



วารสารวิจัยและพัฒนา
วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

VRU Research and Development Journal // ISSN 3027-7353 (Online)
Science and Technology

ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม - เดือนเมษายน 2568)
Volume 20 Number 1 (January - April 2025)



วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ อาหาร วิทยาศาสตร์การแพทย์ และสุขภาพ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิศวกรรมศาสตร์ สาขาอื่นๆ และเทคโนโลยีสารสนเทศ สู่ นักวิจัย นักวิชาการและผู้สนใจทั่วไป
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานบทความวิจัย เพื่อการพัฒนาพื้นที่ในระดับจังหวัด กลุ่มจังหวัด ตำบล หมู่บ้าน หรือชุมชน แก่นักวิจัย นักวิชาการและบุคคลทั่วไป ได้เสนองานผลงานวิจัยสู่สาธารณะ
3. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ อาหาร วิทยาศาสตร์การแพทย์ และสุขภาพ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิศวกรรมศาสตร์ สาขาอื่นๆ และเทคโนโลยีสารสนเทศ รวมไปถึงประสบการณ์ในการวิจัยระหว่างสถาบัน

เจ้าของ

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์

กำหนดออกเผยแพร่

ปีละ 3 ฉบับ

ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน)

ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม)

ฉบับที่ 3 (กันยายน – ธันวาคม)

คณะที่ปรึกษา

รศ.ดร.สมบัติ คชสิทธิ์

รศ.ดร.อรสา จรูญธรรม

ผศ.ดร.ภักดิ์ กัลยาณมิตร

ผศ.ชวลา ละวาทิน

บรรณาธิการ

อาจารย์ ดร.ศิริวรรณ พลเศษ

กองบรรณาธิการ

1. ศ.ดร.สมจิตต์ สุพรรณทัศน์

2. ศ.ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข

3. ศ.ดร.พานิช อินต๊ะ

4. ศ.ดร.สุรสิงห์ ไชยคุณ

5. รศ.ดร.สุรัชย์ สุขสกุลชัย

6. รศ.ดร.สุทธิพันธุ์ แก้วสมพงษ์

7. รศ.ดร.ชนินทร์ บุญลักษณะนุสรณ์

8. รศ.ดร.นรเศรษฐ์ พัฒนเดช

9. รศ.ดร.พิสิษฐ์ ลีวนกุล

10. รศ.ดร.เจษฎา มิ่งฉาย

11. Assoc. Prof. Ramesprabu
Ramaraj

มหาวิทยาลัยมหิดล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

ราชมงคลล้านนา

มหาวิทยาลัยบูรพา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าธนบุรี

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คณะผู้จัดทำวารสารและเผยแพร่

อาจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ปิยะพงษ์ ยงเพชร

อาจารย์วิชญะ ศิลาอ่อน

นางนงลักษณ์ สมณะ

นางสาวปรียา ยอดจันทร์

นายชูศักดิ์ ชันธชาติ

ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ปนจ.ประตูน้ำพระอินทร์

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 13180

โทรศัพท์ 0 2909 3036

E-mail: rdi_journalsci@vru.ac.th

Website: <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/>

ข้อความและบทความในวารสารนี้
เป็นความคิดเห็นของผู้นิพนธ์โดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหา
และข้อคิดเห็นอื่นๆ แต่อย่างใด

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

VRU Research and Development Journal

Science and Technology

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สุนักวิจัยและผู้สนใจทั่วไป และเพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และประสบการณ์ในการวิจัยระหว่างสถาบัน ซึ่งได้รับการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการจากศูนย์อ้างอิงดัชนีวารสารไทย (TCI) โดยถูกจัดให้เป็น วารสารกลุ่มที่ 1 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีกำหนดออกเผยแพร่ ปีละ 3 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม – เดือนเมษายน) ฉบับที่ 2 (เดือนพฤษภาคม – เดือนสิงหาคม) ฉบับที่ 3 (เดือนกันยายน – เดือนธันวาคม) สำหรับนักวิจัยที่มีความประสงค์จะส่งต้นฉบับเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนาฯ สามารถส่งบทความวิจัยดังกล่าวมายังกองบรรณาธิการได้โดยตรง ทั้งนี้บทความวิจัยที่เสนอขอตีพิมพ์จะต้องไม่เคยหรือได้อยู่ในระหว่างขอเสนอลงตีพิมพ์ในวารสารฉบับอื่นมาก่อน ซึ่งบทความวิจัยดังกล่าวจะต้องได้รับการอ่านและประเมินคุณภาพพร้อมได้รับความเห็นชอบให้ตีพิมพ์เผยแพร่จากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขาวิชานั้น ๆ ที่มาจากหลากหลายสถาบัน ของวารสารวิจัยและพัฒนาฯ จำนวน 3 ท่านก่อนลงตีพิมพ์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิไม่ทราบชื่อผู้นิพนธ์ และผู้นิพนธ์ไม่ทราบชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ (Double-blinded Review) บทความวิจัยที่ได้รับการพิจารณาตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนาฯ ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเป็นลายลักษณ์อักษรหรือมีการอ้างอิงอย่างถูกต้องชัดเจน โดยเนื้อหาต้นฉบับที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนาฯ เป็นความรับผิดชอบของผู้นิพนธ์บทความวิจัยเอง ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาดอันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์

ปัจจุบันวารสารวิจัยและพัฒนาฯ ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – เดือนเมษายน พ.ศ. 2568 ฉบับนี้ได้รับรวบรวมบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 13 เรื่อง เผยแพร่ผ่าน 2 ช่องทาง ได้แก่ เว็บไซต์ <http://rd.vru.ac.th> และเว็บไซต์ <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/>

สุดท้ายนี้ ทางกองบรรณาธิการ ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและส่งผลงานบทความวิจัยเข้าร่วมลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนาฯ อย่างดีตลอดมา

บรรณาธิการ

สารบัญ

	หน้า
ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกและผงจิ้งหรีดต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสในมัฟฟินช็อกโกแลต	1
หิรัญย์ พิเศษตระกูล จินตามณี แซ่ตั้ง ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์ ดวงกมล แสงธีรกิจ พฤกษ์เคมี ฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ด้านแบคทีเรียจากสารสกัดหยาบของพญาลีดบรรณ กัมปภัฏค์ เขียวยันต์ ณพัชร อรุณ บัวฉวน	15
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (พริกาคะ) จากปลากะพงเค็มสามน้ำทะเลสาบสงขลา ฉันทพร บุญศิริ จิราภรณ์ ต้นติพวงศ์อาภา โกสินทร์ ทีปักษ์พันธ์ นิชา ประสงค์จันทร์ นรินทร์ภพ ช่วยการ วรณนิสา เกาพันธ์	29
ฤทธิ์และการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดฟ้าทะลายโจร สารสกัดจันทน์เทศและสารปฏิชีวนะ ต่อการยับยั้งการเจริญและยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของแบคทีเรียบางสายพันธุ์ วิสาตรี คงเจริญสุนทร ตรียูทธ งานแข็ง มนัสนันท์ หาญวัฒนพงษ์	45
การออกแบบตราสินค้าผลิตภัณฑ์ชุมชนกลุ่มลาดหลุมแก้วจักษาน จังหวัดปทุมธานี ธนัง ขาวอุกกิจชัยโย วิศววรรณ พชรวิชัย เศกพร ต้นศรีประภาศิริ	60
คุณค่าทางโภชนาการและสารอาหารของตำรับอาหารไทยมาตรฐานวิทยาลัยดุสิตธานี นิกร สุวรรณโชติ ขนิษฐา นิยมวงศ์ สติติพงษ์ มั่นหล้า กรวิทย์ สักแกแก้ว	73
การศึกษาการพัฒนากระดาดจากข้าวและตะไคร้เหลือใช้ทางการเกษตรสู่การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ กรณีศึกษา: กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา จังหวัดเพชรบูรณ์ ภาณุมา เกตุคำ ขนิรัตน์ ผึ้งบรรหาร นิรุต ชันทรี การ์นต์ ผึ้งบรรหาร ธเนศ เรืองเดช	90
การพัฒนาแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย สันต์พิชญ์ พิมูลชาติ	105
การพัฒนาระบบตรวจจับและแสดงค่าสมรรถนะของแบตเตอรี่ของรถไฟฟ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ภูมิรัตน์ บัวงาม ชวพงษ์ ขุนสูงเนิน	121
การพัฒนาและศึกษาผลการใช้อิทธิพลแทนน้ำตาลทรายในเครื่องดื่มกล้วยผสมขมเพื่อสุขภาพ วิวรรณ วงศ์อรุณ	136
การย้อมสีเส้นไหมด้วยดินแดงจากจังหวัดสุรินทร์: การพัฒนาเจดสีและการประเมินความคงทนของสี วีรญา สิงคณิกา	152
การพัฒนาโมเดลสำหรับการทำนายผลผลิตพืชผักสลัด กรณีศึกษา: โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงป่าแป๋ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ อีรภพ แสงศรี สุรีนาฏ มะโนลา	166
แบบจำลองสมการโครงสร้างของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออกกลุ่มที่ 2 ปกรณ์ แสนจิตต์ เชิดชัย ชูระแพง ทองแท่ง ทองลิ้ม	183

ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกและผงจิ้งหรีดต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสในมัฟฟินช็อกโกแลต

หิรัญย์ พิเศษตระกูล¹ จินตามณี แซ่ตั้ง² ปาริสุทธิ์ เณิมชัยวัฒน์^{3*} ดวงกมล แสงธีรกิจ⁴

Received : August 3, 2023

Revised : November 20, 2024

Accepted : November 28, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกและผงจิ้งหรีดต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของมัฟฟินช็อกโกแลต ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกต่อผงจิ้งหรีด 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 12.5 ต่อ 7.5 (สูตร A) ร้อยละ 10 ต่อ 10 (สูตร B) และร้อยละ 7.5 ต่อ 12.5 (สูตร C) โดยน้ำหนักแป้ง จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณผงจิ้งหรีดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของมัฟฟินช็อกโกแลตลดลง และมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม จากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส พบว่า ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าความเกาะติด ค่าความหนานทานการเคี้ยว และค่าความหยุ่นมีค่าลดลงจากสูตรควบคุม และเมื่อปริมาณผงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน เกล็ด เส้นใยหยาบ และพลังงานเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณของคาร์โบไฮเดรต คากิเจอร์มของน้ำ (a_w) และปริมาณความชื้นลดลง จากการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่ามัฟฟินช็อกโกแลตที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกและผงจิ้งหรีดทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย สูตรที่มีปริมาณผงจิ้งหรีดสูงที่สุด (สูตร C) มีปริมาณโปรตีน เส้นใยหยาบ และเถ้าเพิ่มขึ้นจากสูตรควบคุมเท่ากับ 1.81, 1.77 และ 1.51 เท่า ตามลำดับ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ผงจิ้งหรีดเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสำหรับอาหารที่ต้องการโปรตีน และสนับสนุนความยั่งยืนของอาหารแห่งอนาคตอีกทางหนึ่งด้วย

คำสำคัญ: เนื้อสัมผัส แป้งข้าวกล้องงอก โปรตีน ผงจิ้งหรีด มัฟฟิน

¹ นักศึกษาหลักสูตรอาหาร โภชนาการ และการกำหนดอาหาร ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อีเมล: hiran.pi@ku.th

² นักศึกษาหลักสูตรอาหาร โภชนาการ และการกำหนดอาหาร ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อีเมล: jindamanee.sa@ku.th

³ รองศาสตราจารย์สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อีเมล: fagrsch@ku.ac.th

⁴ อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาการจัดการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
อีเมล: duangkamon@webmail.npru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: fagrsch@ku.ac.th

EFFECTS OF WHEAT FLOUR SUBSTITUTION WITH GERMINATED BROWN RICE FLOUR AND CRICKET POWDER ON THE CHEMICAL PHYSICAL AND SENSORY PROPERTIES OF CHOCOLATE MUFFINS

Hirun Pisetrakul¹ Jindamanee Saetang² Parisut Chalermchaiwat^{3*} Duangkamon Sangteerakij⁴

Abstract

The purposes of this research were to study the effects of wheat flour substitution with germinated brown rice flour and cricket powder on the chemical, physical, and sensory properties of chocolate muffins. Additionally, the research aimed to investigate the substitution of wheat flour with germinated brown rice flour and cricket powder at three levels: 12.5 to 7.5% (formula A), 10 to 10% (formula B), and 7.5 to 12.5% (formula C) by weight of flour. The results showed that an increased amount of cricket powder led to decreased lightness (L^*), redness (a^*), and yellowness (b^*) values, and an increased color difference value (ΔE) compared to the control formula. Texture analysis revealed that hardness, cohesiveness, chewiness, and resilience decreased from the control formula. As the quantity of cricket powder increased, there was a concurrent increase in protein, fat, ash, crude fiber, and energy content. Conversely, there was a decrease in carbohydrates, water activity value (a_w), and moisture content. Sensory evaluation indicated that chocolate muffins with wheat flour substitution using germinated brown rice flour and cricket powder in all three formulas were not significantly different ($p>0.05$) in terms of texture, taste, and overall liking. The overall liking score was slightly favorable. The formula with the highest cricket powder content (formula C) showed an increase in protein, crude fiber, and ash compared to the control formula by 1.81, 1.77, and 1.51 times, respectively. This research demonstrates that the use of cricket powder can provide an effective alternative for foods requiring protein while supporting the sustainability of future food.

Keywords: Texture, Germinated brown rice flour, Protein, Cricket powder, Muffin

¹ Undergraduate student of Food Nutrition and Dietetic Program, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, e-mail: hirun.pi@ku.th

² Undergraduate student of Food Nutrition and Dietetic Program, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, e-mail: jindamanee.sa@ku.th

³ Associate Professor of Food and Nutrition Program, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, e-mail: fagrpsch@ku.ac.th

⁴ Lecturer of Food Management Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, e-mail: duangkamon@webmail.npru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: fagrpsch@ku.ac.th

บทนำ

มัฟฟิน (Muffin) มาจากภาษาฝรั่งเศสว่า “Moufflet” ส่วนประกอบหลักของมัฟฟิน ได้แก่ แป้ง น้ำตาล น้ำมัน ไข่ไก่ และนม (Sanz et al., 2009) เนื่องจากมัฟฟินเป็นของว่างพร้อมรับประทานที่มีเนื้อสัมผัสนุ่ม และรสชาติอร่อย จึงทำให้เป็นที่ดึงดูดของผู้บริโภค แต่อย่างไรก็ตามมัฟฟินให้แคลอรีสูง อีกทั้งคุณค่าทางโภชนาการของมัฟฟินในด้านโปรตีน นั้นพบว่ามีกรดอะมิโนจำเป็น เช่น ลิวซีน ในปริมาณที่ต่ำ (Pencharz et al., 2016; Sozer et al., 2017) ปัจจุบันมีการนำมัฟฟินมาพัฒนาและดัดแปลงสูตรเพื่อให้เกิดทางเลือกใหม่ที่สามารถตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งยังมีการนำทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศไทยมาเพิ่มมูลค่าให้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น เช่น การพัฒนามัฟฟินเนื้อตาลสุกผสมลูกตาล (ธีรนุช ฉายศิริโชติ และจันทร์จนา ศิริพันธ์วัฒนา, 2555) และการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการผลิตมัฟฟินปราศจากกลูเตน (ญาณิศา โพธิ์รัตนโส และคณะ, 2563) เป็นต้น โดยแป้งข้าวกล้องงอกเป็นหนึ่งในแป้งที่นำจับตามอง นอกจากจะปราศจากกลูเตนแล้วยังมีกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก (Gamma-Amino Butyric Acid; GABA) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่เกิดจากกระบวนการ Decarboxylation ของกรดกลูตามิก ช่วยรักษาสมดุลในสมอง กระตุ้นให้สมองผ่อนคลาย ช่วยผลิตฮอร์โมนช่วยในการเจริญเติบโตของร่างกาย มีเส้นใยอาหารสูง มีวิตามินอี วิตามินบี 1 และวิตามินบี 6 และมีสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มฟีนอลิกซึ่งมีส่วนช่วยต้านอนุมูลอิสระ และลดความเสี่ยงการเกิดมะเร็งต่าง ๆ ได้ (ปิยวรรณ เตชะศิริกุล และคณะ, 2562)

จิ้งหรีดเป็นสัตว์เศรษฐกิจและได้รับการยอมรับจากสหภาพยุโรปให้เป็นอาหารใหม่ (Novel food) และองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติได้ให้ความสำคัญกับแมลงแหล่งโปรตีนในอนาคตเนื่องจากประชากรโลกเพิ่มขึ้น อาหารจะไม่เพียงพอ และเกิดความไม่มั่นคงทางอาหารได้ แมลงกินได้ในประเทศไทยที่ได้รับความนิยมคือ จิ้งหรีดซึ่งมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 70 โดยน้ำหนักแห้ง (Ghosh et al., 2017) อุดมไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายมากกว่าแหล่งโปรตีนจาก เนื้อสัตว์ ถั่ว นม และผลิตภัณฑ์นม อีกด้วย (Cheng et al., 2022) นอกจากนี้สารไคติน (Chitin) ที่พบในจิ้งหรีดยังมีคุณสมบัติเป็นเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ กระตุ้นการทำงานของลำไส้และระบบขับถ่าย (Stull et al., 2018) ซึ่งดีต่อสุขภาพ การบริโภคแมลงยังมีส่วนช่วยในการลดภาวะโลกร้อนเนื่องจากการเลี้ยงแมลงนั้นปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าการทำปศุสัตว์อื่น โดยพบว่าฟาร์มจิ้งหรีดมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และใช้น้ำน้อยกว่าฟาร์มไก่ถึงร้อยละ 75 และร้อยละ 50 ตามลำดับ (สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศประจำสหภาพยุโรป, 2563) จากรายงานวิจัย พบว่ามีการนำจิ้งหรีดมาแปรรูปให้อยู่ในลักษณะผงและเสริมลงในผลิตภัณฑ์ เช่น บราวนี่กรอบ คุกกี้ มันฝรั่งแผ่นอบกรอบ และมัฟฟิน เป็นต้น (ตรีรัตน์ เกื้อจันทร์ และคณะ, 2567; พงศ์พิพัฒน์ สนม และกมลวรรณ แจ้งชัด, 2563; Cheng et al., 2022; Pauter et al., 2018) แต่อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดด้านทัศนคติของผู้บริโภคที่ไม่เคยบริโภคแมลงอาจจะไม่คุ้นเคยกับสีและกลิ่นของจิ้งหรีด และมีความกลัวแมลง ผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคว่าผลิตภัณฑ์จากแมลงมีคุณประโยชน์ สะอาด ปลอดภัย และมีรสชาติดี (วันวิสาข์ มงคล

และบุษกรณ์ สี่แจ้วระระ, 2564) ดังนั้นการนำจิ้งหรีดไปใช้ประโยชน์จึงควรพิจารณาถึงความเข้ากันได้ของผลิตภัณฑ์และการยอมรับของผู้บริโภคเป็นสำคัญ งานวิจัยนี้เล็งเห็นว่าผงจิ้งหรีดจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้สี และกลิ่นที่กลมกลืนกับผลิตภัณฑ์มัฟฟินช็อกโกแลตได้ ช่วยเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากจิ้งหรีด และเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่รักสุขภาพได้อีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกและผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัสของมัฟฟินช็อกโกแลต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

จิ้งหรีดพันธุ์ทองดำจากเปี่ยมสุขฟาร์ม ต.วังไโก่เถื่อน อ.หันคา จ.ชัยนาท เตรียมตัวอย่างผงจิ้งหรีดทองดำดัดแปลงจากวิธีการของ ตริรัตน์ เกื้อจันทร์ และคณะ (2567) โดยการนำจิ้งหรีดแช่แข็งออกมาทำละลายที่ตู้แช่เย็น 24 ชั่วโมง แล้วนำมาลวกในน้ำเดือดนาน 5 นาที และทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดเป็นผงด้วยเครื่องบด pin mill (Alpine augsburg) ขนาด 60 เมช หรือ 250 ไมครอน บรรจุผงจิ้งหรีดในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนปิดสนิทเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 2 องศาเซลเซียส) ก่อนนำมาใช้งาน

แป้งข้าวกล้องงอกจากบริษัทเมดิฟูดส์ (ประเทศไทย) จำกัด แป้งสาลีเอนกประสงค์ ตราว่าว น้ำตาลทรายขาว ตรามิตรผล นมชนิดจืดไขมันต่ำ ตราเมจิ น้ำมันรำข้าวตราคิง กลี้นวานิลลา ตราวินเนอร์ ผงโกโก้ ตราทิวลิป ผงฟู เบกกิ้งโซดา และกัวกัม ตราแม็กกาแรต โดยมีวิธีการผลิต ดัดแปลงจากพล ตันตเสถียร (2557) ดังนี้

2. ขั้นตอนการผลิตมัฟฟินช็อกโกแลต

เตรียมส่วนผสมของเหลว โดยนำไข่ไก่ใส่ลงในชามผสมตีให้เข้ากันด้วยตะกร้อมือ จากนั้นใส่น้ำตาลและตีให้ส่วนผสมเข้ากัน เมื่อเข้ากันแล้วใส่นม น้ำมัน และกลี้นวานิลลา แล้วจึงตีผสมให้เข้ากันอีกครั้ง เตรียมส่วนผสมส่วนของแห้ง ใส่แป้งสาลี ผงโกโก้ เบกกิ้งโซดา ผงฟู กัวกัม ผสมให้เข้ากันแล้วเทลงในชามผสมของเหลว คนส่วนผสมให้เข้ากันดี จากนั้นตักส่วนผสมใส่ถ้วย น้ำหนัก 25 กรัมต่อถ้วย นำไปอบที่อุณหภูมิไฟบน 200 องศาเซลเซียส ไฟล่าง 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เมื่อครบเวลานำออกมาพักทิ้งไว้ให้เย็น ได้เป็นผลิตภัณฑ์มัฟฟินช็อกโกแลต

3. ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกและผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพของมัฟฟินช็อกโกแลต

ดัดแปลงสูตรมัฟฟินช็อกโกแลตจากสูตรของพล ตันทเสถียร (2557) ได้เป็นสูตรควบคุม มีส่วนผสม ได้แก่ แป้งสาลี 95 กรัม (ร้อยละ 27.10) น้ำตาลทราย 65 กรัม (ร้อยละ 18.50) นม 60 กรัม (ร้อยละ 17.10) ไข่ไก่ 1 ฟอง/55 กรัม (ร้อยละ 15.70) น้ำมัน 55 กรัม (ร้อยละ 15.70) ผงโกโก้ 10 กรัม (ร้อยละ 2.90) ผงฟู 2.5 กรัม (ร้อยละ 0.70) เบกกิ้งโซดา 2.5 กรัม (ร้อยละ 0.70) กลิ่นวนิลา 3 กรัม (ร้อยละ 0.80) และกัวกัม 3 กรัม (ร้อยละ 0.80) จากนั้นมีการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวกล้องงอกและผงจิ้งหรีด รวมปริมาณ ร้อยละ 20 ของปริมาณแป้งสาลี แสดงดังตารางที่ 1 และดำเนินการผลิตตามวิธีการข้อ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณส่วนผสมของแป้งสาลี แป้งข้าวกล้องงอก และผงจิ้งหรีดที่แตกต่างกันในมัฟฟินช็อกโกแลต

ส่วนผสม	สูตรมัฟฟินช็อกโกแลต							
	สูตรควบคุม		สูตร A		สูตร B		สูตร C	
	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ
แป้งสาลี	95	27.10	25	7.10	25	7.10	25	7.10
แป้งข้าวกล้องงอก	-		44	12.50	35	10.00	26	7.50
ผงจิ้งหรีด	-		26	7.50	35	10.00	44	12.50

จากนั้นนำมัฟฟินช็อกโกแลตมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

3.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.1.1 วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (ยี่ห้อ HunterLab รุ่น ColorFlex EZ บริษัท HunterLab ประเทศสหรัฐอเมริกา) วัดค่าสีโดยใช้ระบบ CIE Lab โดยค่าสี L^* คือค่าความสว่าง (มีค่า 0-100 โดย 0 หมายถึงวัตถุที่มีค่าความสว่างสีดำ 100 หมายถึงวัตถุที่มีค่าความสว่างสีขาว) ค่าสี a^* คือค่าความเป็นสีแดง (ค่า + หมายถึงวัตถุมีสีแดง ค่า - หมายถึงวัตถุมีสีเขียว) ค่าสี b^* คือค่าความเป็นสีเหลือง (ค่า + หมายถึงวัตถุมีสีเหลือง ค่า - หมายถึงวัตถุมีสีน้ำเงิน) วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และ ค่า ΔE คือค่าความแตกต่างของสี คำนวณดังสมการ (1)

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

โดย ΔL^* , Δa^* และ Δb^* คือค่าสีที่แตกต่างกันในค่า L^* , a^* และ b^* ระหว่างตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างทดสอบ

3.1.2 วิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer (ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA.XT plus บริษัท Stable Micro System ประเทศอังกฤษ) โดยใช้วิธีทดสอบ Texture Profile Analysis (TPA) โดยทำการวัดด้วยหัววัด P/100 กดตัวอย่างลงไปแนวตั้ง เป็นระยะทางร้อยละ 50 ของความสูงของชิ้นตัวอย่าง ด้วยความเร็วในการทดสอบ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที รายงานผลเป็นค่าความแข็ง (Hardness)

ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าการเกาะติด (Cohesiveness) ค่าความทนทานการเคี้ยว (Chewiness) และค่าความหยุ่น (Resilience) วัดค่าตัวอย่างละ 15 ซ้ำ

3.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.2.1 วิเคราะห์ค่ากิจกรรมของน้ำ (water activity, a_w) ด้วยเครื่องวัดค่ากิจกรรมของน้ำ (ยี่ห้อ Aqualab รุ่น 4TE บริษัท Aqualab ประเทศสหรัฐอเมริกา) วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.2.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ประกอบด้วยปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต วิเคราะห์ตามวิธีการของ AOAC (2019) วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.2.3 วิเคราะห์ค่าพลังงานทั้งหมดในอาหาร วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Bomb calorimeter (ยี่ห้อ PARR รุ่น 6100 บริษัท Parr Instrument company ประเทศสหรัฐอเมริกา) ใช้วัดเพื่อหาค่าพลังงานความร้อนของตัวอย่าง โดยการสันดาปเผาไหม้ที่สมบูรณ์ในระบบปิด โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่บดแล้ว 1 กรัม ในถ้วยตัวอย่าง วางที่ bomb head นำ cotton thread คล้องกับ fuse wire และด้านบนตัวอย่าง จากนั้นนำ bomb head ใส่ใน oxygen bomb ปิดฝาให้สนิท เติมออกซิเจนใน bomb และเติมน้ำลงใน bucket เครื่องจะทำงานโดยการจุดติดไฟเพื่อเผาไหม้ตัวอย่างจนสมบูรณ์และให้ความร้อนออกมา ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และคำนวณออกมาเป็นค่าพลังงานความร้อน รายงานเป็นหน่วยกิโลแคลอรี (kcal) วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.3 การประเมินทางประสาทสัมผัส

ประเมินทางประสาทสัมผัสโดยใช้กลุ่มผู้ทดสอบชิมเป็นนิสิตและบุคลากรที่ไม่ผ่านการฝึกฝนอายุระหว่าง 18-35 ปี ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 50 คน มีเกณฑ์การคัดเลือก คือ ผู้ทดสอบชิมสามารถบริโภคเมล็ดได้ และไม่มีอาการแพ้ในส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตมัฟฟินช็อกโกแลต จากนั้นให้คะแนนความชอบแบบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด คุณลักษณะที่ทำการประเมินความชอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

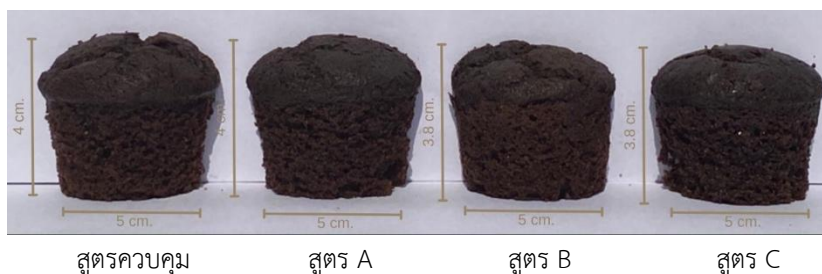
วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ในการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกและผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของมัฟฟินช็อกโกแลต สำหรับการประเมินทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized completely block design, RCBD) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IBM SPSS® Statistics (Trials version)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของมัพฟินช็อกโกแลต

จากการผลิตมัพฟินช็อกโกแลตโดยการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกและผงจิ้งหรีดมีลักษณะปรากฏแสดงดังภาพที่ 1 พบว่ามัพฟินสูตรควบคุม และสูตร A มีขนาดกว้างxสูง เท่ากับ 5x4 เซนติเมตร สูตร B และสูตร C มีขนาด 5x3.8 เซนติเมตร ด้านการขึ้นฟู พบว่าสูตรควบคุมและสูตร A ขึ้นฟูได้ดีกว่าสูตร B และ C เนื้อสัมผัสของมัพฟินเมื่อมีส่วนผสมจากผงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้นปริมาณแป้งลดน้อยลงพบว่ามีควมร่วนมากยิ่งขึ้น เนื่องจากปริมาณโปรตีนที่พบในแป้งข้าวกล้องงอก (7.57 กรัมต่อ 100 กรัม) ที่นำมาทดแทนนั้นมีน้อยกว่าโปรตีนในแป้งสาลี (12.71 กรัมต่อ 100 กรัม) จึงทำให้การดูดซับน้ำได้น้อยลงถึงแม้จะมีการเสริมโปรตีนจากผงจิ้งหรีดแต่ผงโปรตีนจากจิ้งหรีดนั้นไม่ใช่สารขั้แต่เป็นองค์ประกอบของกรตอะมิโนเป็นส่วนใหญ่จึงทำให้ดูดซับน้ำได้น้อยเช่นกัน ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณของผงจิ้งหรีดจึงทำให้การขึ้นฟูและการคงตัวของโครงสร้างผลิตภัณฑ์ลดลง (สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2561; González et al., 2019)

ผลการวัดค่าสีของมัพฟินช็อกโกแลตแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า มัพฟินช็อกโกแลตสูตรควบคุมมีค่าสี (L^*) ค่าสี (a^*) และค่าสี (b^*) สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่สูตรที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกและผงจิ้งหรีดมีค่าสี (L^*) ค่าสี (a^*) และค่าสี (b^*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Pauter et al., (2018) ที่พบว่าการเติมผงจิ้งหรีด ร้อยละ 6 -10 ส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ผลิตภัณฑ์มัพฟินที่ได้ทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างของสี (ΔE) เท่ากับ 3.63, 5.12 และ 6.29 ตามลำดับ ซึ่งค่า ΔE ที่เพิ่มขึ้นนั้นแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ยังมีสีที่แตกต่างจากสูตรควบคุมมากขึ้นด้วย โดยค่า ΔE ที่มากกว่า 3 เป็นค่าที่ทำให้ผู้บริโภคสามารถมองเห็นความแตกต่างของสีได้ด้วยตาเปล่า แต่สีที่เข้มขึ้นของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อาจจะไม่ได้ส่งผลในทางลบต่อผลิตภัณฑ์กลุ่ม เบเกอรี่โดยเฉพาะเบเกอรี่ที่มีการเติมธัญพืชเต็มเมล็ด (Zielińska et al., 2021)



ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์มัพฟินช็อกโกแลตสูตรควบคุม และสูตร A, B และ C ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่าสีของมัพฟินช็อกโกแลตที่มีสูตรแตกต่างกัน

สูตรมัพฟิน ช็อกโกแลต	ค่าสี			
	L^*	a^*	b^*	ΔE
สูตรควบคุม	22.62±0.05 ^a	7.04±0.14 ^a	5.92±0.31 ^a	-
สูตร A	19.46±0.12 ^b	6.00±0.17 ^b	4.46±0.32 ^b	3.63
สูตร B	19.21±0.41 ^b	4.55±0.95 ^c	3.02±0.96 ^c	5.12
สูตร C	17.16±1.09 ^c	5.00±0.10 ^c	3.56±0.13 ^c	6.29

หมายเหตุ a-c คือตัวอักษรในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ค่าเนื้อสัมผัสของมัพฟินช็อกโกแลตที่มีสูตรแตกต่างกัน

เนื้อสัมผัส	สูตรมัพฟิน			
	สูตรควบคุม	สูตร A	สูตร B	สูตร C
ค่าความแข็ง (กรัม)	1,026.44±66.27 ^a	963.05±148.44 ^a	792.56±131.58 ^b	668.26±51.86 ^c
ค่าความยืดหยุ่น	0.86±0.01 ^a	0.79±0.02 ^b	0.74±0.03 ^c	0.74±0.02 ^c
ค่าความเกาะติด	0.58±0.02 ^a	0.53±0.02 ^b	0.47±0.02 ^d	0.51±0.02 ^c
ค่าความทนทานการเคี้ยว (กรัม)	517.67±42.15 ^a	401.09±67.26 ^b	278.25±55.41 ^c	252.24±20.24 ^c
ค่าความหยุ่น	0.29±0.01 ^a	0.22±0.01 ^b	0.19±0.01 ^d	0.20±0.01 ^c

หมายเหตุ a-d คือตัวอักษรในแต่ละแถวแสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของมัพฟินช็อกโกแลต (ตารางที่ 3) พบว่า ผงจิ้งหรีดมีอิทธิพลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกและผงจิ้งหรีดที่ร้อยละ 44 และ 26 ตามลำดับ (สูตร A) ไม่ส่งผลต่อค่าความแข็งของมัพฟินโดยค่าความแข็งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรควบคุม ($p > 0.05$) แต่เมื่อเพิ่มสัดส่วนของผงจิ้งหรีดทำให้ค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับศัพท์พัพพิน สนม และกมลวรรณ แจ้งชัด (2563) รายงานว่าค่าความแข็งของคุกกี้มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเพิ่มปริมาณของผงจิ้งหรีดในส่วนผสม ($p \leq 0.05$) และยังทำให้ค่าความทนทานการเคี้ยวลดลงเมื่อปริมาณของผงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้น ผลมาจากการลดสัดส่วนโปรตีนในแป้งสาลีและการเติมผงจิ้งหรีดที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบลงไป Mafu et al. (2022) รายงานว่าผงจิ้งหรีดมีไขมันถึงร้อยละ 22.83 โดยน้ำหนัก ทำให้การดูดซับน้ำลดลงส่งผลต่อการเกิดโครงร่างแหของกลูเตน (Gluten network) ทำให้เก็บแก๊สได้ไม่ดีเท่ากับสูตรควบคุมจึงส่งผลโดยตรงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ รายงานการศึกษาของ

Pauter et al. (2018) พบว่า ค่าความเกาะติดของมัพฟินที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยโปรตีนจากผงจิ้งหรีด ร้อยละ 2, 6 และ 10 มีค่าความเกาะติดเพิ่มขึ้น และมีค่าความหยุ่นไม่แตกต่างกัน แต่จากผลการวิจัยแสดง ดังตารางที่ 3 พบว่า ค่าการเกาะติดและค่าความหยุ่นของมัพฟินซ็อกโกแลตสูตร B น้อยที่สุด เท่ากับ 0.47 และ 0.19 ตามลำดับ อาจเกิดจากอิทธิพลของแป้งข้าวกล้องงอกในส่วนผสม ซึ่งข้าวกล้องงอกผ่านกระบวนการย่อย แป้งบางส่วนมีค่าความหนืดน้อยกว่าแป้งสาลี แต่เมื่อมีการเติมผงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้นมากกว่าแป้งข้าวกล้องงอก (สูตร C) ทำให้ส่วนผสมมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นทำให้คงโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ (มนัสนันท์ ธีระเกียรติจักร และคณะ, 2566) ค่าการเกาะติดและค่าความหยุ่นจึงเพิ่มขึ้นด้วย

2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของมัพฟินซ็อกโกแลต

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของมัพฟินซ็อกโกแลตแสดงดังตารางที่ 4 พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่ากิจกรรมของน้ำสูงโดยมีค่าระหว่าง 0.84-0.87 พบรายงานการศึกษาการพัฒนา มัพฟินเนื้อตาลสุกผสมลูกตาลที่ รายงานว่าค่ากิจกรรมของน้ำในผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงระหว่าง 0.91-0.93 (ธีรานุช ฉายศิริโชติ และคณะ, 2555) ปริมาณความชื้นของมัพฟินแปรผกผันกับปริมาณของผงจิ้งหรีดที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ เมื่อเติมผงจิ้งหรีดมากขึ้น ส่งผลให้ความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากปริมาณโปรตีนที่มากขึ้นนั้นทำให้เก็บกักน้ำไว้ในอาหารลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Ho et al. (2022) ศึกษาการใช้ผงจิ้งหรีดในผลิตภัณฑ์หลายชนิด พบว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่เสริมผงจิ้งหรีดมีปริมาณความชื้นลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ในขณะที่ ผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าและขนมบราวนี่กลับพบว่า มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเติมผงจิ้งหรีดไปในปริมาณร้อยละ 5 และ 7 ของน้ำหนักทั้งหมด ตามลำดับ ผงจิ้งหรีดไม่เพียงแต่เป็นแหล่งโปรตีนเท่านั้น ยังเป็นแหล่งของไขมันอีกด้วย โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดไลโนเลอิก กรดโอเลอิก และกรดปาล์มมิติก และอุดมไปด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น แคลเซียม เหล็ก และสังกะสี เป็นต้น (Pauter et al., 2018)

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของมัพฟินซ็อกโกแลตที่มีสูตรแตกต่างกัน

องค์ประกอบทางเคมี (โดยน้ำหนักแห้ง)	สูตรมัพฟินซ็อกโกแลต			
	สูตรควบคุม	สูตร A	สูตร B	สูตร C
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.87 ± 0.00^a	0.87 ± 0.00^a	0.84 ± 0.02^b	0.86 ± 0.03^{ab}
ความชื้น (ร้อยละ)	26.07 ± 0.03^a	25.30 ± 0.02^{bc}	25.61 ± 0.06^{ab}	24.84 ± 0.12^c
โปรตีน (ร้อยละ)	10.58 ± 0.16^d	14.88 ± 0.28^c	17.40 ± 0.24^b	19.19 ± 0.09^a
ไขมัน (ร้อยละ)	24.35 ± 0.63^b	25.45 ± 1.24^{ab}	25.68 ± 0.64^{ab}	26.71 ± 0.45^a
เถ้า (ร้อยละ)	1.91 ± 0.03^d	2.45 ± 0.09^c	2.61 ± 0.03^b	2.89 ± 0.10^a

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของมัทผินช็อกโกแลตที่มีสูตรแตกต่างกัน (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี (โดยน้ำหนักแห้ง)	สูตรมัทผินช็อกโกแลต			
	สูตรควบคุม	สูตร A	สูตร B	สูตร C
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	12.80±0.30 ^d	19.04±0.53 ^c	20.28±0.67 ^b	22.61±0.32 ^a
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	50.36±0.78 ^a	38.18±1.05 ^b	34.03±0.84 ^c	28.60±0.62 ^d
พลังงาน (กิโลแคลอรี/ 25 กรัม)	105.59±0.03 ^b	110.76±0.04 ^{ab}	110.84±0.01 ^{ab}	118.73±0.27 ^a

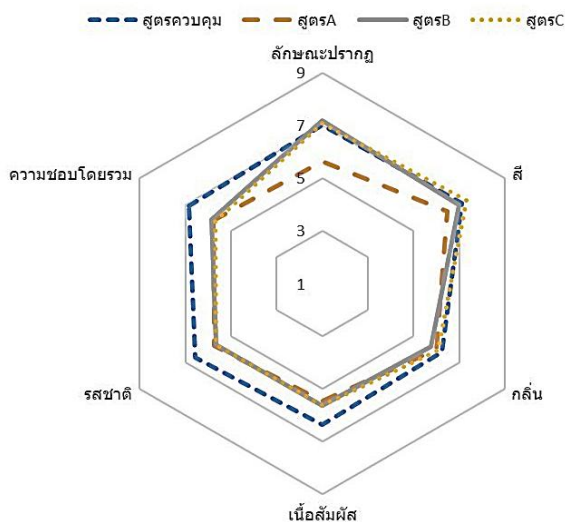
หมายเหตุ a-d คือตัวอักษรในแต่ละแถวแสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

แป้งข้าวกล้องงอกอุดมไปด้วยแร่ธาตุ และเส้นใยหยาบ (หทัยชนก ศรีประไพ และคณะ, 2561) ซึ่งเมื่อนำแป้งข้าวกล้องงอก และผงจิ้งหรีดมาทดแทนแป้งสาลีทำให้ผลิตภัณฑ์มัทผินช็อกโกแลตมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าพลังงานเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลงนั้นเป็นผลจากความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใยหยาบ ซึ่งจากองค์ประกอบทางเคมี พบว่า สูตร C ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยปริมาณผงจิ้งหรีดที่มากที่สุดนั้น มีปริมาณโปรตีน เถ้า และเส้นใยหยาบเพิ่มขึ้นจากสูตรควบคุมถึง 1.81, 1.51 และ 1.77 เท่า ตามลำดับ ซึ่งเป็นสารอาหารที่สำคัญเหมาะแก่การเป็นทางเลือกให้กับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เพื่อสุขภาพได้

3. ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของมัทผินช็อกโกแลต

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสแสดงดังภาพที่ 2 พบว่า คะแนนความชอบในด้านกลิ่นของมัทผินช็อกโกแลตอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ซึ่งทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ด้านลักษณะปรากฏ และสี พบว่า สูตรควบคุม (7.02 และ 7.12 คะแนน ตามลำดับ) สูตร B (7.18 และ 6.98 คะแนน ตามลำดับ) และสูตร C (7.06 และ 7.30 คะแนน ตามลำดับ) มีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง ในขณะที่สูตร A อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องและผงจิ้งหรีดที่แตกต่างกันนั้น (สูตร A, B และ C) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใส่ผงจิ้งหรีดซึ่งมีความละเอียดน้อยกว่าแป้งสาลีและไม่ละลายน้ำส่งผลให้เนื้อสัมผัสและรสชาติของมัทผินช็อกโกแลตเปลี่ยนแปลงไปจากสูตรควบคุม โดยพบว่าเนื้อสัมผัสของมัทผินมีความแห้งและร่วนซุยขึ้นกว่าสูตรควบคุมสัมพันธ์กับค่าเนื้อสัมผัสที่วัดได้ในตารางที่ 3 อีกทั้งรสชาติของแป้งข้าวกล้องงอก และผงจิ้งหรีดมีกลิ่นรสเฉพาะตัวซึ่งผู้ทดสอบบางคนอาจไม่ชอบรสชาติดังกล่าวจากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสเนื่องจากไม่มีความแตกต่างกันทั้ง 3 สูตร (สูตร A, B และ C) ที่มีการ

ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องและผงจิ้งหรีด ดังนั้นสูตร C ที่มีการทดแทนด้วยผงจิ้งหรีดมากที่สุดจึงเป็นทางเลือกใหม่ของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีจิ้งหรีดเป็นส่วนประกอบ



ภาพที่ 2 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของมัฟฟินช็อกโกแลตที่มีสูตรแตกต่างกัน

สรุป

ผลจากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้แป้งข้าวกล้องงอกและผงจิ้งหรีดในปริมาณที่ต่างกันในการผลิตมัฟฟินช็อกโกแลตนั้นไม่ส่งผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัส มีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยผงจิ้งหรีดมีสีน้ำตาลเข้มกลมกลืนกับสีของมัฟฟินช็อกโกแลต กลิ่นวานิลลาและช็อกโกแลตในสูตรสามารถช่วยลดกลิ่นเฉพาะตัวของแป้งข้าวกล้องงอก และผงจิ้งหรีดลงได้ ส่งผลให้ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตมัฟฟินช็อกโกแลต คือ สูตร C ซึ่งมีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอก ร้อยละ 7.50 และผงจิ้งหรีด ร้อยละ 12.50 ส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาการทั้งโปรตีน ไขมัน เกลือ และเส้นใยหายากสูงสุด เนื้อสัมผัสของมัฟฟินจะมีความร่วนเพิ่มขึ้น มีความแข็งลดลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ผลงานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวกล้องงอก และผงจิ้งหรีดซึ่งเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรของไทยมาเพิ่มมูลค่า เป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ทางเลือกสามารถตอบโจทย์กับความต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่ที่รักสุขภาพ และใส่ใจสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณ บริษัทเมดิฟู้ดส์ที่ให้การอนุเคราะห์แบ่งข้าวกล้องงอกสำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- ญาณิศา โพธิ์รัตนโส, ศนันธร พิชัย, และปาริชาติ ราชมนี. (2563). ผลของการใช้แบ่งไรซ์เบอร์รี่ในการผลิต มัฟฟินปราศจากกลูเตน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 3(2), 31-43.
- ตรีรัตน์ เกื้อจันทร์, ธัญวรรณ์ วรรณ, ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์, และดวงกมล แสงธีรกิจ. (2567). ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของ บราวนี่กรอบ. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 16(2), 316-329.
- ธีรณัช ฉายศิริโชติ, และจันมรรณา ศิริพันธ์วัฒนา. (2556). การพัฒนามัฟฟินเนื้อตาลูกผสมลูกตาล. *วารสาร วิทยาศาสตร์ มศว.*, 29(2), 59-72.
- ปิยวรรณ เตชะศิริกุล, มารุต ฮอร์จันทร์, ชลธิชา อารัมเวชวรนนท์, และสรिता อิทรศักดิ์. (2562). การพัฒนา แผ่นแป้งตอร์ตี๊จากแป้งข้าวกล้องงอก. *วารสารการอาชีวศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏ*, 19(1), 70-75.
- พงศ์พิพัฒน์ สนม, และกมลวรรณ แจ่มชัด. (2563). ผลของจิ้งหรีดผง โปรตีนถั่วเหลืองสกัด และแซนแทนกัม ที่มีต่อคุณภาพคุกกี้แป้งข้าวเจ้า. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, 14(2), 72-84.
- พล ดันตเสถียร. (2557). *Double Chocolate Muffin (ดับเบิลช็อกโกแลตมัฟฟิน)*. สืบค้นจาก <https://www.pholfoodmafia.com/recipe/double-chocolate-muffin-ดับเบิลช็อกโกแลตมัฟฟิน/>
- มนัสนันท์ ธีระเกียรติกำจร, จิรวิทย์ กาญจนลักษณ์, ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์, และพรพาวดา จันทโร. (2563). ผลของแป้งข้าวกล้องงอกและอินูลินต่อคุณภาพของแป้งตอร์ตี๊. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, 17(1), 67-76.
- วันวิสาข์ มงคล, และบุษกรณ์ สีเจียะระ. (2564). องค์ประกอบของการยอมรับโปรตีนจิ้งหรีดในออสเตรเลีย. *Journal of Modern Learning Development*, 6(2), 208-222.
- สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศประจำสหภาพยุโรป. (2563). *โปรตีนอาหารสัตว์จากแมลง สันับสนุนเป้าหมายความยั่งยืนของสหภาพยุโรป*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2561). *ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ไทย*. กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข.

- หทัยชนก ศรีประไพ, ฉัตรชนก บุญไชย, และยศสินี หัวดง. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าสดจากแป้งข้าวกล้อง. **วารสารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์**, 7(1), 56-69.
- AOAC. (2019). **Official method of analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 21thed. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, USA.
- Cheng, K.M., Leong, K.N., & Chan, S.W. (2022). Cricket as an alternative source of protein in the development of nutritious baked chips. **Food Research**, 6(Suppl.2), 74-82.
- Ghosh, S., Lee, S.M., Jung, C., & Meyer-Rochow, V.B. (2017). Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, 20(2), 686-694.
- 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 & Emerging Technologies**, 51, 205-210.
- Ho, I., Peterson, A., Madden, J., Huang, E., Amin, S., & Lammert, A. (2022). Will it cricket? product development and evaluation of cricket (*Acheta domestica*) powder replacement in sausage, pasta, and brownies. **Foods**, 11(3128), 1-21.
- Mafu, A., Ketnawa, S., Phongthai, S., Schönlechner, R., & Rawdkuen, S. (2022). Whole wheat bread enriched with cricket powder as an alternative protein. **Foods**, 11(14), 1-13.
- Pauter, P., Rózanska, M., Wiza, P., Dworczak, S., Grobelna, N., Sarbak, P., & Kowalczewski, P.Ł. (2018). Effects of the replacement of wheat flour with cricket powder on the characteristic of muffin. **Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria**, 17(3), 227-233.
- Pencharz, P.B., Elango, R., & Wolfe, R.R. (2016). Recent developments in understanding protein needs – how much and what kind should we eat?. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, 41(5), 577-80.
- Sanz, T., Salvador, A., Baixauli, R., & Fiszman, S. (2009). Evaluation of four types of resistant starch in muffins. ii. effects in texture, colour and consumer response. **European Food Research and Technology**, 229(2), 197-204.
- Sozer, N., Nordlund, E., Ercili-Cura, D., & Poutanen, K. (2017). Cereal side-streams as alternative protein sources. **Cereal Foods World**, 62(4), 132-137.

- Stull, V.J., Finer, E., Bergmans, R.S., Febvre, H.P., Longhurst, C., Manter, D.K., Patz J.A., & Weir, T.L. (2018). Impact of edible cricket consumption on gut microbiota in healthy adults, a double-blind, randomized crossover trial. **Scientific Reports**, 8(10762), 1-13.
- Zielińska, E., Pankiewicz, U., & Sujka, M. (2021). Nutritional, physiochemical, and biological value of muffins enriched with edible insects flour. **Antioxidants (Basel)**, 10(1122), 1-17.

พฤษเคมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านแบคทีเรียจากสารสกัดหยาบของพญาสัตบรรณ

กัมปภัช เชี่ยวยนต์¹ ณพัชร บัวฉวน²

Received : September 30, 2023

Revised : August 27, 2024

Accepted : March 3, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารพฤษเคมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านแบคทีเรียจากสารสกัดหยาบจากใบและดอกพญาสัตบรรณ จากการทดสอบ พบว่า สารสกัดหยาบจากใบพญาสัตบรรณ มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (25.53 ± 0.52 mg GAE/g) และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (18.21 ± 1.07 mg QE/g) สูงกว่าสารสกัดหยาบจากดอกพญาสัตบรรณ และเมื่อทำการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABST assay พบว่า สารสกัดหยาบจากใบพญาสัตบรรณมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (EC_{50} 8.15 ± 0.27 mg/ml) และ ABTS (EC_{50} 10.09 ± 0.52 mg/ml) ได้ดีกว่าสารสกัดหยาบจากดอกพญาสัตบรรณ เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน BHT, BHA และ α -Tocopherol ส่วนการศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียด้วยวิธี agar well diffusion ผลการทดสอบปรากฏว่า สารสกัดหยาบจากใบพญาสัตบรรณมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* TISTR746 *B. cereus* TISTR1449 และ *S. typhimurium* TISTR1472 โดยมีบริเวณยับยั้งเท่ากับ 7.11 ± 1.27 มิลลิเมตร 5.89 ± 1.34 มิลลิเมตร และ 4.11 ± 1.53 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับฤทธิ์ยับยั้งระหว่างสารสกัดหยาบจากใบและดอกพญาสัตบรรณกับยาปฏิชีวนะ (Streptomycin และ Tetracycline) ซึ่งสารสกัดหยาบจากใบและดอกพญาสัตบรรณสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้อย่างสมบูรณ์โดยมีค่า MIC และ MBC อยู่ระหว่าง 25 และ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าใบและดอกพญาสัตบรรณสามารถเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ดีในการค้นหาสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ นำไปใช้ในการเป็นสารประกอบในเครื่องสำอางบำรุงผิว ลดเลือนริ้วรอย และในการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ทางการแพทย์และเกษตรกรรมต่อไป

คำสำคัญ: พญาสัตบรรณ พฤษเคมี ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

¹ อาจารย์กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
อีเมล: pattanan.khieo@vru.ac.th

² อาจารย์ประจำสาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
อีเมล: napattaom@vru.ac.th

* ผู้รับผิดชอบหลัก อีเมล: napattaom@vru.ac.th

PHYTOCHEMICAL, ANTIOXIDANT AND ANTIBACTERIAL ACTIVITIES
FROM CRUDE EXTRACTS OF *Alstonia scholaris* Linn

Kanthiphat Khieoyan¹ Napattaorn Buachoon^{2*}

Abstract

The objective of this research was to investigate the phytochemical, antioxidant, and antibacterial activities of crude extracts from leaves and flowers of *Alstonia scholaris* Linn. Testing revealed that the leaf crude extract of *Alstonia scholaris* Linn. contained higher total phenolic (25.53 ± 0.52 mg GAE/g) and flavonoid (18.21 ± 1.07 mg QE/g) contents compared to the flower extract. Upon testing antioxidant activity using DPPH and ABTS assay, it was found that the leaf crude extract exhibited better antioxidant activity with DPPH (EC_{50} 8.15 ± 0.27 mg/ml) and ABTS (EC_{50} 10.09 ± 0.52 mg/ml) methods compared to the flower extract, when compared to standard substances BHT, BHA, and α -Tocopherol. The study of antibacterial activity using agar well diffusion method showed that the leaf crude extract inhibited bacteria *S. aureus* TISTR746, *B. cereus* TISTR1449, and *S. typhimurium* TISTR1472 with inhibition zones of 7.11 ± 1.27 mm, 5.89 ± 1.34 mm, and 4.11 ± 1.53 mm respectively. Comparing the inhibitory effect between the leaf and flower extracts of *Alstonia scholaris* Linn. with antibiotics (Streptomycin and Tetracycline) revealed that the extracts could significantly inhibit bacterial growth with MIC and MBC values between 25 and 50 milligrams per milliliter. The experiments indicate that leaves and flowers of *Alstonia scholaris* Linn. could be good sources of secondary metabolite with antioxidant properties, potentially useful in cosmetics for skin nourishment, wrinkle reduction, and for further development in medical and agricultural applications.

Keywords: *Alstonia scholaris* Linn, Phytochemical, Antibacterial activities,
Antioxidant activities

¹ Lecturer of Science and Technology subject group, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage Demonstration School, e-mail: pattanan.khieo@vru.ac.th

² Lecturer of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: napattaorn@vru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: napattaorn@vru.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันได้มีการนำสารสกัดจากธรรมชาติหลายชนิดมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์เสริมความงาม ตลอดจนเครื่องสำอางเนื่องจากสารสกัดจากธรรมชาติมีฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ใกล้เคียงกับสารสังเคราะห์แต่มีความปลอดภัยต่อการบริโภคสูงกว่า ทำให้มีความนิยมและสนใจที่จะบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากธรรมชาติมากขึ้น ในพืชผักสมุนไพรที่มีอยู่ในธรรมชาติล้วนแล้วแต่เป็นแหล่งฟลักซ์เคมี (phytochemical) ที่สำคัญและมีฤทธิ์ทางชีวภาพมากมาย เช่น ฟีนอลิก (phenolic compound) ช่วยป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระเนื่องจากมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน สามารถป้องกันโรคต่างๆที่เกิดจากภาวะ oxidative stress เช่น โรคในระบบหัวใจและหลอดเลือด มะเร็ง เบาหวาน โรคทางสมองและระบบประสาท เช่น Parkinson และ Alzheimer เป็นต้น นอกจากนี้ยังสารสำคัญที่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย เช่น แทนนิน ฟลาโวนอยด์ อัลคาลอยด์ และซาโปนิน (Winnie et al., 2019) จากการศึกษาจะพบว่า ปัจจุบันเชื้อแบคทีเรียต่างๆ มีการดื้อยาเพิ่มขึ้น ทั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคทางผิวหนัง ทางเดินหายใจ รวมทั้งโรคเกี่ยวกับอาหารเป็นพิษและโรคท้องร่วง เช่น *Staphylococcus aureus* TISTR746 และ *Bacillus cereus* TISTR 1449 เป็นต้น ซึ่งเป็นแบคทีเรียก่อโรคแกรมบวก และ *Salmonella typhimurium* TISTR1472 แบคทีเรียก่อโรคแกรมลบ

พญาสัตบรรณ (*Alstonia Scholaris*) เป็นพืชในวงศ์ Apocynaceae มีชื่อเรียกภาษาไทยหลากหลายชื่อ เช่น พญาสัตบรรณ หรือตีนเป็ด เป็นพืชที่มีถิ่นที่ดั้งเดิมในประเทศจีน อินเดีย และประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สามารถพบได้ทั่วทุกภาคในประเทศไทย (ประไพรัตน์ สัพทกุล, 2555) พญาสัตบรรณมีสรรพคุณทางยาหลายส่วน เช่น เปลือก ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด รักษาโรคเบาหวาน ช่วยขับน้ำเหลืองเสีย และรักษาผดผื่นคัน ยาง ใช้พอกดับพิษต่าง ๆ รักษาแผลเน่าเปื่อย และแก้ปวดหู ใบ รักษาโรคเลือดออกตามไรฟัน หรือโรคลักปิดลักเปิด แก้ไข้ รักษาโรคระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง ดอก ช่วยแก้โลหิตพิการ ใช้เหน็บ และใช้ตัวร้อน เป็นต้น (ทวิวรรณ แดงมณี, 2548; อุทาร์ตน์ ภูไพบูลย์, 2542) สำหรับสารสำคัญที่พบในต้นพญาสัตบรรณ ได้แก่ อัลคาลอยด์ (Alkaloids) โดยเฉพาะกลุ่มอินโดลอัลคาลอยด์ (Indole alkaloids) ควิโนลีน (Quinoline) สเตอรอยด์ (Steroid) แทนนิน (Tannin) ฟีนอล (Phenol) เทอร์พีนอยด์ (Terpenoid) และซาโปนิน (Saponin) เป็นต้น (ประไพรัตน์ สัพทกุล, 2555; ศิริพร หมาดหล้า, 2560) นอกจากนี้ยังพบสารกลุ่มไตรเทอร์พีนอยด์ เช่น ursolic acid, cycloeucalenol, betulin, betulinic acid และ oleanolic acid (Feng et al., 2013) สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ เช่น kaempferol, quercetin และ isorhamnetin เป็นต้น (Hui et al., 2009) จากการศึกษาพบว่า สารสกัดเอทานอลจากใบของต้นพญาสัตบรรณสามารถลดอาการข้ออักเสบในสัตว์ทดลอง (Arulmozhi et al., 2011) สารสกัดเอทานอลจากใบของต้นพญาสัตบรรณสามารถลดระดับกลูโคสในเลือดไกลโคซิเลตฮีโมโกลบิน (glycosylated hemoglobin) และการเกิดเปอร์ออกซิเดชันของ

ไขมัน และมีผลให้น้ำหนักตัวของหนูทดลองเพิ่มขึ้น เพิ่มไกลโคเจนที่ตับและกล้ามเนื้อ และเพิ่มสภาวะของสารต้านออกซิเดชัน (Arulmozhi et al., 2010)

ในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาพิษเคมี ได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านแบคทีเรียจากสารสกัดหยาบจากใบและดอกของพญาสัตบรรณ ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานของชุมชนในการประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ และนำไปใช้เป็นสารประกอบในเครื่องสำอางบำรุงผิว ลดเลือนริ้วรอย และเพื่อเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ช่วยเพิ่มคุณค่าและสนับสนุนการนำพญาสัตบรรณไปใช้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพิษเคมี ได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด จากสารสกัดหยาบจากใบและดอกพญาสัตบรรณ
2. เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดหยาบจากใบและดอกพญาสัตบรรณ
3. เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบจากสารสกัดหยาบจากใบและดอกพญาสัตบรรณ

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมตัวอย่าง

พญาสัตบรรณที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ใบ และดอก เก็บในช่วงเดือนมกราคม 2566 จากจังหวัดปราจีนบุรี นำใบ และดอกพญาสัตบรรณมาล้างให้สะอาดด้วยน้ำ ฝั่ให้แห้ง หั่นเป็นชิ้นเล็ก แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ บดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด นำแต่ละส่วนที่บดละเอียดมาชั่งให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน

การสกัดสารจากส่วนต่าง ๆ ของพญาสัตบรรณ

นำผงของใบ และดอกพญาสัตบรรณ มาจำนวนละ 500 กรัม นำมาสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95 % ที่ปริมาตร 1 ลิตร ด้วยวิธีการแช่หมัก (Maceration) ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นทำการกรองเก็บสารละลาย และนำไปประเหยด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (Rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จะได้เป็นสารสกัดหยาบ ซึ่งน้ำหนักของสารสกัดหยาบที่ได้และคำนวณร้อยละของสารสกัดหยาบแต่ละชนิด

$$\text{การคำนวณร้อยละของสารสกัดหยาบ (\%w/w)} = (\text{น้ำหนักสารสกัดหยาบ} \times 100) / \text{น้ำหนักแห้ง}$$

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (ดัดแปลงวิธีจาก Singleton et al., 1999)

เตรียมสารสกัดตัวอย่างให้มีความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายสารสกัดมาอย่างละ 25 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 100 ไมโครลิตร และเติมสารละลาย Folin-ciocalteu ปริมาตร 30 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที และเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (7% w/v Na_2CO_3) ปริมาตร 250 ไมโครลิตร น้ำกลั่นปริมาตร 60 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer) เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่มีความเข้มข้นเป็น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ทำการปิเปตสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นมาอย่างละ 25 ไมโครลิตร น้ำกลั่นปริมาตร 100 ไมโครลิตร และเติมสารละลาย Folin-ciocalteu ปริมาตร 30 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที และเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (7% w/v Na_2CO_3) ปริมาตร 250 ไมโครลิตร น้ำกลั่นปริมาตร 60 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร สำหรับการทดลองชุดควบคุมใช้น้ำกลั่น ทำการวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดหยาบตัวอย่างโดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสารสกัดแห้ง (mg GAE/g extract) แต่ละตัวอย่างทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (ดัดแปลงวิธีจาก Saeed et al., 2012)

เตรียมสารสกัดตัวอย่างให้มีความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายตัวอย่างมาอย่างละ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร น้ำกลั่น 400 ไมโครลิตร เติมสารละลายโซเดียมไนไตรท์ (5% w/v NaNO_2) 30 ไมโครลิตร บ่มในที่มืด 6 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เติมสารละลายอะลูมิเนียมไตรคลอไรด์ (10% w/v AlCl_3) ปริมาตร 30 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1 M NaOH) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1 มิลลิลิตร บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เตรียมสารละลายมาตรฐานเคอร์ซีติน (Quercetin) ให้มีความเข้มข้นเป็น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ทำการปิเปตสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นมาอย่างละปริมาตร 100 ไมโครลิตร น้ำกลั่น 400 ไมโครลิตร จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไนไตรท์ (5% w/v NaNO_2) 30 ไมโครลิตร บ่มในที่มืด 6 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เติมสารละลายอะลูมิเนียมไตรคลอไรด์ (10% w/v AlCl_3) ปริมาตร 30 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1 M NaOH) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1 มิลลิลิตร บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที นำไป

วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซีติน ต่อกรัมน้ำหนักสารสกัดแห้ง (mg QE/g extract) แต่ละตัวอย่างทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (ดัดแปลงวิธีจาก Prommuak et al., 2008)

เตรียมสารละลายสารมาตรฐาน BHA (butylated hydroxyanisole) BHT (butylated hydroxytoluene) แอลฟา-โทโคฟีรอล (α -tocopherol) หรือสารสกัดหยาบตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 50, 250, 500 และ 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานหรือสารสกัดที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร เติมสารละลาย DPPH 6×10^{-5} โมลาร์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง นาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 516 นาโนเมตร โดยแต่ละตัวอย่างทำการทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณหา % Radical scavenging จากสูตร

$$\% \text{ Radical scavenging} = [(Ac - As)/Ac] \times 100$$

โดย Ac คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลาย DPPH

As คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารตัวอย่างผสมกับ DPPH

ค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า Effective concentration (EC_{50}) หรือค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ทำให้สารอนุมูลอิสระลดลง 50% จากกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารตัวอย่างกับ % Radical scavenging

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS decolorization scavenging effect (ดัดแปลงวิธีจาก Phansawan, 2013)

เตรียมสารละลาย ABTS ที่ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ และสารละลาย Potassium persulfate ($K_2S_2O_8$) ที่ความเข้มข้น 2.45 มิลลิโมลาร์ ผสมสารละลาย ABTS และสารละลาย Potassium persulfate เก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง จะได้สารละลาย ABTS radical หลังจากนั้นนำมาทำการเจือจาง ด้วยเอทานอล ให้มีค่าการดูดกลืนแสง เท่ากับ 0.70 ± 0.02 ที่ความยาวคลื่นที่ 734 นาโนเมตร ทำการ เตรียมสารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 50, 250, 500 และ 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้แต่ละความเข้มข้นมาปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมสารละลาย ABTS ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และทำการเตรียมสารละลายสารมาตรฐาน BHA, BHT และ α -Tocopherol เหมือนสารตัวอย่าง โดยแต่ละตัวอย่างทำการทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS โดยเปรียบค่าที่ได้กับกราฟมาตรฐานของ BHA, BHT และ α -Tocopherol

การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบ

การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบโดยวิธีการ Agar well diffusion method
(ดัดแปลงวิธีการของ Balouiri et al., 2016; Bagul, & Sivakumar, 2016)

โดยนำสารสกัดตัวอย่างมาทดสอบทำการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคแกรมบวกได้แก่ *Staphylococcus aureus* TISTR746, *Bacillus cereus* TISTR 1449 และแกรมลบคือ *Salmonella typhimurium* TISTR1472 นำเชื้อแบคทีเรียเลี้ยงในอาหาร Mueller Hinton broth ทำแกรมบวกได้แก่ บ่มเชื้อ 24 ชั่วโมง และปรับความเข้มข้นของเชื้อให้ได้ประมาณ 10^8 cfu/mL โดยทำการเทียบกับ McFarland standard #0.5 ทำการกระจายเชื้อแบคทีเรียบนอาหาร Mueller Hinton agar เจาะหลุมโดยใช้ Cork borer ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร และนำสารสกัดตัวอย่างแต่ละตัวอย่างที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อ มิลลิลิตร ใส่ในจานอาหารปริมาตร 100 ไมโครลิตร นำไปเลี้ยงเชื้อบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง และทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณใส (Zone of inhibition) ในหน่วยมิลลิเมตร เปรียบเทียบกับ DMSO ความเข้มข้นที่ไม่แสดงฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย และสารปฏิชีวนะมาตรฐานที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ Streptomycin และ Tetracycline ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ทำการประเมินผลการยับยั้งของสารสกัด ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การศึกษาความเข้มข้นขั้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Inhibition Concentration: MIC) (โดยวิธี Tube dilution method (Balouiri et al., 2016))

นำสารสกัดแต่ละตัวอย่างแต่ละความเข้มข้น (1.562, 3.125, 6.25, 12.5, 25 และ 50 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) ด้วยอาหาร Mueller Hinton broth เติมน้ำเชื้อ *Staphylococcus aureus* TISTR746 *Salmonella typhimurium* TISTR1472 *Bacillus cereus* TISTR1449 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (v/v) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง นำมาตรวจสอบผลในการยับยั้ง โดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อจากหลอดอาหารที่ผ่านการบ่มเชื้อไปขีดเชื้อแบบง่ายลงบนผิวหน้าอาหารแข็งและบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาตรวจสอบการเจริญ โดยค่า MIC คือค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่ไม่ปรากฏการเจริญของเชื้อบนจานอาหาร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การศึกษาค่าความเข้มข้นที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ (Minimal bactericidal concentration: MBC) (ด้วยวิธี Plate dilution ดัดแปลงวิธีการของ Bagul, & Sivakumar, 2016; Jorgensen, & Ferraro, 2009)

นำสารสกัดตัวอย่างมาทำการเจือจางลงในอาหาร Mueller Hinton broth เพาะเชื้อแบคทีเรียโดยบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำมาตรวจการทำลายเชื้อทดสอบดูการกระจายเชื้อบนผิวอาหาร Mueller Hinton agar ในปริมาตร 100 ไมโครลิตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ตรวจสอบการเจริญของเชื้อเพื่อตรวจสอบฤทธิ์ทำลายเชื้อแบคทีเรีย อ่านค่า MBC โดยค่า MBC ที่อ่านได้ คือ ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่ทำให้ไม่ปรากฏการเจริญของเชื้อในจานอาหารที่ทดสอบ ทั้งนี้ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการสกัดสารจากใบและดอกพญาสัตบรรณ

เมื่อนำใบและดอกพญาสัตบรรณมาอบแห้ง ทำการบดให้ละเอียด สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95 % เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นทำการกรองและระเหยแห้งด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (Rotary evaporator) จะได้เป็นส่วนสกัดหยาบที่มีลักษณะข้นเหนียว พบว่า สารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล จะได้เป็นส่วนสกัดหยาบที่มีลักษณะข้นเหนียว น้ำหนักและร้อยละของสารสกัดหยาบ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 น้ำหนักและร้อยละของสารสกัดหยาบจากใบ และดอกพญาสัตบรรณ

ชนิดของสารสกัดเอทานอล	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (g)	ร้อยละสารสกัดหยาบ
ใบ	30.21	6.04
ดอก	35.08	7.01

จากตารางที่ 1 เมื่อนำใบและดอกของพญาสัตบรรณ ไปทำการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล พบว่า สารสกัดหยาบจากดอกพญาสัตบรรณ มีน้ำหนักสารสกัดหยาบสูงที่สุด (35.08 กรัม) คิดเป็นร้อยละสารสกัดหยาบเท่ากับ 7.01 รองลงมา คือ สารพญาสัตบรรณ สกัดหยาบจากใบ (30.21 กรัม) คิดเป็นร้อยละสารสกัดหยาบเท่ากับ 6.04

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด พบว่า สารสกัดหยาบจากใบพญาสัตบรรณมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุด (25.53 ± 0.52 mg GAE /g) รองลงมา คือ สารสกัดหยาบดอกของพญาสัตบรรณ (20.34 ± 1.01 mg GAE /g) การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด พบว่า สารสกัดหยาบจากใบพญาสัตบรรณ มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุด (18.21 ± 1.07 mg QE/g) รองลงมา คือ สารสกัดหยาบจากดอกพญาสัตบรรณ (13.19 ± 1.37 mg QE/g) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากใบและดอกพญาสัตบรรณ

สารสกัดหยาบ	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g)	ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (mg QE/g)
ใบ	25.53 ± 0.52	18.21 ± 1.07
ดอก	20.34 ± 1.01	13.19 ± 1.37

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากใบและดอกพญาสัตบรรณ พบว่า สารสกัดหยาบจากใบพญาสัตบรรณมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

สูงกว่าสารสกัดหยาบจากดอกพญาสัตบรรณ และจากการศึกษางานวิจัยของ ผาณิตา เอื้อยชิโป และคณะ (2017) ที่ตรวจพบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากสารสกัดหยาบจากใบพญาสัตบรรณน้ำและใบพญาสัตบรรณทรายที่ทำการสกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ เฮกเซน และน้ำ และ จักรพงษ์ กาวังศ์ และคณะ (2563) ที่พบว่าสารสกัดหยาบน้ำยางพญาสัตบรรณจากเอทานอลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด (20.9 ± 0.19 mg GAE/g) และสอดคล้องกับผลการทดลองของ Deepak & Ashish (2013) ที่พบว่า สารสกัดหยาบจากเอทานอลในส่วน of ใบ ผล และเปลือกของพญาสัตบรรณมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 49.66 ± 1.52 QE/g 18.68 ± 1.53 QE/g และ 17.0 ± 2.0 QE/g ตามลำดับ และสารสกัดหยาบจากเอทานอลในส่วน of ใบ ผล และเปลือกมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 97.33 ± 1.52 mg GAE/g 15.86 ± 0.164 mg GAE/g และ 11 ± 1.0 mg GAE/g ตามลำดับ และจากการทดลองเมื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดลองงานวิจัยนี้กับของ Deepak & Ashish (2013) พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากใบพญาสัตบรรณมีปริมาณน้อยกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศที่ปลูกต้นพญาสัตบรรณส่งผลให้ปริมาณสารพฤกษเคมีมีปริมาณที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ในการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในการวิจัยนี้ได้ทำการเลือกใช้การทดสอบด้วยวิธี DPPH assay และ ABTS assay

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay

ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH radical ของสารสกัดหยาบจากใบ และดอกพญาสัตบรรณ โดยใช้สารละลายมาตรฐาน BHA, BHT และ α -Tocopherol ผลการทดลองดังตารางที่ 3 พบว่า สารสกัดหยาบจากใบพญาสัตบรรณมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 8.15 ± 0.27 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และสารสกัดหยาบจากดอกพญาสัตบรรณ มีค่า EC_{50} เท่ากับ 10.09 ± 0.52 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เมื่อเทียบกับสารละลายมาตรฐาน BHA, BHT และ α -Tocopherol โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 13.21 ± 1.37 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร 18.34 ± 1.89 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ 17.08 ± 1.09 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS assay

การทดสอบด้วยวิธี ABTS assay สารสกัดหยาบจากใบ และดอกพญาสัตบรรณ โดยใช้สารละลายมาตรฐาน BHA, BHT และ α -Tocopherol ผลการทดลองดังตารางที่ 3 พบว่า สารสกัดหยาบจากใบพญาสัตบรรณ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด มีค่า EC_{50} เท่ากับ 7.35 ± 1.78 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และสารสกัดหยาบจากดอกพญาสัตบรรณมีค่า EC_{50} เท่ากับ 9.17 ± 1.52 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เมื่อเทียบกับสารละลายมาตรฐาน BHA, BHT และ α -Tocopherol โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 11.22 ± 1.38 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร 10.02 ± 1.45 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และ 9.23 ± 1.11 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

จากผลการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระผ่านกลไกการให้อะตอมไฮโดรเจนของสารสกัดทดสอบด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay และ ABTS assay สารสกัดหยาบจากใบของพญาสัตบรรณมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และจากการศึกษางานวิจัยของผานตา เอี้ยวชีโป และคณะ (2017) พบว่า สารสกัดใบพญาสัตบรรณน้ำที่ทำการสกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสามารถกำจัดอนุมูล DPPH ได้ดี มีค่า $EC_{50} = 0.55 \pm 0.03$ มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และรีดิวซ์ Fe^{3+} ได้ดีเท่ากับ 2.08 ± 0.42 มิลลิกรัมวิตามินซีสมมูล/กรัมของส่วนสกัด ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากใบ และดอกของพญาสัตบรรณ

สาร	ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ	
	DPPH assay EC_{50} (mg/ml)	ABTS assay EC_{50} (mg/ml)
สารมาตรฐาน BHT	13.21 ± 1.37	11.22 ± 1.38
สารมาตรฐาน BHA	18.34 ± 1.89	10.02 ± 1.45
สารมาตรฐาน α -Tocopherol	17.08 ± 1.09	9.23 ± 1.11
สารสกัดหยาบจากใบพญาสัตบรรณ	8.15 ± 0.27	7.35 ± 1.78
สารสกัดหยาบจากดอกพญาสัตบรรณ	10.09 ± 0.52	9.17 ± 1.52

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบจากใบ และดอกของพญาสัตบรรณ

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบจากใบ และดอกของพญาสัตบรรณที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล ด้วยวิธี agar well diffusion ดังตารางที่ 4 พบว่า สารสกัดหยาบจากใบ และดอกพญาสัตบรรณมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด คือ *S. aureus* TISTR746 *S. typhimurium* TISTR1472 และ *B. cereus* TISTR1449 ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้เป็นแบคทีเรียที่ก่อโรคเกี่ยวกับอาหารเป็นพิษและโรคท้องร่วง โดยสารสกัดหยาบจากใบของพญาสัตบรรณสามารถต้านเชื้อ *S. aureus* TISTR746 ได้ดีมีค่าวงใสมากที่สุดเท่ากับ 7.11 ± 1.27 มิลลิเมตร รองลงมา คือ *B. cereus* TISTR1449 และ *S. typhimurium* TISTR1472 โดยมีค่าวงใส เท่ากับ 5.89 ± 1.34 มิลลิเมตร และ 4.11 ± 1.53 มิลลิเมตร ตามลำดับ และสารสกัดหยาบจากดอกพญาสัตบรรณสามารถต้านเชื้อ *S. aureus* TISTR746 ได้ดีมีค่าวงใสมากที่สุด เท่ากับ 5.64 ± 0.45 มิลลิเมตร รองลงมาคือ *B. cereus* TISTR1449 และ *S. typhimurium* TISTR1472 โดยมีค่าวงใส เท่ากับ 4.46 ± 1.09 มิลลิเมตร และ 3.50 ± 1.16 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสารปฏิชีวนะมาตรฐาน Streptomycin และ Tetracycline

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบจากใบ และดอกพญาสัตบรรณ

สาร	ผลฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัด (Inhibition zone, mm $\pm$ SD)		
	<i>S. aureus</i>	<i>S. typhimurium</i>	<i>B. cereus</i>
	TISTR746	TISTR1472	TISTR1449
สารมาตรฐาน Streptomycin	12.56 $\pm$ 0.49	6.40 $\pm$ 1.67	7.35 $\pm$ 1.29
สารมาตรฐาน Tetracycline	10.23 $\pm$ 1.56	5.56 $\pm$ 1.03	6.01 $\pm$ 1.59
สารสกัดหยาบจากใบพญาสัตบรรณ	7.11 $\pm$ 1.27	4.11 $\pm$ 1.53	5.89 $\pm$ 1.34
สารสกัดหยาบจากดอกพญาสัตบรรณ	5.64 $\pm$ 0.45	3.50 $\pm$ 1.16	4.46 $\pm$ 1.09

ตารางที่ 5 ค่า Minimal inhibitory concentration (MIC) และค่า Minimal bactericidal concentration (MBC) ของสารสกัดหยาบจากใบ และดอกพญาสัตบรรณ

สารสกัดหยาบจากส่วนต่างๆ ของพญาสัตบรรณ	<i>S. aureus</i>		<i>S. typhimurium</i>		<i>B. cereus</i>	
	TISTR746		TISTR1472		TISTR1449	
	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)
ดอก	25	50	25	50	25	50
ใบ	25	50	25	50	25	50

ผลการทดลองเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบจากใบ และดอกพญาสัตบรรณ โดยเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ *S. aureus* TISTR746 *S. typhimurium* TISTR1472 และ *B. cereus* TISTR1449 ทำการเทียบกับยาปฏิชีวนะมาตรฐานได้แก่ Streptomycin และ Tetracycline พบว่า สารสกัดหยาบจากใบและดอกพญาสัตบรรณมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อได้ดี โดยสามารถต้านเชื้อแบคทีเรียและสามารถต้านการเจริญของ *S. aureus* TISTR746 *S. typhimurium* TISTR1472 และ *B. cereus* TISTR1449 ได้อย่างสมบูรณ์โดยมีค่า MIC ของสารสกัดต่อเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดดังตารางที่ 5 อยู่ที่ 25-50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และสารสกัดหยาบจากใบพญาสัตบรรณมีการต้านเชื้อแบคทีเรียได้ดี โดยมีค่า MIC ของสารสกัดอยู่ที่ 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเมื่อทำการหาค่า MBC ที่สามารถฆ่าเชื้อ *S. aureus* TISTR746 *S. typhimurium* TISTR1472 และ *B. cereus* TISTR1449 พบว่าสารสกัดหยาบใบและดอกพญาสัตบรรณที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถฆ่าเชื้อ *S. aureus* TISTR746 *S. typhimurium* TISTR1472 และ *B. cereus* TISTR1449 ได้ ซึ่งผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า สารสกัดหยาบจากใบและดอกพญาสัตบรรณสามารถที่จะต้านและฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ ซึ่งฤทธิ์นี้จะแปรผันตรงกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในสารสกัด แสดงให้เห็นว่า สารประกอบ

พินอลิกน่าจะเป็นกลุ่มสารที่สามารถออกฤทธิ์ในการต้านเชื้อ เช่นเดียวกันกับที่เคยมีรายงานถึงฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียก่อโรค (Maddox et al., 2010) สอดคล้องกับผานตา เอี้ยวชีโป และคณะ (2017) ที่พบว่าสารสกัดใบพญาสัตบรรณน้ำที่สกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria* ได้ดี นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดจากใบพญาสัตบรรณที่ทำการสกัดด้วยน้ำสามารถที่จะต้านเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ *Staphylococcus aureus* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Enterococcus faecalis* ATCC 10541, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883, *Providencia smaitii* ATCC 29916, and *Escherichia coli* ATCC 8739 และต้านเชื้อรา ได้แก่ *Microsporum gypseum* CBS 118893, *Epidermophyton floccosum* CBS 56694, และ *Trichophyton mentagrophytes* ATCC 4439 โดยสารสกัดสามารถต้านเชื้อแบคทีเรียชนิด *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 ได้ดีที่สุด มีค่า MIC อยู่ที่ 3.13 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และยับยั้งเชื้อราชนิด *Epidermophyton floccosum* CBS 566.9 มีค่า MIC อยู่ที่ 31.25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และสอดคล้องกับผลการทดลองของ Deepak & Ashish (2013). ที่พบว่า สารสกัดจากใบ ผล เปลือกของพญาสัตบรรณสามารถต้านแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบได้ โดยสารสกัดจากใบที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้ง *B. subtilis* ได้ดีโดยมีค่าวงใส เท่ากับ 21 มิลลิเมตร รองลงมา คือ *S. aureus* *E.coli* และ *P. aeruginosa* จากผลการทดลองที่ได้จะพบว่าสารสกัดทั้งใบและดอกมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียที่ต่างกันอาจจะเนื่องมาจากปริมาณของสารพินอลิกทั้งหมดที่พบในสารสกัดใบและดอกมีความแตกต่างกัน (Critchfield et al., 1996) เนื่องจากสารประกอบพินอลิกสามารถต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ (Lima et al., 2019)

สรุป

จากการศึกษาสารพฤษเคมี ได้แก่ ปริมาณพินอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านแบคทีเรียจากสารสกัดหยาบจากใบและดอกพญาสัตบรรณ พบว่า สารสกัดหยาบจากใบของพญาสัตบรรณมีปริมาณพินอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงกว่า สารสกัดหยาบจากดอกพญาสัตบรรณ เมื่อศึกษาประสิทธิภาพฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS สารสกัดหยาบจากใบพญาสัตบรรณมีประสิทธิภาพฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน BHA, BHT และ α -Tocopherol และสารสกัดหยาบจากใบและดอกของพญาสัตบรรณสามารถต้านเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ *S. aureus* TISTR746 *S. typhimurium* TISTR1472 และ *B. cereus* TISTR1449 เมื่อเทียบกับยาปฏิชีวนะมาตรฐาน Streptomycin และ Tetracycline จากผลการทดลองสามารถนำไปเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ช่วยเพิ่มคุณค่าและสนับสนุนการนำพญาสัตบรรณไปใช้ ประโยชน์โดยสามารถนำไปใช้ในการเป็นสารประกอบในเครื่องสำอางบำรุงผิว ลดเลือนริ้วรอย และในการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ทางการแพทย์และเกษตรกรรมต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยต่อไปควรแยกสารให้บริสุทธิ์และทำการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของสารสกัดที่ได้เพื่อค้นหาสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ และนำสารสกัดมาประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ได้

เอกสารอ้างอิง

- จักรพงษ์ กาวิวงศ์, อรุณี อินทร์จาด, อรวิภา เรียนกระศิลป์, กฤติญา กมลคร, พรหมพร ศรีสร้อยทองสุข, ดำรงศักดิ์ เป็กทอง, และสุภาวดี พาหิระ. (2563). **องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากน้ำยางของพญาสัตบรรณ**. งานประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 12, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม.
- ทวิวรรณ แดงมณี. (2548). **ผลของการใส่ปุ๋ยต่อการเติบโตของไม้ยืนต้นในระยะเวลาปลูกต่างๆ กัน จังหวัดตราด**. หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประไพรัตน์ สีสลไก. (2555). สารอินโดลอัลคาลอยด์ และฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นพญาสัตบรรณ. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี**, 14(1), 54-64.
- ผานตา เอี้ยวชีโป, แววลี โชคแสวงการ, ชฎาพร พรหมแดน, และพิมพ์หทัย นิลเกษม. (2017). ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดใบดินเผ่น้ำและใบดินเผ่น้ำทราย. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 22 (ฉบับพิเศษ) การประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 9**, 129-140.
- ศิริพร หมาดหล้า, และพจนพร ไกรดิษฐ์. (2560). สารอัลคาลอยด์จากพืช และกลไกการออกฤทธิ์ระดับโมเลกุลในการต้านมะเร็ง. **Songklanagarind Medical Journal**, 35(1), 83-94.
- อุทาร์ตัน ภูไพบูลย์. (2542). **ไม้ยืนต้น ใช้ทำดินสอดำ**. กรุงเทพฯ : กรมป่าไม้.
- Arulmozhi, S., Mazumder, P.M., Lohidasan, S., & Thakurdesai, P. (2010). Antidiabetic and antihyperlipidemic activity of leaves of *Alstonia scholaris* Linn. R.Br. **European Journal of Integrative Medicine**, 2, 23-32.
- Arulmozhi, S., Mazumder, P.M., Sathiyarayanan, L., & Ashok, R. (2011). Anti-arthritis and antioxidant activity of leaves of *Alstonia scholaris* Linn. R.Br. **European Journal of Integrative Medicine**, 3, 83-90.
- Bagul, U.S., & Sivakumar, S. M. (2016). Antibiotic susceptibility testing: a review on current practices. **International Journal of Pharmaceutics**, 6(3), 11-17.
- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibnsouda, K.S. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: a review. **Journal of Pharmaceutical Analysis**, 2, 71-79.

- Critchfield, J.W., Butera, S.T., & Folks, T.M. (1996). Inhibition of HIV activation in latently infected cells by flavonoid compounds. **AIDS Research and Human Retroviruses**, 12(1), 39-46.
- Deepak, G., & Ashish K.G. (2013). Study on Phytochemical Composition, Antibacterial and Antioxidant Properties of Different Parts of *Alstonia scholaris* Linn. **Advanced Pharmaceutical Bulletin**, 3(2), 379-384.
- Feng, L., Yuan, Y., Liu, X., Gu, J., Zhang, H., & Wang, Y. (2013). A Combination of Alkaloids and Triterpenes of *Alstonia scholaris* (Linn.) R. Br. Leaves Enhances Immunomodulatory Activity in C57BL/6 Mice and Induces Apoptosis in the A549 Cell Line. **Molecules**, 18(11), 13920-13939
- Hui, T., Sun, Y., Zhu, L., Guo, W., & Rao, G. (2009). Flavonoids in Leaves of *Alstonia scholaris*. **Zhongguo Zhong Yao Za Zhi**, 34 (9), 1111-1113.
- Jorgensen, J.H., & Ferraro, M. J. (2009). Antimicrobial susceptibility testing: a review of general principles and contemporary practices. **Clinical Infectious Diseases**, 49, 1749-1755.
- Lima, M.C., Paiva de Sousa, C., Fernandez-Prada, C., Harel, J., Dubreuil, J.D., & de Souza E.L. (2019). A review of the current evidence of fruit phenolic compounds as potential antimicrobials against pathogenic bacteria. **Microbial Pathogenesis**, 130, 259-270.
- Phansawan B. (2013). Free radicals, Antioxidants and antioxidant activity determination. **Journal of Science & Technology**, 21(3), 275–286.
- Prommuak, C., D-Eknamkul, W., & Shotipruk, A. (2008). Extraction of flavonoids and carotenoids from Thai silk waste and antioxidant activity of extract. **Separation and Purification Technology**, 62, 444-448.
- Saeed, N., Khan, M.R., & Shabbir, M. (2012). Antioxidant activity, total phenolic and total flavonoid contents of whole plant extracts *Torilis leptophylla*L. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, 12(221), 1-12.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, 299, 152-178.
- Winnie, C.M., Isabel, N.W., & Josphat, C.M. (2019). Antibacterial saponins from the leaves of *Polyscias fulva* (Araliaceae). **African Journal of Biotechnology**, 18(19), 390-398.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (พริกาะ) จากปลากะพงเค็มสามน้ำทะเลสาบสงขลา

ธัญพร บุญศิริ¹ จิราภรณ์ ตันติพงศ์อาภา² โกสินทร์ ทีปักษ์พันธ์³ นิชา ประสงค์จันทร์⁴
นรินทร์ภาพ ช่วยการ⁵ วรณนิสา ภาพพันธ์^{6*}

Received : July 11, 2024

Revised : January 30, 2025

Accepted : March 22, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผงโรยข้าว (พริกาะ) จากปลากะพงเค็มสามน้ำทะเลสาบสงขลา โดยศึกษากระบวนการผลิตปลากะพงเค็มของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านบ่อสวน และพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว ปลากะพงเค็มที่มีส่วนประกอบเครื่องปรุงรสในปริมาณที่แตกต่างกัน ด้วยการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ คุณค่าทางโภชนาการ และการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า การผลิตและแปรรูปปลากะพงเค็มได้จากการหมักปลากะพง 6 กิโลกรัม ด้วยเกลือ 2 กิโลกรัม และน้ำตาลทราย 0.5 กิโลกรัม ในกล่องโฟมเป็นเวลา 3-5 วัน จากนั้นจึงตากแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแสงอาทิตย์เป็นเวลา 3-4 วัน นำปลากะพงเค็มส่วนหัวและส่วนหาง มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากะพงเค็มสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม คือ เนื้อปลากะพงเค็ม งาขาว งาดำ สาหร่ายแผ่นอบกรอบ และน้ำตาลทราย ปริมาณเครื่องปรุงรส สูตรที่เหมาะสมพริกป่น ร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก พบว่าด้านสี มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 54.82 14.26 และ 32.86 ตามลำดับ ค่าความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 2.80 และค่าน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.43 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์ราทั้งหมด เท่ากับ 6.8×10^2 CFU/g และ 30 CFU/g มีคุณค่าทางโภชนาการใน 100 กรัม มีพลังงานทั้งหมด 315.68 กิโลแคลอรี ไขมัน 3.395 กรัม โปรตีน 38.85 กรัม คาร์โบไฮเดรตรวม 32.43 กรัมใยอาหาร 2.28 กรัม ความชื้น 14.16 กรัม เถ้า 11.17 กรัม การยอมรับผงโรยข้าวปลากะพงเค็มสามน้ำที่มีบรรจุภัณฑ์และฉลากผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 100 จากผู้บริโภคจำนวน 50 คน

คำสำคัญ: ปลากะพงเค็ม ผงโรยข้าว พริกาะ

^{1 2 6} อาจารย์หลักสูตรอาหารและโภชนาการ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. หลักสูตรศึกษาทั่วไป คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย⁴ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรศึกษาทั่วไป คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย⁵ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรอาหารและโภชนาการ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: wannisa.p@rmutsv.ac.th

DEVELOPMENT OF RICE SEASONING (FURIKAKE) FROM SALTED SEABASS FROM SONGKHLA LAKE

Thanyaporn Bunsiri¹ Jiraporn Tantipongarpa² Kosin Teeparuksapun³
Nicha Prasongchan⁴ Narinphop Chuaykarn⁵ Wannisa Phaophan^{6*}

Abstract

This research aimed to develop rice seasoning (Furikake) using salted seabass sourced from Songkhla Lake. The study focused on the production process of salted seabass by the Ban Bo Suan community enterprise and the subsequent development of Furikake using different ingredient formulations. Sensory evaluation was conducted to assess product acceptability, followed by an analysis of physicochemical properties, microbial content, and nutritional values and a study of customer acceptance. The findings revealed that the optimal salted seabass production process involved fermenting 6 kg of seabass with 2 kg of salt and 0.5 kg of sugar in a foam container for 3–5 days, followed by solar drying for 3–4 days. The heads and tails of the salted seabass were repurposed to create the Furikake. The most suitable formulation included salted seabass, white and black sesame seeds, crispy seaweed, sugar, and 4% chili powder by weight. The brightness (L^*), redness (a^*), and yellowness (b^*) values of the Furikake were 54.82, 14.26, and 32.86, respectively. The moisture content was 37.89%, and the water activity (a_w) was 0.69. Furthermore, the selected formulation had a total microbial count of 6.8×10^2 CFU/g, with yeast and mold content of less than 30 CFU/g. Nutritional analysis revealed that 100 grams of the Furikake provided 315.68 kilocalories, consisting of 3.395 grams of fat, 38.85 grams of protein, 32.43 grams of carbohydrates, 2.28 grams of fiber, 14.16 grams of moisture, and 11.17 grams of ash. Consumer acceptance of the product, including its packaging and labeling, was 100% among 50 participants.

Keywords: Salted seabass, Rice seasoning, Furikake

^{1 2 6} Lecturer of Food and nutrition, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya

³ Assistant Professor Dr., of the Science Program, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya

⁴ Assistant Professor, of the Science Program Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya

⁵ Assistant Professor, of Food and nutrition, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya

* Corresponding author, e-mail: wannisa.p@rmutsv.ac.th

บทนำ

ปลากระพงขาวเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจของจังหวัดสงขลาถือเป็นแหล่งรายได้ที่สำคัญ การเลี้ยงปลากระพงขาวในจังหวัดสงขลา มีมากในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาโดยปลากระพงขาวที่เลี้ยงในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาได้ชื่อว่า มีรสชาติอร่อยเพราะเป็นปลาที่เลี้ยงในระบบสามน้ำตามธรรมชาติ คือ น้ำจืด น้ำกร่อย น้ำเค็ม จึงเรียกกันว่า “ปลากระพงขาวสามน้ำ” ปัจจุบันการจำหน่ายปลากระพงขาวที่เลี้ยงในแหล่งนี้พบว่าราคายังมีความไม่แน่นอนและได้รับผลกระทบจากการเปิดการค้าเสรีที่ทำให้มีการนำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้าน เช่น ประเทศมาเลเซีย ทำให้เกิดการแข่งขันด้านราคา ส่งผลให้ราคาปลากระพงขาวของเกษตรกรในจังหวัดสงขลาตกต่ำลง มีการยกระดับศักยภาพการผลิตและการตลาดของเกษตรกรกลุ่มผู้เลี้ยงปลากระพงขาวสามน้ำเพื่อเพิ่มมูลค่า โดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลากระพงเค็มชุมชนบ้านบ่อสวน ตำบลหัวเขา เทศบาลเมืองสิงหนคร จังหวัดสงขลา ได้ทำการแปรรูปเพื่อจำหน่ายในรูปแบบปลากระพงเค็ม จัดจำหน่ายในรูปแบบออนไลน์และออฟไลน์ โดยจำหน่ายในลักษณะของการขายทั้งตัวและตัดแบ่งชิ้นขาย ปัจจุบันพบว่าลูกค้านิยมซื้อแบบตัดชิ้นขาย ซึ่งการตัดแบ่งชิ้นปลากระพงเค็ม ทำให้เกิดขึ้นส่วนที่เป็นส่วนหัวและส่วนหาง ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ไม่สามารถขายได้ในราคาปกติ จึงทำให้รายได้ในการจำหน่ายลดลง รวมถึงกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านบ่อสวน มีความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลากระพงเค็มให้มีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อให้เข้าถึงกลุ่มลูกค้าได้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะกลุ่มคนรุ่นใหม่ที่มีความต้องการบริโภคอาหารสำเร็จรูป พร้อมรับประทาน จึงมีแนวคิดในการนำชิ้นส่วนปลากระพงเค็มส่วนหัวและส่วนหางที่ไม่สามารถขายได้ในราคาปกติไปเพิ่มมูลค่าโดยการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากระพงเค็ม ซึ่งจุดเด่นของผลิตภัณฑ์ คือ ผลิตจากวัตถุดิบปลากระพงขาวที่เลี้ยงในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาได้รับการยอมรับถึงคุณภาพและรสชาติของผลิตภัณฑ์ปลากระพงเค็มจากผู้บริโภค นอกจากนี้จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของปลากระพงยังพบว่า แร่ธาตุที่สำคัญ ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม พบมากที่สุดในส่วนหัว กระดูกปลา และเหงือก (Paulo et al., 2020)

ผงโรยข้าว (พริก้าเกะ) เป็นผลิตภัณฑ์ปรุงรสสำหรับโรยบนข้าวสวย ผักสลัดหรือซูชิ โดยทั่วไปซึ่งสามารถใช้ส่วนประกอบได้หลากหลายรูปแบบ อุดมไปด้วยโปรตีน แคลเซียม ธาตุเหล็ก และใยอาหาร ขึ้นอยู่กับส่วนผสมที่ใช้ (Masahiro et al., 2024) โดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลากระพงเค็มชุมชนบ้านบ่อสวน มีความสนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวโดยใช้ปลากระพงเค็มเป็นส่วนประกอบ ซึ่งที่ผ่านมาทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ ยังขาดองค์ความรู้ในกระบวนการผลิตผงโรยข้าว ตลอดจนการศึกษาศักยภาพทางเคมี และทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร รวมถึงการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์และการสร้างฉลากบรรจุภัณฑ์

ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยมีแนวคิดในการนำส่วนหัวและส่วนหางปลากระพงเค็มซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของชุมชนบ้านบ่อสวน ตำบลหัวเขา เทศบาลเมืองสิงหนคร จังหวัดสงขลา มาแปรรูปเป็นผงโรยข้าวพร้อมทาน รวมทั้งทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ ตลอดจนการวิเคราะห์คุณค่าทาง

โภชนาการ การออกแบบฉลากและบรรจุภัณฑ์เพื่อเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับปลากะพงเค็ม ส่งเสริมการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์จากปลากะพงเค็มมีความหลากหลายเพิ่มขึ้น สร้างผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจให้กับผู้บริโภคต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม
2. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม
3. เพื่อศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากะพงเค็มสามน้ำของผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษากระบวนการผลิตและสูตรผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม

1.1 การศึกษากระบวนการผลิตปลากะพงเค็ม

ทำการศึกษากระบวนการผลิตปลากะพงเค็มโดยการลงพื้นที่ เพื่อรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิตปลากะพงเค็ม ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลากะพงเค็มชุมชนบ้านบ่อสวน หมู่ที่ 8 บ้านบ่อสวน เทศบาลเมืองสิงหนคร จังหวัดสงขลา โดยการสอบถามและสัมภาษณ์เจ้าของกิจการ ผู้ผลิตปลากะพงเค็ม จำนวน 10 คน

1.2 การสำรวจรสชาติผงโรยข้าวที่ผู้บริโภคชื่นชอบ

ทำการศึกษารสชาติผงโรยข้าวปลาเค็มปรุงรสที่ผู้บริโภคชื่นชอบ จำนวน 5 รส ได้แก่ 1) รสทรงเครื่อง 2) รสพริกเกลือ 3) รสตั๋มยำ 4) รสหม่าล่า และ 5) รสลาบ โดยใช้แบบสอบถามเพื่อสำรวจความชอบผู้บริโภค จำนวน 50 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาหลักสูตรอาหารและโภชนาการ และบุคลากร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นำผลสำรวจคะแนนรสชาติผงโรยข้าวปลาเค็มปรุงรสที่ผู้บริโภคชื่นชอบ 5 รสชาติ มาคัดเลือกคะแนนความชอบสูงสุดเพื่อเป็นรสที่จะใช้ในการศึกษาสูตรและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากะพงเค็มในขั้นตอนต่อไป

1.3 การศึกษาสูตรมาตรฐานและการผลิตผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม

ศึกษาสูตรมาตรฐานที่จะใช้ในการผลิตผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม โดยดัดแปลงจากสูตรมาตรฐานจำนวน 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 จากผลงานของรจนา นุชนุ่ม (2551) สูตรที่ 2 จากผลงานของอรอนงค์ ศรีพาทกุล และคณะ (2564) สูตรที่ 3 จากผลงานของดวงรัตน์ พรเทวบัญชา (2554) สูตรที่ 4 จากผลงานของนพรัตน์ มะเห และคณะ (2564) โดยมีส่วนผสมดังตารางที่ 1 จากนั้นผลิตผงโรยข้าวปลากะพงเค็มจากสูตรมาตรฐานทั้ง 4 สูตร โดยใช้ปลากะพงเค็มส่วนหัวและหาง มาแกะกระดูกปลาออกให้หมด นำส่วนเนื้อปลาไปปั่นด้วยเครื่องปั่นให้มีขนาดเล็กแล้วนำไปคั่วด้วยไฟกลางประมาณ 10 นาทีจนเนื้อปลามีลักษณะเป็นผงสีเหลืองนวล

และมีกลิ่นหอม พักให้เย็น นำเนื้อปลากระพงเค็มที่ได้ไปผสมกับงาขาวคั่วสุก งาดำคั่วสุก สำหรับแผ่นอบกรอบ หั่นหยาบและน้ำตาลทราย ผสมให้เข้ากันกัน นำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ใช้แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส 9 Point Hedonic Scale วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติโดยโปรแกรม SPSS เพื่อคัดเลือกสูตรมาตรฐานที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับและทำการศึกษาในขั้นต่อไป

1.4 การศึกษาปริมาณเครื่องปรุงที่เหมาะสมในการผลิตผงโรยข้าวปลากระพงเค็มปรุงรส

นำสูตรผงโรยข้าวปลากระพงเค็มที่ได้คะแนนการยอมรับมากที่สุดจากข้อที่ 1.3 มาศึกษาปริมาณเครื่องปรุงรสที่เหมาะสมในการผลิตผงโรยข้าวปลาเค็มปรุงรส ให้เป็นไปตามรสชาติที่ผู้บริโภคชื่นชอบมากที่สุดจากข้อที่ 1.2 โดยศึกษาปริมาณพริกป่นที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 2, 4, 6 และ 8 โดยน้ำหนัก นำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ใช้แบบทดสอบการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส 9 Point Hedonic Scale วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติโดยโปรแกรม SPSS

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากระพงเค็ม

2.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากระพงเค็ม

นำผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากระพงเค็มสูตรที่ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดจากข้อ 1.4 มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี โดยวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab, Colorflex EZ 45-0(LAV), USA) แสดงค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) วิเคราะห์ค่าความชื้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่าความชื้น (Infrared Moisture Analyzer, MA 150, Sartorius, Germany) โดยนำตัวอย่างปริมาณ 5 กรัม ใส่ลงไปในเครื่องวัดความชื้นรอจนเครื่องแสดงค่าที่วัดได้ อ่านค่าทำการวัด 3 ซ้ำ ต่อหนึ่งตัวอย่าง แล้วทำการบันทึกผลและนำมาหาค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ค่าน้ำอิสระ (Water Activity, AQUA LAB, 4TE, USA) นำตัวอย่างปริมาณ 3 กรัมใส่ในถ้วยตัวอย่างจากนั้นนำถ้วยตัวอย่างใส่ในเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระรอจนเครื่องแสดงค่าที่วัดได้ อ่านค่าทำการวัด 3 ซ้ำต่อหนึ่งตัวอย่าง แล้วทำการบันทึกผลและนำมาหาค่าเฉลี่ย

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากระพงเค็ม

นำผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากระพงเค็มสูตรที่ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดจากข้อ 1.4 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยการชั่งตัวอย่าง 10 กรัม เติมน้ำกลั่นละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 90 มิลลิลิตร เขย่าให้ตัวอย่างละลายและการกระจายตัวในสารละลายอย่างสม่ำเสมอเจือจางที่อัตราส่วน 1:10 โดยระดับความเจือจาง 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} ใส่ลงบนเพลท PCA บ่มเพาะเชื้อที่

อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนี โดยเลือกเพลทที่มีโคโลนี 25-250 โคโลนี และคำนวณจำนวน CFU/g ของตัวอย่าง และปริมาณยีสต์ราโดยการชั่งตัวอย่าง 10 กรัม เติมน้ำละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 90 มิลลิลิตร เขย่าให้ตัวอย่างละลายและการกระจายตัวในสารละลายอย่างสม่ำเสมอจากที่อัตราส่วน 1:10 โดยระดับความเจือจาง 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} ใส่ลงบนเพลท PCA บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน นับจำนวนโคโลนีโดยเลือกเพลทที่มีโคโลนี 25-250 โคโลนี และคำนวณจำนวน CFU/g ของตัวอย่างทั้งหมดตามวิธีการของ AOAC (2012)

2.3 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม ดังนี้ ปริมาณโปรตีน ตามวิธีการของ AOAC (2019) ปริมาณไขมัน ปริมาณความชื้น และปริมาณเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2000) เส้นใยหยาบ (Crude fiber) ตามวิธีการของ AOAC (1984) คาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการคำนวณ พลังงาน (Energy)

3. การออกแบบตลาดและบรรจุภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม

ดำเนินการออกแบบตลาดและบรรจุภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากะพงเค็มโดยใช้ข้อมูลทางโภชนาการที่ได้จากข้อ 2.3 และนำไปสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากะพงเค็มสามน้ำที่มีบรรจุภัณฑ์และฉลากผลิตภัณฑ์ โดยสอบถามจากผู้บริโภคทั่วไป ในพื้นที่ อ.เมือง จ.สงขลา จำนวน 50 คน การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มแบบบังเอิญ

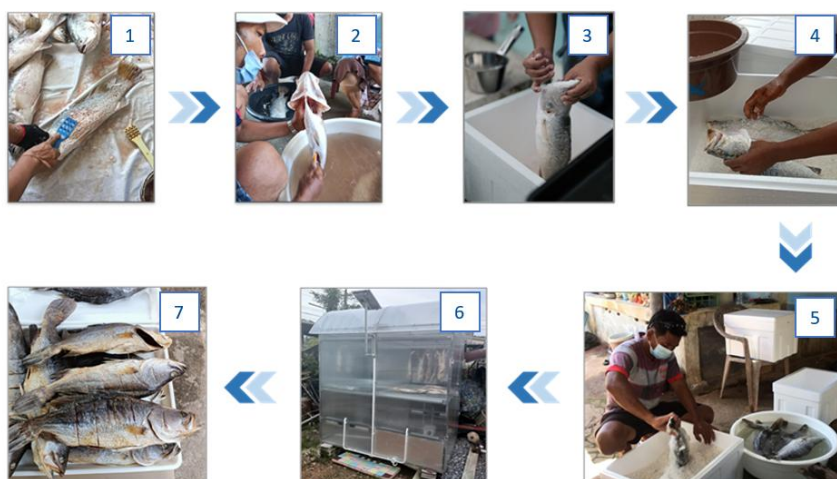
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษากระบวนการผลิตและสูตรผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม

1.1 ผลการศึกษากระบวนการผลิตปลากะพงเค็ม

กระบวนการผลิตปลากะพงเค็มของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลากะพงเค็มชุมชนบ้านบ่อสวน มีขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 1 เริ่มจากนำปลากะพงขาวขนาด 1.5-2.0 กิโลกรัมต่อตัวมาขอดเกล็ด ควักไส้ จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด และนำมาวางให้สะเด็ดน้ำ แล้วจึงหมักด้วยเกลือเม็ดตำพอแตกผสมกับน้ำตาลทรายในอัตราส่วน เกลือ 2 กิโลกรัม น้ำตาลทราย 0.5 กิโลกรัม ต่อปลา 6 กิโลกรัม และวางเรียงในกล่องโฟม หมักเป็นเวลา 3-5 วัน จากนั้นนำมาล้างน้ำสะอาดและนำไปตากในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นเวลา 3-4 วัน และบรรจุในถุงเพื่อรอการจำหน่ายต่อไป ซึ่งจากการศึกษากระบวนการผลิตปลากะพงเค็มของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลากะพงเค็มชุมชนบ้านบ่อสวน พบว่า จะตากแห้งด้วยการใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีระบบปิดมิดชิดแทนการตากแห้งด้วยแสงแดดธรรมชาติเพื่อความสะอาดและสุขอนามัยที่ดี สอดคล้องกับวิจัยที่ศึกษากระบวนการผลิตปลากะพงเค็มโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์พบว่า สามารถลดการปนเปื้อนของยีสต์และรา ได้ถึง 3 เท่า และสามารถทำให้ปลากะพงเค็มแห้งได้เร็วกว่าการตากด้วยแสงอาทิตย์ธรรมดา ลดระยะเวลาการตากแห้งได้ถึง 3 วัน (โกสินทร์ ทีปักษ์พันธ์ และคณะ, 2565) และเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยการสร้างตู้อบแห้งพลังงาน

แสงอาทิตย์ในการจัดการเทคโนโลยีการผลิตปลาช่อนแดดเดียวที่มีแหล่งความร้อนแยกส่วนกับห้องอบแห้ง ทำให้การไหลของลมร้อนมีการกระจายตัว อุณหภูมิสามารถกระจายตัวได้ทั่วถึง สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งตามความต้องการได้เร็วกว่าการผึ่งแดดโดยวิธีธรรมชาติเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (อนุชิต กลัประสิทธิ์ และคณะ, 2563) รวมถึงการศึกษาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูงที่ทำให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งเนื้อหมูเฉลี่ยแล้วใช้เวลาในการอบเร็วกว่านอกตู้อบประมาณ 1.30 ชั่วโมง (ศิริวรรณ อาจบำรุง, 2562)



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตปลากระพงเค็มของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปปลากระพงเค็มชุมชนบ้านบ่อสวน

การจำหน่ายปลากระพงเค็ม จะจำหน่ายแบบการขายทั้งตัวหรือตัดแบ่งชิ้นขาย (ภาพที่ 2) ผู้บริโภคนิยมซื้อแบบตัดชิ้นขาย ซึ่งการตัดแบ่งชิ้นปลากระพงเค็มทำให้เกิดชิ้นของปลากระพงเค็มที่เป็นส่วนหัวและส่วนหาง ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ขายได้ในราคาต่ำ



ภาพที่ 2 การตัดชิ้นปลากระพงเค็มเพื่อการจำหน่าย

1.2 ผลการศึกษารสผงโรยข้าวปลากะพงเค็มที่ผู้บริโภคมชอบ

จากผลการสำรวจความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อรสชาติผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม จำนวน 5 รสชาติ ได้แก่ 1) รสทรงเครื่อง 2) รสพริกเกลือ 3) รสตั้มยำ 4) รสหม่าล่า และ 5) รสลาบ โดยใช้ผู้บริโภคตอบแบบสอบถามความชอบจำนวน 50 คน พบว่ารสของผงโรยข้าวปลาเค็มที่ได้คะแนนสูงที่สุดคือ รสทรงเครื่อง คิดเป็นร้อยละ 44 รองลงมาได้แก่ รสพริกเกลือ รสตั้มยำ รสหม่าล่า และรสลาบ คิดเป็นร้อยละ 22, 12, 12 และ 10 ตามลำดับ

1.3 ผลการศึกษาสูตรมาตรฐานผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม

จากการศึกษาสูตรมาตรฐานผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม โดยดัดแปลงจากสูตรมาตรฐาน 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 จากงานวิจัยของ รจนา นุชนุ่ม (2551) สูตรที่ 2 อรอนงค์ ศรีพวงทกุล และคณะ (2564) สูตรที่ 3 ดวงรัตน์ พรเทพบัญชา (2554) สูตรที่ 4 นพรัตน์ มะเห และคณะ (2564) โดยส่วนประกอบของผงโรยข้าวปลากะพงเค็มแต่ละสูตรแสดงดังตารางที่ 1 เมื่อนำมาทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า สูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบคุณลักษณะด้านสี ด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม สูงกว่าสูตรที่ 1 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นด้านรสชาติที่แตกต่างกับสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 2 ดังนั้นสูตรมาตรฐานของผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม คือ สูตรที่ 2 ที่มีส่วนผสม เนื้อปลากะพงเค็ม 34 กรัม งาขาว 14 กรัม งาดำ 7 กรัม สาหร่ายแผ่นอบกรอบ 3 กรัม และ น้ำตาลทราย 3 กรัม

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของผงโรยข้าวปลาเค็มที่ดัดแปลงจากสูตรมาตรฐานทั้ง 4 สูตร

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)			
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
เนื้อปลากะพงเค็ม	60	34	22	28
งาขาว	10	14	25	13
งาดำ	10	7	25	13
สาหร่ายแผ่นอบกรอบ	1	3	3	6
น้ำตาลทราย	2	3	4	3

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูตรมาตรฐานผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบสูตรมาตรฐาน			
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
สี ^{ns}	7.17±0.44	7.47±0.31	7.33±0.09	7.27±0.29
กลิ่น ^{ns}	6.43±0.52	6.93±0.02	7.07±0.23	7.13±0.20
รสชาติ	6.33±0.94 ^b	7.60±0.34 ^a	6.97±0.43 ^{ab}	6.93±0.31 ^{ab}
เนื้อสัมผัส ^{ns}	6.87±0.53	7.20±0.96	6.90±0.35	7.07±0.08
ความชอบโดยรวม ^{ns}	6.67±0.57	7.37±0.13	7.03±0.27	7.13±0.07

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็ก ที่แตกต่างกันในคอลัมน์แนวดิ่งเดียวกัน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ns คือ ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากการศึกษาความชอบรสชาติของผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม พบว่า ผู้บริโภคชอบผงโรยข้าวปลาเค็มรสทรงเครื่องมากที่สุด และผลการศึกษาสูตรมาตรฐานของผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม พบว่า สูตรที่ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบสูงสุดคือ สูตรที่มีส่วนผสมของ เนื้อปลากะพงเค็ม งาขาว งาดำ สาหร่ายแผ่นอบกรอบ และน้ำตาลทราย ซึ่งสอดคล้องกับการสำรวจตลาดของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดของประเทศไทย ส่วนใหญ่มีส่วนผสมคือ งา สาหร่าย แป้งสาลี ไข่ ปลาแห้งหรือกุ้งแห้งประเภทต่างๆ และผงปรุงรสในรสชาติต่าง ๆ (ณัฐธันกร พรหมพฤกษ์, 2558) นอกจากนี้ยังพบว่าสินค้าประเภทผงโรยข้าวในแบรนด์ที่วางขายในท้องตลาดทั่วไปมีรสชาติต่างๆ เช่น ปลาเค็มป่นดั้งเดิม ปลาเค็มป่นรสโนริสาหร่าย (รัตนจิตา วิสุทธิธาดา, 2565) แสดงถึงความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อรสชาติแบบดั้งเดิมและส่วนผสมที่คุ้นเคย นอกจากนี้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (ฟูริคาเกะ) จากหนังปลากะพงขาวทอดกรอบของ นพรัตน์ มะเห และคณะ (2562) มีส่วนผสมของเนื้อปลาอบแห้ง ผักอบแห้ง งาขาว งาดำ ซอสปรุงรส น้ำตาลทราย เกลือ และสาหร่ายทะเล

1.4 ผลการศึกษาปริมาณเครื่องปรุงรสที่เหมาะสมในผงโรยข้าวปลากะพงเค็มปรุงรส

ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผงโรยข้าวปลากะพงเค็มปรุงรสที่ใช้ปริมาณพริกป่นแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 2, 4, 6 และ 8 โดยน้ำหนัก ดังตารางที่ 3 พบว่า สูตรที่ 2 มีปริมาณพริกป่นร้อยละ 4 มีคะแนนความชอบคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และด้านความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรที่ 1 ไม่แตกต่างกัน ซึ่งแตกต่างกับสูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผงโรยข้าวปลากะพงเค็มเมื่อมีปริมาณพริกป่นแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ปริมาณพริกป่น (โดยน้ำหนัก)			
	ร้อยละ 2 (สูตรที่ 1)	ร้อยละ 4 (สูตรที่ 2)	ร้อยละ 6 (สูตรที่ 3)	ร้อยละ 8 (สูตรที่ 4)
สี	7.47±0.04 ^a	7.87±0.93 ^a	6.80±1.15 ^b	6.40±0.16 ^b
กลิ่น	7.60±0.19 ^a	7.90±0.88 ^a	6.63±0.96 ^b	6.50±0.86 ^b
รสชาติ	7.10±0.34 ^{ab}	7.53±0.16 ^a	6.70±0.08 ^{bc}	6.43±0.93 ^c
เนื้อสัมผัส	7.67±0.18 ^a	8.03±0.96 ^a	6.70±0.17 ^b	6.43±0.72 ^b
ความชอบโดยรวม	7.43±0.16 ^a	7.73±0.94 ^a	6.70±0.11 ^b	7.14±0.12 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็ก ที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกัน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ดังนั้นจากตารางที่ 3 ผงโรยข้าวปลากะพงเค็มที่ศึกษาปริมาณเครื่องปรุงรสจากอัตราส่วนพริกป่นที่แตกต่างกัน พบว่าปริมาณพริกป่นที่ผู้ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ ร้อยละ 4 (โดยน้ำหนัก) โดยมีส่วนผสมเครื่องปรุงรส ได้แก่ พริกป่น ผงมะนาว หอมเจียว น้ำตาล ผงโรยข้าวปลากะพงเค็มที่ได้จึงมีรสชาติที่จัดจ้านตามลักษณะของอาหารไทย เนื่องจากผู้บริโภครับประทานผงโรยข้าวเพื่อต้องการเพิ่มรสชาติให้แก่มื้ออาหารให้มีความอร่อยมากยิ่งขึ้น (ชัตติยา ฉายาพันธ์, 2561) สอดคล้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสและผงโรยข้าวจากถั่วเหลืองหมักพื้นบ้าน รสหอม-กระเทียม ที่มีส่วนผสมปรุงรสคือ หอมแดงเจียว กระเทียมป่น พริกป่น โปรตีนเกษตร น้ำตาลทรายขาว และเกลือป่น (สุริวัชรณ ราชสม และคณะ, 2563)

2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม

2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผงโรยข้าวปลากะพงเค็มเมื่อมีปริมาณพริกป่นแตกต่างกัน 4 ระดับ ดังตารางที่ 4 ปริมาณพริกป่นร้อยละ 2, 4, 6 และ 8 โดยน้ำหนัก มีค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 57.13, 54.82, 54.69, และ 51.40 ตามลำดับ ค่าความเป็นสีแดง (a^*) เท่ากับ 12.06, 14.26, 14.89 และ 16.16 ตามลำดับ ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 31.20, 32.86, 32.57 และ 33.40 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม

ปริมาณพริกป่น	ค่าสี			ความชื้น (ร้อยละ)	ค่าน้ำ อิสระ (a_w)
	ค่าความ สว่าง	ค่าความเป็น สีแดง	ค่าความเป็น สีเหลือง		
	ค่า L^*	ค่า a^*	ค่า b^*		
ร้อยละ 2	57.13±0.90	12.06±0.22	31.20±0.31	2.94±0.20	0.43±0.21
ร้อยละ 4	54.82±0.38	14.26±0.19	32.86±0.20	2.80±0.19	0.43±0.01
ร้อยละ 6	54.69±0.48	14.89±0.27	32.57±0.60	2.37±1.37	0.45±0.02
ร้อยละ 8	51.40±0.78	16.16±0.71	33.40±0.45	2.92±0.08	0.49±0.01

จากตารางที่ 4 ปริมาณพริกป่นเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ในขณะที่ความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีแดงเพิ่มมากขึ้นและดูมีสีสน้ำรับประทาน สอดคล้องกับงานวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (พริกเค็ม) จากปลาสดที่เติมผงปรุงรส รสกุ้ง ร้อยละ 5 แล้วมีค่าความเป็นสีแดง (a^*) สูงที่สุด ($p < 0.05$) เนื่องจากผงปรุงรสที่เติมเข้าไปมีสีส้มแดงจึงทำให้ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้นและบดบังสีเหลืองที่เป็นสีแท้จริงของผลิตภัณฑ์ (รจนา นุชนุ่ม, 2551)

ค่าความชื้นของผงโรยข้าวปลากะพงเค็มทั้ง 4 สูตรอยู่ระหว่างร้อยละ 2.37-2.94 ของน้ำหนัก และค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) มีค่าระหว่าง 0.43-0.49 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผงโรยข้าวจากปลา (มผช.1605/2565) ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 0.6

2.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาผงโรยข้าวปลากะพงเค็มสูตรที่ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดจากผลการทดลองข้อที่ 1.4 มีส่วนผสมคือ เนื้อปลากะพงเค็ม 34 กรัม งาขาว 14 กรัม งาดำ 7 กรัม สาหร่ายแผ่นอบกรอบ 3 กรัม และ น้ำตาลทราย 3 กรัม พริกป่น 4 กรัม ผงมะนาว 6 กรัม หอมเจียว 4 กรัม พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 6.8×10^2 CFU/g และปริมาณยีสต์ทั้งหมด เท่ากับ 30 CFU/g ดังตารางที่ 5 เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผงโรยข้าวจากปลา (มผช.1605/2565) ซึ่งกำหนดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัมและ ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ทั้งนี้กระบวนการผลิตผงโรยข้าวปลากะพงเค็มผ่านการให้ความร้อน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีลักษณะแห้ง และมีค่าปริมาณน้ำอิสระ(a_w) ไม่เกิน 0.6 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำทำให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเติบโตได้ดีในสภาวะนี้

2.3 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม ปริมาณ 100 กรัม แสดงดังตารางที่ 5 พบว่า มีพลังงานทั้งหมด 315.68 กิโลแคลอรี ไขมัน 3.395 กรัม โปรตีน 38.85 กรัม คาร์โบไฮเดรตรวม 32.43 กรัมใยอาหาร 2.28 กรัม ความชื้น 14.16 กรัม และ เกล้า 11.17 กรัม

ตารางที่ 5 คุณค่าทางโภชนาการของผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม

คุณค่าทางโภชนาการ	ผลการทดสอบ ต่อ 100 กรัม	หน่วย
พลังงานทั้งหมด	315.68	กิโลแคลอรี
ไขมัน	3.395	กรัม
โปรตีน	38.85	กรัม
คาร์โบไฮเดรตรวม	32.43	กรัม
ใยอาหาร	2.28	กรัม
ความชื้น	14.16	กรัม
เถ้า	11.17	กรัม
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด	6.8×10^2	CFU/g
ปริมาณยีสต์ราทั้งหมด	30	CFU/g

ผลการศึกษาค่าคุณค่าทางโภชนาการ ผงโรยข้าวปลากะพงเค็มปริมาณ 100 กรัม ให้พลังงาน 315.68 กิโลแคลอรี และมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด 38.85 กรัม ทั้งนี้มาจากปริมาณของปลากะพงเค็มที่ผลิตจากปลากะพงขาวสามน้ำ จ.สงขลา ที่มีโปรตีน 20.2 กรัม/100 กรัม Omega 3 0.54 กรัม/100 กรัม Omega 6 0.10 กรัม/100 กรัม Omega 9 0.27 กรัม/100 กรัม ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญและเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย (โกสินทร์ ที่ปรีกษ์พันธ์ และคณะ, 2565) สอดคล้องกับการศึกษาค่าคุณค่าทางโภชนาการและคุณลักษณะบางประการของพริกาคะทางการค้าที่มีเนื้อปลาเป็นส่วนประกอบ พบว่าผงโรยข้าวทางการค้าที่มีโปรตีนจากเนื้อปลา 5 ยี่ห้อ มีปริมาณโปรตีนมาจากสัดส่วนของปลา ถั่วเหลืองหมัก และงา ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากปริมาณน้ำตาลทราย และงาที่ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน และปริมาณใยอาหารของผงโรยข้าวทางการค้าทั้ง 5 ยี่ห้อ มีปริมาณน้อยมาก แม้ว่าจะมีงาหรือสาหร่ายเป็นส่วนประกอบ (ภาพิมล ประจงพันธ์ และคณะ, 2562) เช่นเดียวกับผงโรยข้าวปลากะพงเค็มที่มีคาร์โบไฮเดรตรวม 32.43 กรัมและใยอาหาร 2.28 กรัม

3. ผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากะพงเค็มสามน้ำของผู้บริโภค

ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค จำนวน 50 คนต่อผงโรยข้าวปลากะพงเค็มสามน้ำซึ่งมีบรรจุภัณฑ์และฉลากผลิตภัณฑ์ดังภาพที่ 3 พบว่า ผู้บริโภคเพศชายร้อยละ 20 และเพศหญิงร้อยละ 80 มีอายุ

ระหว่าง 19-23 ปี สถานภาพโสดร้อยละ 100 มีระดับการศึกษาปริญญาตรีร้อยละ 80 และ อนุปริญญา (ปวส.) หรือเทียบเท่า ร้อยละ 20 มีเหตุผลเลือกรับประทานผงโรยข้าวเนื่องจากรับประทานได้ง่าย ร้อยละ 50 คิดว่ามีคุณค่าทางโภชนาการ ร้อยละ 30 ความแปลกใหม่ของผลิตภัณฑ์ร้อยละ 20 และให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากะพงเค็มสามน้ำที่มีบรรจุภัณฑ์และฉลากผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 100 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผงโรยข้าวกุ้งแชบ๊วย จากแผนธุรกิจผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวกุ้งแชบ๊วย ตราต้นเครื่อง พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 62.10 บริโภคผงโรยข้าวร่วมกับกับข้าว และ ร้อยละ 88 เลือกบริโภคผงโรยข้าวเพื่อเพิ่มรสชาติให้แก่มื้ออาหาร (ชัตติยา ฉายาพันธ์, 2561) รวมถึงการศึกษาแผนธุรกิจผลิตภัณฑ์สมุนไพรไทยโรยข้าว ตรา Best Thai Herbs ที่สำรวจเหตุผลในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์สมุนไพรไทยโรยข้าวพร้อมรับประทาน ปรากฏว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่เลือกซื้อ จากความแปลกใหม่ของผลิตภัณฑ์เป็นอันดับ 1 เลือกซื้อจากคุณประโยชน์หลักเป็นอันดับ 2 และอันดับ 3 คือเลือกซื้อจากความอยากทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ (ณัฐธรรณกร พรหมพุกษ์, 2558) และการศึกษาแผนธุรกิจผงโรยข้าวรสน้ำพริกมะเขว่น ที่ทำการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคสินค้าประเภทน้ำพริกสำเร็จรูป ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับคุณประโยชน์ และความสะดวกในการเก็บรักษามากที่สุด รองลงมาคือรูปลักษณ์บรรจุภัณฑ์ และความสะดวกในการรับประทาน (รัตนธิดา วิสุทธิตา, 2564)



ภาพที่ 3 ฉลากและบรรจุภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม

สรุป

งานวิจัยพบว่ากระบวนการผลิตปลากะพงเค็ม ใช้วิธีการตากแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แทนการตากแห้งด้วยแสงแดดธรรมชาติเพื่อความสะอาดและสุขอนามัยที่ดี ส่วนหัวและหางของปลากะพงเค็มที่ขายไม่ได้ราคานำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นผงโรยข้าวปลากะพงเค็มรสทรงเครื่อง โดยมีส่วนผสมคือ เนื้อปลากะพงเค็ม 34 กรัม งาขาว 14 กรัม งาดำ 7 กรัม สาหร่ายแผ่นอบกรอบ 3 กรัม และ น้ำตาลทราย 3 กรัม พริกป่น 4 กรัม ผงมะนาว 6 กรัม หอมเจียว 4 กรัม ปริมาณพริกป่นที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ในขณะที่ความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีแดงเพิ่มมากขึ้นและมีสีส้ม

นำรับประทาน ค่าความชื้นของผงโรยข้าวปลากะพงเค็มเท่ากับร้อยละ 2.80 ของน้ำหนัก และค่าปริมาณน้ำอิสระ (aw) มีค่า 0.43 รวมถึงผงโรยข้าวปลากะพงเค็มมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์ราทั้งหมดเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผงโรยข้าวจากปลา (มผช.1605/2565) และมีคุณค่าทางโภชนาการ โดยผงโรยข้าวปลากะพงเค็มปริมาณ 100 กรัม ให้พลังงาน 315.68 กิโลแคลอรี และมีปริมาณโปรตีนสูงถึง 38.85 กรัม จึงเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคและทำให้ผลิตภัณฑ์จากปลากะพงเค็มมีความหลากหลายเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ควรทำการศึกษาด้านอายุการเก็บรักษาสถิตภัณฑ์ผงโรยข้าวปลากะพงเค็ม เพื่อการจัดจำหน่ายในท้องตลาดต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากโครงการแพลตฟอร์มบริหารจัดการทรัพยากรผู้มีศักยภาพของกลุ่มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล เพื่อปฏิบัติการพัฒนากำลังคนของประเทศ และคณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และห้องปฏิบัติการในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- โกสินทร์ ทีปักษ์พันธ์, ณิชยา ประสงค์จันทร์, นพดล โพธิ์กำเนิด, เวคิน หนูนำวงศ์, อ้นธิกา ทิพย์จำนงค์, และมนต์ทนา คงแก้ว. (2565). การยกระดับศักยภาพการผลิตและการตลาดของเกษตรกรกลุ่มเลี้ยงปลากะพงสามน้ำเพื่อเพิ่มมูลค่าเศรษฐกิจชุมชน ตำบลหัวเขา เทศบาลเมืองสิงหนคร จังหวัดสงขลา. (รายงานการวิจัย). คณะศิลปศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- ชัตติยา ฉายาพันธ์. (2561). แผนธุรกิจผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวกุ้งแชบ๊วย ตรา “ต้นเครื่อง”. สารนิพนธ์การจัดการมหาบัณฑิต วิทยาลัยการจัดการ, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ณัฐธรรณกร พรหมพฤกษ์. (2558). ผลิตภัณฑ์สมุนไพรไทยโรยข้าวพร้อมรับประทาน ตรา “Best Thai Herbs”. สารนิพนธ์การจัดการมหาบัณฑิต วิทยาลัยการจัดการ, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ดวงรัตน์ พรเทวปัญญา. (2554). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (พริกาคะ) จากผัดสลัด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- นพรัตน์ มะเห, ดลฤดี พิชัยรัตน์, และณัฐรา เคชนักดี. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (พริกาคะ) จากหนังปลากะพงขาวทอดกรอบ. (รายงานการวิจัย). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

- ภาพิมล ประจักษ์พันธ์, อำพร แจ่มผล, ทิพากร ม่วงถึก, และศิริพร เรียบร้อย คิม. (2562). **คุณค่าทางโภชนาการ และคุณลักษณะบางประการของพริกาคะทางการค้าที่มีเนื้อมีเปลือกเป็นส่วนประกอบ**. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 57 สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ (หน้า 367-375), 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2562 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รัตนธิดา วิสุทธิธาดา. (2564). **แผนธุรกิจผองเรือข้าวรสน้ำพริกมะแขว่น**. การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจ มหบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- รจนา นุชนุ่ม. (2551). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผองเรือข้าว (พริกาคะ) จากปลาสด**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร มหบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ศิริวรรณ อาจบำรุง. (2562). **ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง**. (รายงานวิจัย). คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- สุวิวรรณ ราชสม, ญัฐวิภา สีลำ, และสุทธิดา ทากอนแก้ว. (2563). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผองเรือรสและผองเรือข้าวจากถั่วเหลืองหมักพื้นบ้าน**. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, 14(2), 173-182.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2565). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผองเรือข้าวจากปลา (มผช 1605/2565)**. กองบริหารมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร.
- อนุชิต กลับประสิทธิ์, ดุชนิ ศุภวรรณกุล, ประสุมิ สิทธิสงว, และรัศมี แสงศิริมงคลยิ่ง. (2563). **การสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในการจัดการเทคโนโลยีการผลิตปลาช่อนแดดเดียว**. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 12(2), 82-96
- อรอนงค์ ศรีพาทกุล, มณฑานติ ท้ามตัน, และประพัฒน์ กอสวัสดิ์พัฒน์. (2564). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผองเรือข้าวปลาเสริมสาหร่ายพวงองุ่น**. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 9(2), 69-82.
- AOAC. (1984). **Official methods of analysis of AOAC International**. (14th ed). Arlington, USA. Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC. (2000). **Official methods of analysis of AOAC international**. (17th ed). Verginia, USA, Association of Official Analysis Chemists.
- AOAC. (2012). **Official methods of analysis of AOAC international**. (17th ed). Washington DC, USA, Association of Official Analysis Chemists.
- AOAC. (2019). **Official methods of analysis of AOAC International**. (17th ed). Rockville, USA, Association of Official Analytical Chemists.

- Masahiro, B., Hiroko, O., & Hiroshi, B. (2024). Beneficial Japanese Seasoning Sprinkle (Furikake) Leading to Satisfactory Cuisine and Life. **Asploro Journal of Biomedical and Clinical Case Reports**, 7(1), 45-48.
- Paulo, E. S. M., Mirian, P., Ruben, D., Jianjun, Z., Francisco J. B., & Jose M. L. (2020). Nutritional Characterization of Sea Bass Processing By-Products. **Biomolecules**, 10(2), 1-18.

ฤทธิ์และการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดฟ้าทะลายโจร สารสกัดจันทน์เทศและสารปฏิชีวนะ
ต่อการยับยั้งการเจริญและยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของแบคทีเรียบางสายพันธุ์

วิสาตรี คงเจริญสุนทร^{1*} ตรียุทธ งานแข็ง² มนัสนันท์ หาญวัฒนพงษ์³

Received : October 26, 2023

Revised : March 10, 2025

Accepted : March 23, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสารสกัดฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall.Ex Nees) สารสกัดจันทน์เทศ (*Myristica gragrans* Houtt.) และสารปฏิชีวนะในการยับยั้งการเจริญและการยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อแบคทีเรียสามสายพันธุ์ได้แก่ *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 และ *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 พบว่าสารสกัดฟ้าทะลายโจรและสารสกัดจันทน์เทศสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบได้ Minimum Inhibition Concentration (MIC) เท่ากับ 20 - 80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ผลการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดฟ้าทะลายโจรกับสารสกัดจันทน์เทศในการยับยั้งการเจริญของ *P. aeruginosa* ATCC 27853 มีค่า Fractional Inhibitory Concentration Index เท่ากับ 0.317 ผลการศึกษาการเสริมฤทธิ์ของฟ้าทะลายโจรร่วมกับจันทน์เทศโดยวิธีย้อมสีด้วยคริสตัลไวโอเลต พบว่าฟ้าทะลายโจรผสมกับจันทน์เทศสามารถยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อแบคทีเรียทั้งสามชนิดได้ดีที่สุดในช่วงเวลา 2-4 ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มอยู่ในช่วง 56.42-85.03 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดสมุนไพรทั้งสองชนิดยังมีประสิทธิภาพต่ำกว่าสารปฏิชีวนะ ดังนั้นสารสกัดฟ้าทะลายโจรผสมสารสกัดจันทน์เทศสามารถใช้แทนสารปฏิชีวนะโดยไม่จำเป็น เพื่อรักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรีย

คำสำคัญ: การยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์ม การเสริมฤทธิ์ จันทน์เทศ ฟ้าทะลายโจร
ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตรภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อีเมล: wisatre@go.buu.ac.th

² นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อีเมล: 62030511@go.buu.ac.th

³ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อีเมล: 62030522@go.buu.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: wisatre@go.buu.ac.th

EFFECTS AND SYNERGISTIC EFFECTS OF CRUDE EXTRACT OF *Andrographis paniculata*,
ROUGH NUTMEG AND ANTIBIOTICS TO ANTIBACTERIAL
AND ANTIBIOFILM AGAINST CERTAIN STRAINS OF BACTERIA

Wisatre Kongcharoensuntorn^{1*} Treeyut Ngankang² Manusanun Hanwattanapong³

Abstract

This research studied the extracts of *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall.Ex Nees, nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) and antibiotics against the growth and biofilm formation of three bacteria, namely *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 and *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. The result was shown that *A. paniculate* and nutmeg inhibited the growth of *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC 27853 and *S. aureus* ATCC 25923 by Minimum Inhibition Concentration (MIC) ranging between 20-80 mg/ml. *A. paniculate* mixed with nutmeg was revealed synergy effects against *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 by Fractional Inhibitory Concentration Index of 0.317. Moreover, the study's result on the synergy effects of *A. paniculate* and nutmeg using crystal violet staining showed that their combination could best inhibit biofilm formation of all three bacteria within 2-4 hours. The efficiency value of their inhibition was between 56.42-85.03 percent. However, synergy effect of the two medicinal plants was less than the activity of antibiotics. Thus, the combination of *A. paniculate* and nutmeg may be a potential candidate as unessential antibiotic for treating infectious disease.

Keywords: Antibiofilm activity, Synergistic effect, *Andrographis paniculate*,
Myristica fargrans, Antibacterial activity

¹ Lecturer of Department of Biology, Burapha University, e-mail: wisatre@go.buu.ac.th

² Undergraduate student of Science Program in Biology Department of Biology, Burapha University, e-mail: 62030511@go.buu.ac.th

³ Undergraduate student of Science Program in Biology Department of Biology, Burapha University, e-mail: 62030522@go.buu.ac.th

* Corresponding author, e-mail: wisatre@go.buu.ac.th

บทนำ

โรคติดเชื้อแบคทีเรียในโรงพยาบาลเป็นปัญหาสำคัญ ที่เกิดขึ้นกับผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล แต่ละปีมีรายงานการพบผู้ป่วยติดเชื้อแบคทีเรียดื้อยาในระหว่างเข้ารับการรักษาดังกล่าวในโรงพยาบาลเป็นจำนวนมาก จึงเป็นสาเหตุให้อาการของผู้ป่วยมีความรุนแรง และต้องอยู่ในโรงพยาบาลนานขึ้น ซึ่งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่พบบ่อยที่มักก่อปัญหาดื้อยาได้แก่ *Pseudomonas aeruginosa*, Methicillin Resistant *S. aureus* (MRSA) และ เชื้อกลุ่ม *Enterococci* (Prestinaci et al., 2015) ซึ่งเชื้อแบคทีเรียเหล่านี้มีกลไกในการปรับตัวดื้อยาที่หลากหลาย เช่น สร้างโปรตีนขับยาและสารพิษออกนอกเซลล์ ทำให้การรักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรียไม่ได้ผล ผู้ป่วยต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาเพิ่มมากขึ้น และเสี่ยงต่อการเสียชีวิตสูงมาก และต้องเพิ่มปริมาณยาในการรักษา จึงเร่งให้เกิดอุบัติการณ์การดื้อยาสูงมาก (Abushaheen et al., 2020) นอกจากนี้ปัญหาดังกล่าวแล้วการใช้ยาแอมพิซิลลินและออกซิเตตราไซคลินอย่างพร่ำเพรื่อจะทำให้เชื้อแบคทีเรียดื้อต่อสารปฏิชีวนะ และทำให้สารปฏิชีวนะตกค้างปริมาณมากในสิ่งแวดล้อม (Gupta & Birdi, 2017) ดังนั้นการใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรจึงเป็นทางเลือกใหม่ที่ช่วยลดปัญหาดังกล่าว เช่น การนำพืชสมุนไพรมาผสมกับสารปฏิชีวนะ หรือนำสารสกัดจากสมุนไพรหลาย ๆ ชนิดมาผสมกัน (Mickymarry et al., 2019) โดยงานวิจัยนี้สนใจที่จะใช้พืชสมุนไพรบางชนิด ได้แก่ ฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall. Ex Nees) และจันทน์เทศ (*Myristica fragrans* Houtt.) เพื่อนำมาผสมรวมกันในการรักษาโรคติดเชื้อจุลินทรีย์ดื้อยา เพราะเป็นสมุนไพรที่ใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน และมีความเป็นพิษต่ำ อาจจะช่วยลดความเป็นพิษต่อบุคคลและไตของผู้ป่วย

ฟ้าทะลายโจร และ จันทน์เทศ มีคุณสมบัติในการต้านแบคทีเรีย ด้านอนุมูลอิสระ กระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดขาว ยับยั้งการเจริญเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็ง ลดอาการอักเสบ รักษาไข้ไทฟอยด์ มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย เป็นต้น (Dzotam et al., 2018; Fardiyah et al., 2020; Hossain et al., 2021;) น้ำมันหอมระเหยจากลูกจันทน์เทศสามารถยับยั้งการเจริญเพิ่มจำนวนของเชื้อ *S. aureus* ที่ดื้อต่อยาเมธิซิลลิน (Oo et al., 2021) และสารสกัดฟ้าทะลายโจรสามารถยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* ที่ก่อโรคติดเชื้อในปอด (Sah et al., 2020; Simamora et al., 2018) นอกจากนี้ฟ้าทะลายโจร มีฤทธิ์ลดไข้ แก้อาการอักเสบ ลดอาการคออักเสบ โดยพบสารสำคัญ คือ สารกลุ่ม diterpene lactones ซึ่งได้แก่ andrographolide, neoandrographolide, 14-deoxy-11,12-didehydroandrographolide และสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้ฟ้าทะลายโจรอย่างกว้างขวางทั้งเป็นยาสามัญประจำบ้านและใช้ในโรงพยาบาล (Hossain et al., 2021) และมีการนำฟ้าทะลายโจรมาใช้รักษาโรคโควิด-19 ส่วนผลจันทน์เทศพบสารสำคัญ ได้แก่ myristicin, elemicin, safrol, eugenol ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเชื้อแบคทีเรียดื้อยา คือ

E. coli, *E. aerogenes*, *K. pneumoniae*, *P. stuartii*, *E. cloacae* และ *P. aeruginosa* และใช้เป็นสมุนไพรด้านการอักเสบ ด้านอนุมูลอิสระและด้านแบคทีเรีย (Gupta et al., 2017; Simamora et al., 2018)

การก่อตัวของไบโอฟิล์มเป็นกลยุทธ์ของแบคทีเรียหลายชนิด ที่ใช้ในการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งทำให้แบคทีเรียสามารถปรับตัวดีเยี่ยม และทำให้การติดเชื้อแบคทีเรียทวีความรุนแรง (Verderosa et al., 2019) ดังนั้นการกำจัดหรือยับยั้งการก่อตัวของไบโอฟิล์มโดยใช้สารสกัดจากธรรมชาติ จึงเป็นช่องทางแรกในการป้องกันโรคติดเชื้อจากจุลชีพ ปัจจุบันพบรายงานวิจัยสารกลุ่มไตรเทอร์พีน (Triterpene) ยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของแบคทีเรีย (Silva et al., 2019) หรือสารบริสุทธ์ Oleanolic acid และ Ursolic acid สามารถยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อ *E. coli* และ *P. aeruginosa* (Lawrence et al., 2020) ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการเสริมฤทธิ์ด้านแบคทีเรียและยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของฟ้าทะลายโจรกับจันทน์เทศ เพื่อนำไปพัฒนาเป็นยารักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรียต่อไป ซึ่งถือว่าเป็นอีกหนึ่งทางเลือกหนึ่งในการป้องกันการติดเชื้อจุลชีพและลดอุปสรรคการดื้อยาของเชื้อแบคทีเรีย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดฟ้าทะลายโจร สารสกัดจันทน์เทศและยาปฏิชีวนะบางชนิดต่อการยับยั้งการเจริญและยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อแบคทีเรีย
2. เพื่อศึกษาการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดฟ้าทะลายโจร สารสกัดจันทน์เทศและสารปฏิชีวนะต่อการยับยั้งการเจริญและการยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อแบคทีเรีย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร (crude extract)

เตรียมเมล็ดและเปลือกหุ้มเมล็ดจากจันทน์เทศที่ตากแห้งจากร้านศรีทองโฮสเทล จังหวัดชลบุรี ในช่วงเดือนตุลาคม 2564 นำมาบดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 106 ไมครอน ให้เป็นผงละเอียดจำนวน 3 กิโลกรัม และนำมาระบุชนิด โดยนักพฤกษศาสตร์ ดร. เบญจวรรณ ชิวปรีชา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (รหัสพรรณไม้คือ Buu-Cho/64-10) จากนั้นนำไปสกัดด้วยเอทานอลต่อน้ำ (80:20) (Tan et al., 2014) สัดส่วนสมุนไพรต่อตัวทำละลายเท่ากับ ¼ ทั้งไว้ประมาณ 5 วันให้ตกตะกอน จากนั้นนำไประเหยแห้งด้วยเครื่อง Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นำไปคำนวณปริมาณได้สารสกัดหยาบ (crude extract) 21.47 เปอร์เซ็นต์ (107.37 กรัม) จากนั้นนำน้ำหนักเริ่มสกัด จากนั้นนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จากนั้นนำจันทน์เทศมาเตรียมความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ

เตรียมใบฟ้าทะลายโจรที่ตากแห้ง เก็บมาจาก อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในช่วงเดือนมิถุนายน - ตุลาคม 2564 นำมาบดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 106 ไมครอน และนำมาระบุชนิด และตั้งชื่อรหัสพรรณไม้อ้างอิง

คือ ScBUU-Cho/63-2 ทำการสกัดใบฟ้าทะลายโจรด้วยเอทานอลเช่นเดียวกับฟ้าทะลายโจร ได้ปริมาณสารสกัดแห้ง เท่ากับ 25.65 เปอร์เซ็นต์ (128.5 กรัม) จากน้ำหนักเริ่มสกัด

จากนั้นนำมาเตรียมเป็นฟ้าทะลายโจร 80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ เพื่อใช้ทดสอบต่อไป

2. แบคทีเรียทดสอบ

แบคทีเรียสามสายพันธุ์ ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี ได้แก่ *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC 27853 และ *S. aureus* ATCC 25923 ยืนยันสายพันธุ์ด้วยการย้อมแกรม และทดสอบทางชีวเคมีด้วย API 20 NE system

3. การทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย

ทดสอบด้วยวิธี broth microdilution assay (CLSI, 2017) โดยนำเชื้อแบคทีเรียมาเลี้ยงใน Mueller Hinton Broth (MHB) (Sigma-Aldrich, U.S.A.) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวัดปริมาณให้ได้ 1×10^8 โคโลนีฟอร์มมิงยูนิต (Colony forming unit) ต่อมิลลิลิตร (CFU/mL) โดยเทียบความขุ่นกับ McFarland No. 0.5 จากนั้นเติมสารทดสอบความเข้มข้นเริ่มต้น 80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใส่ในไมโครไตเตอร์เพลท (Microtiter plate) แล้วนำมาเจือจางด้วย MHB 100 ไมโครลิตร เพื่อให้มีความเข้มข้นลดลงทีละสองเท่า (0.001-80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) จากนั้นเติมเชื้อแบคทีเรียทดสอบ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร แล้วนำไมโครไตเตอร์เพลท ไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร โดยทำการเปรียบเทียบสารทดสอบกับยาแอมพิซิลินและออกซิเตตราซัยคลิน แล้วบันทึกผล ทำการทดสอบสามซ้ำ เพื่อหาค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (Minimal Inhibitory Concentration (MIC)) ของสารทดสอบ

4. การทดสอบการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดฟ้าทะลายโจรและจันทน์เทศ

ออกแบบการทดสอบด้วยวิธี Checkerboard assay (Chung et al., 2011) โดยผสมฟ้าทะลายโจรหรือจันทน์เทศ เช่น 160 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร กับยาออกซิเตตราซัยคลิน 160 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร หรือยาแอมพิซิลิน 160 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ จากนั้นนำไปทดสอบหาค่า MIC ด้วยวิธี Broth microdilution assay เช่นเดียวกับข้อ 3 จากนั้นนำค่า MIC ที่ได้ไปหาค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ FICI (Fractional Inhibitory Concentration Index) ค่า FICI คือค่าที่ใช้บอกประสิทธิภาพของสมุนไพรหรือยาปฏิชีวนะเมื่อนำมาใช้ร่วมกัน จะแสดงค่าในสัดส่วนของตัวเลข เช่น การออกฤทธิ์เสริมกัน หรือการต้านฤทธิ์กัน เป็นต้น โดยคำนวณจากค่า FIC ของยาปฏิชีวนะ คือ FIC ของยาปฏิชีวนะ เท่ากับ ค่า MIC ของการออกฤทธิ์ร่วมกัน/ค่า MIC ของยาปฏิชีวนะเพียงชนิดเดียว และ FIC ของสารบริสุทธิ์ เท่ากับ ค่า MIC ของการออกฤทธิ์ร่วมกัน/ค่า MIC ของสารบริสุทธิ์เพียงชนิดเดียว จากนั้นนำไปบวกกัน แสดงค่า FICI (ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพรวม) หมายถึง FIC ของยาปฏิชีวนะ + FIC ของสารบริสุทธิ์ (Hall et al., 1983)

การแปลผลดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพร่วม FICI แปลผลดังนี้คือ $FICI \leq 0.5$ หมายถึง เสริมฤทธิ์กัน (Synergistic), $0.5 < FICI < 0.99$ หมายถึง เสริมฤทธิ์กันบางส่วน (Partially Synergistic), $FICI = 1$ หมายถึง มีแนวโน้มเสริมฤทธิ์ (Additive), $1.01 < FICI \leq 4$ หมายถึง ฤทธิ์ไม่แตกต่างจากการใช้สารตัวเดียว (Indifferent), $FICI > 4$ หมายถึง ต้านฤทธิ์กัน (Antagonistic)

5. การทดสอบการยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์ม

ดัดแปลงจากวิธีของ Awolola et al. (2014) โดยเติมสารสกัดฟ้าทะลายโจร สารสกัดจันทน์เทศ และสารปฏิชีวนะความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ละลายด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ในหลอดแก้ว แล้วเติมแบคทีเรียความเข้มข้น 1.5×10^8 โคโลนีฟอร์มมิงยูนิตต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 500 ไมโครลิตร เติม Nutrient broth (NB) 1,000 ไมโครลิตร และเติม Phosphate-buffered saline (PBS) 500 ไมโครลิตร ชุดควบคุม (Negative Control) เติมน้ำกลั่นปลอดเชื้อ ปริมาตร 500 ไมโครลิตร เติมเซลล์แบคทีเรีย ความเข้มข้น 1.5×10^8 โคโลนีฟอร์มมิงยูนิต (Colony forming unit) ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 500 ไมโครลิตร เติม NB 1,000 ไมโครลิตร และ PBS 500 ไมโครลิตร จากนั้นนำชุดการทดสอบและชุดควบคุม ไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4, 8, 12 และ 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาบ่ม นำแบคทีเรียที่เกาะบนผิวแก้ว มาล้างด้วย PBS 1000 ไมโครลิตร จากนั้นนำเซลล์แบคทีเรียไปตรึงให้แน่นบนหลอดแก้วด้วย เมทานอล (Methanol) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร จากนั้นเก็บตะกอนเซลล์แบคทีเรีย (แผ่นไบโอฟิล์ม) มาย้อมสีแบคทีเรียด้วยคริสตัลไวโอเลต 0.01 เปอร์เซ็นต์ (crystal violet) ปริมาตร 40 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ 3-5 นาที แล้วใส่กลacial acetic acid 33 เปอร์เซ็นต์ (glacial acetic acid) ปริมาตร 40 ไมโครลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยาและฆ่าเซลล์แบคทีเรีย จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ค่าความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (O.D.) บันทึกค่า O.D. ที่ 4, 8, 12 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ นำค่า O.D. มาคำนวณค่าการยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์ม (% inhibition) การทดสอบทุกชุดจะทำสามซ้ำและเปรียบเทียบกับยาปฏิชีวนะ จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงไปวิเคราะห์ทำเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง ดังสมการที่ 1

$$\% \text{ inhibition} = ((N_0 - N_s) / N_0) \times 100 \dots\dots\dots 1$$

N_0 คือ ค่าดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

N_s คือ ค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างทดสอบ

6. การทดสอบทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (two-way ANOVA) โดยใช้โปรแกรม Minitab version 17 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

1.ฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของสารสกัดฟ้าทะลายโจรและสารสกัดจันทน์เทศ

การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการเจริญต่อแบคทีเรียทดสอบของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรและสารปฏิชีวนะ แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าสารสกัดหยาบจากฟ้าทะลายโจรสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดที่นำมาทดสอบคือ *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC 27853 และ *S. aureus* ATCC 25923 โดยแสดงค่า MIC ที่เท่ากัน 80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และพบว่าสารสกัดหยาบจากจันทน์เทศ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุดที่ค่า MIC ที่เท่ากัน คือเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร อย่างไรก็ตาม ออกซี่เตตราซัยคลินยับยั้งการเจริญของ *E. coli* ATCC 25922 และ *S. aureus* ATCC 25923 ได้ดีกว่าสารสกัดหยาบจากฟ้าทะลายโจรมาก (MIC อยู่ระหว่าง 0.001-0.008 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) จากนั้นนำมาศึกษาผลการเสริมฤทธิ์ของฟ้าทะลายโจรผสมกับจันทน์เทศในลำดับต่อไป

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดสมุนไพรและยาปฏิชีวนะ

แบคทีเรียทดสอบ	ฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของสาร ค่าความเข้มข้นต่ำสุด (MIC) (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)			
	สารทดสอบ			
	ฟ้าทะลายโจร	จันทน์เทศ	แอมพิซิลิน	ออกซี่เตตราซัยคลิน
<i>E. coli</i> ATCC 25922	80	20	80	0.008
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853	80	20	5	40
<i>S. aureus</i> ATCC 25923	80	20	20	0.001

2. การเสริมฤทธิ์ของสารสกัดฟ้าทะลายโจรร่วมกับจันทน์เทศ

ผลการทดสอบการเสริมฤทธิ์ร่วมกันระหว่างฟ้าทะลายโจรกับจันทน์เทศ พบว่าสารสกัดฟ้าทะลายโจรสามารถเสริมฤทธิ์ (Synergistic) กับสารสกัดจันทน์เทศ ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P. aeruginosa* ATCC 27853 โดยมีค่าประสิทธิภาพร่วมของการออกฤทธิ์เท่ากับ 0.317 แต่จะไม่สามารถเสริมฤทธิ์เพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 และ *E. coli* ATCC 25922 (ตารางที่ 2) และเมื่อเปรียบเทียบกับ การเสริมฤทธิ์ของสารสกัดฟ้าทะลายโจรร่วมกับยาปฏิชีวนะ แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้สารสกัดฟ้าทะลายโจรร่วมกับแอมพิซิลินสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทุกสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ (ค่า FICI เท่ากับ 0.0322 - 0.0375) และ

เมื่อใช้สารสกัดฟ้าทะลายโจรร่วมกับยาออกซีเตตราซัยคลินสามารถเสริมฤทธิ์กันเพื่อยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *P. aeruginosa* ATCC 27853 และเสริมฤทธิ์กันบางส่วนเพื่อยับยั้งเชื้อ *E. coli* ATCC25922

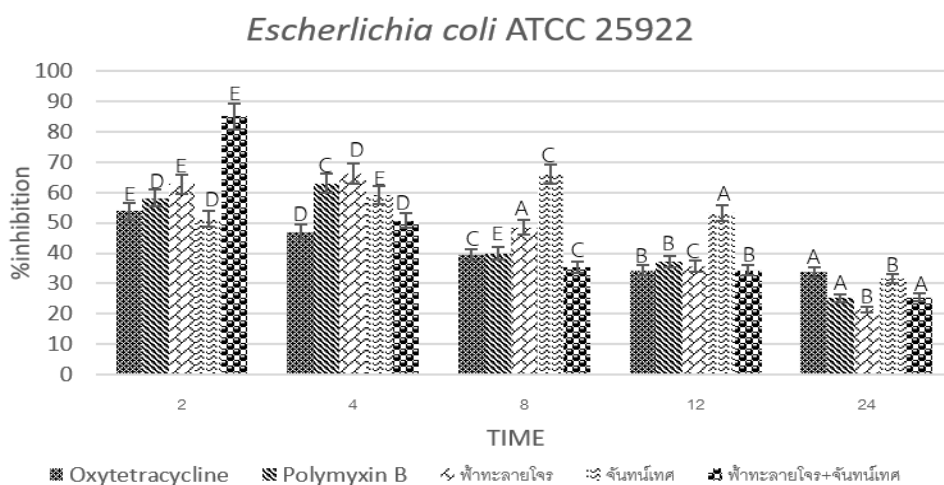
ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดฟ้าทะลายโจรร่วมกับสารสกัดจันทน์เทศ

แบคทีเรีย	ผลการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดฟ้าทะลายโจรร่วมกับสารสกัดจันทน์เทศและสารปฏิชีวนะ					
	สารสกัดฟ้าทะลายโจร + สารสกัดจันทน์เทศ		สารสกัดฟ้าทะลายโจร + แอมพิซิลลิน		สารสกัดฟ้าทะลายโจร + ออกซีเตตราซัยคลิน	
	FICI	แปลผล	FICI	แปลผล	FICI	แปลผล
<i>E. coli</i> ATCC 25922	-	-	0.0322	Synergistic	0.56	Partially Synergistic
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853	0.317	Synergistic	0.0375	Synergistic	0.141	synergistic
<i>S. aureus</i> ATCC 25923	-	-	0.0362	Synergistic	2	indifferent

- หมายถึงไม่สามารถหาค่า FICI เนื่องจากไม่สามารถหาค่า MIC ของสารสกัดจันทน์เทศร่วมกับสารปฏิชีวนะ
หมายเหตุ: FICI≤0.5 หมายถึง เสริมฤทธิ์กัน (Synergistic), 0.5<FICI<0.99 หมายถึง เสริมฤทธิ์กันบางส่วน (Partially Synergistic), FICI=1 หมายถึง มีแนวโน้มเสริมฤทธิ์ (Additive), 1.01<FICI≤4 หมายถึง ฤทธิ์ไม่แตกต่างจากการใช้สารตัวเดียว (Indifferent), FICI> 4 หมายถึง ต้านฤทธิ์กัน (Antagonistic)

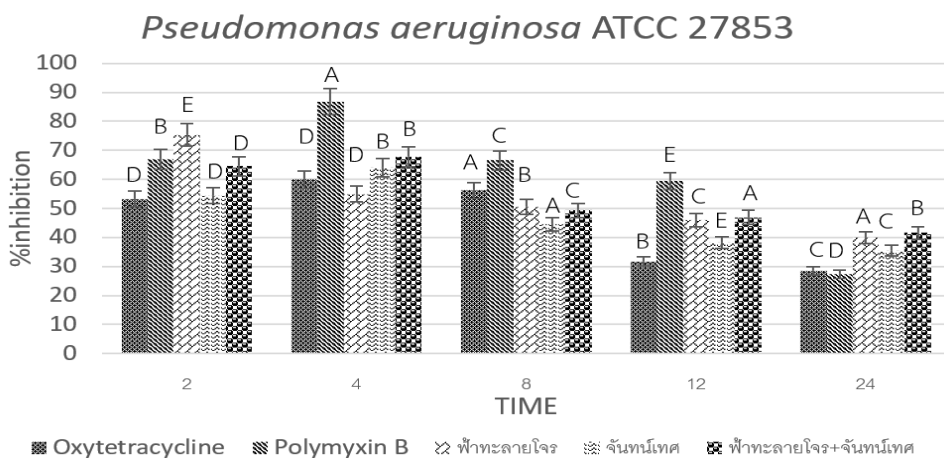
3. การยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของสารสกัดฟ้าทะลายโจรร่วมกับสารสกัดจันทน์เทศ

ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของสารสกัดฟ้าทะลายโจรร่วมกับสารสกัดจันทน์เทศ แสดงดังภาพที่ 1 ถึงภาพที่ 3 โดยพบว่าสารสกัดฟ้าทะลายโจรร่วมกับสารสกัดจันทน์เทศสามารถยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และออกฤทธิ์ยับยั้งได้ดีที่สุดในช่วงเวลา 2-4 ชั่วโมง โดยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อ *E. coli* มีค่า เพอร์เซ็นต์การยับยั้ง (%inhibition) อยู่ที่ 85.03 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 2 ชั่วโมง และยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มเชื้อ *P. aeruginosa* และ *S. aureus* ซึ่งมีค่า เพอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 67.7 เปอร์เซ็นต์ และ 56.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำผลไปเปรียบเทียบกับยาปฏิชีวนะพบว่า ยาออกซีเตตราซัยคลินและ โพลีมิกซิน บี สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้งสามสายพันธุ์ได้ดีกว่าการใช้ฟ้าทะลายโจรผสมกับจันทน์เทศ และพบว่า ยาออกซ็อกซีเตตราซัยคลินสามารถยับยั้งสร้างไบโอฟิล์มเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ATCC 27853 ได้ดีที่สุด (มีค่าการยับยั้งอยู่ที่ 61.64 เปอร์เซ็นต์) ในส่วนของยาโพลีมิกซิน บี พบว่า สามารถยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* ATCC 27853 ได้ดีที่สุด (เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 86.83 เปอร์เซ็นต์)



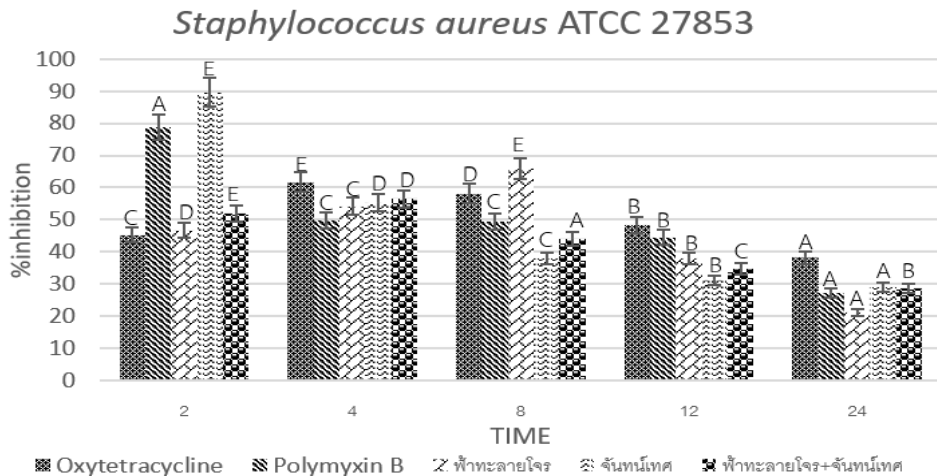
* A-E เป็นตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ภาพที่ 1 ประสิทธิภาพในการยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของ *E. coli* ATCC 25922 ของสารปฏิชีวนะ สารสกัดจากพืชสมุนไพร และการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดฟิวทะลายใจและสารสกัดจันท์นเทศ ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน



* A-E เป็นตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ภาพที่ 2 ประสิทธิภาพในการยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของ *P. aeruginosa* ATCC 27853 ของสารปฏิชีวนะ สารสกัดจากพืชสมุนไพร และการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดฟิวทะลายใจและ สารสกัดจันท์นเทศ ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน



* A-E เป็นตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพในการยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของ *S. aureus* ATCC 27853 ของสารปฏิชีวนะ สารสกัดจากพืชสมุนไพร และการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดฟ้าทะเลลายโจร และสารสกัดจันทน์เทศ ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดฟ้าทะเลลายโจรและสารสกัดจันทน์เทศสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทุกสายพันธุ์ที่นำมาศึกษา เนื่องจากสมุนไพรทั้งสองชนิด มักพบสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) อัลคาลอยด์ (alkaloids) สเตียรอยด์ (steroids) ซาโปนิน (saponins) แทนนิน (tannins) และฟีนอลิก (phenolics) ซึ่งมีรายงานว่าสารเหล่านี้สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (Fardiyah et al., 2020) และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Soni et al. (2016) น้ำมันหอมระเหยจากลูกจันทน์เทศ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *B. subtilis*, *E. coli*, *P. vulgaris*, *K. pneumoniae* และ *S. aureus* และการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจันทน์เทศ โดย Setty et al. (2020) พบสารไมริสตีซิน กรดไมริสติก ไตรไมริสทิน เอเลมิซิน และซาโฟโรล จึงสามารถยับยั้งการเจริญเชื้อ *E. coli*, *S. aureus* และตรงกับรายงานการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของฟ้าทะเลลายโจรของ Banji et al. (2018) ทำการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดใบฟ้าทะเลลายโจรและสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 เพราะประกอบด้วยสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในปริมาณมาก

ผลการศึกษาการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดฟ้าทะเลลายโจรร่วมกับสารสกัดจันทน์เทศ แสดงให้เห็นว่าฟ้าทะเลลายโจรสามารถเสริมฤทธิ์กับจันทน์เทศในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียบางสายพันธุ์ (*P. aeruginosa* ATCC 27853) และเมื่อนำฟ้าทะเลลายโจรมาผสมกับยาปฏิชีวนะ พบว่าสามารถเสริมฤทธิ์กับยาแอมพิซิลลิน และออกซีเตตราซัยคลินในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทุกสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการใช้สารแกลโลแทนนิน (Gallotannin) จากผลของสมอไทยมาผสมกับยาเจนตามัยซิน (gentamicin)

และไตรเมโทพริม (trimethoprim) สามารถยับยั้งคุณสมบัติการดื้อยาหลายขนานของเชื้อ *P. aeruginosa* (Bulbul et al., 2022) และแสดงให้เห็นว่าสารสกัดฟ้าทะลายโจรร่วมกับสารสกัดจันทน์เทศสามารถเสริมฤทธิ์ได้ดีเช่นเดียวกับสารบริสุทธิ์ในการทดสอบของ Silveria et al. (2020) เมื่อทดสอบโดยใช้ไทมอล (thymol) ร่วมกับเตตราซัยคลิน สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ดังนั้นสารสกัดฟ้าทะลายโจรร่วมกับสารสกัดจันทน์เทศซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้เช่นเดียวกับสารปฏิชีวนะ จึงอาจใช้แทนสารปฏิชีวนะโดยไม่จำเป็น เพื่อรักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรีย

ผลการวิจัยของฤทธิ์การยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของฟ้าทะลายโจรผสมกับจันทน์เทศจะทำการทดสอบเปรียบเทียบกับยาออกซิเตตราซัยคลินและยาฟลูมิคซิน เนื่องจากมักพบอุบัติการณ์การดื้อยาของเชื้อแบคทีเรียเหล่านี้เป็นจำนวนมาก จนทำให้สารปฏิชีวนะที่มีอยู่ในท้องตลาดใช้รักษาไม่ได้ผล ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าสารสกัดฟ้าทะลายโจรและสารสกัดจันทน์เทศเมื่อใช้เพียงชนิดเดียว หรือเมื่อนำมาผสมกันก็สามารถลดการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อแบคทีเรียทั้งสามสายพันธุ์ได้ ซึ่งสนับสนุนงานวิจัยของการใช้ฟ้าทะลายโจรเพียงชนิดเดียว สามารถยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มโดย *S. aureus* (Hossain et al., 2021) เนื่องจากฟ้าทะลายโจรและจันทน์เทศ พบสารฟลาโวนอยด์ อัลคาลอยด์ แทนนิน ไตรเทอร์พีนอยด์และโพลีฟีนอลเป็นจำนวนมาก ซึ่งสารสำคัญเหล่านี้สามารถป้องกันการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อแบคทีเรีย (Hossain et al., 2021) และตรงกับรายงานของ Majumdar et al. (2020) พบว่าสาร 14-deoxy-11,12 didehydroandrographolide จากฟ้าทะลายโจร สามารถยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อ *P. aeruginosa* และยังสนับสนุนงานวิจัยของสารสกัดจากพืชสมุนไพรหลายชนิด ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อแบคทีเรีย เช่น สารสกัดเอทานอลของอบเชย (Panjaitan et al., 2022) สาร glycyrrhizic acid ที่ได้จากสารสกัดจากชะเอมเทศ (Chakotiya et al., 2016) น้ำมันหอมระเหยของผักชี (Simamora et al., 2018) หรือฟ้าทะลายโจรและจันทน์เทศมีฤทธิ์ด้านการสร้างไบโอฟิล์ม เพราะสารกลุ่มฟีนอลิกที่พบมากทั้งในฟ้าทะลายโจรและจันทน์เทศอาจจะไปยับยั้งการสังเคราะห์เอทีพี (ATP) ของแบคทีเรีย หรือสารกลุ่มไตรเทอร์พีนจากฟ้าทะลายโจรและจันทน์เทศอาจจะไปยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของแบคทีเรีย เป็นต้น (Gupta & Birdi, 2017)

งานวิจัยนี้พิสูจน์ให้เห็นว่าเมื่อนำฟ้าทะลายโจรมาผสมกับจันทน์เทศสามารถยับยั้งการเจริญและยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อแบคทีเรียบางสายพันธุ์ ซึ่งการใช้สารสกัดฟ้าทะลายโจรมาผสมกับสารสกัดจันทน์เทศอาจจะช่วยลดปริมาณ หรือใช้ทดแทนยาปฏิชีวนะ จึงอาจจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบริโภคยาปฏิชีวนะ ตลอดจนลดผลข้างเคียงและการปนเปื้อนของยาปฏิชีวนะในสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นทางเลือกใหม่ในการนำสารสกัดจากธรรมชาติมาทำให้เกิดประโยชน์และเกิดมูลค่าเพิ่มสูงสุด อย่างไรก็ตามต้องศึกษาความเป็นพิษของฟ้าทะลายโจรผสมกับจันทน์เทศต่อสัตว์ทดลองและเซลล์ไลน์ชนิดต่าง ๆ หรือศึกษาผลของฟ้าทะลายโจรและจันทน์เทศต่อเซลล์ไลน์ในระบบภูมิคุ้มกันต่อไป

สรุป

สารสกัดเอทานอลจากฟ้าทะลายโจรผสมกับสารสกัดจันทน์เทศเสริมฤทธิ์กับยาออกซีเตตราซัยคลิน และยาแอมพิซิลลิน ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* ATCC 25922 *P. aeruginosa* ATCC 27853 และ *S. aureus* ATCC 25923 และสารสกัดฟ้าทะลายโจร หรือสารสกัดจันทน์เทศเมื่อใช้เพียงชนิดเดียว หรือสารสกัดฟ้าทะลายโจรผสมกับสารสกัดจันทน์เทศสามารถยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อแบคทีเรียสามสายพันธุ์

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนานำสารสกัดฟ้าทะลายโจรผสมกับสารสกัดจันทน์เทศ ใช้เป็นยารักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งสามารถลดปริมาณการนำเข้ายาปฏิชีวนะ และเพื่อลดผลข้างเคียงของการใช้ยาปฏิชีวนะ อีกทั้งยังสามารถนำมาปรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยนำมาปรับใช้เป็นสารกันบูดและลดการเกิดไบโอฟิล์มในภาชนะบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามควรมีการทดสอบความเป็นพิษ เพื่อความปลอดภัยในการใช้สารสกัดก่อนนำมาใช้จริง นอกจากนี้ควรนำไปทดสอบทางเคมีเพื่อหาสารบริสุทธิ์จากสมุนไพรต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยสำเร็จลงด้วยดี เพราะได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่สนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Abushaheen, M. A., Muzaheed, Fatani, A. J., Alosaimi, M., Mansy, W., George, M., Acharya, S., & Jhugroo, P. (2020). Antimicrobial resistance, mechanisms and its clinical significance. *Disease-a-Month*, 66(6), 100971.
<https://doi.org/10.1016/j.disamonth.2020.100971>
- Awolola G. V., Koorbanally N. A., Chenia H., Shode F. O., & Baijnath H. (2014). Antibacterial and antibiofilm activity of flavonoids and triterpenes Isolated from the extracts of *Ficus sansibarica* WARB. SUBSP., *Sansibarica* (Moraceae) extract. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 11(3), 124-131.

- Banji, A., Goodluck, B., Oluchi, O., & Stephen, F. (2018). Antimicrobial and antioxidant activities of crude methanol extract and fractions of *Andrographis paniculata* leaf (Family: Acanthaceae) (Burm.f.) Wall. Ex Nees. **Jordan Journal of Biological Sciences**, 11(1), 23-30.
- Bulbul, M. R. H., Chowdhury, M. N. U., Naima, T. A., Sami, S. A., Imtiaj, M. S., Huda, N., & Uddin, M. G. (2022). A comprehensive review on the diverse pharmacological perspectives of *Terminalia chebula* Retz. **Heliyon**, 10220. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10220>
- Chakotiya, A. S., Tanwar, A., Narula, A., & Sharma, R. K. (2016). Alternative to antibiotics against *Pseudomonas aeruginosa*: Effects of *Glycyrrhiza glabra* on membrane permeability and inhibition of efflux activity and biofilm formation in *Pseudomonas aeruginosa* and its in vitro time-kill activity. **Microbial Pathogenesis**, 98, 98-105.
- Chung, P. Y., Navaratnam, P., & Chung, L.Y. (2011). Synergistic antimicrobial activity between pentacyclic triterpenoids and antibiotics against *Staphylococcus aureus* strains. **Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials**, 10(25), 1-6.
- Clinical & Laboratory Standards Institute (CLSI). (2017). **Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing**. 27th ed. Wayne, PA.
- Dzotam, J. K., Simo, I. K., Bitchagno, G., Celik, I., Sandjo, L. P., Tane, P., & Kute, V. (2018). In vitro antibacterial and antibiotic modifying activity of crude extract, fractions and 3',4',7-trihydroxyflavone from *Myristica fragrans* Houltt against MDR Gram-negative enteric bacteria. **BMC Complement Altern Med**, 18(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s12906-018-2084-1>
- Fardiyah, Q., Ersam, T., Suyanta, Slamet, A., Suprpto, S., Kurniawan, F. (2020). New potential and characterization of *Andrographis paniculata* L. Ness plant extracts as photoprotective agent. **Arabian Journal of Chemistry**, 13(12), 8888-8897.
- Gupta, P. D., & Birdi, T. J. (2017). Development of botanicals to combat antibiotic resistance. **Journal of Ayurveda and Integrative Medicine**, 8(4), 266-275.

- Hall, M. J., Middleton, R. F., & Westmacott, D. (1983) The fractional inhibitory concentration (Fic) index as a measure of synergy. **Journal of Antimicrobial. Chemotherapy**, 11, 427–433.
- Hossain, S., Urbi, Z., Karuniawati, H., Mohiuddin, R. B., Moh Qrimida, A., Allzrag, A. M. M., & Capasso, R. (2021). *Andrographis paniculata* (burm. F.) wall. Ex nees: an updated review of phytochemistry, antimicrobial pharmacology, and clinical safety and efficacy. **Life**, 11(4), 348.
- Lawrence, J. A., Huang, Z., Rathinavelu, S., Hu, J. F., Garo, E., Ellis, M., Norman, V. L., Buckle, R., Williams, R. B., Starks, C. M., & Eldridge, G. R. (2020). Optimized plant compound with potent anti- biofilm activity across gram- negative species. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, 28(5), 58. <https://doi.org/10.1016/biom9020058>
- Majumder, M., Misra, T. K., & Roy, D. N. (2020). In vitro anti-biofilm activity of 14-deoxy-11,12-didehydroandrographolide from *Andrographis paniculate* against *Pseudomonas aeruginosa*. **Brazilian Journal of Microbiology**, 51, 15-27.
- Mickymarry, S. (2019). Efficacy and mechanism of traditional medicinal plants and bioactive compounds against clinically important pathogen. **Antibiotics**, 8, 257. <https://doi.org/10.3390/antibiotics8040257>
- Oo, T., Saiboonjan, B., Srijampa, S., Srisrattakarn, A., Sutthanut, K., Tavichakorntrakool, R., Chanawong, A., Lulitanond, A., & Tippayawat, P. (2021). Inhibition of bacterial efflux pumps by crude extracts and essential oil from *Myristica fragrans* Houtt. (Nutmeg) Seeds against Methicillin- Resistant *Staphylococcus aureus*. **Molecules**, 26(15) , 4662. <https://doi.org/10.3390/molecules26154662>
- Panjaitan, C. C., Widyarman, A. S., Amtha, R., & Astoeti, T. E. (2022). Antimicrobial and Antibiofilm Activity of Cinnamon (*Cinnamomum burmanii*) Extract on Periodontal Pathogens—An *in vitro* study. **European Journal of Dentistry**, 16(4), 938-946.
- Prestinaci, F., Pezzotti, P., & Pantosti, A. (2015). Antimicrobial resistance: global multifaceted phenomenon. **Pathog Glob Health**. 109(7), 309-18.
- Sah, S. K., Rasool, U., & Hemalatha, S. (2020). *Andrographis paniculata* extract inhibit growth, biofilm formation in multidrug resistant strains of *Klebsiella pneumoniae*. **Journal of Traditional and Complementary Medicine**, 10(6), 599-604.

- Setty, J. V., Srinivasan, I., Sathiesh, R. T., Kale, M., Shetty, V. V., & Venkatesh, S. (2020). *In vitro* evaluation of antimicrobial effect of *Myristica fragrans* on common endodontic pathogens. **Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry**, 38(2), 145-151.
- Silva, G. N. S. D., Primon-Barros, M., José Macedo, A., & Gnoatto, S. C. B. (2019). Triterpene Derivatives as Relevant Scaffold for New Antibiofilm Drugs. **Biomolecules**, 9(58), 1. <https://doi.org/10.3390/biom9020058>
- Silveria, S., Macedo, N. S., Francely, J., Santos, S. D., Freitas, T. S., Santos, C. R., Sousa, D. L., Muniz, D. F., Oliveira, L. C. C., Junior, J. P. S., Cunha, F. A. B., Coutinho, H. D. M., Balbino, V. Q., & Martins, N. (2020). Article Evaluation of the Antibacterial Activity and Efflux Pump Reversal of Thymol and Carvacrol against *Staphylococcus aureus* and Their Toxicity in *Drosophila melanogaster*. **Molecules**, 25(210), 2-8.
- Simamora, A. , Santoso, A. W. , & Timotius, K. H. (2018) . Bioactivities of methanol and ethyl acetate Extracts of *Myristica fragrans* Houtt. **Pharmacognosy Communications**, 8(3), 103-107.
- Soni, R., Sharma, G., & Jasuja, N. D. (2016). Essential Oil Yield Pattern and Antibacterial and Insecticidal Activities of *Trachyspermum ammi* and *Myristica fragrans*. **Scientifica**, 1428194. <https://doi.org/10.1155/2016/1428194>
- Tan, S. P., Park, S. E., Stahopoulos, C. E., & Roach, P. D. (2014). Extraction of flavonoids from bitter melon. **Food and Nutrition Sciences**, 5(5), 458-465.
- Verderosa, A. D., Totsika, M., & Fairfull-Smith, K. E. (2019). Bacterial biofilm eradication agents: A current review. **Frontiers in Chemistry**, 7(824), 1. <https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00824>

การออกแบบตราสินค้าผลิตภัณฑ์ชุมชนกลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน จังหวัดปทุมธานี

ธันง ขาญกิจชัยโย^{1*} วิศววรรณ พัทธวิชัย² เสกพร ต้นศรีประภาศิริ³

Received : July 18, 2024

Revised : February 17, 2025

Accepted : March 23, 2025

บทคัดย่อ

การออกแบบตราสินค้าผลิตภัณฑ์ชุมชนกลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน จังหวัดปทุมธานี มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยและความต้องการที่มีต่อการออกแบบตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ภาคเพื่อสัมภาษณ์ตัวแทนกลุ่มและได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งสรุปได้ดังนี้ตำบลลาดหลุมแก้วมีจำนวนทั้งหมด 7 หมู่ โดยหมู่ที่ 7 บ้านคลองล่าง เป็นหมู่ที่ประกอบอาชีพเสริมโดยการทำเครื่องจักสานจากเส้นพลาสติก เช่น กระเป่า และตะกร้าสาน นอกจากนี้ยังพบว่าทางกลุ่มมักจะใช้ลายขัดในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เนื่องจากมีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ทางกลุ่มผลิตขึ้น 2) เพื่อออกแบบตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ผู้วิจัยได้นำผลที่ได้จากการสัมภาษณ์รวมถึงผลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมากำหนดเป็นแนวทางในการออกแบบตราสินค้าดังนี้ 1) แสดงถึงอัตลักษณ์กลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน 2) รูปแบบทันสมัย 3) สร้างการจดจำให้แก่ผู้บริโภค ผู้วิจัยได้นำข้อกำหนดดังกล่าวมาทำแบบร่างตราสินค้า (Sketch Design) จำนวน 5 รูปแบบและนำไปสอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบจำนวน 2 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาดจำนวน 1 คน เพื่อคัดเลือกให้เหลือเพียง 1 รูปแบบ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี จากกลุ่มผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนและสมาชิกกลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน จำนวน 100 คน โดยผลรวมการประเมินอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.38$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.= 0.86) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าผลรวมด้านการสื่อสารอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.42$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.= 0.78) ผลรวมด้านความสวยงามอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.48$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.= 0.78) และผลรวมด้านการส่งเสริมภาพลักษณ์อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.38$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.= 0.86)

คำสำคัญ: กลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน เครื่องจักสาน ตราสินค้า

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาออกแบบอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อีเมล: thanang@vru.ac.th

² อาจารย์หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาออกแบบอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อีเมล: wissawat@vru.ac.th

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาออกแบบอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อีเมล: sekporn@vru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: thanang@vru.ac.th

BRAND DESIGN FOR COMMUNITY PRODUCTD OF THE KAO CHAKSAN GROUP IN PATHUM THANI PROVINCE

Thanang Chankitchunyo^{1*} Wissawat Patchrawit² Sekporn Tansipraparsiri³

Abstract

Brand design for the community products of Lat Lum Kaeo Woven Products Group in Pathum Thani was aimed to firstly study the factors and needs affecting the brand design of the Lat Lum Kaeo Woven Products Group in Lat Lum Kaeo Subdistrict, Lat Lum Kaeo District Pathum Thani Province. The researcher interviewed group representatives and studied some related documents and research which was concluded that Lat Lum Kaeo Subdistrict has composed of 7 villages. It was also found that people in Village No. 7, namely Ban Khlong Lang have done extra job by weaving crafts from plastic strips, such as bags and baskets. In addition, it was found that the group often used plaid patterns to form products because it was appropriate for the products of the group. The second aim was to design the brand of Lat Lum Kaeo Woven Products Group. The researcher employed the results of the interviews and document studies to formulate guidelines for designing the brand. The guidelines were as follows: 1) reflecting the identity of Lat Lum Kaeo Woven Products Group, 2) presenting a modern style, 3) building a brand recognition to consumers. Those guidelines were used to create 5 Sketch Designs which was commented and selected by 2 experts comprising a product-design expert and a marketing expert. Finally, only an excellent sketch design was chosen. The third aim was to explore satisfaction towards the brand design of Lat Lum Kaeo Woven Product Group in Lat Lum Kaeo, Pathum Thani. The research result was analyzed from 100 participants composing community consumers and woven product group member. It was revealed the overall evaluation was at a high level of 4.38 with a standard deviation of 0.86. To consider questionnaire items individually, it was found that the sum of communication was at a high level of 4.42 with a standard deviation of 0.78, the sum of beauty was at a high level of 4.48 with a standard deviation of 0.78 as well as the sum of promoting image was at a high level of 4.38 with a standard deviation of 0.86.

Keywords: Lat Lum Kaeo Woven Group, Basketry, Brand

¹ Assistant Professor, Program in Industrial Design, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: thanang@vru.ac.th

² Lecturer, Program in Industrial Design, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: wissawat@vru.ac.th

³ Assistant Professor, Program in Industrial Design, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: sekporn@vru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: thanang@vru.ac.th

บทนำ

ตราสินค้าเป็นเครื่องมือที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตทางธุรกิจเนื่องจากตราสินค้าเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงภาพลักษณ์อันดีของสินค้ารวมถึงบริการทั้งยังเป็นสิ่งที่สร้างการจดจำให้แก่ผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับ (ปิยะชาติ อิศรภักดี, 2559) อัตลักษณ์ที่มองเห็นได้ (Graphical Identity) เป็นอัตลักษณ์ของแบรนด์ที่สะท้อนผ่านการมองเห็นของผู้บริโภค ผู้บริโภคส่วนใหญ่รู้จักอัตลักษณ์ที่มองเห็นได้จากโลโก้ (Logo) เท่านั้นแต่จริงแล้วอัตลักษณ์ที่มองเห็นได้ยังรวมถึงรูปที่ใช้ (Image) แบบอักษรที่ใช้ (Font) สี (Color) ลายเส้น (Texture) และลักษณะงานออกแบบเฉพาะอื่น ๆ รวมทั้งยังช่วยแยกแยะความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ตราสินค้าที่ได้รับการจดทะเบียนไว้กับกรมทรัพย์สินทางปัญญาจะได้รับการคุ้มครองทางกฎหมายซึ่งช่วยป้องกันความเสียหายที่เกิดจากการลอกเลียนแบบสินค้า

งานจักสานเป็นมรดกทางภูมิปัญญาที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการนำวัสดุจากธรรมชาติมาสร้างสรรค์เป็นข้าวของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวันทั้งยังเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงวิถีชีวิตของคนในแต่ละชุมชน กลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ได้นำภูมิปัญญาดังกล่าวซึ่งได้รับการยอมรับโดยหน่วยงานของรัฐมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ชุมชนเพื่อจัดจำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกของ ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ซึ่งเป็นสิ่งที่ช่วยสร้างรายได้เสริมให้กับคนในชุมชน ปัจจุบันผลิตภัณฑ์จักสานของกลุ่มลาดหลุมแก้วจักสานเริ่มเป็นที่รู้จักมากขึ้นเนื่องจากมีรูปทรงที่แข็งแรงและสีสันที่สวยงามนอกจากนี้งานจักสานดังกล่าวยังได้ถูกนำไปใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุสินค้าของชุมชนตำบลลาดหลุมแก้วแต่อย่างไรก็ตามทางกลุ่มลาดแก้วจักสานยังประสบปัญหาในเรื่องของตราสินค้าเนื่องจากทางกลุ่มไม่มีตราสินค้าเพื่อใช้สำหรับติดบนตัวผลิตภัณฑ์จึงทำให้ผู้บริโภคเกิดความสับสนกับผลิตภัณฑ์ของชุมชนอื่นซึ่งจัดอยู่ในประเภทเดียวกันจึงทำให้มียอดการจำหน่ายที่ลดลง นอกจากนี้ปัญหาดังกล่าวยังส่งผลต่อการจดจำภาพลักษณ์กลุ่มลาดแก้วจักสาน

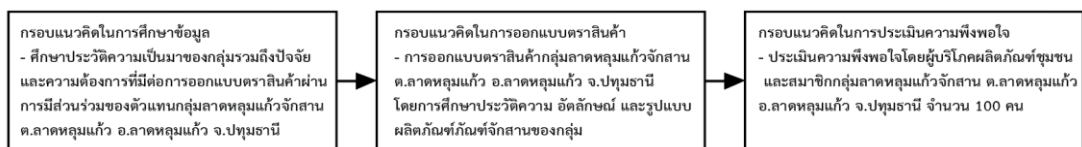
จากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของตราสินค้าเนื่องจากตราสินค้าที่ดีจะช่วยสร้างการจดจำภาพลักษณ์อันดีของกลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ทั้งยังช่วยจำแนกความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ชุมชนอื่นๆ ที่จัดอยู่ในประเภทเดียวกันนี้ตราสินดียังเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงอัตลักษณ์ชุมชน ทั้งยังเป็นสิ่งที่ช่วยยกระดับมาตรฐานให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนซึ่งช่วยให้คนในชุมชนมีรายได้ที่มั่นคงจนสามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยและความต้องการที่มีต่อการออกแบบตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจ๊กสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี
2. เพื่อออกแบบตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจ๊กสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจ๊กสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การออกแบบตราสินค้าผลิตภัณฑ์ชุมชนกลุ่มลาดหลุมแก้วจ๊กสาน จังหวัดปทุมธานี ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดในงานวิจัยดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาข้อมูล

การวิจัยเรื่องการออกแบบตราสินค้าผลิตภัณฑ์ชุมชนกลุ่มลาดหลุมแก้วจ๊กสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณโดยผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมถึงการสัมภาษณ์กลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการออกแบบตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจ๊กสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ทั้งยังใช้แบบสอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญและแบบประเมินความพึงพอใจ ดังนี้

2. ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

2.1 กลุ่มผู้ให้ข้อมูลกลุ่มลาดหลุมแก้วจ๊กสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ได้แก่ ตัวแทนกลุ่มจำนวน 3 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purpose Sampling)

2.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ จำนวน 2 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาด จำนวน 1 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purpose Sampling)

2.3 กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนและสมาชิกกลุ่มลาดหลุมแก้วจ๊กสาน จำนวน 100 คน เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างใช้สัมภาษณ์ตัวแทนกลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบตราสินค้า

3.2 แบบสอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาดที่มีต่อรูปแบบตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี โดยประเมินจากแบบร่างตราสินค้า (Sketch Design) จำนวน 5 รูปแบบ

3.3 แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ข้อมูลที่ได้จากแบบสัมภาษณ์ตัวแทนกลุ่มลาดหลุมแก้วจักสานถึงความต้องการที่มีต่อตราสินค้า ผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์และสรุปผลตามวัตถุประสงค์โดยการบรรยาย

4.2 ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาดที่มีต่อตราสินค้า ผู้วิจัยได้นำผลการประเมินด้วยสถิติรวมถึงข้อเสนอแนะมาสรุปผลโดยการบรรยาย

4.3 ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน และสมาชิกกลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน จำนวน 100 คน ที่มีต่อตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ด้วยสถิติและสรุปผลการวิเคราะห์โดยการบรรยาย

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

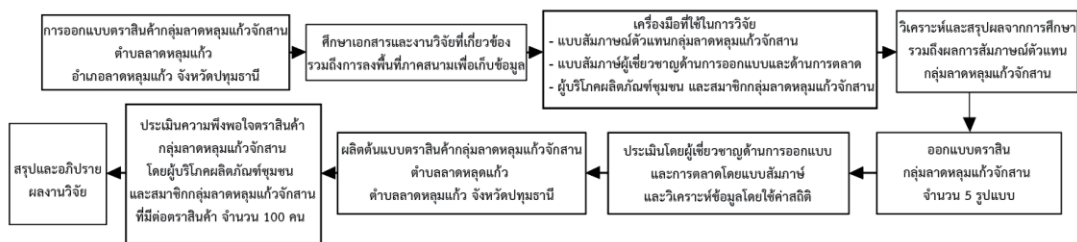
5.1 ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่กลุ่มลาดหลุมแก้วจักสานเพื่อสัมภาษณ์ตัวแทนกลุ่มเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ทางกลุ่มผลิตขึ้นรวมถึงอัตลักษณ์ของ ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ทั้งยังได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี



ภาพที่ 2 ลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลและสัมภาษณ์ตัวแทนกลุ่ม

5.2 ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาด รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่มีต่อการออกแบบตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจackson ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการออกแบบตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจackson ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี

5.3 ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนและสมาชิกกลุ่มลาดหลุมแก้วจackson ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์และสามารถนำไปปรับใช้ในการออกแบบตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจackson ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ต่อไป



ภาพที่ 3 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาปัจจัยและความต้องการที่มีต่อการออกแบบตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจackson ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี

จากการลงพื้นที่ ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานีและจากการสัมภาษณ์ตัวแทนกลุ่มลาดหลุมแก้วจackson จำนวน 3 คน รวมถึงการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปข้อมูลได้ดังนี้ ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี มีจำนวนทั้งหมด 7 หมู่ ได้แก่ หมู่ 1 บ้านคลองลาดหลุมแก้ว หมู่ 2 บ้านคลองสะแก หมู่ 3 บ้านคลองสะแก หมู่ 4 บ้านคลองสะแก หมู่ 5 บ้านคลองส่งน้ำสายใหม่ หมู่ 6 บ้านคลองขวางบน และหมู่ 7 บ้านคลองขวางล่าง และมีสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญ คือ วัดบัวขวัญซึ่งเป็นสถานที่ตั้งพลับพลาที่ใช้ประกอบในพระราชพิธีพืชมงคลจรดพระนังคัลแรกนาขวัญในสมัยราชการที่ 6 ประชาชนส่วนใหญ่ในพื้นที่ดังกล่าวประกอบอาชีพการเกษตร เช่น ทำสวน เลี้ยงสัตว์ และทำนา แต่เมื่อว่างเว้นจากการทำการเกษตรชาวบ้านก็จะรวมตัวกันประกอบอาชีพเสริมตามความถนัดของแต่ละหมู่ โดยกลุ่มลาดหลุมแก้วจacksonเกิดจากการรวมตัวกันของชาวบ้านหมู่ที่ 7 ซึ่งมีทักษะทางด้านการทำเครื่องจักสาน

จากเส้นพลาสติก โดยผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานที่ทางกลุ่มได้ผลิตขึ้น ได้แก่ กระเป๋าสาน และตะกร้าสาน โดยลายที่ใช้ในการสานส่วนใหญ่จะใช้ลายขัดเนื่องจากเป็นลายที่มีความเหมาะสมกับรูปทรงผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ยังเป็นลายที่ทางกลุ่มมีความถนัดในการขึ้นรูป ปัจจุบันรูปแบบผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานของกลุ่มลาดหลุมแก้วได้รับการพัฒนาให้มีรูปแบบและสีสันที่หลากหลายเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งช่วยสร้างรายได้ให้กับกลุ่มได้เป็นอย่างดีทั้งนี้ผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานกลุ่มลาดหลุมแก้วยังได้ถูกนำไปใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุสินค้าของตำบลลาดหลุมแก้ว

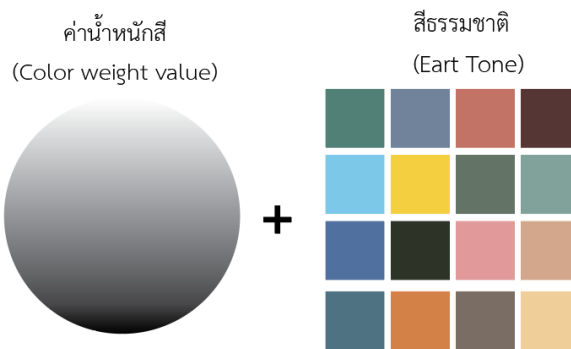


ภาพที่ 4 ผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานกลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน

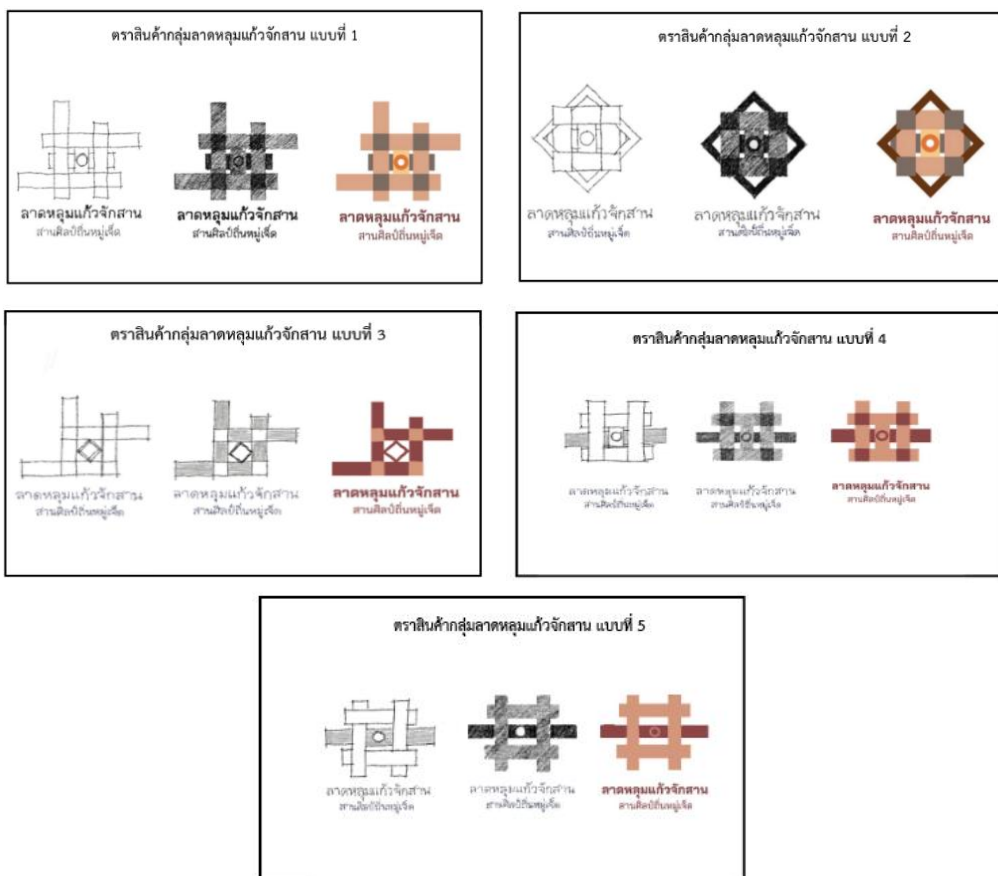
2. ผลการออกแบบตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจักสานโดยการนำลายขัดซึ่งเป็นลายที่ทางกลุ่มนิยมใช้ในการถักขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ มาใช้เป็นสัญลักษณ์ในตราสินค้าทั้งนี้จากการสัมภาษณ์พบว่าทางกลุ่มยังไม่มีชื่อตราสินค้าผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลที่ได้จากแบบสัมภาษณ์ตัวแทนกลุ่มทั้ง 3 คน รวมถึงผลการศึกษาที่ได้จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์และสรุปผลจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการตั้งชื่อตราสินค้านี้ร่วมกับทางกลุ่มซึ่งชื่อที่ได้คือ “กลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน” ทางกลุ่มร่วมกันตั้งชื่อตราสินค้านี้เนื่องจากในตำบลลาดหลุมแก้วมีเพียงหมู่ 7 หมู่เดียวที่ทำเครื่องจักสาน นอกจากนี้ทางกลุ่มยังได้คิดคำโปรยเพื่อใช้กับตราสินค้าคือ “สานศิลป์ถิ่นหมู่เจ็ด” เพื่อสื่อสารให้ผู้บริโภคทราบว่าสถานที่ของกลุ่มอยู่หมู่ใดในตำบลลาดหลุมแก้วและเพื่อเป็นการบอกถึงประเภทของสินค้าที่ทางกลุ่มผลิตขึ้นว่าอยู่ในหมวดหมู่ใดของผลิตภัณฑ์ชุมชน นอกจากนี้สิ่งที่ใช้ในตราสินค้าทางกลุ่มมีความเห็นร่วมกันว่าควรใช้สีที่สื่อถึงธรรมชาติเนื่อง จากวัสดุที่ใช้ในการทำเครื่องจักสานในอดีตเป็นวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ (Earth Tone) ซึ่งมีลักษณะทึบแสง (Opaque Object) ที่ไม่สามารถมองผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งได้ซึ่งช่วยให้ผู้บริโภคไม่เกิดความสับสนขณะมองตราสินค้าผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการสรุปดังกล่าวมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบตราสินค้านี้ 1) แสดงถึงอัตลักษณ์กลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน 2) รูปแบบทันสมัย 3) สร้างการจดจำให้แก่ผู้บริโภค จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการออกแบบ

ร่างตราสินค้า (Sketch Design) จำนวน 5 รูปแบบ และนำไปสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาดเพื่อพิจารณาและทำการคัดเลือกให้เหลือเพียง 1 รูปแบบ เพื่อใช้เป็นตราสินค้าของกลุ่มตลาดหลุมแก้วจิกสาน ตำบลตลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี



ภาพที่ 5 ค่าน้ำหนักสีและสีธรรมชาติ



ภาพที่ 6 ภาพร่างตราสินค้ากลุ่มตลาดหลุมแก้วจิกสาน จำนวน 5 แบบ

ผลจากการคัดเลือกตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจกสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาดพบว่าตราสินค้ารูปแบบที่ 1 มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจกสาน โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้เหตุผลว่าตราสินค้ารูปแบบที่ 1 ได้นำลายซัดซึ่งเป็นลายที่ทางกลุ่มนิยมนำมาใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์มาใช้ในการออกแบบตราสินค้าโดยลายสานดังกล่าวถือเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นอัตลักษณ์ของกลุ่ม นอกจากนี้รูปแบบและสีของตราสินค้ายังดูเรียบง่ายซึ่งเป็นสิ่งที่ช่วยผู้บริโภคสามารถจดจำตราสินค้าได้ง่าย ทั้งนี้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบยังให้ข้อเสนอแนะในเรื่องขนาดของตัวอักษรว่าควรปรับขนาดของตัวอักษรให้มีขนาดที่แตกต่างกันเพื่อป้องกันความสับสนระหว่างชื่อกลุ่มและคำโปรยทั้งยังให้เพิ่มเติมคำว่า “กลุ่ม” ไว้ด้านหน้าของชื่อกลุ่ม ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะดังกล่าวไปปรับใช้ในการออกแบบตราสินค้า ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจกสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจกสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี

ประเมินจากกลุ่มผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน และสมาชิกกลุ่มลาดหลุมแก้วจกสาน จำนวน 100 คน

ตารางที่ 1 ระดับความพึงพอใจที่มีต่อตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจกสาน

รายการ	n = 100		ระดับความพึงพอใจ
	$\bar{X}$	SD	
1. แสดงถึงอัตลักษณ์กลุ่มลาดหลุมแก้วจกสาน	4.40	0.82	มาก
2. องค์ประกอบในตราสินค้าสื่อถึงกลุ่มลาดหลุมแก้วจกสาน	4.44	0.73	มาก
3. สื่อสารความหมายได้สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์กลุ่มลาดหลุมแก้วจกสาน	4.41	0.79	มาก
ผลรวมด้านการสื่อสาร	4.42	0.78	มาก

ตารางที่ 1 ระดับความพึงพอใจที่มีต่อตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจ๊กสาน (ต่อ)

รายการ	n = 100		ระดับความพึงพอใจ
	$\bar{X}$	SD	
1.สีสันทสวยงามสร้างการจดจำ	4.39	0.87	มาก
2.รูปแบบตัวอักษรเหมาะสมอ่านง่าย	4.52	0.70	มากที่สุด
3.รูปแบบตราสินค้าสวยงามร่วมสมัย	4.54	0.78	มากที่สุด
ผลรวมด้านความสวยงาม	4.48	0.78	มาก
1.สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์กลุ่มลาดหลุมแก้วจ๊กสาน	4.25	1.00	มาก
2.สร้างความน่าเชื่อถือให้กับผลิตภัณฑ์กลุ่มลาดหลุมแก้วจ๊กสาน	4.27	0.97	มาก
3.สร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อผลิตภัณฑ์กลุ่มลาดหลุมแก้วจ๊กสาน	4.23	1.06	มาก
ผลรวมด้านการส่งเสริมภาพลักษณ์	4.25	1.01	มาก
ผลรวม	4.38	0.86	มาก

ผลการประเมินความพึงพอใจตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจ๊กสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี พบว่า ผลรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.38$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.= 0.86) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าผลรวมด้านการสื่อสารอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.42$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.= 0.78) ผลรวมด้านความสวยงามอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.48$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.= 0.78) และผลรวมด้านการส่งเสริมภาพลักษณ์อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.38$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.= 0.86)

สรุป

จากการศึกษาปัจจัยและความต้องการที่มีต่อการออกแบบตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจ๊กสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี มีจำนวนทั้งหมด 7 หมู่ โดยแต่ละหมู่จะมีผลิตภัณฑ์ประจำชุมชนโดยรูปแบบผลิตภัณฑ์ของแต่ละชุมชนจะขึ้นอยู่กับองค์ความรู้ ความสามารถของคนในชุมชน และวัตถุดิบที่มีอยู่ในชุมชน โดยหมู่ที่ 7 ได้เลือกผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานจากเส้นพลาสติกเนื่องจากทางกลุ่มมีองค์ความรู้ในเรื่องการทำเครื่องจักสานจากเส้นพลาสติกประกอบกับได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานจากทางภาครัฐในการจัดอบรมเพื่อเพิ่มทักษะทางด้านการจักสานและเพื่อพัฒนารูปแบบเครื่องจักสานจากเส้นพลาสติกให้มีรูปแบบที่หลากหลายตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภค ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่าเครื่องจักสานจากเส้นพลาสติกส่วนใหญ่มักจะใช้ลายขัดในการขึ้นรูปโดยลายขัดดังกล่าวเปรียบเสมือนอัตลักษณ์ประจำกลุ่มลาดหลุมแก้วจ๊กสาน ซึ่งสอดคล้องกับ (นิอร ดาวเจริญ และ รุ่ง รำพึงจิต, 2566) การให้ข้อมูลอัตลักษณ์ของ

ชุมชน เพื่อเป็นแรงบันดาลใจในการออกแบบและพัฒนาตราสินค้า นอกจากนี้จากการลงพื้นที่เพื่อสำรวจยังพบว่าตำบลลาดหลุมแก้วมีวัดบัวขวัญซึ่งเป็นสถานທີ່เก็บรักษาสมบัติที่ใช้ในการประกอบพระราชพิธีพืชมงคลจรดพระนังคัลแรกนาขวัญซึ่งสร้างในสมัยรัชกาลที่ 6

การออกแบบตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมถึงสัมภาษณ์ตัวแทนกลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน จำนวน 3 คน พบว่าหมู่ 7 เป็นเพียงหมู่เดียวที่ผลิตเครื่องจักสานจากเส้นพลาสติกทั้งนี้ยังพบว่าทางกลุ่มนิยมใช้ลายขัดในการขึ้นรูปเนื่องจากทางกลุ่มมีความถนัดในการขึ้นรูปเครื่องจักสานด้วยลายดังกล่าว นอกจากนี้ยังพบว่าทางกลุ่มยังไม่มีตราสินค้า และชื่อตราสินค้าใช้ รวมถึงยังไม่มีคำโปรยในตราสินค้าทางกลุ่มจึงได้ร่วมกันตั้งชื่อ “กลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน” ทั้งยังได้ร่วมกันคิดคำโปรยขึ้นเพื่อใช้ในตราสินค้า ได้แก่ “สานศิลป์ถิ่นหมู่เจ็ด” และในเรื่องสีที่ใช้สำหรับตราสินค้าทางกลุ่มมีความคิดเห็นว่าการใช้สีธรรมชาติ (Earth Tone) ซึ่งมีลักษณะทึบแสง (Opaque Object) ที่ไม่สามารถมองผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งได้ซึ่งช่วยให้ผู้บริโภคไม่เกิดความสับสนขณะมองตราสินค้าทั้งยังสื่อถึงวัสดุที่ใช้ในการทำเครื่องจักสานในอดีต (วิลาสินี ขำพรมราช, 2565) กล่าวว่าการมีส่วนร่วม คือสมาชิกมีโอกาสร่วมคิด ร่วมตัดสินใจร่วมปฏิบัติ ร่วมติดตาม และร่วมประเมินผล ในกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง โดยการมีส่วนร่วมนี้จะทำให้เกิดความสนใจและพึงพอใจในผลประโยชน์ร่วมกัน ผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาสรุปเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจักสานดังนี้ 1) แสดงถึงอัตลักษณ์กลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน 2) รูปแบบทันสมัย 3) สร้างการจดจำให้แก่ผู้บริโภค (ฉัตรชัย อินทสังข์ และคณะ, 2564) กล่าวว่า ชื่อตราสินค้า สั้น กระชับ อ่านง่าย จดจำได้ และสื่อถึงคุณภาพ ผู้วิจัยได้ออกแบบร่างตราสินค้าจำนวน 5 รูปแบบและนำไปสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาดเพื่อทำการคัดเลือกให้เหลือเพียง 1 รูปแบบ เพื่อใช้เป็นตราสินค้าประจำกลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี

การประเมินความพึงพอใจที่มีต่อตราสินค้ากลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ประเมินโดยกลุ่มผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนและสมาชิกกลุ่มลาดหลุมแก้วจักสาน จำนวน 100 คน โดยหัวข้อที่ใช้ในการประเมินแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการสื่อสาร 2) ด้านความสวยงาม 3) ด้านการส่งเสริมภาพลักษณ์ ผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.38$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.= 0.86) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าผลรวมด้านการสื่อสารอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.42$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.= 0.78) ผลรวมด้านความสวยงามอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.48$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.= 0.78) และผลรวมด้านการส่งเสริมภาพลักษณ์อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.38$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.= 0.86) (วิชานถ ทิวะสิงห์, 2562) กล่าวว่า ตราสินค้าที่เหมาะสมกับความพึงพอใจของ

กลุ่มเป้าหมาย แนวทางดังกล่าวสามารถช่วยเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภคซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องมือทางการตลาดและกลยุทธ์ทางการตลาด

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. ควรนำกระบวนการการวิจัยแบบมีส่วนร่วมมาใช้ในการออกแบบตราสินค้าเพื่อให้ได้ตราสินค้าที่สามารถนำไปใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ทั้ง 7 หมู่บ้าน ของตำบลหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี
2. ควรมีการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์ควบคู่ไปกับการออกแบบตราสินค้าเพื่อให้รูปแบบของบรรจุภัณฑ์สอดคล้องกับตราสินค้า
3. ควรจัดการอบรมเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการออกแบบตราสินค้ารวมถึงการอบรมการใช้เทคโนโลยีในการออกแบบเพื่อให้ทางกลุ่มสามารถนำเอาองค์ความรู้ดังกล่าวที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทที่ทางกลุ่มผลิตขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณชาวชุมชน ตำบลหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ทุกหมู่บ้าน รวมถึงองค์การบริหารส่วนตำบลหลุมแก้วที่ได้ให้ความร่วมมือและขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ซึ่งเป็นหน่วยงานต้นสังกัดของผู้วิจัยงานวิจัยในครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

- ฉัตรชัย อินทสังข์, จันเพ็ญ ธงไชย, ปุริม หนูนนัต, และเยาวพา ความหมั่น. (2564). การออกแบบตราสินค้าและบรรจุภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ข้าว: กรณีศึกษา วิสาหกิจชุมชนกลุ่มข้าวฮางอกโพธิ์กลาง จังหวัดนครราชสีมา. วารสารศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 8(2), 63-75.
- นอร์ ดาวเจริญ, และรุ่ง รำพึงจิต. (2566). การออกแบบตราสินค้าและบรรจุภัณฑ์เพื่อส่งเสริมผลิตภัณฑ์ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเย็บผ้าและศิลปะประดิษฐ์ ตำบลเขาแก้วศรีสมบูรณ์ อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดสุโขทัย. Journal of Roi Kaensarn Academi, 8(4), 174-191.
- ปิยะชาติ อิศรภักดี. (2559). BRANDING 4.0. กรุงเทพฯ: อมรินทร์ฮาวทู อมรินทร์ พรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- วิลาสินี ขำพรมราช. (2565). การออกแบบบรรจุภัณฑ์และตราสินค้า กลุ่มทอผ้าขึ้นยวนบ้านถนนคด จังหวัดนครราชสีมา. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่, 14(1), 40-51.

วิชนาถ ทิวะสิงห์. (2562). การออกแบบตราสินค้าเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์สินค้าเกษตรอินทรีย์ประเภทชาใบชาว
หอมมะลิไทยสุวรรณ จังหวัดร้อยเอ็ด. วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมมหาวิทยาลัยนเรศวร,
10(2), 151-162.

คุณค่าทางโภชนาการและสารอาหารของตำรับอาหารไทยมาตรฐานวิทยาลัยดุสิตธานี

นิกร สุวรรณโชติ¹ ขนิษฐา นิยมวงศ์² สถิตย์พงษ์ มั่นหล้า³ กรวิทย์ สักแกแก้ว^{4*}

Received : June 13, 2024

Revised : March 8, 2025

Accepted : March 30, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของตำรับอาหารไทยมาตรฐานวิทยาลัยดุสิตธานี เพื่อจำแนกกลุ่มอาหารตามปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน สำหรับคนไทย อายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) รวมถึงสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อการจัดสำรับอาหารไทย เก็บข้อมูลน้ำหนักอาหารที่บริโภคได้จริงและคำนวณคุณค่าทางโภชนาการด้วยโปรแกรม INMUCAL-Nutrients V.4.0 เพื่อกำหนดแนวทางในการบริโภคอาหารไทย อ้างอิงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 เรื่อง สารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวัน จากนั้นผู้ทรงคุณวุฒิทำการพิจารณาและสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อสำรับอาหารไทยที่จัดขึ้น ผลการศึกษาพบว่า รายการที่มีพลังงานสูงที่สุดเป็นขนมไทย คือ ข้าวเหนียวมน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) มีพลังงานเท่ากับ 1,667.64 กิโลแคลอรี โดยมีสัดส่วนร้อยละคาร์โบไฮเดรต : โปรตีน : ไขมัน เท่ากับ 46.64 : 24.36 : 29.00 ตามลำดับ ส่วนยาเนื้ออย่างคืออาหารประเภทจานหลักที่มีพลังงานต่ำที่สุด มีพลังงานเท่ากับ 80.05 กิโลแคลอรี มีสัดส่วนร้อยละร้อยละคาร์โบไฮเดรต : โปรตีน : ไขมัน เท่ากับ 61.27 : 3.50 การจำแนกกลุ่มอาหารตามปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน สำหรับคนไทย อายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) พบว่า อาหารพลังงานต่ำ (น้อยกว่า 250 กิโลแคลอรี) 3 อันดับแรก คือ ยาเนื้ออย่าง ต้มยำกุ้งน้ำใส และชาหริ่ม ส่วนอาหารพลังงานสูง (มากกว่า 500 กิโลแคลอรี) ได้แก่ น้ำพริกปลาร้า และ ข้าวเหนียวมน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) การจัดสำรับอาหารไทยทั้ง 4 สำรับ พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับสำรับอาหารไทยชุดที่ 1 มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งประกอบไปด้วย เมี่ยงปลาทุย ยาเนื้ออย่าง แกงเขียวหวานไก่ ทอดมันปลากราย และชาหริ่ม เนื่องจากมีการกระจายร้อยละของสารอาหารที่ใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้น การเลือกรับประทานอาหารไทยเป็นชุดสำรับถือว่าเป็นทางเลือกสุขภาพ เพราะนอกจากจะได้บริโภคอาหารที่หลากหลายประเภทแล้ว อาหารไทยยังมีพลังงาน สารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย และมีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมและครบถ้วนอีกด้วย

คำสำคัญ: คุณค่าทางโภชนาการ ตำรับอาหารไทยมาตรฐานวิทยาลัยดุสิตธานี พลังงาน อาหารไทย

¹ อาจารย์ สาขาวิชาการจัดการครัวและศิลปะการประกอบอาหาร วิทยาลัยดุสิตธานี อีเมล: nikorn.su@dtc.ac.th

² อาจารย์ สาขาวิชาการจัดการครัวและศิลปะการประกอบอาหาร วิทยาลัยดุสิตธานี อีเมล: kanitta.ni@dtc.ac.th

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาการจัดการครัวและศิลปะการประกอบอาหาร วิทยาลัยดุสิตธานี

อีเมล: satitpong.mu@dtc.ac.th

⁴ อาจารย์ สาขาวิชาการจัดการครัวและศิลปะการประกอบอาหาร วิทยาลัยดุสิตธานี อีเมล: korawit.sa@dtc.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: korawit.sa@dtc.ac.th

NUTRITIONAL COMPOSITION AND A TRAY FOR THAI CUISINE OF DUSIT THANI COLLEGE STANDARDS

Nikorn Suwannachot¹ Kanitta Niyomwong² Satitpong Munlum³ Korawit Sakkaekaw^{4*}

Abstract

This study focused on evaluating the nutritional value of standard Thai cuisine from Dusit Thani College to categorize the food groups based on the recommended daily intake for Thai individuals aged 6 and above (Thai RDI). Additionally, it aimed to assess consumer acceptance of these Thai cuisine trays. The data was calculated on actual food weight consumption and nutritional value using the INMUCAL-Nutrients V.4.0 program to determine guidelines for Thai food consumption, referring to the Ministry of Public Health Announcement (No. 182) B.E. 2541 on recommended daily nutrients. The experts evaluated consumer acceptance towards various Thai dishes. The findings were revealed that the dish with the highest calories was a dessert, namely Kao Niew Moon, which is coconut-flavored sticky rice topped with shrimp, fish, and egg custard. Kao Niew Moon provided 1,667.64 kilocalories with the percentage of carbohydrates: protein: fat of 46.64: 24.36: 29.00, respectively. The main dish with the least energy was Yum Neua Yang (spicy grilled beef salad), which had only 80.05 kilocalories with the proportion of carbohydrate: protein: fat of 35.23: 61.27: 3.50. According to the recommended daily nutrient intake for Thais aged 6 and above (Thai RDI), it was found that the top three low-calorie dishes (under 250 kilocalories) included Yum Neua Yang (spicy grilled beef salad), Tom Yum Goong (hot and sour prawn soup), and Sarim (sweet vermicelli in coconut milk). In contrast, high-calorie dishes (over 500 kilocalories) consisted of Nam Phrik Long Ruea (spicy shrimp dip) and Kao Niew Moon. The analysis of four Thai cuisine sets was revealed that the first set was the most significantly accepted by consumers ($p < 0.05$). This set included Miang Pla Tu (fried mackerel with peanut sauce), Yum Neua Yang, Gaeng Khiew Wan Gai (green curry with chicken), Tod Man Pla Grai (fried fish cake), and Sarim, as their nutrient distribution closely aligns with the established standards. Therefore, eating a set of Thai food was a healthy choice. Besides a various array of dishes, Thai food delivers essential energy and nutrients that the body requires, along with well-balanced and comprehensive nutritional benefits.

Keywords: Nutrient composition, Thai cuisine of Dusit Thani College standards, Energy, Thai cuisine

¹ Lecturer, Culinary Arts and Kitchen Management, Dusit Thani College, e-mail: nikorn.su@dtc.ac.th

² Lecturer, Culinary Arts and Kitchen Management, Dusit Thani College, e-mail: kanitta.ni@dtc.ac.th

³ Assistant Professor Dr., Culinary Arts and Kitchen Management, Dusit Thani College, e-mail: satitpong.mu@dtc.ac.th

⁴ Lecturer, Culinary Arts and Kitchen Management, Dusit Thani College, e-mail: korawit.sa@dtc.ac.th

* Corresponding author, e-mail: korawit.sa@dtc.ac.th

บทนำ

อาหารไทยเป็นสิ่งที่แสดงถึงเอกลักษณ์ทั้งด้านศิลปวัฒนธรรมของชุมชนและท้องถิ่น ภูมิปัญญาของบรรพบุรุษที่ส่งผ่านกาลเวลาจากผู้ที่ยึดมั่นผ่านผู้ปรุงอาหารให้ตระหนักคุณค่าจนถึงผู้บริโภค คุณลักษณะพิเศษของอาหารไทย คือ มีวัตถุดิบ ส่วนผสมที่หลากหลาย เช่น เนื้อสัตว์ ผักและสมุนไพรที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการที่จำเป็นต่อร่างกายครบถ้วน ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามินและแร่ธาตุ ดังนั้นอาหารไทยจึงควรได้รับการเผยแพร่ทั้งภายในและต่างประเทศ (สำนักงานวัฒนธรรมแห่งชาติ, 2554) รัฐบาลไทยได้มีนโยบายการสืบสานคุณค่าทางภูมิปัญญาไทย โดยรณรงค์เสริมสร้างความรู้ความเข้าใจให้ประชาชนตระหนักถึงคุณค่า ความสำคัญของอาหารไทยและแนวทางการบริโภคอาหารไทยอย่างเหมาะสม เพื่อลดอัตราการเจ็บป่วยและผลกระทบจากโรคภัยต่าง ๆ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2554) สอดคล้องกับกระทรวงสาธารณสุขที่มุ่งเน้นให้คนไทยบริโภคอาหารอย่างถูกต้องได้รับพลังงานเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย และลดความเสี่ยงในการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่มาจากการได้รับพลังงานเกิน เช่น โรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคหัวใจและหลอดเลือด ตลอดจนลดการบริโภคอาหารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (สำนักงานโภชนาการ, 2563)

อาหารไทยมีความโดดเด่นในเรื่องรสชาติ กรรมวิธีการผลิตและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เพราะในอาหารไทยมีสมุนไพรและเครื่องเทศที่หลากหลายและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ จึงถือได้ว่าอาหารไทยเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เช่น อาหารปักษ์ใต้ที่จัดว่าเป็นอาหารไทยที่มีพืชสมุนไพรที่หลากหลายชนิด เช่น แกงไตปลา แกงส้ม คั่วกลิ้ง ผัดสะตอ และข้าวยา เป็นต้น (รัตติยา เม่งก่วง, 2556) จะเห็นได้ว่าอาหารไทยมีคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างกันไป สำหรับอาหารไทยจัดว่าเป็นชุดอาหารที่หลากหลายประกอบด้วย ข้าว แกงรสเผ็ด แกงจืด น้ำพริก อาหารจานผัด ทอด ยำ เครื่องเคียงต่าง ๆ และขนมหวานไทย เป็นต้น สำหรับอาหารไทยในทุกมื้อจะถูกจัดขึ้นอย่างพิถีพิถัน กับข้าวทุกจานที่จัดขึ้นจะต้องมีความสัมพันธ์กัน คนไทยจึงมักจัดสำหรับอาหารแต่ละมื้อให้มีความสมดุลกัน ทั้งในด้านสีสัมผัสของอาหารที่น่ารับประทาน ความหลากหลายของรสชาติ และเนื้อสัมผัสของอาหารผ่านกระบวนการปรุงที่แตกต่างกันไป เพื่อให้อาหารสามารถรับประทานได้ ทุกเพศ ทุกวัยในครอบครัว (กิ่งแก้ว พิทักษ์วาปี, 2556)

วิทยาลัยดุสิตธานีเป็นสถาบันที่พัฒนาความเป็นผู้มีจริยธรรมและจรรยาบรรณวิชาชีพซึ่งชนบธรรมเนียมประเพณีและวัฒนธรรมไทย ตระหนักถึงการธำรงวัฒนธรรมให้ยั่งยืน วิทยาลัยฯ ได้ดำเนินการโครงการวิจัยเพื่อพัฒนาตำรับอาหารไทยมาตรฐานของวิทยาลัยดุสิตธานี โดยมุ่งเน้นความเป็นอาหารไทยตำรับดั้งเดิมตามความนิยมและเป็นที่รู้จักทั้งในและต่างประเทศ โดยมีตำรับอาหารไทยจำนวนทั้งสิ้น 22 รายการ ประกอบด้วยอาหารคาว และขนมหวาน (วิทยาลัยดุสิตธานี, 2558) จากงานวิจัยที่ผ่านมาวิทยาลัยฯ ได้พัฒนาตำรับอาหารไทยมาตรฐานและเผยแพร่ในรูปแบบหนังสือ ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาต่อยอดเรื่องคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทยจากตำรับอาหารไทยมาตรฐานของวิทยาลัยดุสิตธานี โดยจำแนกตำรับอาหารไทยตามพลังงาน

และสารอาหาร รวมถึงการนำตำรับอาหารไทยมาจัดสำหรับอาหารไทย เพื่อแนะนำแนวทางการบริโภคอาหารไทย ให้สอดคล้องกับความต้องการในการเลือกบริโภคอาหารไทยเป็นชุดสำหรับ อีกทั้งยังเป็นการอนุรักษ์และเผยแพร่ วัฒนธรรมการบริโภคอาหารและสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับอาหารไทยแก่คนไทยต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของตำรับอาหารไทยมาตรฐานวิทยาลัยดุสิตธานี
2. เพื่อจำแนกกลุ่มอาหารไทยตามพลังงานและปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI)
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อการจัดสำหรับอาหารไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาพลังงานและคุณค่าทางโภชนาการของตำรับอาหารไทย

ประกอบอาหารตามตำรับอาหารไทยมาตรฐานวิทยาลัยดุสิตธานี จากนั้นชั่งน้ำหนักและเก็บข้อมูล ปริมาณอาหารที่บริโภคได้จริง เช่น ปริมาณน้ำมันพืช น้ำแกง น้ำเชื่อม ฯลฯ ที่เหลือจากการประกอบอาหาร นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณพลังงาน และคุณค่าทางโภชนาการ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป INMUCAL-Nutrients V.4.0 จำนวน 22 รายการ (Institution of Nutrition, 2018)

2. การจำแนกตำรับอาหารไทยตามพลังงาน

จำแนกตำรับอาหารไทยตามพลังงานที่คำนวณได้ เพื่อกำหนดแนวทางในการบริโภคอาหารไทยของ ตำรับอาหารไทยมาตรฐานวิทยาลัยดุสิตธานี โดยแบ่งช่วงพลังงานอาหารต่อ 100 กรัม ดังนี้

มีพลังงานต่ำกว่า 250 กิโลแคลอรี คือ อาหารพลังงานต่ำ

มีพลังงานระหว่าง 251-500 กิโลแคลอรี คือ อาหารพลังงานปานกลาง

มีพลังงานสูงกว่า 500 กิโลแคลอรี คือ อาหารพลังงานสูง

3. การจำแนกตำรับอาหารไทยตามสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวัน (Thai RDI)

จำแนกกลุ่มอาหารไทยตามสารอาหาร โดยอ้างอิงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 เรื่อง สารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (กระทรวงสาธารณสุข, 2541) และปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ. 2563 (Thai Recommended Daily Intakes; Thai RDI) สารอาหารที่จำเป็นต่อวันตามประกาศฯ ควรมีค่า สารอาหารอ้างอิง ดังนี้ คาร์โบไฮเดรต 300 กรัม น้ำตาล 24 กรัม โปรตีน 50 กรัม ไขมัน 65 กรัม ไขมันอิ่มตัว 20 กรัม คอเลสเตอรอล 300 มิลลิกรัม โซเดียม 2,000 มิลลิกรัม และใยอาหาร 25 กรัม (สำนักโภชนาการ, 2563)

4. การจัดสำรับอาหารไทย

จัดสำรับอาหารไทย โดยเลือกรายการอาหารไทยจากตำรับอาหารไทยมาตรฐานวิทยาลัยดุสิตธานี จำนวน 3-5 รายการ จากตำรับอาหารไทยทั้งหมด 22 รายการ ควบคุมพลังงานใน 1 สำรับ ให้ไม่เกิน 2,000 กิโลแคลอรี (สำหรับ 2 คนรับประทานใน 1 มื้ออาหาร) ซึ่งพลังงานควรได้จากสารอาหารคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 45-65 โปรตีนร้อยละ 10-15 และไขมันร้อยละ 20-35 ตามที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน (สำนักโภชนาการ, 2563) รวมถึงใช้เกณฑ์การจัดสำรับอาหารไทยวิทยาลัยดุสิตธานี ได้แก่ ได้แก่ 1) ประเภทของอาหาร 2) เนื้อสัมผัส 3) สีกลิ่น 4) รสชาติ 5) คุณค่าทางโภชนาการ (วิทยาลัยดุสิตธานี, 2558) ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาและวิจารณ์ต่อการจัดสำรับอาหารไทย และคัดเลือกสำรับอาหารไทยให้เหลือ 4 สำรับ

5. สำนวจการยอมรับตำรับอาหารไทยของผู้บริโภค

สำรวจากผู้บริโภคจากผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 18 ขึ้นไป ซึ่งมีความรู้เบื้องต้นด้านโภชนาการและการประกอบอาหารไทย อีกทั้งต้องรู้จักและเคยรับประทานอาหารไทยทั้งอาหารว่าง อาหารจานหลัก และขนมไทย เพื่อสำรวจความชอบต่อสำรับอาหารไทยที่จัดขึ้น แบบให้คะแนนความชอบ 5 ระดับ (5-Point hedonic scale) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 150 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาระดับการยอมรับของผู้บริโภค โดยการศึกษาครั้งนี้ได้อธิบายและมีเอกสารให้การยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละท่าน งานวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยรังสิต COA. No. RSUERB2022-039

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการด้วยโปรแกรม INMUCAL-Nutrients V.4.0 (Institution of Nutrition, 2018) ทั้งหมด 22 รายการ วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (SPSS 26.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลของพลังงาน และคุณค่าทางโภชนาการของตำรับอาหารไทยมาตรฐาน

การคำนวณคุณค่าทางโภชนาการด้วยโปรแกรม INMUCAL-Nutrients V.4.0 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พลังงานและคุณค่าทางโภชนาการของตำรับอาหารไทยมาตรฐานหน่วย 100 กรัม

ตำรับอาหารไทย	คุณค่าทางโภชนาการหน่วย 100 กรัม								
	พลังงาน (กิโลแคลอรี)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	น้ำตาล (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	ไขมันอิ่มตัว (กรัม)	คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	โซเดียม (มิลลิกรัม)	ใยอาหาร (กรัม)
อาหารว่าง	ข้าวตังหน้าตั้ง	423.53	24.32	12.58	9.48	32.04	12.16	21.00	840.76
	หมูสะเต๊ะ	414.59	30.19	22.40	13.47	26.66	13.42	1,228.95	1.86
	กุ้งนอหนาว	329.16	18.49	0.97	19.22	19.81	7.99	123.53	647.25
	เมี่ยงปลาทุ	248.63	12.66	5.20	21.35	12.51	4.23	83.88	983.78

ตารางที่ 2 พลังงานและคุณค่าทางโภชนาการของตำรับอาหารไทยมาตรฐานหน่วย 100 กรัม (ต่อ)

ตำรับอาหารไทย	คุณค่าทางโภชนาการหน่วย 100 กรัม								
	พลังงาน (กิโลแคลอรี)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	น้ำตาล (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	ไขมันอิ่มตัว (กรัม)	คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	โซเดียม (มิลลิกรัม)	ใยอาหาร (กรัม)
อาหารจานหลัก	น้ำพริกปลาร้า	694.34	29.68	23.91	26.65	52.11	14.62	99.54	1,792.08
	ไก่ทอดใบเตย	402.10	28.53	18.85	11.02	27.10	8.73	30.31	1,168.88
	ผัดไทยกุ้ง	307.43	37.87	16.57	16.17	10.14	2.02	97.44	779.25
	พะแนงหมู	251.13	10.01	4.70	11.71	18.21	12.64	14.95	658.94
	ผัดกะเพราไก่	242.15	6.13	2.34	15.95	17.09	3.46	36.58	666.72
	ทอดมันปลากราย	234.70	24.20	19.18	11.65	10.15	3.52	63.60	886.82
	แกงมัสมั่นไก่	189.18	12.69	5.94	8.42	11.64	8.89	37.30	367.76
	แกงเขียวหวานไก่	188.99	7.03	2.57	6.61	14.94	9.71	11.58	331.88
	ต้มยำไก่	172.36	4.65	1.12	6.93	14.01	11.76	13.43	257.09
	แกงเผ็ดเป็ดขมิ้น	144.87	6.64	2.70	6.42	10.29	7.47	16.68	339.16
	พริกแกง	130.64	8.47	2.62	20.93	5.30	3.88	109.73	954.50
	ต้มยำกุ้งน้ำใส	86.27	4.53	1.27	9.95	3.15	0.18	63.46	234.97
	ยำเนื้อย่าง	80.05	6.75	3.54	11.74	0.67	0.31	25.27	710.38
ขนมไทย	ข้าวเหนียวมูน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา)	1,667.64	142.71	82.54	74.54	88.73	38.59	518.48	1,623.31
	กล้วยไข่เชื่อม	385.86	72.52	64.15	2.31	9.61	8.86	-	338.88
	บัวลอยสามสี	271.86	42.92	12.32	3.66	9.50	8.32	-	209.16
	กล้วยบัวขี้	224.28	27.90	22.17	1.65	11.79	11.07	-	271.18
	ข้าวยำ	130.51	27.16	20.87	0.32	2.29	2.17	-	56.27

จากการประกอบอาหารไทยตามตำรับอาหารไทยมาตรฐานวิทยาลัยดุสิตธานีทั้ง 22 รายการ โดยตำรับอาหารไทยมาตรฐานระบุไว้ว่าสำหรับ 2 คนบริโภค ทางผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า บางตำรับมีปริมาณอาหารที่เหมาะสม เช่น กุ้งนอหนาว พริกแกง พะแนงหมู ผัดกะเพราไก่ ผัดไทยกุ้ง บัวลอยสามสี และกล้วยไข่เชื่อม สามารถบริโภคได้ตามที่ตำรับแนะนำที่ 2 คนบริโภค ในบางตำรับอาจมีปริมาณอาหารมาก ทั้งอาหารหลักและน้ำจิ้ม เช่น หมูสะเต๊ะ ข้าวตั้งหน้าตั้ง แกงมัสมั่นไก่ ไก่ทอดใบเตย ทอดมันปลากราย ข้าวเหนียวมูน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) และข้าวยำ เป็นต้น ซึ่งสามารถบริโภคได้มากกว่า 2 คนบริโภค โดยกระบวนการทดลองเพื่อหาหน้าหนักของอาหารในตำรับอาหารไทย อาจมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อน้ำหนักของอาหารที่บริโภคได้จริง เช่น การตัดแต่งวัตถุดิบ เทคนิคการปรุงอาหาร การควบคุมอุณหภูมิ การรอเสิร์ฟ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลต่อน้ำหนักอาหารที่ซั้ได้

คุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทยตามตำรับอาหารไทยหน่วย 100 กรัม พลังงานสูงสุด คือ ข้าวเหนียวมูน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) เท่ากับ 1,667.64 กิโลแคลอรี และพลังงานต่ำที่สุด คือ ยำเนื้อย่าง เท่ากับ 80.05 กิโลแคลอรี ตำรับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงสุด คือ ข้าวเหนียวมูน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) เท่ากับ 142.71 กรัม และอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำที่สุด คือ ต้มยำกุ้งน้ำใส เท่ากับ 4.53 กรัม ส่วนอาหารที่มีโปรตีนสูงที่สุด คือ ข้าวเหนียวมูน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) เท่ากับ 74.54 กรัม และอาหารที่มีโปรตีนต่ำที่สุด คือ ข้าวยำ

เท่ากับ 0.32 กรัม อาหารไทยที่มีไขมันสูงที่สุด คือ ข้าวเหนียวมัน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) เท่ากับ 88.73 กรัม และอาหารที่มีไขมันต่ำที่สุด คือ ยำเนื้อมะเขือเทศ เท่ากับ 0.67 กรัม

เมื่อพิจารณาพลังงานของอาหารไทย พบว่า อาหารประเภทยำ พล่าและเมี่ยง รวมถึงอาหารประเภทต้มแกง (น้ำใส ไม่ใส่กะทิ) มีพลังงานอาหารค่อนข้างต่ำ เนื่องจากอาหารประเภทนี้มีส่วนผสมของผักและสมุนไพรที่ค่อนข้างมาก เช่น ยำเนื้อมะเขือเทศ เมี่ยงปลาหู ปลากุ้ง และต้มยำกุ้งน้ำใส เป็นต้น โดยอาหารกลุ่มนี้จัดว่าเป็นอาหารที่ดีต่อสุขภาพ หากผู้บริโภคต้องการควบคุมน้ำหนัก ส่วนอาหารประเภทต้มแกง (น้ำข้นจากกะทิ) เช่น ต้มยำไก่ แกงเขียวหวานไก่ แกงเผ็ดเป็ดขมิ้น พะแนงหมู และแกงมัสมั่นไก่ อาหารกลุ่มนี้ถือว่ามีความเสี่ยงสูงเนื่องจากมีพลังงานอยู่ระหว่าง 144.87-251.13 กิโลแคลอรี ซึ่งสามารถเลือกบริโภคได้บ่อยครั้งโดยรับประทานควบคู่กับผักและผลไม้ในแต่ละมื้อได้ ในกลุ่มอาหารประเภททอดและผัด จัดว่าเป็นกลุ่มอาหารที่มีพลังงานที่ค่อนข้างสูง ได้แก่ กุ้งนึ่งทอด ข้าวผัดหน้าตั้ง ทอดมันปลากราย ไก่ทอดใบเตย ผัดกะเพราไก่ ผัดไทยกุ้ง เป็นต้น จะเห็นได้ว่าพลังงานค่อนข้างสูงอยู่ในช่วงตั้งแต่ 234.70-694.34 กิโลแคลอรี พบว่าพลังงานที่เกิดขึ้นเกิดจากน้ำมันที่ใช้ทอดและผัด หัวกะทิที่ใช้ในการผัดเครื่องแกง อาหารประเภทนี้ควรหลีกเลี่ยงหรือบริโภคในทีน้อย ไม่ควรรับประทานถี่เกินไป สารอาหารกลุ่มไขมันพบมากในอาหารประเภททอด เช่น น้ำพริกปลาร้า ข้าวผัดหน้าตั้ง ไก่ทอดใบเตย เพราะฉะนั้นการเลือกบริโภคอาหารที่มีไขมันต่ำจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

ในส่วนของขนมไทย พบว่า ข้าวเหนียวมัน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) และกล้วยไข่เชื่อม คือ 2 อันดับขนมไทยที่มีพลังงานที่ค่อนข้างสูง พลังงานเท่ากับ 1,667.64 และ 385.86 กิโลแคลอรี พลังงานมาจากน้ำมันที่ใช้ทอด หัวกะทิและน้ำตาลทรายที่ใส่ลงไป ข้าวเหนียวมัน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) มีพลังงานที่สูงมาก สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตของขนมไทยมาจากข้าวเหนียวและน้ำตาลทราย และมีปริมาณน้ำตาลสูงถึง 82.54 และ 64.15 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ขณะที่ขนมชาห์หมี่มีพลังงานต่ำที่สุด ขนมไทยที่มีส่วนผสมของข้าว แป้ง และน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลักที่ส่งผลทำให้สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตมีค่ามากขึ้น

2. ผลของการจำแนกตำรับอาหารไทยตามพลังงาน

จำแนกตำรับอาหารไทยตามพลังงานที่คำนวณได้ เพื่อกำหนดแนวทางในการบริโภคอาหารไทย ดังตารางที่ 2 พบว่า อาหารพลังงานต่ำ (พลังงานต่ำกว่า 250 กิโลแคลอรี) จำนวน 12 รายการ ได้แก่ ยำเนื้อมะเขือเทศ ต้มยำกุ้งน้ำใส ชาห์หมี่ แกงเผ็ดเป็ดขมิ้น ปลากุ้ง ต้มยำไก่ แกงเขียวหวานไก่ แกงมัสมั่นไก่ กล้วยบวชชี ทอดมันปลากราย ผัดกะเพราไก่ และเมี่ยงปลาหู โดยมีพลังงานอยู่ในช่วง 80.05-248.63 กิโลแคลอรี อาหารพลังงานปานกลาง (พลังงาน 251-500 กิโลแคลอรี) จำนวน 8 รายการ พลังงานอยู่ในช่วง 251.13-423.53 กิโลแคลอรี และอีก 2 รายการ มีพลังงานเท่ากับ 694.34 และ 1,667.64 กิโลแคลอรี จัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีพลังงานสูง (พลังงานสูงกว่า 500 กิโลแคลอรี)

ตารางที่ 3 ผลของการจำแนกตำรับอาหารไทยตามพลังงานของตำรับอาหารไทยมาตรฐานหน่วย 100 กรัม

กลุ่มอาหารแบ่งตามพลังงาน ตามไพจราจอร์ (เขียว เหลือง แดง)	ตำรับอาหารไทย	คุณค่าทางโภชนาการหน่วย 100 กรัม			
		พลังงาน (กิโลแคลอรี)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)
อาหารพลังงานต่ำ พลังงานต่ำกว่า 250 กิโลแคลอรี (บริโภคได้ทุกวัน)	ยำเนื้อย่าง	80.05	6.75	11.74	0.67
	ต้มยำกุ้งน้ำใส	86.27	4.53	9.95	3.15
	ข้าหริ่ม	130.51	27.16	0.32	2.29
	แกงเผ็ดเป็ดย่าง	144.87	6.64	6.42	10.29
	พล่ากุ้ง	165.30	8.47	20.93	5.30
	ต้มข่าไก่	172.36	4.65	6.93	14.01
	แกงเขียวหวานไก่	188.99	7.03	6.61	14.94
	แกงมัสมั่นไก่	189.18	12.69	8.42	11.64
	กล้วยบัวชชี	224.28	27.90	1.65	11.79
	ทอดมันปลาทราย	234.70	24.20	11.65	10.15
	ผัดกะเพราไก่	242.15	6.13	15.95	17.09
อาหารพลังงานปานกลาง พลังงาน 251-500 กิโลแคลอรี (บริโภค 3 ครั้ง/สัปดาห์)	เมี่ยงปลาทุ	248.63	12.66	21.35	12.51
	พะแนงหมู	251.13	10.01	11.71	18.21
	บัวลอยสามสี	271.86	42.92	3.66	9.50
	ผัดไทยกุ้ง	307.43	37.87	16.17	10.14
	กุ้งนอหนาว	329.16	18.49	19.22	19.81
	กล้วยไข่เชื่อม	385.86	72.52	2.31	9.61
	ไก่ห่อใบเตย	402.10	28.53	11.02	27.10
	หมูสะเต๊ะ	414.59	30.19	13.47	26.66
อาหารพลังงานสูง พลังงานมากกว่า 501 กิโลแคลอรี (บริโภค 1 ครั้ง/ สัปดาห์)	ข้าวตังหน้าตั้ง	423.53	24.32	9.48	32.04
	น้ำพริกปลาร้า ข้าวเหนียวมัน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา)	694.34 1,667.64	29.68 142.71	26.65 74.54	52.11 88.73

อาหารประเภทยำ พล่า แกงกะทิและต้มแกงน้ำใส รวมถึงขนมหวานบางชนิดจัดอยู่ในกลุ่มอาหารพลังงานต่ำ เนื่องจากมีส่วนของวัตถุดิบที่มีผักและเนื้อสัตว์ค่อนข้างมาก กรรมวิธีที่ใช้ในการปรุงอาหาร เช่น การย่าง การกวน การต้มและการผัดที่ใช้น้ำมันน้อยจึงทำให้พลังงานไม่สูงมาก พลังงานที่เกิดจากคาร์โบไฮเดรตเป็นหลัก โดยเฉพาะข้าหริ่มและกล้วยบัวชชี กลุ่มอาหารพลังงานปานกลางเป็นอาหารที่มีส่วนผสมของน้ำกะทิและน้ำตาลเป็นองค์ประกอบทั้งสิ้น อีกทั้งใช้กรรมวิธีปรุงอาหาร เช่น การทอดและการผัด ส่งผลให้อาหารกลุ่มนี้มีพลังงานจากไขมัน ซึ่งพลังงานจากไขมัน 1 กรัมสูงถึง 9 กิโลแคลอรี ปริมาณไขมันของอาหารกลุ่มนี้ พบว่ามีไขมันสูงอยู่ในช่วงระหว่าง 9.50-32.04 กรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งอาหารประเภททอดมักจะมีน้ำมันติดขึ้นอาหารมาก เช่น ไก่ห่อใบเตย ข้าวตังหน้าตั้ง เป็นต้น พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตในขนมไทยมีปริมาณสูงมาก ได้แก่ บัวลอยสามสี กล้วยไข่เชื่อม มีปริมาณ 42.92 และ 72.52 กรัมตามลำดับ ซึ่งน้ำเชื่อมที่ใช้เชื่อมกล้วยไข่ชิ้นจะแพร่เข้าไปในเนื้อเยื่อของกล้วยไข่ทำให้กล้วยไข่ขยายตัวและดูดซับน้ำเชื่อมไว้ จึงทำให้กล้วยไข่มีพลังงานสูงขึ้น กลุ่มอาหารที่มีพลังงานสูงกว่า 500 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม พบว่า พลังงานมาจากทุกๆ สารอาหาร

โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณไขมันมีมากถึง 52.11 และ 88.73 กรัม เพราะทั้ง 2 รายการมีขั้นตอนและวิธีการทอด จึงทำให้อาหารมีพลังงานจากน้ำมันที่ใช้ทอด เช่น ปลาช่อนทอด ปลาดุกฟู หอมเจียว เป็นต้น

การจำแนกอาหารตามพลังงานเป็นวิธีการประเมินกลุ่มอาหารอย่างง่าย เพื่อควบคุมการกระจายพลังงานในแต่ละมื้อหรือแต่ละวันให้สมดุลและเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ขณะเดียวกันเพื่อไม่ให้ร่างกายได้รับพลังงานจากอาหารที่บริโภคมากเกินไปเกินความต้องการ ดังนั้นการคำนวณพลังงานของอาหารที่บริโภคจึงควรใส่ใจและให้ความสำคัญ การจำแนกอาหารตามสัณฐานจะทำให้ผู้บริโภคจดจำง่าย เลือกรับประทานได้ง่ายขึ้น เช่น การจัดเป็นสีตามไฟจราจร (เขียว เหลือง แดง) การเลือกรับประทานอาหารผู้บริโภคควรพิจารณาสารอาหารที่ควรได้รับด้วย หากเป็นผู้ใหญ่ที่มีปัญหาเรื่องไขมันในเลือดสูงควรรับประทานอาหารที่มีไขมันต่ำ เพื่อป้องกันคอเลสเตอรอลในเลือดสูงและภาวะหลอดเลือดตีบตันที่อาจเกิดขึ้นตามได้ (สุนีย์ สหสโพธิ์ และ จักรกฤษณ์ ทองคำ, 2560) หากบริโภคน้ำตาลในปริมาณที่มากจะสะสมในร่างกายในรูปไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งส่งผลเสียต่อร่างกายได้ เพราะฉะนั้นควรลดอาหารประเภทไขมัน แป้ง และน้ำตาลลง รับประทานผลไม้ตามสัดส่วนที่เหมาะสม หรืออาจจะใช้ส่วนของผลไม้ตามธงโภชนาการแนะนำ วันละ 3-5 ส่วน (สถิตย์พงษ์ มั่นหล้า, 2565)

3. ผลของการจำแนกอาหารไทยตามสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวัน (Thai RDI)

การจำแนกสารอาหารที่จำเป็นต่อวันตามประกาศฯ (กระทรวงสาธารณสุข, 2541) มีปริมาณสารอาหารต่าง ๆ ต่อหน่วย 100 กรัม ตาม Thai RDI (สำนักโภชนาการ, 2563) ดังตารางที่ 4

อาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด คือ ข้าวเหนียวมูน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) มีคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 142.71 กรัม คิดเป็นร้อยละ 47.57 ของ Thai RDI อาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำที่สุด คือ ต้มยำกุ้งน้ำใส 100 กรัม มีคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 4.53 กรัม คิดเป็นร้อยละ 1.51 ของ Thai RDI ข้าวเหนียวมูน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) มีสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตตาม Thai RDI ที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นควรเลือกรับประทานข้าว และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้าว วันละประมาณ 8 ทัพพี โดยเน้นข้าวหรือขนมปังที่ผ่านการขัดสีไม่มาก เช่น ข้าวกล้อง ข้าวซ้อมมือ ข้าวโพด จมูกข้าวสาลี ฯลฯ (สุนีย์ สหสโพธิ์ และ จักรกฤษณ์ ทองคำ, 2560)

อาหารที่มีน้ำตาลสูงที่สุด คือ ข้าวเหนียวมูน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) เท่ากับ 85.54 กรัม เป็นร้อยละ 343.92 ของ Thai RDI อาหารที่มีน้ำตาลต่ำที่สุด คือ กุ้งนอหนวเท่ากับ 0.97 กรัม คิดเป็นร้อยละ 4.04 ของ Thai RDI น้ำตาลส่วนใหญ่มาจากการปรุงรระหว่างประกอบอาหาร การบริโภคน้ำตาลมากกว่า 65 กรัมต่อวันเป็นประจำจะส่งผลเสียต่อร่างกาย เพราะจะทำให้อินซูลินในร่างกายผลิตออกมาเกินความจำเป็น และตกค้างอยู่ในกระแสเลือด มีผลต่อระบบการไหลเวียนเลือด (สถิตย์พงษ์ มั่นหล้า, 2565) หากเป็นเรื้อรังจะส่งผลให้เซลล์กล้ามเนื้อเรียบบริเวณรอบ ๆ หลอดเลือดเจริญเร็วขึ้นกว่าปกติทำให้การไหลเวียนเลือดเกิดการปั่นป่วนจนเป็นสาเหตุของโรคความดันโลหิตสูงและโรคหลอดเลือดต่าง ๆ ด้วย (อัจฉรา คลวิทยาคุณ, 2556)

อาหารที่มีโปรตีนสูงที่สุด คือ ข้าวเหนียวมูน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) เท่ากับ 74.54 กรัม คิดเป็นร้อยละ 149.09 ของ Thai RDI (ส่วนใหญ่มาจากหน้าปลาแห้ง) อาหารที่มีโปรตีนต่ำที่สุด คือ ข้าวหริ่ม

เท่ากับ 0.32 กรัม คิดเป็นร้อยละ 0.65 ของ Thai RDI การรับประทานโปรตีนปริมาณมากเกินไป ส่งผลให้เลือดมีปริมาณยูเรียสูง เสี่ยงต่อภาวะเลือดเป็นกรด ตับและไตทำงานหนักเพื่อขับเอาโปรตีนส่วนเกินออกจากร่างกาย อีกทั้งโปรตีนจะแปรเปลี่ยนเป็นไขมันและกักเก็บไว้เป็นพลังงานสำรองทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น ควรรับประทานโปรตีน 1 กรัม ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เน้นโปรตีนคุณภาพดีจากปลา ไข่ เนื้อสัตว์ไม่ติดมัน ถั่วเมล็ดแห้งและผลิตภัณฑ์นม เพราะเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดีและมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน (สำนักโภชนาการ, 2563)

อาหารไทยที่มีไขมันสูงที่สุด คือ ข้าวเหนียวมัน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) เท่ากับ 88.73 กรัม คิดเป็นร้อยละ 136.52 ของ Thai RDI (ส่วนใหญ่มาจากหน้าปลาแห้งและกะทิ) อาหารที่มีไขมันต่ำที่สุด คือ ยำเนื้อมะพร้าว เท่ากับ 0.67 กรัม คิดเป็นร้อยละ 1.04 ของ Thai RDI อาหารที่มีไขมันสูงเกิดจากการทอดน้ำมันท่วม ทำให้น้ำมันเกาะขึ้นอาหาร การรับประทานอาหารไขมันสูงเป็นประจำส่งผลให้ร่างกายสะสมไขมันทั้งในช่องท้อง ต้นแขน ต้นขา และอาจพอกในเซลล์ตับได้ ทั้งนี้ควรหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีน้ำมันมากและไขมันจากสัตว์ เนื่องจากมีผลทำให้เกิดภาวะไขมันในเลือดสูงได้ (สุนีย์ สหัสโพธิ์ และจักรกฤษณ์ ทองคำ, 2560)

อาหารไทยที่มีไขมันอิ่มตัวสูงที่สุด คือ ข้าวเหนียวมัน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) เท่ากับ 38.59 กรัม คิดเป็นร้อยละ 192.92 ของ Thai RDI และอาหารที่มีไขมันอิ่มตัวต่ำที่สุด คือ ต้มยำกุ้งน้ำใส เท่ากับ 0.18 กรัม คิดเป็นร้อยละ 0.92 ของ Thai RDI ไขมันอิ่มตัวที่เกิดขึ้นในอาหารส่วนใหญ่มาจากวัตถุดิบหลัก เช่น มะพร้าวขูดขาว (หน้ากุ้ง) ไข่ไก่ (หน้าสังขยา) น้ำกะทิ (ข้าวเหนียวมัน) น้ำมันปาล์มที่ใช้ทอด (ทอดปลาช่อนและหอมเจียว) ทั้งนี้การเลือกบริโภคสัดส่วนของไขมันอิ่มตัวต่อไขมันไม่อิ่มตัว ควรบริโภคสัดส่วน 1 ต่อ 1 น้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันรำข้าว เป็นต้น (สุนีย์ สหัสโพธิ์ และจักรกฤษณ์ ทองคำ, 2560) การบริโภคธัญชาติที่ไม่ขัดสี ร่วมกับบริโภคกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง เช่น โอเมก้า-3 และโอเมก้า-6 แทนกรดไขมันอิ่มตัว จะช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ ไม่ควรบริโภคกรดไขมันอิ่มตัวเกินร้อยละ 10 ของพลังงานทั้งหมดที่ได้รับต่อวัน (สำนักโภชนาการ, 2563)

อาหารไทยที่มีคอเลสเตอรอลสูงที่สุด คือ ข้าวเหนียวมัน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) เท่ากับ 518.48 มิลลิกรัม เป็นร้อยละ 172.82 ของ Thai RDI ขณะที่อาหารที่ไม่มีปริมาณคอเลสเตอรอลเลย ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเชื่อม ก๋วยเตี๋ยวบวชชี บัวลอยสามสี และชาหริ่ม คอเลสเตอรอลส่วนใหญ่มาจากไขมันสัตว์ ได้แก่ ไข่แดง หมูสามชั้น เครื่องในต่าง ๆ รวมถึงสัตว์ทะเล เช่น กุ้ง หมีก และปู เป็นต้น คอเลสเตอรอลในเลือดไม่ควรเกิน 200 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร หากคอเลสเตอรอลสูงในเลือดจะทำให้หลอดเลือดแดงเสื่อมไม่ยืดหยุ่น หลอดเลือดตีบตัน และอาจจะลุกลามจนเกิดโรคหัวใจขาดเลือด แนวทางการรักษาระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ควรหลีกเลี่ยงอาหารที่มีไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลสูง อาหารที่มีไขมันอิ่มตัวน้อยและคอเลสเตอรอลต่ำได้แก่ เนื้อปลา เนื้อสัตว์ไม่ติดมัน ไข่ขาว น้ำมันมะกอก และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน เป็นต้น (อังฉรา ดลวิทยาคุณ, 2556) การได้รับอาหารที่มีกรดไขมันอิ่มตัวและไขมันทรานส์ในปริมาณสูงส่งผลให้ระดับคอเลสเตอรอล และ LDL-cholesterol มีระดับสูงขึ้น ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ (สำนักโภชนาการ, 2563)

ตารางที่ 4 คุณค่าทางโภชนาการตามสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวัน (Thai RDI) ของตำรับอาหารไทย
มาตรฐานหน่วย 100 กรัม

ตำรับ อาหารไทย	CHO (g)	%Thai RDI	SUGAR (g)	%Thai RDI	PRO (g)	%Thai RDI	FAT (g)	%Thai RDI	SATFAT (g)	%Thai RDI	CHOLE (mg)	%Thai RDI	NA (mg)	%Thai RDI	FBD (g)	%Thai RDI
หมูสะเต๊ะ	30.19	10.06	22.40	93.33	13.47	26.93	26.66	41.02	13.42	67.11	16.12	5.37	1,228.95	61.45	1.86	7.45
กุ้งนอหนาว	18.49	6.16	0.97	4.04	19.22	38.45	19.81	30.48	7.99	39.97	123.53	41.18	647.25	32.36	0.58	2.34
ข้าวตั้งหน้าตั้ง	24.32	8.11	12.58	52.42	9.48	18.95	32.04	49.29	12.16	60.81	21.00	7.00	840.76	42.04	1.54	6.16
เมี่ยงปลาทุ	12.66	4.22	5.20	21.67	21.35	42.69	12.51	19.25	4.23	21.13	83.88	27.96	983.78	49.19	3.09	12.37
ทอดมันปลากราย	24.20	8.07	19.18	79.92	11.65	23.29	10.15	15.61	3.52	17.59	63.60	21.20	886.82	44.34	1.73	6.92
ไก่ทอดใบเตย	28.53	9.51	18.85	78.54	11.02	22.03	27.10	41.69	8.73	43.66	30.31	10.10	1,168.88	58.44	0.47	1.90
ยำเนื้อย่าง	6.75	2.25	3.54	14.75	11.74	23.49	0.67	1.04	0.31	1.54	25.27	8.42	710.38	35.52	1.61	6.46
พล่ากุ้ง	8.47	2.82	2.62	10.92	20.93	41.85	5.30	8.15	3.88	19.38	109.73	36.58	954.50	47.73	1.30	5.21
ต้มยำไก่	4.65	1.55	1.12	4.67	6.93	13.85	14.01	21.55	11.76	58.81	13.43	4.48	257.09	12.85	0.54	2.17
ต้มยำกุ้งน้ำใส	4.53	1.51	1.27	5.29	9.95	19.90	3.15	4.85	0.18	0.92	63.46	21.15	234.97	11.75	0.96	3.83
แกงเขียวหวานไก่	7.03	2.34	2.57	10.71	6.61	13.21	14.94	22.98	9.71	48.56	11.58	3.86	331.88	16.59	1.96	7.84
แกงเผ็ดเป็ดย่าง	6.64	2.21	2.70	11.25	6.42	12.84	10.29	15.84	7.47	37.37	16.68	5.56	339.16	16.96	0.71	2.83
พะแนงหมู	10.01	3.34	4.70	19.58	11.71	23.42	18.21	28.02	12.64	63.20	14.95	4.98	658.94	32.95	0.99	3.96
แกงส้มมันไก่	12.69	4.23	5.94	24.75	8.42	16.84	11.64	17.90	8.89	44.46	37.30	12.43	367.76	18.39	0.85	3.39
น้ำพริกถนอ	29.68	9.89	23.91	99.63	26.65	53.31	52.11	80.17	14.62	73.08	99.54	33.18	1,792.08	89.60	0.59	2.35
ผัดกะเพราไก่	6.13	2.04	2.34	9.75	15.95	31.91	17.09	26.30	3.46	17.32	36.58	12.19	666.72	33.34	1.46	5.84
ผัดไทยกุ้ง	37.87	12.62	16.57	69.04	16.17	32.35	10.14	15.60	2.02	10.09	97.44	32.48	779.25	38.96	0.87	3.49
ข้าวเหนียวมูน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา)	142.71	47.57	82.54	343.92	74.54	149.09	88.73	136.52	38.59	192.92	518.48	172.82	1,623.31	81.16	0.41	1.66
กล้วยไข่เชื่อม	72.52	24.17	64.15	267.29	2.31	4.63	9.61	14.79	8.86	44.28	-	-	338.88	16.94	2.72	10.87
กล้วยบัวชี	27.90	9.30	22.17	92.38	1.65	3.29	11.79	18.14	11.07	55.33	-	-	271.18	13.56	1.78	7.12
บัวลอยสามสี	42.92	14.31	12.32	51.33	3.66	7.32	9.50	14.62	8.32	41.58	-	-	209.16	10.46	0.34	1.36
ข้าวยำ	27.16	9.05	20.87	86.96	0.32	0.65	2.29	3.52	2.17	10.86	-	-	56.27	2.81	-	-

หมายเหตุ : CHO คือ คาร์โบไฮเดรต PRO คือ โปรตีน SATFAT คือ ไขมันอิ่มตัว NA คือ โซเดียม SUGAR คือ น้ำตาล
FAT คือ ไขมัน CHOLE คือ คอเลสเตอรอล FBD คือ โยอาหาร g คือ หน่วยกรัม mg คือ หน่วยมิลลิกรัม
%Thai RDI คือ ร้อยละปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย

อาหารที่มีโซเดียมสูงที่สุด คือ น้ำพริกถนอ เท่ากับ 1,792.08 มิลลิกรัม คิดเป็นร้อยละ 89.60 ของ Thai RDI ขณะที่อาหารที่มีโซเดียมต่ำที่สุด คือ ข้าวยำ เท่ากับ 56.27 มิลลิกรัม คิดเป็นร้อยละ 2.81 ของ Thai RDI จะเห็นได้ว่า น้ำพริกถนอ มีองค์ประกอบของน้ำพริกกะปิ ปูรสด้วยกะปิและน้ำปลาที่เป็นแหล่งของ โซเดียม จึงทำให้มีปริมาณโซเดียมสูงที่สุด หากร่างกายได้รับโซเดียมมากเกินไป 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน จะทำให้ เลือดเสียสมดุล หลอดเลือดจึงพยายามดูดน้ำเข้ามาเจือจางโซเดียม จนทำให้แรงดันเลือดสูงขึ้น และหาก รับประทานอาหารรสเค็มมากเกินไปเป็นประจำ จะทำให้เกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ตามมา เช่น โรคความดันโลหิตสูง (สถิติพงษ์ มั่นหล้า, 2565) โดยปกติแล้วร่างกายของเราจะขับโซเดียมออกจากไต หากมีมากเกินไปอาจจะขับ ออกไม่หมด ส่งผลให้ไตทำงานหนักจนเกิดอาการเสื่อมและไตวายเรื้อรังได้ หากความดันโลหิตสูงนานๆ จะทำให้ หัวใจทำงานหนักขึ้น หัวใจเต้นเร็วขึ้นและหากปริมาณของเหลวในร่างกายมากเกินไปก็จะทำให้เกิดอาการ เส้นเลือดอุดตันและเสี่ยงที่หัวใจจะวาย หัวใจขาดเลือด ไปจนถึงเส้นเลือดในสมองแตกทำให้เสียชีวิตได้ (แพรวพรรณ สุริวงศ์, 2560) แต่อย่างไรก็ตามผู้บริโภคอาหารไทยควรระวังการบริโภคเกินความต้องการของ ร่างกาย เนื่องจากอาหารไทยมีปริมาณโซเดียม น้ำตาล และไขมันในทุกรายการ ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อร่างกายและ อาจเป็นสาเหตุของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังตามมาได้ (สาธิต เมืองสมบุญ และคณะ, 2562)

อาหารไทยที่มีใยอาหารสูงที่สุดคือ เมี่ยงปลาทุ เท่ากับ 3.09 กรัม คิดเป็นร้อยละ 12.37 ของ Thai RDI ขณะที่อาหารที่ไม่มีใยอาหารเลย คือ ข้าวหิรัญ เนื่องจากข้าวหิรัญมีเพียงแป้งข้าวเจ้า น้ำตาลทรายขาว และน้ำกะทิ โดยใยอาหารไม่ใช่สารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย ในผักและผลไม้เป็นแหล่งใยอาหาร และอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ รวมถึงสารพฤกษเคมีที่ทำหน้าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ ใยอาหารที่ละลายน้ำทำหน้าที่ดูดซับน้ำไว้กับตัว พองตัวและหนืดขึ้น มีลักษณะเป็นเจล สามารถจับน้ำตาลและดูดซับไขมันได้ ช่วยลดระดับน้ำตาลและระดับไขมันชนิด LDL-C ในหลอดเลือดได้ ส่งผลดีต่อผู้ป่วยเบาหวาน (สถิตย์พงษ์ มั่นหล้า, 2565) ใยอาหารจะถูกลดด้วยแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ สร้างกรดไขมันสายสั้นที่เป็นประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่ายได้ ร่างกายควรได้รับใยอาหารประมาณ 25-28 กรัมต่อวัน (สำนักโภชนาการ, 2563)

4. ผลของการจัดสำรับอาหารไทย

จากการคัดเลือกรายการอาหารไทยจำนวน 3-5 รายการ ได้รับทั้งหมด 576 สำรับ จากนั้นคัดเลือกอาหารไทยตามเกณฑ์การจัดสำรับอาหารไทย (วิทยาลัยดุสิตธานี, 2558) ได้จำนวนสำรับที่เหมาะสมตามเกณฑ์การจัดสำรับอาหารไทยจำนวน 21 สำรับ เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาและวิจารณ์ต่อการจัดสำรับอาหารไทยที่จัดขึ้น และคัดเลือกสำรับอาหารไทยเหลือ 4 สำรับ ดังตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาสำรับอาหารไทยทั้ง 4 สำรับพบว่า มีความหลากหลายของประเภทอาหาร เช่น อาหารเรียกน้ำย่อย อาหารว่าง แกงไทย จานยำหรือปล้ำ จานทอด และขนมหวานไทย รวมถึงมีผัก และสมุนไพรต่างๆ ทำให้มีความหลากหลายของสารอาหาร ประเภทอาหารทำให้สำรับอาหารมีรสชาติที่หลากหลายมีมิติ เช่น รสเปรี้ยว เค็ม และหวานจากยำเนื้ออย่างและปล้ำกุ้ง รสเค็มกลมกล่อมจากพริกแกงมัสมั่น รสหวานจากผักต่าง ๆ ในแกงเขียวหวาน เป็นต้น ในพริกแกงเขียวหวานมีส่วนผสมของเครื่องเทศ และสมุนไพรไทยหลากหลาย เช่น ลูกผักชี ยี่หระ ตะไคร้ ผิวมะกรูด กระเทียม หอมแดง รากผักชี พริกขี้หนูเขียว พริกขี้หนู ใบผักชี พริกไทยขาว เป็นต้น จากงานวิจัยของ ชานนท์ นัยจิตร และอนุรักษ์ เชื้อมั่ง (2559) พบว่าพริกขี้หนู และพริกไทยมีสารประกอบรวมน้ำมันเท่ากับ 9.77 และ 42.83 mg GAE/g DW และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของพริกขี้หนู และพริกไทย มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 302.39 และ 144.44 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในทุกสำรับประกอบด้วยเมนูทอดคัมนปลาทราย ซึ่งเป็นอาหารประเภททอดจึงมีน้ำมันเกาะติดขึ้นอาหาร ในระหว่างการทอด น้ำในอาหารจะระเหยออกมาแล้วน้ำมันจะเข้าไปแทนที่ ขึ้นอาหารจะดูดซับน้ำมันไว้ได้ประมาณร้อยละ 30-40 ทำให้ผู้บริโภคได้รับน้ำมันมากกว่าที่ควรได้รับต่อวัน (Mellema, 2003) หากต้องการลดไขมันควรปรับเปลี่ยนวิธีการประกอบอาหารเป็นการปิ้งย่าง และอบ จะช่วยลดพลังงานจากไขมันลงได้

รายการอาหารส่วนใหญ่ประกอบด้วยโปรตีนที่มีคุณภาพ ซึ่งในเนื้อสัตว์ 100 กรัมจะมีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันไป เช่น ออกไก่ 31.02 กรัม หมูสันนอก 28.86 กรัม เนื้อวัว 27.23 กรัม (Kralik et al., 2018) ปลาทราย 16.70 กรัม (Puwastien et al., 1999) ปลาทุ 20.89 กรัม (Alkuraieef et al., 2021) เนื้อสัตว์อุดมไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วนทั้ง 9 ชนิด ได้แก่ Histidine, Isoleucine, Methionine, Lysine, Leucine, Threonine, Tryptophan, Phenylalanine และ Valine ข้อดีของอาหารที่มีโปรตีนสูง คือ ช่วยควบคุมการทำงานของอวัยวะให้ทำงานเป็นปกติ รักษาเนื้อเยื่อและซ่อมแซมเซลล์ต่าง ๆ รักษาสมดุลของร่างกาย และช่วยรักษาระดับความอยากอาหารให้สมดุล หากต้องการควบคุมระดับน้ำหนักตัว ควรเพิ่มอาหารที่มีโปรตีนสูงกว่าคาร์โบไฮเดรตและไขมัน นอกจากนั้นโปรตีนยังช่วยเพิ่มการเผาผลาญภายในร่างกาย เพราะร่างกายจะใช้พลังงานความร้อนในระบบทางเดินอาหาร (Thermic effect of Food; TEF) ในการย่อยโปรตีนมากกว่าคาร์โบไฮเดรต หรือไขมัน ทำให้ร่างกายเผาผลาญได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถิตย์พงษ์ มั่นหล้า, 2565)

ตารางที่ 5 การจัดสำรับอาหารไทยจากตำรับอาหารไทยมาตรฐาน

ตำรับอาหารไทย	คุณค่าทางโภชนาการหน่วย 100 กรัม				ภาพสำรับอาหารไทย
	พลังงาน (กิโลแคลอรี)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	
เมี่ยงปลาหู	248.63	12.66	21.35	12.51	
ยำเนื้อย่าง	80.05	6.75	11.74	0.67	
แกงเขียวหวานไก่	188.99	7.03	6.61	14.94	
ทอดมันปลากราย	234.70	24.20	11.65	10.15	
ข้าหริ่ม	130.51	27.16	0.32	2.29	
ข้าวสวย	141.00	31.20	2.80	0.50	
สารอาหาร (กรัม)		109.00	54.47	41.06	
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	1,023.88	436.00	217.88	369.54	
สัดส่วนพลังงาน (ร้อยละ)		42.58	21.28	36.09	
เมี่ยงปลาหู	248.63	12.66	21.35	12.51	
ปลากุ้ง	165.30	8.47	20.93	5.30	
แกงมัสมั่นไก่	189.18	12.69	8.42	11.64	
ทอดมันปลากราย	234.70	24.20	11.65	10.15	
ข้าหริ่ม	130.51	27.16	0.32	2.29	
ข้าวสวย	141.00	31.20	2.80	0.50	
สารอาหาร (กรัม)		116.38	65.47	42.39	
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	1,109.32	465.52	261.88	381.51	
สัดส่วนพลังงาน (ร้อยละ)		41.96	23.61	34.39	
หมูสะเต๊ะ	414.59	30.19	13.47	26.66	
ยำเนื้อย่าง	80.05	6.75	11.74	0.67	
ต้มยำไก่	172.36	4.65	6.93	14.01	
ทอดมันปลากราย	234.70	24.20	11.65	10.15	
กล้วยไข่เชื่อม	385.86	72.52	2.31	9.61	
ข้าวสวย	141.00	31.20	2.80	0.50	
สารอาหาร (กรัม)		169.51	48.90	61.60	
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	1,428.56	678.04	195.60	554.40	
สัดส่วนพลังงาน (ร้อยละ)		47.46	13.69	38.81	
หมูสะเต๊ะ	414.59	30.19	13.47	26.66	
ปลากุ้ง	165.30	8.47	20.93	5.30	
ต้มยำกุ้งน้ำใส	86.27	4.53	9.95	3.15	
ทอดมันปลากราย	234.70	24.20	11.65	10.15	
กล้วยไข่เชื่อม	385.86	72.52	2.31	9.61	
ข้าวสวย	141.00	31.20	2.80	0.50	
สารอาหาร (กรัม)		171.11	61.11	55.37	
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	1,427.72	684.44	244.44	498.33	
สัดส่วนพลังงาน (ร้อยละ)		47.94	17.12	34.90	

ชุดที่ 1

ชุดที่ 2

ชุดที่ 3

ชุดที่ 4

นอกจากโปรตีนแล้วในเนื้อสัตว์ยังมีสารอาหารประเภทไขมันที่ดี เช่น ในปลาทูน้ำหนัก 100 กรัม มีไขมัน 3.23 กรัม และกรดโอเลอิก (Oleic acid) หรือ โอเมก้า-9 ร้อยละ 9.873 (Alkuraieef et al., 2021) มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น กรดลิโนเลนิก (α -linolenic acid; ALA) กรดโดโคซะเฮกซะ-อีโนอิก (Docosahexaenoic acid; DHA) และ กรดอีโคซะเพนตะอีโนอิก (Eicosapentaenoic acid; EPA) เท่ากับร้อยละ 0.2 1.4 และ 0.9 ตามลำดับ ประโยชน์ของกรดไขมันชนิด DHA มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาสมอง ช่วยเสริมสร้าง และป้องกันการเสื่อมของสมอง การเรียนรู้ ความจำ ตลอดจนระบบการมองเห็นให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ น้ำมันปลาที่มีกรดโอเมก้า-3 จึงมีความจำเป็นต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด ส่วนกรดไขมันชนิด EPA ช่วยลดระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือด ป้องกันไขมันอุดตันในเส้นเลือด ป้องกันการเกาะตัวของเกล็ดเลือด ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงของโรคหลอดเลือดหัวใจ และหลอดเลือดสมองอุดตัน กรดไขมันทั้ง 2 ชนิดนี้มักพบในปลาทะเล เช่น ปลาแซลมอน ปลาทูน่า ปลาซาร์ดีน ปลาแมคเคอเรล เป็นต้น (DeFilippis et al., 2010)

อาหารไทยบางรายการมีปริมาณคอเลสเตอรอลสูง จากการศึกษาของเกรียงไกร วาสนจิตต์ และเอกราช เกตุวัลท์ (2557) ได้รายงานปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหารไทย เช่น ผัดไทยกุ้งสด ทอดมันปลากราย และแกงมัสมั่นไก่เท่ากับ 116.8 68.3 และ 14.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ การลดความเสี่ยงจากโรคหัวใจและหลอดเลือด ผู้บริโภคควรเลือกบริโภคอาหารให้เหมาะสม และหลากหลายชนิดในปริมาณที่เหมาะสมกับวัย ในแต่ละวันควรควบคุมปริมาณคอเลสเตอรอลให้ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมตามข้อกำหนดของ Thai RDI การบริโภคถั่วเมล็ดแห้งต่าง ๆ เช่น วอลนัท เมล็ดเจีย ถั่วต่าง ๆ ที่อุดมไปด้วยกรดไขมันโอเมก้า-3 เท่ากับ 6.7 3.9 และ 0.6-1.6 กรัมต่อ 100 กรัมดิบ ตามลำดับ จะช่วยลดระดับไตรกลีเซอไรด์ ความดันโลหิตสูง และการอุดตันในเส้นเลือดได้ (Simopoulos, 2002)

การบริโภคอาหารไทยที่มีส่วนผสมของกะทิ สามารถจัดรับประทานคู่กับข้าวที่ไม่ขัดสี เช่น ข้าวกล้อง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวหอมนิล ข้าวมันปู เป็นต้น เพราะข้าวไม่ขัดสีจะอุดมไปด้วยใยอาหาร วิตามินและแร่ธาตุ โดยเฉพาะวิตามินบี 1 ที่ช่วยป้องกันการเกิดโรคเหน็บชาได้ นอกจากนี้ยังมี วิตามินอี ธาตุเหล็ก แมกนีเซียม ซีลีเนียม และฟอสฟอรัสสูง (สฤติพงษ์ มั่นหล้า, 2565) ตามที่ปิยดา ยศสุนทร และคณะ (2566) ได้ศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกรวมในข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวเหนียวดำและข้าวหอมนิล พบว่าข้าวทั้ง 3 ชนิดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.1147 0.1026 และ 0.1154 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สารประกอบฟีนอลิกรวมมีค่าเท่ากับร้อยละ 8.07 10.32 และ 6.56 โดยน้ำหนัก

ขนมไทยสามารถรับประทานระหว่างวันได้ หากต้องการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการสามารถลดประมาณการเติมน้ำตาลหรือน้ำเชื่อมลงร้อยละ 10-25 และเปลี่ยนกะทิเป็นกะทิทางเลือก หรือกะทิธัญพืชจะช่วยลดพลังงานจากไขมัน และน้ำตาลลงได้ ในการประกอบขนมไทยนิยมใส่ส่วนผสมของน้ำคั้นใบเตยเข้มข้นหรือใช้ใบเตยช้ำกับส่วนผสม เช่น ขนมบัวลอย กล้วยไข่เชื่อม หน้าสังขยา เป็นต้น ใบเตยสามารถช่วยเพิ่มสมบัติเชิงหน้าที่ (Functional properties) และสารต้านอนุมูลอิสระได้ จากการศึกษาของ รัตนา เฟื่องเพระ และคณะ (2562) ได้รายงานสารสกัดจากใบเตยมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 8.45 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทั้งนี้สามารถเลือกรับประทานผลไม้รสหวานดัชนีน้ำตาลต่ำ (Low glycemic index) เช่น ฝรั่ง ชมพู แก้วมังกร กล้วยน้ำว้า แอปเปิ้ลเขียว และมะม่วงดิบ ทดแทนขนมไทยได้

5. ผลสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคสำหรับอาหารไทย

จากการสำรวจผู้บริโภคสำหรับอาหารไทยที่จัดทำขึ้นทั้ง 4 สำหรับ ได้ผลการสำรวจดังตารางที่ 5 พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ระหว่าง 4.16-4.41 จัดอยู่ในช่วงการยอมรับระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก จากช่วงคะแนนความชอบทำให้ทราบว่าผู้บริโภคในความสำเร็จในเรื่องความหลากหลายของประเภทอาหารไทย คือ การจัดสำหรับอาหารไทยจะต้องมีความหลากหลายของประเภทอาหาร เช่น ต้ม แกง ผัด ทอด จึงทำให้ผู้บริโภคเพลิดเพลินในการรับประทานอาหารนั้น ๆ คะแนนการยอมรับด้านความหลากหลายของประเภทอาหารไทยของทุกๆ สำหรับอาหารไทยทั้ง 4 ชุดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด นอกจากนี้ด้านเนื้อสัมผัส สี สัน และรสชาติอาหารไทยมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ด้านคุณค่าทางโภชนาการผู้บริโภคให้การยอมรับสำหรับที่ 1 เพราะมีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมและอาหารสามารถรับประทานได้ทั้งครอบครัว ผู้บริโภคให้ความสำคัญในเรื่องสัดส่วนของร้อยละพลังงานที่ได้จากสารอาหาร โดยมีการกระจายสัดส่วนคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมันอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (55-60:15-20:30-35) ดังนั้นสำหรับที่ 1 จึงมีคะแนนความชอบสูงสุด ($p < 0.05$)

ตารางที่ 6 ผลของการยอมรับต่อสำหรับอาหารไทยของผู้บริโภค

เกณฑ์การจัดสำหรับอาหารไทย	สำหรับอาหารไทย			
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4
ความหลากหลายของประเภทอาหารไทย ^{ns}	4.41 ± 0.68	4.39 ± 0.66	4.34 ± 0.66	4.35 ± 0.68
เนื้อสัมผัสของอาหารไทย ^{ns}	4.31 ± 0.75	4.33 ± 0.67	4.35 ± 0.67	4.22 ± 0.78
สี สันของอาหารไทย ^{ns}	4.39 ± 0.78	4.37 ± 0.67	4.33 ± 0.64	4.26 ± 0.81
รสชาติอาหารไทย ^{ns}	4.30 ± 0.69	4.27 ± 0.68	4.24 ± 0.65	4.28 ± 0.86
คุณค่าทางโภชนาการเหมาะสม	4.39 ± 0.77 ^a	4.18 ± 0.71 ^b	4.22 ± 0.73 ^b	4.16 ± 0.79 ^b

หมายเหตุ : ^{a-b} หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สรุป

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของตำรับอาหารไทยมาตรฐานวิทยาลัยดุสิตธานี สรุปได้ว่า ข้าวเหนียวมัน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) มีพลังงาน 1,667.64 กิโลแคลอรี คาร์โบไฮเดรต 142.71 กรัม โปรตีน 74.54 กรัม และไขมัน 88.73 กรัม หน่วย 100 กรัม เป็นรายการที่มีพลังงานสูงที่สุด รายการยำเนื้ออย่างมีพลังงาน 80.05 กิโลแคลอรี คาร์โบไฮเดรต 6.75 กรัม โปรตีน 11.74 กรัม และไขมัน 0.67 กรัม หน่วย 100 กรัม การจำแนกตำรับอาหารตามพลังงาน พบว่า อาหารพลังงานต่ำ (น้อยกว่า 250 กิโลแคลอรี) 3 อันดับแรก คือ ยำเนื้ออย่าง ต้มยำกุ้งน้ำใส และข้าพหริม อาหารพลังงานสูง (มากกว่า 500 กิโลแคลอรี) ได้แก่ น้ำพริกถนงเรือ และข้าวเหนียวมัน (หน้ากุ้ง ปลาแห้ง สังขยา) การจัดสำหรับอาหารไทยพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับสำหรับอาหารไทยชุดที่ 1 มากที่สุด ประกอบด้วยเมี่ยงปลาทุ ยำเนื้ออย่าง แกงเขียวหวานไก่ ทอดมันปลาทราย และข้าพหริม เนื่องจากการกระจายร้อยละของสารอาหารที่ใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐาน การเลือกรับประทานอาหารไทยเป็นชุดสำหรับ นอกจากจะได้รับประทานอาหารที่มีความหลากหลายแล้ว ยังทำให้ร่างกายได้รับคุณค่าทางโภชนาการ

ที่เป็นจำเป็นจากวัตถุดิบและส่วนผสมที่เป็นประโยชน์ด้วย เช่น ปลาทูและเนื้อสันในวัวเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพ มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย อีกทั้งยังมีผักและสมุนไพรต่าง ๆ ที่อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่ร่างกายควรได้รับ ดังนั้นการจัดทำอาหารไทยจึงควรคำนึงถึงปริมาณพลังงานและสารอาหารต่าง ๆ เพื่อให้ร่างกายได้คุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสม เพื่อโภชนาการที่ดีและสุขภาพแข็งแรง ห่างไกลต่อโรคร้าย โดยการบริโภคอาหารไทยถือว่าเป็นตัวเลือกด้านสุขภาพที่ดีทางเลือกหนึ่ง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำรายการอาหารไทยที่มีพลังงานสูงมาพัฒนาตำรับอาหารเพื่อสุขภาพ เช่น ลดพลังงานจากน้ำตาล ไขมัน และโซเดียม จากการเปลี่ยนประเภทของวัตถุดิบ และชนิดเครื่องปรุงรส
2. ควรจัดทำอาหารไทยร่วมกับอาหารนานาชาติ เพื่อปรับสำรับอาหารให้มีความหลากหลาย และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการจากวัตถุดิบเป็นการเพิ่มทางเลือกในการบริโภคและสอดคล้องกับวิถีชีวิตในปัจจุบัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนวิจัยภายในวิทยาลัยดุสิตธานี ประจำปีการศึกษา 1/2563

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2541). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ.2541 เรื่อง สารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป. นนทบุรี.
- กิ่งแก้ว พัทธกวี. (2556). อาหารประเภทสำหรับ. สืบค้นจาก http://krukaewthaicooking.blogspot.com/2013/06/blog-post_4989.html.
- เกรียงไกร วาสนจิตต์, และเอกราช เกตวัลท์. (2557). ปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารในประเทศไทย. วารสารพยาบาลโรคหัวใจและทรวงอก, 25(2), 105-119.
- ชานนท์ นัยจิตร, และอนุรักษ์ เชื้อมั่ง. (2559). การประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสารประกอบรวมฟีนอลและนิโคตินของสมุนไพรไทย 15 ชนิด. Thai Science and Technology Journal, 351-361.
- ปิยดา ยศสุนทร, กิตติศักดิ์ แสงศรีจันทร์, และศุภณู กองฟู. (2566). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวเหนียวดำ และข้าวหอมนิล. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, 2(1), 34-41.
- แพรวพรรณ สุริวงค์. (2560). โซเดียม ภัยร้ายที่ไม่ควรมองข้าม. สืบค้นจาก <https://www.thaihealth.or.th/Content/35967.html>
- รัตติยา เม่งกวง. (2556). ปัจจัยรายการอาหารคุณค่าทางโภชนาการคุณภาพการบริการและปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อพฤติกรรมบริโภคและความภักดีต่ออาหารปักษ์ใต้ในเขต อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. วารสารการบริการและการท่องเที่ยวไทย, 8(1), 2-7.
- รัตนา เพ็งเพระ, ภาวิณี ศิลาเกษ, สันธยา บุญรุ่ง, และปณัฏฐ์ กุศลกรรมภ. (2562). ผลของสารต้านอนุมูลอิสระและสารสกัดหยาบเนื้อมะพร้าวร่วมกับสมุนไพรพื้นบ้านต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคบางชนิด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 21(3), 208-224.

- วิทยาลัยดุสิตธานี. (2558). **ตำรับอาหารไทยมาตรฐานวิทยาลัยดุสิตธานี**. กรุงเทพฯ: แสงแดด.
- สฤติย์พงษ์ มั่นหล้า. (2565). **โภชนาการสำหรับการประกอบอาหาร**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สาธิต เมืองสมุทร, ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร, พรทิพย์ พสุกมลเศรษฐ์, อำพร แจ่มผล, ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์, ฤทัย เรืองธรรมสิงห์, อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ, และทิพากร ม่วงถึก. (2562). ผลของตำรับอาหารไทย มื้อกลางวันที่มีต่อภาวะโภชนาการของเด็กวัยเรียน : กรณีศึกษาโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาประถมศึกษานครนายก. **วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี**, 13(1), 284-301.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2554). **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม แห่งชาติ ฉบับที่ 10**. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานวัฒนธรรมแห่งชาติ. (2554). **ภูมิปัญญาอาหารไทย อาหารสุขภาพ**. สืบค้นจาก http://kuunebytpfoods.blogspot.com/2011/09/blog-post_15.html.
- สำนักโภชนาการ. (2563). **ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ. 2563**. กรุงเทพฯ: บจก. เอ.วี.โปรเกรสซีฟ
- สุนีย์ สหัสโพธิ์, และจักรกฤษณ์ ทองคำ. (2560). **โภชนาการพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัจฉรา ดลวิทยาคูณ. (2556). **พื้นฐานโภชนาการ**. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- Alkuraief, A. N., Alsuhaibani, A. M., Alshawi, A. H., Aljahani, A. H., Aljobair, M. O., & Albaridi, N. A. (2021). Proximate chemical composition and lipid profile of Indian mackerel fish. **Food science and technology**, 42, e67120.
- DeFilippis, A. P., Blaha, M. J., & Jacobson, T. A. (2010). Omega-3 fatty acids for cardiovascular disease prevention. **Current treatment options in cardiovascular medicine**, 12, 365-380.
- Institution of Nutrition, M. U. (2018). **Nutrients calculation software: INMUCAL-Nutrients V.4.0** (Version Database version NB.). Thailand.
- Kralik, G., Kralik, Z., Grčević, M., & Hanzek, D. (2018). Quality of chicken meat. In Yücel, B. & Taşkin, T. (Eds.), **Animal husbandry and nutrition**, (pp. 63-94). London, United Kingdom: IntechOpen.
- Mellema, M. (2003). Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. **Trends in food science & technology**, 14(9), 364-373.
- Puwastien, P., Judprasong, K., Kettwan, E., Vasanachitt, K., Nakngamanong, Y., & Bhattacharjee, L. (1999). Proximate composition of raw and cooked Thai freshwater and marine fish. **Journal of food composition and analysis**, 12(1), 9-16.
- Simopoulos, A. P. (2002). Omega-3 fatty acids in wild plants, nuts and seeds. **Asia pacific journal of clinical nutrition**, 11, S163-S173.

การศึกษาการพัฒนากระดาษจากข้าวและตะไคร้เหลือใช้ทางการเกษตรสู่การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ กรณีศึกษา: กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา จังหวัดเพชรบูรณ์

กฤษณา เกตุคำ^{1*} ขนิรัตน์ ผึ้งบรรหาร² นิรุต ชันทร³ การ์นต์ ผึ้งบรรหาร⁴ ธเนศ เรืองเดช⁵

Received : July 1, 2024

Revised : January 28, 2025

Accepted : March 30, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาการพัฒนาแผ่นกระดาษจากจากข้าวและตะไคร้เหลือใช้ทางการเกษตร 2) เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากจากข้าวและตะไคร้ 3) เพื่อพัฒนาออกแบบการทำกระดาษจากข้าวและตะไคร้ เป็นบรรจุภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยมีโจทย์จากชุมชนด้านการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ จากเดิมที่กลุ่มวิสาหกิจแปรรูปผลิตภัณฑ์ผักจากการนำผลผลิตที่ล้นตลาดมาจำหน่ายบรรจุลงถุงพลาสติก คณะผู้วิจัยสนใจนำเศษตะไคร้และข้าวจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนาที่เหลือทิ้งจำนวนมาก นำมาล้างทำความสะอาด ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ต่อปริมาตร ทำเยื่อและขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษใช้เยื่อ 700 กรัมต่อแผ่น ทั้งหมด 7 สูตร (3:0:0, 0:3:0, 0:0:3, 1.5:1.5:0, 1.5:0:1.5, 0:1.5:1.5 และ 1:1:1) ได้แก่ ส่วนของต้นข้าว ใบข้าว และใบตะไคร้ ตามลำดับ นำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษ พบว่าสูตรที่มีสัดส่วนของลำต้นข้าวและใบข้าว (1.5:1.5:0) ให้คุณสมบัติที่ดีที่สุด โดยมีน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษเท่ากับ 201.13 กรัมต่อตารางเมตร ความชื้น 6.93% การดูดซับน้ำ 304.64 กรัมต่อตารางเมตร และดัชนีความต้านทานแรงฉีกขาดสูงสุด 33.17 นิวตันเมตรต่อตารางเมตร จากคุณสมบัติที่ได้นี้จึงนำกระดาษมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ได้ 6 แบบ และผู้เชี่ยวชาญเลือกแบบที่ 2 เพราะสะดวกในการถือ สามารถเห็นตัวผลิตภัณฑ์ข้างในและผลิจจริง บรรจุภัณฑ์ที่สร้างจากกระดาษข้าวและตะไคร้มีความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างสูงสุดที่ค่าเฉลี่ย 4.70 ± 0.48

คำสำคัญ: กระดาษข้าวและตะไคร้ การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ บ้านน้ำคำพัฒนา
เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อีเมล: krisana.ket@pcru.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อีเมล: Chanirat.phu@pcru.ac.th

³ อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อีเมล: nirut.khan@pcru.ac.th

⁴ อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาการจัดการการเกษตรสมัยใหม่ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อีเมล: karun.phu@pcru.ac.th

⁵ อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อีเมล: panner1234@gmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: krisana.ket@pcru.ac.th

**AN EXPLORATORY STUDY ON THE DEVELOPMENT OF PAPER FROM AGRICULTURAL
BY-PRODUCTS OF GALANGAL AND LEMONGRASS FOR SUSTAINABLE PACKAGING:
A CASE STUDY OF BAN NAM KHAM PHATTHANA COMMUNITY ENTERPRISE,
PHETCHABUN PROVINCE**

Krisana Ketkham^{1*} Chanirat Phungbunhan² Nirut Khantaree³
Karun Phungbunhan⁴ Thanet Ruangdech⁵

Abstract

This research aimed to 1) study the development of paper sheets from agricultural waste of galangal and lemongrass, 2) investigate the physical properties of the paper made from galangal and lemongrass, and 3) develop and design paper-based packaging for the Ban Nam Kham Phatthana Community Enterprise Group in Phetchabun Province. The research addressed the community's need for packaging development, transitioning from using plastic bags for surplus vegetable products to more sustainable packaging solutions. Agricultural waste from galangal and lemongrass from the community enterprise was cleaned, boiled with 5% sodium hydroxide by weight to volume, pulped, and molded into sheets weighing 700 grams each. Seven paper formulations were prepared, including ratios of galangal stems, galangal leaves, and lemongrass leaves as follows: (3:0:0, 0:3:0, 0:0:3, 1.5:1.5:0, 1.5:0:1.5, 0:1.5:1.5, and 1:1:1). The physical properties of the paper were tested, and the formulation with galangal stem and galangal leaf in the ratio of 1.5:1.5:0 showed the best characteristics, with a standard paper weight of 201.13 g/m², moisture content of 6.93%, water absorption of 304.64 g/m², and the highest tear resistance index of 33.17 Nm²/g. Based on these properties, six types of packaging were designed, with experts selecting the second design as it was the most convenient to carry, allowed visibility of the product inside, and could be effectively produced. The galangal and lemongrass paper-based packaging received the highest satisfaction rating from the sample group, with an average score of 4.70±0.48.

Keywords: Galangal and lemongrass paper, Packaging development, Phetchabun Province, Ban Nam Kham Phatthana, Agricultural waste

¹ Lecturer of Home Economics, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, e-mail: krisana.ket@pcru.ac.th

² Lecturer of Home Economics, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, e-mail: Chanirat.phu@pcru.ac.th

³ Lecturer of Home Economics, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, e-mail: nirut.khan@pcru.ac.th

⁴ Lecturer of Modern agricultural management, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, e-mail: karun.phu@pcru.ac.th

⁵ Lecturer of Home Economics, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, e-mail: pannering1234@gmail.com

* Corresponding author, e-mail: krisana.ket@pcru.ac.th

บทนำ

จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ทางภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเชิงเขาและพื้นที่ราบ ซึ่งเหมาะแก่การทำการเกษตรเนื่องจากดินมีความอุดมสมบูรณ์ ส่งผลให้สามารถปลูกพืชหลากหลายชนิดได้ ทั้งพืชผัก พืชสวน พืชนา และพืชไร่ โดยมีจำนวนเกษตรกรในพื้นที่มากถึง 12,635 ราย มีพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 64,725 ไร่ และผลผลิตรวมต่อปีอยู่ที่ 188,865 ตัน (สำนักงานเกษตรเพชรบูรณ์, 2563) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการผลิตทางการเกษตรของจังหวัด กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนาเป็นกลุ่มเกษตรกรที่มีความโดดเด่นในจังหวัดเพชรบูรณ์ กลุ่มนี้เน้นการทำเกษตรอินทรีย์และเกษตรปลอดภัยเพื่อเป็นแหล่งอาหารที่ปลอดภัยสำหรับคนในพื้นที่และจัดจำหน่ายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการผลิตนั้น มักมีสิ่งๆที่เรียกว่า เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งเกิดจากการที่สินค้ามีขนาดหรือน้ำหนักไม่ตรงตามมาตรฐาน ทำให้สินค้าเหล่านั้นถูกจัดเกรดเป็นสินค้าตกเกรดและจำหน่ายได้ในราคาที่ต่ำ เกษตรกรในกลุ่มจึงพยายามนำสินค้าตกเกรดเหล่านั้นมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น เครื่องแกง พริกป่น และข้าวคั่ว เป็นต้น แต่ยังมีเศษวัสดุเหลือใช้บางส่วน เช่น ตะไคร้และข้าว ที่ยังคงถูกทิ้งเป็นขยะ

การนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ประโยชน์เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการลดของเสียและเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตร จากการศึกษาที่ผ่านมา พบการนำวัสดุเหลือใช้จากพืชตระกูลขิงข่ามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายรูปแบบ เช่น การศึกษาการผลิตกระดาษจากใบตะไคร้ผสมเส้นใยพอลิแลคติกแอซิด โดยใช้กระบวนการต้มใบตะไคร้กับสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นการใช้ประโยชน์จากส่วนที่เหลือทิ้งที่มีปริมาณ 1-1.5 เท่าของผลผลิต (ศุภเอก ประมูลมาก และคณะ, 2561) นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากเส้นใยข่าแดง โดยสกัดเส้นใยจากลำต้นด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต แล้วนำมาปั่นผสมกับเส้นใยฝ้ายเพื่อใช้เป็นเส้นด้ายพุ่งในการทอผ้าสำหรับผลิตภัณฑ์กระเป๋า (ธนาสินี อธิโชติภักดี และปิยะพร คามภิรภาพพันธ์, 2567) จากงานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากส่วนเหลือทิ้งของต้นข่าและตะไคร้ในการพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากมีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงของเส้นใยที่เหมาะสม (เสาวณีย์ อาริฉงเจริญ และนุชดาว เตชะสมุทร, 2554) อีกทั้งส่วนของลำต้น ใบ และกาบใบที่ถูกตัดทิ้งมีความยาวประมาณ 50-80 เซนติเมตร และมีปริมาณมากพอที่จะนำมาพัฒนาต่อยอดเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์แปรรูปของเกษตรกร

จากปัญหาข้างต้น งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาระดาษจากวัสดุเหลือใช้หลังการเก็บเกี่ยวเพื่อผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ โดยครอบคลุมตั้งแต่การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบคุณสมบัติด้านความแข็งแรง ไปจนถึงการจัดทำต้นแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับการจำหน่ายเชิงพาณิชย์ โดยมีเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อม เป็นการลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยวและการแปรรูป ส่งเสริมการใช้วัสดุธรรมชาติอย่างยั่งยืน ด้านเศรษฐกิจ ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตรและสร้างรายได้เพิ่มให้กับชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา ผ่านการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่มีเอกลักษณ์เฉพาะของชุมชน และด้านสังคม มีการถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีการผลิตบรรจุภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ให้แก่เกษตรกรกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งสอดคล้องกับการส่งเสริมเศรษฐกิจฐานรากด้วยกลไกประชารัฐในจังหวัดเพชรบูรณ์

โดยการพัฒนาจะเป็นต้นแบบให้เกษตรกรสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการพัฒนาแผ่นกระดาษจากข้าวและตะไคร้เหลือใช้ทางการเกษตร
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากข้าวและตะไคร้
3. เพื่อพัฒนาบรรจุภัณฑ์กระดาษจากข้าวและตะไคร้ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา จังหวัดเพชรบูรณ์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาบรรจุภัณฑ์กระดาษจากข้าวและตะไคร้เหลือใช้ทางการเกษตร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นงานวิจัยและพัฒนาดำเนินการตามวิธีการดังต่อไปนี้

1. การพัฒนาแผ่นกระดาษจากข้าวและตะไคร้เหลือใช้ทางการเกษตร

ต้นข้าวและต้นตะไคร้ที่ตัดทิ้งหลังการเก็บเกี่ยว เป็นวัตถุดิบที่ได้จากวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา ตำบลปากช่อง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) โดยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 การเตรียมต้นข้าว ใบข้าว และใบตะไคร้ที่เหลือใช้หลังการเก็บเกี่ยว โดยการเก็บเศษต้นข้าว ใบข้าว และใบตะไคร้ ในพื้นที่ของกลุ่มจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา ตำบลปากช่อง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ มาล้างทำความสะอาดโดยน้ำเปล่า 3 ครั้ง แล้วนำต้นข้าวสด มาแยกใบกับลำต้นออกจากกัน ตัดวัตถุดิบตามความยาวของใบและลำต้น ให้มีขนาดความยาวแต่ละชิ้นประมาณ 2 นิ้ว ส่วนใบตะไคร้ตัดขนาดตามยาวประมาณ 2 นิ้ว



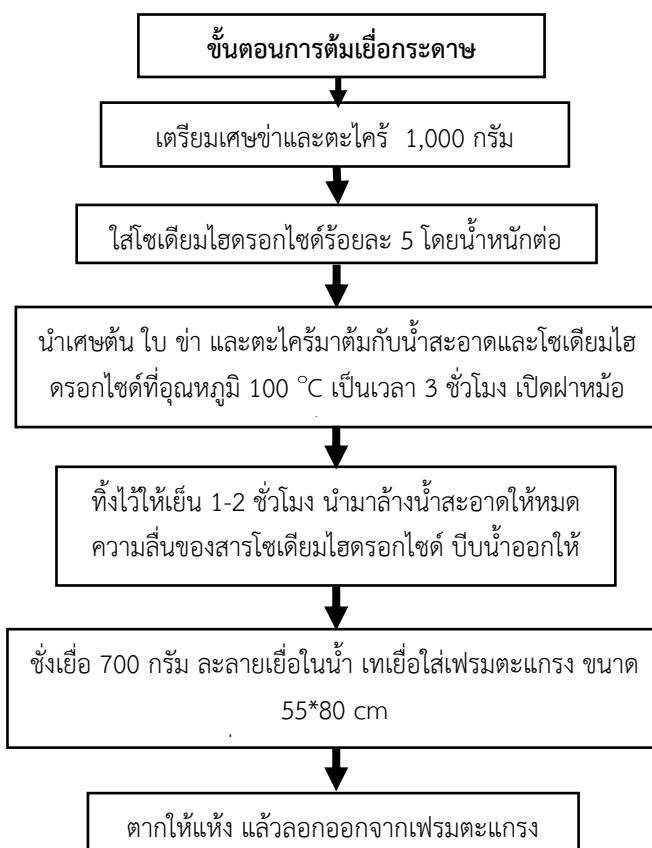
ภาพที่ 1 ตัวอย่างการเตรียมต้นข้าว ใบข้าว และใบตะไคร้

1.2 การต้มเยื่อ นำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้แก่ ต้นข้าว ใบข้าว และใบตะไคร้ โดยต้มทีละทีละส่วนที่เตรียมไว้ 1000 กรัม โดยทำให้เป็นเยื่อด้วยการต้มเยื่อโดยใส่โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ของน้ำหนักเยื่อ ต้ม 3 ชั่วโมง ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ตามวิธีการดัดแปลงมาจากของประกิต จันทรศรี (2551) แล้วล้างเยื่อ จนเหลือแต่เส้นใย นำเยื่อไปตีเป็นเวลา 45 นาที แล้วล้างเยื่อ จนเหลือแต่เส้นใย สังเกตได้จากการจับแล้วไม่ลื่นมือ

1.3 การขึ้นแผ่น นำเยื่อนำเยื่อที่ได้มาขึ้นรูปกระดาษทั้งหมด 7 สูตร (ต้นข้าว:ใบข้าว:ใบตะไคร้) การสุ่มแบบสุ่มตัวอย่างแบบสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ได้แก่ สูตรที่ 1 (3:0:0) สูตรที่ 2 (0:3:0) สูตรที่ 3 (0:0:3) สูตรที่ 4 (0:1.5:1.5) สูตรที่ 5 (1.5:1.5:0) สูตรที่ 6 (1.5:0:1.5) และสูตรที่ 7 (1:1:1) น้ำหนักเยื่อสด 700 กรัม ต่อ ตะแกรงตาก ใช้ตะแกรงไนลอน 16 mesh ขนาด 55*80 เซนติเมตร ตากแดด ตามวิธีการดัดแปลงมาจากของประกิต จันทรศรี (2551)

ตารางที่ 1 สูตรที่ใช้ในการทดลอง 7 สูตรวัสดุ

สูตร	เยื่อต้นข้าว	เยื่อใบข้าว	เยื่อใบตะไคร้
สูตรที่ 1 (3:0:0)	✓		
สูตรที่ 2 (0:3:0)		✓	
สูตรที่ 3 (0:0:3)			✓
สูตรที่ 4 (0:1.5:1.5)		✓	✓
สูตรที่ 5 (1.5:1.5:0)	✓	✓	
สูตรที่ 6 (1.5:0:1.5)	✓		✓
สูตรที่ 7 (1:1:1)	✓	✓	✓



ภาพที่ 2 แสดงวิธีการทำกระดาษจากข้าวและตะไคร้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากข้าวและตะไคร้

ศึกษาและทดสอบคุณสมบัติของกระดาษ ที่จะนำมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ต้นแบบ เพื่อให้เห็นถึงความแข็งแรง มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการเป็นบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ น้ำหนักมาตรฐาน ทดสอบปริมาณความชื้น ทดสอบความต้านทานการดูดซับน้ำแบบคอปป์ และทดสอบด้านแรงฉีกขาด นำไปวิเคราะห์ทางสถิติ รวมทั้งเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ISO 536

ทำการทดสอบโดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อนำผลมาวิเคราะห์ และสรุปผล กระดาษที่แข็งแรงมากที่สุดเหมาะสมที่จะนำมาบรรจุภัณฑ์สำหรับใส่ผลิตภัณฑ์แผ่นผักกรอบซึ่งเป็นสินค้าที่มีมูลค่าสูง

3. การพัฒนาออกแบบ การนำกระดาศจากข้าวและตะไคร้ เป็นบรรจุภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา จังหวัดเพชรบูรณ์

ผู้วิจัยได้นำกระดาศที่มีคุณสมบัติเชิงกลดีที่สุดมาใช้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ โดยมีการลงพื้นที่สำรวจความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา ตำบลปากช่อง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ถึงรายละเอียดของบรรจุภัณฑ์ นำมาใช้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) นำกระดาศที่มีคุณสมบัติเชิงกลดีที่สุดมาใช้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างบรรจุภัณฑ์ จากการระดมความคิดร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา ตำบลปากช่อง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ออกแบบบรรจุภัณฑ์ ได้ 6 รูปแบบ เขียนแบบร่าง 2 มิติ ทั้ง 6 รูปแบบ

2) สร้างแบบประเมินการออกแบบ เพื่อสร้างบรรจุภัณฑ์ต้นแบบ โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ จำนวน 3 ท่าน ภายใต้แนวคิดเพื่อส่งเสริมการขายใน ด้านโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ ด้านการปกป้องผลิตภัณฑ์ และด้านการส่งเสริมการขาย สรุปแบบที่เลือกมา 1 แบบ เพื่อทำบรรจุภัณฑ์จริง

3) สร้างแบบสำรวจความพึงพอใจต่อบรรจุภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา ตำบลปากช่อง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยมีจำนวนกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา จำนวน 60 คน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 53 กรณีมีจำนวนประชากรแน่นอนของ Yamane (1970) โดยใช้แบบสอบถามแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ (5 Rating scale) เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล โดยการแจกแจงความถี่แบบร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำข้อมูลมาวิเคราะห์ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ใช้เกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง	4.21 – 5.00	พึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยระหว่าง	3.41 – 4.20	พึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง	2.61 – 3.40	พึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง	1.81 – 2.60	พึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ยระหว่าง	1.00 – 1.80	พึงพอใจน้อยที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการพัฒนาแผ่นกระดาศจากข้าวและตะไคร้เหลือใช้ทางการเกษตร

จากการศึกษาอัตราส่วนผสมของต้นข้าว ใบข้าว และใบตะไคร้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หลังการเก็บเกี่ยวของเกษตรกร ในการทำแผ่นกระดาศ ทั้ง 7 สูตร ซึ่งประกอบด้วยอัตราส่วนของต้นข้าว ใบข้าว และใบตะไคร้แต่ละชนิด ลักษณะทางกายภาพของแผ่นกระดาศ และภาพประกอบ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของกระดาษแต่ละสูตร มีปริมาณเยื่อสด 700 กรัม

สูตรวัสดุและอัตราส่วน	กระดาษ	ลักษณะทั่วไป
สูตรที่ 1 (3:0:0)		ผิวหยาบมาก มีสีน้ำตาลเข้ม ฉีกขาดยาก
สูตรที่ 2 (0:3:0)		ผิวหยาบ มีสีน้ำตาลอ่อน อม เขียว ฉีกขาดง่าย
สูตรที่ 3 (0:0:3)		ผิวหยาบน้อย มีสีน้ำตาลอ่อน ฉีกขาดง่าย
สูตรที่ 4 (0:1.5:1.5)		ผิวหยาบน้อย มีสีน้ำตาลอ่อน ฉีกขาดง่าย
สูตรที่ 5 (1.5:1.5:0)		ผิวหยาบน้อย มีสีน้ำตาลปนแดง มีความเหนียว ฉีกขาดยาก
สูตรที่ 6 (1.5:0:1.5)		ผิวหยาบ มีสีน้ำตาลอ่อน อม เขียว ฉีกขาดยาก
สูตรที่ 7 (1:1:1)		ผิวหยาบน้อย มีสีน้ำตาลอ่อน มีความเหนียว ฉีกขาดยาก

จากตารางที่ 2 พบว่าการใช้วัสดุจากต้นข้าว ใบข้าว และใบตะไคร้ในการทำกระดาศนั้น ให้ผลลัพธ์ที่มีลักษณะผิวและความเหนียวแตกต่างกันไป โดยสูตรที่มีส่วนผสมของต้นข้าวและใบข้าวจะมีผิวหยาบและความเหนียวมากกว่าสูตรที่มีส่วนผสมของใบตะไคร้ และลักษณะผิวของกระดาศจะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของวัสดุที่ใช้

2. ผลของสมบัติทางกายภาพของกระดาศจากข้าวและตะไคร้

ผลวิเคราะห์ผลจากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของกระดาศจากข้าวและตะไคร้เหลือใช้ทางการเกษตร

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์ผลจากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของกระดาศ

รายการ	น้ำหนักมาตรฐาน (g/m ²)	สมบัติเชิงกล		
		ความชื้นกระดาศ (%)	ความต้านทานการดูดซับน้ำแบบคอบบ์ (%)	ดัชนีความต้านทานแรงฉีกขาด(kN/m ²)
สูตรที่ 1	207.87	7.06	211.58	27.02
สูตรที่ 2	212.16	7.81	314.33	16.47
สูตรที่ 3	246.06	7.85	376.02	12.04
สูตรที่ 4	217.45	6.95	321.98	18.78
สูตรที่ 5	201.13	6.93	304.64	33.17
สูตรที่ 6	224.30	7.94	352.97	21.60
สูตรที่ 7	232.88	7.45	346.35	20.65

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการทดสอบกระดาศค่าน้ำหนักมาตรฐานของบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยข้าวและตะไคร้ ตามมาตรฐาน ISO 536 ได้กำหนดน้ำหนักมาตรฐานของกระดาศบรรจุภัณฑ์ไว้ที่ 230 ± 5 g/m² ได้ทำการทดสอบน้ำหนักกระดาศบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากเส้นใยข้าวและตะไคร้ โดยผลการทดสอบ พบว่า มีความแตกต่างกันในแต่ละสูตร สำหรับสูตรที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ยของกระดาศอยู่ที่ 207.87 g/m² ส่วนสูตรที่ 2 มีน้ำหนักเฉลี่ย 212.16 g/m² ในขณะที่สูตรที่ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดถึง 246.06 g/m² สูตรที่ 4 มีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 217.45 g/m² สูตรที่ 5 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำสุดที่ 201.13 g/m² สูตรที่ 6 มีน้ำหนักเฉลี่ย 224.30 g/m² และสูตรที่ 7 มีน้ำหนักเฉลี่ย 232.88 g/m² จากผลการทดสอบดังกล่าว พบว่า สูตรที่ 7 ซึ่งมีส่วนผสมของใบข้าว ใบตะไคร้ และต้นข้าว เป็นสูตรเดียวที่มีน้ำหนักตามมาตรฐานที่กำหนด โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 232.88 g/m² นอกจากนี้ สูตรที่ 3 ซึ่งมีน้ำหนักสูงสุดที่ 246.06 g/m² มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานที่ต้องการความหนาแน่นสูง ส่วนสูตรที่ 5 ซึ่งมีน้ำหนักเบาที่สุดที่ 201.13 g/m² เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการกระดาศน้ำหนักเบา ผลการทดสอบเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของน้ำหนักกระดาศบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากเส้นใยข้าวและ

ตะไคร้ ซึ่งสามารถนำไปปรับใช้ในงานบรรจุภัณฑ์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยมีการเลือกใช้สูตรที่เหมาะสมตามลักษณะการใช้งานเฉพาะ

จากผลการทดสอบความชื้นของกระดาษทำบรรจุภัณฑ์จากเศษต้นข้าวและใยตะไคร้ที่เหลือใช้ทางการเกษตร โดยคำนวณหาค่าความชื้น(%) จากการวิเคราะห์ จากตัวอย่างกระดาษทั้ง 7 สูตร พบว่าปริมาณความชื้นของกระดาษสูตรที่ 1 มีความชื้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.06 % สูตรที่ 2 มีความชื้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.81 % สูตรที่ 3 มีความชื้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.85 % สูตรที่ 4 มีความชื้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.95 % สูตรที่ 5 มีความชื้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.93 % สูตรที่ 6 มีความชื้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.94 % และสูตรที่ 7 มีความชื้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.45 % ค่าความชื้นของกระดาษบรรจุภัณฑ์ทั้ง 7 สูตรอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตาม ISO 287 ซึ่งกำหนดให้ความชื้นของกระดาษไม่เกิน 10% โดยสูตรที่ 5 ซึ่งมีส่วนผสมของใบข้าวและต้นข้าว มีความชื้นเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ 6.93% ซึ่งแสดงให้เห็นถึงคุณภาพในการควบคุมความชื้นที่ดี มีเหมาะสำหรับการใช้งานในบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการความทนทานต่อความชื้น การใช้เส้นใยข้าวและตะไคร้มีความสามารถในการดูดซับและปล่อยความชื้นอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งช่วยให้กระดาษบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากวัสดุเหล่านี้มีคุณสมบัติที่ดีในการควบคุมความชื้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรพรรณ ตุ่มทองคำ และคณะ (2562) ที่ระบุว่าเส้นใยธรรมชาติ เช่น ทะลายปาล์ม น้ำมันและปอสา มีความสามารถในการดูดซับและปล่อยความชื้นอย่างมีประสิทธิภาพ แสดงให้เห็นว่าเส้นใยจากพืชชนิดต่าง ๆ มีศักยภาพในการใช้เป็นวัสดุในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากมีความสามารถในการดูดซับความชื้นและความแข็งแรงที่ดี

จากผลการทดสอบความต้านทานการดูดซับน้ำแบบคอบบ์ของกระดาษบรรจุภัณฑ์จากข้าวและตะไคร้ พบว่ามีค่าการซับน้ำค่อนข้างสูง เนื่องจากกระดาษมีองค์ประกอบหลักคือเส้นใยของข้าวและตะไคร้ ซึ่งเส้นใยธรรมชาติจะมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเซลลูโลสมีสมบัติเฉพาะคือชอบน้ำ จึงส่งผลให้กระดาษสามารถที่จะดูดซับความชื้นได้ง่าย การต้านทานน้ำของกระดาษจึงมีประสิทธิภาพต่ำ และจากการทดสอบการความต้านทานการดูดซับน้ำแบบคอบบ์ พบว่าค่าความต้านทานการดูดซับน้ำแบบคอบบ์สูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 211.58 % สูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 314.33 % สูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 376.02 % สูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 321.98 % สูตรที่ 5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 304.64 % สูตรที่ 6 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 352.97 % และ สูตรที่ 7 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 346.35 % สามารถสรุปได้ว่าสูตรที่ 3 มีความต้านทานการดูดซับน้ำสูงสุด 376.02% ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความทนทานต่อน้ำ

จากผลการทดสอบความต้านทานแรงฉีกขาด เป็นการทดสอบพื้นฐานที่สุดอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพของกระดาษ ถุงและกล่องกระดาษแข็งที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ ที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติของกระดาษต่าง ๆ ซึ่งผลทดสอบความต้านทานแรงฉีกขาดกระดาษที่ทำจากข้าวและตะไคร้ พบว่าค่าของความต้านทานแรงฉีกขาดของสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 27.02 kN/m² สูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 16.47 kN/m² สูตรที่ 3

มีค่าเฉลี่ย 12.04 kN/m^2 สูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 18.78 kN/m^2 สูตรที่ 5 มีค่าเฉลี่ย 33.17 kN/m^2 สูตรที่ 6 มีค่าเฉลี่ย 21.60 kN/m^2 และสูตรที่ 7 มีค่าเฉลี่ย 20.65 kN/m^2 แสดงถึงความแตกต่างในค่าความต้านทานแรงฉีกขาดระหว่างสูตรต่างๆ กระดาษสูตรที่มีสมบัติความต้านทานแรงฉีกขาดได้ดีที่สุด คือ สูตรที่ 5 ที่ทำจากใบชาและต้นชา เพราะค่าต้านทานแรงฉีกขาดที่มีค่ามากจะทนแรงฉีกขาดได้ดีกว่าสูตรอื่น ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khalil et al. (2012) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตจากเส้นใยพืชชนิดต่างๆ เช่น เส้นใยตะไคร้และเส้นใยสับปะรด ซึ่งพบว่าความแตกต่างของลักษณะเส้นใยทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยต่าง ๆ มีผลโดยตรงต่อความต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษ ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างในโครงสร้างและคุณสมบัติของเส้นใยทั้งสองชนิดนอกจากนี้ งานวิจัยของธนาสินีย์ จีระโชติภักดี และปิยะพร คามภิรภาพพันธ์ (2567) ยังแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการใช้เส้นใยจากลำต้นชาแดงในการผลิตสิ่งทอ โดยการสกัดเส้นใยด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตเพื่อผลิตเส้นด้ายที่สามารถนำไปทอเป็นผลิตภัณฑ์กระดาษ การใช้เส้นใยพืชในการผลิตกระดาษและสิ่งทอเป็นการนำวัสดุท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ ลดการพึ่งพาวัสดุที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากงานวิจัยเพื่อพัฒนากระดาษเป็นบรรจุภัณฑ์ ต้องการคุณสมบัติของกระดาษในเรื่องของความเหนียว ความแข็งแรงทนทานต่อการปกป้องสินค้า จึงเลือกใช้สูตรที่ 5 เน้นความทนทานต่อแรงฉีกขาดและความชื้นต่ำมาใช้ในการพัฒนาและออกแบบเป็นบรรจุภัณฑ์ต่อไป

3. ผลการพัฒนารูปแบบ การนำกระดาษจากชาและตะไคร้ เป็นบรรจุภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา จังหวัดเพชรบูรณ์

การออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้ใช้แนวทางในการออกแบบ มีหลักสำคัญอยู่ 3 ส่วนคือ 1) ใช้กรอบแนวคิดด้านปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบ (นวนน้อย บุญวงษ์, 2539) ปัจจัยภายนอก วัสดุและวิธีการผลิต ประโยชน์ใช้สอย และรูปทรง ปัจจัยภายนอก คือในการแข่งขันตลาด ความสามารถเข้าถึงได้กับระบบสากล การควบคุมด้านความปลอดภัย การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อม นำมาใช้เป็นกรอบคิดในการออกแบบ 2) คุณสมบัติทางด้านกายภาพและความแข็งแรงของกระดาษจากชาและตะไคร้ที่เหมาะสมกับการใช้งาน 3) จากการประชุมระดมความคิดของ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา ตำบลปากช่อง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ต้องการบรรจุภัณฑ์จากสีของธรรมชาติของวัสดุ เพื่อใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์ผักแผ่น แบบบรรจุ 3 ของ โดยเลือกกระบวนการขึ้นรูปโดยวิธีการพับและใส่ตราสัญลักษณ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ทำให้มีความแปลกใหม่ มีความน่าสนใจในตัวสินค้ามากขึ้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือเพิ่มรายได้ให้กับร้านค้าในชุมชนได้ จากนั้นผู้วิจัย ได้สร้างบรรจุภัณฑ์ Green bag สำหรับใส่ผลิตภัณฑ์ผักแผ่นอบกรอบและผลิตภัณฑ์อื่นของกลุ่ม จึงได้จัดทำแบบร่าง (Sketch) บรรจุภัณฑ์ 6 รูปแบบ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญเลือกเพียง 1 รูปแบบ เพื่อดำเนินการสร้างบรรจุภัณฑ์ต้นแบบต่อไป ดังนี้



ภาพที่ 3 ภาพร่างบรรจุภัณฑ์ ใส่ผลิตภัณฑ์แผ่นผักกรอบ 6 แบบ

ผลการคัดเลือกรูปแบบบรรจุภัณฑ์จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญพบว่า แบบร่างบรรจุภัณฑ์แบบที่ 2 ได้รับคะแนนความคิดเห็นสูงสุดที่ 4.52 รองลงมาคือ แบบร่างบรรจุภัณฑ์แบบที่ 6 ซึ่งได้คะแนน 4.33 และแบบร่างบรรจุภัณฑ์แบบที่ 3 ได้คะแนน 4.15 ในขณะที่แบบร่างบรรจุภัณฑ์แบบที่ 1 ได้คะแนน 3.48 และแบบร่างบรรจุภัณฑ์แบบที่ 5 ได้คะแนน 3.33 ตามลำดับ

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกแบบร่างบรรจุภัณฑ์แบบที่ 2 ซึ่งได้รับคะแนนความคิดเห็นสูงสุด มาใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากเป็นแบบที่ได้รับการยอมรับและมีความเป็นไปได้สูงที่สุดในการนำไปใช้ประโยชน์ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

ผลของบรรจุภัณฑ์ต้นแบบ



ภาพที่ 4 บรรจุภัณฑ์ต้นแบบ กระดาษจากต้นและใบข้าว กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา จังหวัดเพชรบูรณ์

ผลการศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา จังหวัดเพชรบูรณ์ ผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 53 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 83.02 อยู่ในช่วงอายุ 41-50 ปี และ 51 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 33.96 ประกอบอาชีพเกษตรกรมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 73.58 มีรายได้อยู่ในช่วง 5,001-15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 67.92 ระดับการศึกษาของกลุ่มตอบแบบสอบถามอยู่ในระดับต่ำกว่าปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 67.92

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ โดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา (n=53)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. โครงสร้างของบรรจุภัณฑ์	4.85	0.36	มากที่สุด
2. ความเหมาะสมในการใช้งาน	4.74	0.44	มากที่สุด
3. สามารถปกป้องรักษาสินค้าภายใน	4.45	0.69	มากที่สุด
4. สามารถตรวจพิจารณาสินค้าภายในบรรจุภัณฑ์	4.68	0.47	มากที่สุด
5. รูปแบบของบรรจุภัณฑ์สะดวกในการบริโภค	4.62	0.48	มากที่สุด
6. มีขนาดที่สามารถพกพาได้สะดวก	4.62	0.48	มากที่สุด
7. เปิดบริโภคและจัดเก็บส่วนที่เหลือได้สะดวก	4.57	0.50	มากที่สุด
8. มีความสะดวกในการขนส่ง	4.68	0.47	มากที่สุด
9. เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	4.91	0.29	มากที่สุด
10. ความพึงพอใจในภาพรวมของบรรจุภัณฑ์	4.91	0.29	มากที่สุด
รวม	4.70	0.48	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อบรรจุภัณฑ์ โครงสร้างของบรรจุภัณฑ์มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.85 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจในความทนทานและความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ ความเหมาะสมในการใช้งานมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.74 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถของบรรจุภัณฑ์ในการตอบสนองต่อการใช้งานในชีวิตประจำวันของผู้ใช้ได้อย่างดีเยี่ยม สามารถปกป้องรักษาสินค้าภายใน มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.45 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด แสดงว่าบรรจุภัณฑ์สามารถปกป้องสินค้าได้ดี ลดความเสี่ยงในการเกิดความเสียหาย สามารถตรวจพิจารณาสินค้าภายในบรรจุภัณฑ์ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.68 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุดบ่งบอกว่าผู้ใช้สามารถตรวจสอบสภาพของสินค้าได้ง่าย รูปแบบของบรรจุภัณฑ์สะดวกในการบริโภค มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.62 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด มีขนาดที่สามารถพกพาได้สะดวก มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.62 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุดสะท้อนถึงความสะดวกในการพกพาและจัดเก็บ เปิดบริโภคและจัดเก็บส่วนที่เหลือได้สะดวก มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.57 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุดแสดงว่าบรรจุภัณฑ์สามารถเปิดใช้งานได้ง่ายและสามารถจัดเก็บสินค้าเหลือได้ดี มีความสะดวกในการขนส่ง มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.68 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด บ่งบอกถึงความสะดวกสบายในการขนส่งบรรจุภัณฑ์ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.91 อยู่ในระดับความพึงพอใจ

มากที่สุดแสดงถึงความสำคัญของความยั่งยืนและความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ และความพึงพอใจในภาพรวมของบรรจุภัณฑ์ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.91 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งสรุปได้ว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจในบรรจุภัณฑ์ทั้งหมดเป็นอย่างมาก งานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Steenis et al. (2017) ที่ศึกษาความพึงพอใจและการรับรู้ของผู้บริโภคต่อบรรจุภัณฑ์ที่มีความยั่งยืน โดยพบว่า ผู้บริโภคมีความพึงพอใจบรรจุภัณฑ์มีความแข็งแรง ทนทาน สะดวกในการใช้งาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้ผู้บริโภคมีแนวโน้มที่จะเลือกซื้อผลิตภัณฑ์มากขึ้น และงานวิจัยของซูลี กอบวิทย์วงศ์ และสราวุธ อนันตชาติ (2566) ระบุว่าบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมสามารถสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับแบรนด์และเพิ่มความพึงพอใจของผู้บริโภคได้

สรุป

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์กระดาษจากข้าวและตะไคร้เหลือใช้ทางการเกษตร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา จังหวัดเพชรบูรณ์ การวิจัยเริ่มต้นด้วยการเก็บรวบรวมเศษต้นข้าวและตะไคร้จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา ทำเยื่อและขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษ ที่มีลักษณะผิวและความเหนียวแตกต่างกันไป สูตรที่มีสัดส่วนลำต้นข้าวและใบข้าวในอัตราส่วน 1.5:1.5:0 ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยมีน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษเท่ากับ 201.13 กรัมต่อตารางเมตร ความชื้น 6.93% การดูดซับน้ำ 304.64 กรัมต่อตารางเมตร และดัชนีความต้านทานแรงฉีกขาดสูงสุด 33.17 นิวตันเมตรต่อตารางเมตร จากคุณสมบัตินี้ นำกระดาษจากลำต้นข้าวและใบข้าวถูกนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างต้นแบบบรรจุภัณฑ์ ในรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งาน มีความแข็งแรง สวยงาม เป็น Green bag สำหรับใส่ผลิตภัณฑ์ผักแผ่นอบกรอบและผลิตภัณฑ์อื่นของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่เหมาะสม ผลการสำรวจความพึงพอใจของสมาชิกชุมชนพบว่ามีความพึงพอใจสูงสุด โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.70 นอกจากนี้ได้บรรจุภัณฑ์แล้วยังส่งผลดีต่อทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของชุมชนอีกด้วย ในด้านเศรษฐกิจ การนำเศษข้าวและตะไคร้มาใช้ประโยชน์ใหม่เป็นการสร้างรายได้เสริมให้กับเกษตรกรในชุมชนบ้านน้ำคำพัฒนา ซึ่งไม่ต้องพึ่งพาวัตถุดิบภายนอกสำหรับการผลิตบรรจุภัณฑ์ ยังช่วยลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มรายได้โดยตรงให้กับเกษตรกร

ด้านสังคม ช่วยเสริมสร้างองค์ความรู้และทักษะใหม่ ๆ ให้กับชุมชน ทำให้สมาชิกในกลุ่มวิสาหกิจมีโอกาสเรียนรู้เทคนิคและกระบวนการแปรรูปเศษวัสดุการเกษตรไปเป็นกระดาษและบรรจุภัณฑ์ สมาชิกในชุมชนได้มีส่วนร่วมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งช่วยสร้างความสามัคคีและสร้างงานในพื้นที่ ช่วยให้ชุมชนมีการรวมตัวกันอย่างเข้มแข็งมากขึ้นผ่านกระบวนการทำงานร่วมกัน ในด้านสิ่งแวดล้อม การนำเศษวัสดุจากข้าวและตะไคร้มาผลิตกระดาษแทนการทิ้งเป็นขยะช่วยลดปริมาณของเสียจากการเกษตร อีกทั้งยังช่วยลดการเผาทำลาย ลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การผลิตบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยธรรมชาติยังเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและย่อยสลายได้ ช่วยลดการใช้วัสดุสังเคราะห์และสร้างผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้จะมีการสำรวจการขยายกระบวนการผลิตในครั้งต่อไป ความทนทานของบรรจุภัณฑ์ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ และการผสมผสานเศษวัสดุทางการเกษตรอื่น ๆ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของกระดาษ ควรมีการสำรวจการยอมรับในตลาดและผลกระทบทางเศรษฐกิจของบรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืนนี้เพื่อให้เกิดการนำไปใช้ในวงกว้าง ข้อค้นพบหลักจากการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชุมชนเกษตรอื่น ๆ เพื่อส่งเสริมการปฏิบัติที่ยั่งยืนและเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กสว.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ชูลี กอบวอทยาวงศ์, และสราวุธ อนันตชาติ. (2566). ผลของสีบรรจุภัณฑ์และประเภทสินค้าต่อพฤติกรรมผู้บริโภค. *วารสารนิเทศศาสตร์*, 41(1), 1-22.
- ธนาสินี ธีรโชติภักดี, และปิยะพร คามภักภาพพันธ์. (2567). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากเส้นใยข้าวแดง เพื่อผลิตกระดาษและบรรจุภัณฑ์*. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 7, วันที่ 1 สิงหาคม 2567 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- นวลน้อย บุญวงษ์. (2539). *หลักการออกแบบ*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สุวิริยาสาสน.
- ประกิต จันทรศรี. (2551). *การผลิตกระดาษเชิงทดแทนจากวัสดุในท้องถิ่น*. กรุงเทพฯ: บรรณกิจ 1991.
- พรพรรณ ตุ่มทองคำ, ณิชกานต์ บัวแดงต้นสกุล, รุ่งสีมา ชลคุป, อำนาจ เจริญรัตน์, สิริยุพา เนตรมัย, และ วุฒินันท์ คงทัด. (2562). การพัฒนากระดาษจากเส้นใยทะเลลายปาล์มน้ำมัน เปลือกหุ้มผลปาล์มน้ำมัน และปอสา ด้วยการเคลือบไคโตซาน. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, 13(2), 38-49.
- ศุภเอก ประมูลมาก, อนินท์ มีมนต์, และอัศรัตน์ พลูกระจำง. (2561). การศึกษาสมบัติของกระดาษจากใบตะไคร้ผสมพอลิแลคติกแอซิด. *วารสารการอาชีวศึกษาภาคกลาง*, 2(2), 29-36.
- สำนักงานเกษตรเพชรบูรณ์. (2563). *สถานการณ์การผลิตพืช ปี 2563*. เพชรบูรณ์: สำนักงานเกษตรเพชรบูรณ์.
- เสาวณีย์ อารีจางเจริญ, และนุชดาว เตชะสมุทร. (2554). *การพัฒนาแปรรูปผลิตภัณฑ์จากเส้นใยตะไคร้*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- Khalil, H. P. S. Abdul, Bhat, A. H., & Yusra, A. I. Ahmed. (2012). Green composites from sustainable cellulose nanofibrils: A review. *Carbohydrate Polymers*, 87(2), 963–979.
- Steenis, N. D., van Herpen, E., van der Lans, I. A., Ligthart, T. N., & van Trijp, H. C. M. (2017). Consumer response to packaging design: The role of sustainability and product type. *Journal of Cleaner Production*, 162, 286–298.
- Yamane, T. (1970). *Statistic : an Introductory Analysis*. 2nd ed. New York: Harper & Row.

การพัฒนาแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย**สันทิพิชญ์ พิมูลชาติ^{1*}**

Received : June 1, 2024

Revised : February 1, 2025

Accepted : April 7, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 2) ประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน และ 3) ประเมินระดับความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แอปพลิเคชันระบบการบริหารจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้แพลตฟอร์มแอปซิด 2) แผนภูมิกระบวนการไหลในการวิเคราะห์กระบวนการและประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานก่อนและหลังปรับปรุง และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจคุณภาพการใช้งานแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น โดยนำไปให้กลุ่มเป้าหมายที่เลือกแบบเจาะจง ได้แก่ บุคลากรของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จำนวน 5 คน ใช้ในการประเมินความพึงพอใจ ซึ่งสถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า แอปพลิเคชันที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้ตามกระบวนการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ ในกลุ่มผู้ใช้งาน 3 กลุ่ม คือ เจ้าหน้าที่ แพทย์หรือพยาบาล และเภสัชกร โดยผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันสามารถลดเวลาในการทำงานได้ 7.50 นาที คิดเป็นประสิทธิภาพการทำงานที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 60.10 ลดการทำงานที่ซ้ำซ้อนได้ร้อยละ 14.29 และผลการประเมินระดับความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน อยู่ในระดับปานกลาง คือ มีค่าเฉลี่ย 3.40 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.60 ซึ่งผู้ใช้งานมีความพึงพอใจด้านความปลอดภัยของข้อมูลในระบบมากที่สุด ในการนำไปใช้งานระบบสามารถประยุกต์ใช้กับคลินิก โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล หรือร้านขายยาได้เพียงต้องปรับฟังก์ชันให้เหมาะสมกับแต่ละองค์กร

คำสำคัญ: ระบบการจัดการ เวชภัณฑ์และยา ศูนย์สุขภาพ แอปพลิเคชัน

¹ อาจารย์ประจำสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

อีเมล: sunphich.phu@cru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: sunphich.phu@cru.ac.th

APPLICATION DEVELOPMENT FOR MEDICAL SUPPLY SYSTEMS IN THE HEALTH CENTER
OF CHIANG RAI RAJABHAT UNIVERSITY

Sunphich Phimoolchat^{1*}

Abstract

This research aimed to 1) develop a medical supplies and pharmaceutical inventory management application for the Health Center at Chiang Rai Rajabhat University, 2) evaluate the application's operational efficiency, and 3) assess user satisfaction with its performance. The research instruments included: 1) a medical supplies and pharmaceutical management application developed using the AppSheet platform, 2) process flowcharts for analyzing and evaluating operational efficiency before and after implementation, and 3) a satisfaction survey questionnaire for the developed application. The questionnaire was administered to a purposively selected group of 5 healthcare personnel at the Health Center. Statistical analysis involved the use of percentage, mean, and standard deviation. The research findings demonstrated that three user groups of staff, physicians/ nurses, and pharmacists, could implement the designed and developed application in accordance with the medical supplies and pharmaceutical management processes. The efficiency evaluation showed that the application reduced working time by 7.50 minutes, representing a 60.10% increase in operational efficiency and a 14.29% reduction in work redundancy. The user satisfaction assessment indicated a moderate level of satisfaction with a mean of 3.40 and standard deviation of 0.60, with users being most satisfied with the system's data security. The system can be adapted for use in clinics, sub-district health-promoting hospitals, or pharmacies by adjusting functions to suit each organization's context.

Keywords: Management system, Medical supplies and pharmaceuticals, Health center, Application

¹ Lecturer of Occupational Health and Safety Program, Faculty of Public Health, Chiang Rai Rajabhat University, e-mail: sunphich.phi@crru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: sunphich.phi@crru.ac.th

บทนำ

การสร้างนวัตกรรมและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมีบทบาทสำคัญทั้งในการบริหารจัดการงาน เพื่อส่งเสริมให้เกิดความรวดเร็ว ทันสมัย และก่อให้เกิดความได้เปรียบในการใช้ชีวิตและการทำงาน องค์การอนามัยโลกมองว่าการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในระบบสุขภาพเป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์สำคัญที่จะช่วยยกระดับระบบสุขภาพทั่วโลก (World Health Organization, 2021) ซึ่งองค์การภาครัฐและเอกชน ตลอดจนหน่วยงานต่าง ๆ มองเห็นถึงความสำคัญและส่งเสริมการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาปรับใช้ในการบริหารจัดการงาน โดยกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดแผนปฏิบัติการด้านสุขภาพดิจิทัล พ.ศ. 2564-2568 ที่มุ่งเน้นการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการระบบยาและเวชภัณฑ์ (กระทรวงสาธารณสุข, 2564) เพื่อลดขั้นตอนการทำงาน เพิ่มความสะดวกรวดเร็ว ตลอดจนสร้างภาพลักษณ์และความทันสมัยให้องค์กร นอกจากนี้ การใช้อุปกรณ์พกพา เช่น สมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ตมีการขยายตัวมากขึ้น ส่งผลให้การใช้แอปพลิเคชันต่าง ๆ เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทำให้แต่ละภาคส่วนให้ความสำคัญกับการใช้แอปพลิเคชันเพื่อให้เกิดความสะดวกในการบริหารจัดการงานมากยิ่งขึ้น ซึ่งทางด้านการแพทย์และสาธารณสุขได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างหลากหลาย โดยมุ่งเน้นยกระดับประสิทธิภาพการให้บริการด้านสุขภาพให้มีความสะดวก รวดเร็ว และมีความถูกต้องของข้อมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายเป็นหน่วยงานหนึ่งที่มีการจัดตั้งศูนย์สุขภาพเพื่อให้บริการทางการแพทย์และสาธารณสุขแก่บุคลากร นักศึกษา และนักเรียน เพื่อให้สอดคล้องกับกฎกระทรวงว่าด้วยการจัดสวัสดิการในสถานประกอบกิจการ พ.ศ. 2548 ซึ่งออกตามพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541 ที่กำหนดให้ต้องจัดให้มีเวชภัณฑ์และยา หรือสิ่งจำเป็นในการปฐมพยาบาลและการรักษาพยาบาลไว้ในจำนวนที่เพียงพอต่อการใช้งาน (กระทรวงแรงงาน, 2548) ซึ่งในปี 2565 พบว่า มีผู้มารับบริการที่ศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายทั้งสิ้น 2,010 ราย โดยแบ่งเป็นบุคลากรร้อยละ 34.13 นักศึกษาร้อยละ 55.27 บุคคลภายนอกร้อยละ 6.67 และนักเรียนร้อยละ 3.93 (ศูนย์สุขภาพ, 2565) จากการตรวจสอบระบบการจัดการข้อมูล การเบิก-จ่ายเวชภัณฑ์และยา รวมถึงระบบบันทึกข้อมูลสุขภาพของผู้ใช้บริการ พบว่า ยังคงใช้ระบบเอกสารที่มีการจัดเก็บข้อมูลจำนวนมากและมีการเปลี่ยนแปลงบ่อย โดยยังไม่มีการนำระบบสารสนเทศมาใช้ในการบริหารจัดการ ส่งผลให้เกิดความซ้ำซ้อนในการทำงาน เจ้าหน้าที่ต้องใช้เวลามากขึ้นในการจัดการเอกสาร ข้อมูลอาจไม่เป็นปัจจุบัน มีความเสี่ยงต่อการสูญหาย และเป็นอุปสรรคต่อการดำเนินงานต่างๆ เช่น เมื่อมีการจัดซื้อเวชภัณฑ์ การควบคุมสต็อก และการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้บริการ

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เพื่อนำมาใช้งานและช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดการข้อมูลให้เป็นระบบดิจิทัล ซึ่งจะส่งเสริมและแก้ไขปัญหาให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งในด้านการสร้าง การบันทึก การปรับปรุงแก้ไข การรายงานข้อมูล และความสะดวกต่อการนำข้อมูลไปวิเคราะห์

อีกทั้ง การพัฒนาระบบดิจิทัลจะช่วยป้องกันการสูญหายของข้อมูล ประหยัดพื้นที่จัดเก็บ ง่ายต่อการเข้าถึงและสืบค้น ทำให้การติดตามผลการดำเนินงานมีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย

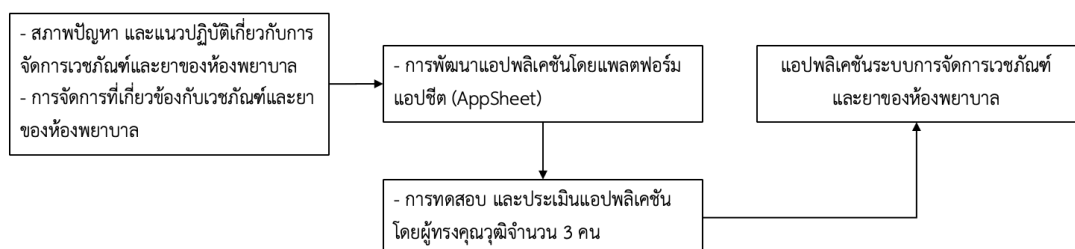
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงราย
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงราย
3. เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงราย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) โดยมีพื้นที่ในการศึกษา คือ ศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงราย กลุ่มเป้าหมายในการศึกษาวิจัย ได้แก่ บุคลากรประจำศูนย์บริการสุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงราย จำนวน 5 คน ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการวิจัยครั้งนี้เพราะศูนย์สุขภาพมีบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเวชภัณฑ์และยาทั้งหมด ดังนั้น จึงใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) และเก็บข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด อย่างไรก็ตาม เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูล ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการเก็บข้อมูลแบบผสมผสาน (Mixed methods) ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เช่น แบบประเมินความพึงพอใจ การสัมภาษณ์เชิงลึก การสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วม และการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานก่อนและหลังการใช้ระบบ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและสามารถนำไปพัฒนาระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผู้ทรงคุณวุฒิสำหรับประเมินการใช้งานแอปพลิเคชัน คุณภาพของเครื่องมือการวิจัย จำนวน 3 คน โดยมีวิธีดำเนินการดังต่อไปนี้

1. กรอบแนวคิดของการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

2. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 7 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

2.1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ และขอบเขตการพัฒนาแอปพลิเคชัน

2.2 การสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงาน บุคลากร เจ้าหน้าที่ และวิเคราะห์ข้อมูลเวชระเบียนย้อนหลัง เพื่อสำรวจประเด็นปัญหา และศึกษากระบวนการทำงาน

2.3 การพัฒนาแอปพลิเคชัน โดยการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบโครงสร้างฐานข้อมูล และส่วนต่าง ๆ ตามมาตรฐานด้วยแพลตฟอร์มแอปชีต (AppSheet)

2.4 การทดสอบ และประเมินแอปพลิเคชันตามแผนการทดสอบระบบ ทดสอบความถูกต้องประสิทธิภาพ และการรับภาระพร้อม ประเมินการใช้งานจริงโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

2.5 การนำแอปพลิเคชันไปใช้งานจริงในพื้นที่ศูนย์สุขภาพเป็นระยะเวลา 3 เดือน พร้อมเก็บข้อมูลการใช้งาน และศึกษากระบวนการไหลของกระบวนการเพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงาน

2.6 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานด้วยแบบสอบถามที่ครอบคลุมประเด็นสำคัญ 4 ด้าน คือ ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันของระบบ ด้านความง่ายต่อการใช้งานของระบบ และด้านความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันเพื่อสรุปผลการพัฒนาและวิจัย

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้มีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

3.1 แอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยการประยุกต์ใช้แพลตฟอร์มแอปชีตในการสร้างแอปพลิเคชัน (Koichi et al., 2021)

3.2 แผนภูมิกระบวนการไหล สำหรับใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการทำงาน และประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการเข้ารับบริการของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายก่อนและหลังปรับปรุง (ธีรภัทร สิ้นสันเทียะ และพูนธนะ ศรีสระคู, 2564)

3.3 แบบสอบถามความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชัน

3.3.1 แบบสอบถามความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชันระบบจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ประกอบด้วยเนื้อหา 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มประชากรที่ใช้ระบบ ได้แก่ เพศ อายุ วุฒิการศึกษา และประสบการณ์ในการทำงานที่ศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ตอบแบบประเมินภายหลังการใช้แอปพลิเคชันเกี่ยวกับประสิทธิภาพของการใช้งานทั้ง 4 ด้าน (ชัยวิชิต ไพรินทรภา, 2567) คือ ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ (Functional requirement) ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (Functional) ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability) ด้านความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ

(Security) โดยแต่ละข้อคำถามกำหนดค่าตามแบบมาตราประมาณค่า (Rating scale) เป็น 5 ระดับ ตามแนวทางการสร้างมาตราวัดเจตคติแบบลิเกิร์ต (Likert Type Scale) เพื่อให้ผู้ตอบได้พิจารณาและประเมินว่ามีทัศนคติต่อข้อคำถามนั้นอยู่ในระดับใด (รณกฤต ผลแน่น และมาลีรัตน์ ขจิตเนติธรรม, 2567) และส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้งานแอปพลิเคชัน โดยมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด

3.3.2 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content validity) ความครอบคลุม ความชัดเจน และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วคำนวณหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Item-Objective Congruence Index: IOC) โดยได้ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.64 ซึ่งในการพิจารณากำหนดเกณฑ์ไว้ว่า กรณีแบบสอบถามมีค่า $IOC > 0.50$ ขึ้นไป สามารถคัดเลือกข้อคำถามนั้นไว้ใช้ได้ กรณีค่า $IOC < 0.50$ ผู้วิจัยจะดำเนินการนำออกจากข้อคำถาม

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล หลักหลักสถิติเกี่ยวกับข้อมูลเพศอายุ ระดับวุฒิการศึกษา ประสิทธิภาพการทำงานภายในศูนย์สุขภาพ โดยใช้สถิติร้อยละ และแบบประเมินความพึงพอใจ 4 ด้าน โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

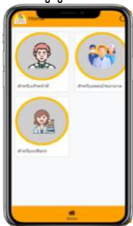
1. ผลการพัฒนาแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยดำเนินการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันระบบจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยใช้แพลตฟอร์มแอปชีต (AppSheet) ซึ่งสามารถสร้างแอปพลิเคชันได้โดยไม่ต้องเขียนโค้ด (Koichi et al., 2021) ขอบเขตการออกแบบจะครอบคลุมถึงสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ และพิจารณาถึงความจำเป็นของแอปพลิเคชันให้ครอบคลุมใน 4 ด้าน คือ ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ การทำงานได้ตามฟังก์ชันของระบบ ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ และความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ เพื่อให้แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพและสัมพันธ์กับกระบวนการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพที่มีอยู่เดิม แล้วดำเนินการออกแบบแนวทางการจัดการเพื่อแก้ปัญหา โดยมีแผนผังกระบวนการ รายละเอียดดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กระบวนการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

เมื่อพัฒนาแอปพลิเคชันเสร็จสิ้น กระบวนการใช้งานสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักตามกลุ่มผู้ใช้งาน คือ สำหรับเจ้าหน้าที่ สำหรับแพทย์หรือพยาบาล และสำหรับเภสัชกร โดยกำหนดให้แต่ละกลุ่มผู้ใช้งานต้องป้อนข้อมูลพาสเวิร์ด เพื่อขอเข้าถึงข้อมูลในการเข้าใช้งานระบบ โดยมีกระบวนการเข้าถึง และการใช้งานเมนูต่าง ๆ ของแอปพลิเคชัน รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กระบวนการเข้าถึง และการใช้งานเมนูต่าง ๆ ของแอปพลิเคชัน

เข้าสู่แอปพลิเคชัน	เมนูหลัก	ขอสิทธิ์การเข้าถึง	เข้าถึงเมนูการใช้งาน
หน้าเริ่มต้น เป็นการแสดง เมนูการต้อนรับเข้าสู่ แอปพลิเคชัน	หน้าที่ 2 เข้าสู่หน้าเมนู สำหรับการใช้งาน แยกตาม กลุ่มผู้ใช้งาน แบ่งได้เป็น 3 เมนูผู้ใช้งาน	หน้าที่ 3 กำหนดสิทธิ์การ เข้าถึงข้อมูล หรือเมนูการใ้ งาน (ต้องใส่รหัสผ่าน)	หน้าที่ 4 เข้าสู่เมนูการใช้งาน แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูล
			

2. ผลการทดสอบและประเมินแอปพลิเคชัน หลังจากการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบกระบวนการทำงานของแอปพลิเคชัน เพื่อประเมินความพร้อมในการใช้งานของระบบการทำงานที่เกี่ยวข้อง แล้วนำส่งแอปพลิเคชันไปทดสอบกระบวนการทำงาน และประเมินประสิทธิภาพการทำงานของแอปพลิเคชัน โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ซึ่งสรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ได้ดังต่อไปนี้

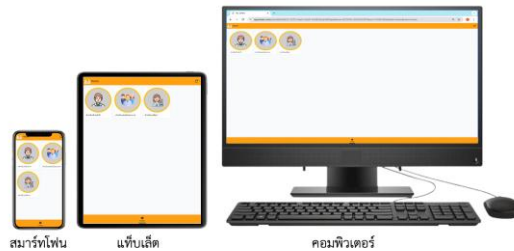
2.1 ควรเพิ่มการแทรกกรุ๊ปเวชภัณฑ์ยาเพื่อความถูกต้องเนื่องจากเวชภัณฑ์ยาอาจมีชื่อใกล้เคียงกัน หากมีการเนบรู๊ปจะทำให้ระบบมีความหนักแน่นขึ้น

2.2 ควรพิจารณาการเข้ารหัสผู้ใช้งานเพื่อความปลอดภัยของข้อมูลส่วนบุคคล

2.3 ควรปรับหัวข้อเมนูของแอปพลิเคชันให้มีความเหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน และสื่อความหมายได้ถูกต้อง

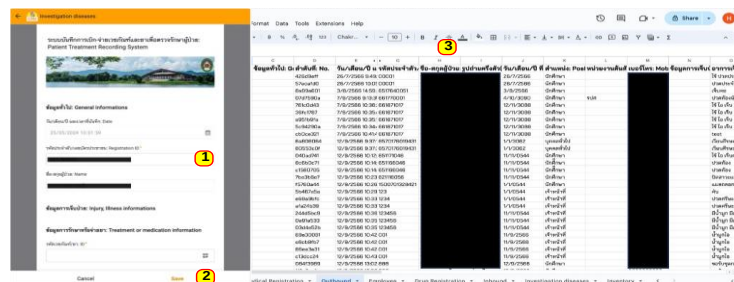
2.4 ควรเน้นความง่ายของการใช้แอปพลิเคชัน เช่น ขั้นตอนไม่ซับซ้อน รูปแบบสี ตัวอักษรเหมาะสม ภาษาง่ายต่อการใช้

จากนั้นผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะข้างต้นเพื่อให้มีความสมบูรณ์ และสามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ



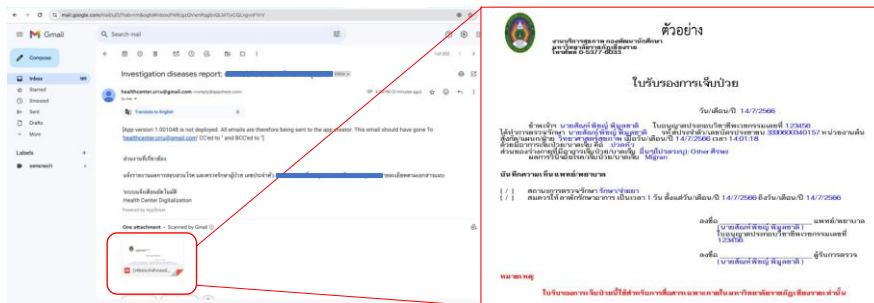
ภาพที่ 3 มุมมองแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาผ่านหน้าจออุปกรณ์สำหรับใช้งานแต่ละประเภท

ผลการนำแอปพลิเคชันไปใช้งานจริง ในการติดตั้งแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย สามารถติดตั้งใช้งานได้ทั้งในสมาร์ทโฟน (Smart phone) แท็บเล็ต (Tablet) หรือคอมพิวเตอร์ (Computer) ซึ่งอยู่ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน รายละเอียดดังภาพที่ 3 ซึ่งกระบวนการทำงานของแอปพลิเคชัน เมื่อเจ้าหน้าที่หรือแพทย์/พยาบาล เข้าสู่แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูลตามฟังก์ชันการใช้งานเพื่อทำการบันทึกข้อมูลตามหมายเลข 1 และเมื่อคลิกบันทึกตามหมายเลข 2 ข้อมูลจะถูกส่งไปจัดเก็บไว้ที่ระบบฐานข้อมูลที่กูเกิลชีต (Google sheet) ตามหมายเลข 3 รายละเอียดดังภาพที่ 4



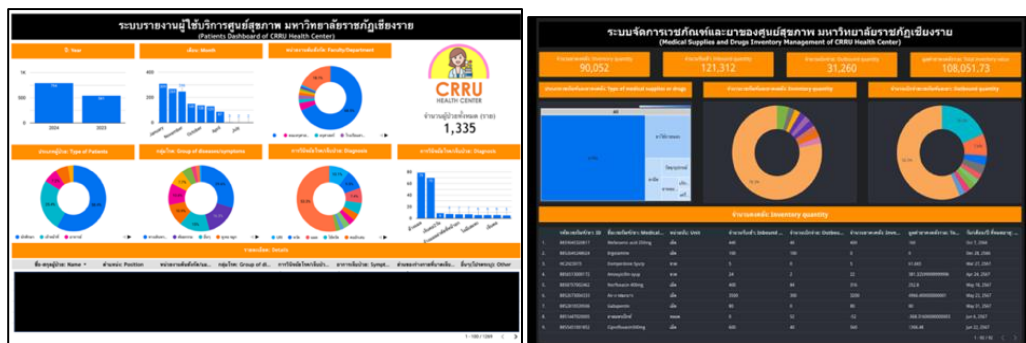
ภาพที่ 4 ตัวอย่างกระบวนการบันทึกข้อมูลการเบิก-จ่ายเวชภัณฑ์และยาผ่านแอปพลิเคชันระบบจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ

เมื่อดำเนินการกรอกข้อมูล แล้วกดบันทึกข้อมูลการตรวจสอบอาการเจ็บป่วย การวินิจฉัยอาการป่วย และบันทึกการเบิกจ่ายเวชภัณฑ์และยาเสร็จสิ้น แอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาจะสร้างรายงานเอกสารใบรับรองการเจ็บป่วย แล้วส่งรายงานให้เจ้าหน้าที่ทางอีเมลโดยอัตโนมัติ รายละเอียดดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างอีเมลอัตโนมัติ และเอกสารใบรับรองการเจ็บป่วยภายหลังแพทย์/พยาบาลลงข้อมูลการสอบสวนโรคเสร็จสิ้น

และข้อมูลของผู้มารับบริการจะถูกสรุป และแสดงผลของข้อมูลจำนวนผู้ป่วย/ผู้มารับบริการทั้งหมดผ่านแดชบอร์ด (Dashboard) แบบทันที เพื่อนำเสนอผลเข้ารับบริการ การตรวจสอบสถานะการเจ็บป่วย และกรณีที่มีการเบิก-จ่ายเวชภัณฑ์และยา ข้อมูลจะถูกรวบรวมและแสดงสถานะผ่านแดชบอร์ดระบบเวชภัณฑ์และยาคลังแบบทันทีเช่นเดียวกัน รายละเอียดดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ตัวอย่างแดชบอร์ดรายงานสรุปผู้ให้บริการศูนย์สุขภาพ และระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

จากภาพที่ 6 เป็นการนำเสนอข้อมูลผู้มาใช้บริการศูนย์สุขภาพ และข้อมูลการเบิกจ่ายเวชภัณฑ์และยาอย่างเป็นระบบและง่ายต่อการเข้าใจ ช่วยให้ผู้บริหาร หรือผู้ใช้งานสามารถติดตาม และวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าตรวจสอบภาพรวมของข้อมูลบนแดชบอร์ด (Dashboard) ผ่านแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพได้ และเมื่อมีการใช้งานแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายเป็นระยะเวลา 3 เดือน คือ ตั้งแต่เดือนตุลาคม ถึงเดือนธันวาคม 2566 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพการใช้งานของแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น โดยใช้วิธีการวิเคราะห์กระบวนการจากแผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการทำงาน รายละเอียดดังภาพที่ 7

แผนภูมิกระบวนการไหล							
☐ วิธีเดิม		☐ แบบคน		สรุป			
☒ วิธีที่นำเสนอ		☐ แบบวิธีการ			วิธีเดิม	วิธีที่เสนอ	ความแตกต่าง
ชื่อเรื่อง	กระบวนการเข้ารับการรักษาพยาบาลศูนย์สุขภาพผ่านแอปพลิเคชัน	การทำงาน	○	7.20	1.16	6.04	
แผนก	ศูนย์สุขภาพ	การขนส่ง	⇒				
ฝ่าย	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย	การตรวจสอบ	□	5.28	3.42	1.46	
เขียนโดย	สัณห์พิชญ์ ทุมิลชาติ	การรอคอย	D				
ตรวจโดย	สัณห์พิชญ์ ทุมิลชาติ	การเก็บรักษา	▽				
วันที่	27/12/2024	รวม		12.48	4.58	7.50	
ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาท)	สัญลักษณ์			คำอธิบายการทำงาน		
		○	⇒	□	D	▽	1. ผู้รับบริการเข้ามาติดต่อเจ้าหน้าที่จุดลงทะเบียน
5.00	1.07	○	⇒	□	D	▽	2. เจ้าหน้าที่ทำการสอบถามอาการเจ็บป่วย ตรวจคัดกรองผ่านระบบฯ
3.00	2.36	○	⇒	□	D	▽	3. เข้ารับการตรวจวินิจฉัยอาการเจ็บป่วยหรือตรวจโรคเบื้องต้น และทำแผล (กรณีมีบาดแผล)
7.00	1.15	○	⇒	□	D	▽	4. พยาบาล หรือแพทย์ทำการจ่ายยาเพื่อรักษาอาการเบื้องต้นผ่านระบบที่กำหนด
		○	⇒	□	D	▽	5. ผู้รับบริการเดินทางกลับ
	0.01	○	⇒	□	D	▽	6. จัดทำรายงาน สรุปข้อมูลผู้รับบริการศูนย์สุขภาพ

ภาพที่ 7 แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการเข้ารับการรักษาพยาบาลในศูนย์สุขภาพหลังการใช้งานแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

จากภาพที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหลของการทำงาน พบว่า ระยะเวลาการปฏิบัติงานเดิมของกระบวนการเข้ารับการรักษาพยาบาลของศูนย์สุขภาพที่เกี่ยวกับการทำงานใช้เวลาเท่ากับ 7.20 นาที และที่เกี่ยวกับกระบวนการตรวจสอบใช้เวลาเท่ากับ 5.28 นาที รวมเวลาของกระบวนการใช้เวลาทั้งสิ้น 12.48 นาที ซึ่งใช้เวลาค่อนข้างมากเนื่องจากต้องดำเนินการตามลำดับและต้องรอการตรวจสอบในแต่ละขั้น โดยเฉพาะขั้นตอนที่ 2-3 ที่ต้องใช้เวลาในการตรวจสอบมาก ภายหลังจากใช้งานแอปพลิเคชัน พบว่า ระยะเวลาการปฏิบัติงานใหม่ใช้เวลาเท่ากับ 1.16 นาที และกระบวนการตรวจสอบใช้เวลาเท่ากับ 3.42 นาที รวมเวลาทั้งสิ้น 4.58 นาที การลดลงของเวลานี้เกิดจากแอปพลิเคชันช่วยลดขั้นตอนการรอคอยและการตรวจสอบ โดยระบบสามารถตรวจสอบสิทธิ์และประวัติได้อัตโนมัติ รวมถึงมีการแสดงผลข้อมูลแบบ real-time ทำให้ลดความซ้ำซ้อนในการทำงาน เมื่อเปรียบเทียบเวลาของทั้ง 2 ช่วง พบว่า กระบวนการปฏิบัติงานใหม่สามารถลดเวลาในกระบวนการได้ 7.50 นาที เมื่อเทียบกับกระบวนการปฏิบัติงานเดิม รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปจำนวนขั้นตอน และระยะเวลาการปฏิบัติงานที่เปลี่ยนแปลงก่อนและหลังใช้งานแอปพลิเคชัน

กิจกรรม	วิธีเดิมเวลาที่ใช้ (นาที)	วิธีที่นำเสนอเวลาที่ใช้ (นาที)	ความแตกต่าง (นาที/ร้อยละ)
การทำงาน	7.20	1.16	6.04/83.89
การตรวจสอบ	5.28	3.42	1.46/27.65
รวม	12.48	4.58	7.50/60.10

จากตารางที่ 2 พบว่า ระยะเวลาในการปฏิบัติงานภายหลังเปลี่ยนแปลงระบบการทำงานจากแบบเดิมแล้วมาใช้แอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายแล้วสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ร้อยละ 60.10 และเมื่อเปรียบเทียบแผนภูมิกระบวนการไหลดังภาพที่ 7 พบว่ากระบวนการปฏิบัติงานเดิมมีขั้นตอนการทำงาน 7 ขั้นตอน แต่เมื่อใช้แอปพลิเคชันแทน สามารถลดขั้นตอนการทำงานลงเหลือ 6 ขั้นตอน โดยลดขั้นตอนที่ 3 ผู้รับบริการทำการบันทึกประวัติการเข้ามาใช้บริการลงแบบฟอร์มที่กำหนด ที่ซ้ำซ้อนกับขั้นตอนที่ 2 การลงทะเบียนผู้มารับบริการ ซึ่งสามารถคิดเป็นประสิทธิภาพการลดความซ้ำซ้อนได้ร้อยละ 14.29

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นข้อดีของการพัฒนาแอปพลิเคชันนี้ คือ 1) ลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อนโดยเฉพาะในส่วนของการตรวจสอบ 2) เพิ่มความแม่นยำในการบันทึกข้อมูลเนื่องจากการบันทึกข้อมูลโดยเจ้าหน้าที่รับผิดชอบไม่ใช่การลงข้อมูลโดยผู้รับบริการ และ 3) สามารถติดตามสถานะการทำงานได้ทันที ส่วนข้อเสีย คือ 1) ต้องพึ่งพาระบบอินเทอร์เน็ต 2) หากระบบขัดข้องจะไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ และ 3) ต้องมีการสำรองข้อมูลอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้ ในกระบวนการเรียนรู้แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยมีการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับผู้ใช้งานเพื่อลดความผิดพลาดจากการใช้งาน โดยแบ่งตามบทบาทหน้าที่ ทำให้บุคลากรเจ้าหน้าที่สามารถเริ่มใช้งานฟังก์ชันพื้นฐานได้ภายใน 1-2 ชั่วโมงแรก และใช้เวลาประมาณ 1-3 วันในการเรียนรู้ฟังก์ชันขั้นสูง เช่น การสร้างรายงาน การดึงข้อมูล และการตรวจสอบข้อมูลจากฐานข้อมูลในระบบที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้สามารถจัดการข้อมูลและนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ผลการประเมินความพึงพอใจ ภายหลังการออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพเสร็จสิ้น ผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content validity) ว่าครอบคลุมชัดเจนและมีความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วนำไปหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม และวัตถุประสงค์ (Item-Objective Congruence Index: IOC) ซึ่งในการพิจารณากำหนดเกณฑ์ไว้ว่า กรณีแบบสอบถามมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป สามารถคัดเลือกข้อคำถามนั้นไว้ใช้ได้ กรณีค่า IOC น้อยกว่า 0.50 ผู้วิจัยจะดำเนินการนำออกจากข้อคำถาม ซึ่งผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญจำนวน

3 ท่าน พบว่า ข้อคำถามทั้งหมด 43 หัวข้อ ได้ค่า IOC ที่ผลการประเมินน้อยกว่า 0.50 มีจำนวน 7 หัวข้อ ผู้วิจัยจึงดำเนินการนำออกจากข้อคำถามของแบบสอบถาม และผลการประเมินได้ค่า IOC มากกว่า 0.50 มีจำนวน 36 หัวข้อ ในหัวข้อประเมินคุณภาพการใช้งานแอปพลิเคชันทั้ง 4 ด้าน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) เท่ากับ 0.64 จากนั้นผู้วิจัยจึงนำหัวข้อคำถามนี้ไปใช้ในแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันส่งให้บุคลากรของศูนย์สุขภาพจำนวน 5 คน ทำการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการประเมิน รายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

หัวข้อการประเมินคุณภาพการใช้งาน แอปพลิเคชัน	ค่าเฉลี่ยระดับความ พึงพอใจ ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (SD)	ระดับ ความพึงพอใจ
ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ	3.20	0.68	ปานกลาง
ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันของระบบ	3.23	0.80	ปานกลาง
ด้านความง่ายต่อการใช้งานของระบบ	3.42	0.48	ปานกลาง
ด้านความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ	3.75	0.43	ดี
ค่าเฉลี่ย	3.40	0.60	ปานกลาง

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ในด้านต่าง ๆ ทั้ง 4 ด้าน พบว่า ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจอยู่ที่ 3.20 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.68 ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันของระบบ อยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจอยู่ที่ 3.23 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.80 ด้านความง่ายต่อการใช้งานของระบบ อยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจอยู่ที่ 3.42 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 ด้านความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ อยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจอยู่ที่ 3.75 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.43 และสามารถสรุปได้ว่าระดับความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจเท่ากับ 3.40 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.60

อภิปรายผล

ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์บริการสุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเด็น รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ด้านการพัฒนาแอปพลิเคชัน พบว่า แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้ครอบคลุมกระบวนการทำงานของศูนย์สุขภาพ โดยผู้วิจัยพัฒนาแอปพลิเคชันบนแพลตฟอร์มแอปชีต (AppSheet) และใช้กูเกิลชีต (Google sheet) เป็นฐานข้อมูล แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้และตอบสนองต่อกระบวนการทำงานของผู้ใช้งาน มีระบบลงทะเบียนเวชภัณฑ์และยาเพื่อจัดหมวดหมู่และตรวจสอบที่มาได้ มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของอัจฉริยา อภัยสูงเนิน (2561) ที่ศึกษาการจัดการด้านยาโดยมีการจำแนกกลุ่มยาเสี่ยงและยาเสื่อมสภาพ เนื่องจากการจัดหมวดหมู่เวชภัณฑ์และยาเป็นส่วนหนึ่งของการบริหารจัดการที่ดีสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถานศึกษาได้ การใช้ฐานข้อมูลอยู่ในระบบคลาวด์ มีความปลอดภัย สอดคล้องกับวารินทร์ วงษ์สุวรรณ (2564) และพิเชษฐ์ ชังเก (2564) เนื่องจากทั้งสองงานวิจัยมีการใช้ระบบคลาวด์เป็นฐานข้อมูลเช่นกัน ซึ่งมีข้อดีด้านความปลอดภัยและประหยัดพื้นที่จัดเก็บข้อมูล

2. ด้านประสิทธิภาพการใช้งาน พบว่า การใช้แพลตฟอร์มแอปชีต (AppSheet) พัฒนาแอปพลิเคชันมีความสอดคล้องกับดำรงค์ฤทธิ์ จันทรา (2563) ที่นำแพลตฟอร์มแอปชีตมาประยุกต์ใช้เนื่องจากเป็นเครื่องมือพัฒนาแอปพลิเคชันที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ โดยลดระยะเวลาและขั้นตอนการทำงานมีความสอดคล้องกับสมบูรณ์ สิงห์พรม (2563) ที่ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถลดภาระงานของบุคลากรได้ เนื่องจากทั้งสองงานมีจุดมุ่งหมายในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานด้วยการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ และสอดคล้องกับกฤต จันทรสมัย และคณะ (2566) ที่กล่าวว่ากรวางผังการทำงานอย่างมีระบบทำให้มีระยะทางเคลื่อนที่และใช้เวลาน้อยกว่า ส่วนในการดำเนินการครอบคลุม 4 มิติของการบริหารเวชภัณฑ์ตามแนวคิดของณัฐพงษ์ พัฒนพงศ์ (2558) นั้นมีความสำคัญและจำเป็นต่อการบริหารจัดการเวชภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

3. ด้านความพึงพอใจการใช้งาน พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานอยู่ในระดับปานกลางมีความสอดคล้องกับดำรงค์ฤทธิ์ จันทรา (2563) ที่ใช้ระบบเทคโนโลยีที่พัฒนาแล้วส่งผลกระทบต่อระดับความพึงพอใจการจัดการ เนื่องจากทั้งสองงานมีการพัฒนาระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานเช่นเดียวกันความคิดเห็นที่แตกต่างในด้านฟังก์ชันการทำงานมีความสอดคล้องกับงานของณัฐพงษ์ พัฒนพงศ์ (2558) ที่ให้ข้อเสนอแนะว่าควรพัฒนาระบบให้อยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน แสดงว่าแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นนี้ยังมีช่องว่างที่จะสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ ส่วนการไม่มีระบบการคืนยาแบบเติมเต็มตามจำนวนสำรองที่กำหนดมีความแตกต่างจากงานของนันท์นภัส พึ่งสุข และอัษฎาค์ พลนอก (2560) ที่ศึกษาการพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารคลังเวชภัณฑ์ ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดที่สามารถนำมาปรับปรุงได้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันในอนาคต และแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นนี้สอดคล้องกับอมิณา ฉายสุวรรณ และชุมพล จันทรฉลอง (2566) ที่ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างและความพึงพอใจของระบบทั้ง 4 ด้านอยู่ในระดับดี

สรุป

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันระบบการจัดการเวชภัณฑ์และยาสำหรับศูนย์บริการสุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ศึกษาประสิทธิภาพการใช้งาน และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังต่อไปนี้ คือ ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันบนแพลตฟอร์มแอปชีต (AppSheet) มีระบบแบ่งสำหรับผู้ใช้งาน 3 กลุ่ม ได้แก่ เจ้าหน้าที่ลงทะเบียน เจ้าหน้าที่พยาบาล/แพทย์ และเจ้าหน้าที่จัดการเวชภัณฑ์ โดยมีระบบรักษาความปลอดภัยด้วยการใช้พาสเวิร์ด สามารถรายงานผล และแจ้งเตือนได้ผ่านอีเมล พร้อมแนบเอกสารรายงาน และสามารถสรุปข้อมูลให้แสดงผลผ่านแดชบอร์ดได้ ผลการศึกษาศึกษาประสิทธิภาพการใช้งาน พบว่า การใช้งานสามารถลดระยะเวลาการทำงานได้ร้อยละ 60.10 และสามารถลดขั้นตอนการทำงานจาก 7 ขั้นตอนเหลือ 6 ขั้นตอน ทำให้ลดความซ้ำซ้อนของงานได้ร้อยละ 14.29 ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาระบบสุขภาพดิจิทัลของกระทรวงสาธารณสุขที่มุ่งเน้นการลดขั้นตอนและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน พบว่า อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจในการใช้งานเท่ากับ 3.40 โดยด้านความปลอดภัยข้อมูลมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 3.75 แต่งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดที่สำคัญคือ จำนวนผู้ใช้งานในการประเมินมีจำนวนน้อยเนื่องจากเป็นองค์กรขนาดเล็ก แพลตฟอร์ม AppSheet มีข้อจำกัดด้านการปรับแต่งส่วนติดต่อผู้ใช้งาน และยังไม่สามารถเชื่อมต่อกับระบบสารสนเทศสุขภาพอื่น ๆ ของมหาวิทยาลัยได้ ซึ่งในอนาคตสามารถพัฒนาให้มีการเชื่อมโยงข้อมูลกับระบบอื่น ๆ หรือเพิ่มฟังก์ชันการทำงานให้ครอบคลุมมากขึ้น และพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งานให้ใช้งานง่ายขึ้น

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาแอปพลิเคชันระบบจัดการเวชภัณฑ์และยาของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ตอบโจทย์การใช้งาน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และมีระบบรักษาความปลอดภัยข้อมูลที่ดี ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับองค์กรด้านสุขภาพอื่น ๆ ทั้งในระดับสถาบันการศึกษา หรือสถานพยาบาลขนาดเล็ก โดยในอนาคตระบบนี้มีศักยภาพที่จะพัฒนาต่อยอดเป็นแพลตฟอร์มการจัดการเวชภัณฑ์และยาแบบครบวงจรที่รองรับการเชื่อมต่อกับระบบสุขภาพดิจิทัลระดับชาติได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การวิจัยนี้ผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ของงานวิจัยเป็นอย่างยิ่งและเพื่อให้การปฏิบัติงานในครั้งต่อไปมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

1. แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นเพียงรูปแบบการพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับวิธีการหรือกระบวนการปฏิบัติงานเฉพาะพื้นที่เท่านั้น ไม่สามารถเอาไปใช้งานได้กับพื้นที่หรือบริบทอื่น ๆ โดยตรง แต่สามารถนำแนวทางการบริหารจัดการไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการหรือลักษณะการทำงานอื่น ๆ ที่คล้ายกัน

เช่น การนำไปใช้งานระบบงานคลินิก โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล หรือร้านขายยาโดยต้องปรับฟังก์ชันให้เหมาะสมกับแต่ละองค์กร

2. การใช้งานแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นการพัฒนาเพื่อใช้งานในรูปแบบฟรี ทำให้แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นไม่สามารถใช้งานในฟังก์ชันขั้นสูงของแพลตฟอร์มแอปชีต (AppSheet) ได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ จึงแนะนำให้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันโดยสมัครใช้ในรูปแบบที่เสียค่าบริการ ซึ่งจะทำให้แอปพลิเคชันสามารถใช้งานฟังก์ชันการทำงานที่เอื้อต่อการประกอบการขององค์กรมากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

แพลตฟอร์มแอปชีต (AppSheet) ที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการหรือลักษณะการทำงานอื่น ๆ ในองค์กรได้ เช่น การพัฒนาแอปพลิเคชันระบบจัดการครุภัณฑ์ การพัฒนาแอปพลิเคชันระบบการจัดการแจ้งซ่อม/สร้างในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบบันทึกการเข้า-ออกงานของพนักงาน ระบบรายงานอันตรายหรืออุบัติเหตุจากการทำงาน เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความอนุเคราะห์จากบุคลากรของศูนย์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงราย คณาจารย์สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย และคณาจารย์ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่ให้ข้อเสนอแนะ แนะนำแนวทาง มอบความรู้ และประสบการณ์ที่มีคุณค่าแก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการศึกษาวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงแรงงาน. (2548). กฎกระทรวงว่าด้วยการจัดสวัสดิการในสถานประกอบกิจการ พ.ศ. 2548.

สืบค้นจาก https://legal.labour.go.th/images/law/Protection2541/2541_17.pdf

กระทรวงสาธารณสุข. (2564). แผนปฏิบัติการด้านสุขภาพดิจิทัล กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2564-2568.

สืบค้นจาก https://ict.moph.go.th/upload_file/files/97c2287c8f04e13f81fec13e431e7a5e.pdf

กฤต จันทรสมัย, อรุมา ลาสุนนท์, และวิโรช ทัศนะ. (2566). การออกแบบและจัดผังโรงประลองทางวิศวกรรม ด้วยการวางผังอย่างมีระบบ และการวางผังตามกระบวนการผลิต. *Journal of Engineering and Digital Technology (JEDT)*, 11(1), 54-68.

ชัยวิชิต ไพรินทรภา. (2567). การพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเก็บเมล็ดกาแฟ. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 19(1), 93-107.

- ณัฏฐพงษ์ พัฒนพงศ์. (2558). การบริหารเวชภัณฑ์และปัจจัยที่มีต่อประสิทธิภาพการดำเนินการตามมาตรการพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารเวชภัณฑ์ในโรงพยาบาลจังหวัดพัทลุง. **วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและการสาธารณสุขภาคใต้**, 2(3), 1-20.
- ดำรงศฤทธิ์ จันทรา. (2563). S-A-M-NG-A-M: ระบบการบริหารจัดการคลังเวชภัณฑ์และระบบบัญชีที่กำกับดูแลด้วยเทคโนโลยีเครือข่าย. **วารสารสุขภาพและสิ่งแวดล้อมศึกษา**, 5(4), 163-171.
- ธีรภัทร สิ้นสันเทียะ, และพูนธนะ ศรีสระคู. (2564). การปรับปรุงผังกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปลายข้อเหวี่ยงของรถจักรยานยนต์ กรณีศึกษา: บริษัท รีวัลเทค ประเทศไทย. **วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี**, 2(3), 95-104.
- นันทน์ภัส พึ่งสุข, และอัสฎางค์ พลนอก. (2560). การพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารคลังเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล อำเภออุทัยจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. **วารสาร มฉก. วิชาการ**, 21(41), 109-122.
- พิเชษฐ์ ชังเก. (2564). รูปแบบการพัฒนาระบบการจัดการเวชภัณฑ์ของคลังยา โรงพยาบาลศูนย์นครปฐม. **วารสารสุขภาพและสิ่งแวดล้อมศึกษา**, 7(1), 57-63.
- รณกฤต ผลแม่นยำ, และมาลีรัตน์ ขจิตเนติธรรม. (2567). จากมาตรฐานค่าของลิเคิร์ทสู่การพัฒนามาตรประมาณค่าแนวใหม่. **วารสารการวัดประเมินผลสถิติและการวิจัยทางสังคมศาสตร์**, 5(1), 1-15.
- วารินทร์ วงษ์สุวรรณ. (2564). การพัฒนาฐานข้อมูลสุขภาพประชาชนในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในเขตเทศบาลเมืองลำพูน. **วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร**, 41(2), 68-78.
- ศูนย์สุขภาพ. (2565). **สรุปยอดผู้รับบริการตรวจรักษาพยาบาลประจำปี 2565**. เอกสารอัดสำเนา. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ราย.
- สมบูรณ์ สิงห์พรม. (2563). S-A-M-NG-A-M : ระบบการบริหารจัดการคลังเวชภัณฑ์และระบบบัญชีที่กำกับดูแลด้วยเทคโนโลยีเครือข่าย. **วารสารสุขภาพและสิ่งแวดล้อมศึกษา**, 5(4), 163-171.
- อมิณา ฉายสุวรรณ, และชุมพล จันท์ฉลอง. (2566). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันงานธุรการคำศัพท์คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 18(2), 29-44.
- อัจฉริยา อภัยสูงเนิน. (2561). **การจัดการด้านยาและยากลุ่มเสี่ยงในโรงพยาบาล: กรณีศึกษาในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาจังหวัดร้อยเอ็ด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Koichi, T., Suvrutt, G., & Tauya, M. (2021). **Democratizing Application Development with AppSheet**. United Kingdom: Packt Publishing.
- World Health Organization. (2021). **Global strategy on digital health 2020-2025**. สืบค้นจาก <https://www.who.int/docs/default-source/documents/gS4dhdaa2a9f352b0445bafbc79ca799dce4d.pdf>

การพัฒนาระบบตรวจจับและแสดงค่าสมรรถนะของแบตเตอรี่ของรถไฟฟ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ภูมินันท์ บัวงาม^{1*} ชวพงษ์ ขุนสูงเนิน²

Received : July 15, 2024

Revised : April 5, 2025

Accepted : April 27, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบการตรวจจับและแสดงค่าสมรรถนะของแบตเตอรี่ของรถไฟฟ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบตเตอรี่ในรถกอล์ฟ จากนั้นได้ทำการทดลองทั้งหมด 4 รูปแบบ ได้แก่ การทดลองที่น้ำหนัก 170 กิโลกรัม ที่ ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลต (UV Index) มากกว่า 8 และน้อยกว่า 8 และ 250 กิโลกรัม อัลตราไวโอเลต มากกว่า 8 และ น้อยกว่า 8 โดยทำการวิ่งให้แบตเตอรี่จาก 100 เปอร์เซ็นต์ จนเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่าที่ 170 กิโลกรัม อัลตราไวโอเลต มากกว่า 8 รถยนต์ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถวิ่งได้ระยะทางเฉลี่ย 5.2 กิโลเมตร จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณและทำแอปพลิเคชันให้ผู้ใช้งานสามารถวางแผนการเดินทางได้อย่างปลอดภัย

คำสำคัญ: ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลต แบตเตอรี่ รถยนต์พลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
อีเมล: phuminun@rtaf.mi.th

² อาจารย์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
อีเมล: chawaphong_k@rtaf.mi.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: phuminun@rtaf.mi.th

THE DEVELOPMENT OF A DETECTION AND PERFORMANCE DISPLAY SYSTEM FOR SOLAR-POWERED ELECTRICAL BATTERY

Phuminun Bua-ngam^{1*} Chawaphong Khunsoongnoen²

Abstract

The current research was aimed to develop a system of detecting and displaying the performance parameters of the battery used in a solar-powered electrical vehicles. A golf cart was used to install solar cells and battery signal detection devices. Four experimental conditions were tested, which included different weights of 170 kilograms and 250 kilograms, and UV Index values being greater than 8 and less than 8. To test the device, 100%-powered golf cart was driven until its power was 0%. The results showed that a weight of 170 kg with a UV Index greater than 8 enabled the solar-powered electrical vehicle to travel with an average distance of 5.2 kilometers. The collected data was then used to calculate and develop an application that allowed users to plan their trips safely.

Keywords: Ultraviolet index, Battery, Solar Electrical Vehicle

¹ Assistance Professor of Department of Computer, Academic Faculty Navaminda Kasatriyadhiraj
Royal Air Force, e-mail: phuminun@rtaf.mi.th

² Lecturer of Department of Computer, Academic Faculty Navaminda Kasatriyadhiraj
Royal Air Force, e-mail: chawaphong_k@rtaf.mi.th

* Corresponding author, e-mail: phuminun@rtaf.mi.th

บทนำ

ในปัจจุบันค่าพลังงานน้ำมันของรถยนต์แบบเครื่องยนต์สันดาปทั้งเครื่องยนต์เบนซิน และดีเซลมีการปรับตัวสูงขึ้นในแต่ละปีและมีแนวโน้มจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ให้ผู้ใช้งานรถยนต์เริ่มมีความสนใจในพลังงานทางเลือกมากขึ้น บริษัทผู้ผลิตรถยนต์ทั้งค่ายยุโรปและญี่ปุ่นจึงได้พัฒนารถยนต์แบบเครื่องยนต์ Hybrid และ Plug-in Hybrid ขึ้นมาเพื่อตอบสนองการใช้งานของผู้บริโภคด้วยอัตราการบริโภคน้ำมันค่อนข้างน้อยและประหยัดค่าใช้จ่ายให้ผู้บริโภค ปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตรถยนต์จากจีนได้ผลิตรถยนต์พลังงานไฟฟ้าแบบ 100 เปอร์เซ็นต์เป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคแต่เนื่องจากว่า ประเทศไทยที่ซาร์จยังมีปริมาณไม่เพียงพอต่อการใช้งานและยังต้องใช้เวลาในการขยายที่ซาร์จไปตามจังหวัดต่าง ๆ แต่ยังมีพลังงานทางเลือกจากโซล่าเซลล์ซึ่งใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้า (อรุณรักษ์ ตันพานิช และคณะ, 2567) สำหรับการขับเคลื่อนรถยนต์ที่เรียกว่า “รถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์” (ศิริชัย แดงแอม, 2554) โดยนำความรู้ต่อยอดมาพัฒนารถยนต์กอล์ฟขนาดเล็กที่มีในหน่วยทหารอยู่แล้ว โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ สำหรับใช้งาน ในโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทางและเดินทางในระยะสั้นโดยที่สามารถบรรทุกผู้โดยสารได้ 1 -2 คน จากการได้บททวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่การกักเก็บแบตเตอรี่ (รัฐพล โพธิ์ศรี และคณะ, 2567) การออกแบบรถ (นภัทร วัจนเทพินทร์ และคณะ, 2559) ทางทีมผู้วิจัยจึงพบว่ยังไม่มีแอปพลิเคชัน สำหรับแสดงสมรรถนะของแบตเตอรี่และคำนวณระยะทาง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่อาจจะส่งผลกระทบต่อการเดินทางของผู้ใช้งานจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาแอปพลิเคชัน เพื่อไว้ใช้ดูค่าพลังงานแบตเตอรี่และวางแผนการเดินทาง จึงได้ดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชันให้มีไว้ใช้งาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับและแสดงค่าสมรรถนะของแบตเตอรี่ของรถไฟฟ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบออนไลน์ และวางแผนการเดินทาง
2. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันแสดงค่าสมรรถนะของแบตเตอรี่รถพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลต (UV Index)

ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) (Fioletov & Fergusson, 2010) คือ ค่าความแรงของแดดเป็นการวัดปริมาณของความเข้มของรังสี UV ที่ฉายมายังพื้นผิวโลกโดยที่ค่า UV Index จะถูกแบ่งออกเป็น 5 ระดับดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงค่า UV index และระดับความเสี่ยง

ค่า UV Index	ระดับความเสี่ยง
มากกว่า 11	ความเสี่ยงสูงสุด
8-11	ความเสี่ยงสูงมาก
6-7	ความเสี่ยงสูงที่จะเป็นอันตรายต่อผิวหนัง
3-5	ความเสี่ยงปานกลาง
ต่ำกว่า 2	ความเสี่ยงต่ำ

เซลล์แสงอาทิตย์หรือโซลาเซลล์

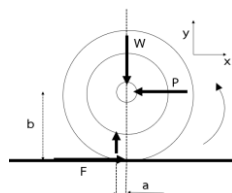
เซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Cell) หรือ โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) (มนตรี วงศ์ศิริวิทยา และคณะ, 2564) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งทำหน้าที่แปลงพลังงานแสง หรือโฟตอนเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง โดยปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก นั่นก็คือ คุณสมบัติของสาร เช่น ค่าความต้านทาน แรงดันและกระแสจะเปลี่ยนไปเมื่อมีแสงตกกระทบโดยไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอก และเมื่อต่อโหลดจะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านโหลดนั้นได้ คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์ (เอกพันธ์ ผัดศรี และคณะ, 2561) ที่มีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับ 3 ตัวแปร ได้แก่ ความเข้มของแสง อุณหภูมิ และทิศทางในการรับแสง

กำลังขับเคลื่อนของยานยนต์

การที่รถยนต์จะสามารถเคลื่อนที่ได้ จะต้องมีกำลังเท่ากับแรงต้าน (วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร, 2546) โดยหลัก 3 แรงต้าน ได้แก่ แรงต้านการหมุนของล้อ แรงต้านอากาศ แรงต้านความชันของถนน มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

แรงต้านการหมุนของล้อ

จากภาพที่ 1 P เป็นแรงที่ทำให้รถยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า W เป็นน้ำหนักของรถ และ F เป็นแรงต้านการหมุนของล้อโดยคำนวณได้จากสมการ



ภาพที่ 1 แรงต้านการหมุนของล้อ (ธีระยุทธ สุวรรณประทีป, 2555)

$$F_r = C_R Mg$$

C_R = สัดส่วนระหว่าง $\frac{a}{b}$ จากภาพที่ 1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุน (0.012 - 0.015 สำหรับถนนเรียบ)

M = มวลของรถ (kg)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (9.81 m/s²)

แรงต้านอากาศ

เป็นแรงต้านที่กระทำกระท่อตัวรถยนต์ทางพื้นที่หน้าตัดของยานยนต์โดยสามารถอธิบายได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$F_d = \frac{1}{2} \rho_a C_D A_v S_v^2$$

ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศ (1.2 kg/m³)

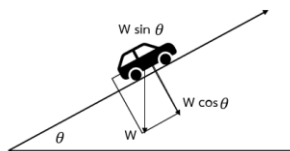
C_D = สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ (0.3 - 0.5 สำหรับรถยนต์ทั่วไป)

A_v = พื้นที่หน้าตัดของรถ (m²)

S_v = ความเร็วของรถ (m/s)

แรงต้านความชันของถนน

แรงต้านทางชันเกิดจากเวลาที่รถยนต์ขึ้นเนิน โดยขึ้นอยู่กับระยะทางชัน และน้ำหนักของรถยนต์ โดยจากภาพที่ 2 เมื่อรถยนต์ขึ้นเนินสามารถแตกแรงเป็น $W \sin \theta$ และ $W \cos \theta$ ดังนั้นแรงต้านความชันเป็นดังสมการ



ภาพที่ 2 แรงต้านความชันของถนน (ธีระยุทธ สุวรรณประทีป, 2555)

$$F_g = Mg \sin \theta$$

θ = มุมเอียงของถนน (degree)

ดังนั้นเมื่อรวมแรงต้านทั้งหมด P_r จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$P_r = (F_r + F_d + F_g) S_v$$

ซึ่งสามารถเขียนในรูปแบบดังต่อไปนี้

$$P_r = (C_R Mg + \frac{1}{2} \rho_a C_D A_v S_v^2 + Mg \sin \theta) S_v$$

มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้า (Robles et al., 2021) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ชนิดหนึ่งที่มีเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงการทำงานปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าส่วนใหญ่เกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กในตัวมอเตอร์ และสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสในขดลวดทำให้เกิดแรงดูดและแรงผลักของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ในการใช้งานตัวอย่างเช่น ในอุตสาหกรรมการขนส่งใช้มอเตอร์ดูดลาก เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว มอเตอร์ไฟฟ้ายังสามารถทำงานได้ถึงสองแบบ ได้แก่ การสร้างพลังงานกล และการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในขณะที่เบรกมอเตอร์ไฟฟ้าถูกนำไปใช้งานที่หลากหลายเช่น พัดลมอุตสาหกรรม เครื่องเป่า ปัม เครื่องมือเครื่องใช้ในครัวเรือน และดิสก์ไดรฟ์ มอเตอร์ไฟฟ้าสามารถขับเคลื่อนโดยแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงหรือ (DC) เช่น จากแบตเตอรี่ยานยนต์หรือวงจรเรียงกระแส หรือจากแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับหรือ (AC) เช่น จากการบ้านอินเวอร์เตอร์ หรือ เครื่องปั่นไฟ มอเตอร์ขนาดเล็กอาจจะพบในนาฬิกาไฟฟ้า

จากการดำเนินการวิจัยได้ทำการศึกษาเพื่อตรวจนับและแสดงค่าสมรรถนะของแบตเตอรี่ของรถไฟฟ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ การใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์ที่เก็บในแบตเตอรี่และได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์และหาวิธีวัดสมรรถนะโดยดำเนินการดังนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีเรื่อง “การพัฒนาโรงสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา” (สุนทร พรหมขุนทอง และคณะ, 2566) แล้วได้นำเอาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับรถยนต์ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ เพื่อที่จะประยุกต์กับงานวิจัยของคณะผู้วิจัย โดยใช้หลักการคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าจากสูตร

$$P = V I$$

P คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์

I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมป์

V คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์

2. ในส่วนของการพัฒนาระบบตรวจจับและแสดงค่าสมรรถนะของแบตเตอรี่ของรถไฟฟ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย อุปกรณ์ดังนี้

2.1 ฮาร์ดแวร์

- มอเตอร์กระแสตรง ขนาด 60 โวลต์ กระแส 5 แอมป์
- ชุดควบคุมมอเตอร์กระแสตรง
- เซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 24 โวลต์
- แบตเตอรี่ ขนาด 50 แอมป์
- อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบตเตอรี่
- ล้อรถ
- คอนโทรลเลอร์จอร์ ขนาด 5 แอมป์ 300 วัตต์
- คันเร่งบิด
- ชุดเบรก
- รถยนต์ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ชุดฮาร์ดแวร์ของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของภาควิชาคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 4 ภายในอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบตเตอรี่

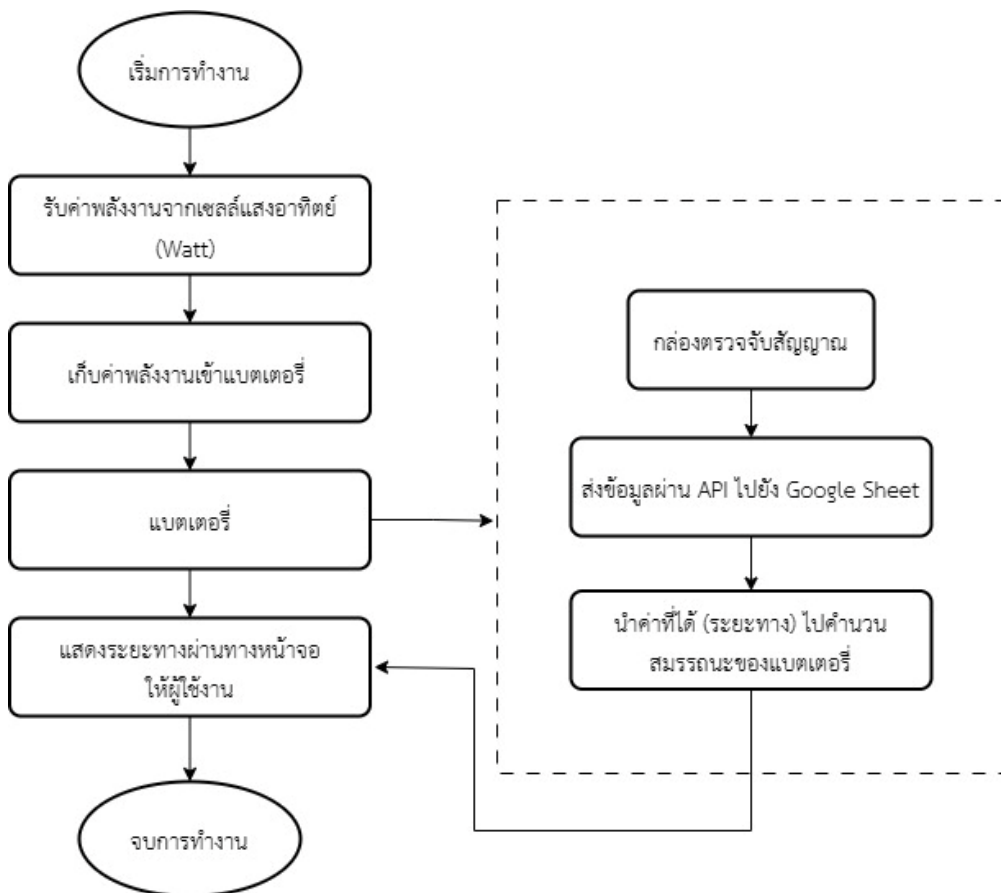
รายละเอียดภายในอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบตเตอรี่ประกอบด้วย

- pzem-017 ชุดวัดกระแสไฟฟ้าตรง DC Voltage Current Power 0-200A
- R shunt 100A 75 mV
- บอร์ดอา두โน้ ESP8266 Wi-Fi
- Pocket Wi-Fi 4g
- Sim อินเทอร์เน็ต ดังภาพที่ 4

2.2 ซอฟต์แวร์

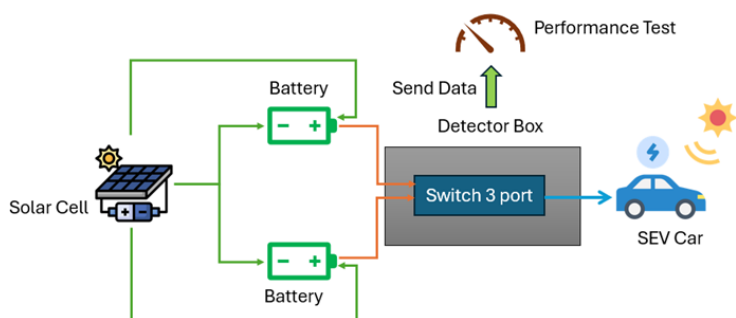
- โปรแกรม Visual Studio Code

3. ในส่วนของแอปพลิเคชันตรวจจับและแสดงค่าสมรรถนะของแบตเตอรี่มีขั้นตอนดังผังงานดังภาพที่ 5
ต่อไปนี้



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินงานของระบบ

จากขั้นตอนการดำเนินงานสามารถนำมาเขียนภาพรวมระบบได้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงภาพรวมของระบบตรวจจับและแสดงค่าสมรรถนะของแบตเตอรี่

แผงโซลาร์เซลล์ที่อยู่บนหลังคารถยนต์พลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ จะรับพลังงานแสงอาทิตย์พร้อมกับชาร์จเก็บไว้ในแบตเตอรี่ เมื่อพลังงานในแบตเตอรี่จ่ายไฟให้รถยนต์พลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ ใช้ในการขับเคลื่อน จะมีตัวจับสัญญาณแบตเตอรี่ มาอยู่ตรงกลางคอยเก็บข้อมูลระหว่างที่จ่ายไฟฟ้าซึ่งตรงส่วนนี้จะทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและนำข้อมูลเก็บไว้ใน Google Sheet ซึ่งเก็บอยู่ใน Google Drive จากนั้นข้อมูลที่อยู่ใน Google Sheet จะถูกส่งผ่าน API ของ Sheety และจะนำมาวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์และแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถใช้โทรศัพท์มือถือเข้าถึงได้

การติดตั้งตัวจับสัญญาณแบตเตอรี่

ทางทีมผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งตัวจับสัญญาณแบตเตอรี่ โดยติดตั้งไว้ในตัวรถกอล์ฟทางด้านท้าย จำเป็นต้องต่อเข้ากับแผงโซลาร์เซลล์ และแบตเตอรี่เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านกล่องรับและสามารถทำงานได้ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การติดตั้งตัวจับสัญญาณแบตเตอรี่เข้ากับรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ต่อมาได้ทำการทดลองการตรวจจับและแสดงค่าสมรรถนะของแบตเตอรี่โดยแสดงผลการทดลองทั้ง 4 แบบที่น้ำหนัก 170 kg. ,250 kg UV Index > 8 และ UV Index < 8 โดยจะวิ่งทดสอบจากแบตเตอรี่ 100% ไปถึงแบตเตอรี่ 0% จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าแต่ละรอบได้ค่าที่ไม่เท่ากันเนื่องจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น สภาพภูมิประเทศที่ทดสอบส่งผลกระทบต่อความเข้มของแสงที่รถยนต์ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับ และองศาการรับแสงของเซลล์ ทำให้ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดลองการตรวจจับและแสดงค่าสมรรถนะของแบตเตอรี่

การทดลองครั้งที่	ระยะทางที่วิ่งได้ กิโลเมตร (km)			
	น้ำหนัก 170 กิโลกรัม (kg)		น้ำหนัก 250 กิโลกรัม (kg)	
	UV Index > 8	UV Index < 8	UV Index > 8	UV Index < 8
1	5.21	4.83	4.75	4.41
2	5.19	4.75	4.69	4.43
3	5.24	4.87	4.71	4.39
4	5.23	4.81	4.70	4.45
5	5.20	4.79	4.68	4.40
6	5.18	4.91	4.74	4.42
7	5.15	4.85	4.72	4.37
8	5.22	4.87	4.67	4.42
9	5.20	4.83	4.71	4.41
10	5.19	4.89	4.73	4.38
ค่าเฉลี่ย	5.20	4.84	4.71	4.40

การคำนวณข้อมูลที่ได้รับกับระยะทางที่คาดว่าจะวิ่งได้

จากการทดลองดังตารางที่ 3 นำผลการทดลองมาค่าเฉลี่ยและทำการเทียบบัญญัติไตรยางค์เพื่อที่จะทราบระยะทางที่คาดว่าจะสามารถวิ่งไปได้และนำมาแสดงผลให้ผู้ใช้งานได้ดังสมการ

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N f_i x_i}{N}$$

μ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum_{i=1}^N f_i x_i$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

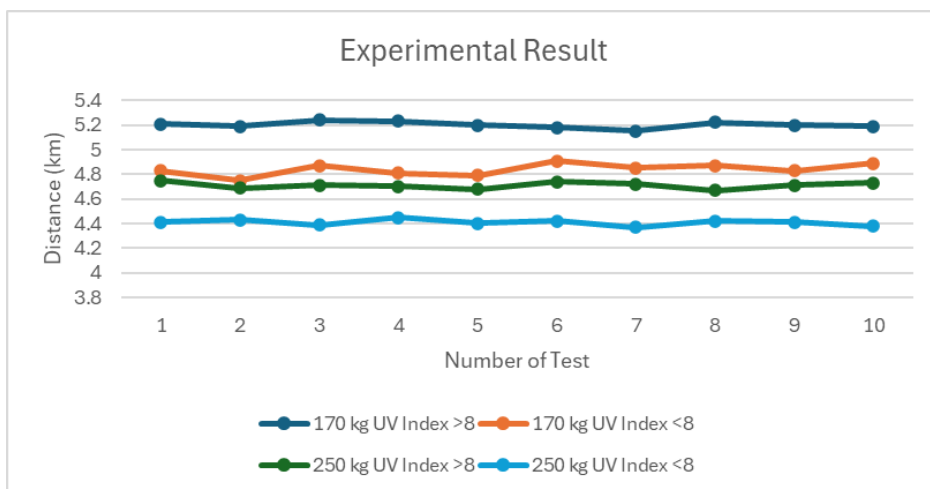
และจะสามารถนำการเทียบบัญญัติไตรยางค์เข้ามาเพื่อที่จะหาระยะทางที่คาดว่าจะวิ่งได้ จากจำนวนเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่ที่เหลือ เช่น

กรณีที่ 1 รถยนต์ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เหลือเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่ 50% รับน้ำหนักรวมน้อยกว่าหรือเท่ากับ 170 กิโลกรัม จะคำนวณได้ ดังนี้ จากค่าเฉลี่ยจากแบตเตอรี่ 100% ไป 0% วิ่งได้ระยะทาง 5.20 กิโลเมตร ดังนั้นหากแบตเตอรี่เหลือ 50% ไป 0% จะวิ่งได้ทั้งหมดประมาณ $5.20/2=2.60$ กิโลเมตร

กรณีที่ 2 รถยนต์ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เหลือเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่ 68% รับน้ำหนักรวมเกิน 180 กิโลกรัม แต่ไม่เกิน 250 กิโลกรัมจะสามารถวิ่งได้ จะคำนวณได้ ดังนี้ จากค่าเฉลี่ยจากแบตเตอรี่ 100% ไป 0% วิ่งได้ระยะทาง 4.71 กิโลเมตร ดังนั้นหากแบตเตอรี่เหลือ 68% ไป 0% จะวิ่งได้ทั้งหมดประมาณ $(68 \times 4.71)/100=3.22$ กิโลเมตร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

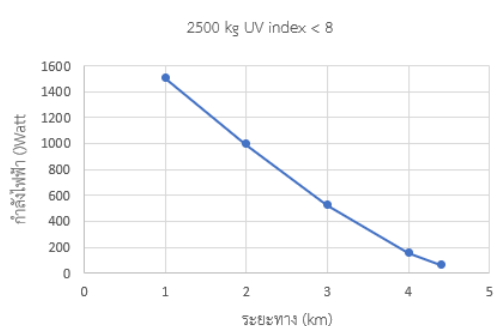
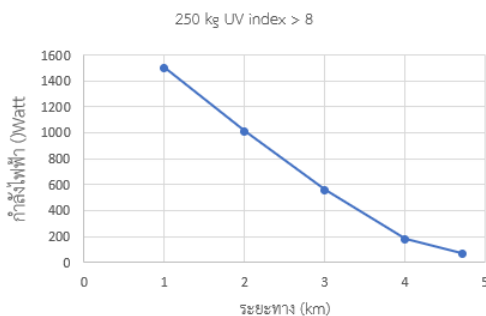
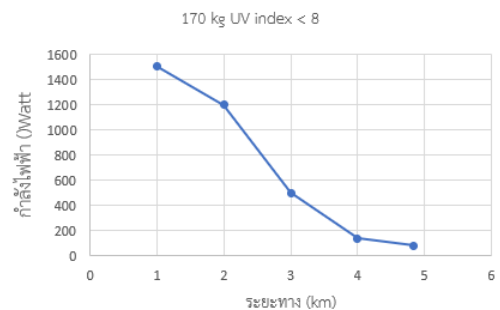
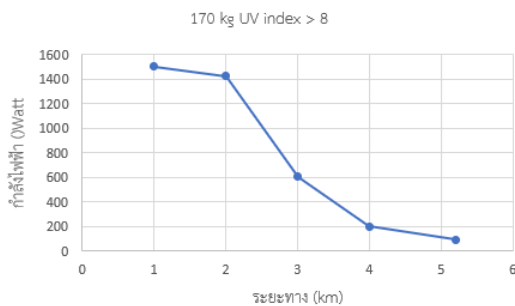
จากผลการทดลองตรวจจับและแสดงค่าสมรรถนะของแบตเตอรี่ได้นำมาแสดงผลในรูปแบบกราฟเส้นพบว่าหากบรรทุกน้ำหนัก 170 กิโลกรัม (นั่งคนเดียว) ในกรณีที่มีแสงแดดค่อนข้างแรง จะทำให้วิ่งได้ในระยะทางที่ไกลสุดโดยเฉลี่ยประมาณ 5.20 กิโลเมตร ถ้าหากบรรทุกน้ำหนัก 170 กิโลกรัม ในกรณีที่แสงแดดอ่อน จะวิ่งได้โดยเฉลี่ย 4.84 กิโลเมตร และถ้าบรรทุกน้ำหนัก 250 กิโลกรัม (นั่ง 2 คน) จะวิ่งได้ประมาณ 4.71 กิโลเมตร ในกรณีที่มีแสงแดดค่อนข้างแรง และ 4.40 กิโลเมตรในกรณีที่แสงแดดอ่อน ตามภาพที่ 8 ที่แสดงผลการทดลอง



ภาพที่ 8 แสดงผลการทดลองของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ตารางที่ 4 แสดงตารางการทดลองจากแบตเตอรี่ 100% จนเหลือ 0% และวัดกำลังไฟฟ้าจากตัวจับสัญญาณแบตเตอรี่

ระยะทาง (km)	170 กิโลกรัม (kg)		250 กิโลกรัม (kg)	
	กำลังไฟฟ้า (Watt)			
	Uv Index > 8	Uv Index < 8	Uv Index > 8	Uv Index < 8
1	1502.02	1502.02	1502.02	1502.02
2	1424.52	1200.45	1012.87	990.12
3	602.44	500.44	560.67	520.45
4	200.56	140.58	180.56	150.25
5	90.85(5.2 km)	80.75(4.84 km)	70.78(4.71 km)	60.89(4.4 km)



ภาพที่ 9 แสดงกำลังไฟฟ้าจากตัวตรวจจับสัญญาณแบตเตอรี่กับระยะทาง

จากตารางที่ 4 และภาพที่ 9 แสดงให้เห็นชัดเจนว่าประสิทธิภาพของแบตเตอรี่จะลดลงอย่างเรื่อย ๆ ตามผลการทดลองทั้ง 4 แบบ โดยคิดที่ 170 กิโลกรัม และ 250 กิโลกรัม

ทางที่ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่เก็บในตัวจับสัญญาณแบตเตอรี่ ส่งมาเว็บผ่าน API มาয়แอปพลิเคชัน ซึ่งสามารถเข้าดูได้ผ่าน URL (<https://shorturl.asia/aqAjm>) จะแสดงค่าข้อมูลสถานที่ อุณหภูมิสภาพอากาศ และค่า UV Index ส่วนตัวอักษรสีส้มจะแสดงระยะทางที่มาจากค่าคำนวณว่าจะวิ่งได้เป็นระยะทางเท่าไร โดยแสดงแยกแบบนั่งคนเดียว หรือนั่ง 2 คน เพื่อเป็นการให้ผู้ใช้งานสามารถวางแผนการเดินทางได้ ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แสดงเว็บแอปพลิเคชันแสดงค่าระยะทางที่วิ่งได้ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า

สรุป

จากการวิจัยได้ทำการทดลองตรวจจับและแสดงค่าสมรรถนะของแบตเตอรี่ของรถไฟฟ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้รถกอล์ฟ โดยทดลองที่รถกอล์ฟแบกน้ำหนัก 170 กิโลกรัม และ 250 กิโลกรัม ที่ UV Index มากกว่า 8 และน้อยกว่า 8 และวัดกำลังไฟฟ้า จากนั้นนำผลการทดสอบมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของแบตเตอรี่เพื่อคำนวณระยะทางและทางผู้วิจัยได้พัฒนาแอปพลิเคชัน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูผ่านอินเทอร์เน็ต ในขณะที่ใช้งานรถกอล์ฟ ซึ่งสามารถทำให้ผู้ใช้งานประมาณการได้ เวลาที่ใช้งานเดินทางในหน่วยในระยะสั้น ๆ และวางแผนการเดินทางไปได้ด้วยดี

ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้เป็นแค่การทดลองเพื่อตรวจจับและแสดงค่าสมรรถนะของแบตเตอรี่ของรถไฟฟ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้ในการวางแผนการเดินทางในหน่วย โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช แต่ยังคงขาดเครื่องมือ ไพรอนอมิเตอร์ ในการวัดความเข้มของแสงอาทิตย์ เนื่องจากไม่ได้จัดสรรงบประมาณในการซื้อ ทำให้การวัดประสิทธิภาพอาจจะยังไม่มีความเที่ยงตรง และรถพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ แม้จะขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ก็ยังต้องมีการดูแลรักษาอุปกรณ์อื่น ๆ เช่นกันเพื่อให้รถขับเคลื่อนได้ดียิ่งขึ้น เช่น สภาพยาง ลมยาง ล้อ และอุปกรณ์ต่าง ๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวาวาอากาศเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาติ วีรกุลวัฒนา ผู้อำนวยการกองวิชาคณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ที่ให้คำแนะนำเรื่องรถยนต์พลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ธีระยุทธ สุวรรณประทีป. (2555). **วิศวกรรมยานยนต์**. (พิมพ์ครั้งที่ 3). บริษัท วิทย์พัฒน์ จำกัด.
- มนตรี วงศ์ศิริวิทยา, วัชรกร ใจตรง และอเนก ตัสกรณ. (2564). การขับเคลื่อนรถไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ร่วมพลังงานแสงอาทิตย์: การทดลองขับรถทางขึ้นและการบรรทุกน้ำหนัก. **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม**, 3(2), 156-163.
- นภัทร วัจนเทพินทร์, สามารถ ทัดเกษ, กิตตินันท์ พลอยรัตน์, และปัญญา กล้าเดช. (2559). การพัฒนารถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบสำหรับการแข่งขัน The Development of Solar Racing Car Prototype. **วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 10(2), 54-65.
- รัฐพล โพธิ์ศรี, วิโรจน์ ขาวละออ, วรัญญา ชื่นเมือง, และจักรพันธ์ มีอาษา. (2567). การวิเคราะห์โครงสร้างชุดกักเก็บพลังงานรถยนต์ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ STC-4 ตามข้อกำหนดในการ แข่งขัน รายการ Bridgestone World Solar Challenge 2023 ด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์. **Journal of Energy and Environment Technology**, 11(1), 108-116.
- วิระศักดิ์ กรัยวิเชียร. (2546). **เครื่องยนต์เผาไหม้ภายในทฤษฎีและการคำนวณ**. (พิมพ์ครั้งที่ 5). บริษัท วิทย์พัฒน์ จำกัด.
- สุนทร พรหมขุนทอง, เด่น ตันยุชน, และอำนาจ เสมอวงศ์. (2566). การพัฒนารถสามล้อไฟฟ้าเพื่อผู้พิการทางขา. **วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 1**, 8(1), 45-54.
- ศิริชัย แดงเอม. (2554). **รถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์**. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, 3-5 พฤษภาคม 2554 ณ โรงแรมภูเก็ต Orchid Resort and Spa หาดกะรน จังหวัดภูเก็ต. คลังปัญญามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- อรุณรักษ์ ตันพานิช, คชาวุธ ชุมขวัญ, ศุภกร แก้วละเอียด, และอรสา มั่งสกุล. (2567). การออกแบบระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับกล่องวงจรปิดด้วยทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมการนิศึกษาพื้นที่เกษตรสวนมังคุด จังหวัดนครศรีธรรมราช. **วารสารวิจัยและพัฒนาโลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 19(1), 47-62.

เอกพันธ์ ผัดศรี, คณภรณ์ ก้อนแก้ว, และ อัครินทร์ อินทนิเวศน์. (2561). การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และ
สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่งขนาด 300 kW.
การประชุมวิชาการครั้งที่ 3 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา, 30 สิงหาคม 2561 ณ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี

Fioletov, V., Kerr, J. B., & Fergusson, A. (2010). The UV index: definition, distribution and
factors affecting it. **Canadian journal of public health**, 101, I5-I9.

Robles, E., Fernandez, M., Andreu, J., Ibarra, E., & Ugalde, U. (2021). Advanced power inverter
topologies and modulation techniques for common-mode voltage elimination in
electric motor drive systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 140,
110746.

การพัฒนาและศึกษาผลการใช้อิริทธิทอลแทนน้ำตาลทรายในเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมชงเพื่อสุขภาพ

วิวรรณ วงศ์อรุณ^{1*}

Received : July 4, 2024

Revised : March 22, 2025

Accepted : April 30, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมชงและศึกษาปริมาณการใช้อิริทธิทอลแทนน้ำตาลทราย โดยการนำกล้วยผงผสมกับนมผง น้ำตาลทรายและส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ วานิลลา ผง โกโก้ผง มะม่วงผง ชিংผง ใบเตยผง และทุเรียนผง วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design : RCBD) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำผลมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูล (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า เครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมชงรสโกโก้ และรสใบเตยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยทุกด้านมากกว่ารสชিং รสทุเรียน รสมะม่วงและรสวานิลลา โดยมีความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ($\bar{X} = 7.22-7.91$) และมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) ด้านสีของเครื่องดื่มกับรสชিং รสทุเรียน รสมะม่วง และรสวานิลลา ผลการใช้อิริทธิทอลเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลทราย พบว่า เมื่อใช้อิริทธิทอลปริมาณ 10 กรัม แทนน้ำตาลทราย 5 กรัม ในสูตรควบคุมได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยทุกด้านมีค่าเฉลี่ยมากกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลอิทธิทอล 5 กรัม และ 15 กรัม ซึ่งอยู่ในระดับชอบมาก ($\bar{X} = 7.30-7.78$) โดยกล้วยผงพร้อมชงรสใบเตยมีคะแนนความชอบด้านสีไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) กับสูตรควบคุมที่ใช้น้ำตาลทราย แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ส่วนกล้วยผงพร้อมชงรสโกโก้ มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่น ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) กับสูตรควบคุมที่ใช้น้ำตาลทราย แต่มีความแตกต่างด้านรสชาติ และความชอบโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) และจากการวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ พบว่า มีจำนวนยีสต์และรา ต่ำกว่า 10 CFU/g. ซึ่งเป็นค่าที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของผลิตภัณฑ์ แป้งกล้วย (มผช. 1375/2550)

คำสำคัญ: กล้วยผง เครื่องดื่มสุขภาพ อิทธิทอล

¹ รองศาสตราจารย์ คณะอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล อีเมล: wiworn.won@rmutr.ac.th

* ผู้รับผิดชอบหลัก อีเมล: wiworn.won@rmutr.ac.th

DEVELOPMENT AND STUDY OF THE USE OF ERYTHRITOL AS A SUGAR SUBSTITUTE IN THE BANANA POWDERED HEALTHY DRINK MIX

Wiworn Wong-arun^{1*}

Abstract

The purpose of this research was to study the amount of erythritol used as a sugar substitute in the powdered banana healthy drink mix by mixing the banana powder with other ingredients including milk powder, granulated sugar, vanilla powder, cocoa powder, mango powder, ginger powder, pandan powder and durian powder. Then the randomized complete block design (RCBD) was employed to test the sensory quality. The results were analyzed using One-way ANOVA to examine its variance as well as compared using Duncan's new multiple range test (DMRT) to examine mean value of its difference. Their reliability was showed at 95 percent. It was found that the average of preference score in all aspects of the powdered banana healthy drink mix with cocoa and pandan flavors were higher than ginger, durian, mango and vanilla flavors. Its preference level was between moderate to high level at $\bar{X} = 7.22-7.91$. with no difference in preference scores at $P>0.05$. However, there was a statistically significant difference ($P\leq 0.05$) about the color and the taste of ginger, durian, mango, and vanilla flavors. Furthermore, when 10-gram erythritol was used as 5-gram sugar substitute in the controlled formula, it had the average of preference scores in all aspects more than the formula using 5-gram and 15-gram erythritol. It was at the high level of $\bar{X} = 7.30-7.78$. The pandan-flavored instant banana powder showed no significant difference ($P>0.05$) in color preference compared to the control formula with granulated sugar. However, it significantly differed at $P\leq 0.05$ in terms of appearance, aroma, taste, and overall preference. In contrast, the cocoa-flavored instant banana powder showed no significant difference at $P>0.05$ in appearance, color, and aroma preference compared to the controlled formula with granulated sugar. However, it demonstrated a statistically significant difference at $P\leq 0.05$ in taste and overall preference. Additionally, microorganism analysis was revealed that yeast and mold counts were lower than 10 CFU/g, meeting the community product standard criteria for banana powder products (CMU.1275/2007).

Keywords: Banana powder, Healthy drink, Erythritol

¹ Associate Professor, Faculty of Hospitality and Tourism Industry, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Wang Klaikangwol Campus, e-mail: wiworn.won@rmutr.ac.th

* Corresponding author, e-mail: wiworn.won@rmutr.ac.th

บทนำ

จากกระแสความนิยมในการบริโภคอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพของคนไทยและคนทั่วโลก รวมทั้งผลกระทบจากการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส โควิด-19 ที่ผ่านมาทำให้ผู้บริโภคในปัจจุบันให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพมากขึ้น โดยจะเห็นได้จากการเติบโตของตลาดอาหารและเครื่องดื่ม ที่มีการเติบโตอย่างต่อเนื่องในปัจจุบัน โดยในปี พ.ศ. 2563 มูลค่าตลาดโลกของอาหารเพื่อสุขภาพ (Health & wellness food) มีมูลค่าถึง 1,030 พันล้านเหรียญสหรัฐ และปี พ.ศ. 2564-2570 มีแนวโน้มอัตราเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 6 โดยคาดว่าในปี พ.ศ. 2570 มีมูลค่า 1,550 พันล้านเหรียญสหรัฐ สำหรับประเทศไทยตลาดเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องเช่นกันโดยในปี พ.ศ. 2564 ตลาดเครื่องดื่มสุขภาพมีมูลค่า 9,654 ล้านบาท และ ปี พ.ศ. 2565 คาดว่าจะเติบโตประมาณ ร้อยละ 5-7 หรือเกือบ 1 หมื่นล้านบาท (นิตยา เตชะศิริประภา, 2565) ซึ่งแนวโน้มเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพในปี พ.ศ. 2567 ที่ผู้ประกอบการต้องให้ความสำคัญคือ การพัฒนาเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพทั้งนี้เนื่องจากผู้บริโภคในปัจจุบันให้ความสำคัญกับสุขภาพมากขึ้น ดังนั้นพัฒนาเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของสมุนไพรและผลไม้ การใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาล การลดน้ำตาลหรือโซเดียม การใช้วัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มที่ได้จากพืชรวมถึงประเด็นการให้ความสำคัญกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทำให้แนวโน้มการดำเนินธุรกิจแบบยั่งยืนเติบโตมากขึ้น (ศิริวรรณ อรรถสุวรรณ, 2567) นอกจากนั้นกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศยังได้กล่าวถึงเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องดื่มออร์แกนิก เครื่องดื่มแคลอรีต่ำ มีโอกาสส่งออกไปยังประเทศเกาหลีใต้ได้เพิ่มขึ้นภายหลังที่ผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพ ทำให้ตลาดเครื่องดื่มมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องประกอบกับเทรนด์ความสุขในการดูแลสุขภาพ (Healthy Pleasure) ทำให้อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มกลับมาให้ความสำคัญ และผลิตสินค้าที่ตอบสนองความต้องการเพิ่มขึ้น เช่น เครื่องดื่มไม่มีแคลอรีและน้ำตาล (bangkokbiznews, 2023) สอดคล้องกับสถาบันอาหาร (2567) ที่ได้รายงานว่าผู้ผลิตอาหารทั่วโลกให้ความสำคัญกับการใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลมากขึ้น และผู้บริโภคก็หันไปบริโภคผลผลิตจากธรรมชาติที่ให้ความหวานแทนน้ำตาล เช่น อิริทริทอล เป็นสารให้ความหวานที่ผลิตได้จากการใช้ออสโมฟิลิกยีสต์หมักน้ำตาล (Carly et al., 2017) นิยมใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม เนื่องจากให้พลังงานน้อยหรือไม่ให้พลังงาน (Charoenphun & Puttha, 2021) มีความหวานร้อยละ 70 ของน้ำตาลทราย มีรสชาติใกล้เคียงกับน้ำตาลทราย แต่ให้พลังงานเพียง 0.2 กิโลแคลอรีต่อกรัม มีค่าดัชนีน้ำตาล (Glycemic Index) ต่ำ ร่างกายดูดซึมได้ช้าจึงเหมาะสำหรับกลุ่มผู้ที่เป็นโรคเบาหวานหรือผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก (ฉัตรภา หัตถโกมล, 2564) อิริทริทอลจึงเป็นสารให้ความหวานชนิดหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ เมื่อแนวโน้มของผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพมากขึ้น ดังนั้นผู้บริโภคเริ่มมีการแสวงหาวิธีในการดูแลสุขภาพ และสร้างภูมิคุ้มกันให้กับตนเอง ผู้บริโภคจึงให้ความสนใจผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ (Functional drink) ที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในรูปแบบของความสะดวกต่อการพกพา รับประทานง่าย และสามารถเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่ม

ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มร้อนจากพืช และมอลต์ (Plant-based and Malt-based Hot drinks) และน้ำผัก ผลไม้ 100 % (ศูนย์อำนวยการเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร, 2565) ทำให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบของเครื่องดื่มตามกระแสการบริโภคดังกล่าว เช่นการทำเครื่องดื่มในรูปแบบผงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบา สามารถเก็บรักษาได้นาน และง่ายต่อการคั้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพียงขิงในน้ำ (กฤติยา เชื้อนเพชร และคณะ, 2562)

กล้วยถือเป็นผลไม้ที่เป็นพื้นฐานของอาหารเพื่อสุขภาพชนิดหนึ่ง (Chin & Therdthai, 2018) เพราะเป็นผลไม้ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย มีคุณค่าทางโภชนาการสูง หาง่าย ราคาถูก เหมาะสำหรับผู้บริโภคทุกเพศ ทุกวัย นิยมรับประทานในรูปกล้วยสุก อาจรับประทานสดหรือนำไปทำเป็นขนมต่าง ๆ เช่น กล้วยเชื่อม กล้วยบวชชี ขนมหกล้วย เป็นต้น ส่วนกล้วยดิบ สามารถนำไปประกอบอาหารคาว เช่น แกงเผ็ดกล้วย เป็นต้น นอกจากนั้นกล้วยยังเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีหลายชนิด เช่น แคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก เป็นต้น (นาฎยา อริยสุขโขษิต และอนิชา สุขสมบูรณ์, 2566) ส่วนกล้วยดิบมีสรรพคุณทางยา คือ ช่วยบรรเทาอาการเจ็บคอ ช่วยระงับกลิ่นปาก รักษาโรคกระเพาะ ป้องกันโรคมะเร็ง ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล (เนตรนภิส วัฒนสุขชาติ และคณะ, 2555; Wang et al., 2012) และสามารถใช้เป็นยารักษาโรคได้ เนื่องจากในกล้วยดิบมีสารแทนนิน ปริมาณมาก ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ช่วยป้องกันผนังกระเพาะอาหาร และลำไส้ไม่ให้เชื้อโรคเข้าไปทำลายผนังเนื้อเยื่อกระเพาะและลำไส้ ช่วยแก้ท้องเสีย (มิตรา จันทรเงา, 2561) นอกจากนั้นในกล้วยดิบยังพบแป้งที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตในรูปของสตาร์ช เรียกว่า แป้งทนการย่อย (Resistant Starch) ซึ่งทนการย่อยของเอนไซม์ มีคุณสมบัติคล้ายเส้นใยอาหาร ทำให้ร่างกายไม่ดูดซึมภายในลำไส้เล็ก (Jaiturong et al., 2020)

แป้งกล้วย เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำกล้วยมาปอกเปลือก อาจนึ่งหรือลวกก่อนปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นบาง ทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น บดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2567) มีปริมาณโปรตีน วิตามินบี วิตามินซี โพแทสเซียม แมกนีเซียม สูงกว่าแป้งหลายชนิด (Fida et al., 2020) มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก ใช้เป็นส่วนผสมผลิตภัณฑ์อาหาร เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ สามารถช่วยให้ระบบทางเดินอาหารทำงานได้ดี และลดภาวะเสี่ยงต่อโรคทางอายุรกรรมต่าง ๆ ได้ (เนตรนภิส วัฒนสุขชาติ, 2555) ยิ่งไปกว่านั้นยังมีปริมาณอะไมโลสสูง มีสารประกอบฟีนอลิกธรรมชาติซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (พวงชมพู หงษ์ชัย และนันทวัฒน์ โลโสตา, 2561) ซึ่งอาจช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรังชนิดไม่ติดต่อ เช่น โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูงได้ (เนตรนภิส วัฒนสุขชาติ และคณะ, 2555) รวมทั้งมีใยอาหารสูง มีไขมันต่ำ เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก (LaI, 2020) จึงมีการนำแป้งกล้วยมาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารหลายชนิด อาทิอาหารประเภท ขนมปัง เค้ก พืชชา และอื่น ๆ สามารถใช้แทนแป้งสาลีและแป้งชนิดอื่นในผลิตภัณฑ์ขนมและอาหาร รวมทั้งสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องดื่ม

เพื่อสุขภาพหรือสมุนไพรต่าง ๆ ได้ด้วย นอกจากนั้น โรงแรมในประเทศอินเดียยังใช้แป้งกล้วยเป็นส่วนผสมในอาหารคาว เช่น โรตีส โดซา และอาหารหวาน หรือใส่ในอาหารประเภทแกง (Lal, 2020) ปัจจุบันจึงมีการส่งเสริมให้มีการผลิตและศึกษานำแป้งกล้วยไปใช้ประโยชน์หลากหลายเพิ่มขึ้น (ไผ่แดง ขวัญใจ และสุวลี พองอินทร์, 2566) โดยนำไปใช้ทดแทนแป้งบางส่วนในการทำ เบเกอรี่และขนมไทย (ฐานิศร กนกเลิศฤทธิ์, 2565) เช่น พาสต้า บะหมี่ เส้นก๋วยเตี๋ยว ลอดช่องสิงคโปร์ ขนมปัง เค้ก คุกกี้ บราวนี่ วาฟเฟิล ไก่ยอ เป็นต้น แต่การนำไปทำเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพยังมีค่อนข้างน้อย

ดังนั้นหากมีการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มพร้อมซังเพื่อสุขภาพจากกล้วยผงที่ใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ให้พลังงานต่ำได้สำเร็จจะสามารถตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญกับสุขภาพทั้งในรูปแบบของประโยชน์ที่ได้รับ และความสะดวกสบายในการซังดื่ม สามารถทำให้เกษตรกรสามารถผลิตกล้วยผงพร้อมซังเพื่อสุขภาพ เป็นการสร้างรายได้เพิ่มให้กับเกษตรกร รวมทั้งลดการทิ้งขยะของผลผลิตทางการเกษตรและสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับกล้วยได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสูตรเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมซังเพื่อสุขภาพ
2. เพื่อศึกษาปริมาณการใช้วิธีหีบทดแทนน้ำตาลทรายในเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมซังเพื่อสุขภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแป้งกล้วย

ตัดกล้วยน้ำว้าแก่จัดที่ระดับความสุกร้อยละ 80 (เปลือกสีเขียว แข็ง เป็นเหลี่ยมชัดเจน) ปักไว้ 1 คืน ล้างเปลือกกล้วยให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง ปอกเปลือกกล้วย จากนั้นสไลด์กล้วยเป็นแผ่นบาง ๆ ความหนาประมาณ 1.5 มิลลิเมตร นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 10 ชั่วโมง (Chavan & Babar, 2018) จนแห้งสนิท จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดแป้ง (High-speed multi-function crusher 300 A) ร่อนด้วยตะแกรงที่มีความละเอียด 60 แมช บรรจุใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยด์เก็บไว้ในที่แห้งเพื่อใช้ในการผลิตเครื่องดื่มต่อไป

2. การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มกล้วยผง

โดยการทดลองผลิตเครื่องดื่มกล้วยผงที่มีส่วนผสมของกล้วยน้ำว้าบดละเอียดเป็นส่วนผสมหลัก ผสมกับนมผง และน้ำตาลทราย และส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ วานิลลาผง โกโก้ผง มะม่วงผง ชิงผง ใบเตยผง และทุเรียนผง ซึ่งได้จากการประชุมระดมความคิดเห็นจากของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนเครือข่ายรวมใจตามรอยพ่อ และตัวแทนจากองค์การบริหารส่วนตำบลป่าเต็ง ในวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 ณ ที่ทำการวิสาหกิจชุมชน

เครือข่ายรวมใจตามรอยพ่อ ที่มีผู้เข้าร่วมประชุมจำนวน 30 คน ทดลองสูตรเครื่องดื่มแต่ละสูตร โดยใช้วิธีการพัฒนาสูตรด้วยเทคนิค Stepwise Technique (ศิริลักษณ์ สีนวาลัย, 2544) จนได้สูตรเบื้องต้นของเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมขง ก่อนนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 1 ส่วนผสมเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมขง

ส่วนผสม	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 6
กล้วยผง (กรัม)	8 (46.38)	8 (44.44)	8 (42.11)	8 (44.44)	8 (47.06)	8 (42.11)
นมผง (กรัม)	3 (17.39)	3 (16.67)	3 (16.67)	3 (16.67)	3 (17.65)	3 (16.67)
น้ำตาลทรายป่น (กรัม)	5 (28.99)	5 (27.78)	5 (26.32)	5 (27.78)	5 (29.41)	5 (26.32)
วานิลลาผง (กรัม)	1.25 (7.25)	-	-	-	-	-
โกโก้ผง (กรัม)	-	2 (11.11)	-	-	-	-
มะม่วงผง (กรัม)	-	-	3 (16.67)	-	-	-
ขิงผง (กรัม)	-	-	-	2 (1.11)	-	-
ใบเตยผง (กรัม)	-	-	-	-	1 (5.88)	-
ทุเรียนผง (กรัม)	-	-	-	-	-	3 (16.67)
รวม (กรัม)	17.25 (100)	18 (100)	19 (100)	18 (100)	17 (100)	19 (100)

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง ร้อยละของส่วนผสม

3. การศึกษาปริมาณอิทธิพลที่เหมาะสมในเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมขง

เลือกสูตรเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมขงที่มีคะแนนความชอบสูงที่สุด จำนวน 2 สูตร เพื่อนำไปศึกษาปริมาณการใช้อิทธิพลแทนน้ำตาลทราย

ตารางที่ 2 ปริมาณอิทธิพลแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมซอสใบเตยและกล้วยผงพร้อมซอสโกโก้

ส่วนผสม		กล้วยผงใบเตย				กล้วยผงโกโก้			
		สูตร	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
		ควบคุม				ควบคุม			
กล้วยผง	(กรัม)	8 (47.06)	8 (47.06)	8 (36.36)	8 (29.63)	8 (44.44)	8 (44.44)	8 (34.78)	8 (28.57)
นมผง	(กรัม)	3 (16.67)	3 (16.67)	3 (13.64)	3 (11.11)	3 (16.67)	3 (16.67)	3 (13.04)	3 (10.71)
น้ำตาลทรายปน	(กรัม)	5 (29.41)	-	-	-	5 (27.78)	-	-	-
อิทธิพล	(กรัม)	-	5 (29.41)	10 (45.45)	15 (55.56)	-	5 (27.78)	10 (43.48)	15 (5.36)
ใบเตยผง	(กรัม)	1 (5.88)	1 (5.88)	1 (4.55)	1 (3.70)	-	-	-	-
โกโก้ผง	(กรัม)	-	-	-	-	2 (11.11)	2 (11.11)	2 (8.70)	2 (7.14)
รวม		17	17	22	27	18	18	23	28
(กรัม)		(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง ร้อยละของส่วนผสม

4. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

โดยการนำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยผงแต่ละสูตร ชงกับน้ำอุ่น ปริมาณ 200 มิลลิลิตร คนให้ละลาย แล้วนำไปประเมินความชอบ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติและความชอบรวม ณ ห้องปฏิบัติการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2557) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 23 คน ประกอบด้วย กลุ่มวิสาหกิจชุมชน ผู้นำชุมชน บุคลากรจากองค์การบริหารส่วนตำบลป่าเต็ง อำเภอกำแพงกระเจาน จังหวัดเพชรบุรี และบุคลากรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) นำผลมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูล (One Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

5. วิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

นำกล้วยผงพร้อมซังที่ได้จากการพัฒนาบรรจุของอลูมิเนียมฟอยด์ชนิดของยาวขนาด 4.5 x15 เซนติเมตร ปิดผนึกให้สนิท นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแป้งกล้วย โดยการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ใช้ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิสูง (Hot Air Oven) ยี่ห้อ Binder รุ่น ED 115 (AOAC, 2019) วิเคราะห์ปริมาณยีสต์ และรา (FDA BAM, 2001)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมซัง

พัฒนาสูตรเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมซัง จำนวน 6 สูตร ได้แก่ รสวานิลลา รสโกโก้ รสมะม่วง รสชিং รสใบเตย และรสทุเรียน เมื่อนำมาชงกับน้ำอุ่นปริมาณ 200 มิลลิลิตร ได้เครื่องดื่มที่มีลักษณะข้นเล็กน้อย คล้ายนม ดังภาพที่ 1



วานิลลา โกโก้ มะม่วง ชิง ใบเตย ทุเรียน

ภาพที่ 1 เครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมซัง

2. ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมซัง

คุณภาพทาง ประสาทสัมผัส	คะแนนเฉลี่ยความชอบ					
	สูตร 1 (วานิลลา)	สูตร 2 (โกโก้)	สูตร 3 (มะม่วง)	สูตร 4 (ชิง)	สูตร 5 (ใบเตย)	สูตร 6 (ทุเรียน)
ลักษณะปรากฏ	7.13±1.06 ^a	7.35±1.61 ^a	6.78±1.62 ^a	5.83±2.17 ^b	7.74±0.86 ^a	6.96±1.66 ^a
สี	6.83±1.15 ^{bc}	7.39±1.73 ^{ab}	6.09±1.50 ^c	6.43±1.70 ^c	7.83±0.98 ^a	6.83±1.37 ^{bc}
กลิ่น	7.09±1.62 ^{ab}	7.22±1.68 ^a	6.61±1.95 ^{ab}	5.26±2.65 ^c	7.83±1.03 ^a	5.87±2.62 ^{bc}
รสชาติ	6.83±1.40 ^{abc}	7.26±1.74 ^{ab}	5.83±2.06 ^{cd}	4.74±2.54 ^d	7.83±0.89 ^a	6.30±2.53 ^{bc}
ความชอบโดยรวม	7.00±1.28 ^{ab}	7.57±1.59 ^a	6.04±1.87 ^{bc}	4.96±2.50 ^c	7.91±0.90 ^a	5.96±2.57 ^{bc}

หมายเหตุ : ^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องต้มกล้วยผงพร้อมซง จำนวน 6 สูตร พบว่าคะแนนเฉลี่ยความชอบของเครื่องต้มกล้วยผงพร้อมซงทั้ง 6 สูตร ทุกด้านอยู่ในช่วงระดับเฉย ๆ ถึงชอบมาก ($\bar{X} = 4.74-7.91$) (ตารางที่ 3) โดยกล้วยผงพร้อมซงรสใบเตย (กล้วย : น้ำตาลทราย : นมผง : ใบเตยผง ร้อยละ 47.06 : 29.41 : 16.67 : 5.88) มีคะแนนความชอบเฉลี่ยทุกด้านมากที่สุด (ตารางที่ 3) โดยมีความชอบอยู่ในระดับชอบมาก ($\bar{X} = 7.74-7.91$) รองลงมาได้แก่ กล้วยผงรสโกโก้ (กล้วย : น้ำตาลทราย : นมผง : โกโก้ผง ร้อยละ 44.44 : 27.78 : 16.67 : 11.11) มีคะแนนความชอบทุกด้านด้านลักษณะปรากฏ สี และความชอบรวม อยู่ในระดับชอบมาก ($\bar{X} = 7.35-7.57$) ด้านกลิ่นและรสชาติ อยู่ในระดับชอบปานกลาง ($\bar{X} = 7.22-7.26$) และกล้วยผงวานิลลา มีคะแนนความชอบทุกด้าน อยู่ในระดับชอบปานกลาง ($\bar{X} = 6.83-7.13$) สอดคล้องกับการศึกษาของ เนตรนภิส วัฒนสุขชาติ และคณะ (2555) ที่ศึกษาเครื่องต้มกล้วยผงพร้อมซงรสโกโก้ โดยมีส่วนผสมและอัตราส่วนใกล้เคียงกัน ยกเว้นมอลโทเดกซ์ทริน (กล้วย : น้ำตาลทราย : นมผง : มอลโทเดกซ์ทริน : ผงโกโก้ ร้อยละ 40 : 25 : 19 : 10 : 6) และมีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อย-ชอบปานกลาง ($\bar{X} = 5.8-7.0$) ซึ่งมอลโทเดกซ์ทริน เป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ช มีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีขาวไม่มีรสหรือมีรสหวานเล็กน้อย สามารถละลายในน้ำได้ดี มีการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอย่างกว้างขวาง เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งประเภทอาหารผง เครื่องดื่มผง ป้องกันการเกาะตัวเป็นก้อน (anticaking agent) (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์, 2567) ทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิฟลายเออร์ช่วยในด้านเนื้อสัมผัสและรักษากลิ่นรสของอาหาร (Trirattanapikul & Phoungchandang, 2016) ดังนั้นการเพิ่มมอลโทเดกซ์ทรินในส่วนผสมของเครื่องต้มจะช่วยให้เครื่องต้มกล้วยผงพร้อมซงละลายได้ง่าย มีความคงตัวและมีเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น

เมื่อพิจารณาความแตกต่างของคะแนนความชอบพบว่า เครื่องต้มกล้วยผงพร้อมซงรสใบเตย ไม่มีความแตกต่างกับเครื่องต้มกล้วยผงพร้อมซงรสโกโก้ ($P>0.05$) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กับรสวานิลลา รสมะม่วง รสชিংและรสทุเรียน กล่าวคือ กล้วยผงพร้อมซงใบเตยมีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบทุกด้านสูงที่สุด โดยเฉพาะด้านสีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกล้วยผงพร้อมซงรสวานิลลา เครื่องต้มกล้วยผงพร้อมซงรสมะม่วง เครื่องต้มกล้วยผงพร้อมซงรสชিংและเครื่องต้มกล้วยผงพร้อมซงรสทุเรียน ส่วนด้านกลิ่นมีความแตกต่างกับเครื่องต้มกล้วยผงพร้อมซงรสชিং และเครื่องต้มกล้วยผงพร้อมซงรสทุเรียน ทั้งนี้เนื่องจากกล้วยผงที่ผสมใบเตยผงจะให้สีเขียวสวยและมีกลิ่นหอมเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยผงวานิลลา มะม่วง ชিং และทุเรียน ซึ่งให้สีของกล้วยผงเป็นหลัก ในขณะที่กล้วยผงรสใบเตยจะให้เครื่องต้มที่ได้มีสีเขียวทั้งนี้เนื่องจากใบเตยมีสีเขียวของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) และมีสารสำคัญที่ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ซึ่งในน้ำมันหอมระเหยประกอบไปด้วยสารหลายชนิด เช่น เบนซิลแอซิเตต (benzyl acetate) และแอลคาลอยด์ (alkaloid) ลินาลิลแอซิเตต (linalyl acetate) ลินาลูล (linalool) และเจอราเนียมอล (geraniol) (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์, 2565) และสารที่ทำให้มีกลิ่นหอม คือ 2-Acetyl-1-Pyrroline (2AP) (วิจิตรา เหลียวตระกูล และคณะ, 2564) จึงมีผลต่อคะแนนการยอมรับเครื่องต้มกล้วยผงพร้อมซงรสใบเตยมีค่ามากกว่าเครื่องต้มกล้วยผงพร้อมซงสูตรอื่น ๆ

3. ผลการใช้อิทธิพลแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์กล้วยผงพร้อมชง

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมชงรสใบเตยเพื่อสุขภาพที่ใช้อิทธิพลเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากสูตรควบคุม รายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมชงรสใบเตยที่ใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลทราย

คุณภาพทาง ประสาทสัมผัส	คะแนนเฉลี่ยความชอบกล้วยผงพร้อมชงรสใบเตย			
	สูตรควบคุม	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
ลักษณะปรากฏ	7.74±0.86 ^a	7.26±1.32 ^{ab}	7.39±1.34 ^{ab}	6.83±1.97 ^b
สี	7.83±0.98 ^a	7.61±0.94 ^a	7.78±0.95 ^a	7.65±0.98 ^a
กลิ่น	7.83±1.03 ^a	7.09±1.47 ^{ab}	7.30±0.88 ^a	6.83±1.23 ^b
รสชาติ	7.83±0.89 ^a	6.30±1.64 ^b	7.43±1.41 ^a	5.70±2.42 ^b
ความชอบโดยรวม	7.91±0.90 ^a	6.57±1.65 ^b	7.39±1.37 ^{ab}	5.65±2.04 ^c

หมายเหตุ : ^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4 พบว่า เครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมชงรสใบเตยที่ใช้อิทธิพลแทนน้ำตาลทรายมีคะแนนความชอบลดลงทุกด้านเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบของกล้วยผงพร้อมชงรสใบเตยสูตรควบคุมอยู่ในระดับชอบมาก ($\bar{X} = 7.74-7.91$) ส่วนสูตรที่ใช้อิทธิพล อยู่ในระดับชอบปานกลาง-ชอบมาก ($\bar{X} = 5.65-7.78$) โดยกล้วยผงพร้อมชงใบเตย สูตร 2 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยทุกด้านมากกว่าสูตร 1 และสูตร 3 โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบมาก ($\bar{X} = 7.30-7.78$) เช่นเดียวกับสูตรควบคุม

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมชงรสโกโก้เพื่อสุขภาพที่ใช้อิทธิพลเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายจากสูตรควบคุม รายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมชงรสโกโก้ที่ใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลทราย

คุณภาพทาง ประสาทสัมผัส	คะแนนเฉลี่ยความชอบกล้วยผงพร้อมชงรสโกโก้			
	สูตรควบคุม	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
ลักษณะปรากฏ	7.35±1.61 ^a	6.87±1.36 ^a	7.35±1.23 ^a	7.26±1.14 ^a
สี	7.39±1.73 ^a	7.26±1.71 ^a	7.39±1.34 ^a	7.35±1.58 ^a
กลิ่น	7.22±1.68 ^a	6.26±2.24 ^a	6.91±1.83 ^a	7.09±1.78 ^a
รสชาติ	7.26±1.74 ^a	6.04±1.94 ^b	7.17±1.83 ^{ab}	6.83±2.04 ^{ab}
ความชอบโดยรวม	7.57±1.59 ^a	6.13±1.96 ^b	7.09±1.81 ^{ab}	7.00±1.81 ^{ab}

หมายเหตุ : ^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 5 พบว่า เครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมซอสโกโก้ที่ใช้อิทธิพลแทนน้ำตาลทรายมีคะแนนความชอบลดลงเกือบทุกด้านเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ยกเว้นด้านลักษณะปรากฏและด้านสีมีคะแนนเท่ากับสูตรที่ใช้อิทธิพล 10 กรัม (สูตร 2) โดยค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมซอสโกโก้สูตรควบคุมอยู่ในระดับชอบปานกลาง-ชอบมาก ($\bar{X} = 7.22-7.57$) ส่วนสูตรที่ใช้อิทธิพลอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย-ชอบมาก ($\bar{X} = 6.04-7.39$) โดยเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมซอสโกโก้ที่ใช้อิทธิพล 10 กรัม (สูตร 2) มีคะแนนความชอบเฉลี่ยมากกว่า สูตร 1 และ สูตร 3 โดยมีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านลักษณะปรากฏและด้านสี อยู่ในระดับชอบมาก ($\bar{X} = 7.35-7.39$) ส่วนด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง ($\bar{X} = 6.91-7.17$)

และเมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนความชอบจากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมซอสทั้ง 2 รสไม่มีความแตกต่างกันในด้านสี กลิ่น และลักษณะปรากฏ ($P>0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลมีสีขาวเช่นเดียวกับน้ำตาลทรายจึงทำให้ไม่มีผลต่อสี กลิ่น และลักษณะของเครื่องดื่มทุกสูตร ในขณะที่ด้านรสชาติและความชอบรวมของกล้วยผงพร้อมซอสใบเตยพบว่า สูตรควบคุมไม่มีความแตกต่างกับสูตร 2 ที่ใช้อิทธิพลทดแทนน้ำตาลทราย 10 กรัม แต่มีความแตกต่างกับสูตร 1 และสูตร 3 ส่วนกล้วยผงพร้อมซอสโกโก้พบว่าสูตรควบคุม ไม่มีความแตกต่างกับสูตร 2 และสูตร 3 แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตร 1 ($p\leq 0.05$) โดยเครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมซอสทั้ง 2 สูตรที่ใช้อิทธิพล 10 กรัม แทนน้ำตาลทราย 5 กรัม มีคะแนนความชอบเฉลี่ยมากที่สุด อยู่ในระดับชอบมาก ($\bar{X} = 7.30-7.78$) ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลทราย กล่าวคือมีความหวานร้อยละ 70 ของน้ำตาลทราย (ฉัตรภา หัตถโกมล, 2564) ดังนั้นจึงทำให้เครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมซอสที่ใช้อิทธิพล ปริมาณ 10 กรัมมีรสชาติใกล้เคียงสูตรควบคุมมากที่สุด จึงได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด นอกจากนั้นการใช้อิทธิพลยังเหมาะสำหรับผู้ที่เป็นเบาหวาน หรือต้องการลดน้ำหนักเนื่องจากไม่ให้พลังงานและไม่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดจึงเหมาะสำหรับการนำมาเป็นวัตถุดิบของอาหารเพื่อสุขภาพ (ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ค่าทางน้ำตาลและสารอนุพันธ์, 2564) รวมทั้งนิยมใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม เพราะให้รสชาติหวานแต่ให้พลังงาน กล่าวคือให้พลังงานเพียง 0.2 กิโลแคลอรีต่อกรัม (Gandhi *et al.*, 2018) ในขณะที่น้ำตาลทราย 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี (สำนักโภชนาการ, 2561) ในขณะที่การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่มีส่วนผสมของกาแฟกับชีโครี โดยใช้ อิทธิพลแทนน้ำตาลทรายของ Charoenphun & Puttha (2021) พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นกาแฟและรสชาติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นด้านความชอบรวม โดยเครื่องดื่มที่ใช้น้ำตาลทรายเป็นสารให้ความหวานมีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบทุกด้านอยู่ในระดับชอบมาก ($\bar{X} = 7.45-7.85$) ส่วนเครื่องดื่มที่ใช้อิทธิพลเป็นสารให้ความหวานมีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบทุกด้านอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ($\bar{X} = 6.50-7.40$) และการศึกษาของ

Costa *et al.* (2019) ที่ใช้อิริทธิทอลเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต พบว่าการใช้อิริทธิทอลแทนน้ำตาลทรายส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับลดลง ($p \leq 0.05$) ผู้บริโภคชอบโยเกิร์ตนี้เล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ($\bar{X} = 5.8-6.9$) ในขณะที่โยเกิร์ต ที่ใช้น้ำตาลทรายผู้บริโภคชอบมาก ($\bar{X} = 7.7-8.1$) ดังนั้นการใช้อิริทธิทอลแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยผสมขิงเพื่อสุขภาพจึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากกล้วย

ผลจากการพัฒนาเครื่องดื่มกล้วยผสมขิงรสใบเตยที่ได้สามารถใช้เป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพเพราะมีส่วนประกอบของกล้วยดิบผงที่มีคุณสมบัติด้านการย่อย มีใยอาหารสูง ไขมันต่ำ (Lal, 2020) รวมทั้งมีโปรตีน วิตามินบี วิตามินซี โพแทสเซียม โซเดียม ช่วยป้องกันมะเร็งลำไส้ กรดไหลย้อน โรคกระเพาะอาหาร และยังมีส่วนผสมของใบเตยซึ่งเป็นสมุนไพรที่นิยมบริโภคเป็นเครื่องดื่ม ทำให้เครื่องดื่มมีสีสวย และมีกลิ่นหอมสามารถปกปิดกลิ่นของผงกล้วยได้เป็นอย่างดี พร้อมทั้งมีสรรพคุณในการขับปัสสาวะ แก้ไข้ร้อนในกระหายน้ำ บำรุงหัวใจ อ่อนเพลีย รักษาโรคผิวหนัง โรคอสุกใสและหัด เพราะในใบเตยมีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญ เช่น ฟลาโวนอยด์ ไกลโคไซด์ อัลคาลอยด์ สเตอรอยด์ แทนนิน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน รวมถึงวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินซี วิตามินบี 1 บี 2 และบี 3 เป็นต้น จึงทำให้มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (Ghasemzadeh & Jaafar, 2013) รวมทั้งการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมใบเตยมีแนวโน้มที่ช่วยสามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยควบคุมน้ำหนัก ระดับไขมันในเลือด ความดัน และภาวะอักเสบในร่างกายได้ (อริสา ฤทธิธรม และคณะ, 2565) รวมทั้งยังใช้อิริทธิทอลเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายซึ่งให้พลังงานต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลทราย ทำให้เครื่องดื่มที่ใช้อิริทธิทอลแทนน้ำตาลทรายที่ได้พัฒนาแล้ว มีพลังงานลดลงถึง 18 กิโลแคลอรี เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย ทั้งนี้เนื่องจากสูตรควบคุมใช้น้ำตาลทราย 10 กรัม โดยน้ำตาลทราย 1 กรัมให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี (สำนักโภชนาการ, 2561) ดังนั้นพลังงานที่ได้รับทั้งสิ้นคือ 40 กิโลแคลอรีในขณะที่อิทธิทอล 1 กรัม ให้พลังงาน 0.2 กิโลแคลอรี (Gandhi *et al.*, 2018) ดังนั้นการใช้อิริทธิทอล 10 กรัม แทนน้ำตาลทราย 5 กรัม ทำให้พลังงานที่ได้รับเหลือเพียง 22 กิโลแคลอรีเท่านั้น จึงเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่เหมาะสมสำหรับผู้บริโภคในปัจจุบัน (bangkokbiznews, 2023; Charoenphun & Puttha, 2021)

4. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ พบว่า ผงกล้วยผสมขิงทั้งรสโกโก้และรสใบเตย มีความชื้นร้อยละ 2.68 และ 2.77 มียีสต์และรา ต่ำกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 1375/2550)

สรุป

ผลจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมชงเพื่อสุขภาพได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ จำนวน 2 รายการได้แก่ กล้วยผงพร้อมชงรสใบเตยที่มีส่วนผสมของกล้วยผง นมผง อิริทริทอล ใบเตยผง ร้อยละ 36.36, 13.64, 45.45 และ 4.55 และผงกล้วยพร้อมชงรสโกโก้ ที่มีส่วนผสมของกล้วยผง นมผง อิริทริทอล โกโก้ผง ร้อยละ 34.78, 13.04, 43.48 และ 8.70 และให้พลังงานลดลงจากสูตรที่ใช้ น้ำตาลทราย 18 กิโลแคลอรี สามารถนำผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้วไปจำหน่ายสร้างรายได้ให้กับชุมชนและลดขยะชุมชนได้

ผลจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมชงเพื่อสุขภาพได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ จำนวน 2 รายการได้แก่ กล้วยผงพร้อมชงรสใบเตยที่มีส่วนผสมของกล้วยผง นมผง อิริทริทอล ใบเตยผง ร้อยละ 36.36, 13.64, 45.45 และ 4.55 และผงกล้วยพร้อมชงรสโกโก้ ที่มีส่วนผสมของกล้วยผง นมผง อิริทริทอล โกโก้ผง ร้อยละ 34.78, 13.04, 43.48 และ 8.70 กล้วยผงพร้อมชงรสใบเตยและผงกล้วยพร้อมชงรสโกโก้ ที่เหมาะสม ใช้ปริมาณอิริทริทอล ร้อยละ 45.45 และ 43.48 ของส่วนผสมตามลำดับ และให้พลังงานลดลงจากสูตรที่ใช้ น้ำตาลทราย 18 กิโลแคลอรี (น้ำตาลทราย 5 กรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 29.41 และ 27.78 ของส่วนผสมตามลำดับ) สามารถนำผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้วไปจำหน่ายสร้างรายได้ให้กับชุมชน



ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยผงพร้อมชงรสโกโก้และรสใบเตยที่นำไปจำหน่ายในงานมหกรรมงานวิจัยแห่งชาติ 2565 (Thailand Research Expo 2022) ณ โรงแรมเซ็นทาราแกรนด์ และบางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์ กรุงเทพฯ

ข้อเสนอแนะ

1. นำผลิตภัณฑ์กล้วยผงพร้อมชงเพื่อสุขภาพที่พัฒนาไปขอมาตรฐานต่าง ๆ เช่น มผช. หรือ ออย.
2. ควรมีการศึกษาความต้องการบริโภคผลิตภัณฑ์จากแป้งกล้วยและช่องทางการส่งเสริมการขายผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากแป้งกล้วย
3. ควรมีการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพประเภทอื่น ๆ โดยใช้แป้งกล้วย เช่น อาหาร ขนม เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และขอขอบคุณ สมาชิกวิสาหกิจชุมชนเครือข่ายรวมใจตามรอยพ่อ ตำบลป่าเต็ง อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี ที่ร่วมดำเนินการงานวิจัยเสร็จสิ้นด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กฤติยา เชื้อนเพชร, เปี่ยมสุข สุวรรณภูมิ, วัชรพร พลพิช, และรวิภา จารุอารยนันท์. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงเพื่อสุขภาพ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 27 (6), 1023-1037.
- ฉัตรภา หัตถโกมล. (2564). น้ำตาลอิทริทอล (Erythritol) คืออะไร ส่งผลต่อสุขภาพอย่างไร. สืบค้นจาก <https://www.gourmetandcuisine.com/stories/detail/1209>
- ฐานิศร กนกเลิศฤทธิ์. (2565). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่เสริมแป้งกล้วย. *วารสารเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร*, 4 (1), 54-64.
- นลิตา เตชะศิริประภา. (2565). ตลาดเครื่องดื่มสุขภาพ 1 หมื่นล้าน เติบโตตามเทรนด์ผู้บริโภค TCP ส่งสินค้าใหม่ บั่นรายได้โต. สืบค้นจาก <https://plus.thairath.co.th/topic/politics&society/101822>
- นาฏยา อริยสุขโขษิต, และอนิชา สุขสมบุรณ์. (2566). สมบัติทางกายภาพและค่าดัชนีไกลซีมิกของแป้งกล้วยดิบและคุณภาพของพาสต้าจากแป้งกล้วยดิบ. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 15(3), 865-881.
- เนตรนภิส วัฒนสุชาติ, วนิดา เทวฤทธิ์, พิสุทธิ บุตรสุวรรณ, และวาสนา นาราศรี. (2555). การเพิ่มมูลค่ากล้วยน้ำว้าเพื่อการส่งออก. (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ.
- ปราณี อ่านเปรื่อง. (2557). *หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไผ่แดง ขวัญใจ, และสุวิฬี ฟองอินทร์. (2566). การใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งมันสำปะหลังในเส้นลอดช่องสิงคโปร์. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 15 (1), 1-13.
- พวงชมพู หงษ์ชัย, และนันท์วัฒน์ โลโซดา. (2561). ผลของการทดแทนแป้งกล้วยพรีเจลาตินในซอสคุณภาพบะหมี่. *วารสารวิจัยและพัฒนาวิทยาลัยอาชีวศึกษา ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 13 (3), 114-122.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, และนิธิยา รัตนปนนท์. (2565). Pandanus / ใบเตย. สืบค้นจาก <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2624/pandanus>
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, และนิธิยา รัตนปนนท์. (2567). Maltodextrin / มอลโทเดกซ์ทริน. สืบค้นจาก <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1914/maltodextrin>
- มิตรา จันท์เงา. (2561). *ผงกล้วยน้ำว้า รักษาโคกระเพาะอาหาร*. สืบค้นจาก https://www.technologychaoban.com/thailocal-wisdom/article_87469?fbclid

- วิจิตรา เหลียวตระกูล, วชิรญา เหลียวตระกูล, และธนาธิป หงษ์ทองสุข. (2564). **ผลของอุณหภูมิและความเข้มข้นในการสกัดต่อคุณภาพของน้ำใบเตย**. (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. (2544). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการ**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิริวรรณ อรรถสุวรรณ. (2567). **ส่งออก 5 เทรนด์เครื่องดื่มปี 2567 ที่ผู้ประกอบการห้ามพลาด**. สืบค้นจาก <https://www.thebusinessplus.com/beverage-industry/>
- ศูนย์วิจัยเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร. (2565). **ตลาดเครื่องดื่มฟังก์ชันนัลในประเทศไทย ปี 2564**. สืบค้นจาก <https://fic.nfi.or.th/market-intelligence-detail.php?smid=359>
- สถาบันอาหาร. (2567). **สำรวจยอดขายอาหารกลุ่ม Future food ยังน่าสนใจอยู่หรือไม่**. สืบค้นจาก https://www.nfi.or.th/food-warrior/files/WR-64-PPT-3-Futurefood_sale.pdf
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2567). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน : แป้งกล้วย**. สืบค้นจาก <https://tcps.tisi.go.th/public/Default.aspx>
- สำนักโภชนาการ. (2561). **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ค่าทางน้ำตาลและสารอนุพันธ์. (2564). **อิทธิพล คืออะไร ?**. สืบค้นจาก <https://www.csdlabservices.com/2020>
- อริสา ฤทธิธ, ณัฐวดี กันพิพิธ, และสุชาสินี ทัพพสารพงศ์. (2565). **การตรวจคัดกรองปริมาณสารประกอบทางเคมี ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและฤทธิ์ยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ในสารสกัดอ้อยดำและเตยหอม สำหรับใช้เป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ**. วารสารหมอยาไทยวิจัย, 8 (2), 111-130.
- bangkokbiznews. (2023). **พาณิชย์ เผย ตลาดเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพเกาหลีใต้โต เพิ่มโอกาสส่งออกไทย**. สืบค้นจาก https://www.bangkokbiznews.com/business/economic/1046592#google_vignette
- Carly, F., Vandermies, M., Telek, S., Steels, S., Thomas, S., Nicaud, J.M., & Fickers, P. (2017). Enhancing erythritol productivity in *Yarrowia lipolytica* using metabolic engineering. **Metabolic Engineering**, 42, 19-24.
- Charoenphun, N., & Puttha, R. (2021). Development of suitable formula for ready-to-drink healthy mixture of chicory and coffee. **Coffee Science**, 16, e161785. <https://doi.org/10.25186/v16i.1785>
- Chavan, K.G., & Babar, K.P. (2018). Study of immature banana powder and its utilization in Kurda. **International Journal of Agricultural Engineering**, 11 (sp Issue), 127-130.
- Chin, L., & Therdthai, N. (2018). Effect of Ripening Stage of Banana and Drying Methods on Properties of Flour for Mixed Banana Powder Drink. **Food and Applied Bioscience Journal**, 6 (Special Issue on Food and Applied Bioscience), 262-277.

- Costa, G. M., Paula, M. M., Barao, C. E., Klososki S. J., Bonaf, e E. G., Visentainer, J. V., Cruz, A. G., & Pimente T. C. (2019). Yoghurt added with *Lactobacillus casei* and sweetened with natural sweeteners and/or prebiotics: Implications on quality parameters and probiotic survival. **International Dairy Journal**, 97, 139-148.
- Fida, R., Pramafisi, G. & Cahyana,Y. (2020). Application of banana starch and banana flour in various food product : A review. **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, 443. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/443/1/012057>
- Gandhi, S., Gat, Y., Arya, S., Kumar, V., Panghal, A., & Kumar, A. (2018). Natural sweeteners: Health benefits of stevia. **Foods and Raw Materials**, 6(2), 392-402.
- Ghasemzadeh, A., & Jaafar, HZ. (2013). Profiling of phenolic compounds and their antioxidant and anticancer activities in pandan (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) extracts from different locations of Malaysia. **BMC Complementary and Alternative Medicine**. 13(1), 341.
- Jaiturong, P., Laosirisathian, N., Sirithunyalug, B., Eitssayeam, S., Sirilun,S., Chaiyana, W., & Sirithunyalug, J. (2020). Physicochemical and prebiotic properties of resistant starch from *Musa sapientum* Linn., ABB group,cv. Kluai Namwa Luang. **Heliyon**, 6(12), e05789. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05789>
- Lal, N. (2020). **The benefits of green banana flour, a new superfood and wheat flour substitute that's gluten-free and promotes gut health**. Retrieved from <https://www.scmp.com/lifestyle/health-wellness/article>
- Trirattanapikul, W., & Phoungchandang, S. (2016). Influence of Different Drying Methods on Drying Characteristics, Carotenoids, Chemical and Physical Properties of Gac Fruit Pulp (*Momordica cochinchinensis* L.). **International Journal of Food Engineering**, 12(4), 395-409.
- Wang, Y., Zhang, M., & Mujumdar, A.S. (2012). Influence of green banana flour substitution for cassava starch on the nutrition, color, texture and sensory quality in two types of snacks. **LWT - Food Science and Technology**, 47(1), 175-182.

การย้อมสีเส้นไหมด้วยดินแดงจากจังหวัดสุรินทร์: การพัฒนาเฉดสีและการประเมินความคงทนของสี

วีรญา สิงคินา^{1*}

Received : May 25, 2024

Revised : April 5, 2025

Accepted : April 30, 2025

บทคัดย่อ

การศึกษากระบวนการย้อมไหมจากดินแดง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารช่วยติดสีต่อการย้อมไหมด้วยดินแดง ค่าความเป็นกรดเบส ค่าความเข้มข้นของสีในระบบ CIELab ความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนต่อแสงแดด ผลการศึกษาพบว่าทำการหมักดินแดง โดยใช้อัตราส่วนดินแดง 2 กิโลกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร แช่เป็นเวลา 30 นาที ได้ผลดีที่สุด การเตรียมสารช่วยติดสีได้แก่ สารส้ม ใบมะขาม ใบผักโขมหนาม กระบวนการย้อมไหมแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ย้อมด้วยดินแดงอย่างเดียวโดยไม่ใช้สารช่วยติดสีเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง ชุดที่ 2 ย้อมไหมด้วยดินแดงโดยใส่สารช่วยติด สีของเส้นไหมมีเฉดสีส้ม ค่าสีของเส้นไหมให้ค่าความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 68.75 – 74.21 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) อยู่ในช่วง 14.61 – 18.24 และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) อยู่ในช่วง 23.22 – 29.16 เส้นไหมที่ย้อมด้วยดินแดง 12 ชั่วโมง และตามด้วยต้มน้ำใบมะขาม 15 นาทีให้สีเข้มที่สุด การทดสอบความคงทนของสีของเส้นไหมพบว่าความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนต่อแสงแดดอยู่ในระดับคุณภาพค่อนข้างดีมากที่สุดถึงดีมากที่สุด (4/5-5) ซึ่งในการนำดินแดงมาย้อมไหม เป็นการนำวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่นมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าไหม เพื่อให้ได้สีย้อมที่เป็นมิตรกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: การย้อมไหมด้วยดินแดง ความคงทนของสี สารช่วยติดสี

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
อีเมล: weeraya.sing82@gmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: weeraya.sing82@gmail.com

DYEING SILK WITH LATERITE SOIL FROM SURIN PROVINCE: DEVELOPMENT OF COLOR SHADES AND EVALUATION OF COLORFASTNESS

Weeraya Singcanipa ^{1*}

Abstract

The study of dyeing-silk processes using laterite soil was aimed to investigate the effects of the mordants towards dyeing silk using laterite soil, pH value, color-saturation values using the CIELab system, and colorfastness to washing and light. The research results indicated that fermenting 2 kilograms of laterite soil with 1 liter of water for 30 minutes provided the best result. Additionally, the mordant solution included alum, tamarind leaves, and thorn spinach leaves. The silk threads were divided into two sets: The first set was dyed using only laterite soil for 1, 12, and 24 hours, while the second set was dyed using laterite soil in combination with the previously mentioned colorants. After dyeing the silk, its color resulted in an orange shade. Its lightness (L^*) value of the shade was between 68.75 to 74.21, its redness (a^*) value was between 14.61 to 18.24, and its yellowness (b^*) value was between 23.22 to 29.16. The darkest shade of silk threads was dyed using laterite soil for 12 hours and was subsequently boiled with tamarind leaves for 15 minutes. The colorfastness test was revealed that the level of colorfastness to washing and the light was good to excellent (rated 4/5 to 5). In addition, dying the silk with laterite soil was a crucial way to employ locally natural materials to develop silk products, enabling the extraction of dyes that have been safe for both humans and the environment.

Keywords: Silks dyeing with Laterite Soil, Colorfastness, Mordants

¹ Lecturer, Bachelor of Education Program in Chemistry, Faculty of Science and Technology, Surindra Rajabhat University, e-mail: weeraya.sing82@gmail.com

* Corresponding author, e-mail: weeraya.sing82@gmail.com

บทนำ

ในปัจจุบันผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติถือเป็นหนึ่งในภูมิปัญญาไทยที่ได้รับการสืบทอดมาตั้งแต่อดีต โดยกระบวนการผลิตอาศัยการคัดสรรพันธุ์พืชและพัฒนาจนได้สีย้อมที่มีคุณภาพดี มีความคงทน สีสันไม่ตก และไม่ซีดจางง่าย ซึ่งพบในพืชเพียงไม่กี่ชนิด และเริ่มไม่เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากผลิตภัณฑ์จากผ้าย้อมสีธรรมชาติได้รับความนิยมมากขึ้น โดยเฉพาะในตลาดต่างประเทศ (สำนักวิจัยและพัฒนาหม่อนไหม กรมหม่อนไหม, 2566) ซึ่งให้ความสำคัญกับกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและลักษณะเฉพาะตัวของสีธรรมชาติที่ให้โทนสีนุ่มนวลไม่ฉูดฉาด การย้อมสีธรรมชาติมีจุดเด่นสำคัญคือความปลอดภัยต่อสุขภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับสีสังเคราะห์ที่อาจก่อให้เกิดการแพ้และการระคายเคืองต่อผิวหนัง รวมถึงส่งผลกระทบต่อระบบหายใจ (Ghosh & Das, 2015) นอกจากนี้ สีสังเคราะห์บางชนิด เช่น สีเอโซ (Azo dyes) ยังสามารถสลายตัวเป็นสารอะโรมาติกเอมีน (Aromatic amines) ซึ่งมีคุณสมบัติก่อมะเร็ง (Weisburger, 2002) แม้ว่าสีธรรมชาติจะมีข้อดีในด้านความปลอดภัย แต่ก็มีข้อจำกัดบางประการ เช่น การติดสีต่ำ (Low color yield) เฉดสีที่ได้อาจไม่เหมือนกันในแต่ละครั้ง และมักทำซ้ำได้ยาก สีที่ย้อมอาจซีดจางหรือตกสีระหว่างการใช้งาน อีกทั้งยังมีความคงทนของสีต่อการซักและแสงต่ำ ซึ่งไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ดีเท่าสีสังเคราะห์ (มาหามะสุโฮมิ มะแซ และพชิญา พิศสุวรรณ, 2562) เพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว มีการนำสารช่วยติดสี (Mordant) มาใช้ในการย้อมสีธรรมชาติ เช่น น้ำขี้เถ้า ยางกล้วย และโคลน ซึ่งช่วยเพิ่มความคงทนของสีและการติดเส้นใย (คิวพร แก่นจันทร์ และปิยะพร คามภิรภาพพันธ์, 2557) การพัฒนาเทคนิคเหล่านี้ไม่เพียงช่วยเพิ่มคุณภาพของผ้าย้อมสีธรรมชาติ แต่ยังเป็นการอนุรักษ์และต่อยอดภูมิปัญญาไทยให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดในปัจจุบัน

จังหวัดสุรินทร์เป็นจังหวัดที่มีวัฒนธรรมในเรื่องการทอผ้าไหม และการย้อมสีไหมที่มีมาตั้งแต่สมัยบรรพบุรุษจนถึงปัจจุบัน ดังคำขวัญที่ว่า “สุรินทร์ถิ่นช้างใหญ่ ผ้าไหมงาม ประคำสวย ร่ำรวยปราสาท ผักกาดหวาน ข้าวสารหอม งามพร้อมวัฒนธรรม” ตลอดจนประเพณีวัฒนธรรมต่างๆ ซึ่งมีอิทธิพลต่อลวดลายของผ้าไหม การผลิตเส้นไหมและกรรมวิธีการทอ การทอผ้าจะทำหลังจากสิ้นสุดฤดูการทำนา ซึ่งเป็นอาชีพหลัก แหล่งผลิตผ้าไหมในจังหวัดสุรินทร์จึงมีเกือบทุกหมู่บ้าน ภูมิปัญญาการทอผ้าไหมพื้นเมือง บ้านท่าสว่าง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ นับเป็นศาสตร์ความรู้ที่มีประวัติความเป็นมายาวนานหลายชั่วอายุคน ช่างทอผ้าไหมบ้านท่าสว่างยังคงรักษามรดกภูมิปัญญาการทอผ้าไหมพื้นเมืองในด้านรูปแบบสีสันลวดลาย และความประณีตงดงามในการทอไว้อย่างครบถ้วน ซึ่งเป็นเทคนิคการทอแบบโบราณอันเป็นเอกลักษณ์มาจนถึงปัจจุบัน ภูมิปัญญาช่างทอส่วนใหญ่เป็นชนกลุ่มชาติพันธุ์เขมร หรือเรียกว่า “ชาวไทยเชื้อสายเขมร” เทคนิคการทอส่วนใหญ่เป็นการทอ “มัดหมี่” (อัคราพร สุขทอง และคณะ, 2566)

ดินแดง (Laterite soil) มีองค์ประกอบหลัก คือ ซิลิกอนออกไซด์ (SiO_2) 79.0% และอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) 10.90% เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) 6.29% แคลเซียมออกไซด์ (CaO) 0.39% (อรทิมา จันทรสิงห์ และคณะ, 2565) ดินแดงสามารถนำมาย้อมผ้าได้และมีกลุ่มทอผ้าหลายพื้นที่นำไปใช้ย้อมเส้นใยฝ้ายเป็นส่วนใหญ่ อาทิเช่น ผ้าพื้นเมืองย้อมสีธรรมชาติจังหวัดมุกดาหาร ที่ยังคงย้อมผ้าด้วยดินแดงแบบโบราณเรียกว่าการย้อมผ้าอาบแดง นอกจากนี้จังหวัดบุรีรัมย์ได้รื้อฟื้นภูมิปัญญาของบรรพบุรุษที่มีการนำเอาดินแดงจากดินภูเขาไฟมาย้อมและทอเป็นผ้าฝ้ายในนาม “ภูอัคนี” สำหรับจังหวัดกาฬสินธุ์ก็ร่วมรื้อฟื้นภูมิปัญญาวัฒนธรรมการทอผ้าพื้นเมืองแบบโบราณเชิงสร้างสรรค์โดยการย้อมดินแดงจากชุดดินยโสธรในนาม “ไอดินกลิ่นไพร” (ธีรกานต์ โพธิ์แก้ว, 2556) จะพบว่าแม้การย้อมสีธรรมชาติได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น แต่ยังคงขาดการศึกษาเฉพาะทางเกี่ยวกับการใช้ดินแดงในกระบวนการย้อมไหมอย่างยั่งยืน สำหรับพื้นที่ทำวิจัยในจังหวัดสุรินทร์ พื้นที่หมู่บ้านระเวียง ตำบลระเวียง อำเภอนโนนารายณ์ มีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม พื้นที่บางส่วนเป็นพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ บางแห่งเป็นป่าสงวนเสื่อมโทรม พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินแดง (องค์การบริหารส่วนตำบลระเวียง, 2566)

จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาการย้อมไหมด้วยดินแดงจากดินในหมู่บ้านระเวียง ตำบลระเวียง อำเภอนโนนารายณ์ จังหวัดสุรินทร์โดยย้อมร่วมกับสารช่วยติดสีได้แก่ สารส้ม ใบมะขาม และใบผักโขมหนาม เพื่อดูความเป็นไปได้ในการนำดินแดงที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการย้อมไหม นอกจากนี้เพื่อเป็นการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไหมสู่ตลาดสากล

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษากระบวนการย้อมสีเส้นไหมจากดินแดงและผลของสารช่วยติดสีต่อความเข้มของสีและความคงทนของสีของเส้นไหม จากดินแดงในหมู่บ้านระเวียง ตำบลระเวียง อำเภอนโนนารายณ์ จังหวัดสุรินทร์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. อุปกรณ์ วัสดุ และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือ ได้แก่ 1) เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส (pH Meter) ยี่ห้อ JENWAY รุ่น 3510 2) เครื่องวัดสี (Chroma Meter) ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CR-400 3) เครื่องทดสอบการซักล้าง (Washing fastness tester) 4) เกรย์สเกลสำหรับการเปื้อนสี (Gray scale for staining)

วัตถุดิบ ได้แก่ 1) ดินแดง 2) ใบมะขาม 3) ใบผักโขมหนาม

สารเคมี ได้แก่ 1) โพแทสเซียมซัลเฟตหรือสารส้ม (Alum)

2. การเก็บตัวอย่าง

ดินแดงที่ใช้ในการทำวิจัยโดยเก็บตัวอย่างดินแดงในพื้นที่ป่าบ้านระเวียง ตำบลระเวียง อำเภอนอนนารายณ์ จังหวัดสุรินทร์

3. การเตรียมน้ำย้อมจากดินแดง

นำดินแดงมาร่อนผ่านตะแกรง ชั่งดินแดงจำนวน 2 กิโลกรัม เติมน้ำสะอาดจำนวน 1 ลิตร แช่ดินแดงทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นใช้มือบีบและขยำดินร่วมกับน้ำในภาชนะที่เตรียมไว้ โดยให้น้ำซึมเข้าสู่เนื้อดินอย่างทั่วถึง และดินมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้สารละลายดินแดงที่มีลักษณะเหลว สีส้มอ่อน ในอัตราส่วน 2 : 1 น้ำหนักต่อปริมาตร (w/v)

4. การเตรียมสารช่วยติดสี

เตรียมสารช่วยติดสี 3 ชนิด ได้แก่ สารส้ม ใบมะขาม ใบผักโขมหนาม ดังนี้

4.1 สารส้ม นำสารส้มอัตราส่วน 10 กรัม ต่อน้ำ 300 มิลลิลิตร ต้มเป็นเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น วัดค่า pH

4.2 ใบมะขาม นำใบมะขามสดอัตราส่วน 10 กรัม ต่อน้ำ 300 มิลลิลิตร ต้มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น วัดค่า pH

4.3 ใบผักโขมหนาม นำผักโขมหนามสดอัตราส่วน 10 กรัม ต่อน้ำ 300 มิลลิลิตร ต้มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น วัดค่า pH

5. การย้อมเส้นไหม

นำเส้นไหมที่ฟอกขาวไหมแล้วจำนวน 2 กรัม ไปแช่น้ำสะอาดเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นบิดให้แห้งพอหมาดๆ นำไปผึ่งลม 5 นาที แล้วนำไปย้อมดินแดง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 12 กลุ่มทดลอง ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ A - C ย้อมด้วยดินแดง โดยนำเส้นไหมที่ผ่านการฟอกขาวไหมไปย้อมดินแดง โดยไม่ใส่สารช่วยติดสี ทำการนวดคลุกเคล้าให้เส้นไหมกับดินแดงเข้าด้วยกัน หมักทิ้งไว้ในภาชนะเปิดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง ตามลำดับ โดยให้กลับพลิกและนวดเส้นไหมทุกๆ 15 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนดรินน้ำออกจากเส้นไหมให้พอหมาดๆ นำไปผึ่งลม 5 นาที จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำสะอาดจนกระทั่งใสไม่มีสี นำไปผึ่งลมให้แห้ง นำน้ำย้อมหลังการย้อมมาวัดค่า pH

กลุ่มทดลองที่ D - F ย้อมด้วยดินแดง และใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสีหลังย้อม โดยนำเส้นไหมที่ผ่านการฟอกขาวไหมกับด้วยดินแดง (เตรียมได้จากข้อ 3) โดยการนวดคลุกเคล้าให้เส้นไหมกับดินแดงเข้าด้วยกัน หมักทิ้งไว้ในภาชนะเปิดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง ตามลำดับ โดยให้กลับพลิกและนวดเส้นไหมทุกๆ 15 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนดรินน้ำออกจากไหมพอหมาดๆ นำไปผึ่งลม 5 นาที จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำสะอาดจนกระทั่งน้ำใสไม่มีสี นำไปผึ่งลม 5 นาที จากนั้นนำน้ำสารส้มปริมาณ 300 มิลลิลิตร

นำเส้นไหมที่ย้อมด้วยดินแดงลงไปต้มเดือดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำไปผึ่งลม 5 นาที จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำสะอาด จนกระทั่งน้ำใสไม่มีสี นำไปผึ่งลมให้แห้ง นำน้ำย้อมหลังการย้อมมาวัดค่า pH

กลุ่มทดลองที่ G - I ย้อมด้วยดินแดง และใช้ใบมะขามเป็นสารช่วยติดสีหลังย้อม โดยกระบวนการการย้อมจะเหมือนกลุ่มทดลองที่ D-F แต่ใช้ใบมะขามแทนสารส้ม

กลุ่มทดลองที่ J - L ย้อมด้วยดินแดง และใช้ใบผักโขมหนามเป็นสารช่วยติดสีหลังย้อม โดยกระบวนการการย้อมจะเหมือนกลุ่มทดลองที่ D-F แต่ใช้ใบผักโขมหนามแทนสารส้ม

6. การทดสอบคุณภาพเส้นไหมหลังการย้อม

6.1 การทดสอบวัดค่าความเข้มของสี (Intensity color) ทำการสอบเทียบ (Calibration) เครื่องวัดค่าความสว่าง (Chroma Meter) เพื่อตรวจเช็คค่าบนแผ่น White Calibration Plate ก่อนการใช้งาน จากนั้นนำเส้นไหมที่ย้อมแล้วไปวัดความเข้มของสีโดยใช้เครื่อง Spectrometer รุ่น Spectraflash 500 ระบบ CIE $L^*a^*b^*$ โดยเครื่องวัดสี (Chroma Meter) บันทึกค่าที่อ่านได้แล้วนำค่าไปรายงานผลเป็นค่า L^* = ค่าความสว่าง a^* = ค่าความเป็นสีเขียว-แดง และ b^* = ค่าความเป็นสีน้ำเงิน-เหลือง (L^* มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึง สีดำ L^* มีค่าเท่ากับ 100 หมายถึง สีขาว a^* เป็นบวก หมายถึง ความเป็นสีแดง a^* เป็นลบ หมายถึงความเป็นสีเขียว b^* เป็นบวก หมายถึง ความเป็นสีเหลือง และ b^* เป็นลบ หมายถึง ความเป็นสีน้ำเงิน)

6.2 การทดสอบเทียบค่าสีมาตรฐาน (Pantone) นำเส้นไหมที่ได้ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับสี โดยนำเส้นไหมที่ย้อมแล้วไปประเมินลักษณะของสีโดยเทียบแผ่นสีมาตรฐาน (Pantone)

6.3 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง (Washing tester) ตามมาตรฐาน มอก.121 เล่ม 3-2552 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552ก) นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้ใส่กระบอกซักใส่ลูกเหล็กกลมลงไปในกระบอกซักที่มีชิ้นทดสอบ เติมน้ำสะอาด 30 มิลลิลิตรปิดฝากระบอก ซักด้วยเครื่องซักที่อุณหภูมิ 40 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เมื่อซักเสร็จนำชิ้นทดสอบออกจากกระบอกซัก จากนั้นล้างชิ้นทดสอบด้วยน้ำกลั่น กำจัดน้ำส่วนเกินออก โดยการบีบชิ้นทดสอบด้วยมือ ผึ่งให้แห้งหรือนำเข้าตู้อบ ประเมินการเปลี่ยนสีของผ้าประภโดยใช้เกรย์สเกล

6.4 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดด (Color Fastness to light) ตามมาตรฐาน มอก. 121 เล่ม 14-2552 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552ข) นำกระดาดมาประกบปิดเส้นไหมไว้ด้านหนึ่ง นำไปตากแดดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำเส้นไหมมาประเมินโดยใช้เกรย์สเกล

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการศึกษาค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของน้ำย้อมก่อนย้อมและหลังย้อม ผลการทดลองดังตารางที่ 1 ค่าความเป็นกรด-เบสของดินแดงก่อนย้อมมีค่าเท่ากับ 6.40 และหลังย้อมมีค่า pH เท่ากับ 6.26, 6.24 และ 6.23 ตามลำดับ พบว่าน้ำย้อมดินแดงที่ไม่ใส่สารช่วยติดสี มีสมบัติเป็นกรดอ่อน ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ นันทิยา อัจฉรวรรณ และคณะ (2554) รายงานว่าค่าความเป็นกรดของดินแดงมีค่า pH เท่ากับ 8.99 มีสมบัติเป็นเบส แต่ดินแดงในหมู่บ้านระเวียงค่อนข้างสมบูรณ์ เนื่องจากแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ในดินปล่อยไนโตรเจนจากอินทรีย์วัตถุได้ดีที่สุดช่วง pH 5.5-7.0 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ćirić et al. (2023) ที่รายงานค่า pH มีผลต่อการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (Cation Exchange Capacity - CEC) โดยค่า pH ของดินมีค่าต่ำ ไอออนที่อยู่บนอนุภาคดินจะเป็นไอออนลบและไอออนบวก ทำให้ไอออนที่มาดึงดูดจึงเป็นได้ทั้งไอออนบวกและไอออนลบ เมื่อค่า pH เข้าใกล้ 7 ไอออนที่อนุภาคดินส่วนใหญ่เป็นไอออนลบดึงดูดเฉพาะไอออนบวก ไอออนบวกคือธาตุกลุ่มโลหะอยู่ในรูป oxides ของแคลเซียม เหล็ก และอะลูมิเนียม

ในการศึกษาสมบัติการเป็นกรดเบสของสารช่วยติดสี (Mordant) ได้แก่ สารส้ม ใบมะขาม และใบผักโขมหนาม พบว่าก่อนย้อมสารส้ม ใบมะขาม และใบผักโขมหนาม มีค่า pH ประมาณ 3.3 3.5 และ 7.6 ตามลำดับ หลังย้อมสารส้ม ใบมะขาม และใบผักโขมหนาม มีค่า pH ประมาณ 3.3, 4.8 และ 7.0 ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าค่าพีเอชของน้ำย้อมเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยหลังการย้อม เนื่องจากสารช่วยติดสีบางชนิด เช่น ใบมะขามมีกรดอินทรีย์ (กรดซิตริก กรดมาริก และกรดทาตาลิก) ซึ่งช่วยเพิ่มการดูดซับสีย้อมโดยทำให้โปรตีนในเส้นไหมสามารถจับกับเม็ดสีได้ดีขึ้น ใบผักโขมหนามมีสมบัติเป็นเบสอ่อน เนื่องจากในใบผักโขมหนามมีเบตาเลน มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) และใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและย้อมสีธรรมชาติอย่างแพร่หลาย มีองค์ประกอบเป็นแทนนินและฟลาโวนอยด์ (จุฑามาศ เมรสนัด และคณะ, 2561) ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของธีรกานต์ โพธิ์แก้ว (2556) รายงานว่าบ้านเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ มีการนำเอาดินแดงจากดินภูเขาไฟมาย้อมผสมน้ำเปลือกไม้ประดู่เพื่อรักษาสีให้คงทน สีที่ได้คือสีส้มแดง และทอเป็นผ้าฝ้ายในนาม “ภูอัคนี” จะเห็นได้ว่าการย้อมนี้เป็นการใช้สารช่วยติดสีหลังการย้อมสี (Post - mordant) ส่งผลให้น้ำย้อมหลังการย้อมมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบสเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 1 ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำย้อมทั้ง 12 กลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลอง	เวลาย้อม (ชั่วโมง)	สารช่วยติดสี	ค่าความเป็นกรด-เบส (pH)	
			pH ก่อนย้อม	pH หลังย้อม
A	1	ไม่มี	6.40	6.26
B	12	ไม่มี	6.40	6.24
C	24	ไม่มี	6.40	6.23

ตารางที่ 1 ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำย้อมทั้ง 12 กลุ่มทดลอง (ต่อ)

กลุ่มทดลอง	เวลาย้อม (ชั่วโมง)	สารช่วยติดสี	ค่าความเป็นกรด-เบส (pH)	
			pH ก่อนย้อม	pH หลังย้อม
D	1	สารส้ม	3.31	3.37
E	12	สารส้ม	3.33	3.37
F	24	สารส้ม	3.33	3.29
G	1	ไบมะขาม	3.53	4.30
H	12	ไบมะขาม	3.52	4.73
I	24	ไบมะขาม	3.58	4.81
J	1	ไบผักโขมหนาม	7.43	7.04
K	12	ไบผักโขมหนาม	7.92	7.71
L	24	ไบผักโขมหนาม	7.63	7.56

การวัดค่าสีของเส้นไหมด้วยระบบ $CIEL^*a^*b^*$ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าค่าความสว่างของเส้นไหม (L^*) เส้นไหมย้อมด้วยดินแดง 24 ชั่วโมงแล้วตามด้วยสารส้ม (ชุด F) มีค่าความสว่างมากที่สุด ค่าสีแดงของเส้นไหม (a^*) พบว่าเส้นไหมย้อมด้วยดินแดง 12 ชั่วโมงตามด้วยสารส้ม (ชุด E) มีค่าสีแดงมากที่สุด ค่าสีเหลืองของเส้นไหม (b^*) พบว่าเส้นไหมย้อมด้วยดินแดง 24 ชั่วโมง ไม่ใส่สารช่วยติดสี (ชุด C) มีค่าสีเหลืองมากที่สุด

ตารางที่ 2 ค่าสีระบบ $CIEL^*a^*b^*$ ของเส้นไหมและสีของเส้นไหมเทียบกับมาตรฐาน Pantone

กลุ่มทดลอง	ค่าสี			สีของเส้นไหมเทียบกับ Pantone	
	L^*	a^*	b^*		
A	74.15±0.20	17.31±0.12	26.64±0.16	Peach Cobbler 14-1231 TPX	
B	73.95±0.32	17.52±0.34	27.62±0.81	Peach Cobbler 14-1231 TPX	
C	71.68±0.91	17.43±0.50	29.16±0.65	Pumpkin 14-1139 TPX	
D	74.17±0.64	17.51±0.14	26.86±0.64	Prairie Sunset 13-1021 TPX	
E	73.42±0.72	18.24±0.44	28.20±0.10	Pumpkin 14-1139 TPX	

ตารางที่ 2 ค่าสีระบบ CIEL*a*b* ของเส้นไหมและสีของเส้นไหมเทียบกับมาตรฐาน Pantone (ต่อ)

กลุ่มทดลอง	ค่าสี			สีของเส้นไหมเทียบกับ Pantone	
	L^*	a^*	b^*		
F	74.21±0.41	17.93±0.32	27.64±0.41	Coral Sands 14-1224 TPX	
G	68.75±0.32	14.61±0.39	23.22±0.71	Canyon Sunset 15-1333 TPX	
H	69.05±0.41	15.04±0.48	24.03±0.19	Copper Tean 16-1338 TPX	
I	70.91±0.33	15.68±0.44	25.35±0.72	Copper Tean 16-1338 TPX	
J	73.48±0.84	16.22±0.56	25.94±0.62	Salmon Butt 14-1135 TPX	
K	72.14±0.85	16.60±0.56	25.22± 0.78	Apricot Wash 14-1230 TPX	
L	74.15±0.20	17.31±0.12	26.64±0.16	Peach 14-1227 TPX	

หมายเหตุ : L^* = ค่าความสว่าง a^* ค่าความเป็นสีแดง-สีเขียว และ b^* ค่าความเป็นสีเหลือง-สีน้ำเงิน

ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าสว่าง (L^*) ของเส้นไหมที่ไม่ใส่สารช่วยติดสี ใส่สารส้มและใบผักโขมหนามให้ผลที่ไม่แตกต่างกันมากนัก การใช้ใบมะขามเป็นสารช่วยติดสีให้ค่าความสว่างน้อยที่สุด เนื่องจากใบมะขามจะมีกรดซิตริก กรดมาริก และกรดทาฮาสิก ซึ่งกรดเหล่านี้มีหมู่ฟังก์ชันของคาร์บอกซิลิก ($-\text{COOH}$) จะสร้างพันธะไฮโดรเจนกับหมู่อะมิโนของเส้นไหม ส่งผลให้เส้นไหมเพิ่มความสามารถในการติดสีมากขึ้นจาก 1 ตำแหน่งเป็น 3 ตำแหน่ง (Bakr et al., 2020) จึงทำให้การดูดซับสีของเส้นไหมได้ดี ส่วนสารส้มเป็นสารช่วยติดสีที่ทำให้เส้นไหมสว่างมากที่สุด เนื่องจากสารส้มมีองค์ประกอบเป็นอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ (Al^{3+}) สามารถสร้างพันธะพันธะไฮดรอกไซด์หรือพันธะโคเวเลนต์บางส่วนกับหมู่คาร์บอกซิล ($-\text{COOH}$) และหมู่อะมิโน ($-\text{NH}_2$) ในเส้นไหม ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของศิวพร แก่นจันทร์ และปิยะพร คามภิรภาพพันธ์ (2557) ได้ศึกษาการย้อมไหมด้วยสีจากกากกาแฟโดยใช้สารสกัดเปลือกหับทิมเป็นสารช่วยติด รายงานว่าการใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสีส่งผลให้วัตถุดิบค่าความเข้มของสีมากที่สุด

จากผลการวัดค่าสีของเส้นไหมพบว่าเส้นไหมที่ย้อมด้วยดินแดงไม่ใส่สารช่วยติดสีและใส่สารช่วยติดสีให้ค่าความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 68.75 – 74.21 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) อยู่ในช่วง 14.61 – 18.24 และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) อยู่ในช่วง 23.22 – 29.16 ส่งผลให้ได้เส้นไหมเฉดสีน้ำตาลทองถึงน้ำตาลเข้ม ซึ่งสอดคล้องกับการเทียบสีมาตรฐาน (Pantone)

ตารางที่ 3 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อแสงแดด

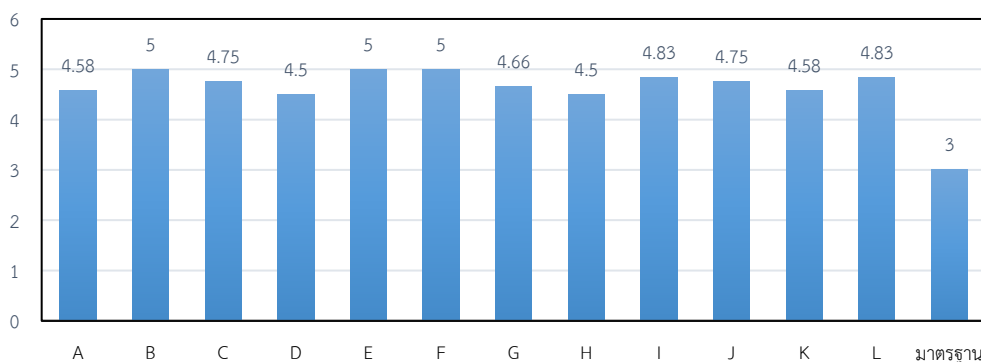
กลุ่มทดลอง	เวลาย้อม (ชั่วโมง)	สารช่วยติดสี	ความคงทนของสี	
			ต่อการซัก	ต่อแสงแดด
A	1	ไม่มี	4/5	5
B	12	ไม่มี	5	5
C	24	ไม่มี	4/5	5
D	1	สารส้ม	4	5
E	12	สารส้ม	5	5
F	24	สารส้ม	5	5
G	1	ใบมะขาม	4/5	5
H	12	ใบมะขาม	4/5	4/5
I	24	ใบมะขาม	5	4/5
J	1	ใบผักโขมหนาม	5	4/5
K	12	ใบผักโขมหนาม	4/5	4/5
L	24	ใบผักโขมหนาม	5	4/5

หมายเหตุ : ระดับ 5 หมายถึง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี 4 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย 3 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงพอสังเกตเห็นได้ 2 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก และ 1 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงมาก

ผลการทดสอบความคงทนของสีของเส้นไหมที่ย้อมด้วยดินแดง ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าเส้นไหมส่วนใหญ่มีความคงทนของสีต่อการซักอยู่ในระดับคุณภาพค่อนข้างดีมากที่สุดถึงดีมากที่สุด (4/5-5) ในขณะที่ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดด พบว่าเส้นไหมมีความคงทนอยู่ในระดับคุณภาพค่อนข้างดีมากที่สุดถึงดีมากที่สุด (4/5-5) เช่นเดียวกัน

โดยในการย้อมสีวัสดุต่างๆ ด้วยสารช่วยติดสีส่งผลให้วัสดุนั้นๆ มีความคงทนของสีดีกว่าการที่ไม่ใช้สารช่วยติด ส่วนใบมะขามเป็นสารช่วยติดสีที่ทำให้ผ้าสีเข้มที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากสีของดินจะเป็นสีออกไซด์ของเหล็กและอลูมิเนียมซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอรทิมา จันทรสิงห์ และคณะ (2565) ที่ทำให้สีเข้มขึ้นเมื่อเวลาที่นวดเส้นไหมกับดินแดงจะมีการแลกเปลี่ยนไอออนในดินหรือการแลกเปลี่ยนไอออนบวกและไอออนลบได้ ทำให้ดินสามารถดูดซับประจุบวกและประจุลบได้ ส่วนใบผักโขมหนามมีความคงทนของสีมากกว่าใบมะขาม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Laity et al. (2019) ใบผักโขมหนามมีสารฟลาโวนอยด์ บริเวณหมู่คาร์บอนิลที่ C4 ของวงแหวน C กับหมู่ OH ที่ตำแหน่ง C3 หรือ C5 จะว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับไอออนของโลหะเป็นอย่างมาก

ความคงทนของสีของเส้นไหมเฉลี่ยพบว่า ค่าเฉลี่ยของเส้นไหมที่ให้ความคงทนของสีมากที่สุดอยู่ในระดับคุณภาพดีมากที่สุด (5) คือ เส้นไหมย้อมด้วยดินแดง 12 ชั่วโมง ไม่ใส่สารช่วยติดสี (ชุด B) การย้อมด้วยดินแดง 12 ชั่วโมงตามด้วยสารส้ม (ชุด E) และการย้อมด้วยดินแดง 24 ชั่วโมงตามด้วยสารส้ม (ชุด F) ดังในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยความคงทนของเส้นไหมต่อการซักและต่อแสงเทียบกับมาตรฐาน

จากผลการศึกษาความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อแสงแดด พบว่าเส้นไหมที่ย้อมด้วยดินแดงและสารส้ม มีความคงทนของสีสูงสุด เนื่องจากไอออนของอลูมิเนียม (Al^{3+}) ในสารส้มสามารถสร้างพันธะไอออนิกหรือพันธะโควาเลนต์บางส่วนกับหมู่คาร์บอกซิล ($-COOH$) และหมู่อะมิโน ($-NH_2$) บนเส้นไหม ทำให้เกิดการยึดติดของสีที่แข็งแรงขึ้น สอดคล้องกับงานของ อัจฉรวรรณ และคณะ (2554) ซึ่งได้ทำการศึกษการสกัดสีย้อมผ้าจากดินแดง ผ้าไหมที่ย้อมพร้อมสารช่วยติดชนิดเกลือ สารส้ม ผงขุรส เมื่อทดสอบตามวิธีมาตรฐานอุตสาหกรรมมีค่าความคงทนของสีต่อการซักอยู่ในระดับดีถึงดีที่ที่สุด (ระดับ 4 ถึง 5) สัมมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (Colorchange) อยู่ในระดับดีพอใช้ (ระดับ 4) เนื่องจากเส้นไหมที่ย้อมโดยใส่สารช่วยติดจะสามารถรวมกับโมเลกุลของสีเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสี (Metal Dye Complexes) สามารถผนึกอยู่ในเส้นใยของวัตถุที่นำมาย้อมได้ดีขึ้น ทำให้โมเลกุลของสีมีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้มีความคงทนมากขึ้น

สรุป

การย้อมสีเส้นไหมด้วยดินแดงจากจังหวัดสุรินทร์ การพัฒนาเฉดสีและการประเมินความคงทนของสี การศึกษาค่าความเป็นกรด-เบส (pH) น้ำย้อมจากดินแดงมีคุณสมบัติเป็นกรด สารช่วยติดสีที่มีสมบัติเป็นกรด ได้แก่ สารส้ม และใบมะขาม ส่วนใบผักโขมหวานมีสมบัติเป็นเบสอ่อน ในกระบวนการย้อมสีเส้นไหมจำเป็นต้องเติมสารช่วยติดสีเพื่อให้สีติดทนนาน เนื่องจากเส้นไหมเป็นเส้นใยโปรตีนชนิดที่เรียกว่า ไฟโบรอิน (Fibroin) ทำหน้าที่ช่วยยึดเส้นใยไว้ด้วยกัน เส้นไหมมีคุณสมบัติเป็นกรด โดยทั่วไปสารธรรมชาติหรือรงควัตถุในพืชจะไวต่อกรดมากกว่าเบสทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสีย้อมนั้น (ชนาธินาถ ไชยภู, 2556) จะพบว่าการหมักเส้นไหมในสารละลายดินแดงเป็นเวลา 12 ชั่วโมงให้ผลที่ดีที่ที่สุด นอกจากนี้การย้อมเส้นไหมด้วยสารส้มภายหลังการหมักสามารถช่วยเพิ่มความเงางามของเส้นไหม ในกรณีที่ต้องการเพิ่มความเข้มของสี สามารถใช้ใบมะขามสดเป็นสาร

ช่วยติดสีเพิ่มเติม การย้อมนี้เป็นการใช้สารช่วยติดสีหลังการย้อมสี (Post - mordant) ผลการวัดค่าสีของเส้นไหมพบว่าเส้นไหมที่ย้อมด้วยดินแดงไม่ใส่สารช่วยติดสีและใส่สารช่วยติดสีให้ค่าความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 68.75 – 74.21 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) อยู่ในช่วง 14.61 – 18.24 และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) อยู่ในช่วง 23.22 – 29.16 ส่งผลให้ได้เส้นไหมเฉดสีส้มอ่อน ซึ่งสอดคล้องกับการเทียบสีมาตรฐาน (Pantone) จากผลการศึกษาความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อแสงแดด พบว่าการย้อมไม่ใส่สารช่วยติดสี และการย้อมเส้นไหมใส่สารส้มเป็นสารช่วยติดสีให้ความคงทนอยู่ในระดับดีมากที่สุด การศึกษาการย้อมสีเส้นไหมจากดินแดงในจังหวัดสุรินทร์ สามารถผลิตเฉดสีส้มและสีน้ำตาลที่มีความคงทนสูง เส้นไหมมีลักษณะอ่อนนุ่ม เหมาะสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าไหมคุณภาพสูง สามารถนำไปเป็นแนวทางในการนำดินแดงที่มีอยู่ในธรรมชาติมาย้อมเพื่อเพิ่มมูลค่าแก่เส้นไหมได้

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาการย้อมไหมด้วยดินแดงในครั้งต่อไปอาจเพิ่มการทดสอบความคงทนต่อการกดทับด้วยความร้อน ต่อการขัดถู และต่อเหงื่อ และควรมีการนำดินแดงจากพื้นที่อื่นมาย้อมเพื่อทำการเปรียบเทียบ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่สาขาวิชาเคมีทุกท่าน ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ตลอดจนห้องปฏิบัติการเคมีในการทำวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- จุฑามาศ เมรสนัด, วนิดา สืบสายพรหม, ทศพล พรพรหม, และจำเนียร ชมภู. (2561). ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากวัชพืชบางชนิด. วารสารเกษตร, 34(3), 373-384.
- ชนาธินาถ ไชยภู. (2556). การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายมัดย้อมสีธรรมชาติจากเปลือกสะตอกรณีศึกษากลุ่มมัดย้อมสีธรรมชาติบ้านคีรีวง อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ธีรกานต์ โพธิ์แก้ว. (2556). วัฒนธรรมสร้างสรรค์ย้อมดินเป็นดาว: ภูมิปัญญาท้องถิ่นการทอผ้าพื้นเมืองด้วยการย้อมสีธรรมชาติจากดินแดงภาคอีสานเพื่อสร้างความเป็นเอกลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน. กาฬสินธุ์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์.

นันทิยา อัจฉรวารณ, ไพรัช วงศ์ยุทธไกร, และสมพล มงคลพิทักษ์สุข. (2554). การสกัดสีย้อมผ้าจากดินแดง.

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา, 5(1), 26-35.

มาหามะสุโฮมมี มะแซ และพชญา พศิสุวรรณ, (2562). การพัฒนาการย้อมผ้าไหมจากใบมันสำปะหลังเพื่อ

ยับยั้งแบคทีเรียและต้านรังสียูวี. สงขลา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

ศิวพร แก่นจันทร์, และปิยะพร คามภิรภาพันธ์. (2557). การย้อมไหมด้วยสีจากกากกาแฟโดยใช้สารสกัด

เปลือกทับทิมเป็นสารช่วยติด. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2552ก). วิธีทดสอบสิ่งทอ ความคงทนของสีต่อการซักด้วยสบู่

หรือสบู่และโซดา. มอก.121 เล่ม 3

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2552ข). วิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 14 การประเมินการเปลี่ยนสีและ

การเปลี่ยนสีโดยใช้เกรย์สเกลและเครื่องมือ. มอก.121 เล่ม 14

สำนักวิจัยและพัฒนาหม่อนไหม กรมหม่อนไหม. (2566). วัสดุสีย้อม. สืบค้นจาก <https://qsds.go.th>

องค์การบริหารส่วนตำบลสระเวียง. (2566). ลักษณะทั่วไปของตำบลสระเวียง. สืบค้นจาก

https://www.rawieng.go.th/page.php?pagename=data_detail&id=117

อรทิมา จันทร์สิงห์, วีรยา ฉิมอ้อย, และปานเทพ จุณนิพิฐวงศ์. (2565). คุณสมบัติด้านกำลังของดินลูกรังแทนที่

ด้วยเถ้าก้นเตา. KKU Research Journal (Graduate Studies), 22(1), 63-74.

อัคราพร สุขทอง, อัจฉรา สุทธิสนธิ์, กฤติกา ธรรมวิเศษ, ยุวดี พลศรี, จันทิมา จันทร์เขียว, สุภาวดี หลวงกลาง,

และสุดใจ สะอาดยิ่ง. (2566). การศึกษามรดกภูมิปัญญาการทอผ้าไหมพื้นเมืองสู่การสร้างสรรคการ

แสดง ชุด “ระบำทอผ้าไหมเมืองสุรินทร์” บ้านท่าสว่าง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์. Journal of

Humanities and Social Sciences Surin Rajabhat University, 25(1), 145-162.

Bakr, M. M., Ibrahim, H. M., Taha, M. A., & Osman, H. (2020). Novel green printing of cotton,

wool and polyester fabrics with natural alkanet dye nanoparticles. European Journal

of Molecular & Clinical Medicine, 7(11), 1609-1623.

Ghosh, S. K., & Das, A. (2015). Allergic contact dermatitis due to synthetic dyes. Indian Journal

of Dermatology, 60(3), 319. <https://doi.org/10.1111/j.0105-1873.2005.00663.x>.

Ćirić, V., Prekop, N., Šeremešić, S., Vojnov, B., Pejić, B., Radovanović, D., & Marinković, D. (2023).

The implication of cation exchange capacity (CEC) assessment for soil quality management and improvement. Agriculture and Forestry, 69(4), 113-133.

<https://doi.org/10.17707/AgricultForest.69.4.08>

- Laity P.R., Baldwin, E., & Holland C. (2019). Changes in Silk Feedstock Rheology during Cocoon Construction: The Role of Calcium and Potassium Ions. **Macromolecule Bioscience**. 19(3), 1800188. <https://doi.org/10.1002/mabi.201800188>
- Weisburger, J. H. (2002). Comments on the history and importance of aromatic and heterocyclic amines in public health. ***Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis***, 506-507, 9-20. [https://doi.org/10.1016/S0027-5107\(02\)00147-1](https://doi.org/10.1016/S0027-5107(02)00147-1)

การพัฒนาโมเดลสำหรับการทำนายผลผลิตพืชผักสลัด กรณีศึกษา: โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงป่าแป๋ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

ธีรภพ แสงศรี¹ สุรีนาฏ มะโนลา^{2*}

Received : September 19, 2024

Revised : April 4, 2025

Accepted : April 30, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลทำนายผลผลิตของพืชผักอายุสั้นตระกูลสลัดในโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงป่าแป๋ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อลดปัญหาความไม่สอดคล้องระหว่างปริมาณผลผลิตและความต้องการของตลาด โดยใช้กระบวนการ CRISP-DM และเทคนิคการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ข้อมูลผลผลิตและปัจจัยแวดล้อมในช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 ผลการศึกษพบว่า โมเดลที่พัฒนาขึ้นสามารถอธิบายความแปรปรวนของผลผลิตได้ 65.04% ($R\text{-squared} = 0.6504$) โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการทำนาย (RMSE) เท่ากับ 68.73 กิโลกรัม และค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) เท่ากับ 55.33 กิโลกรัม ปัจจัยที่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อผลผลิต ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และจำนวนเกษตรกร ขณะที่ปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความชื้นและความเร็วลม ไม่แสดงผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ โมเดลที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อช่วยเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในการวางแผนการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด นอกจากนี้ ควรศึกษาปัจจัยแวดล้อมเพิ่มเติมที่อาจมีผลต่อผลผลิต และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลพยากรณ์หลายรูปแบบ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์ อีกทั้งควรขยายการศึกษาสู่พืชหรือพื้นที่เพาะปลูกอื่น ๆ เพื่อให้โมเดลมีความยืดหยุ่นและสามารถนำไปใช้งานได้อย่างแพร่หลาย

คำสำคัญ: กระบวนการทำเหมืองข้อมูล การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ การพยากรณ์ผลผลิต
โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวง

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตรระบบสารสนเทศทางธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
อีเมล: tees@rmutl.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตรระบบสารสนเทศทางธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
อีเมล: sureenat@rmutl.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: sureenat@rmutl.ac.th

DEVELOPMENT OF A PREDICTIVE MODEL FOR SHORT-CYCLE SALAD VEGETABLE YIELD:
CASE STUDY OF HIGHLAND RESEARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE (HRDI) IN PA PAE,
MAE TAENG, CHIANG MAI

Theeraphop Saengsri¹ Sureenat Manola^{2*}

Abstract

The current research was aimed to develop a predictive model for short-cycle salad crops in the Highland Research and Development Institute (HRDI), Pa Pae, Mae Taeng District, Chiang Mai. In addition, it was aimed to decrease the inconsistent problem between production volume and market demand by utilizing the CRISP-DM process and multiple linear regression techniques for data analysis. Based on production and environmental data between 2018 to 2020, the research results were indicated that the developed model displayed 65.04% of the variation in yield ($R\text{-squared} = 0.6504$), with a Root Mean Squared Error (RMSE) of 68.73 kilograms and a Mean Absolute Error (MAE) of 55.33 kilograms. Statistically significant factors affecting yield included maximum temperature, minimum temperature, and the number of farmers. While humidity and wind speed showed no significant impact. The model could assist farmers and relevant officials in planning production to better align with market demand. Further studies should explore additional environmental factors affecting crop yield and compare predictive models to improve forecasting accuracy. Expanding the study to other crops or cultivating areas would enhance the model's adaptability and broader agricultural applications.

Keywords: Data Mining Process, Multiple Linear Regression, Yield Prediction,
Highland Research and Development Institute (HRDI)

¹ Lecturer, Department of Business Information System, Faculty of Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology, e-mail: tees@rmutl.ac.th

² Lecturer, Department of Business Information System, Faculty of Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology, e-mail: sureenat@rmutl.ac.th

* Corresponding author, e-mail: sureenat@rmutl.ac.th

บทนำ

ตำบลป่าแป๋ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกชาเขียว และมะแขว่นเป็นพืชเศรษฐกิจหลัก อย่างไรก็ตาม ความต้องการของตลาดที่เปลี่ยนแปลงไปส่งผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกร ส่งผลให้มีการก่อตั้ง โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงป่าแป๋ เพื่อส่งเสริมอาชีพ และพัฒนาการเกษตรในพื้นที่ โดยเน้นการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ เช่น ไม้ผลและพืชผักอายุสั้น (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (สวพส.), 2563) ปัจจุบัน พืชผักสลัด เช่น คะน้าฮ่องกงและผักกาดหอม ได้รับการส่งเสริมให้ปลูกเป็นรายได้เสริม แต่ความแปรปรวนของปัจจัยแวดล้อมส่งผลให้ผลผลิตไม่สอดคล้องกับความต้องการของตลาด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ระบุว่าปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณฝน มีผลกระทบต่อผลผลิตพืชอย่างมีนัยสำคัญ (Joshua et al., 2022)

การพยากรณ์ผลผลิตทางการเกษตร เป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนการผลิตและการตลาด โดยงานวิจัยหลายฉบับได้ศึกษาแบบจำลองเชิงสถิติและกระบวนการทำเหมืองข้อมูลเพื่อพยากรณ์ปริมาณผลผลิต เช่น การศึกษาในงานวิจัยซึ่งใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเป็นแบบจำลองอ้างอิงในการพยากรณ์ผลผลิตข้าว ในการพยากรณ์พบว่าแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณมีความแม่นยำ 82% และสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาโมเดลที่แม่นยำยิ่งขึ้น (Joshua et al., 2022) ในขณะที่การศึกษางานวิจัยที่มีการเปรียบเทียบแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณกับแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง เช่น Random Forest และ Neural Networks และพบว่าแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องสามารถเพิ่มความแม่นยำของการพยากรณ์ได้มากกว่าวิธีการทางสถิติแบบดั้งเดิม (Khade et al., 2023)

การศึกษาเกี่ยวกับการพยากรณ์ผลผลิตยังพบว่า ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมและปัจจัยทางเศรษฐกิจเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อผลผลิตพืช โดยมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ในการพยากรณ์ผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องเหมาะสมสำหรับชุดข้อมูลขนาดใหญ่และซับซ้อน (Joshua et al., 2022)

จากปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ผลผลิตพืชผักสลัด โดยใช้กระบวนการทำเหมืองข้อมูลร่วมกับแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ เพื่อช่วยให้การวางแผนการผลิตและการตลาดมีความสอดคล้องกับความต้องการของตลาดมากขึ้น ตลอดจนเป็นแนวทางในการสนับสนุนเกษตรกรในโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงป่าแป๋ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ นอกจากนี้ งานวิจัยยังสามารถพัฒนาต่อยอดได้โดยการเพิ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้อง หรือปรับใช้เทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมยิ่งขึ้น เพื่อปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลองให้สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโมเดลการทำนายผลผลิตของพืชผักอายุสั้นตระกูลสลัด ในโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงป่าแป๋ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่
2. เพื่อประเมินความถูกต้องและประสิทธิภาพของโมเดล ในการทำนายผลผลิต

วิธีดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดของงานวิจัย

จากภาพที่ 1 เริ่มจากปัญหาความไม่สอดคล้องระหว่างผลผลิตและความต้องการของตลาด ซึ่งนำไปสู่วัตถุประสงค์ในการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพโมเดลทำนายผลผลิต เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว วิธีการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การพัฒนาโมเดลในการทำนายผลผลิต และการประเมินประสิทธิภาพโมเดล ซึ่งคาดว่าจะนำไปสู่ผลลัพธ์ที่สำคัญ ได้แก่ โมเดลการทำนายผลผลิต ค่าความถูกต้องของโมเดล

ผู้วิจัยได้เลือกใช้ขั้นตอนกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย CRISP-DM ซึ่งเป็นแนวทางที่เป็นระบบในการทำเหมืองข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความซับซ้อน (วีรศักดิ์ พองเงิน และคณะ, 2560) โดยการใช้การพยากรณ์แบบการจำลองการถดถอยพหุคูณ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อผลลัพธ์ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม (พัชรา ศรีพระบุญ, 2565) โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. ทำความเข้าใจในธุรกิจโดยการปรึกษาหารือ (Business Understanding) จากการวิเคราะห์ความต้องการของผู้มีส่วนได้เสีย พบว่าปัญหาหลักในการบริหารจัดการผลผลิตพืชผักสลัดในโครงการหลวงป่าแป๋คือ ความคลาดเคลื่อนสูงระหว่างปริมาณผลผลิตที่คาดการณ์และปริมาณผลผลิตจริง ซึ่งเกิดจากการพึ่งพาองค์ความรู้และประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่และเกษตรกรในการวางแผนการผลิต เพื่อแก้ไขปัญหา ผู้วิจัยจึงนำเสนอการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ผลผลิตโดยใช้เทคนิคการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคาดการณ์ผลผลิต

2. ทำความเข้าใจข้อมูล (Data Understanding) ได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพืชผักสลัดจากสองแหล่งหลัก ได้แก่ ข้อมูลแผนการปลูกพืชผักสลัดรายสัปดาห์ย้อนหลัง 3 ปี (พ.ศ. 2561 - 2563) จากโครงการหลวงป่าแป๋ และข้อมูลสภาพอากาศย้อนหลังที่ได้จากเว็บไซต์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (สวพส.)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่า ข้อมูลที่ได้รับจากภายในองค์กรในแต่ละตารางเป็นข้อมูลแผนการผลิตรายปี โดยในหนึ่งตารางมีทั้งหมด 8 คอลัมน์ ประกอบด้วย (1) ลำดับที่ชุดการปลูกผักคะน้าฮ่องกง mk แผน (400 กก.), (2) ชื่อเกษตรกร, (3) จำนวนต้นกล้า/สัปดาห์, (4) จำนวนต้นพื้นที่ปลูก (ตร.ม.), (5) วันที่เพาะกล้า, (6) วันที่ย้ายปลูก, (7) วันที่เก็บเกี่ยว, และ (8) น้ำหนักหลังแต่ง (กก.)/สัปดาห์

ในส่วนของคุณสมบัติสภาพอากาศย้อนหลังที่ได้รับจากภายนอกองค์กรนั้น จัดเก็บแบบรายเดือนย้อนหลัง 3 ปี แต่ละคอลัมน์จะระบุวันที่ (Date), อุณหภูมิเฉลี่ย ($^{\circ}\text{C}$), อุณหภูมิสูงสุด ($^{\circ}\text{C}$), อุณหภูมิต่ำสุด ($^{\circ}\text{C}$), ความชื้นเฉลี่ย (%), ความชื้นสูงสุด (%), ความชื้นต่ำสุด (%), ปริมาณฝน (มม.) และความเร็วลม (กม./ชม.)

3. เตรียมข้อมูล (Data Preparation) กระบวนการเตรียมข้อมูลประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) ผู้วิจัยได้จัดการข้อมูลสูญหาย (Missing Values) ในข้อมูลสภาพอากาศย้อนหลังรายวันด้วยวิธีการ “เติมข้อมูลสูญหาย” (Imputation) แบบอนุกรมเวลา เพื่อรักษาความต่อเนื่องของข้อมูล โดยกำหนดทิศทางในการเติม (Limit Direction) ให้เหมาะสมกับตำแหน่งที่เกิดข้อมูลสูญหาย ได้แก่ Forward, Backward และ Both อันขึ้นอยู่กับช่วงที่เกิดการขาดหายของข้อมูล (ต้น กลาง หรือปลายชุดข้อมูล) นอกจากนี้ได้ทำการตรวจสอบและจัดการข้อมูลผิดปกติ (Outliers) ด้วยการวิเคราะห์การกระจายตัวผ่าน Boxplot หาก Outlier เป็นค่าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น อุณหภูมิที่ต่ำมากในฤดูหนาว จึงคงไว้เพื่อสะท้อนความเป็นจริงของข้อมูล แต่หากพบว่าเป็นค่าที่เกิดจากความผิดพลาดในการบันทึกอาจพิจารณาตัดทิ้งหรือปรับปรุงให้เหมาะสมตามบริบทของข้อมูลต่อไป

3.2 การแปลงข้อมูล (Data Transformation) ข้อมูลสภาพอากาศมีการจัดเก็บในรูปแบบรายวัน ในขณะที่ข้อมูลผลผลิตคะน้าฮ่องกงเป็น “รายชุดการเพาะปลูก” (Crop) ที่ใช้เวลาประมาณ 43-45 วันต่อการปลูก ผู้วิจัยจึงทำการสรุปข้อมูลรายวันให้อยู่ในระดับ “รายชุดการเพาะปลูก” โดยคำนวณค่าสถิติเบื้องต้น ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าต่ำสุด (Min) ค่าสูงสุด (Max) และผลรวม (Sum) เพื่อสะท้อนสภาพอากาศตลอดช่วงอายุของพืชในแต่ละรอบการปลูก ทั้งนี้ยังรวมถึงการตัดคอลัมน์ที่ข้อมูลขาดหายมากเกินไป (เช่น ปริมาณน้ำฝนในบางปี) เพื่อให้ข้อมูลโดยรวมมีความสม่ำเสมอและเหมาะสมกับการวิเคราะห์

3.3 การสรุปข้อมูลสำหรับใช้ในแบบจำลอง (Data Aggregation and Merging) ผู้วิจัยได้รวมข้อมูลสภาพอากาศรายชุดการเพาะปลูกเข้ากับข้อมูลปริมาณผลผลิตที่บันทึกในตารางแผนการเพาะปลูกและผลผลิตจริง โดยมีการระบุช่วงวันที่เริ่มต้นการเพาะกล้าและวันที่เก็บเกี่ยว เพื่อให้ชุดข้อมูลสุดท้ายมีตัวแปรทั้งตัวแปรอิสระ (Independent Variables) และตัวแปรตาม (Dependent Variable) โดยในขั้นตอนนี้จะสอดคล้องกับรูปแบบการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

จากผลการวิเคราะห์แผนภูมิ Boxplot พบว่า ตัวแปร อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นเฉลี่ย ความชื้นสูงสุด ความชื้นต่ำสุด ความเร็วลมต่ำสุด จำนวนเกษตรกร และน้ำหนักหลังตัดแต่งไม่

ปรากฏค่าสิ่งผิดปกติ (Outlier) อย่างไรก็ตาม มีการตรวจพบ Outlier ในตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยช่วง 15-20 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อผู้วิจัยย้อนกลับไปพิจารณาข้อมูลต้นทางแล้วพบว่า เป็นสภาพอากาศจริงที่เกิดขึ้นในฤดูหนาวของทุกปี จึงสามารถยอมรับได้ในเชิงบริบทด้านเกษตรกรรม เช่นเดียวกับ Outlier ในตัวแปรอุณหภูมิสูงสุดช่วง 25-30 องศาเซลเซียส ก็เกิดขึ้นในฤดูหนาวเช่นเดียวกัน ในกรณีตัวแปรความชื้นต่ำสุด (54-56%) พบว่าอยู่ในช่วงฤดูฝนถึงฤดูหนาวของปี 2561 และ 2563 จึงสอดคล้องกับสภาพอากาศจริงและยอมรับได้ สุดท้าย ตัวแปรความชื้นสูงสุด (99.0–99.8%) ที่ตรวจพบมีความเป็นไปได้ว่าเป็นผลจากฤดูกาลทางธรรมชาติ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกคงข้อมูล Outlier ไว้ เนื่องจากอยู่ในเกณฑ์ตามฤดูกาลและแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณจะมีการคัดเลือกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันอีกครั้งในขั้นตอนถัดไป

```
In [52]: df.info()

<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 66 entries, 0 to 65
Data columns (total 11 columns):
#   Column      Non-Null Count  Dtype  
---  --
0   temp_avg    66 non-null    float64
1   temp_max    66 non-null    float64
2   temp_min    66 non-null    float64
3   humin_avg   66 non-null    float64
4   humin_max   66 non-null    float64
5   humin_min   66 non-null    float64
6   win_avg     66 non-null    float64
7   win_max     66 non-null    float64
8   win_min     66 non-null    int64   
9   farmer      66 non-null    int64   
10  weight      66 non-null    float64
dtypes: float64(9), int64(2)
memory usage: 5.8 KB
```

ภาพที่ 2 แสดงตัวแปรทั้งหมดในชุดข้อมูล

4. การสร้างแบบจำลองในการทำนายผลผลิต (Modeling) ในการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเพื่อพยากรณ์ปริมาณผลผลิต จำเป็นต้องคัดเลือกตัวแปรอิสระที่เกี่ยวข้องและหลีกเลี่ยงปัญหาการที่ตัวแปรมีความสัมพันธ์กันมากเกินไป (Multicollinearity) ซึ่งอาจทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อน และลดความแม่นยำของแบบจำลอง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงดำเนินการคัดเลือกตัวแปรตามลำดับขั้นดังนี้

4.1 กำหนดรายการตัวแปรเริ่มต้น ในขั้นต้น ได้ระบุตัวแปรอิสระที่อาจมีความเกี่ยวข้องกับปริมาณผลผลิต จำนวน 10 ตัว ได้แก่ temp_avg (อุณหภูมิเฉลี่ย), temp_max (อุณหภูมิสูงสุด), temp_min (อุณหภูมิต่ำสุด), humin_avg (ความชื้นเฉลี่ย), humin_max (ความชื้นสูงสุด), humin_min (ความชื้นต่ำสุด), win_avg (ความเร็วลมเฉลี่ย), win_max (ความเร็วลมสูงสุด), win_min (ความเร็วลมต่ำสุด) และ farmer (จำนวนเกษตรกร) โดยกำหนดตัวแปรตามเป็น weight (น้ำหนักผลผลิต หน่วยกิโลกรัม)

4.2 ตรวจสอบความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม เริ่มจากวิเคราะห์กราฟกระจาย (Scatter Plot) และ ตารางค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Matrix) เพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับ weight มากน้อยเพียงใด รวมถึงดูว่าบางตัวแปรมีความสัมพันธ์ซ้อนกันเองในระดับสูง (เช่น เกิน 0.70) หรือไม่ จากการประเมินพบว่าตัวแปร win_min (ความเร็วลมต่ำสุด) แทบไม่แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ จึงตัดออกตั้งแต่ขั้นนี้

4.3 ประเมิน Multicollinearity ด้วยค่า VIF (Variance Inflation Factor) ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันเองสูงอาจก่อให้เกิด Multicollinearity ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้โมเดลถดถอยมีค่าพารามิเตอร์ที่น่าเชื่อถือ ผู้วิจัยจึงคำนวณค่า VIF ของตัวแปรอิสระที่เหลือ พบว่าตัวแปร temp_avg (อุณหภูมิเฉลี่ย) มีค่า VIF สูงที่สุดในกลุ่มอุณหภูมิ (เข้าซ้อนกับ temp_max และ temp_min) ขณะที่ win_max (ความเร็วลมสูงสุด) ก็มีค่า VIF สูงในกลุ่มลมเฉลี่ย (win_avg) จึงตัด temp_avg และ win_max ออกจากโมเดลเพื่อลดความซ้ำซ้อน

ในการพยากรณ์ผลผลิต ผู้วิจัยใช้เทคนิคการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับผลผลิต สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณที่ใช้มีรูปแบบดังนี้

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7$$

โดยที่

y คือ ปริมาณผลผลิตของพืชผักสลัด (กิโลกรัม) ซึ่งเป็นตัวแปรตามที่ต้องการทำนาย

x₁ คือ อุณหภูมิสูงสุด (°C) หรือ temp_max

x₂ คือ อุณหภูมิต่ำสุด (°C) หรือ temp_min

x₃ คือ ความชื้นเฉลี่ย (%) หรือ humin_avg

x₄ คือ ความชื้นสูงสุด (%) หรือ humin_max

x₅ คือ ความชื้นต่ำสุด (%) หรือ humin_min

x₆ คือ ความเร็วลมเฉลี่ย (กม./ชม.) หรือ win_avg

x₇ คือ จำนวนเกษตรกร (คน) หรือ farmer

b₀ คือ ค่าคงที่ของสมการ หรือ จุดตัดแกน y

b_i คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficients) ซึ่งแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม (y) เมื่อตัวแปรอิสระแต่ละตัว (x_i) เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย ในขณะที่ตัวแปรอิสระอื่นๆ คงที่

ใช้ไลบรารี Pandas เพื่ออ่านและจัดการข้อมูล และ ไลบรารี Scikit-learn เพื่อสร้างและฝึกฝนแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

Out[104]:

	crop	years	temp_avg	temp_max	temp_min	humin_avg	humin_max	humin_min	rain	win_avg	win_max	win_min	farmer	weight
0	1	2561	23.862143	32.88	19.88	94.595238	100.0	51.86	122.0	0.003571	0.03	0	5	408.5
1	2	2561	23.752791	32.88	19.88	94.677209	100.0	51.86	127.5	0.003721	0.03	0	6	411.0
2	3	2561	23.717674	34.63	19.88	95.063256	100.0	46.85	114.5	0.003023	0.03	0	5	429.5
3	4	2561	23.554651	34.63	19.88	96.246744	100.0	46.85	127.0	0.003256	0.04	0	5	555.0
4	5	2561	23.480233	34.63	19.88	96.703488	100.0	46.85	140.0	0.003023	0.04	0	5	297.0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
61	18	2563	20.521556	31.94	12.50	91.535333	100.0	55.62	0.0	0.000000	0.00	0	5	293.0
62	19	2563	20.038409	31.94	12.50	91.395909	100.0	55.62	0.0	0.000000	0.00	0	6	354.0
63	20	2563	19.508864	31.94	12.06	90.898636	100.0	55.62	0.0	0.000000	0.00	0	5	241.0
64	21	2563	18.623636	31.94	10.94	90.398409	99.7	55.62	0.0	0.000000	0.00	0	6	293.0
65	22	2563	17.853409	30.75	10.94	90.018636	99.7	55.62	0.0	0.000000	0.00	0	4	175.0

66 rows x 14 columns

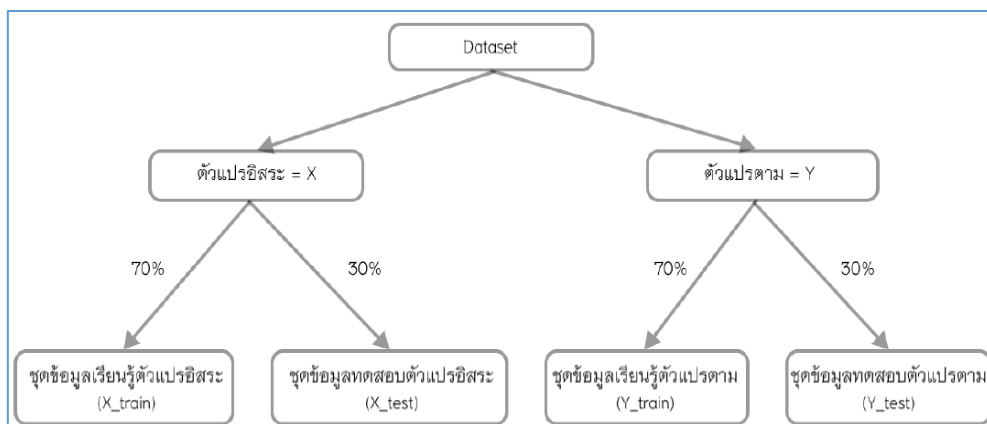
ภาพที่ 3 แสดงผลลัพธ์การนำเข้าข้อมูลโดยใช้ไลบรารี Pandas และ Scikit-learn

การกำหนดตัวแปร ตัวแปรอิสระ (x) ประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นเฉลี่ย ความชื้นสูงสุด ความชื้นต่ำสุด ความเร็วลมเฉลี่ย และจำนวนเกษตรกร ในขณะที่ตัวแปรตาม (y) คือ ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัม)

เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองในการทำนายผลผลิต จึงดำเนินการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ชุดฝึกอบรม (Training set) และชุดทดสอบ (Testing set) โดยใช้ฟังก์ชัน `train_test_split()` ในสัดส่วน 70:30 ตามลำดับ การแบ่งข้อมูลนี้ช่วยให้สามารถประเมินว่าโมเดลสามารถทำนายผลผลิตได้ดีเพียงใดกับข้อมูลที่โมเดลไม่เคยพบเห็นมาก่อน และยังช่วยป้องกันปัญหา overfitting ซึ่งโมเดลอาจเรียนรู้ข้อมูลการฝึกอบรมได้ดีเกินไป แต่ไม่สามารถทำนายข้อมูลใหม่ได้แม่นยำ

```
X_train, X_test = train_test_split(X, test_size=0.3, random_state=1)
Y_train, Y_test = train_test_split(Y, test_size=0.3, random_state=1)
```

ภาพที่ 4 แสดงคำสั่งเพื่อวัดประสิทธิภาพในการทำนายของแบบจำลองและข้อมูลโดยใช้ฟังก์ชัน `train_test_split()`



ภาพที่ 5 แสดงการแบ่งชุดข้อมูล (Split Data)

แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นถูกสร้างขึ้นโดยใช้ฟังก์ชัน `LinearRegression()` จากไลบรารี `scikit-learn` และถูกเก็บไว้ในตัวแปร `kale_predict_model` จากนั้น โมเดลนี้ถูกฝึกฝน (`fit`) ด้วยชุดข้อมูลฝึกอบรม (`X_train` และ `Y_train`) โดยอัลกอริทึมจะเลือกสร้างแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเมื่อตัวแปรอิสระมีหลายตัว หรือแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายเมื่อมีตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว

```
In [194]: kale_predict_model = LinearRegression()
          kale_predict_model.fit(X_train,Y_train)

Out[194]: LinearRegression()
```

ภาพที่ 6 แสดงคำสั่งการเรียกใช้ฟังก์ชันสร้างแบบจำลองเชิงเส้น

เพื่อทำความเข้าใจผลลัพธ์ของโมเดลการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ จะทำการตรวจสอบค่าคงที่ของสมการ และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระแต่ละตัว ซึ่งค่าเหล่านี้จะบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม และสามารถนำไปใช้ในการตีความและทำนายผลผลิตได้

```
In [252]: intercept = kale_predict_model.intercept_[0]
          coefficient = kale_predict_model.coef_[0][0]
          print("The intercept for kale_predict model is {}".format(float(intercept)))
          print("\n")

          for coef in zip(X.columns, kale_predict_model.coef_[0]):
              print("The Coefficient for {} is {}".format(coef[0],float(coef[1])))

The intercept for kale_predict model is 1199.8432203691455

The Coefficient for temp_max is 17.29023494226685
The Coefficient for temp_min is 11.345801828326929
The Coefficient for humin_avg is 5.411927031563421
The Coefficient for humin_max is -22.224222957788218
The Coefficient for humin_min is -3.077415823805867
The Coefficient for win_avg is -5604.151546967964
The Coefficient for farmer is 59.71260491747818
```

ภาพที่ 7 แสดงค่าจุดตัด (Intercept) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient)

จากค่าที่ได้จึงแทนค่าในรูปสมการได้ดังนี้

$$y = 1199.84 + (17.29x_1) + (11.35x_2) + (5.41x_3) + (-22.22x_4) + (-3.08x_5) + (-5604.15x_6) + (59.71x_7)$$

จากนั้น ดำเนินการทำนายผลผลิตโดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบ (`X_test`) และเก็บผลลัพธ์การทำนายไว้ในตัวแปร `Y_predicted`

```
In [11]: Y_predicted = kale_predict_model.predict(X_test)
print(Y_predicted)

[[460.98045959]
 [429.02221603]
 [462.52572103]
 [453.65501327]
 [402.41012417]
 [394.35107151]
 [207.25879926]
 [470.22011556]
 [442.97985004]
 [307.84971085]
 [474.43949966]
 [397.87040316]
 [137.18958919]
 [357.54316644]
 [500.48391813]
 [355.2042545 ]
 [503.03041013]
 [458.75667575]
 [342.64780502]
 [462.73652577]]
```

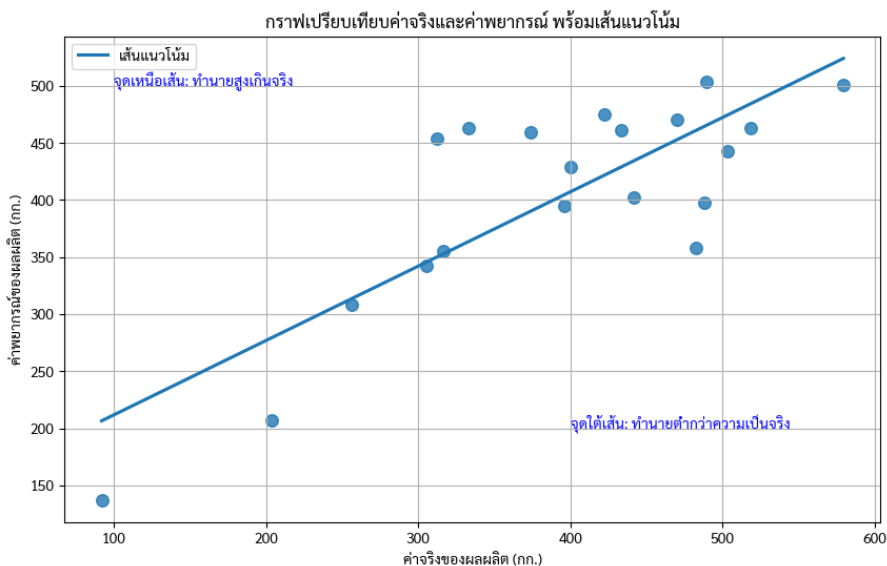
ภาพที่ 8 แสดงชุดข้อมูลพยากรณ์ผลผลิต

5. ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Evaluation) เพื่อวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์ของแบบจำลอง ผู้วิจัยเลือกใช้ชุดข้อมูลทดสอบ โดยใช้ทั้งชุดข้อมูลทดสอบตัวแปรตามและชุดข้อมูลทดสอบตัวแปรอิสระในการทดสอบตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

5.1 มาตรการค่าผิดพลาด (Measures of Error) ระหว่างค่าที่เกิดขึ้นจริงกับค่าพยากรณ์ มีค่าที่ต้องการทราบ คือ ค่ารากที่สองเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Root Mean Squared Error (RMSE)) โดยใช้ฟังก์ชัน `mean_squared_error()` พบว่าค่า RMSE มีค่าเท่ากับ 68.73 กิโลกรัม ซึ่งบ่งชี้ถึงความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของผลผลิตที่โมเดลทำนายเทียบกับค่าจริง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากชุดข้อมูลมีค่าผิดปกติ ซึ่ง ค่า RMSE มีความอ่อนไหวต่อค่าผิดปกติดังกล่าว จึงได้ทำการประเมินความคลาดเคลื่อนเพิ่มเติมโดยใช้ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error (MAE)) โดยใช้ฟังก์ชัน `mean_absolute_error()` ซึ่งมีค่าเท่ากับ 55.33 กิโลกรัม ซึ่งให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ทนทานต่อค่าผิดปกติได้ดีกว่า

5.2 เพื่อประเมินความสามารถในการอธิบายของโมเดล ผู้วิจัยได้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-squared) โดยใช้ฟังก์ชัน `r2_score()` ซึ่งได้ผลลัพธ์เท่ากับ 0.6504 แสดงให้เห็นว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดที่รวมอยู่ในโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตาม (ปริมาณผลผลิต) ได้ 65.04% ซึ่งบ่งชี้ว่าโมเดลมีความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและผลผลิตได้ในระดับปานกลาง

เพื่อประเมินแนวโน้มของผลการพยากรณ์ ได้มีการสร้าง Scatter Plot เพื่อเปรียบเทียบค่าจริงของผลผลิตกับค่าที่ได้จากโมเดล โดยกราฟนี้ใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มและความแม่นยำของการพยากรณ์ว่ามีความสอดคล้องกับค่าจริงหรือมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเพียงใด ซึ่งช่วยในการประเมินประสิทธิภาพของโมเดลในเชิงลึก



ภาพที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์ของผลผลิต พร้อมเส้นแนวโน้มการทำนายของแบบจำลอง

จากภาพพบว่าจุดข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ใกล้เส้นแนวโน้ม แสดงว่าโมเดลมีความสามารถในการทำนายผลผลิตอยู่ในระดับที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตาม พบว่ามีจุดข้อมูลบางส่วนกระจายอยู่เหนือเส้นแนวโน้ม แสดงถึงการทำนายผลผลิตที่สูงเกินจริง (Overestimate) และบางจุดอยู่ใต้เส้นแนวโน้ม แสดงถึงการทำนายผลผลิตต่ำกว่าความเป็นจริง (Underestimate) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าโมเดลยังคงมีข้อจำกัดบางประการที่ควรปรับปรุงเพิ่มเติมในอนาคต เพื่อให้การพยากรณ์แม่นยำยิ่งขึ้นและสามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

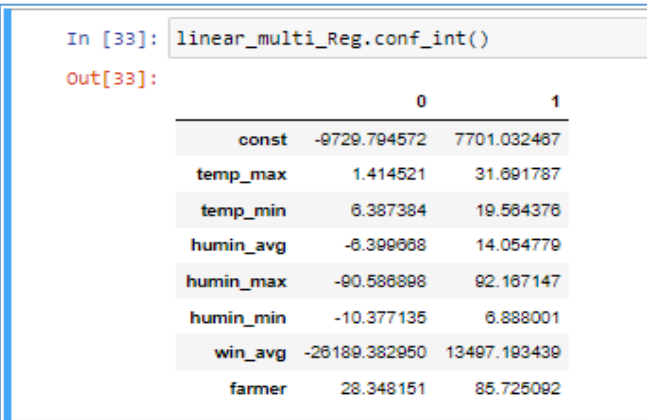
ตารางที่ 1 แสดงค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ตัวชี้วัด	ค่าที่ได้	หน่วย	ความหมาย
RMSE	68.73	กก.	ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการทำนาย
MAE	55.33	กก.	ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย
R-squared	0.6504	-	ความสามารถของโมเดลในการอธิบายความแปรปรวน

จากตารางที่ 1 แสดงค่าประสิทธิภาพของแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณในการพยากรณ์ผลผลิตพืชผักสลัดจากชุดข้อมูลทดสอบ ซึ่งประกอบด้วยค่ารากที่สองเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (RMSE) เท่ากับ 68.73 กิโลกรัม ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 55.33 กิโลกรัม และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-squared) เท่ากับ 0.6504

เตรียมสร้างตารางสรุปชุดข้อมูล (Summary of the Model Output) โดยการเรียกใช้ฟังก์ชัน `add_constant()` และกำหนดข้อมูลค่าคงที่ที่ต้องป้อนคือ ชุดข้อมูลตัวแปรอิสระ (X) จากนั้นกำหนดรูปแบบสมการโดยใช้ฟังก์ชัน `OLS()` และให้การเรียนรู้ของเครื่องสร้างแบบจำลองโดยใช้ฟังก์ชัน `fit()`

5.3 ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Intervals (CI)) โดยค่า CI จะแสดงให้เห็นถึงช่วงความเชื่อมั่นในระดับ 95% ซึ่งเป็นค่าตั้งต้นของฟังก์ชันนี้ แต่ค่า CI ยังสามารถบอกในนัยสำคัญทางสถิติได้อีกด้วย ซึ่งหากช่วงของ CI คร่อม Null Hypothesis หรือ Null Value ในที่นี้คือ 0 นั้นหมายถึง ตัวแปรนั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางกลับกันหากช่วง CI ไม่คร่อม 0 นั้นหมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใช้คำสั่ง `conf_int()`



```
In [33]: linear_multi_Reg.conf_int()
Out[33]:
```

	0	1
const	-9729.794572	7701.032467
temp_max	1.414521	31.891787
temp_min	6.387384	19.584376
humin_avg	-6.399668	14.054779
humin_max	-90.586898	92.167147
humin_min	-10.377135	6.888001
win_avg	-26189.382950	13497.193439
farmer	28.348151	85.725092

ภาพที่ 10 แสดงผลลัพธ์ของช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Intervals (CI))

จากภาพ แสดงค่าช่วงความเชื่อมั่นพบว่า ช่วงข้อมูล อุณหภูมิสูงสุด (1.414521) , อุณหภูมิต่ำสุด (6.387384) และจำนวนเกษตรกร (28.348151) อยู่ในช่วงไม่คร่อมเลขศูนย์ หรือกล่าวคือมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางกลับกัน ช่วงข้อมูล ความชื้นเฉลี่ย (-6.399668) , ความชื้นสูงสุด (-90.586898) , ความชื้นต่ำสุด (-10.377135) และความเร็วลมเฉลี่ย (-26189.382950) อยู่ในช่วงคร่อม 0 หรือกล่าวคือ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5.4 ค่า P-Value จากตารางสรุปชุดข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบนัยสำคัญทางสถิติ กับค่าของช่วงความเชื่อมั่นว่าสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ ซึ่งหากค่า P-Value > 0.05 ถือว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใช้คำสั่ง `summary()`

```
In [36]: summary_tb = est.summary()
print(summary_tb)
```

OLS Regression Results						
Dep. Variable:	weight	R-squared:	0.598			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.549			
Method:	Least Squares	F-statistic:	12.31			
Date:	Mon, 04 Apr 2022	Prob (F-statistic):	1.57e-09			
Time:	03:33:50	Log-Likelihood:	-372.22			
No. Observations:	66	AIC:	760.4			
Df Residuals:	58	BIC:	778.0			
Df Model:	7					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	-1014.3811	4353.968	-0.233	0.817	-9729.795	7701.032
temp_max	16.5532	7.563	2.189	0.033	1.415	31.692
temp_min	12.9759	3.291	3.942	0.000	6.387	19.564
humid_avg	3.8276	5.109	0.749	0.457	-6.400	14.055
humid_max	0.7901	45.649	0.017	0.986	-90.587	92.167
humid_min	-1.7446	4.313	-0.405	0.687	-10.377	6.888
win_avg	-6346.0948	9913.131	-0.640	0.525	-2.62e+04	1.35e+04
farmer	57.0366	14.332	3.980	0.000	28.348	85.725
Omnibus:	0.161	Durbin-Watson:	2.298			
Prob(Omnibus):	0.923	Jarque-Bera (JB):	0.328			
Skew:	-0.089	Prob(JB):	0.849			
Kurtosis:	2.704	Cond. No.	1.70e+05			

Notes:

[1] Standard Errors assume that the covariance matrix of the errors is correctly specified.

[2] The condition number is large, 1.7e+05. This might indicate that there are strong multicollinearity or other numerical problems.

ภาพที่ 11 แสดงค่าสังตารางสรุปชุดข้อมูล (Summary of the Model Output)

จากภาพพบว่า ค่า P-Value ของข้อมูล อุณหภูมิสูงสุด (0.033) , อุณหภูมิต่ำสุด (0.000) และ จำนวนเกษตรกร (0.000) ไม่เกิน 0.05 หรือกล่าวคือมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางกลับกัน ช่วงข้อมูล ความชื้นเฉลี่ย (0.457) , ความชื้นสูงสุด (0.986) , ความชื้นต่ำสุด (0.687) และความเร็วลมเฉลี่ย (0.525) เกิน 0.05 หรือกล่าวคือ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับค่าช่วงความเชื่อมั่นในขั้นตอนก่อนหน้า

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาโมเดลทำนายผลผลิตพืชผักสดในโครงการหลวงป่าแป๋ โดยใช้ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรอิสระ 7 ตัว ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นเฉลี่ย ความชื้นสูงสุด ความชื้นต่ำสุด ความเร็วลมเฉลี่ย และจำนวนเกษตรกร โดยมีน้ำหนักผลผลิตเป็นตัวแปรตาม

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของโมเดลที่สร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพของโมเดลในการทำนายผลผลิต ได้ผลลัพธ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ค่า RMSE และ MAE ที่ได้มีค่าเท่ากับ 68.73 กิโลกรัม และ 55.33 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งบ่งชี้ว่าโมเดลมีความสามารถในการทำนายผลผลิตได้ในระดับหนึ่ง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ทั้งนี้ สอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้า ซึ่งระบุว่าแบบจำลองการถดถอยพหุคูณสามารถให้ความแม่นยำในการพยากรณ์อยู่ในระดับที่น่าพอใจ (ศศิธร คงอุดมทรัพย์ และพงศิษฐ์ ทวีขงศ์ธร, 2564) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนกับผลผลิตเฉลี่ยของพืชผักสด ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 400–500 กิโลกรัมต่อรอบการผลิต พบว่าค่า RMSE และ MAE ดังกล่าวอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง สะท้อนให้เห็นว่าโมเดลยังมี

ข้อจำกัดในด้านความแม่นยำ โดยเฉพาะเมื่อต้องการนำไปใช้ในการวางแผนการผลิตที่ต้องการความถูกต้องแม่นยำสูง จึงควรพัฒนาโมเดลเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความแม่นยำในอนาคต

2.2 ค่า R-squared ที่ 0.6504 แสดงให้เห็นว่าโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของผลผลิตได้ 65.04% ซึ่งบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ในระดับปานกลางระหว่างตัวแปรอิสระที่เลือกและผลผลิต อย่างไรก็ตาม ค่า R-squared ที่ไม่สูงมากนัก อาจชี้ให้เห็นว่ายังมีปัจจัยอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรที่เลือกไว้ในโมเดล ที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตพืชผักสลัด

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และจำนวนเกษตรกรมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิต ($P\text{-Value} < 0.05$) ในขณะที่ ความชื้นเฉลี่ย ความชื้นสูงสุด ความชื้นต่ำสุด และความเร็วลมเฉลี่ย ไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อผลผลิตข้าวหอมมะลิ อย่างไรก็ตาม การที่ความชื้นไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิต อาจเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่ศึกษา หรืออาจมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความชื้นที่ไม่ได้นำมาพิจารณาในโมเดลนี้ (ปิยะพร แชลัม และคณะ, 2562) ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของงานวิจัยที่เน้นย้ำถึงความสำคัญของการพิจารณาปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อพื้นที่ในการศึกษา (อิศรา ปานคง และเพ็ญภา ปาละปิ่น, 2561)

2.4 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของโมเดล (Error Analysis) เมื่อพิจารณาค่าคลาดเคลื่อนของการทำนายเทียบกับค่าจริง พบว่าการกระจายตัวส่วนใหญ่มีลักษณะสมมาตรรอบค่าเฉลี่ย จึงไม่ปรากฏ Bias อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม จากกราฟ Scatter Plot ที่แสดงความสัมพันธ์ของค่าจริงกับค่าพยากรณ์ พบว่าจุดข้อมูลบางส่วนมีการทำนายสูงกว่าความเป็นจริง (Overestimate) และต่ำกว่าความเป็นจริง (Underestimate) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มข้อมูลที่มีผลผลิตสูงมาก แบบจำลองมีแนวโน้มทำนายต่ำกว่าค่าจริง อย่างชัดเจน ซึ่งสะท้อนว่าปัจจัยเฉพาะทางของแต่ละแปลงหรือมาตรการจัดการอื่น ๆ อาจมีบทบาทสำคัญต่อปริมาณผลผลิต

3. งานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาการประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจภาคกลาง - ภาคตะวันตก โดยงานวิจัยดังกล่าวใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อพยากรณ์ผลผลิตทางการเกษตร (สมฤดี กลิ่นหอม และคณะ, 2566) และพบว่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่ใช้ในการทำนายอาจแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีความแตกต่างจากงานวิจัยดังกล่าวในด้านชนิดของพืชที่ศึกษา ตัวแปรที่ใช้และพื้นที่ศึกษา ซึ่งอาจส่งผลต่อความแตกต่างของผลการวิจัย

สรุป

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาโมเดลพยากรณ์ผลผลิตพืชผักสลัดในโครงการหลวงป่าแป๋ โดยนำเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลตามแนวทาง CRISP-DM มาประยุกต์รวมกับการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถอธิบายความแปรปรวนของผลผลิตได้ถึง 65.04% โดยมีค่า RMSE เท่ากับ 68.73 กิโลกรัม และ MAE เท่ากับ 55.33 กิโลกรัม ซึ่งชี้ให้เห็นว่าแม้จะมีข้อจำกัดบางประการ แต่โมเดลนี้มี

ศักยภาพเพียงพอที่จะนำไปใช้งานจริงและสามารถเป็นเครื่องมือในการวางแผนการผลิตและการตลาดให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดได้

ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพยากรณ์ ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และจำนวนเกษตรกร ในขณะที่ปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความชื้นและความเร็วลมไม่แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้เห็นถึงความจำเป็นในการศึกษาและนำปัจจัยเพิ่มเติมมาใช้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของโมเดลในอนาคต

นอกจากนี้ มีงานวิจัยที่ยืนยันว่า การประยุกต์ใช้เทคนิค Machine Learning ในการพยากรณ์ผลผลิตสามารถเพิ่มความแม่นยำและรองรับความซับซ้อนของข้อมูลในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันได้ (Reddy & Kumar, 2021; Venugopal et al., 2021) ซึ่งเป็นข้อพิสูจน์เพิ่มเติมว่าแนวทางที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีความน่าเชื่อถือและมีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (DSS) ที่สามารถขยายการใช้งานไปยังพื้นที่ที่มีลักษณะทางภูมิศาสตร์หรือระบบการผลิตที่คล้ายคลึงกัน เพื่อสนับสนุนการพัฒนาเกษตรกรรมอย่างยั่งยืนในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัย

แม้ว่าโมเดลที่พัฒนาขึ้นจะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการทำนายผลผลิตพืชผักสลัดได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังคงมีโอกาสในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มความแม่นยำยิ่งขึ้น การพิจารณาเพิ่มเติมปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อผลผลิต เช่น ปริมาณน้ำฝน ชนิดของปุ๋ย และการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช อาจช่วยเพิ่มความสามารถในการอธิบายของโมเดล นอกจากนี้ การสำรวจเทคนิคการสร้างโมเดลที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น Support Vector Regression, Random Forest หรือ Neural Network อาจนำไปสู่การพยากรณ์ที่แม่นยำยิ่งขึ้น เพื่อให้มั่นใจในความสามารถในการนำโมเดลไปใช้ในสถานการณ์จริง การตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลกับข้อมูลใหม่ที่ไม่ได้ใช้ในการสร้างโมเดลเป็นสิ่งจำเป็น ในขั้นตอนสุดท้าย ควรพัฒนาต่อยอดโมเดลให้สามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวกสำหรับเกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น ผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ หรือระบบเว็บไซต์ที่ใช้งานง่าย ซึ่งจะช่วยให้นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้จริงในวงกว้าง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการนำโมเดลไปใช้งานจริงในสถานการณ์ที่หลากหลาย ควรมีการเก็บข้อมูลปัจจัยต่าง ๆ และผลผลิตในระยะยาว เพื่อให้โมเดลสามารถเรียนรู้และปรับตัวเข้ากับสภาพผันผวนของสภาพแวดล้อมและปัจจัยอื่น ๆ ได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ ยังควรสำรวจปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อผลผลิต เช่น ชนิดของดิน เทคนิคการเพาะปลูก และปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคม เพื่อเพิ่มความครอบคลุมและความแม่นยำของโมเดล อีกทั้งการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลที่พัฒนาขึ้นกับโมเดลอื่น ๆ หรือวิธีการพยากรณ์แบบดั้งเดิมจะช่วยให้การประเมินและเลือกโมเดลที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำนายผลผลิตพืชผักสลัด มีงานวิจัยที่ได้นำเสนอแนวทางการเปรียบเทียบโมเดลการเรียนรู้แบบมีการกำกับโดยใช้เทคนิค Regression Models ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับงานวิจัยในอนาคตเพื่อเพิ่มความแม่นยำของโมเดลโดยการรวมเอา

เทคนิค Machine Learning ที่สามารถจับความซับซ้อนและลักษณะความไม่เชิงเส้นของข้อมูลเข้ามาใช้เพิ่มเติม (Panigrahi et al., 2023; Reddy & Kumar, 2021; Venugopal et al., 2021) สุดท้าย การขยายผลการศึกษาไปยังพืชชนิดอื่น ๆ หรือพื้นที่เพาะปลูกอื่น ๆ จะเป็นการตรวจสอบความสามารถในการประยุกต์ใช้งานในบริบทที่หลากหลายของโมเดลและเปิดโอกาสในการนำไปประยุกต์ใช้ในวงกว้างมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลดีต่อภาคการเกษตรในภาพรวม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงป่าแป๋ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัยนี้ ข้อมูลที่ได้รับจากโครงการฯ มีส่วนสำคัญในการวิเคราะห์และสร้างโมเดลการทำนายผลผลิตพืชผักสลัด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเกษตรในพื้นที่ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ปิยะพร แซ่ลิ้ม, วิวรรณ กาญจนวจิ, พัทธนา สุวรรณแสน, และณพฐ์ โสภิพันธ์. (2562). การพยากรณ์ผลผลิตข้าวหอมมะลิ ในจังหวัดนครราชสีมา. **วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา**, 4(2), 25-37.
- พัชรา ศรีพระบุ. (2565). การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอนของปัจจัยพยากรณ์ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการท่าเรือสินค้าทั่วไป. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม**, 15(3), 154-163.
- วีรศักดิ์ ฟองเงิน, วรภา อาธิราชบุรี, และเผด็จ พรหมสาขา ณ สกลนคร. (2560). การพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนกัวลม โดยใช้เทคนิคเหมือนข้อมูล. **วารสารวิทยาการจัดการสมัยใหม่**, 10(2), 121-131.
- ศศิธร คงอุดมทรัพย์, และพงษ์ชัย ทธิพงษ์ศรี. (2564). ความแม่นยำของการใช้แบบจำลองการถดถอยพหุคูณในการวิเคราะห์ฐานข้อมูลที่ได้จากการสุ่มแบบมีเงื่อนไขเพื่อการคาดการณ์ผลการเรียนของนักเรียนนายเรือ. **วารสารวิชาการโรงเรียนนายเรือด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 4(1), 76-88.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (สวพส.). (2563). **วัตถุประสงค์ ภารกิจหลัก อำนาจหน้าที่**. สืบค้นจาก <https://www.hrdi.or.th/About/Introduce>
- สมฤดี กลิ่นหอม, สุพิชญาไพจิตร, ปิณณวุฒิ ปิ่นสวาสดี, และเยาวลักษณ์ เกิดปิ่น. (2566). การประยุกต์การเรียนรู้ของเครื่องในการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตพืชเศรษฐกิจในโซ่อุปทานภาคเกษตรกรรม พื้นที่ระยองเศรษฐกิจภาคกลาง – ภาคตะวันตก. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในอร์ทเทิร์น**, 4(3), 63-76.
- อติศา ปานคง, และเพ็ญภา ปาละปิ่น. (2561). **ปัจจัยที่เป็นอุปสรรคในการปลูกพืชหมุนเวียนในพื้นที่เกษตรกรรม อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี**. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานระดับชาติด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ครั้งที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2561 (น. 383-390). มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

- Joshua, S. V., Priyadharson, A. S. M., Kannadasan, R., Khan, A. A., Lawanont, W., Khan, F. A., Rehman, A. U., & Ali, M. J. (2022). Crop yield prediction using machine learning approaches on a wide spectrum. **Computers, Materials & Continua**, 72(3), 5663-5679. <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.027178>
- Khade, S., Malaye, V., Mhase, S., Shitole, A., & Shirsath, S. (2023). Crop yield prediction using machine learning. **International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)**, 3(1), 202-204. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-8584>
- Panigrahi, B., Kathala, K. C. R., & Sujatha, M. (2023). A machine learning-based comparative approach to predict the crop yield using supervised learning with regression models. **Procedia Computer Science**, 218, 2684-2693. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.241>
- Reddy, D. J., & Kumar, M. R. (2021). Crop yield prediction using machine learning algorithms. In **Proceedings of the Fifth International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS 2021)** (pp. 1466-1470). <https://doi.org/10.1109/ICICCS51141.2021.9432236>
- Venugopal, A., S, A., Mani, J., Mathew, R., & Williams, V. (2021). Crop yield prediction using machine learning algorithms. **International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)**, 9(13), 87-91.

แบบจำลองสมการโครงสร้างของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออกกลุ่มที่ 2

ปรกรณ์ แสนจิตต์^{1*} เชิดชัย อูระแพง² ทองแท่ง ทองลิ่ม²

Received : January 9, 2025

Revised : April 28, 2025

Accepted : April 30, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยในการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2) เพื่อพัฒนาแบบจำลองแบบจำลองสมการโครงสร้างของปัจจัยการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 และ 3) เพื่อทดลองใช้แบบจำลองสมการโครงสร้างของการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 โดยอาศัยกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยเชิงปริมาณมีจำนวน 400 คน โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือ นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานและแบบจำลองสมการโครงสร้าง

ผลการวิจัย พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นผู้มีประสบการณ์ทำงานในวิสาหกิจชุมชนระหว่าง 11 – 15 ปี มีรูปแบบวิสาหกิจชุมชนแบบสหกรณ์ ดำเนินการธุรกิจวิสาหกิจชุมชนเป็นระยะเวลา 10 – 12 ปี มีมูลค่าการผลิตต่อปีระหว่าง 3,000,001 – 4,000,000 บาท มีการเข้าร่วมกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ และมีการเข้าร่วมกิจกรรมการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตกับหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มในพื้นที่ภาคตะวันออก 2 ประกอบด้วย 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยด้านการจัดการวัตถุดิบ ปัจจัยด้านกระบวนการผลิต กำลังการผลิต และ ปัจจัยด้านการตลาด โดยมีปัจจัยย่อย คือ ปัจจัยด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม และ ปัจจัยด้านการตัดสินใจการใช้เทคโนโลยี ที่มีระดับความสำคัญส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับมาก การพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้างของปัจจัยการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 ได้โมเดลที่มีค่าดัชนีมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เป็นอย่างดี ความเหมาะสมและสามารถใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม มีแบบจำลองสมการ คือ รูปสมการโครงสร้าง $Dm = 0.561 * Rm + 0.603 * Pp + 0.722 * Mk + 0.534 * Ti$, $R^2 = 0.761$ ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม แบบจำลองสมการโครงสร้าง วิสาหกิจชุมชน
อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม

¹ นักศึกษา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง อีเมล: pondpak@gmail.com

² อาจารย์ประจำหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: pondpak@gmail.com

STRUCTURAL EQUATION MODEL OF FACTORS INFLUENCING THE ADOPTION OF
TECHNOLOGY AND INNOVATION IN COMMUNITY ENTERPRISES OF THE FOOD AND
BEVERAGE INDUSTRY IN THE EASTERN REGION, GROUP 2

Pakorn Saenjit^{1*} Chertchai Thurapaeng² Tongtang Tonglim²

Abstract

This research was aimed to 1) study about the factors influencing the decision to use technology and innovation of the food and beverage industry for community enterprises in the Eastern region 2 as well as 2) develop a structural equation model of the factors influencing the decision to use technology and innovation of the food and beverage industry for community enterprises in the Eastern region 2, and 3) experiment with the structural equation model of the decision to use technology and innovation of the food and beverage industry for community enterprises in the Eastern region 2. There were 400 research samples of this quantitative research answering questionnaires which were the research instrument. The obtained data were analyzed using basic statistics and structural equation models.

The research findings were found that almost of respondents had 11–15 years of working experience in community enterprises. They had a community enterprise model as a cooperative. They operated the community-enterprise business for 10–12 years, with an annual production value between 3,000,001 – 4,000,000 baht. Additionally, they joined community enterprise groups in the area, and participated in activities about technology and production innovation adoption with relevant government agencies. The factors influencing the decision to use technology and innovation of the food and beverage industry for community enterprises in Eastern Region 2 consisted of 4 main factors—raw material management, production processes, production capacities, and marketing—along with two sub-factors, including technology and innovation management and decision-making on technology adoption. These factors were predominantly rated at a high level of importance. The development of the structural equation

¹ Doctoral Student of Philosophy program in Industrial technology management, Faculty of Industrial Technology, Muban Chombueng Rajabhat University, e-mail: pondpak@gmail.com

² Program Lecturer for the Doctor of Philosophy in Industrial Technology Management, Faculty of Industrial Technology, Muban Chombueng Rajabhat University

* Corresponding author, e-mail: pondpak@gmail.com

model (SEM) of the decision-making factors for employing technology and innovation of Food and Beverage Industry for community enterprises in the Eastern region 2 was analyzed its model with index values, that were highly consistent with the empirical data. This was indicated that the model was appropriate and could be effectively used to explain the relationship between various factors influencing the decision to use technology and innovation. The structural equation model was represented as $Dm = 0.561 \cdot Rm + 0.603 \cdot Pp + 0.722 \cdot Mk + 0.534 \cdot Ti$, $R^2 = 0.761$.

Keywords: Use of Technology and Innovation, Structural Equation Modeling, Community Enterprises, Food and Beverage Industry

บทนำ

การใช้เทคโนโลยีและการสร้างนวัตกรรมด้านอาหารและเครื่องดื่มเพื่อการแปรรูป ประกอบด้วยการใช้ระบบอัตโนมัติเพื่อเพิ่มผลผลิตการผลิต การใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เพื่อการคัดแยกวัตถุดิบ การใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อเก็บรวบรวม เชื่อมโยง และรับส่งข้อมูลในกระบวนการผลิตตั้งแต่วัตถุดิบจนกระทั่งขนส่งผลิตภัณฑ์ให้แก่ผู้บริโภค การใช้เทคโนโลยีบริหารจัดการข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อการผลิตและการพยากรณ์ การสร้างนวัตกรรมด้านเครื่องจักรทางการเกษตรเชิงพาณิชย์ จนกระทั่งการออกแบบและผลิตอาหารเพื่ออนาคต (วนิดา บุญภิรักษ์, 2566)

อย่างไรก็ตาม การส่งเสริมและสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมสำหรับอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มต้องมีการส่งเสริมในทุกระดับโดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มของวิสาหกิจชุมชน เนื่องจากผู้ประกอบการเหล่านี้เป็นผู้อยู่ในฐานรากของส่วนการผลิตและใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นเป็นปัจจัยการผลิตหลัก ทั้งยังมีการใช้แรงงานในการผลิตและมีผู้เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจะเห็นได้จากจำนวนวิสาหกิจชุมชนจดทะเบียนทั่วประเทศจำนวน 85,436 ราย ส่วนใหญ่เป็นวิสาหกิจชุมชนที่มีกิจการผลิตสินค้ากลุ่มการผลิตพืช การผลิตปศุสัตว์ การแปรรูปอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม การผลิตปัจจัยการผลิต (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์, 2566) เกิดการจ้างงานจำนวน 12,714,916 คน ซึ่งมีการขยายตัวร้อยละ 5.43 (สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม, 2565) โดยภาครัฐมีการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านตลาด ด้านความยั่งยืนของกลุ่ม ด้านองค์ความรู้ด้านการเงินและบัญชี ด้านการบริหารจัดการข้อมูล ซึ่งรวมถึงการส่งเสริมปัจจัยทางด้านการใช้เทคโนโลยีเพื่อการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและมีความยั่งยืนให้กับชุมชน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกันของกับกระบวนการสร้างเทคโนโลยี คือ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านเทคโนโลยี ด้านกระบวนการผลิต และด้านสังคม ควบคู่กับกระบวนการสร้างมูลค่าเพิ่มทั้ง 4 ด้าน คือ การสร้างเครือข่าย กระบวนการสร้างเทคโนโลยี นวัตกรรม การวิจัยและพัฒนา การพัฒนาทรัพยากรบุคคล และการเชื่อมโยงโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2566) ปัญหาที่

เกิดขึ้นในการส่งเสริมและสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม คือ ข้อมูลที่จำเป็นและสำคัญสำหรับใช้ในการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม ซึ่งส่งผลให้ผู้ประกอบการของวิสาหกิจชุมชนไม่ประสบความสำเร็จในการบริหารจัดการและดำเนินกิจการ

ผู้วิจัยในฐานะนักศึกษาระดับปริญญาเอกสาขาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและเป็นหัวหน้าผู้ตรวจประเมินระบบมาตรฐานอุตสาหกรรมในพื้นที่วิสาหกิจชุมชนกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออก 2 ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ตราด นครนายก ปราจีนบุรี และสระแก้ว ซึ่งมีผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มที่อาศัยปัจจัยการผลิตที่เป็นวัตถุดิบทางการเกษตรทั้งผัก ผลไม้ ปศุสัตว์ สัตว์น้ำที่ได้จากประมงน้ำจืดและประมงชายฝั่ง รวมถึงแรงงานที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนเหล่านี้ยังประสบปัญหาต่าง ๆ เช่น การจัดการจำนวนและต้นทุนของปัจจัยการผลิต กระบวนการผลิต มาตรฐานและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การไม่สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดและผู้บริโภค เป็นต้น ปัญหานี้เกิดจากผู้ประกอบการขาดการรับรู้ ความรู้ และข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของเทคโนโลยีและนวัตกรรม และขาดทรัพยากรในการลงทุนใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อประกอบการ ทั้ง ๆ ที่ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขปรับปรุง และพัฒนาโดยอาศัยการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเข้าช่วยได้ เช่น การใช้เทคโนโลยีแหล่งข้อมูลขนาดใหญ่ในการวิเคราะห์ปริมาณของวัตถุดิบเพื่อควบคุมราคาและต้นทุน และการเข้าถึงพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค การออกแบบการกระบวนการผลิตโดยใช้แบบจำลองการสร้างผังการผลิต (Simulation) การออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ทั้งตัวผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์สามมิติ (3D Product Design) เป็นต้น เพราะฉะนั้นการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 จึงเป็นประโยชน์เพื่อให้เข้าใจความสัมพันธ์ปัจจัยเชิงสาเหตุและผลเชิงประจักษ์ อันจะนำไปสู่การยกระดับความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนไทยในตลาดโลกได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยในการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก กลุ่มที่ 2
2. เพื่อพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้างของปัจจัยการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออกกลุ่มที่ 2
3. เพื่อทดสอบใช้แบบจำลองสมการโครงสร้างของการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก กลุ่มที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 ซึ่งเป็นผู้ประกอบการที่อยู่ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ตราด นครนายก ปราจีนบุรี และสระแก้ว แบ่งออกเป็นตามรายจังหวัด ได้จำนวน 158, 110, 75, 104 และ 124 รายตามลำดับ รวมทั้งหมดจำนวน

571 ราย ประกอบด้วยจำนวนสมาชิก 9,068 คน (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2565; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2565) ทั้งขนาดตัวอย่างขั้นต่ำสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบจำลองสมการโครงสร้างเริ่มต้นที่ 300 ตัวอย่าง หรือใช้อย่างน้อย 8 – 15 เท่าของจำนวนตัวแปร (Hair et al., 2019; Denis, 2021) จากหลักการข้างต้น ผู้วิจัยใช้เกณฑ์กำหนดขนาดตัวอย่างจากจำนวนตัวแปรที่สังเกตได้ โดยตัวแปรที่สังเกตได้มีจำนวน 20 ตัวแปร กำหนดขนาดตัวอย่าง 20 เท่าจากจำนวนตัวแปร ดังนั้นขนาดตัวอย่างที่ได้สำหรับงานวิจัยนี้จึงกำหนดให้มีจำนวนทั้งหมด 400 ตัวอย่าง คือได้จาก 20 ตัวแปร คูณ 20 เท่า จำนวนกลุ่มตัวอย่างกำหนดจากสัดส่วนของจำนวนสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ผลิตอาหารและเครื่องดื่มของ 5 จังหวัด ทำการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย ดังแสดงจำนวนของผู้ประกอบการ จำนวนสมาชิก และจำนวนกลุ่มตัวอย่างของพื้นที่ที่ศึกษาในตารางที่ 1 โดยคำนวณตามสัดส่วนขนาดกลุ่มตัวอย่างกับจำนวนสมาชิก

ตารางที่ 1 จำนวนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน สมาชิก และกลุ่มตัวอย่างของพื้นที่ที่ศึกษารายจังหวัด

จังหวัด	จำนวนกลุ่มวิสาหกิจ ชุมชน (ราย)	จำนวนสมาชิก (คน)	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คน)
จันทบุรี	158	2,539	112
ตราด	110	1,723	76
ปราจีนบุรี	104	1,632	72
สระแก้ว	124	1,995	88
นครนายก	75	1,179	52
รวม	571	9,068	400

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร, 2565

ตัวแปรในการศึกษา

ตัวแปรในการศึกษานี้แบ่งออกเป็นห้าปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยด้านการจัดการวัตถุดิบ (Raw Material Management: Rm) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการวัตถุดิบให้มีคุณภาพและปริมาณที่เพียงพอต่อการผลิต โดยมีปัจจัยย่อย ได้แก่ ความน่าเชื่อถือของผู้จำหน่าย (Rm1) ซึ่งหมายถึงความสามารถของผู้จำหน่ายในการส่งมอบวัตถุดิบอย่างต่อเนื่องและตรงเวลา, การควบคุมสินค้าคงคลัง (Rm2) ซึ่งเป็นการบริหารสต็อกวัตถุดิบให้มีประสิทธิภาพเพื่อลดต้นทุนและป้องกันการขาดแคลน, คุณภาพของวัตถุดิบ (Rm3) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อมาตรฐานของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป และต้นทุนวัตถุดิบ (Rm4) ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดหาวัตถุดิบ

ปัจจัยด้านกระบวนการผลิต (Production Process: Pp) มีบทบาทสำคัญต่อความสามารถในการผลิตที่มีประสิทธิภาพและความยืดหยุ่น โดยมีปัจจัยย่อย ได้แก่ ศักยภาพการผลิต (Pp1) ซึ่งหมายถึงความสามารถในการดำเนินกระบวนการผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด, กำลังการผลิต (Pp2) ซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณการผลิตที่สามารถรองรับได้ภายใต้ข้อจำกัดของโรงงาน, การควบคุมคุณภาพการผลิต (Pp3) ซึ่งเป็น

กระบวนการตรวจสอบและรักษามาตรฐานผลิตภัณฑ์ และความยืดหยุ่นของการผลิต (Pp4) ซึ่งหมายถึงความสามารถในการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด

ปัจจัยด้านการตลาด (Marketing: Mk) มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันขององค์กร โดยมีปัจจัยย่อย ได้แก่ การวิจัยการตลาด (Mk1) ซึ่งเป็นการศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคและแนวโน้มของตลาด, การโฆษณาและการส่งเสริมการขาย (Mk2) ซึ่งเป็นกลยุทธ์ในการกระตุ้นยอดขายและเพิ่มการรับรู้ของแบรนด์, การสร้างแบรนด์ (Mk3) ซึ่งหมายถึงกระบวนการสร้างภาพลักษณ์และความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์หรือบริการ และการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ (Mk4) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างและรักษาความสัมพันธ์ที่ดีกับลูกค้าเพื่อเพิ่มความภักดีต่อแบรนด์

ปัจจัยด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม (Technology & Innovation Management: Ti) มีความสำคัญต่อการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยมีปัจจัยย่อย ได้แก่ การนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ (Ti1) ซึ่งเป็นความสามารถขององค์กรในการปรับใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ, การลงทุนด้านวิจัยและพัฒนา (Ti2) ซึ่งเป็นการจัดสรรงบประมาณเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่, การสร้างองค์กรเพื่อสร้างนวัตกรรม (Ti3) ซึ่งหมายถึงการสร้างวัฒนธรรมองค์กรที่สนับสนุนการคิดค้นนวัตกรรม และการจัดการทรัพยากรทางปัญญา (Ti4) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการคุ้มครองและใช้ประโยชน์จากสิทธิบัตรหรือลิขสิทธิ์ทางเทคโนโลยี

ปัจจัยด้านการตัดสินใจการใช้เทคโนโลยี (Decision-Making in Technology: Dm) มีบทบาทในการกำหนดแนวทางการดำเนินงานขององค์กร โดยมีปัจจัยย่อย ได้แก่ การตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ (Dm1) ซึ่งหมายถึงการกำหนดทิศทางในระยะยาวขององค์กร, การตัดสินใจเชิงนโยบาย (Dm2) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดแนวทางและข้อกำหนดด้านเทคโนโลยี, การตัดสินใจเชิงปฏิบัติการ (Dm3) ซึ่งเป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับการดำเนินงานในระดับปฏิบัติ และความคล่องตัวในการตัดสินใจ (Dm4) ซึ่งหมายถึงความสามารถขององค์กรในการปรับตัวและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเชิงปริมาณ คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ปัจจัยในการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น

สำหรับคำถามตอนที่ 1 เป็นคำถามข้อมูลทั่วไปของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 กำหนดคำตอบให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกตอบ (Checklist) ได้แก่ ประเภทกิจการ รูปแบบการจดทะเบียนกิจการ ระยะเวลาการดำเนินการ ขนาดของเงินลงทุน จำนวนแรงงาน กำลังการผลิต รายได้เฉลี่ยต่อปี คำถามตอนที่ 2 มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ซึ่งเป็นเกณฑ์การวัดระดับความสำคัญ 5 ระดับ (5-level rating scale) ได้แก่ 5, 4, 3, 2, และ 1 มีความหมายว่า มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ และตอนที่ 3 เป็นแบบสอบถามแบบปลายเปิด (Open-ended question) โดยคำตอบจะ

เกี่ยวกับปัจจัยในการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 โดยแบบสอบถามได้ผ่านการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ได้ค่ามากกว่า 0.50 และมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient; α) มากกว่า 0.70 (Cronbach, 1990)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลของการวิจัยเชิงปริมาณ – ใช้แบบสอบถาม จำนวน 400 ชุด โดยผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ตามปฏิทินกิจกรรมของแต่ละพื้นที่ ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม ช่วงกลางเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2567

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามแบบจำลองสมการโครงสร้างของปัจจัยการตัดสินใจในการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 ใช้สถิติการแจกแจงความถี่ (Frequency distribution) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

2. การวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างของแบบจำลองสมการโครงสร้างของปัจจัยการตัดสินใจในการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้ และทำการตรวจสอบโดยใช้สถิติการวัดค่าความกลมกลืน ได้แก่ (Hair et al., 2019; Denis, 2021).

2.1 ค่าไคสแควร์ (Chi-square Statistics: χ^2)

2.2 ค่าสัดส่วนของค่าไคสแควร์และค่าชั้นแห่งความอิสระ (χ^2/df)

2.3 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index: GFI)

2.4 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index: AGFI)

2.5 ดัชนีเปรียบเทียบความกลมกลืน (Comparative Fit Index: CFI)

2.6 ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบของทักเกอร์และเลวิส (Tucker-Lewis Index:

TLI)

2.7 ดัชนีความกลมกลืนแบบประหยัด (Parsimony Goodness of Fit Index: PGFI)

2.8 ค่าประมาณความคลาดเคลื่อนของรากกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error of Approximation: RMSEA)

2.9 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (Root Mean Square Residual: RMR)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 288 คน คิดเป็นร้อยละ 72.0 มีอายุ 40 – 49 ปี จำนวน 173 คน คิดเป็นร้อยละ 43.3 มีระดับการศึกษาในระดับมัธยมปลายหรือประกาศนียบัตรวิชาชีพ จำนวน 153 คน คิดเป็นร้อยละ 38.3 มีประสบการณ์การทำงานในวิสาหกิจชุมชนระหว่าง 11 – 15 ปี จำนวน 150 คน คิดเป็นร้อยละ 37.5 โดยมีที่ตั้งวิสาหกิจชุมชนที่จังหวัดจันทบุรี จำนวน 112 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 28.0 มีรูปแบบวิสาหกิจชุมชนแบบสหกรณ์ จำนวน 97 แห่ง และบริษัทจำกัด จำนวน 91 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 24.3 และ 22.8 ตามลำดับ ดำเนินการธุรกิจวิสาหกิจชุมชนเป็นระยะเวลา 10 – 12 ปี จำนวน 108 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 27.0 มีมูลค่าการผลิตต่อปีระหว่าง 3,000,001 – 4,000,000 บาท จำนวน 142 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 35.5 มีการเข้าร่วมกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ จำนวน 372 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 93.0 และมีการเข้าร่วมกิจกรรมการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตกับหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง จำนวน 377 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 94.3

ผลการวิเคราะห์ระดับปัจจัยการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชน อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2

ปัจจัยด้านการจัดการวัตถุดิบของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 พบว่า โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.43 มีระดับความสำคัญอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปัจจัยด้านการจัดการวัตถุดิบรายด้าน พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.20 – 4.53 โดยปัจจัยด้านการจัดการวัตถุดิบเกี่ยวกับการควบคุมสินค้าคงคลังและคุณภาพของวัตถุดิบมีค่าเฉลี่ยสูงสุด

ปัจจัยด้านกระบวนการการผลิตของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 พบว่า โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.39 มีระดับความสำคัญอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปัจจัยด้านกระบวนการการผลิตรายด้าน พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.21 – 4.51 โดยปัจจัยด้านกระบวนการการผลิตเกี่ยวกับความยืดหยุ่นของการผลิต มีค่าเฉลี่ยสูงสุด

ปัจจัยด้านการตลาดของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 พบว่า โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.49 มีระดับความสำคัญอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปัจจัยด้านการตลาดรายด้าน พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.36 – 4.68 โดยปัจจัยด้านการตลาดเกี่ยวกับการสร้างแบรนด์ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด

ปัจจัยด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 พบว่า โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.37 มีระดับความสำคัญอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปัจจัยด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมรายด้าน พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.08 – 4.50 โดยปัจจัยด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกี่ยวกับการสร้างองค์กรเพื่อสร้างนวัตกรรม มีค่าเฉลี่ยสูงสุด

ปัจจัยการตัดสินใจในการใช้เทคโนโลยีของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 พบว่า โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.38 มีระดับความสำคัญอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปัจจัยการตัดสินใจในการใช้เทคโนโลยีย่อยรายด้าน พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.11 – 4.51 โดยปัจจัยการตัดสินใจในการใช้เทคโนโลยีเกี่ยวกับการตัดสินใจเชิงนโยบาย มีค่าเฉลี่ยสูงสุด

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างของปัจจัยการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2

ผลก่อนการปรับโมเดล

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างก่อนการปรับโมเดลของปัจจัยการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 ที่แสดงในภาพที่ 15 พบว่าตัวแปรด้านการจัดการวัตถุดิบ ตัวแปรด้านกระบวนการผลิต ตัวแปรด้านการตลาด และตัวแปรด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับตัวแปรการตัดสินใจในการใช้เทคโนโลยี อย่างไรก็ตาม เมื่อตรวจสอบค่าดัชนีที่ใช้ประเมินความพอดีของโมเดล พบว่าค่า Chi-square (χ^2) แสดงให้เห็นถึงความพอดีโดยรวมของโมเดลกับข้อมูล ขณะที่ค่า p-value มีค่า .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความแตกต่างจากข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญ หมายความว่าโมเดลยังไม่เหมาะสมและมีความคลาดเคลื่อนบางประการ จำเป็นต้องมีการปรับปรุงโมเดลให้มีความสอดคล้องกับข้อมูลมากขึ้น

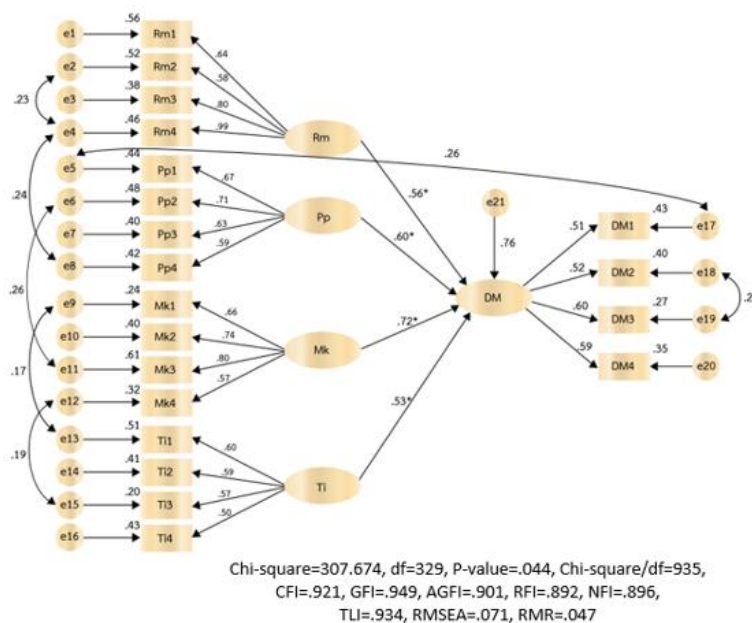
นอกจากนี้ ค่า χ^2/df ที่ได้เท่ากับ 1.586 ถือว่าเป็นค่าพอดีในระดับปานกลาง เนื่องจากค่าเกณฑ์มาตรฐานอยู่ที่ต่ำกว่า 3 แม้ว่าจะสามารถยอมรับได้ แต่ยังคงต้องปรับปรุงโมเดลให้เหมาะสมขึ้น โดยค่าดังกล่าวควรมีค่าใกล้เคียง 1 จึงจะถือว่าโมเดลมีความพอดีในระดับที่ดี ค่า CFI ซึ่งเป็นค่าดัชนีเปรียบเทียบโมเดลพื้นฐานได้ค่า .812 ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานที่ควรมากกว่าหรือเท่ากับ .90 แสดงว่าโมเดลยังไม่พอดีกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เช่นเดียวกับค่า GFI และ AGFI ซึ่งมีค่า .669 และ .637 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ .90 แสดงให้เห็นว่าโมเดลยังไม่มี ความพอดี

ในส่วนของค่า TLI มีค่า .795 ซึ่งใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มากกว่าหรือเท่ากับ .90 จึงสามารถตีความได้ว่าโมเดลมีความพอดีในระดับหนึ่ง แต่ยังคงได้รับการปรับปรุง ส่วนค่า RMSEA ที่ได้เท่ากับ .106 บ่งชี้ว่าโมเดลมีความพอดีปานกลาง แต่ยังสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ต้องน้อยกว่า .08 แสดงว่าโมเดลยังไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนที่เหมาะสมได้และจำเป็นต้องมีการปรับปรุงเพิ่มเติม สุดท้าย ค่า RMR ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนระหว่างเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมที่สังเกตได้กับค่าที่ทำนาย ได้ค่า .096 ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานที่ต้องมีค่าน้อยกว่า .05 แสดงว่าโมเดลยังไม่มี ความพอดีและยังไม่สมเหตุสมผล ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงโมเดลเพื่อให้มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากขึ้น

ผลภายหลังการปรับโมเดล

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างของปัจจัยการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 หลังจากการปรับโมเดล ที่แสดงในภาพที่ 1 พบว่า เมื่อทำการปรับปรุงโมเดลด้วยการปรับเส้นทาง ทำให้ผลความสัมพันธ์หลังการปรับปรุงโมเดลของตัวแปรด้านการจัดการวัตถุดิบ ตัวแปรด้านกระบวนการผลิต ตัวแปรด้านการตลาด และตัวแปรด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับตัวแปรการตัดสินใจในการใช้เทคโนโลยี และมีค่าดัชนี Chi-square (χ^2), P-Value, χ^2/df , CFI, GFI, AGFI, RFI, NFI, TLI, RMSEA และ RMR หลังการปรับปรุง โดยมีผลที่สามารถอธิบายความหมายได้ดังนี้

- 1) ค่าดัชนี Chi-square (χ^2) เท่ากับ 307.674 แสดงให้เห็นถึงความพอดีโดยรวมของโมเดลที่ได้
 - 2) ค่า p-value มีค่า .044 เป็นค่าที่ต่ำกว่า .05 เป็นค่าที่เหมาะสมอยู่ในระดับที่รับได้ แสดงให้เห็นว่า โมเดลไม่แตกต่างจากข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นโมเดลจึงมีความเหมาะสมสอดคล้อง
 - 3) ค่า χ^2/df มีค่า .935 เป็นค่าที่ต่ำกว่า 2 ถือได้ว่าเป็นค่าพอดีระดับมาก แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เป็นอย่างดี
 - 4) ค่า CFI มีค่า .921 เป็นค่าตามมาตรฐานที่ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ .90 แสดงให้เห็นว่าโมเดลพอดีกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์
 - 5) ค่า GFI มีค่า .949 เป็นค่าตามมาตรฐานที่ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ .90 แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความพอดีสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์
 - 6) ค่า AGFI มีค่า .901 เป็นค่าตามมาตรฐานที่ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ .90 แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความพอดี
 - 7) ค่า TLI มีค่า .934 เป็นค่าตามมาตรฐานที่ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ .90 แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความพอดีกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์
 - 8) ค่า RMSEA มีค่า .071 เป็นค่าที่สูงกว่ามาตรฐานที่ต้องมีค่าน้อยกว่า .80 แสดงให้เห็นว่า โมเดลยังไม่มี ความพอดี โมเดลสามารถใช้เป็นตัวแทนได้
 - 9) ค่า RMR มีค่า .047 เป็นค่าที่สูงกว่ามาตรฐานเล็กน้อย ถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความพอดี โมเดลสามารถใช้เป็นตัวแทนได้
- ค่าดัชนีดังกล่าวนี้สามารถนำมาสรุปแสดงผลวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์



ภาพที่ 1 แบบจำลองสมการโครงสร้างหลังการปรับโมเดลของปัจจัยการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของ
 วิชาחקงชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออกเฉียง 2

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีที่ใช้ประเมินค่าความสอดคล้องของโมเดลที่ได้หลังการปรับโมเดล

ค่าดัชนี	เกณฑ์มาตรฐาน	ค่าที่ได้	ผลการประเมิน
χ^2/df	<3.00	.935	ผ่านเกณฑ์
CFI	≥ 0.95	.921	ผ่านเกณฑ์
GFI	≥ 0.90	.949	ผ่านเกณฑ์
AGFI	≥ 0.90	.901	ผ่านเกณฑ์
TLI	≥ 0.90	.934	ผ่านเกณฑ์
RMSEA	<0.08	.071	ผ่านเกณฑ์
RMR	<0.05	.047	ผ่านเกณฑ์

จากค่าดัชนีที่ใช้ประเมินค่าความสอดคล้องของโมเดลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ค่าดัชนีผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นโมเดลที่ได้สามารถนำมาใช้ได้ เนื่องจากโมเดลปัจจัยการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 ที่พัฒนาโดยแบบจำลองสมการโครงสร้างที่ได้พัฒนาขึ้นนี้มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุภายใน (ตารางที่ 3) พบว่า การจัดการวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การตลาด และการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม มีความสัมพันธ์เชิงบวกทางตรงกับการตัดสินใจการใช้เทคโนโลยีอย่างมีนัยสำคัญ และส่งผลโดยตรงกับกรอบโมเดล ซึ่งค่าความสัมพันธ์เชิงสาเหตุภายในของโมเดลปัจจัยการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 ซึ่งมีค่าอิทธิพลทางตรง คือ 0.561, 0.603, 0.722 และ 0.534 ตามลำดับ ในขณะที่ความประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโมเดลที่ได้นั้น สามารถวิเคราะห์จากค่าสหสัมพันธ์พหุคูณกำลังสองที่ได้ของโมเดล ซึ่งมีค่า 0.761 คิดเป็นร้อยละ 76.1 และเมื่อนำค่าที่ได้เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโมเดลที่จะต้องมากกว่า 0.40 หรือร้อยละ 40 ดังนั้นประสิทธิภาพของการพยากรณ์ของโมเดลปัจจัยการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 ถือได้ว่ามีความเที่ยงตรง น่าเชื่อถือ และสามารถใช้เพื่อพยากรณ์การตัดสินใจภายใต้ปัจจัยที่ปรากฏในโมเดล

ตารางที่ 3 ค่าความสัมพันธ์เชิงสาเหตุภายในของโมเดลปัจจัยการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2

ตัวแปรผล	อิทธิพล	ตัวแปรสาเหตุ			
		Rm	Pp	Mk	Ti
Dm	DE	0.561*	0.603*	0.722*	0.534*
	IE	-	-	-	-
	TE	0.561*	0.603*	0.722*	0.534*
	R ²		0.761		

*P<.05

Dm (Direct effect): ผลกระทบโดยตรง (Direct effect) ที่เกิดจากตัวแปรต้นไปยังตัวแปรตามโดยไม่ผ่านตัวแปรกลาง

DE (Direct Effect): ผลกระทบโดยตรง (Direct effect) ที่เกิดจากตัวแปรต้นไปยังตัวแปรตามโดยไม่ผ่านตัวแปรกลาง

IE (Indirect Effect): ผลกระทบโดยอ้อม (Indirect effect) คือ ผลกระทบที่เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามผ่านตัวแปรกลาง (Mediator)

TE (Total Effect): ผลกระทบรวม (Total effect) คือผลกระทบทั้งหมดที่เกิดจากตัวแปรต้นไปยังตัวแปรตาม ซึ่งรวมทั้งผลกระทบโดยตรง (Direct effect) และผลกระทบโดยอ้อม (Indirect effect).

R² (R-squared): ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of Determination) ที่ใช้วัดว่าโมเดล SEM สามารถอธิบายความแปรปรวน (variance) ของตัวแปรตามได้มากน้อยแค่ไหน

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างของปัจจัยการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 สามารถแบ่งออกเป็นสองช่วง คือก่อนและหลังการปรับปรุงโมเดล ซึ่งช่วยให้เห็นภาพความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ก่อนการปรับปรุงโมเดล ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวแปรด้านการจัดการวัตถุดิบ ตัวแปรด้านกระบวนการผลิต ตัวแปรด้านการตลาด และตัวแปรด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับตัวแปรการตัดสินใจในการใช้เทคโนโลยี อย่างไรก็ตาม ค่าดัชนีต่าง ๆ เช่น Chi-square (χ^2), P-Value, χ^2/df , CFI, GFI, AGFI, TLI, RMSEA และ RMR ยังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม โดยค่า p-value มีค่า .000 แสดงให้เห็นว่าโมเดลยังไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และค่าดัชนีอื่น ๆ เช่น CFI, GFI และ AGFI มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด ซึ่งบ่งชี้ถึงความจำเป็นในการปรับปรุงโมเดล

หลังจากดำเนินการปรับปรุงโมเดล (ภาพที่ 1) โดยการปรับเส้นทางของตัวแปรต่าง ๆ พบว่าผลลัพธ์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากขึ้น โดยค่า p-value เพิ่มขึ้นเป็น .044 ซึ่งสูงกว่า .05 แสดงให้เห็นว่าโมเดลไม่มีความแตกต่างจากข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญ ค่า χ^2/df ลดลงเหลือ .935 ซึ่งต่ำกว่า 2 และเป็นค่าที่แสดงถึงความพอดีระดับสูง นอกจากนี้ ค่า CFI, GFI, AGFI และ TLI ล้วนมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ .90 แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความพอดีกลมกลืนกับข้อมูล ขณะที่ค่า RMSEA มีค่า .071 และค่า RMR มีค่า .047 ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า การปรับปรุงโมเดลทำให้โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากขึ้น และสามารถนำไปใช้เป็นตัวแบบในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 ได้อย่างเหมาะสม หลังการปรับปรุง โมเดลสุดท้าย มีความพอดีกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากขึ้น โดยพิจารณาจากค่าดัชนีที่ดีขึ้นทุกตัว เช่น $p\text{-value} = .044$, $\chi^2/df = .935$, $CFI = .921$, $GFI = .949$, $AGFI = .901$ และ $TLI = .934$ ซึ่งล้วนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ทำให้สามารถยืนยันว่า โมเดลนี้มีความแม่นยำในการอธิบายปัจจัยที่ส่งผลการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีของวิสาหกิจชุมชนได้ ดังนั้น การอธิบายเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุงโมเดล ช่วยให้เข้าใจกระบวนการปรับปรุงได้ดีขึ้น และแสดงให้เห็นว่าโมเดลที่ได้รับการปรับปรุงแล้วมีความแม่นยำมากขึ้นในการอธิบายพฤติกรรมการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก กลุ่มที่ 2

สรุป

1. การศึกษาปัจจัยในการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มในพื้นที่ภาคตะวันออก 2 ประกอบด้วย 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยด้านการจัดการวัตถุดิบ (Rm) มีปัจจัยย่อย ได้แก่ ความน่าเชื่อถือของผู้จำหน่าย (Rm1) การควบคุมสินค้าคงคลัง (Rm 2) คุณภาพของวัตถุดิบ (Rm3) และต้นทุนวัตถุดิบ (Rm4) ปัจจัยด้านกระบวนการผลิต (Pp) มีปัจจัยย่อย ได้แก่ ศักยภาพการผลิต (Pp1) กำลังการผลิต (Pp2) การควบคุมคุณภาพการผลิต (Pp3) และความยืดหยุ่นของการผลิต (Pp4) ปัจจัยด้านการตลาด (Mk) มีปัจจัยย่อย ได้แก่ การวิจัยการตลาด (Mk1) การโฆษณาและการส่งเสริมการขาย (Mk2) การสร้างแบรนด์ (Mk3) และการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ (Mk4) ปัจจัยด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม (Ti) มีปัจจัยย่อย ได้แก่ การนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ (Ti1) การลงทุนด้านวิจัยและพัฒนา (Ti2) การสร้างองค์กรเพื่อสร้างนวัตกรรม (Ti3) และการจัดการทรัพยากรทางปัญญา (Ti4) และปัจจัยด้านการตัดสินใจการใช้เทคโนโลยี (Dm) มีปัจจัยย่อย ได้แก่ การตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ (Dm1) การตัดสินใจเชิงนโยบาย (Dm2) การตัดสินใจเชิงปฏิบัติการ (Dm3) ความคล่องตัวในการตัดสินใจ (Dm4) ผลที่ได้ แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยด้านการตลาดมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมมากที่สุด รองลงมา คือ ปัจจัยด้านกระบวนการผลิต ปัจจัยด้านการจัดการวัตถุดิบ และปัจจัยด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ตามลำดับ

2. การพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้างของปัจจัยการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มภาคตะวันออก 2 จากการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้างพบว่า โมเดลที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เป็นอย่างดี โดยมีค่าดัชนีที่ใช้เป็นเกณฑ์การวัดมาตรฐาน ได้แก่ ค่าดัชนี Chi-square (χ^2), P-Value, χ^2/df , CFI, GFI, AGFI, TLI, RMSEA และ RMR ผ่านเกณฑ์มาตรฐานหลังจากการปรับปรุงโมเดล แสดงให้เห็นว่า โมเดลที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมและสามารถใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจ

ชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องตีภาคตะวันออก 2 โดยโมเดลที่ได้แสดงให้เห็นในรูปสมการโครงสร้าง $Dm = 0.561 * Rm + 0.603 * Pp + 0.722 * Mk + 0.534 * Ti$, $R^2 = 0.761$ ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

3. การทดลองใช้แบบจำลองสมการโครงสร้างของการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องตีภาคตะวันออก 2 โดยอาศัยการทดสอบความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของโมเดล ผลการทดลองใช้แบบจำลองสมการโครงสร้างกับผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียของอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องตีพื้นที่ภาคตะวันออก 2 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เห็นด้วยกับความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของโมเดล สนับสนุนความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านการจัดการวัตถุดิบ ปัจจัยด้านกระบวนการผลิต ปัจจัยด้านการตลาด และปัจจัยด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ทั้งยังแสดงให้เห็นว่าโมเดลที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจเกี่ยวกับการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องตีภาคตะวันออก 2 ได้จริง

4. ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ปัจจัยด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ เป็นปัจจัยที่สะท้อนการรับรู้ถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีและนวัตกรรม ซึ่งมีผลกระทบเชิงบวกต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องตีภาคตะวันออก 2 จากการวิเคราะห์พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์รวมของปัจจัยด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม มีค่าเท่ากับ 0.534 และมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าสัมประสิทธิ์ของการนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ มีค่าเท่ากับ 0.60 ค่าสัมประสิทธิ์ทั้งสองมีค่าเป็นบวก แสดงให้เห็นว่าการรับรู้ถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่สูงขึ้น ยิ่งส่งผลให้ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนมีแนวโน้มตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ 1 ที่ว่าการรับรู้ถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีและนวัตกรรมมีผลกระทบเชิงบวกต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Blok & Long (2018); Toth & Rizzo (2020); Albalushi & Naqshbandi (2022) และ Jenatabadi et al. (2023) ที่เน้นการเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการของอุตสาหกรรม และมีความสัมพันธ์เชิงบวกเช่นเดียวกัน

5. ปัจจัยด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลงทุนด้านวิจัยและพัฒนา เป็นปัจจัยที่สะท้อนการรับรู้ถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีและนวัตกรรม ซึ่งมีผลกระทบเชิงบวกต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องตีภาคตะวันออก 2 จากการวิเคราะห์พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์รวมของปัจจัยด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม มีค่าเท่ากับ 0.534 และมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าสัมประสิทธิ์ของการลงทุนด้านวิจัยและพัฒนา มีค่าเท่ากับ 0.59 ค่าสัมประสิทธิ์ทั้งสองมีค่าเป็นบวก แสดงให้เห็นว่าการรับรู้ถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่สูงขึ้น ยิ่งส่งผลให้ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนมีแนวโน้มตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลงทุนด้านวิจัยและพัฒนา ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ 2 ที่ว่าการมีทรัพยากรด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมพร้อมมากขึ้น จะมีผลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Albalushi & Naqshbandi (2022); Toth & Rizzo (2020); Martinez-Filgueira et al. (2022) และ Damayanti et al. (2023) ซึ่งชี้ให้เห็น

ว่าความพร้อมของทรัพยากรของเทคโนโลยีและนวัตกรรมมีส่วนช่วยให้หน่วยธุรกิจมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งมีส่วนที่จะทำให้หน่วยธุรกิจเพิ่มโอกาสความสำเร็จของการดำเนินธุรกิจให้สูงขึ้น

6. ปัจจัยด้านการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม โดยเฉพาะในส่วนของการลงทุนด้านวิจัยและพัฒนา และการสร้างองค์กรเพื่อสร้างนวัตกรรม มีผลกระทบเชิงบวกต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชน จากการวิเคราะห์ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของการลงทุนด้านวิจัยและพัฒนา มีค่าเท่ากับ 0.59 และค่าสัมประสิทธิ์ของการสร้างองค์กรเพื่อสร้างนวัตกรรม มีค่าเท่ากับ 0.57 ซึ่งทั้งสองค่านี้มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่ายังมีการลงทุนด้านวิจัยและพัฒนา และมีการสร้างองค์กรที่ส่งเสริมนวัตกรรมมากขึ้นเท่าใด ก็จะยิ่งส่งผลให้ผู้ประกอบการมีแนวโน้มตัดสินใจใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมมากขึ้นเท่านั้น ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ นพพร ชูทอง และคณะ (2560); Blok & Long (2018); Martinez-Filgueira et al. (2022); Albalushi & Naqshbandi (2022) และ Jenatabadi et al. (2023) แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้ และนำไปสู่การประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการดำเนินธุรกิจ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลวิจัยไปใช้

1. ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถใช้โมเดลที่ได้มาจัดรูปแบบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อให้เกิดประโยชน์กับผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนสำหรับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมในการดำเนินกิจกรรมทางธุรกิจได้ดียิ่งขึ้น
2. ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียสามารถสร้างความร่วมมือกับหน่วยงานภาครัฐทั้งส่วนท้องถิ่นและส่วนกลางในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับเพิ่มความสามารถในการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม
3. ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนของอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มในแต่ละจังหวัด สามารถใช้โมเดลที่ได้เพื่อส่งเสริมความร่วมมือ สร้างเครือข่าย และช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ระหว่างจังหวัดที่อยู่ในกลุ่มพื้นที่ภาคตะวันออก 2 เพื่อแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เช่น การขาดแคลนวัตถุดิบ การถ่ายทอดความรู้ การส่งเสริมการตลาด เป็นต้น

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเชิงลึกของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มลงในรายละเอียดปัจจัยเฉพาะด้าน
2. การวิจัยครั้งต่อไปสามารถดำเนินการต่อยอดในส่วนของการวิจัยด้านผู้บริโภค เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมของวิสาหกิจชุมชนอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มที่มีผลต่อการบริโภค
3. การวิจัยครั้งต่อไปสามารถจัดทำในเขตพื้นที่อื่น ๆ และนำผลการวิจัยที่ได้มาเปรียบกับงานวิจัยนี้ เพื่อให้เกิดการผสมผสานและการพัฒนาร่วมกันให้เกิดประโยชน์กับอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มของประเทศไทย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนกรณีศึกษา เจ้าหน้าที่ภาครัฐ และคณาจารย์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทุกท่านที่ถ่ายทอดวิชาความรู้ ชี้แนะแนวทาง ให้คำแนะนำ ในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา และมารดา ผู้ที่ให้ชีวิต ความรู้ ทุกสิ่งทุกอย่างกับข้าพเจ้า และเป็นกำลังใจ สนับสนุนด้วยดีตลอดมา จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แก่บุคคลที่สนใจที่จะศึกษาในเรื่องของความเป็นไปได้ นำข้อมูลในส่วนที่เหมาะสมไปประยุกต์ใช้ในงานเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2565). **บัญชีวิสาหกิจชุมชนและเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนที่อนุมัติการจดทะเบียนแล้ว**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร. สืบค้นจาก <https://smce.doe.go.th/>
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2565). **แผนพัฒนาอุตสาหกรรมระดับภูมิภาค พ.ศ. 2566-2570**. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. สืบค้นจาก <https://dsp.dip.go.th/th/category/2017-11-27-08-04-02/2021-10-14-15-03-35-1>
- นพพร ชูทอง, สุวิสา พัฒนเกียรติ, พัฒนา สุขประเสริฐ, และรุจีพัชร บุญจริง. (2560). การยอมรับเทคโนโลยีการปลูกปาล์มน้ำมันของเกษตรกร อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี. **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 10(3), 53-63.
- วนิดา บุญภักษ์. (2566). **นวัตกรรมอาหารกับเทคโนโลยีดิจิทัล**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. สืบค้นจาก <https://www.depa.or.th/th/article-view/Food-innovation-and-digital-technology>
- สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์. (2566). **วิสาหกิจชุมชนกับการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากยุคโควิด-19**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์. สืบค้นจาก <https://uploads.tps.go.th/elmokhrngkaarwisaahkicchchumchnpii64.pdf>
- สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. (2565). **รายงานสถานการณ์วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.). สืบค้นจาก <https://bds.sme.go.th/Knowledge/Detail/2>
- Albalushi, K. I., & Naqshbandi, M. M. (2022). Factors affecting success and survival of small and medium enterprises in the Middle East. **Knowledge**, 2(3), 525–538.

- Blok, V., & Long, T. B. (2018). Critical success factors for the transition to business models for sustainability in the food and beverage industry in the Netherlands. **Journal of Cleaner Production**, 175, 82–95.
- Cronbach, L. J. (1990). **Essentials of psychology testing** (5th ed.). New York: Harper Collins Publishers Inc.
- Damayanti, W. R., Nugroho, M. A., & Purnama, R. (2023). Factors affecting technological readiness and acceptance of induction stoves: A pilot project. **Emerging Science Journal**, 7(6), 1892–1923.
- Denis, D. J. (2021). **Applied univariate, bivariate, and multivariate statistics: Understanding statistics for social and natural scientists, with applications in SPSS and R**. New York: John Wiley & Sons.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). **Multivariate data analysis**. Hampshire: Cengage Learning EMEA.
- Jenatabadi, H. S., Ismail, N. A., & Noor, N. M. M. (2023). Factors that boost the technological capability of Malaysian food manufacturing industry. **Sustainability**, 15(8), 1–18.
- Martinez-Filgueira, X. M., Álvarez-García, J., & Río-Rama, M. D. L. C. (2022). Determinants of innovation by agri-food firms in rural Spain: An MCA PLS-SEM analysis. **International Food and Agribusiness Management Review**, 25(1), 103–119.
- Toth, J., & Rizzo, G. (2020). Search strategies in innovation networks: The case of the Hungarian food industry. **Sustainability**, 12(5), 1–18.

[ชื่อเรื่องบทความวิจัยภาษาไทย (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวหนา, จัดกึ่งกลาง)]

[ชื่อผู้นิพนธ์บทความวิจัย]^{1*} [ชื่อผู้นิพนธ์บทความวิจัย]² [ชื่อผู้นิพนธ์บทความวิจัย]³

บทคัดย่อ

บทคัดย่อ ควรจะสรุปเนื้อหาทั้งหมดของบทความวิจัย โดยใช้จำนวนให้กระชับ ชัดเจนที่สุด มีความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด หรือ 350 คำ รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวปกติ ขนาด 14 point จัดกระจายแบบไทย “ชื่อเรื่อง” มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีความยาวไม่เกินภาษาละ 2 บรรทัด และให้อธิบายสาระสำคัญของเรื่องได้ดี รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ “ชื่อผู้นิพนธ์บทความวิจัย” มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ชื่อเต็มไม่ต้องระบุค่านำหน้าชื่อ ใส่เครื่องหมายเชิงอรรถเป็นตัวเลขยกไว้ท้ายนามสกุลพร้อมใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงถึงความสำคัญของการเป็นผู้นิพนธ์หลัก หากมีผู้นิพนธ์บทความมากกว่าหนึ่งท่านให้ใส่เครื่องหมายเชิงอรรถเป็นตัวเลขยกไว้ท้ายนามสกุลเรียงลำดับตามจำนวนผู้นิพนธ์พร้อมใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงถึงความสำคัญของการเป็นผู้นิพนธ์หลัก รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ และใส่รายละเอียดที่อยู่ผู้นิพนธ์บทความไว้ในเชิงอรรถส่วนล่างของกระดาษ โดยระบุตำแหน่งทางวิชาการหรือตำแหน่งทางบริหาร(ถ้ามี) สถานที่ทำงาน หน่วยงานหรือสถาบัน และอีเมลแอดเดรส (E-mail Address) ของผู้นิพนธ์บทความทุกคน เช่น ¹ นักศึกษาระดับ ... สาขา... คณะ... มหาวิทยาลัย... อีเมล: หรือ อาจารย์... สาขา... คณะ... มหาวิทยาลัย... อีเมล: หรือ ตำแหน่ง... บริษัท... ที่อยู่.... อีเมล: ... * ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล:รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวเอียง ขนาด 12 Point จัดชิดซ้ายหน้ากระดาษ.....

คำสำคัญ: คำสำคัญ คำสำคัญ คำสำคัญ

¹ นักศึกษา หลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ อีเมล:

² อาจารย์ประจำหลักสูตร ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ อีเมล:

³ เจ้าหน้าที่การเงิน บริษัท ธุรกิจการพิมพ์ จำกัด อีเมล:

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล:

[First A. Author1]^{1*} [Second B. Author2]² [Third C. Author3]³

Abstract must be written in Thai and English, within a maximum of 350 words for each language.

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and run across the entire width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

* Corresponding author, e-mail :

บทนำ

[บทนำ เป็นส่วนของความสำคัญและมูลเหตุที่นำไปสู่การวิจัย].....
 (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

[วัตถุประสงค์ของการวิจัย เป็นส่วนของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา และเหตุผลนำไปสู่การศึกษาวิจัย]..... (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

วิธีดำเนินการวิจัย

[วิธีดำเนินการวิจัย ควรอธิบายวิธีดำเนินการวิจัย โดยกล่าวถึงวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ที่มาของกลุ่มตัวอย่าง แหล่งที่มาของข้อมูล การเก็บและรวบรวมข้อมูล การใช้เครื่องมือ สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล]..... (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

[ผลการวิจัยและอภิปรายผล ควรเสนอผลที่ชัดเจน ตรงประเด็น เป็นการเสนอสิ่งที่ได้จากการวิจัยเป็นลำดับอาจแสดงด้วยตารางกราฟ แผนภาพประกอบการอธิบาย] ทั้งนี้ถ้าแสดงด้วยตาราง ควรเป็นตารางแบบไม่มีเส้นขอบตารางด้านซ้ายและด้านขวา หัวตารางแบบธรรมดาไม่มีสี ตารางควรมีเฉพาะที่จำเป็นไม่ควรเกิน 5 ตาราง และมีคำอธิบายตาราง เช่น

ตารางที่ 1 รูปแบบ ขนาดและลักษณะของตัวอักษร

ส่วนประกอบ	ขนาดอักษร	ลักษณะอักษร
ชื่อบทความ (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)	TH SarabunPSK, 14	หนา
ชื่อผู้เขียน (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)	TH SarabunPSK, 14	หนา
สถานที่ติดต่อ(ระบุในเชิงบรรณ)	TH SarabunPSK, 12	เอียง, ปกติ
บทคัดย่อ / Abstract	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
คำสำคัญ / Keywords	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
หัวข้อหลัก	TH SarabunPSK, 14	หนา
หัวข้อย่อย	TH SarabunPSK, 14	ปกติ

เนื้อความทั่วไป	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
-----------------	-------------------	------

ตารางที่ 1 รูปแบบ ขนาดและลักษณะของตัวอักษร (ต่อ)

ส่วนประกอบ	ขนาดอักษร	ลักษณะอักษร
ตารางและภาพ	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
กิตติกรรมประกาศ	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
เอกสารอ้างอิง	TH SarabunPSK, 14	ปกติ

สำหรับรูปภาพประกอบควรเป็นรูปภาพขาว-ดำ ที่ชัดเจน มีขนาดของรูปภาพที่เหมาะสมและมีคำบรรยายใต้รูปภาพ

รูปภาพ

ภาพที่ 1 ตัวอย่างการจัดรูปภาพ (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

สรุป

เป็นการสรุปผลที่ได้จากการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด และควรอ้างทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบเพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม รวมทั้งแสดงให้เห็น.....
(TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

ข้อเสนอแนะ

[เนื้อหาข้อเสนอแนะ ควรมี 2 ส่วน คือ ข้อเสนอเกี่ยวกับงานวิจัย และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป] (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

กิตติกรรมประกาศ

[กิตติกรรมประกาศ ให้เขียนถึงข้อความแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย รวมถึงแหล่งทุนสนับสนุนต่างๆ]

.....(TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบ
ไทย)

เอกสารอ้างอิง

[การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง ให้ใช้ระบบ APA (American Psychological Association) เท่านั้น ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่งหรือผู้รายงานตามลำดับอักษรเริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อด้วยเอกสารภาษาต่างประเทศ]..... (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

ตัวอย่าง เอกสารอ้างอิง ให้ดูที่ไฟล์ “ระเบียบการตีพิมพ์บทความวิจัย”

สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 13180

โทรศัพท์ 0 2909 3036 โทรสาร 0 2909 3036 E-mail: rdi_journalsci@vru.ac.th Website http://rd.vru.ac.th

แบบนำส่งบทความวิจัยลงตีพิมพ์เผยแพร่

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. ข้าพเจ้าชื่อ (นาย, นาง, น.ส., ยศ) นามสกุล
2. วุฒิการศึกษาสูงสุด ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก
คุณวุฒิ สาขา
สถาบัน
☐ สำเร็จการศึกษา ☐ กำลังศึกษา ปีที่คาดว่าจะสำเร็จการศึกษา วันที่
3. สถานะภาพของผู้มีพันธบทความวิจัย ☐ อาจารย์ ☐ นักศึกษาปริญญาเอก ☐ นักศึกษาปริญญาโท ☐ บุคคลทั่วไป
ตำแหน่งทางวิชาการ ตำแหน่งทางบริหาร
4. ชื่อหน่วยงาน/สถานที่ทำงาน
เลขที่ ถนน ซอย ตำบล/แขวง
อำเภอ/เขต จังหวัด รหัสไปรษณีย์
โทรศัพท์ โทรสาร
E-mail
5. ที่อยู่สำหรับติดต่อและจัดส่งเอกสาร
เลขที่ ถนน ซอย ตำบล/แขวง
อำเภอ/เขต จังหวัด รหัสไปรษณีย์
โทรศัพท์ โทรสาร มือถือ
E-mail
6. มีความประสงค์ขอส่งบทความเรื่อง
ชื่อบทความ(ภาษาไทย)
.....
ชื่อบทความ(ภาษาอังกฤษ)

เพื่อลงตีพิมพ์ในวารสาร วิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ยังไม่เคยนำลงตีพิมพ์ในวารสารฉบับใดๆ มาก่อน ทั้งนี้ ข้าพเจ้าได้ศึกษากฎเกณฑ์และ
คำแนะนำในการส่งบทความวิจัยเพื่อนำลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์แล้ว และยินดี
ปฏิบัติตามเงื่อนไขทุกประการ พร้อมนี้ข้าพเจ้าได้ชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ☐ บทความภาษาไทย จำนวน 4,500 บาท ☐ บทความภาษาอังกฤษ
จำนวน 6,000 บาท เรียบร้อยแล้ว

ลงชื่อ.....ผู้นำส่งบทความวิจัย
(.....)

วันที่/...../.....

ระเบียบการตีพิมพ์บทความวิจัย วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ในการส่งบทความวิจัยลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้การตีพิมพ์บทความวิจัยเป็นไปโดยเรียบร้อยได้มาตรฐาน TCI และเป็นประโยชน์ทั้งผู้ส่งบทความวิจัย ผู้ใช้ประโยชน์จากบทความวิจัย รวมทั้งสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในการจัดทำวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสารฯ ตลอดจนคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับ ดังนี้

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสาร

1. เป็นบทความวิจัยในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามรูปแบบของต้นฉบับในข้อกำหนดของคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. บทความวิจัยที่ส่งมาพิจารณาตีพิมพ์ลงในวารสารต้องเป็นบทความวิจัยที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ไหนมาก่อนและไม่อยู่ระหว่างเสนอขอตีพิมพ์ในวารสารอื่น
3. เนื้อหาในต้นฉบับควรเกิดจากการสังเคราะห์ความคิดขึ้นโดยผู้เขียนเอง ไม่ได้ลอกเลียนหรือดัดทอนมาจากผลงานวิจัยของผู้อื่น หรือจากบทความอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต หรือปราศจากการอ้างอิงที่เหมาะสม
4. ผู้ส่งบทความวิจัยต้องชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บทความภาษาไทย บทความละ 4,500 บาท และบทความภาษาอังกฤษ บทความละ 6,000 บาท ผ่านบัญชีธนาคารตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด เพื่อเป็นค่าดำเนินการตีพิมพ์บทความและค่าตอบแทนการพิจารณาบทความ
5. จากผู้ทรงคุณวุฒิที่กองบรรณาธิการเชิญมาเพื่อประเมินบทความก่อนการตีพิมพ์บทความ พร้อมส่งสำเนาหลักฐานการชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารฯ ได้ 2 ช่องทาง ดังนี้

1) e-mail: rdi_journalsci@vru.ac.th

2) เว็บไซต์ <https://tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/index>

- ค่าธรรมเนียมวารสาร** จะเรียกเก็บค่าธรรมเนียมเมื่อบทความของผู้นิพนธ์ ผ่านการตรวจความถูกต้องของบทความเบื้องต้นจากบรรณาธิการเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้หากผู้นิพนธ์ยกเลิกบทความ หรือบทความไม่ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิไม่ว่ากรณีใด ๆ ก็ตาม วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอสงวนสิทธิ์ไม่คืนเงินค่าธรรมเนียมทุกกรณี
6. ผู้เขียนบทความวิจัยต้องดำเนินการปรับแก้ไขบทความตามผลการอ่านประเมินของกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อย่างต่อเนื่องตลอดการตีพิมพ์ หากผู้เขียนบทความวิจัยซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าผู้นิพนธ์บทความไม่ปฏิบัติตามระเบียบการตีพิมพ์บทความวิจัย วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ กองบรรณาธิการมีสิทธิ์แจ้งยกเลิกการพิจารณาตีพิมพ์บทความวิจัยโดยไม่คืนเงินค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
 7. บทความวิจัยที่ส่งมาจะได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ต่อเมื่อได้ผ่านกระบวนการประเมินเห็นสมควรให้ตีพิมพ์เผยแพร่โดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ แต่งตั้งขึ้น จำนวน 3 ท่าน

คำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับ วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. **การเตรียมต้นฉบับ** ต้นฉบับบทความวิจัยต้องจัดทำสำหรับกระดาษขนาด B5(JIS) (18.2 ซม. X 25.7 ซม.) ความยาว 15 หน้ากระดาษ ตามรูปแบบวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พิมพ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Word เวอร์ชัน 2007 ขึ้นไป
2. **การตั้งค่าหน้ากระดาษ** ระยะขอบกระดาษด้านบน (Top Margin) 2.54 เซนติเมตร ด้านซ้าย (Left Margin) ด้านขวา (Right Margin) และด้านล่าง (Bottom Margin) 2 เซนติเมตร
3. **รูปแบบตัวอักษร** ใช้ TH SarabunPSK เท่านั้น ชื่อหัวข้อพิมพ์เป็นตัวหนา ขนาด 14 Point จัดชิดซ้ายหน้ากระดาษ และเนื้อหาพิมพ์เป็นตัวปกติ ขนาด 14 Point จัดกระจายหน้ากระดาษ
4. **องค์ประกอบบทความวิจัยประกอบด้วย**
 - 4.1 **ชื่อเรื่อง** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีความยาวไม่เกินภาษาละ 2 บรรทัด สามารถอธิบายสาระของเรื่องได้ รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ
 - 4.2 **ชื่อผู้นิพนธ์บทความ** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ชื่อเต็มไม่ต้องระบุคำนำหน้าชื่อ ใส่เครื่องหมายเชิงอรรถเป็นตัวเลขยกไว้ท้ายนามสกุลเรียงลำดับตามจำนวนผู้นิพนธ์บทความและใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) ไว้บนเลขยกเพื่อแสดงว่าเป็นผู้นิพนธ์หลัก รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ โดยใส่รายละเอียดที่อยู่ผู้นิพนธ์บทความและอีเมลผู้นิพนธ์หลักในเชิงอรรถ
 - 4.3 **ที่อยู่ผู้นิพนธ์บทความ** ใส่รายละเอียดในเชิงอรรถข้อความที่เขียนไว้ส่วนล่างของหน้ากระดาษและมีเส้นคั่นระหว่างเชิงอรรถกับตัวบทคัดย่อ (Abstract) อย่างชัดเจน โดยขีดเส้นคั่นจากริมกระดาษด้านซ้าย ไปทางด้านขวาประมาณ 1 นิ้ว หรือ 7 ตัวอักษร ใส่ตัวเลขกำกับไว้เหนือตัวอักษรตัวแรกเล็กน้อย ตัวเลขต้องตรงกับตัวเลขที่กำกับไว้กับชื่อผู้นิพนธ์บทความ ให้ระบุตำแหน่งทางวิชาการ (ถ้ามี) สถานที่ทำงาน หน่วยงานหรือสถาบัน และอีเมลแอดเดรส (E-mail Address) ของผู้นิพนธ์บทความทุกท่าน เช่น นักศึกษาระดับ.... สาขา.... คณะ มหาวิทยาลัย.... อีเมล หรือ อาจารย์.... สาขา..... คณะ..... มหาวิทยาลัย.... อีเมล.... หรือ ตำแหน่ง... บริษัท... ที่อยู่... อีเมล... รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวปกติ ขนาด 12 Point จัดชิดซ้ายหน้ากระดาษ
 - 4.4 **บทคัดย่อ(Abstract)** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด หรือ 350 คำ โดยใช้สำนวนให้กระชับ ชัดเจนที่สุด รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวปกติ ขนาด 14 Point จัดกระจายหน้ากระดาษ
 - 4.5 **คำสำคัญ(Keyword)** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษอยู่ใต้บทคัดย่อ(Abstract) คำสำคัญภาษาไทย จำนวน 3 – 5 คำเรียงตามลำดับอักษรระหว่างคำวรรค 2 วรรค ส่วน Keyword หรือคำสำคัญภาษาอังกฤษให้เรียงตามคำสำคัญภาษาไทยคั่นระหว่างคำด้วยจุลภาค (,)
 - 4.6 **เนื้อหาของบทความวิจัย** ประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้
 - 4.6.1 **บทนำ** เป็นส่วนของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา และเหตุผลนำไปสู่การศึกษาวิจัย
 - 4.6.2 **วัตถุประสงค์ของการวิจัย** ให้ชี้แจงถึงจุดมุ่งหมายของการวิจัย
 - 4.6.3 **วิธีดำเนินการวิจัย** ควรอธิบายวิธีดำเนินการวิจัย โดยกล่าวถึงวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ที่มาของกลุ่มตัวอย่าง แหล่งที่มาของข้อมูล การเก็บและรวบรวมข้อมูล การใช้เครื่องมือ สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล
 - 4.6.4 **ผลการวิจัยและอภิปรายผล** เป็นการเสนอสิ่งที่ได้จากการวิจัยเป็นลำดับอาจแสดงด้วยตารางกราฟ แผนภาพ ประกอบการอธิบาย ทั้งนี้ถ้าแสดงด้วยตาราง ควรเป็นตารางแบบไม่มีเส้นขอบตารางด้านซ้ายและขวา หัวตารางแบบธรรมดาไม่มีสี ตารางควรมีเฉพาะที่จำเป็นไม่ควรเกิน 5 ตาราง สำหรับรูปภาพประกอบควรเป็นรูปภาพขาว-ดำ ที่ชัดเจนและมีคำบรรยายได้รูป จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ กรณีที่จำเป็นอาจใช้ภาพสีได้

- 4.6.5 **สรุป** เป็นการสรุปผลที่ได้จากการวิจัยและควรมีการอภิปรายผลการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด และควรอ้างทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบเพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม รวมทั้งแสดงให้เห็นถึงการนำผลไปใช้ประโยชน์ และการให้ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต
- 4.6.6 **ข้อเสนอแนะ** ควรมี 2 ส่วน คือ ข้อเสนอในการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป
- 4.6.7 **กิตติกรรมประกาศ** (ถ้ามี) ข้อความแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย รวมถึงแหล่งทุนสนับสนุนต่างๆ
- 4.6.8 **เอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง** การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง ใช้ระบบ APA (American Psychological Association) ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่งหรือผู้รายงานตามลำดับอักษรเริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อด้วยเอกสารภาษาต่างประเทศ

4.7 การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิงในระบบ APA (American Psychological Association)

- 4.7.1 ชื่อวารสาร ชื่อหนังสือ และปีที่ (Volume) ไม่ใช่ชื่อย่อ
- 4.7.2 ชื่อภาษาอังกฤษ เขียนชื่อผู้แต่งโดยขึ้นต้นด้วย Last name ตามด้วยจุลภาค (,) และชื่อย่อตามด้วย มหัพภาค (.)
- 4.7.3 ชื่อไทย เขียนชื่อผู้แต่งโดยขึ้นต้นด้วยชื่อตัว ตามด้วยนามสกุล
- 4.7.4 กรณีผู้แต่งมากกว่าหนึ่งคน ให้เขียนชื่อผู้แต่งทั้งหมดทุกคน คั่นระหว่างชื่อด้วยจุลภาค (,) และมีคำว่า “and” หรือ “&” ในกรณีชื่อภาษาอังกฤษ หรือ “และ” ในกรณีชื่อภาษาไทยก่อนชื่อสุดท้าย
- 4.7.5 ถ้าไม่มีชื่อผู้แต่ง ให้ขึ้นต้นด้วยชื่อเรื่อง หรือชื่อวารสาร หรือชื่อหนังสือ ตามด้วยปีที่พิมพ์
- 4.7.6 ถ้าผู้แต่งเป็นหน่วยงาน หรือองค์กร ให้ใช้ชื่อหน่วยงานหรือองค์กรแทนชื่อผู้แต่ง
- 4.7.7 เรียงลำดับรายการตามตัวอักษรชื่อผู้แต่ง รายการที่มีทั้งเอกสารภาษาไทยและอังกฤษ ให้นำข้อมูลภาษาไทยขึ้นก่อน
ตามด้วยข้อมูลภาษาอังกฤษ พิมพ์โดยใช้ระยะห่างระหว่างบรรทัด อย่างน้อย (At least) 12 Point
- 4.7.8 บรรทัดที่สองและบรรทัดต่อไปของแต่ละรายการให้ย่อหน้าเข้ามา 7 ตัวอักษร หรือ 1.25 เซนติเมตร
- 4.7.9 การอ้าง – อ้างโดย(ชื่อผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์)
- 4.7.10 ไม่อ้างโดยใช้คำว่า “และคณะ” หรือ “และคนอื่นๆ” หรือ et al. ยกเว้นกรณีอ้างในเนื้อเรื่องที่มีผู้แต่งตั้งแต่สามคนขึ้นไปและหลังจากได้มีการอ้างครั้งแรกไว้ก่อนหน้านั้นแล้ว หรือการอ้างที่มีผู้แต่งตั้งแต่หกคนขึ้นไป
- 4.7.11 การอ้างจากวารสารและนิตยสารให้ระบุหน้าแรกถึงหน้าสุดท้าย โดยไม่ใช่คำย่อ “p.” หรือ “pp.” นอกจากหนังสือ
- 4.7.12 การติดต่อส่วนตัวโดยสื่อใดๆ ก็ตาม สามารถอ้างอิงได้ในเนื้อเรื่อง แต่ต้องไม่มีการระบุไว้ในรายการเอกสารอ้างอิง เพราะผู้อื่นไม่สามารถติดตามข้อมูลเหล่านี้ได้
- 4.7.13 การอ้างอิงจาก Website ให้ระบุวัน เดือน ปีที่พิมพ์ ถ้าไม่ปรากฏให้อ้างวันที่ทำการสืบค้น และระบุ URL ให้ชัดเจน ถูกต้อง เมื่อจบ URL address ห้ามใส่จุด (.) ข้างท้าย
- 4.7.14 Website ไม่บอกวันที่ ให้ระบุ n.d.
- 4.7.15 หลัง มหัพภาค “.” (period) เว้น 2 บรรทัด
- 4.7.16 หลัง จุลภาค “,” (comma) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.17 หลัง อัฒภาค “;” (semicolon) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.18 หลัง ทวิภาค “:” (colons) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.19 รูปแบบและตัวอย่างการอ้างอิงจากสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ

- รูปแบบ: 1. หนังสือหรือตำรา
ตัวอย่างเช่น ชื่อผู้แต่ง. //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อหนังสือ./ครั้งที่พิมพ์(ถ้ามี). //เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
ไพรัช รัชชพิทักษ์, และกฤษณะ ช่างกล่อม. (2541). **งานพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสารสนเทศแห่งชาติ เพื่อการศึกษา**. กรุงเทพฯ: แพร่พิทยา.
- Mitchell, T. R., & Larson, J. R., Jr. (1987). **People in organizations: An introduction to organizational behavior** (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
- รูปแบบ: 2. หนังสือหรือตำราที่มีบรรณาธิการ
ตัวอย่างเช่น ชื่อบรรณาธิการ(ผู้รวบรวม). //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อหนังสือ./เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
อดุลย์ วิริยเวชกุล, (บก.). (2541). **คู่มือจัดการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา**. นครปฐม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
- Gibbs, J. T., & Huang, L. N. (Eds.). (1991). **Children of color: Psychological interventions with minority youth**. San Francisco: Jossey-Bass.
- รูปแบบ: 3. วิทยานิพนธ์
ตัวอย่างเช่น ชื่อผู้แต่ง. //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อวิทยานิพนธ์./ระดับวิทยานิพนธ์./มหาวิทยาลัย.
พรพิมล เฉลิมพลาณภาพ. (2535). **พฤติกรรมกรรมการแสวงหาข่าวสารและการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารของบริษัทธุรกิจเอกชนที่มียอดขายสูงสุดของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์วารสารศาสตรมหาบัณฑิต คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- Almeida, D.M. (1990). **Fathers' participation in family work: Consequences for fathers' stress and father-child relations**. Unpublished master's thesis, University of Victoria, Victoria British Columbia, Canada.
- รูปแบบ: 4. รายงานการประชุมหรือสัมมนาทางวิชาการ
ตัวอย่างเช่น ชื่อผู้แต่ง. //ปีที่พิมพ์.//ชื่อเรื่อง.//ชื่อเอกสารรวมเรื่องรายงานการประชุม./วัน เดือน ปี สถานที่จัด. เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
กรมวิชาการ. 2538. **การจัดกิจกรรมส่งเสริมนิสัยรักการอ่าน**. การประชุมปฏิบัติการรณรงค์เพื่อส่งเสริมนิสัยรักการอ่าน, 25-29 พฤศจิกายน 2528 ณ วิทยาลัยครูมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1991). **A motivational approach to self: Integration in personality**. In R. Dienstbier (Ed.), *Nebraska Symposium on Motivation: Vol. 38. Perspectives on Motivation* (pp. 237-288). Lincoln: University of Nebraska Press. *Motivation: Vol. 38. Perspectives on Motivation* (pp. 237-288). Lincoln: University of Nebraska Press.
- รูปแบบ: 5. พจนานุกรม
ตัวอย่างเช่น พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. (2546). กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชัน.
- Shorter Oxford English dictionary (5 th ed.). (2002). New York: Oxford University Press.

6. วารสาร/นิตยสาร

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์).// ชื่อเรื่อง.// ชื่อวารสารหรือนิตยสาร, ปีที่ (ฉบับที่), หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.
- ตัวอย่างเช่น ชานี กิ่งแก้ว, และอุษา คณ. (2551). การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์. *วารสารเทคโนโลยีภาคใต้*, 1(2), 27-35.
- Klimoski, R., & Palmer, S. (1993). The ADA and the hiring process in organizations. *Consulting Psychology Journal: Practice and Research*, 45(2), 10-36.

7. บทความจากหนังสือพิมพ์

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์, เดือน, วันที่).// ชื่อเรื่อง.// ชื่อหนังสือพิมพ์, /หน้าที่มาอ้างอิง.
- ตัวอย่างเช่น สายใจ ดวงมาลี. (2548, มิถุนายน 7) มาลาเรียลาม3จว.ได้ตอนบน สธ.เร่งคุมเข้มกันเชื้อแพร่หนัก. *คม-ชัด-ลึก*, 25.
- Di Rado, A. (1995, March 15). Trekking through college: Classes explore modern society using the world of Star Trek. *Los Angeles Time*, p. A3.

8. สื่ออิเล็กทรอนิกส์

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์).// ชื่อเรื่อง.// สืบค้นจาก/URL
- Author, A. A. (Year). **Title of post**. Retrieved from URL
- ตัวอย่างเช่น สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ กระทรวงวัฒนธรรม. (2545). **ประเพณีใส่กระเจดชาวไทยพวนสอนให้รู้จักแบ่งปัน มีน้ำใจ**. สืบค้นจาก http://www.m-culture.go.th/culture01/highlight/highlightdetail.php?highlight_id=114&lang=th
- Lynch, T. (1996). **DS9 trials and tribble-ations review**. Retrieved from <http://www.bradley.edu/psiphi/DS9/ep/503r.html>

5. การส่งต้นฉบับ ผู้นิพนธ์บทความต้องส่งต้นฉบับที่พิมพ์ตามรูปแบบของต้นฉบับในข้อกำหนดของคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในรูปแบบ Word Document (.docx) และ PDF File (.pdf) มาที่เว็บไซต์ <https://tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/index> โดยค่าธรรมเนียมวารสารจะเรียกเก็บค่าธรรมเนียมเมื่อบทความของผู้นิพนธ์ ผ่านการตรวจความถูกต้องของบทความเบื้องต้นจากบรรณาธิการเรียบร้อยแล้ว

6. การประเมินบทความวิจัย และลิขสิทธิ์ในการตีพิมพ์เผยแพร่

6.1 การอ่านประเมินต้นฉบับ บทความวิจัยต้นฉบับที่ส่งเข้ามาเพื่อลงตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จะได้รับการอ่านประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขานั้น ๆ อย่างน้อยจำนวน 3 ท่านต่อเรื่องและส่งผลการอ่านประเมินคืนผู้นิพนธ์บทความให้เพิ่มเติม แก้ไขแล้วแต่กรณี โดยบทความที่ผ่านการประเมินได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้นิพนธ์บทความจะได้รับหนังสือแจ้งพิจารณาการตีพิมพ์ พร้อมวารสารฉบับที่บทความวิจัยนั้นลงตีพิมพ์ จำนวน 1 ฉบับ

6.2 ลิขสิทธิ์บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเป็นลายลักษณ์อักษร

6.3 ความรับผิดชอบ เนื้อหาต้นฉบับที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นความรับผิดชอบของผู้นิพนธ์บทความหรือผู้เขียนเอง ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาดอันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์

ย่อหน้า 1.25 ซม. หรือประมาณ 7 ตัวอักษร

ชื่อเรื่องภาษาไทย (ตัวหนาขนาด 14 point จัดกึ่งกลาง)
(เว้น 14 point)

ชื่อผู้สมัครภาษาไทย¹//ชื่อผู้สมัครภาษาไทย²//ชื่อผู้สมัครภาษาไทย³// (ตัวหนาขนาด 14 point จัดกึ่งกลาง)
(เว้น 14 point)

บทคัดย่อ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

บทคัดย่อควรจะสรุปเนื้อหาทั้งหมดของบทความวิจัย โดยมีเนื้อหาครอบคลุมถึงความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ผลวิจัยและสรุปผลของการวิจัย กำหนดให้มีความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด หรือ 350 คำ เพื่อให้บทความของท่านได้รับการจัดพิมพ์อย่างถูกต้อง ครบถ้วน ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

หมายเหตุ เครื่องหมาย / หมายถึง การเว้นวรรค 1 วรรค

2 ឃុំ.

2 ឆ្នាំ.

เชิงอรรถ สำหรับระบุสถานะและที่อยู่ของผู้นิพนธ์บทความ

.. (ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจาย)

(រៀង 14 point)

คำสำคัญ: (3-5 คำ) (ตัวปกติขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)
(เว้น 14 point)

¹(ระบุสถานะและที่อยู่สำหรับติดต่อของผู้นิพนธ์บทความที่ 1 ตัวเอียง ขนาด 12 point จัดชิดซ้าย) ตัวอย่างเช่น นักศึกษาหลักสูตรดุริยางค์บัณฑิต สาขาวิชาบริหารการศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
อีเมล: rdi_journalsci@vru.ac.th

²(ระบุสถานะและที่อยู่สำหรับติดต่อของผู้นิพนธ์บทความที่ 2 ตัวเอียง ขนาด 12 point จัดชิดซ้าย)

³(ระบุสถานะและที่อยู่สำหรับติดต่อของผู้นำพันธกิจความที่ 3 ตัวเอียง ขนาด 12 point จัดชิดซ้าย)

*ผู้พิมพ์หลัก อีเมล:

2. 639.1

2.54 ซม.

ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดกึ่งกลาง)
(เว้น 14 point)

ชื่อผู้พิมพ์ภาษาอังกฤษ¹*/ชื่อผู้พิมพ์ภาษาอังกฤษ²//ชื่อผู้พิมพ์ภาษาอังกฤษ³// (ตัวหนาขนาด 12 point จัดกึ่งกลาง)
(เว้น 14 point)

Abstract (ตัวหนาขนาด 14 point ชิดซ้าย)
Abstract must be written in Thai and English, within a maximum of 350 words for each language

ย่อหน้า 1.25 ซม. หรือประมาณ 7 ตัวอักษร

2 ซม. 2 ซม.

..... (ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจาย)
(เว้น 14 point)

Keyword:,,,, (ตัวปกติขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)
(เว้น 14 point)

.....

¹Position, Office address, Email address: author 1
²Position, Office address, Email address: author 2
³Position, Office address, Email address: author 3
*Corresponding author, e-mail:

2 ซม.

2.54 ซม.

บทนำ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

เป็นส่วนของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา และเหตุผลนำไปสู่การศึกษาวิจัย

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ให้ชี้แจงถึงจุดมุ่งหมายของการวิจัย.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

วิธีดำเนินการวิจัย (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ควรอธิบายวิธีดำเนินการวิจัย โดยกล่าวถึงวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ที่มาของกลุ่มตัวอย่าง แหล่งที่มาของข้อมูล การเก็บและรวบรวมข้อมูล การใช้เครื่องมือ สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

เป็นการเสนอสิ่งที่ได้จากการวิจัยเป็นลำดับอาจแสดงด้วยตารางกราฟ แผนภาพประกอบการอธิบาย ทั้งนี้ถ้าแสดงด้วยตาราง ควรเป็นตารางแบบไม่มีเส้นขอบตารางด้านซ้ายและขวา หัวตารางแบบธรรมดาไม่มีสี ตารางควรมีเฉพาะที่จำเป็นไม่ควรเกิน 5 ตาราง สำหรับรูปภาพประกอบควรเป็นรูปภาพขาว-ดำ ที่ชัดเจนและมีคำบรรยายได้รูป กรณีที่จำเป็นอาจใช้ภาพสีได้.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

2 ซม.

สรุป (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

เป็นการสรุปผลที่ได้จากการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด และควรอ้างทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบเพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม รวมทั้งแสดงให้เห็นถึงการนำผลไปใช้ประโยชน์

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

2 ซม.

ข้อเสนอแนะ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ควรมี 2 ส่วน คือ ข้อเสนอเกี่ยวกับงานวิจัย และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

กิตติกรรมประกาศ(ถ้ามี) (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ข้อความแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย รวมถึงแหล่งทุนสนับสนุนต่างๆ

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

เอกสารอ้างอิง (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง ใช้ระบบ APA (American Psychological Association) เท่านั้น ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่งหรือผู้รายงานตามลำดับอักษรเริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อด้วยเอกสารภาษาต่างประเทศ.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

2 ซม.

ขั้นตอนการตีพิมพ์บทความวิจัย

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

