธรรมชุมชน เพื่อกำหนดเป็นแผนยุทธศาสตร์ในการพัฒนาพื้นที่ที่มีความเป็นพหุวัฒนธรรม

1.1 ระดับประเทศ ซึ่งเป็นหน้าที่โดยตรงของรัฐบาล ควรกำหนดเป็นแผนยุทธศาสตร์ ที่ให้ความสำคัญกับบริบททางวัฒนธรรมของชุมชนเป็นหลัก และใช้ระบบของความสัมพันธ์ทางสังคมเข้ามาเป็นกลไกในการพัฒนาพื้นที่พิเศษ (หมู่บ้านวัฒนธรรม) ซึ่งวางอยู่บนฐานคิดการพัฒนาแนววัฒนธรรมชุมชน

1.2 ระดับจังหวัดตาก ควรมีการจัดทำแผนยุทธศาสตร์เฉพาะพื้นที่ จังหวัดตาก เพื่อรักษาเอกลักษณ์ของกลุ่มชาติพันธุ์กะเหรี่ยง ให้มีความสอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาชุมชน ที่รัฐควรให้ความสำคัญกับการรักษาจิตวิญญาณของชุมชน

1.3 ระดับอำเภอ ควรมีการสร้างเครือข่ายของความเป็นกลุ่มชาติพันธุ์ มีการจัดกิจกรรมระดับตำบลของแต่ละอำเภอ เพื่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ด้านวัฒนธรรมเชิงพื้นที่

2. ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติการ

ในประเด็นของวัฒนธรรมกลุ่มชาติพันธุ์ และการพัฒนาชุมชนของหน่วยงานในพื้นที่ 5 อำเภอชายแดนของจังหวัดตาก ซึ่งอยู่ในพื้นที่รอยต่อกับสังคมเมืองควรให้ความสำคัญในเรื่องของ “วัฒนธรรม” บนพื้นที่เฉพาะ ในรูปของโครงการอนุรักษ์พิธีกรรมและวัฒนธรรม ให้สอดคล้องกับบริบทวิถีชีวิตชุมชน โดยหน่วยงานท้องถิ่นควรมีบทบาทในการสนับสนุน และส่งเสริมให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนา

3. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

3.1 การวิจัยควรให้ความสำคัญในประเด็นความผูกพันที่มีลักษณะพื้นฐานดั้งเดิมทางสายเลือด (The Tie of Blood) สอดคล้องกับการทำวิจัย เรื่อง การสร้างเครือข่ายความเป็นกลุ่มชาติพันธุ์กะเหรี่ยง (โปว์และสกอร์) กรณีศึกษา : การจัดความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ชายแดนฝั่งประเทศเพื่อนบ้าน (พม่า)

3.2 วิถีวัฒนธรรมการประกอบพิธีกรรมกะเหรี่ยง ในพื้นที่จังหวัดตาก ซึ่งยังคงรักษาวิถีแบบดั้งเดิมจากรุ่นหนึ่งสู่รุ่นหนึ่งไว้อย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับการทำวิจัย เรื่อง รูปแบบการอนุรักษ์วิถีวัฒนธรรมของกลุ่มชาติพันธุ์กะเหรี่ยง (โปว์และสกอร์) บ้านเลตองคุ ตำบลแม่จันทร์ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก

เอกสารอ้างอิง

กองกำกับการตำรวจตระเวนชายแดนที่ 34, (2557). **บันทึกประจำวัน.**

คณะกรรมการวิชามนุษย์กับสังคม ศูนย์วิชาบูรณาการ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป. (2559). **มนุษย์กับสังคม.** (พิมพ์ครั้งที่ 13). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฑาพรรธ์ (จามจุรี) ผดุงชีววิต. (2551). **วัฒนธรรม การสื่อสารและอัตลักษณ์.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นราวัลย์ พูลพิพัฒน์ และรังสรรค์ จันต๊ะ. (2558). **การวิเคราะห์พิธีกรรมพื้นบ้านของกลุ่มชาติพันธุ์ใน ชุมชนสบเปิง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่**. เชียงใหม่: คณะสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บือพอ. (2540). **ชีวิตข้า ปกาเกอะญอ วิถีธรรมชาติของอิสรชนบนภูเขา**. กรุงเทพฯ : เพาเวอร์ พริ้น.

เมตาตา (กฤตวิทย์) วิวัฒนานุกูล. (2559). **การสื่อสารระหว่างวัฒนธรรม.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยศ สันตสมบัติ และคณะผู้วิจัย. (2547). **นิเวศวิทยาชาติพันธุ์ทรัพยากรชีวภาพและสิทธิชุมชน.** เชียงใหม่ : วิทอินดีไซน์.

ศิริพร ณ ถลาง. (2557). **ทฤษฎีคติชนวิทยา: วิธีวิทยาในการวิเคราะห์ ตำนาน-นิทานพื้นบ้าน.** (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุขเกษม ขุนทอง. (2557). **รูปแบบการพัฒนาชุมชนบนฐานนิเวศวัฒนธรรมชุมชน : กรณีศึกษาชุมชนกะเหรี่ยง (ปกาเกอะญอ) อำเภอพบพระ จังหวัดตาก.** กำแพงเพชร : มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

สุขเกษม ขุนทอง. (2561). **รูปแบบการพึ่งตนเองของชุมชนบนฐานประวัติศาสตร์วิถีวัฒนธรรมกะเหรี่ยง (โปว์ และสะกอว์) ลัทธิฤาษี นิกายตะละกู่ บ้านเลตองคุ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก.**

สุภางค์ จันทวานิช. (2552). **ทฤษฎีสังคมวิทยา.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภางค์ จันทวานิช. (2559). **ทฤษฎีสังคมวิทยา** (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สัญญา สัญญาวิวัฒน์. (2551). **ทฤษฎีสังคมวิทยา: เนื้อหาและแนวการใช้ประโยชน์เบื้องต้น.** (พิมพ์ครั้งที่ 13). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดตาก กระทรวงวัฒนธรรม. (2556). **วิถีวัฒนธรรมชนเผ่า ปกาเกอะญอ จังหวัดตาก.** ตาก : ม.ป.พ.

มาตรการทางกฎหมายในการเลี้ยงแมลงออร์แกนิคเพื่อบริโภคเชิงพาณิชย์

legal approach on organic insect farming for commercial consumption

ธนกร สุกิน[1*] และ ธิติ ไวกวี[2]

Thanakorn Sukin[1*] and Thiti Waikavee[2]

บทคัดย่อ

ประเทศไทยถือเป็นประเทศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพโดยเฉพาะในด้านของแมลง ซึ่งมีการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายของแมลงในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีความเป็นเสรี มีแมลงเพียงไม่กี่ชนิดพันธุ์เท่านั้นที่ได้รับความคุ้มครองตามกฎหมาย ซึ่งปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากแมลงในเชิงพาณิชย์มีอัตราความต้องการที่สูงมากขึ้น ทำให้แมลงหลากหลายสายพันธุ์พบได้น้อยและหาได้ยากมากขึ้น เนื่องจากแมลงสามารถจับได้ง่ายตามธรรมชาติและมีโอกาสที่จะพบการปนเปื้อนต่าง ๆ ในตัวของแมลงที่นำมาบริโภค การผลิตแมลงออร์แกนิกเป็นแนวทางที่กำลังได้รับความสนใจในอุตสาหกรรมอาหารและโปรตีนทางเลือก เนื่องจากความต้องการบริโภคอาหารที่ปลอดภัย ปราศจากสารเคมี และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมทำให้ลดความเสี่ยงจากการบริโภคแมลงที่จับตามธรรมชาติ ซึ่งต่อมาได้มีการจัดตั้งโรงเรือนเพื่อการเพาะพันธุ์แมลงเพื่อใช้ในธุรกิจแมลงเชิงพาณิชย์เพื่อทดแทนจำนวนแมลงตามธรรมชาติที่ลดลงและไม่เพียงพอต่อความต้องการ เพื่อช่วยลดความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ของแมลงตามธรรมชาติและลดการปนเปื้อนในตัวของแมลงที่นำมาบริโภค ทั้งนี้การจัดตั้งโรงเรือนดังกล่าวในประเทศไทยนั้นยังไม่เป็นไปตามหลักสากลของแมลงออร์แกนิคเพื่อการบริโภคเท่าที่ทั้งโลกยอมรับในส่วนของการนำมาทำเป็นแมลงออร์แกนิคเพื่อการบริโภคตามระเบียบของ FAO

งานวิจัยทางกฎหมายชิ้นนี้เป็นงานวิจัยแบบผสมผสาน โดยมีวัตถุประสงค์ในการนำเสนอแนวทางกฎหมายในการเพาะเลี้ยงแมลงออร์แกนิกเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย เพื่อช่วยลดการปนเปื้อนของแมลงที่อยู่ในรูปแบบของการผลิตอาหารแปรรูปที่ทำมาจากแมลงออร์แกนิคของฟาร์มแมลงออแกร์นิกตามแบบสากลของ FAO และเพิ่มมาตรการคุ้มครองผู้บริโภคในหมวดของการบริโภคอาหารแปรรูปจากแมลง โดยเน้นการใช้วัตถุดิบและอาหารที่มาจากแหล่งเกษตรอินทรีย์ หลีกเลี่ยงการใช้สารเร่งโต ยาฆ่าแมลง และสารเคมีอื่น ๆ ที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหาร การจัดการฟาร์มที่สอดคล้องกับมาตรฐานอินทรีย์ เช่น มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ไทย (Organic Thailand), มาตรฐานสากล USDA Organic และ EU Organic เพื่อการเพิ่มมูลค่าและขยายโอกาสทางการตลาด

คำสำคัญ: แมลงออร์แกนิก, เกษตรอินทรีย์, โปรตีนทางเลือก, การเพาะเลี้ยงแมลง, มาตรฐานอินทรีย์

[1] นิสิตปริญญาโท นิติศาสตรมหาบัณฑิต คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[2] ที่ปรึกษาปริญญาโท หลักสูตรนิติศาสตรมหาบัณฑิต คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Master's degree student, Master of Laws, School of Law, University of Phayao, Phayao, 56000

[2] Master's degree advisor, Master of Laws, School of Law, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author: thanakornsukin3@gmail.com

Abstract

Thailand is considered a country with high biodiversity, particularly in terms of insects. The utilization of insect diversity takes various forms and is generally unrestricted, with only a few insect species receiving legal protection. Currently, the commercial exploitation of insects has seen a significant rise in demand, leading to a decline in the availability of many insect species, making them increasingly difficult to find. Since insects can be easily captured in nature, there is also a risk of contamination in those collected for consumption.

Organic insect farming is an emerging approach gaining attention in the food and alternative protein industries. The increasing demand for safe, chemical-free, and environmentally friendly food has driven efforts to reduce the risks associated with consuming wild-caught insects. Consequently, controlled insect farming facilities have been established for commercial insect businesses to compensate for the declining number of wild insects, which are insufficient to meet market demand. This practice also helps mitigate the risk of natural insect species extinction and reduces contamination in insects intended for consumption. However, in Thailand, the establishment of such facilities has not yet fully adhered to international standards for organic insect farming for consumption, as recognized globally. This includes compliance with the Food and Agriculture Organization (FAO) regulations regarding organic insect production for human consumption.

This legal research is a mixed-methods study aimed at proposing legal frameworks for the commercial farming of organic insects in Thailand. The objective is to reduce contamination in insect-based processed foods by aligning organic insect farming practices with international FAO standards. Additionally, the research seeks to enhance consumer protection measures in the processed insect food sector. The study emphasizes the use of raw materials and feed sourced from organic agriculture while avoiding growth accelerators, pesticides, and other chemicals that could introduce contaminants into the food chain. It also highlights the importance of farm management practices that comply with organic standards, such as Organic Thailand, USDA Organic, and EU Organic, to increase product value and expand market opportunities.

Keywords: Organic Insects, Organic Agriculture, Alternative Protein, Insect Farming, Organic Standards

บทนำ

ปัจจุบันมีการบริโภคแมลงจำนวนมากขึ้นเพราะถือว่าเป็นหลักการของการพัฒนาที่ยั่งยืน SDGs (Sustainable Development Goals) และมีความสอดคล้องกับแนวทางของมหาวิทยาลัย พะเยาในเรื่องของการเป็นมหาวิทยาลัยเพื่อการพัฒนาชุมชนและสังคม แมลงไม่เพียงมีความนิยมแต่ในประเทศไทยแต่ยังเป็นที่นิยมกับต่างชาติอีกด้วย องค์การอาหารและเกษตรกรรมแห่งสหประชาชาติ หรือ FAO จึงส่งเสริมให้ทั่วโลกหันมาบริโภคแมลงเพิ่มขึ้นเนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกใหม่ที่มีราคาถูกและหาได้ง่ายตามธรรมชาติ ซึ่งถ้าหากในอนาคตประชากรโลกจะเพิ่มขึ้นและความต้องการในการบริโภคก็จะเพิ่มตาม ซึ่งอาจเกิดปัญหาสภาวะการขาดแคลนอาหารของมนุษย์และอาหารสัตว์ องค์กรอาหารจึงให้ความสำคัญกับการใช้ประโยชน์จากแมลงในรูปแบบต่าง ๆ

การบริโภคแมลงถือเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีการถ่ายทอดกันมายาวนาน เนื่องจากไม่ใช่แมลงทุกชนิดที่จะสามารถบริโภคได้ ดังนั้นวัฒนธรรมการบริโภคแมลงจึงเกิดจากการเรียนรู้ว่าแมลงชนิดใดสามารถบริโภคได้จึงถูกสั่งสมกันมาจากรุ่นสู่รุ่นในอดีตนั้นการบริโภคแมลงจำกัดอยู่เฉพาะชาวชนบท สำหรับในประเทศไทย ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และ ภาคเหนือ สาเหตุที่มีการบริโภคแมลงในบางท้องที่นั้นเนื่องจากในอดีตแมลงสามารถหาได้ง่ายตามธรรมชาติทั่วไปและไม่เสียค่าใช้จ่าย สามารถนำมาปรุงอาหารเพื่อทดแทนเนื้อสัตว์และในส่วนของต่างประเทศ เช่น ประเทศในแถบเอเชีย แอฟริกา โอเชียเนีย และ ประเทศในแถบลาตินอเมริกา มีหลายประเทศที่นิยมบริโภคแมลงเป็นอาหาร เช่นกัน แมลงหลากหลายชนิดในแทบทุกช่วงระยะการเจริญเติบโต สามารถนำมาใช้เป็นอาหารได้ ไม่ว่า จะเป็น ไข่ ตัวอ่อน ดักแด้ รวมถึงตัว เต็มวัย ปัจจุบันการบริโภคแมลงได้รับความนิยม แพร่หลายมากขึ้น เนื่องจากมีรายงานว่าแมลงกินได้อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการมีปริมาณโปรตีนสูงใกล้เคียงกับโปรตีนในเนื้อไก่ เนื้อปลา และเนื้อหมู จึงทำให้แมลงเป็นที่ต้องการในท้องตลาดดังจะเห็นได้จากมูลค่าการซื้อขายแมลงมีการปรับตัวสูงขึ้น สำหรับในอนาคตแมลงจะเป็นที่ต้องการเพิ่มขึ้น นอกจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแล้วนั้นแมลงยังเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดีมีฤทธิ์ทางชีวภาพเป็นที่น่าจับตามองสำหรับอุตสาหกรรมอาหารในอนาคต

ในขณะที่มีการจับแมลงตามธรรมชาติมากจนเกินไปจนบางทีแมลงบางสายพันธุ์อาจจะไม่มีหลงเหลืออยู่เลย ด้วยความที่การนำแมลงมาใช้ประโยชน์นั้นมีความเป็นเสรีไม่มีกฎหมายควบคุมในการจับ ยกเว้นแมลงบางชนิดที่มีกฎหมายรองรับอยู่เท่านั้น ทำให้บางครั้งต้องมีการนำเข้าแมลงมาจากต่างประเทศเพื่อที่จะนำมาเพาะพันธุ์ทดแทนจำนวนแมลงในธรรมชาติของไทยที่ลดน้อยลงและไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ทั้งนี้ยังมีการจัดตั้งโรงเรือนเพื่อการทำเป็นฟาร์มแมลงซึ่งสามารถต่อยอดเพื่อนำไปแปรรูปเป็นอาหารในรูปแบบต่าง ๆ ได้ เนื่องด้วยเหตุผลต่าง ๆ ที่ว่าแมลงที่ถูกเลี้ยงในระบบของฟาร์มแมลงนั้นมีความปลอดภัยต่อการปนเปื้อนสารเคมีในตัวของแมลงที่น้อยกว่าการจับแมลงตามธรรมชาติมาเพื่อบริโภค ในส่วนแมลงที่มนุษย์แทบทุกประเทศทั่วโลกนำมาใช้รับประทานเป็นอาหารนั้นได้มีการ บันทึกไว้ประมาณ 1462ชนิด แต่ส่วนที่ยังไม่ได้มีการบันทึกคงจะมีอีกมากมาย การนำแมลงมา ประกอบอาหารนั้นผู้คนในประเทศไทยรู้จักเป็นอย่างดีว่าแมลงชนิดไหนที่สามารถรับประทา นได้ รวมถึงวิธีการจับและการนำมาปรุงอาหารได้อย่างไร แมลงพื้นบ้านที่ผู้คนในประเทศไทยส่วนใหญ่รู้จัก และนำมารับประทานบ่อย ๆ ได้แก่ แมลงกินนูน แมลงกุดจี่ แมลงดานา ตัวอ่อนผึ้ง มดแดง ตัว อ่อนของต่อ จิ้งโกร่ง จิ้งหรีด ตั๊กแตนปาทังก้า เป็นต้น ส่วนวิธีนำมาปรุงเป็นอาหารนั้นจะใช้วิธีการ ทอดเป็นส่วนใหญ่

ปัญหาการบริโภคแมลงในประเทศไทยในปัจจุบันมีหลายประการที่ต้องพิจารณา ทั้งในด้าน สุขภาพ ความปลอดภัย และการยอมรับของสังคม แมลงเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญและมีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม แต่ปัญหาหลัก ๆ ที่พบคือ ความปลอดภัยด้านอาหารการบริโภคแมลงต้องมีการตรวจสอบและควบคุมมาตรฐานอย่างเข้มงวดเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคหรือสารพิษที่ อาจเกิดจากแมลงที่ไม่สะอาดหรือเก็บรักษาไม่ถูกวิธีแม้ว่าการบริโภคแมลงจะมีประโยชน์ทางโภชนาการ แต่ยังมีความท้าทายในเรื่องของการยอมรับจากผู้บริโภคที่ยังคงมองว่าแมลงเป็นอาหารที่ไม่น่ากิน ประเทศไทยยังไม่มีข้อบังคับที่ชัดเจนเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยง การผลิต และการ จำหน่ายแมลงเพื่อการบริโภค ทำให้เกิดความไม่แน่นอนในเรื่องของมาตรฐานและคุณภาพของแมลงที่จำหน่าย เพื่อให้การบริโภคแมลงเป็นไปได้อย่างยั่งยืน จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาและวิจัยเพิ่มเติมรวมถึงการสร้างความเข้าใจและการยอมรับในสังคมเกี่ยวกับประโยชน์ของแมลงในฐานะแหล่งโปรตีนที่มีศักยภาพ ด้วยเหตุนี้การสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคก็เป็นสิ่งจำเป็นเพราะในปัจจุบันการรองรับผลผลิตจากแมลงนั้นยังไม่เป็นระบบระเรียบที่เป็นสากลที่ทั้งโลกยอมรับต่อความปลอดภัยของผลิตผลจากแมลง

จากการศึกษาสภาพปัญหากฎหมายไทยและต่างประเทศเกี่ยวกับการเลี้ยงแมลงออร์แกนิคเพื่อบริโภคจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ของแมลงตามธรรมชาติและลดการปนเปื้อนในตัวของแมลงที่นำมาบริโภค แต่เนื่องด้วยการจัดตั้งโรงเรือนเพาะแมลงในประเทศไทยนั้นยังไม่เป็นไปตามหลักสากลแมลงออร์แกนิคเพื่อการบริโภคเท่าที่ทั้งโลกยอมรับในส่วนของการนำมาทำเป็นแมลงออร์แกนิคเพื่อการบริโภคตามระเบียบขององค์การอาหารและเกษตรกรรมแห่งสหประชาชาติ FAO งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการนำเสนอแนวทางกฎหมายในการควบคุมการใช้ประโยชน์จากแมลงเชิงพาณิชย์ และช่วยลดการปนเปื้อนของแมลงที่อยู่ในรูปแบบของการผลิตอาหารแปรรูป และเพิ่มมาตรการคุ้มครองผู้บริโภคในหมวดของการบริโภคอาหารแปรรูปจากแมลง เพื่อเสนอแนะแนวทางหรือมาตรการทางกฎหมายในการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการเลี้ยงแมลงออร์แกนิคเพื่อการบริโภคที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและอนามัย และเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคหรือสารพิษที่อาจเกิดจากแมลงที่ไม่สะอาดหรือเก็บรักษาไม่ถูกวิธีแม้ว่าการบริโภคแมลงจะมีประโยชน์ทางโภชนาการ แต่ยังมีขาดยอมรับจากผู้บริโภคที่ยังคงมองว่าแมลงเป็นอาหารที่ไม่น่ากิน ประเทศไทยยังไม่มีข้อบังคับหรือข้อกฎหมายที่ชัดเจนเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยง การผลิต และการจำหน่าย ทำให้เกิดความไม่แน่นอนในเรื่องของมาตรฐานและคุณภาพของแมลงที่จำหน่าย ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายเฉพาะที่ควบคุมการเลี้ยงแมลงเพื่อการบริโภคหรืออุตสาหกรรม แม้ว่าจะมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยด้านอาหาร เช่น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) และกรมปศุสัตว์ ซึ่งทำหน้าที่กำกับดูแลในบางแง่มุม แต่อย่างไรก็ตาม การขาดกรอบกฎหมายที่ชัดเจนทำให้เกิดความสับสนในการขอใบอนุญาตหรือการประกอบธุรกิจการเลี้ยงแมลงได้ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาและวิจัยเพิ่มเติมรวมถึงการเพิ่มเติมเกี่ยวกับมาตรการทางกฎหมายที่จะช่วยรับรองแหล่งผลิตที่ไม่ใช้กับแค่ภายในประเทศหากต้องการที่จะขยายการส่งออกไปยังต่างประเทศ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาแนวคิดทฤษฎีความมั่นคงทางอาหารที่ยั่งยืนเกี่ยวกับการเลี้ยงแมลงออร์แกนิคเพื่อบริโภค
2. เพื่อศึกษาสภาพปัญหากฎหมายไทยและต่างประเทศเกี่ยวกับการเลี้ยงแมลงออร์แกนิคเพื่อบริโภค
3. เพื่อเสนอแนะแนวทางหรือมาตรการทางกฎหมายในการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการเลี้ยงแมลงออร์แกนิคเพื่อการบริโภคที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและอนามัยเพื่อการส่งออกไปยังต่างประเทศ

กรอบแนวคิด

กรอบแนวคิดนี้อยู่ภายใต้หลักการพัฒนาอย่างยั่งยืน (SDGs) เป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development Goals – SDGs)เป้าหมายที่15 เป็นชุดเป้าหมายที่ได้รับการกำหนดโดยองค์การสหประชาชาติ (UN) เพื่อแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ของโลกในด้านสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะสร้างโลกที่ยั่งยืนอย่างมีความเท่าเทียมกัน ซึ่งมีกำหนดให้ต้องมีการปกป้อง ฟื้นฟูและการสนับสนุนการใช้ประโยชน์จากระบบนิเวศอย่างยั่งยืน (United Nations, 2021, Jefey,2016; Aroonsrimorakot and Vajaradul, 2016)

หลักการนี้มีความเกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติในเรื่องของการนำแมลงตามธรรมชาติเพื่อนำมาบริโภคหรือแปรรูปเป็นอาหาร ในประเทศไทยไม่ได้มีข้อกำหนดหรือข้อกฎหมายในการควบคุมซึ่งการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติในเชิงนี้มากจนเกินไปอาจส่งผลกระทบต่อสมดุลทางระบบนิเวศไม่มากก็น้อยรวมถึงปัญหาการบริโภคแมลงที่นำมาบริโภคนั้นไม่มีทางรู้แหล่งที่มาได้อย่างแน่ชัด การจัดตั้งโรงเรือนเพื่อเพาะเลี้ยงแมลงที่เป็นออแกร์นิคในธุรกิจเชิงพาณิชย์แทนการจับแมลงตามธรรมชาติจะช่วยลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อนได้ โดยจะเกี่ยวข้องกับหลักการของ Food Safety (ความปลอดภัยทางอาหาร) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้แน่ใจว่าอาหารที่บริโภคมี

ความปลอดภัยต่อสุขภาพ โดยปราศจากสารปนเปื้อนที่เป็นอันตรายตั้งแต่การผลิต การจัดเก็บ การแปรรูป การขนส่ง จนถึงการบริโภค ซึ่งรวมถึงการปฏิบัติตามมาตรฐานและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องเพื่อป้องกันการปนเปื้อนและลดความเสี่ยงในการเกิดโรคจากอาหาร ทั้งนี้จะเข้ากับหลักการเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development Goals – SDGs)เป้าหมายที่ 2 หลักการบริโภคอย่างยั่งยืน บรรลุความมั่นคงทางอาหารเพื่อยกระดับโภชนาการ และการส่งเสริมเกษตรกรรมที่ยั่งยืน

ดังนั้น จำเป็นต้องมีการเพิ่มเติมข้อกฎหมายที่จะสามารถกำหนดแนวทางการลดใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในธรรมชาติให้น้อยลงและสนับสนุนให้ผู้บริโภคหันมาบริโภคอาหารแปรรูปที่มาจากการเพาะเลี้ยงแมลงออแกร์นิคจากโรงเรือนโดยผ่านการรับรองมาตรฐานอย่างสากลรวมถึงการเพิ่มเติมข้อกฎหมายคุ้มครองผู้บริโภคในส่วนของการบริโภคอาหารที่แปรรูปมาจากแมลงออร์แกนิคไว้อย่างชัดเจน

วิธีวิทยาการวิจัย

ในส่วนของผลการศึกษาค้นคว้าวิจัยในครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยเท่านั้น โดยเป็นการวิจัยแบบ (Conventional Legal Research) โดยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการวิจัยแบบเอกสาร (Documentary Research) โดยมีการวิจัยแบบเอกสาร (Documentary Research) โดยการค้นคว้าข้อมูล แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงเอกสาร จาก หนังสือ ตำรากฎหมาย ตำรา วิชาการ วารสาร บทความ งานวิจัย เอกสารต่าง ๆ ทั้งกฎหมายของประเทศไทยและกฎหมายของต่างประเทศรวมถึงฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์สรุปผลแนวทางการพัฒนาข้อกฎหมายในประเทศไทย

ผลการศึกษา

(ก)ประเทศไทยได้มีการนำหลัก SDGs มาเป็นแนวทางในการพัฒนาประเทศ โดยการสร้างนโยบายที่ส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ลดความยากจน และพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนผ่านการขับเคลื่อนโครงการต่าง ๆ SDGs (Sustainable Development Goals) โดยตัวหลักการนี้จะมีความสอดคล้องกับหลักการความมั่นคงทางอาหารในเรื่องของการใช้แมลงเป็นอาหารทางเลือกแทนเนื้อสัตว์ องค์การอาหารและเกษตรกรรมแห่งสหประชาชาติ หรือ FAO จึงส่งเสริมให้ทั่วโลกหันมาบริโภคแมลงเพิ่มขึ้นเนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกใหม่ที่มีราคาถูกและหาได้ง่ายตามธรรมชาติ ซึ่งถ้าหากในอนาคตประชากรโลกจะเพิ่มขึ้นและความต้องการในการบริโภคก็จะเพิ่มตาม ซึ่งอาจเกิดปัญหาสภาวะการขาดแคลนอาหารของมนุษย์และอาหารสัตว์ องค์กรอาหารจึงให้ความสำคัญกับการใช้ประโยชน์จากแมลงในรูปแบบต่าง ๆ ในยุคที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว พร้อมกับการขยายตัวของประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ความต้องการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมจึงเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้การผลิตและอุตสาหกรรมเติบโตอย่างก้าวกระโดด และการใช้ทรัพยากรก็เพิ่มตามไปด้วย ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบเชิงลบต่อสิ่งแวดล้อม ลดการใช้สารเคมีในการเกษตรและส่งเสริมการเกษตรแบบยั่งยืน โครงสร้างพื้นฐานการเกษตรที่มีประสิทธิภาพ ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนและฟื้นฟูพื้นที่ธรรมชาติ

แมลงถือว่าเป็นกลุ่มสัตว์ที่มีบทบาทสำคัญในหลายด้านต่อสังคมไทย ไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ การเกษตรและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคการเกษตรที่แมลงมีบทบาทสำคัญ เช่น แมลงผสมเกสรที่ช่วยเพิ่มผลผลิตของพืชสำคัญ เช่น ข้าว ข้าวโพด และผลไม้ การมีแมลงที่ผสมเกสรอย่างดีทำให้ผลผลิตมีคุณภาพและปริมาณที่สูงขึ้น นอกจากนี้ แมลงบางชนิดยังเป็นศัตรูพืชธรรมชาติที่ช่วยควบคุมจำนวนของศัตรูพืช ลดการใช้สารเคมีในเกษตรกรรม ทำให้การเกษตรยั่งยืนมากขึ้น ในวัฒนธรรมการกินแมลง การบริโภคแมลงเป็นเรื่องที่มีมาอย่างยาวนานในประเทศไทย

โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่แมลงเป็นแหล่งโปรตีนสำคัญ ตัวอย่างเช่น จิ้งหรีด ตั๊กแตน และดักแด้ไหม การบริโภคแมลงไม่ได้จำกัดอยู่แค่ชนบทเท่านั้น แต่ยังขยายไปยังเมืองใหญ่ มีร้านอาหารที่นำแมลงมาปรุงเป็นเมนูต่าง ๆ ซึ่งได้รับความนิยมจากทั้งคนไทยและนักท่องเที่ยว เมื่อเทียบกับต่างประเทศ วัฒนธรรมการกินแมลงเป็นเรื่องที่พบเห็นได้ในหลายภูมิภาค เช่น แอฟริกา เอเชีย และละตินอเมริกา ซึ่งการบริโภคแมลงเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และเป็นส่วนหนึ่งของประเพณีท้องถิ่น ในขณะที่บางประเทศ แมลงยังไม่เป็นที่ยอมรับทางวัฒนธรรมมากนัก แต่ความสนใจในการบริโภคแมลงกำลังเพิ่มขึ้น เนื่องจากเห็นคุณค่าในด้านโภชนาการและความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์แมลงเป็นสิ่งสำคัญ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดลงของแมลง ได้แก่ การสูญเสียที่อยู่อาศัย การใช้สารเคมีทางการเกษตร และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้น การลดการใช้สารเคมี การอนุรักษ์พื้นที่ธรรมชาติ และการส่งเสริมความตระหนักรู้ถึงความสำคัญของแมลงจะช่วยรักษาความหลากหลายทางชีวภาพและสมดุลของระบบนิเวศ

FAO ยังได้กล่าวถึง “แมลงออร์แกนิก” ในบริบทของ “แมลงออร์แกนิกที่กินได้” ซึ่งเป็นคำที่ใช้เรียกแมลงที่ถูกเพาะเลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย ปลอดสารเคมี และมีคุณภาพสูงสำหรับการบริโภคของมนุษย์ การเพาะเลี้ยงแมลงเหล่านี้มักมีมาตรฐานควบคุมด้านการเกษตรที่เข้มงวด ทั้งในเรื่องอาหารที่ใช้เลี้ยง การป้องกันการปนเปื้อน และกระบวนการเก็บเกี่ยวที่มีความปลอดภัย ในเชิงเศรษฐกิจและสังคมการใช้แมลงออร์แกนิกเป็นแหล่งโปรตีนมีศักยภาพในการแก้ปัญหาความยั่งยืนของระบบอาหาร เนื่องจากแมลงสามารถเลี้ยงได้โดยใช้ทรัพยากรน้อยกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น วัว หรือสุกร ซึ่งมีการใช้พื้นที่และน้ำมากกว่า นอกจากนี้ การเลี้ยงแมลงยังปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าอย่างมาก จึงเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ในด้านคุณค่าทางโภชนาการ แมลงออร์แกนิกมีโปรตีนสูงและมีสารอาหารสำคัญ เช่น วิตามินบี 12 ธาตุเหล็ก และกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย แมลงเหล่านี้ยังมีไฟเบอร์และสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพ เหตุนี้จึงทำให้แมลงออร์แกนิกได้รับความสนใจในฐานะอาหารที่ทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและเป็นทางเลือกที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม

องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้ส่งเสริมและสนับสนุนแนวคิดการบริโภคแมลงเป็นแหล่งอาหารที่ยั่งยืน โดยรายงานของ FAO ระบุว่าแมลงเป็น แหล่งโปรตีนที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน เนื่องจากแมลงมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอย่างมาก นอกจากนี้ยังใช้น้ำน้อยกว่า ใช้ที่ดินน้อยกว่า และสามารถเพาะเลี้ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ แมลงจึงถือเป็นทางเลือกที่ดีในการตอบสนองความต้องการโปรตีนของประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารยั่งยืนจึงเห็นพ้องว่าแมลงออร์แกนิกมีศักยภาพสูงในการเป็นแหล่งอาหารทางเลือกที่ไม่เพียงดีต่อสุขภาพมนุษย์ แต่ยังช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

การเลี้ยงแมลงออร์แกนิค (Organic Insect Farming) กำลังได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากเป็นทางเลือกที่ยั่งยืนต่อสิ่งแวดล้อมและตอบสนองความต้องการโปรตีนทางเลือกในอนาคต แมลงเป็นแหล่งโปรตีนที่ใช้ทรัพยากรน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการเลี้ยงสัตว์ทั่วไป อีกทั้งยังมีการนำแนวคิดเกษตรอินทรีย์เข้ามาปรับใช้เพื่อให้แน่ใจว่าแมลงที่เลี้ยงปราศจากสารเคมีและยาฆ่าแมลง การทำฟาร์มแมลงออร์แกนิก (Organic Insect Farming) การเพาะเลี้ยงแมลงออร์แกนิกเป็นแนวทางที่มุ่งเน้น ความปลอดภัยทางอาหารและความยั่งยืน โดยปราศจากสารเคมีสังเคราะห์และฮอร์โมนเจริญเติบโต

1. หลักการสำคัญของการทำแมลงออร์แกนิก

อาหารแมลงต้องเป็นอินทรีย์ – ใช้วัตถุดิบที่ปลอดสารเคมี เช่น ผักอินทรีย์ รำข้าวอินทรีย์

ไม่มีการใช้สารเคมีสังเคราะห์ – ห้ามใช้ยาฆ่าแมลง ฮอร์โมน หรือสารเร่งการเจริญเติบโต

สภาพแวดล้อมปลอดสารปนเปื้อน – ฟาร์มต้องอยู่ในพื้นที่สะอาด ปราศจากมลพิษ

สุขอนามัยและมาตรฐานฟาร์ม – ใช้ระบบปิดเพื่อป้องกันการปนเปื้อนและควบคุมโรค

การรับรองมาตรฐานออร์แกนิก – เช่น IFOAM, USDA Organic, EU Organic

2. ขั้นตอนการผลิตแมลงออร์แกนิก

1. เลือกสายพันธุ์แมลง – เช่น จิ้งหรีด ตั๊กแตน ด้วงสาคู หนอนไหม
2. การจัดการฟาร์ม – ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และป้องกันโรคโดยธรรมชาติ
3. การให้อาหารอินทรีย์ – ใช้อาหารที่ได้รับการรับรองอินทรีย์
4. การแปรรูปและบรรจุภัณฑ์ – ใช้วิธีธรรมชาติ เช่น การอบแห้งโดยไม่ใช้สารกันเสีย
5. การตรวจสอบคุณภาพ – ตรวจสอบโลหะหนัก สารตกค้าง และมาตรฐานความปลอดภัย

3. ข้อดีของการทำแมลงออร์แกนิก

ปลอดภัยต่อผู้บริโภค– ไม่มีสารพิษตกค้าง

เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม–ลดการใช้สารเคมีและลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์

เพิ่มมูลค่าทางการตลาด – ขายได้ราคาสูงขึ้นและเข้าถึงตลาดสากล

4. ความท้าทายและแนวทางแก้ไข

ต้นทุนการผลิตสูง แก้ไขโดยพัฒนาอาหารแมลงออร์แกนิกจากวัตถุดิบท้องถิ่น การรับรองมาตรฐานใช้เวลานาน แนะนำให้เริ่มจากมาตรฐาน GAP ก่อนพัฒนาเป็น Organic

ข้อแตกต่างระหว่างแมลงจากธรรมชาติและแมลงเพาะเลี้ยง

แมลงธรรมชาติมาจากการจับในป่า ส่วนแมลงเพาะเลี้ยงมาจากฟาร์มที่ควบคุมสภาพแวดล้อมได้ แมลงเพาะเลี้ยงมีคุณภาพและความปลอดภัยสูงกว่าเนื่องจากสามารถควบคุมอาหารและสุขอนามัยได้ การเลี้ยงแมลงในฟาร์มยั่งยืนกว่าการจับจากธรรมชาติและแมลงจากธรรมชาติเป็นที่นิยมในท้องถิ่น แต่แมลงเพาะเลี้ยงเริ่มได้รับความนิยมในเมืองและต่างประเทศ ทั้งนี้ การเลี้ยงแมลงออร์แกนิคยังมีศักยภาพในการเป็นแหล่งโปรตีนที่มีความปลอดภัยและยั่งยืนในอนาคต

(ข)จากการศึกษาค้นคว้าได้ค้นพบว่าปัญหากฎหมายในประเทศไทยที่มีความเกี่ยวข้องกับการทำธุรกิจแมลงออร์แกนิคเชิงพาณิชย์นั้นยังมีช่องว่างของตัวบทกฎหมายที่ไม่ครอบคลุมซึ่งการจะสร้างฟาร์มแมลงเพื่อการบริโภคในประเทศไทยนั้นอาจต้องมีการขออนุญาติการทำฟาร์มและติดต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมวิชาการเกษตร กรมปศุสัตว์ และสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) เพื่อขอคำแนะนำและตรวจสอบข้อกำหนดที่เฉพาะเจาะจงสำหรับการทำฟาร์มแมลงแต่ละประเภท ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับกฎหมายและข้อกำหนดหลายฉบับที่ยังไม่ครอบคลุมทั้งการเกษตร อุตสาหกรรมอาหาร สุขอนามัย และสิ่งแวดล้อม รวมถึงกฎหมายที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ดังนี้

1. พระราชบัญญัติควบคุมการฆ่าสัตว์และการจำหน่ายเนื้อสัตว์ พ.ศ. 2559

โดยเนื้อสัตว์ตามกฎหมายนี้หมายถึงสัตว์ที่เป็นอาหารของมนุษย์ เช่น วัว ควาย สุกร และไก่ ซึ่งไม่ได้รวมถึงแมลง ทำให้เกิดช่องว่างในการควบคุมมาตรฐานด้านสุขอนามัยในการแปรรูปและจำหน่ายแมลงในตลาดสำหรับบริโภค

2. พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522

กฎหมายนี้เป็นบทหลักในการควบคุมอาหารในประเทศไทย แต่การเลี้ยงแมลงยังไม่ได้รับการกล่าวถึงอย่างชัดเจนในกฎหมายนี้ ทำให้เกิดความสับสนในเรื่องของมาตรฐานความปลอดภัยในการเลี้ยงแมลงเพื่อการบริโภค รวมถึงปัญหาการขออนุญาตผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากแมลง การขอขึ้นทะเบียนอาหารจากแมลงยังคงต้องผ่านขั้นตอนซับซ้อนและไม่ชัดเจน

3. พระราชบัญญัติการประมง พ.ศ. 2558

แม้ว่าแมลงจะเป็นสัตว์ที่ถูกเพาะเลี้ยงเพื่อใช้ประโยชน์ แต่ในกฎหมายนี้ไม่ได้ระบุครอบคลุมการเลี้ยงแมลงสำหรับการบริโภคโดยตรง เนื่องจากมุ่งเน้นไปที่การเพาะเลี้ยงสัตว์ประเภทอื่นๆ เช่น สัตว์น้ำและสัตว์บกบางชนิด ทำให้เกิดความไม่แน่ชัดว่าผู้เลี้ยงแมลงควรได้รับการกำกับดูแลในลักษณะเดียวกันหรือไม่

4. พระราชบัญญัติศุลกากร พ.ศ. 2560

การส่งออกแมลงหรือผลิตภัณฑ์จากแมลงมีข้อจำกัดทางด้านศุลกากร แม้ว่าจะมีความต้องการในตลาดต่างประเทศ การส่งออกแมลงไปยังประเทศที่มีมาตรฐานความปลอดภัยสูง เช่น สหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกา ยังคงประสบปัญหาเรื่องมาตรฐานความปลอดภัยในระดับสากลและกฎระเบียบที่จำเพาะเจาะจงในการตรวจสอบและอนุญาตผลิตภัณฑ์จากแมลง

5. กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อม

การเลี้ยงแมลงในบางพื้นที่อาจต้องผ่านการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) โดยเฉพาะหากการเลี้ยงแมลงนั้นมีขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตาม การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับการเลี้ยงแมลงยังไม่มีหลักเกณฑ์เฉพาะ เนื่องจากไม่ได้มีการระบุในกฎหมายสิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจนว่าแมลงเป็นสัตว์ที่ต้องควบคุมเช่นเดียวกับการเลี้ยงสัตว์ชนิดอื่น

6. มาตรฐานการเลี้ยงแมลงเพื่อการบริโภค

ปัจจุบันประเทศไทยยังขาดมาตรฐานในการเลี้ยงและแปรรูปแมลงเพื่อการบริโภคโดยเฉพาะ ซึ่งทำให้การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์แมลงไม่ชัดเจน ส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นของผู้บริโภค และยังเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมแมลงให้เติบโต

แม้ว่าการใช้แมลงเชิงพาณิชย์จะมีประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม แต่ยังมีปัญหาท้าทายในการจัดการภายใต้กรอบของ CBD และพิธีสารนาโกย่า เช่น การเข้าถึงทรัพยากรพันธุกรรมและการแบ่งปันผลประโยชน์ต้องเป็นไปตามเงื่อนไขที่ตกลงร่วมกัน (MAT) และการแบ่งปันผลประโยชน์อย่างเป็นธรรมกับประเทศเจ้าของทรัพยากร หลายประเทศ รวมถึงประเทศไทยที่ยังไม่มีกรอบกฎหมายที่ชัดเจนในการจัดการ การใช้แมลงเชิงพาณิชย์ซึ่งต้องมีการควบคุมและติดตามเพื่อป้องกันผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์ต่อความหลากหลายทางชีวภาพ และในส่วนแมลงที่มีการดัดแปลงพันธุกรรมหรือมีศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมต้องผ่านการประเมินความเสี่ยง ปัญหาที่เกิดขึ้นในประเทศไทยคือการบังคับใช้ข้อบังคับเหล่านี้ยังคงเป็นความท้าทาย นอกจากนี้ การพัฒนากรอบกฎหมายและการบังคับใช้ที่ชัดเจนจะช่วยให้ประเทศไทยสามารถจัดการกับปัญหาเหล่านี้ได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืน ตามแบบ ร่าง พ.ร.บ.ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biological Diversity Act) ที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการอนุรักษ์และจัดระเบียบความหลากหลายทางชีวภาพ รวมถึงเข้าถึงและการแบ่งปันผลประโยชน์จากทรัพยากรอย่างเป็นธรรมและไม่กระทบต่อสมดุลของระบบนิเวศ ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดของอนุสัญญาสหประชาชาติ (CBD) และ พิธีสารนาโกย่า (Nagoya Protocol) โดยวัตถุประสงค์หลักจะเป็นการรักษาและปกป้องพันธุ์พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ รวมถึงถิ่นที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติส่งเสริมการใช้ทรัพยากรชีวภาพอย่างมีความรับผิดชอบ ให้ผลประโยชน์จากทรัพยากรอย่างเป็นธรรม พระราชบัญญัตินี้มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพและการจัดการทรัพยากรชีวภาพอย่างยั่งยืน ทั้งยังต้องการความร่วมมือจากทุกภาคส่วน เพื่อสร้างแผนปฏิบัติการและความตระหนักรู้ที่ชัดเจน นอกจากนี้ กฎหมายยังต้องได้รับการบังคับใช้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้การปกป้องความหลากหลายทางชีวภาพเป็นไปได้อย่างยั่งยืน

กฎหมายคุ้มครองผู้บริโภคในประเทศไทยมีบทบาทสำคัญในการป้องกันและรักษาสิทธิของผู้บริโภค โดยเฉพาะในเรื่องการบริโภคสินค้าและบริการที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ กฎหมายที่สำคัญได้แก่ พระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค พ.ศ. 2522 ซึ่งกำหนดให้ผู้ประกอบการต้องรับผิดชอบในเรื่องการให้ข้อมูลสินค้าอย่างถูกต้องและปลอดภัย นอกจากนี้ยังมีกฎหมายเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับความรับผิดชอบของผู้ประกอบการ เช่น พระราชบัญญัติความรับผิดชอบต่อความเสียหายที่เกิดจากสินค้าที่ไม่ปลอดภัย พ.ศ. 2551 ซึ่งมุ่งเน้นไปที่การคุ้มครองสุขภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภคในเรื่องของ อาหารที่ทำจากแมลงแปรรูป ซึ่งได้รับความนิยมมากขึ้นในหลายประเทศ รวมถึงประเทศไทย กฎหมายกำหนดให้แมลงแปรรูปต้องผ่านการตรวจสอบและควบคุมมาตรฐานด้านความปลอดภัย เช่น การป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อโรคและสารพิษ ผู้ผลิตจะต้องระบุข้อมูลบนฉลากอย่างชัดเจน ทั้งในเรื่องของชนิดของแมลง ข้อมูลโภชนาการ และคำเตือนเกี่ยวกับการแพ้ กฎหมายนี้อยู่ภายใต้ พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 และ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 414) พ.ศ. 2563 ที่ควบคุมอาหารใหม่ ซึ่งรวมถึงแมลงแปรรูป

อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่ยังคงอยู่คือการควบคุมดูแลการผลิตและจำหน่ายแมลงแปรรูปยังมีข้อบกพร่อง โดยเฉพาะในฟาร์มเล็กๆ หรือในพื้นที่ชนบท ที่อาจไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยตามที่กำหนด ทำให้ผู้บริโภคเสี่ยงต่อการได้รับสารพิษหรือเชื้อโรคจากการบริโภคแมลง นอกจากนี้ การให้ข้อมูลที่ไม่ครบถ้วนบนฉลากสินค้า หรือการโฆษณาเกินจริงก็เป็นปัญหาที่ต้องการการควบคุมอย่างเข้มงวดมากขึ้น เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับข้อมูลที่ถูกต้องและสามารถเลือกซื้อสินค้าที่ปลอดภัยได้

มาตรฐานแมลงในประเทศไทยครอบคลุมหลายด้าน รวมถึงการเพาะเลี้ยง การแปรรูป และความปลอดภัยทางอาหาร โดยมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) และ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) เป็นผู้กำหนดหลักเกณฑ์มาตรฐานต่าง ๆ

1. มาตรฐานสินค้าเกษตรสำหรับแมลง

มกอช. มีการกำหนดมาตรฐานแมลงที่สำคัญ ได้แก่:

มกษ. 8253-2560 : มาตรฐานแมลงที่ใช้เป็นอาหาร

มกษ. 8201-2559 : แนวทางปฏิบัติในการเพาะเลี้ยงแมลงเพื่อเป็นอาหาร

มกษ. 8202-2559 : แนวทางปฏิบัติที่ดีในการผลิตแมลงเพื่อเป็นอาหาร

ความสำคัญของมาตรฐาน มกอช. คือ

การเพาะเลี้ยงต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม การให้อาหารแมลงต้องปลอดภัย ไม่ปนเปื้อนสารพิษ การแปรรูปแมลงต้องถูกสุขอนามัยและผ่านกระบวนการที่ปลอดภัย ต้องมีการควบคุมการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และสารเคมี

2. มาตรฐานของ อย. สำหรับแมลงเป็นอาหาร

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) กำกับดูแลแมลงที่ใช้เป็นอาหารในด้านความปลอดภัย เช่น กำหนดให้แมลงเป็น “อาหารใหม่” (Novel Food) ซึ่งต้องผ่านการประเมินด้านความปลอดภัยก่อนจำหน่าย กำหนดเกณฑ์ด้านสารพิษตกค้าง เช่น สารโลหะหนัก ยาฆ่าแมลง การติดฉลากผลิตภัณฑ์แมลงแปรรูป ต้องแสดงข้อมูลโภชนาการ และคำเตือนที่จำเป็น

3. มาตรฐานสากลเกี่ยวกับแมลงในอาหาร ประเทศไทยยังอ้างอิง มาตรฐานสากล เช่นCodex Alimentarius (โดย FAO/WHO) มาตรฐานของสหภาพยุโรป (EU) และองค์การอาหารและยาสหรัฐ (FDA)

4. ประเภทแมลงที่ได้รับอนุญาตในไทย แมลงที่นิยมบริโภคและได้รับอนุญาต เช่น

จิ้งหรีด (Acheta domesticus, Gryllus bimaculatus) ด้วงสาคู (Rhynchophorus ferrugineus) หนอนไหม (Bombyx mori) ตั๊กแตน (Locusta migratoria)

แมลงต้องได้รับการเลี้ยงและผลิตภายใต้เงื่อนไขที่ปลอดภัยและมีมาตรฐาน ในประเทศไทยมีมาตรฐานชัดเจนเกี่ยวกับแมลงเป็นอาหาร ซึ่งครอบคลุมทั้งการเพาะเลี้ยง การแปรรูป และการตรวจสอบความปลอดภัย โดยอ้างอิงมาตรฐานสากลเพื่อรองรับตลาดทั้งในและต่างประเทศ

ซึ่งกฎหมายในต่างประเทศจะช่วยให้เห็นถึงแนวทางที่สามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในกระบวนการผลิตและการป้องกันอันตรายต่อผู้บริโภคในประเทศไทยได้ดียิ่งขึ้น จากการศึกษากฎหมายยุโรป ค้นพบว่าตัวกฎหมาย (Novel Food Regulation) กฎระเบียบของสหภาพยุโรปที่กำหนดเกณฑ์และขั้นตอนการอนุมัติอาหารใหม่ที่ไม่เคยมีการบริโภคในยุโรปมาก่อน รวมถึงการประเมินความปลอดภัยก่อนที่จะมีการวางจำหน่ายในตลาดของสหภาพยุโรป แมลงที่นำมาใช้เป็นอาหารจะถูกจัดเป็น "Novel Food" ซึ่งหมายถึงอาหารใหม่ที่ไม่เคยถูกบริโภคมาก่อน กฎหมาย Novel Food Regulation (Regulation (EU) 2015/2283) กำหนดให้ผลิตภัณฑ์จากแมลงต้องผ่านการประเมินความปลอดภัยอย่างเข้มงวด รวมถึงการตรวจสอบทางโภชนาการและการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ Implementing Regulation กฎระเบียบของสหภาพยุโรปที่เกี่ยวข้องกับการใช้แมลงเป็นอาหารและอาหารสัตว์ ประกอบด้วยมาตราต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้:

1. Regulation (EU) 2015/2283 – Novel Food Regulation เกี่ยวข้องกับการกำหนดและอนุมัติอาหารใหม่ที่ไม่มีประวัติการบริโภคมาก่อนในสหภาพยุโรป

มาตราที่สำคัญ:

มาตรา 3 – คำจำกัดความของ “อาหารใหม่” รวมถึงแมลงทั้งตัวและส่วนประกอบของแมลง

มาตรา 6 – ข้อกำหนดในการขออนุญาตอาหารใหม่ ต้องยื่นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความปลอดภัย

มาตรา 10 – ขั้นตอนการอนุมัติผลิตภัณฑ์โดยคณะกรรมาธิการยุโรป

มาตรา 20 – ข้อกำหนดเกี่ยวกับการติดฉลากและการให้ข้อมูลแก่ผู้บริโภค

2. Regulation (EC) No 852/2004 – Food Hygiene กำหนดข้อกำหนดด้านสุขอนามัยอาหารสำหรับผู้ผลิตและผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมอาหาร

มาตราที่สำคัญ:

มาตรา 4 – ข้อกำหนดด้านสุขอนามัยทั่วไปที่ผู้ประกอบการต้องปฏิบัติตาม

มาตรา 5 – ระบบการจัดการความปลอดภัยอาหารตามหลักการ HACCP

มาตรา 8 – การตรวจสอบและควบคุมโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

3. Regulation (EC) No 183/2005 – Feed Hygiene ระบุข้อกำหนดเกี่ยวกับสุขอนามัยของอาหารสัตว์ รวมถึงการใช้โปรตีนจากแมลง

มาตราที่สำคัญ:

มาตรา 6 – การขึ้นทะเบียนและการอนุญาตโรงงานผลิตอาหารสัตว์

มาตรา 10 – การจัดการวัตถุดิบและกระบวนการผลิตอาหารสัตว์

มาตรา 15 – การตรวจสอบและติดตามคุณภาพอาหารสัตว์

4. Regulation (EU) 2017/893 – Insect Protein for Animal Feed อนุญาตให้ใช้โปรตีนจากแมลงในอาหารสัตว์บางประเภท

มาตราที่สำคัญ:

มาตรา 2 – รายชื่อแมลงที่อนุญาตให้ใช้ เช่น หนอนแมลงวันลาย, จิ้งหรีด และหนอนนก

มาตรา 3 – เงื่อนไขและกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ที่มีโปรตีนจากแมลง

มาตรา 5 – การควบคุมและติดตามผลกระทบด้านความปลอดภัย

5. Regulation (EU) 2019/626 – Official Controls on Food and Feed Imports กำหนดข้อกำหนดการนำเข้าอาหารและอาหารสัตว์จากประเทศที่สาม

มาตราที่สำคัญ:

มาตรา 10 – ข้อกำหนดเกี่ยวกับการตรวจสอบสินค้านำเข้าเพื่อความปลอดภัย

มาตรา 15 – การติดฉลากสินค้านำเข้าที่มีส่วนผสมจากแมลง

กฎระเบียบเหล่านี้กำหนดมาตรฐานที่ครอบคลุมเกี่ยวกับการผลิต การแปรรูป การตลาด และการนำเข้าแมลงและผลิตภัณฑ์จากแมลงในสหภาพยุโรป เพื่อให้มั่นใจถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคและมาตรฐานสุขอนามัยที่เหมาะสม

(ค) การเลี้ยงแมลงออร์แกนิคเพื่อการบริโภคที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและอนามัยได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนที่ใช้ทรัพยากรน้อยกว่าการเลี้ยงสัตว์ขนาดใหญ่ การพัฒนามาตรการทางกฎหมายเพื่อรองรับการผลิตแมลงสำหรับการบริโภคจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยอาจมีแนวทางการจัดระเบียบและมาตรฐานการผลิต จัดตั้งมาตรฐานสำหรับการเลี้ยงแมลงออร์แกนิค รวมถึงการควบคุมกระบวนการผลิต การเก็บรักษา และการแปรรูป ควบคุมคุณภาพอาหารที่ใช้เลี้ยงแมลง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารเคมีหรือสารพิษ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์แมลงมีความปลอดภัยต่อการบริโภค กำหนดให้ผู้ผลิตต้องมีใบอนุญาตในการเลี้ยงและจัดจำหน่ายแมลงที่ได้มาตรฐาน ซึ่งรวมถึงการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ควบคุมการใช้สถานที่ในการเลี้ยงแมลง เช่น ต้องอยู่ในพื้นที่ที่ปลอดภัย ไม่รบกวนสิ่งแวดล้อมหรือชุมชนโดยรอบ สนับสนุนการวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของการบริโภคแมลงต่อสุขภาพและวิธีการเลี้ยงที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภค โดยการกำหนดตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานการเลี้ยงที่สอดคล้องกับมาตรฐานสากล เช่น FAO หรือ WHO เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภค การให้ข้อมูลและการรับรองผลิตภัณฑ์ กำหนดมาตรการในการแสดงข้อมูลผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน เช่น ประเภทของแมลง แหล่งที่มา วิธีการเลี้ยงและการแปรรูป รวมถึงการรับรองมาตรฐานออร์แกนิคบนฉลากผลิตภัณฑ์ ส่งเสริมให้ผู้บริโภคมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการบริโภคแมลง และสร้างความมั่นใจในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง ข้อกำหนดเกี่ยวกับการจัดการของเสียจากการเลี้ยงแมลง เช่น การใช้วัสดุรีไซเคิลสำหรับอุปกรณ์เลี้ยง การจัดการน้ำเสีย การควบคุมกลิ่น และการจัดการของเสียจากซากแมลงอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างประเทศเนื่องจากตลาดแมลงกำลังขยายตัวทั่วโลก การสร้างความร่วมมือระหว่างประเทศเพื่อพัฒนามาตรฐานและการแลกเปลี่ยนข้อมูล จะช่วยให้เกิดการควบคุมที่สอดคล้องกันในการผลิตและการส่งออกผลิตภัณฑ์แมลง

การทำแมลงออร์แกนิกเป็นแนวทางที่ยั่งยืนและมีศักยภาพสูงในตลาดอาหารโปรตีนทางเลือก ผู้ที่สนใจควรศึกษาแนวทางปฏิบัติและขอรับรองมาตรฐานเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือในตลาด กฎหมายหลายฉบับที่บังคับใช้กับสัตว์โดยทั่วไปไม่ได้บังคับใช้กับแมลงเนื่องจากเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังการปฏิบัติตามข้อกำหนดที่มีอยู่ในแนวทางของแต่ละประเทศนั้นขึ้นอยู่กับความสมัครใจ ดังนั้น กฎหมายจึงไม่ครอบคลุมถึงการเพาะพันธุ์ การตลาด และการควบคุมแมลงที่ใช้เป็นอาหารหลายประการ การสร้างกรอบกฎหมายเพื่อรับรองความปลอดภัยด้านแมลงที่ใช้เป็นอาหารและผลิตภัณฑ์แมลงจากแหล่งผลิตที่ได้รับการรับรองคุณภาพการผลิตที่ใช้เป็นอาหาร รวมถึงทำให้ผู้บริโภคเข้าใจถึงประโยชน์ของแมลงออร์แกนิค การสนับสนุนและการพัฒนาและรับรองระบบฟาร์มแมลงออร์แกนิคให้เป็นแบบสากลไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มความมั่นคงทางอาหาร แต่ยังส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจในระดับชุมชน หากมีการดำเนินการอย่างเหมาะสม จะสามารถสร้างโอกาสใหม่ๆ สำหรับเกษตรกรและผู้บริโภค ซึ่งการกำหนดแนวทางและมาตรการเหล่านี้จะช่วยสนับสนุนการเลี้ยงแมลงออร์แกนิคให้เติบโตอย่างยั่งยืน โดยยังคงรักษามาตรฐานด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในอนาคต

สรุปผลและอธิปรายผล

การจับแมลงตามธรรมชาติเพื่อนำมาแปรรูปเป็นอาหารในกิจการเชิงพาณิชย์ทำให้จำนวนของแมลงในธรรมชาตินั้นมีจำนวนที่ลดน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากไม่มีกฎหมายที่จะสามารถควบคุมจำนวนในการใช้ประโยชน์จากแมลงได้อย่างชัดเจนและเฉพาะเจาะจง ทั้งนี้ในการศึกษาข้อมูลพบว่าการนำแมลงมาเพาะเลี้ยงเองในกิจการฟาร์มแมลงมีส่วนที่ช่วยทำให้ลดการจับแมลงในธรรมชาติไปได้อย่างมาก และมีจำนวนของผู้คนที่หันมาบริโภคแมลงในที่เลี้ยงมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในเรื่องของการบริโภคที่ถูกสุขลักษณะและไม่มีสารหรือสิ่งปนเปื้อนในตัวของแมลง เพราะแมลงตามธรรมชาติที่ถูกจับมานั้นไม่สามารถที่จะรู้ได้อย่างแน่ชัดว่ามีแหล่งที่มาที่ไปจากไหนหรือมีการปนเปื้อนมามากน้อยแค่ไหน จึงทำให้มีการหันมาบริโภคแมลงที่มาจากการทำฟาร์มแมลงแทน โดยทั้งนี้ต้องคำนึงถึงสุขอนามัยของผู้บริโภคเป็นหลัก แต่เนื่องด้วยมาตรการหรือการรับรองการผลิตที่มีของไทยในปัจจุบันนั้นยังไม่เพียงพอที่จะใช้ในการดูแลครอบคลุมได้ทั่วถึง เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานออร์แกนิคที่ชัดเจนสำหรับการเลี้ยงแมลง แม้ว่าจะมีการพัฒนากฎระเบียบและมาตรฐานจากหน่วยงานรัฐ เช่น กรมปศุสัตว์ แต่การควบคุมคุณภาพและการรับรองยังไม่เข้มงวดพอ นอกจากนี้ การขาดการสนับสนุนด้านการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมในการเลี้ยงแมลงทำให้อุตสาหกรรมแมลงออร์แกนิคในประเทศยังไม่เติบโตเต็มที่ และยังมีช่องว่างของกฎหมายในปัจจุบันที่ยังไม่ครอบคลุมได้อย่างชัดเจนและไม่มีขั้นตอนอย่างตรงไปตรงมาเท่าที่ควร ต่างจากต่างประเทศ เช่น สหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีการพัฒนากฎหมายและมาตรฐานออร์แกนิคที่ชัดเจนและครอบคลุมสำหรับการผลิตแมลง ในขณะที่ประเทศไทยยังขาดมาตรฐานดังกล่าว ทำให้ยากต่อการส่งออกและสร้างความเชื่อมั่นในตลาดต่างประเทศการสนับสนุนด้านการวิจัยในยุโรปและอเมริกานั้นแข็งแกร่งกว่าประเทศไทย ซึ่งยังขาดการลงทุนในการพัฒนาเทคโนโลยีและการปรับปรุงกระบวนการผลิตแมลง การวิจัยในประเทศไทยส่วนใหญ่เน้นที่การเลี้ยงแมลงในระดับชุมชน โดยยังไม่ได้มุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่ม การพัฒนาแมลงออร์แกนิคในต่างประเทศมีความก้าวหน้าอย่างมาก โดยเฉพาะในยุโรปและสหรัฐอเมริกา ที่มีการสนับสนุนจากภาครัฐ มาตรฐานที่ชัดเจน และการวิจัยที่ก้าวหน้า ในขณะที่ประเทศไทยมีศักยภาพในการพัฒนาอุตสาหกรรมนี้ แต่ยังขาดกฎระเบียบและการวิจัยที่เพียงพอ การลงทุนในมาตรฐานออร์แกนิคและการสนับสนุนจากภาครัฐจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อผลักดันอุตสาหกรรมแมลงออร์แกนิคในประเทศให้เติบโตอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

การนำกฎระเบียบของสหภาพยุโรป (EU) มาปรับใช้กับประเทศไทยต้องพิจารณาในหลายมิติ ทั้งด้านกฎหมาย มาตรฐานความปลอดภัยอาหาร และการกำกับดูแล เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับบริบทของประเทศ โดยสามารถดำเนินการได้ในลักษณะดังต่อไปนี้:

1. การกำหนดนิยามและกรอบกฎหมายอาหารใหม่ (Novel Food Regulation)

แนวทางจาก EU:

Regulation (EU) 2015/2283 กำหนดนิยาม “อาหารใหม่” อย่างชัดเจน โดยครอบคลุมอาหารที่ไม่มีประวัติการบริโภคในยุโรปก่อนปี 2540 รวมถึงแมลงทั้งตัวและโปรตีนจากแมลง

มีระบบการขออนุญาตที่ชัดเจน โดยต้องผ่านการประเมินจากหน่วยงานความปลอดภัยอาหารแห่งสหภาพยุโรป (EFSA)

การปรับใช้กับไทย:

ควรเพิ่มบทบัญญัติใน พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 ให้ครอบคลุม “อาหารใหม่” เพื่อกำหนดนิยามและหลักเกณฑ์การพิจารณาความปลอดภัยของแมลงเป็นอาหาร

ควรจัดตั้งระบบการขึ้นทะเบียนอาหารใหม่โดยให้ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) เป็นหน่วยงานหลัก

ประโยชน์ที่ได้รับ:

สร้างมาตรฐานที่ชัดเจนและเพิ่มความเชื่อมั่นในตลาดส่งออก

สนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมแมลงอย่างยั่งยืน

2. การปรับปรุงมาตรฐานสุขอนามัยและความปลอดภัยอาหาร

แนวทางจาก EU:

Regulation (EC) No 852/2004 กำหนดมาตรฐานสุขอนามัยอาหารตามหลักการ HACCP เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตให้มีความปลอดภัย

มีการกำหนดข้อกำหนดด้านการแปรรูปและเก็บรักษาแมลงเพื่อป้องกันการปนเปื้อน

การปรับใช้กับไทย:

ปรับปรุง ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 420 (พ.ศ. 2563) เกี่ยวกับสุขลักษณะอาหารให้ครอบคลุมกระบวนการผลิตแมลงโดยเฉพาะ

สนับสนุนการนำระบบ HACCP หรือมาตรฐานสากล (เช่น ISO 22000) มาใช้ในกระบวนการผลิตแมลงในประเทศไทย

ประโยชน์ที่ได้รับ:

ยกระดับความปลอดภัยอาหารให้ได้มาตรฐานสากล

ลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อนและเพิ่มโอกาสส่งออก

3. การควบคุมอาหารสัตว์ที่มีส่วนผสมจากแมลง

แนวทางจาก EU:

Regulation (EU) 2017/893 อนุญาตให้ใช้โปรตีนแมลงในอาหารสัตว์ เช่น อาหารสัตว์น้ำ และสัตว์เลี้ยง โดยมีการควบคุมแหล่งที่มาของแมลงอย่างเข้มงวด

การปรับใช้กับไทย:

ปรับปรุง พระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ พ.ศ. 2558 เพื่ออนุญาตให้ใช้โปรตีนแมลงในอาหารสัตว์อย่างถูกกฎหมาย

กำหนดมาตรฐานคุณภาพแมลงและกระบวนการผลิตให้ชัดเจนโดย กรมปศุสัตว์

ประโยชน์ที่ได้รับ:

เพิ่มแหล่งโปรตีนทางเลือกที่ยั่งยืนสำหรับอาหารสัตว์

สนับสนุนอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ให้มีความสามารถแข่งขันในตลาดโลก

4. การกำหนดข้อกำหนดด้านการติดฉลากผลิตภัณฑ์

แนวทางจาก EU:

Regulation (EU) 1169/2011 กำหนดให้ผลิตภัณฑ์จากแมลงต้องระบุส่วนประกอบอย่างชัดเจนและให้ข้อมูลเกี่ยวกับความเสี่ยงจากการแพ้

การปรับใช้กับไทย:

ปรับปรุง ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 383 (พ.ศ. 2560) ให้ครอบคลุมการระบุฉลากสินค้าแมลง โดยเฉพาะคำเตือนเกี่ยวกับสารก่อภูมิแพ้ เช่น ครัสเตเชียน

กำหนดให้ฉลากมีข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการบริโภคและการเก็บรักษาที่ปลอดภัย

ประโยชน์ที่ได้รับ:

ปกป้องผู้บริโภคจากอาการแพ้

เพิ่มความโปร่งใสของข้อมูลสินค้าและความน่าเชื่อถือ

5. การกำกับดูแลและตรวจสอบสินค้านำเข้า-ส่งออก

แนวทางจาก EU:

Regulation (EU) 2019/626 กำหนดข้อกำหนดการนำเข้าอาหารแมลงจากประเทศที่สาม และการตรวจสอบคุณภาพสินค้าก่อนเข้าสู่ตลาด

การปรับใช้กับไทย:

ปรับปรุงมาตรการภายใต้ พระราชบัญญัติศุลกากร พ.ศ. 2560 ให้มีข้อกำหนดเฉพาะสำหรับการนำเข้า-ส่งออกแมลงและผลิตภัณฑ์จากแมลง

เพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบและกักกันสินค้าโดย กรมวิชาการเกษตร และ กรมปศุสัตว์

ประโยชน์ที่ได้รับ:

ลดอุปสรรคทางการค้า และเพิ่มโอกาสส่งออกไปยังตลาด EU

ป้องกันการปนเปื้อนและปัญหาด้านสุขอนามัยข้ามประเทศ

ข้อสรุปการนำกฎหมาย EU มาปรับใช้กับไทย

1. การปรับปรุงกฎหมายไทยให้ครอบคลุมอาหารใหม่ – เพิ่มบทบัญญัติเรื่องอาหารใหม่เพื่อรองรับการผลิตแมลงเพื่อการบริโภค

2. ยกระดับมาตรฐานสุขอนามัย – การปรับใช้หลักการ HACCP และมาตรฐาน EU จะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์

3. สนับสนุนการใช้แมลงในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ – เปิดโอกาสให้ไทยเป็นผู้ผลิตวัตถุดิบโปรตีนจากแมลงที่มีคุณภาพ

4. การกำกับดูแลและการตรวจสอบ – ควรนำระบบตรวจสอบที่เข้มงวดตามแนวทาง EU มาใช้ เพื่อป้องกันปัญหาด้านสุขอนามัย

5. การพัฒนาและส่งเสริมผู้ประกอบการ – ให้ความรู้และสนับสนุนผู้ประกอบการไทยให้ปฏิบัติตามมาตรฐาน EU เพื่อการส่งออกที่ยั่งยืน

การนำกฎหมาย EU มาปรับใช้กับไทยไม่เพียงแต่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์แมลงไทยสามารถเข้าสู่ตลาดยุโรปได้เท่านั้น แต่ยังเป็นการยกระดับมาตรฐานอุตสาหกรรมภายในประเทศให้มีความปลอดภัยและเป็นที่ยอมรับในระดับสากล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธิติ ไวกวี ประธานที่ปรึกษางานวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.นภนันต์ ศุภศิริพงษ์ชัย กรรมการที่ปรึกษางานวิจัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและค้าปรึกษา ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ในการทำวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

ประภัสสร, ว. ถ. (2023). **การรับรู้คุณค่าด้านผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากแมลง.** Procedia of Multidisciplinary Research, 1(7), 98–98.

พิชิต, ส. (2023). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากจิ้งหรีด.** วารสารวิจัยเกษตรศาสตร์, 15(2), 45–67.

สุภาพร, พ., & วรวุฒิ, ว. (2567). **การศึกษาวิจัยเรื่องแมลงกินได้.** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 25(2), 123–135. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/tsujournal/article/view/68352/55659.

สุวิทย์, ศ. (2024). **การเลี้ยงจิ้งหรีดเชิงพาณิชย์ในระบบปิดเพื่อผลิตโปรตีนแมลง.** วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 22(3), 123–145.

สุนทร, ต. (2567). **แมลงกินได้.** คลังความรู้ SciMath. สืบค้นเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2567, จาก https://www.scimath.org/article-biology/item/565-insect?fbclid=IwAR0n7GdT8kBOaUuSM38tSYtH7azL0mgmRy94gULq7dVsCrkZ9Xax-mwzCzE.

ธิดารัตน์, พ. (2567). **แมลงกินได้คุณค่าทางโภชนาการและการแปรรูปเพื่อนำไปใช้ประโยชน์.** วิชาการ. สืบค้นเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2567, จาก https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/BKN/search_detail/dowload_digital_file/20008754/159079.

วราพร, ล. (2024). **การประเมินความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีส่วนผสมของแมลง.** วารสารวิจัยอาหารและโภชนาการ, 22(4), 98–112.

Department of International Trade Promotion. (n.d.). Retrieved from https://www.ditp.go.th/contents_attach/644352/644352.pdf.

Department of Livestock Development. (n.d.). Retrieved from https://dld.go.th/th/index.php/th/newsflash/354-hotnews-cat/23747-3.

GreenNet. (n.d.). **IFOAM OA insect.** Retrieved from https://www.greennet.or.th/2204-ifoam-oa-insect/?fbclid=IwAR3TpKwoy5C4A0U8T_URySaYYhDYVSyyne8eVtcP9LcOg8GVilFnP2CeWLM.

GreenNet. (n.d.). **New EU regulations on edible insects.** Retrieved from https://www.greennet.or.th/new-eu-reg/?fbclid=IwAR0NBgwM5yQRIyS-_ppJnHzoIR1vsCKFttjxfNuTMyoBvEtXLF-ZTZ2jacI.

Thaiware. (2567). **กินแมลงเป็นอาหาร? แมลงอาหารยุคใหม่ แหล่งโปรตีนแห่งโลกอนาคต (อันใกล้).** สืบค้นเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2567, จาก https://review.thaiware.com/1802.html?fbclid=IwAR2tbI9fUkpU0_7KF4HNInkKbqnROqRuRhSAcBHOhrvq8BgiF5uaOclurzY.

Thaiware **Review. (n.d.).** Retrieved from https://review.thaiware.com/1802.html?fbclid=IwAR2tbI9fUkpU0_7KF4HNInkKbqnROqRuRhSAcBHOhrvq8BgiF5uaOclurzY.

กองบรรณาธิการ พะเยาวิจัยครั้งที่ 14

1. ศาสตราจารย์ ดร.เสมอ ถาน้อย
2. ศาสตราจารย์ ดร.สุทิสา ถาน้อย
3. ศาสตราจารย์ นพ.สุกิจ พันธุ์พิมานมาศ
4. รองศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร บุญมาก
5. รองศาสตราจารย์ ดร.ไพบูลย์ ปะนาเส
6. รองศาสตราจารย์ ดร.วัชรภรณ์ ช่อลำเจียก
7. รองศาสตราจารย์ ดร.สาคร เมฆรักษาวนิช
8. รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล
9. รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรมงคล สุวรรณภูมิ
10. รองศาสตราจารย์ ดร.อรระวี คงสมบัติ
11. รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ศักดิ์ หนูสอน
12. รองศาสตราจารย์ ดร.อัมเรศ เนตาสิทธิ์
13. รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญนภา คล้ายสิงโต
14. รองศาสตราจารย์ ดร.พลวัฒ ประพัฒน์ทอง
15. รองศาสตราจารย์ ดร.รักษิต สุทธิพงษ์
16. รองศาสตราจารย์ ดร.ทพ.ภัชรพล สำเนียง
17. รองศาสตราจารย์ ดร.รัตนา ทรัพย์บำเรอ
18. รองศาสตราจารย์ ดร.สาคร เมฆรักษาวนิช
19. รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ ดำรงวิริยะนุภาพ
20. รองศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา มิ่งฉาย
21. รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาวัณย์ ภูมิดอนมิ่ง
22. รองศาสตราจารย์ ดร.วรเทพ แซ่ล่อง
23. รองศาสตราจารย์ ดร.ต่อพงศ์ กรีธาชาติ
24. รองศาสตราจารย์ ดร.ฟีรเดช ทองอำไพ
25. รองศาสตราจารย์ ดร.วารุณี อริยวิริยะนันท์
26. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมนาด อินทจามรรักษ์
27. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หนึ่งฤทัย สุพรม
28. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติ เอี่ยมชื่น
29. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หนึ่งฤทัย นิลศรี
30. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ ชิดบุรี
31. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศานิตย์ ศรีคุณ
32. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จริยา สุขจันทรา
33. ดร.วารัชต์ มัธยมบุรุษ
34. ดร. ฑาริกา พลโลก

เลขานุการ

นายจักรพงศ์ มาลีพัตร

ผู้ช่วยเลขานุการ

นางมนีกานต์ วังแสง

นางสาวรัชฎาภรณ์ แก้วสีบ

UNIVERSITY ROLE FOR AREA MANAGER DEVELOPMENT

DRA
DIVISION OF RESEARCH ADMINISTRATION
UNIVERSITY OF PHAYAO

กองบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยพะเยา

@University of Phayao
พะเยาวิจัย กองบริหารงานวิจัย
08 2629 1970
www.prc.up.ac.th
www.dra.up.ac.th
E-Mail: prconference@up.ac.th