



วารสาร

เกษตรพระจอมเกล้า

KING MONGKUT'S AGRICULTURAL JOURNAL

ปีที่ 43 ฉบับที่ 2

VOLUME 43 NUMBER 2

พฤษภาคม - สิงหาคม 2568

ISSN 3027-8287 (Online)

May - August 2025

บทความวิจัย	สารบัญ	หน้า
□ การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับสัมผัสมากที่สุดของกล้วย	พรรณนิภา สิงห์บุบผา รัตตมา รัตนวงศา และกุลชัย กุลตวนิช	139
□ รูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน	ศศิพร ต่ายคำ ฐานะวัฒนา สุขวงศ์ และบุศรินทร์ ชื่นศิลป์	149
□ ตัวแบบพยากรณ์มูลค่าการส่งออกสับปะรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งของประเทศไทย	วรางคณา เรียนสุทธิ	159
□ สภาวะที่เหมาะสมต่อความคงตัวของสารสีคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายก้ามกุ้งโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง	นพรัตน์ มะเห ดาริกา อวระภาค และดลฤดี พิชัยรัตน์	168
□ การพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากลำไย	สิริพา อินมาสม ไสริยา เกิดพิบูลย์ ปาจารย์ อังคะสุภัทร พงษ์เสริฐ ศรีพรหม ญัฐพร โชติกาวิรินทร์ และธัชชัย พุ่มทองศิริ	180
□ การพัฒนาเครื่องต้มชาเพื่อสุขภาพจากชาเลอดมังกร	ภาสุรี ฤทธิเลิศ	189
□ ผลการเจริญเติบโตของชาเมี่ยงจากการหยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาในพื้นที่บ้านตาแว่น อำเภอเมือง จังหวัดน่าน	สุทธิดา ยอดแก้ว ธนภัทร์ อินยอด ธนากร ลัทธิธรรสุวรรณ์ ธนภัทร เติมอารมณ์ จิมา โยธาทิพย์ ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด ศิริรัตน์ สมประโคน กันตพงศ์ เครือมา และอลิษา อินจันทร์	200
□ ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ Bacillus sp. ต่อการควบคุมโรคเหี่ยวของขมิ้นชนิดที่เกิดจากเชื้อ Ralstonia solanacearum	พรศิลป์ สีสื่อก พัทธภรณ์ วาณิชย์ปกรณ์ และสกุลรัตน์ หาญศึก	210
□ การผลิตและการประเมินผลิตภัณฑ์แยมว่านหางจระเข้พลังงานต่ำด้วยซูโคราโลส	จิตรวดี ตั้งหิรัญรัตน์ ขวัญจิต อิศระสุข ปิยนุช พรมภมร อรพิน โกมุดิบาล จันทรีสวัสดิ์วงศ์กุล และกัลยาภรณ์ จันตรี	219
□ การทดแทนแป้งสาลีในเบเกอรี่ด้วยผงกากข้าวโพดหวาน	บงกษมาศ โสภา เสาวนีย์ ผดุงศิริ และจุฑามาศ กองพาพา	230
□ การสื่อสารอัตลักษณ์ขนมไทยผ่านเฟซบุ๊กพอร์ทัลสินค้า กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ขนมกล้วย อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี	ปิ่นณรุจน์ สรรพชัยเวทย์ และรัญญูคุณานิซ ก้นหลง	243
□ ภาพลักษณ์ตราสินค้า ความคาดหวังในตราสินค้า และความภักดีในตราสินค้า ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าเสื้อกั๊กแบรนด์ Chaksam ของผู้บริโภค	พงศธร ผิวทอง และรัญญูคุณานิซ ก้นหลง	253
□ การศึกษาความต้องการและความสัมพันธ์ในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐานของผู้ประกอบการท้องถิ่น	พัทธนันท์ บุตรนุ้ย และธนัทธน์ ธีระภักดิ์	262
□ ผลของ BAP ร่วมกับการตัดปลายยอดต่อการขยายพันธุ์ฟิโลเดนดรอนในหลอดทดลอง	นพรัตน์ อินตา มงคล ศิริจันทร์ และนุชนาฏ ภักดี	272
□ การส่งเสริมการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี สำหรับพืชอาหารของเกษตรกรในอำเภอปองน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี	มนตรี สุวะเพชร พัทธวาทิ ศรีบุญเรือง และสุพัตรา ศรีสุวรรณ	279
□ ความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรชาวไร่อ้อยอำเภอปอพลอย จังหวัดกาญจนบุรี	นันทกา เรืองอุไร เอกพล ทองแก้ว และแสงสุริยา สุขสะอาด	288
□ การสื่อสารการตลาดออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ของนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร	ศิริช ยอดแก้ว และพัชรา เอี่ยมกิจการ สบายใจ	296
□ การพัฒนารูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาในระดับปริญญาตรี	กฤตกร ทำดี และรัตตมา รัตนวงศา	305

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า

ขอบเขตการตีพิมพ์

วารสารฯ เผยแพร่บทความวิจัย และบทความวิชาการ ทางด้านเกษตรศาสตร์ เช่น พืชศาสตร์ ปฐพีศาสตร์ สัตวศาสตร์ วิทยาศาสตร์การประมง อารักขาพืช เทคโนโลยีหลังเก็บเกี่ยว วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร (เนื้อสัตว์) เศรษฐศาสตร์เกษตร และธุรกิจเกษตร การทำฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) ส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร นิเทศศาสตร์เกษตร และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ความก้าวหน้าของวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร
2. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือและแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นระหว่างผู้ที่อยู่ในวงการเกษตรหรือสถาบันต่าง ๆ

สำนักงาน

งานวารสารเกษตรพระจอมเกล้า
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์/โทรสาร : 0-2329-8524
E-mail : ajournal@kmitl.ac.th
www.tc-thaijo.org/index.php/agritechjournal/index

กำหนดการตีพิมพ์ : วารสารเกษตร

พระจอมเกล้า กำหนดตีพิมพ์ปีละ 3 ฉบับ

- ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน
- ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม
- ฉบับที่ 3 กันยายน – ธันวาคม

ที่ปรึกษา

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร
ศ. ดร. มยุรา สุนัยวิระ
รศ. ดร. ปัญญา หมันเก็บ
รศ. ดร. จารุญ เล้าสินวัฒนา

บรรณาธิการ

รศ. ดร. ผุสดี ตั้งวัชรินทร์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

รศ. ดร. กัญจนา แซ่เตียว
ผศ. ดร. อัจฉรี เรืองเดช
ผศ. ดร. ภัทรรัตน์ เทียมเก่า
ผศ. ดร. พัชรา เขียมกิจการ สบายใจ
ดร. บัทยา นิตไธสง
ดร. มัทธนา ต้นชัย
ดร. เอกพล ทองแก้ว

จัดทำรูปเล่ม

นางสาวมณีนริฐา วงศ์สง่า

ผู้ดูแลระบบ

นายปิยวัฒน์ ศรีสวัสดิ์

กองบรรณาธิการ

ศ. ดร.บัญชา สมบูรณ์สุข
ศ. ดร.สุฤติ ประเทืองวงศ์
ศ. ดร.อังคณาณ์ จันทราปัติย์
ศ. ดร.ฉลอง วชิราภากร
ศ. ดร.ยุพา หารบุญทรง
ศ. ดร.เนาวนิตย์ สงคราม
ศ. ดร.อนุชิตา มุ่งงาม
ศ. ดร.วรเดช จันทสร
รศ. ดร.กานต์ สุขสุแพทย์
รศ. ดร.กำจร หลุยยะพงศ์
รศ. ดร.จินดา ขลิบทอง
รศ. ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล
รศ. ดร.ฑูกริ หะยีสาม
รศ. ดร.ไกรเลิศ ทวีกุล
รศ. ดร.ปรเมศ บันเทิง
รศ. ดร.วราห์ เทพาคู
รศ. ดร.ศิริชัย กัลยาณรัตน์
รศ. ดร.สนธิชัย จันทเปรม
ผศ. ดร.จักรมาส เลหาณวิช
ผศ. ดร.พิสสวรรณ เจริญสมบัติ
ผศ. ดร.เยาวรัตน์ ศรีวรานันท์
ผศ. ดร.วัชร จินตโกวิท
ผศ. ดร.วีระณีย์ ทองศรี
ผศ. ดร.เสาวคนธ์ เหมวงษ์
คุณอัญชลี สุวจิตตานนท์
ผศ. ดร.อนัญญา เจริญพรนิพัทธ์
ผศ. ดร.นุกุล ถวิลถิ่ง
รศ. ดร.คำรณวิทย์ ทัพย์มณี
รศ. ดร.พรหมมาศ คุณากัญจน์
รศ. ดร.สุณีพร สุวรรณมณีพงศ์
รศ. ดร.ศุภลักษณ์ สรภักดิ์
ผศ. ดร.ลำแพน ขวัญพูล
ผศ. ดร.ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์
ผศ. ดร.ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล
ผศ. ดร.จำลอง มิตรชาวยุทธ
ผศ. ดร.มัลลิกา กิลลาโส
ดร.ธนัท สมณคุปต์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านเมืองทองธานี)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านสุขุมวิท 81)
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านชลลดา-สุวรรณภูมิ)
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านตำบลคลองเกลือ)
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยนครพนม
กรมส่งเสริมการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เจ้าหน้าที่วารสาร

นางสาวกุลธิดา ทรัพย์น้อย

ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารเกษตรพระจอมเกล้า
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 7146
E-mail : ajournal@kmitl.ac.th

สำนักพิมพ์ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ข้อความและบทความในวารสารนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหาและข้อคิดเห็นนั้น ๆ แต่อย่างใด

บรรณาธิการแถลง (Editor's Note)

วารสารเกษตรพระจอมเกล้าปีที่ 43 ฉบับที่ 2 ประจำเดือนพฤษภาคม - สิงหาคม 2568 ฉบับนี้ประกอบด้วยบทความวิจัยจำนวน 18 บทความ ประกอบด้วย สาขานิติศาสตร์เกษตร 8 บทความ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร 5 บทความ พืชสวน 1 บทความ อารักขาพืช 1 บทความ ปฐพีศาสตร์ 1 บทความ ส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร 1 บทความ และเศรษฐศาสตร์เกษตรและธุรกิจเกษตร 1 บทความ บทความทุกเรื่องนอกจากมีความน่าสนใจในเนื้อหาให้ได้เรียนรู้และต่อยอดต่อไปแล้ว ยังได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในแต่ละสาขาที่เกี่ยวข้อง (Peer Review) ทั้งที่มาจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเพื่อยกระดับคุณภาพของงานวิจัยและมีมาตรฐานทางวิชาโดยได้ผลิตและเผยแพร่แบบสื่่ออิเล็กทรอนิกส์ (E-Journal) ทั้งนี้ วารสารฯ ได้เริ่มใช้การระบุ DOI (ตัวระบุวัตถุดิจิทัล) ตั้งแต่วารสารปีที่ 41 ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2566 ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยในการค้นหาการเข้าถึง และเชื่อมโยงการเข้าถึงสารสนเทศดิจิทัลสำหรับผู้สนใจจะส่งบทความวิจัยหรือบทความวิชาการเพื่อตีพิมพ์สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์วารสาร <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agritechjournal> หรือติดต่อมายังกองบรรณาธิการได้ที่อีเมล ajournal@kmitl.ac.th

รองศาสตราจารย์ ดร.สุสดี ตั้งวัชรินทร์

บรรณาธิการวารสารเกษตรพระจอมเกล้า

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย

Development of Feng Shui-Based Orange Packaging

พรรณีภา สิงห์บุบผา^{1*}, รัตตมา รัตนวงศา¹ และกุลชัย กุลตวนิช¹Punnipa Singbubpha^{1*}, Rattama Rattanawongsa¹ and Kulachai Kultawanich¹

Received date: 6 มิ.ย. 67 Revised date: 20 มิ.ย. 67 Accepted date: 21 มิ.ย. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.001>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาความต้องการของผู้บริโภคเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย 2) เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย ใช้วิธีการวิจัยแบบผสม (Mixed Method) ดำเนินการสำรวจข้อมูลเชิงปริมาณจากบุคคลทั่วไปที่มาจับจ่ายใช้สอยบริเวณแหล่งช้อปปิ้งย่านเยาวราช จังหวัดกรุงเทพมหานคร ได้จำนวนทั้งสิ้น 480 คน และเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ โดยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยการใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ผลการศึกษา พบว่าความต้องการของผู้บริโภคต้องการให้มีการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่ที่มีความสวยงาม แข็งแรง ทนทาน มีการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่สื่อถึงความเป็นมงคลตามหลักฮวงจุ้ย เพื่อช่วยให้สามารถนำสินค้านี้ไปมอบให้เป็นของขวัญ หรือของไหว้ได้ในหลากหลายโอกาส ในความสนใจด้านฮวงจุ้ยในระดับมาก ด้านที่สนใจมากที่สุด คือ สี รูปทรง สัญลักษณ์ และธาตุ ตามลำดับ ผลการศึกษาแนวทางการออกแบบ พบว่า ลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการ คือ กล่องกระดาษ สามารถใส่ผลส้มได้ในปริมาณ 1 กิโลกรัม แข็งแรง ทนทาน ส่วนการออกแบบภายนอกควรดูสวยงาม ทันสมัย ใช้ลวดลายที่สื่อถึงความเป็นมงคลต่าง ๆ สำหรับความพึงพอใจของผู้บริโภคในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ผลการวิจัยนี้เป็นอีกหนึ่งช่องทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิต สามารถนำไปปรับใช้กับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ในธุรกิจการเกษตรต่อไป

คำสำคัญ: บรรจุภัณฑ์ การออกแบบ ฮวงจุ้ย

Abstract

This research aims to 1) explore consumer preferences for feng shui-based orange packaging, 2) study the approaches to develop packaging designs according to feng shui principles, and 3) examine the satisfaction of the sample group with feng shui-based packaging. Using a mixed-method approach, data were collected from 480 individuals shopping in Yaowarat, Bangkok, and from interviewing experts. Tools for collecting data include questionnaire surveys and interview about new and more beautiful packaging, with quantitative analysis using descriptive statistics: frequency, percentage, mean, standard deviation, and qualitative analysis via content analysis. The study found that the sample group desired the development of a new, aesthetically pleasing, strong, and durable packaging, specifically a design that convey auspiciousness according to feng shui principles and is suitable for various gifting occasions. The interest level in fengshui principles is in high level with most interest shown towards colors, shapes, symbols, and feng shui elements, respectively. It was also found that the desired features for packagaing included durable cardboard boxes capable of holding 1 kilogram (7-9 oranges). The outward design should be modern and aesthetically appealing with auspicious patterns. Finally, consumer satisfaction with the feng shui-based packaging designs was high level. The results of this research open a new venue for adding value to products. They can be applied to further develop packaging in agricultural businesses.

Keywords: packaging, design, feng shui

¹ ภาควิชานวัตกรรมการสื่อสารและการพัฒนาการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹ Department of Communication Innovation and Agricultural Development, School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

* Corresponding author: email: 63604041@kmitl.ac.th

คำนำ

ตั้งแต่ปี 2546 พบว่า สัมผลไม้อยอดนิยมในช่วงเทศกาลเฉลิมฉลองและเทศกาลตรุษจีน (Office of Agricultural Economics, 2007) นิยมนำมาจัดเป็นกระเช้าของขวัญ นำมาไหว้เจ้าและไหว้บรรพบุรุษเพื่อให้เป็นสิริมงคลแก่ครอบครัว ปัจจุบันในสภาพตลาดมีการแข่งขันและความก้าวหน้าของเทคโนโลยีเป็นไปอย่างรวดเร็วทำให้มีผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ในตลาดจำนวนมาก ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่จะอยู่รอดได้ในตลาดจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้มีความแตกต่าง และมีความสอดคล้องตรงกับลักษณะความต้องการของผู้บริโภคอยู่เสมอ รวมถึงการยอมรับในสำคัญของบรรจุภัณฑ์ (Department Of Industrial Promotion, 2020) เพื่อเพิ่มความสนใจในเรื่องมาตรฐานการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์มากขึ้น การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ใหม่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและไม่จบสิ้นพบว่ามีวัตถุใหม่ ๆ ที่นำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์แทนของเก่าอยู่เสมอทั้งชนิด ขนาด รูปร่าง ฯลฯ รวมทั้งการออกแบบรูปทรงและการพัฒนาทางวิชาการ เพื่อการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพ (Buranon, 2015)

ในการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์ถือเป็นกลยุทธ์สำคัญในการตอบโจทย์การตลาดกระแสหลักเพื่อสร้างประสบการณ์และอารมณ์ร่วมระหว่างผลิตภัณฑ์กับผู้บริโภค กระตุ้นให้ผู้บริโภคมีความต้องการซื้อ และยังเป็นกระบวนการที่ช่วยทำให้ธุรกิจการค้าขายต่าง ๆ ประสบผลสำเร็จในธุรกิจ ดังนั้นการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์จึงเริ่มเข้ามามีบทบาทที่สำคัญต่อการค้าและบริการในฐานะการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ ซึ่งในปัจจุบันจะพบว่าสินค้าบรรจุภัณฑ์ที่สวยงามจะชวนให้สะดุดตาสะดุดใจแก่ผู้บริโภคอย่างมากจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ผ่านมาได้มีการนำหลักของฮวงจุ้ยเข้ามาช่วยในการสร้างสรรค์การออกแบบเพิ่มขึ้นในการช่วยสนับสนุนภาพลักษณ์ (Mak and Thomas, 2008) และในปัจจุบันคนไทยเริ่มให้ความสนใจทางด้านศาสตร์ฮวงจุ้ยเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เช่น การใช้สีที่เสริมธาตุของกิจการตามหลักฮวงจุ้ยจะทำให้กิจการเจริญเติบโตอย่างมั่นคงและยั่งยืนหรือการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์ตามหลักฮวงจุ้ยที่ออกแบบตามธาตุทั้ง 5 ธาตุ เพื่อใช้ความเชื่อมากระตุ้นในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค (Phawaphatachakul and Sinjindawong, 2021)

ปัจจุบันองค์การธุรกิจต่าง ๆ ในประเทศไทยให้ความสำคัญกับการพัฒนาแบรนด์ขององค์กรด้วยศาสตร์ของ “ฮวงจุ้ย” อย่างกว้างขวาง เพื่อเป็นการปรับสมดุลทั้งศาสตร์และศิลป์ให้เหมาะสมและลงตัว ธุรกิจต่าง ๆ จึงหาวิธีการที่ปรับสมดุลในการสร้างแบรนด์ เพื่อให้เป็นที่จดจำและสามารถรับรู้ภาพลักษณ์ธุรกิจได้เป็นอย่างดี สามารถดึงดูดลูกค้าได้เหนือคู่แข่งในธุรกิจ โดยเน้นการสร้างแบรนด์ด้วยตราสัญลักษณ์ที่มีอัตลักษณ์ สี ฟอนต์ และการจัดวางเป็นเครื่องมือในการสื่อสาร จากปัจจัยมูลเหตุที่ผู้วิจัยได้นำเสนอสาระสำคัญตามเนื้อหาข้างต้น ตลอดจนการได้ศึกษางานวิจัยของ Theeragul (2016) เรื่องศาสตร์ฮวงจุ้ยกับการจัดชุดองค์ความรู้เฉพาะเพื่อการสื่อสารในสื่อใหม่ (เว็บไซต์) ของธนาคารกสิกรไทย และบทความงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจ และตกผลึกทางความคิดได้ว่า รากฐานของศาสตร์ฮวงจุ้ยมาจากแนวคิดปรัชญาหยินหยางในคัมภีร์อี้จิง นำมาผสมผสานกับความเชื่อต่าง ๆ เช่น ธาตุทั้งห้า แผนภูมิแปดแฉกลักษณ์ ทิศทางของสุสานทั้งยี่สิบสี่ กลายเป็นพื้นฐานทฤษฎีและวิถีปฏิบัติของศาสตร์ฮวงจุ้ย เป็นต้น ปรากฏการณ์การขยายตัวของฮวงจุ้ยที่กระจายอยู่ในสังคมได้มีการนำหลักฮวงจุ้ยมาใช้เพื่อสร้างความมั่นใจในการทำธุรกิจ และการดำเนินชีวิตตลอดจนการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์ตามหลักฮวงจุ้ย ทั้งด้านรูปทรง สี สัน และประโยชน์ของการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย เพื่อศึกษาถึงความต้องการของผู้บริโภค แนวทางการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ และความพึงพอใจของผู้บริโภคมีต่อบรรจุภัณฑ์ เพื่อสามารถนำไปพัฒนาเป็นแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ยในระยะต่อไป เพื่อให้เจ้าของธุรกิจหรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรหรืออื่น ๆ สามารถไปปรับใช้กับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ในธุรกิจของตนให้เกิดผลประโยชน์และเป็นอีกหนึ่งช่องทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตในธุรกิจการเกษตรต่อไป

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสม (Mixed Method) โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาและทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แนวคิดด้านการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับศาสตร์ด้านฮวงจุ้ย

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง แบ่งได้ดังนี้

1. ข้อมูลเชิงปริมาณ ประชากร คือ บุคคลทั่วไปที่มาจับจ่ายใช้สอยบริเวณแหล่งช้อปปิ้งย่านเยาวราช จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) ขนาดของกลุ่มตัวอย่างใช้สูตรของ Roscoe (1969) ซึ่งได้กลุ่มตัวอย่าง 480 คน และได้ชดเชยค่าความเชื่อมั่นที่คลาดเคลื่อนไป 5% เรียบร้อยแล้ว โดยมีเกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion

criteria) คือมีคุณสมบัติเป็นผู้ที่มาจับจ่ายใช้สอยบริเวณแหล่งช้อปปิ้งย่านเยาวราช และเกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria) คือไม่เป็นผู้ที่ไม่ได้มาจับจ่ายใช้สอยบริเวณแหล่งช้อปปิ้งย่านเยาวราช

2. ข้อมูลเชิงคุณภาพ ประชากรและผู้ให้ข้อมูลสำคัญ คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ จำนวน 3 ท่าน และ ผู้เชี่ยวชาญด้านฮวงจุ้ย 3 ท่าน รวมทั้งสิ้น 6 ท่าน ใช้การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ มีประสบการณ์ด้านนั้นๆ ไม่น้อยกว่า 5 ปี

ขั้นตอนที่ 3 เครื่องมือในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ แบบสอบถามออนไลน์ ชุดที่ 1 เพื่อศึกษาความต้องการและแนวทางในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 แบบสำรวจเพื่อศึกษาความต้องการบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มของผู้บริโภค และ ตอนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย และแบบสอบถามออนไลน์ ชุดที่ 2 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 ความพึงพอใจต่อรูปแบบบรรจุภัณฑ์ ตอนที่ 3 ความพึงพอใจต่อการออกแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ และตอนที่ 4 ความพึงพอใจต่อรูปแบบบรรจุภัณฑ์ตามหลักฮวงจุ้ย ซึ่งเครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลเชิงปริมาณสร้างจากการรวบรวมเอกสาร แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กำหนดประเด็นคำถามให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย และหาคุณภาพของเครื่องมือด้วยการตรวจสอบค่าความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา (Content Validity) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเนื้อหา ความสอดคล้อง ความครอบคลุมของเนื้อหา ความถูกต้อง และความเหมาะสมของข้อคำถามและแบบสอบถาม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่า 0.5 มาใช้เป็นข้อคำถาม

2. เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ และผู้เชี่ยวชาญด้านฮวงจุ้ย ในประเด็นที่เกี่ยวกับการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์ โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ และลักษณะของบรรจุภัณฑ์ ซึ่งแบบสัมภาษณ์เชิงลึกสร้างขึ้นจากการศึกษาเอกสาร แนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา ความสอดคล้อง ความครอบคลุมของเนื้อหา และความถูกต้องของภาษาที่ใช้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่า 0.5 มาใช้เป็นข้อคำถาม

ขั้นตอนที่ 4 การเก็บรวบรวมข้อมูล แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. การวิจัยเชิงปริมาณ

แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) โดยเป็นการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากขั้นสำรวจความต้องการ เพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบ เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 480 คน ซึ่งเป็นบุคคลทั่วไปที่มาจับจ่ายใช้สอยบริเวณแหล่งช้อปปิ้งย่านเยาวราช ในกรุงเทพมหานคร ขั้นสำรวจความพึงพอใจ จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นบุคคลทั่วไปที่มาจับจ่ายใช้สอยบริเวณแหล่งช้อปปิ้งย่านเยาวราช ในกรุงเทพมหานคร ด้วยวิธีการแจกกระจายแบบสอบถาม จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลคำตอบ และนำมาตรวจสอบความถูกต้องความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม เพื่อนำไปวิเคราะห์ในลำดับถัดไป

แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ได้จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลวารสาร หนังสือ วิทยานิพนธ์ สารนิพนธ์ บทความวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงแหล่งข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต

2. การวิจัยเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์เก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 6 ท่าน แบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ และด้านศาสตร์ฮวงจุ้ย โดยทำการสัมภาษณ์ละเอียดทุกด้านลักษณะการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก และนำเสนอในรูปแบบของการบรรยาย

ขั้นตอนที่ 5 การวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ จากแบบสอบถามด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percent) ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D.)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก โดยวิธีถอดความจากบทสัมภาษณ์นำมาประมวลและสังเคราะห์เพื่อจัดหมวดหมู่ให้ชัดเจนในการสรุปความ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

วัตถุประสงค์ที่ 1 ความต้องการของผู้บริโภคเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นบุคคลทั่วไปที่มาจับจ่ายใช้สอยบริเวณแหล่งช้อปปิ้งย่านเยาวราชในกรุงเทพมหานคร 480 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชายที่ตอบแบบสอบถาม จำนวน 280 คน (ร้อยละ 58.3) มีอายุระหว่าง 31 – 40 ปี จำนวน 289 คน (ร้อยละ 60.2) สถานภาพสมรสแล้ว 292 คน (ร้อยละ 60.8) มีระดับการศึกษาปริญญาตรีหรือเทียบเท่า 395 คน (ร้อยละ 82.3) ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเป็นข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ จำนวน 283 คน (ร้อยละ 59.0) โดยมีรายได้ต่อเดือน 30,001 บาท ขึ้นไป จำนวน 196 คน (ร้อยละ 40.8)

ความต้องการของผู้บริโภคเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย ผลจากการศึกษาสามารถแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อดังต่อไปนี้

หัวข้อที่ 1 ด้านความต้องการการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์ จากการศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 7 ประเด็น ดังนี้

ประเด็นที่ 1.1 ผลวิเคราะห์ปริมาณในการเลือกซื้อส้มของผู้บริโภค พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกซื้อส้มในปริมาณ 1 กิโลกรัม (7-9 ลูก) จำนวน 208 คน คิดเป็นร้อยละ 43.3 รองลงมาคือเลือกซื้อส้มในปริมาณ 2 กิโลกรัม (14-18 ลูก) จำนวน 140 คน คิดเป็นร้อยละ 29.2 เลือกซื้อส้มในปริมาณ 3 กิโลกรัม (21-27 ลูก) จำนวน 71 คน คิดเป็นร้อยละ 14.8 เลือกซื้อส้มในปริมาณมากกว่า 3 กิโลกรัม (มากกว่า 27 ลูก) จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 6.5 และเลือกซื้อส้มในปริมาณไม่ถึง 1 กิโลกรัม จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 6.3 ตามลำดับ

ประเด็นที่ 1.2 ผลวิเคราะห์ความถี่ในการเลือกซื้อส้มของผู้บริโภค พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกซื้อส้มทุกครั้งที่มีโอกาส 256 คน คิดเป็นร้อยละ 53.3 รองลงมาคือเลือกซื้อส้มบางครั้งเมื่อมีโอกาสนับจำนวน 177 คน คิดเป็นร้อยละ 36.9 และเลือกซื้อส้มเมื่อเวลาว่างมีเทศกาล จำนวน 47 คน คิดเป็นร้อยละ 9.8 ตามลำดับ

ประเด็นที่ 1.3 ปัญหาที่พบจากบรรจุภัณฑ์ของส้มในปัจจุบันพบว่า บรรจุภัณฑ์ไม่เหมาะสมเป็นของขวัญของฝาก จำนวน 347 คิดเป็นร้อยละ 72.3 บรรจุภัณฑ์ชำรุดเสียหาย จำนวน 337 คน คิดเป็นร้อยละ 70.2 บรรจุภัณฑ์ไม่กันกระแทก จำนวน 283 คน คิดเป็นร้อยละ 59.0 บรรจุภัณฑ์เกิดความเสียหายจากการเคลื่อนย้าย จำนวน 271 คน คิดเป็นร้อยละ 56.5 และบรรจุภัณฑ์ไม่สวยงามไม่น่าซื้อ จำนวน 270 คน คิดเป็นร้อยละ 56.3

ประเด็นที่ 1.4 ผลวิเคราะห์สถานที่ในการเลือกซื้อส้มของผู้บริโภค พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกซื้อส้มจากซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไปจำนวน 215 คน คิดเป็นร้อยละ 44.8 รองลงมาคือ เลือกซื้อส้มจากร้านสะดวกซื้อจำนวน 93 คน คิดเป็นร้อยละ 19.4 เลือกซื้อส้มจากตลาดสดจำนวน 92 คน คิดเป็นร้อยละ 19.2 และเลือกซื้อส้มจากห้างสรรพสินค้าชั้นนำจำนวน 80 คน คิดเป็นร้อยละ 16.7 ตามลำดับ

ประเด็นที่ 1.5 ผลวิเคราะห์รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ส้ม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกซื้อบรรจุภัณฑ์ส้มแบบกล่องกระดาษ จำนวน 253 คน คิดเป็นร้อยละ 52.7 รองลงมาคือเลือกซื้อบรรจุภัณฑ์ส้มแบบถุงพลาสติก จำนวน 120 คน คิดเป็นร้อยละ 25 เลือกซื้อบรรจุภัณฑ์ส้มแบบถุงกระดาษ จำนวน 63 คน คิดเป็นร้อยละ 13.1 และเลือกซื้อบรรจุภัณฑ์ส้มแบบตะกร้า จำนวน 44 คน คิดเป็นร้อยละ 9.2 ตามลำดับ

ประเด็นที่ 1.6 ผลวิเคราะห์ราคาที่ใช้เลือกซื้อส้ม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกซื้อส้มในราคาประมาณ 101 – 300 บาท จำนวน 296 คน คิดเป็นร้อยละ 61.7 รองลงมาคือเลือกซื้อส้มในราคาประมาณ 301 – 500 บาท จำนวน 119 คน คิดเป็นร้อยละ 24.8 เลือกซื้อส้มในราคามากกว่า 500 บาทขึ้นไป จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 7.9 และเลือกซื้อส้มในราคาต่ำกว่า 100 บาท จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 5.6 ตามลำดับ

ประเด็นที่ 1.7 คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มที่ใช้พิจารณาในการตัดสินใจซื้อ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Table 1 Features of packaging for oranges that are considered in decisions

Features of packaging for oranges that are considered in decisions	percent	Mean ($\bar{X}$)	S.D.	Meaning
1. Price	100	4.17	0.80	high
2. Brand	100	3.71	0.95	high
3. Feature of packaging	100	4.52	0.85	highest
4. Packaging has an interesting pattern	100	3.69	0.96	high
5. Quality of protecting the product	100	4.10	0.86	high
6. Reliability	100	3.97	0.92	high
7. Packaging has a story related to the product	100	4.02	0.94	high

n = 480

จาก Table 1 ผลวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มที่ใช้พิจารณาในการตัดสินใจซื้อที่อยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ลักษณะของบรรจุภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ย 4.52 (S.D. = 0.85) และคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มที่ใช้พิจารณาในการตัดสินใจซื้อที่อยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ราคา มีค่าเฉลี่ย 4.17 (S.D. = 0.80) คุณภาพในการปกป้องสินค้าที่อยู่ข้างใน มีค่าเฉลี่ย 4.10 (S.D. = 0.86) บรรจุภัณฑ์มีเรื่องราวสัมพันธ์กับสินค้า มีค่าเฉลี่ย 4.02 (S.D. = 0.94) บรรจุภัณฑ์มีความน่าเชื่อถือของผู้ผลิต ตราयीี่ห้อหรือความน่าเชื่อถือ มีค่าเฉลี่ย 3.97 (S.D. = 0.92) และบรรจุภัณฑ์มีลวดลายน่าสนใจ มีค่าเฉลี่ย 3.69 (S.D. = 0.96) ตามลำดับ

หัวข้อที่ 2 ด้านความต้องการด้านฮวงจุ้ย จากการศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเด็น ดังนี้

ประเด็นที่ 2.1 สาเหตุในการซื้อบรรจุภัณฑ์ของส้ม พบว่า ซื้อเพื่อเป็นของขวัญตามเทศกาล จำนวน 290 คน คิดเป็นร้อยละ 60.4 ซื้อเพื่อเป็นของฝาก จำนวน 241 คน คิดเป็นร้อยละ 50.2 และซื้อเพื่อบริโภคเอง จำนวน 205 คน คิดเป็นร้อยละ 42.7

ประเด็นที่ 2.2 ระดับความสนใจเกี่ยวกับศาสตร์ด้านฮวงจุ้ย พบว่า ความสนใจเกี่ยวกับศาสตร์ด้านฮวงจุ้ยอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 3.82 (S.D. = 0.96)

ประเด็นที่ 2.3 ความสนใจเกี่ยวกับศาสตร์ด้านฮวงจุ้ย พบว่า ความสนใจเกี่ยวกับศาสตร์ด้านฮวงจุ้ย จำนวน 295 คน คิดเป็นร้อยละ 61.5 ความสนใจปรองเกี่ยวกับศาสตร์ด้านฮวงจุ้ย จำนวน 267 คน คิดเป็นร้อยละ 55.6 ความสนใจสัญลักษณ์เกี่ยวกับศาสตร์ด้านฮวงจุ้ย จำนวน 195 คน คิดเป็นร้อยละ 40.6 และความสนใจธาตุเกี่ยวกับศาสตร์ด้านฮวงจุ้ย จำนวน 193 คน คิดเป็นร้อยละ 40.2

ประเด็นที่ 2.4 ความสนใจเกี่ยวกับการออกแบบตามหลักฮวงจุ้ย พบว่า ผลวิเคราะห์ข้อมูลความสนใจบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มที่มีการออกแบบโดยใช้หลักการฮวงจุ้ยอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 3.74 (S.D. = 0.91)

วัตถุประสงค์ที่ 2 เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย จากการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับคำแนะนำจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์ ด้านฮวงจุ้ย และความต้องการของผู้บริโภคแล้ว ผู้วิจัยสามารถสรุปแนวทาง และพัฒนาต้นแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย ดัง Figure 1

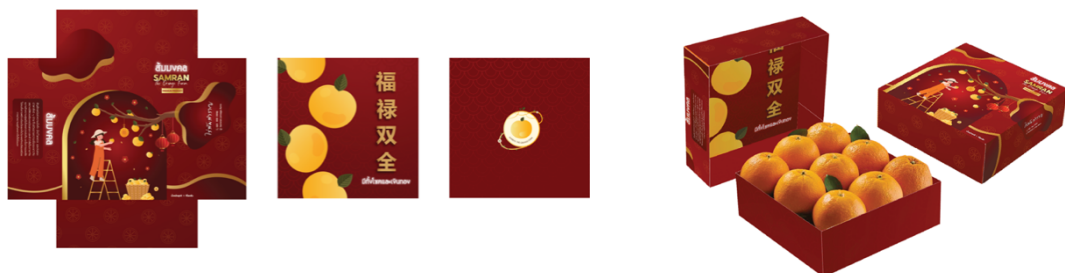


Figure 1 The Packaing Design For Oranges Fruit Using Feng Shi Principles

ด้านบรรจุภัณฑ์ ควรออกแบบให้เหมาะสมกับขนาดและความจุของผลิตภัณฑ์ มีความแข็งแรง ทนทาน โดยการออกแบบครั้งนี้ผู้วิจัยใช้กล่องกระดาษจั่วปิง ภาษาจีน คำว่า จั่ว (纸) ซึ่งแปลว่า “กระดาษ” และคำว่า ปิง (板) ที่แปลว่า “แข็ง” มารวมกันเป็นคำว่า “จั่วปิง” (纸板) หรือ “กระดาษแข็ง” ที่มีความสวยงาม คงทน เหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้เป็นโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ เพื่อเสริมสร้างภาพลักษณ์แบรนด์สู่ระดับพรีเมียมสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับบรรจุภัณฑ์และความหมายสี่เหลี่ยมจัตุรัส ในทางฮวงจุ้ย หมายถึง ส่งเสริมในเรื่องของความมั่นคง เป็นปึกแผ่นของกิจการ

ด้านการออกแบบ การใช้โทนสีที่มีความทันสมัย มีความหลากหลายและสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ภายใน รูปแบบสีที่ผู้วิจัยนำมาออกแบบ คือ หมวดสีที่นำเสนอความเป็นเงินผสมกับความเป็นสากลได้แก่ สีแดง หมวดสีที่นำเสนอความเป็นมงคล หรือหาเรียบโก้ ทันสมัยได้แก่ สีเหลือง สีทอง สีขาว หมวดสีที่นำเสนอความสดในไร่แรง ความอ่อนเยาว์ สดชื่น ได้แก่ สีเขียว เป็นต้น การใช้รูปภาพหรือสัญลักษณ์วาดลายประกอบนำเสนอความเรียบง่าย สดใสมินิมอล และสามารถสื่อความหมายได้ ใช้แบบฟอนต์ตัวอักษรที่ไม่ติดลิขสิทธิ์ โดยมีแบบตัวอักษรมีลักษณะที่เน้นสื่อความเป็นมงคล หรือเป็นตัวอักษรศิลป์ที่สามารถใช้ตามความเหมาะสมของกลุ่มเป้าหมาย

ด้านฮวงจุ้ย ในการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย ผู้วิจัยออกแบบโดยใช้รูปแบบสีมงคลตามหลักฮวงจุ้ยโดยสีแดงในหลักฮวงจุ้ย หมายถึง สีแห่งพลังอำนาจ มีพลังในการดึงดูด ช่วยขับไล่พลังงานในด้านลบ สีทองในหลักฮวงจุ้ย หมายถึง ความเจริญรุ่งเรือง ประสบความสำเร็จ มีเงินทอง สีส้มในหลักฮวงจุ้ย หมายถึง สีที่มีพลังในการดึงดูดพลังอำนาจและความมั่นคง มั่งคั่ง การสะสมทรัพย์สินให้เพิ่มพูน สีเขียวในหลักฮวงจุ้ย หมายถึง ตัวแทนของการเจริญเติบโต เจริญงอกงาม และความเจริญรุ่งเรือง สีเหลืองในหลักฮวงจุ้ย หมายถึง ความเป็นปึกแผ่น ความเจริญรุ่งเรือง สีขาวในหลักฮวงจุ้ย หมายถึง สีแห่งพลังความบริสุทธิ์ รวบรวมความสมดุที่สุด ออกแบบรูปทรงบรรจุภัณฑ์สี่เหลี่ยมจัตุรัสในทางฮวงจุ้ย หมายถึง ส่งเสริมในเรื่องของความมั่นคง เป็นปึกแผ่นของกิจการ ใช้สัญลักษณ์และแบบตัวอักษรที่มีความหมายบ่งบอกความเป็นมงคลส่งเสริมกันทางด้านฮวงจุ้ย และพิจารณาจากหลักการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์สินค้าที่ดีเป็นหลัก ทำให้เป็นที่จดจำสามารถถ่ายทอดเอกลักษณ์และสื่อถึงผลิตภัณฑ์ได้อย่างดี

วัตถุประสงค์ที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย จากผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง 30 คน พบว่า ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงที่ตอบแบบสอบถาม จำนวน 27 คน (ร้อยละ 90.0) มีอายุระหว่าง 31 – 40 ปี จำนวน 18 คน (ร้อยละ 60.0) มีระดับการศึกษาปริญญาตรีหรือเทียบเท่า 22 คน (ร้อยละ 73.3) ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเป็นข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ จำนวน 13 คน (ร้อยละ 43.0) โดยมีรายได้ต่อเดือน 30,001 บาท ขึ้นไป จำนวน 20 คน (ร้อยละ 66.7) และผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ยด้านความพึงพอใจต่อรูปแบบบรรจุภัณฑ์ ดัง Table 2 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Table 2 Satisfaction with packaging for oranges according to Feng Shui principles

Satisfaction with packaging for oranges according to Feng Shui principles	percent	Mean ($\bar{X}$)	S.D.	Meaning
1. Rigid box	100	4.23	0.67	highest
2. The structure is strong to support the weight of the products	100	4.17	0.64	high
3. Quality of protecting the product	100	4.03	0.71	high
4. Suitability of packaging size	100	4.10	0.60	high

n = 30

จาก Table 2 ผลวิเคราะห์ข้อมูลด้านความพึงพอใจต่อรูปแบบบรรจุภัณฑ์ พบว่า ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.23 (S.D. = 0.67) โครงสร้างมีความแข็งแรงในการรับน้ำหนักของสินค้าที่บรรจุอยู่ภายในได้ มีค่าเฉลี่ย 4.17 (S.D. = 0.64) ความเหมาะสมของขนาดบรรจุภัณฑ์ 4.10 (S.D. = 0.60) และบรรจุภัณฑ์สามารถป้องกันสินค้าภายในบรรจุภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี มีค่าเฉลี่ย 4.03 (S.D. = 0.56) ตามลำดับ

ด้านความพึงพอใจต่อการออกแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ ดัง Table 3 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Table 3 Satisfaction with graphic design on feng shui-based packaging for oranges

Satisfaction with graphic design on feng shui-based packaging for oranges	Percent	mean ($\bar{X}$)	S.D.	Meaning
1. Graphics on the packaging are attractive.	100	4.40	0.72	highest
2. Graphics on packaging can appropriately convey a product	100	4.40	0.67	high
3. Suitability of letters such as format, size, and color	100	4.47	0.68	high
4. Graphic patterns on the packaging are appropriate.	100	4.40	0.77	high
5. The placement of information on the packaging is appropriate.	100	4.00	0.87	high
6. The illustrations used on the packaging make the product more appealing	100	4.13	0.73	high
7. The positioning of the logo on the packaging is prominent	100	3.97	0.76	high

n = 30

จาก Table 3 ผลวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจต่อการออกแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ พบว่า ความเหมาะสมของตัวอักษร เช่น รูปแบบขนาด สี ความสวยงาม มีค่าเฉลี่ย 4.47 (S.D. = 0.68) กราฟิกบนบรรจุภัณฑ์โดยรวมมีความดึงดูดน่าสนใจ มีค่าเฉลี่ย 4.40 (S.D. = 0.72) กราฟิกบนบรรจุภัณฑ์สามารถสื่อถึงสินค้าอย่างสมได้เหมาะสมมีค่าเฉลี่ย 4.40 (S.D. = 0.67) รูปแบบการจัดวางลดทอนกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ย 4.40 (S.D. = 0.77) ภาพประกอบที่ใช้บนบรรจุภัณฑ์ช่วยสร้างความน่าสนใจให้กับสินค้า มีค่าเฉลี่ย 4.13 (S.D. = 0.73) การจัดวางข้อมูลในบรรจุภัณฑ์มีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ย 4.00 (S.D. = 0.87) และการจัดวางตำแหน่งโลโก้บนบรรจุภัณฑ์จดจำง่าย มีค่าเฉลี่ย 3.97 (S.D. = 0.76) ตามลำดับ

ด้านความพึงพอใจต่อรูปแบบบรรจุภัณฑ์ตามหลักฮวงจุ้ย ดัง Table 4

Table 4 Satisfaction with packaging for oranges according to Feng Shui principles

Satisfaction with packaging for oranges according to Feng Shui principles	Percent	Mean ($\bar{X}$)	S.D.	Meaning
1. Packaging shapes convey meaning according to feng shui-based	100	4.57	0.56	highest
2. Packaging colors enhance according to feng shui-based	100	4.67	0.54	highest
3. Symbols and patterns on packaging convey auspiciousness	100	4.37	0.55	highest
4. The overall packaging is designed to convey various auspicious symbols and meanings	100	4.50	0.68	highest

n = 30

จาก Table 4 ผลวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจต่อรูปแบบบรรจุภัณฑ์ตามหลักฮวงจุ้ยมี พบว่า สีของบรรจุภัณฑ์ส่งเสริมตามหลักฮวงจุ้ย มีค่าเฉลี่ย 4.67 (S.D. = 0.54) รูปทรงบรรจุภัณฑ์สื่อถึงตามหลักฮวงจุ้ย มีค่าเฉลี่ย 4.57 (S.D. = 0.56) บรรจุภัณฑ์โดยรวมมีการออกแบบโดยสื่อความหมายสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่เป็นมงคล เช่น ตัวอักษรมงคล ลายเส้น สีสัน รูปทรง สื่อถึงหลักฮวงจุ้ย มีค่าเฉลี่ย 4.50 (S.D. = 0.68) และสัญลักษณ์และลดทอนบนบรรจุภัณฑ์สื่อถึงความเป็นมงคล มีค่าเฉลี่ย 4.37 (S.D. = 0.55) ตามลำดับ

จากผลการศึกษาการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย สามารถอภิปรายได้ดังต่อไปนี้

ประเด็นด้านความต้องการการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์ ผู้บริโภคจะตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มจากลักษณะของบรรจุภัณฑ์มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษางานวิจัยของ Himpong (2023) ที่พบว่าผู้บริโภคพึงพอใจในลักษณะของบรรจุภัณฑ์ในระดับมากที่สุดเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่าประเด็นที่น่าสนใจในด้านราคาจากงานวิจัยของ Surin (2016) ที่ได้กล่าวว่าประเด็นในด้านราคาไม่นิยมใช้ในการกำหนดกลยุทธ์ทางการขาย เนื่องจากคุณสมบัติของของผลไม้ไม่แตกต่างกันมากสามารถทดแทนกันได้ได้อย่างสมบูรณ์ แต่สินค้ามีเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่ทำให้ผู้บริโภคเลือกซื้อ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่พฤติกรรมผู้บริโภคตัดสินใจซื้อ

ด้านราคาอาจไม่มีผลในการตัดสินใจซื้อ เนื่องจากมีเอกลักษณ์เฉพาะในด้านของการพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์ตามหลักฮวงจุ้ย โดยประเด็นความถี่ในการตัดสินใจซื้อจากงานวิจัยนี้จะพบว่าผู้บริโภคจะเลือกซื้อซ้ำทุกครั้งที่มีโอกาสซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษา งานวิจัยของ Authawang (2007) ที่กล่าวว่าผู้บริโภคมีความถี่ในการซื้อผลไม้ที่ไม่แน่นอนแล้วแต่โอกาส

ประเด็นด้านพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์ การออกแบบบรรจุภัณฑ์สัมพันธ์ตามหลักฮวงจุ้ยสำหรับการศึกษานี้ มี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ การออกแบบ รายละเอียดผลิตภัณฑ์ และลวดลายรูปแบบการพิมพ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ด้านบรรจุภัณฑ์ การพัฒนาแบบบรรจุภัณฑ์ให้มีขนาดที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้การขนส่งและการจัดเก็บมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะสำหรับส้มที่ต้องการป้องกันความเสียหายของสินค้าภายในบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพ การใช้กระดาษจั่วมีความแข็งแรงและทนทาน จึงเหมาะสำหรับการนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการคุณภาพและความแข็งแรงสูง ซึ่งตรงกับความต้องการของผู้บริโภคที่มองหาคุณภาพและความหรูหราในบรรจุภัณฑ์ การใช้วัสดุที่แข็งแรงและทนทานยังช่วยเพิ่มมูลค่าของบรรจุภัณฑ์ ทำให้สินค้าดูมีคุณภาพและน่าซื้อมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jönson (2006) ที่เน้นความสำคัญของวัสดุที่แข็งแรงในการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อป้องกันความเสียหายและรักษาคุณภาพของสินค้า และ (Jarupan and Suriyong, 2020) พบว่าการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่คำนึงถึงความสะดวกสบายและความแข็งแรงมีผลต่อความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภค

ด้านการออกแบบ การใช้โทนสีแดงและสีทองซึ่งเป็นสีที่สื่อถึงความเป็นมงคลตามหลักฮวงจุ้ย โดยสีแดงสื่อถึงความโชคดี ความสุข และพลังงาน ส่วนสีทองสื่อถึงความมั่งคั่งและความเจริญรุ่งเรือง การใช้สีเหล่านี้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ช่วยเสริมสร้างความรู้สึกเป็นมงคลและโชคลาภแก่ผู้บริโภค ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูโดดเด่นและมีความพิเศษ งานวิจัยของ Yue (2007) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการใช้สีในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ โดยระบุว่าสีมีผลต่อการรับรู้และการตัดสินใจของผู้บริโภค นอกจากนี้การมีตราสัญลักษณ์ที่บ่งบอกถึงเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์บนบรรจุภัณฑ์ช่วยสร้างความจดจำและความน่าเชื่อถือให้กับแบรนด์ การใช้สัญลักษณ์ที่สื่อความหมายทางฮวงจุ้ย เช่น มังกร หรือนกฟีนิกซ์ ช่วยเสริมความมั่นใจให้กับผู้บริโภค งานวิจัยของ Qi-shu (2008) ได้ระบุว่าการใช้สัญลักษณ์และกราฟิกในการออกแบบบรรจุภัณฑ์สามารถส่งเสริมยอดขายและสร้างความเป็นเอกลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์

ด้านรายละเอียดผลิตภัณฑ์และภาษา การใช้หลายภาษา โดยเฉพาะภาษาไทยและภาษาจีนบนบรรจุภัณฑ์ ช่วยให้สามารถเข้าถึงผู้บริโภคกลุ่มต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้การสื่อสารข้อมูลผลิตภัณฑ์เป็นไปอย่างครบถ้วนและถูกต้อง การวิจัยนี้เน้นความสำคัญของการใช้สัญลักษณ์และภาษาที่เหมาะสมในการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อส่งเสริมยอดขายและสร้างความเป็นเอกลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์ การใช้ภาษาที่ผู้บริโภคเข้าใจได้ช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์ ซึ่งการใช้ภาษาจีนแสดงถึงความใส่ใจรายละเอียดและความเข้าใจวัฒนธรรมผู้บริโภคชาวจีน ทำให้ผู้บริโภครู้สึกถูกใจและมั่นใจในการเลือกซื้อมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัย Qi-shu (2008) และ Yue (2007) ที่พบว่าการใช้ภาษาไทยและภาษาจีนบนบรรจุภัณฑ์ช่วยสร้างความเชื่อมั่นและการยอมรับในผลิตภัณฑ์มากขึ้น

ด้านลวดลายและรูปแบบการพิมพ์ การใช้ลวดลายและสัญลักษณ์ที่สื่อถึงฮวงจุ้ยและความเป็นมงคล เช่น มังกร หรือนกฟีนิกซ์ ช่วยเพิ่มความสวยงาม ความพิเศษ และสร้างความประทับใจให้ผู้บริโภค สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lijuan (2019) ที่เน้นการใช้ลวดลายฟีนิกซ์ ซึ่งเป็นสัญลักษณ์สำคัญในวัฒนธรรมซู (Zhuang culture) สื่อถึงความเป็นสิริมงคล นอกจากนี้การใช้ตัวอักษรที่หลากหลายรูปแบบและขนาดที่อ่านง่ายทันสมัย ช่วยให้บรรจุภัณฑ์โดดเด่นและจดจำได้ง่าย เพิ่มความชัดเจนในการสื่อสารข้อมูลกับผู้บริโภค สอดคล้องกับ Lu-fang (2004) ที่กล่าวถึงความสำคัญของการใช้ศิลปะสัญลักษณ์และตัวอักษรที่สร้างความเข้าใจและความน่าสนใจให้ผลิตภัณฑ์

ประเด็นความต้องการด้านฮวงจุ้ย จากการศึกษางานวิจัยนี้ทำให้พบว่าความสนใจเกี่ยวกับศาสตร์ความเชื่อด้านฮวงจุ้ยของผู้บริโภคมีความสนใจในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องความเชื่อศาสตร์ฮวงจุ้ยของ Burapasayan (2011) โดยกล่าวว่า ผลรวมความเชื่อเกี่ยวกับศาสตร์ด้านฮวงจุ้ยมีระดับความเชื่ออยู่ในระดับมากเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบประเด็นย่อยที่น่าสนใจในเรื่องของสีและรูปทรง โดยพบว่าผู้บริโภคเลือกตัดสินใจซื้อสินค้าจากรูปร่างหรือรูปทรง และสีอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกันกับการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ประเด็นความพึงพอใจของผู้บริโภค ในภาพรวมผู้บริโภคมีความพึงพอใจมากเป็นอันดับแรก คือ การออกแบบบรรจุภัณฑ์ตามหลักฮวงจุ้ย รองลงมาเป็นส่วนด้านการออกแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ และพึงพอใจเป็นอันดับสุดท้าย คือ ความพึงพอใจต่อรูปแบบบรรจุภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Burapasayan (2011) ที่ได้ทำวิจัยเรื่องความเชื่อศาสตร์ฮวงจุ้ยที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อคอนโดมิเนียมของผู้บริโภคในย่านพระราม 3 โดยกล่าวว่า ผลจากการศึกษาข้อมูลความเชื่อศาสตร์ฮวงจุ้ยโดยรวม พบว่า ความเชื่อของผู้บริโภคที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อคอนโดมิเนียมในย่านถนนพระราม 3 โดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีด้านหลักเกณฑ์พิจารณาจากศาสตร์ฮวงจุ้ย

สรุปผลการศึกษา

ความต้องการของผู้บริโภคเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย

ผู้บริโภคต้องการบรรจุภัณฑ์ที่มีความสวยงาม แข็งแรง ทนทาน และสื่อถึงความเป็นมงคลตามหลักฮวงจุ้ย โดยต้องสามารถใช้เป็นของขวัญหรือของไหว้ได้ในหลากหลายโอกาส บรรจุภัณฑ์ที่ต้องการควรเป็นกล่องกระดาษที่สามารถใส่ส้มได้ 1 กิโลกรัม (7-9 ลูก) ราคาประมาณ 101-300 บาท

แนวทางการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย

การออกแบบบรรจุภัณฑ์ส้มตามหลักฮวงจุ้ยสำหรับการศึกษา มี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ การออกแบบรายละเอียดผลิตภัณฑ์ และลวดลายรูปแบบการพิมพ์ โดยใช้กล่องกระดาษที่มีความแข็งแรง ทนทาน และสวยงาม การออกแบบภายในและภายนอกของบรรจุภัณฑ์ให้สวยงาม สื่อถึงความเป็นมงคล เช่น ใช้สีแดง สีส้ม สีทอง และลวดลายที่สื่อถึงความรุ่งเรือง และมักใช้รูปทรงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับขนาดของส้ม และมีการออกแบบที่ทันสมัย

ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย

ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในระดับมากต่อบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบตามหลักฮวงจุ้ย โดยเฉพาะด้านการออกแบบและลวดลายที่สื่อถึงความเป็นมงคล

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ยสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค และสร้างความพึงพอใจได้ดี ทั้งนี้ การออกแบบควรเน้นความแข็งแรง ทนทาน สวยงาม และสื่อถึงความเป็นมงคลตามหลักฮวงจุ้ย

ข้อเสนอในการวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการวิจัยที่ได้จากการศึกษาเรื่อง การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับส้มตามหลักฮวงจุ้ย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย ดังนี้

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

1. การใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น วัสดุย่อยสลายได้ทางธรรมชาติหรือวัสดุรีไซเคิล และวัสดุที่มีความแข็งแรง ทนทาน เช่น กระดาษฉนวน
2. การออกแบบที่สะท้อนความเป็นมงคลตามหลักฮวงจุ้ย โดยใช้โทนสี ลวดลาย และสัญลักษณ์ที่สื่อถึงความเป็นมงคล
3. การใช้ภาษาที่หลากหลายบนบรรจุภัณฑ์ เช่น ภาษาไทยและภาษาจีน เพื่อเข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคได้อย่างกว้างขวาง
4. การออกแบบตัวอักษรที่อ่านง่าย ทันสมัย และมีหลากหลายรูปแบบและขนาด เพื่อดึงดูดความสนใจ
5. ควรมีการทดสอบและสำรวจความคิดเห็นผู้บริโภค เพื่อปรับปรุงและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้ตรงความต้องการมากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การใช้กลุ่มตัวอย่างที่หลากหลาย ทั้งในแง่อายุ เพศ สถานที่ และภูมิภาค เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและสามารถนำไปใช้อ้างอิงได้กว้างขวาง
2. การใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ เช่น การสัมภาษณ์เชิงลึกหรือการจัดกลุ่มสนทนา เพื่อได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับความคิดเห็นและความรู้สึกของผู้บริโภค
3. การประเมินผลทางสถิติ โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่างๆ เช่น การวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) หรือการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ (comparative analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์และความแตกต่างในกลุ่มตัวอย่าง เพิ่มความแม่นยำและน่าเชื่อถือของผลการวิจัย

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ผู้เขียนความคิดริเริ่มงานวิจัย กำหนดวัตถุประสงค์งานวิจัย ออกแบบพัฒนา วิเคราะห์ข้อมูล แปรผล วิพากษ์วิจารณ์ผลพรรณนา สิ่งหุบุผา รัตมา รัตนวงศา และกุลชัย กุลตวนิช

เอกสารอ้างอิง

- Authawang, A. (2007). **Consumer Behavior in Decision Making to Purchase Cut Fruits in Modern Trades in Chiang Mai Province**. Master's Thesis. Chiang Mai University. (in Thai).
- Buranon, A. (2015). **Development of packaging for Baan Mai Horm Jam**. Master's Thesis. Chiang Mai University. (in Thai).
- Burapasayan, K. (2011). **Belief In Feng Shui Affecting Consumer's Buying Decision On Condominium At Phra-Ram III Area**. Master's Thesis. Srinakharinwirot University. (in Thai).
- Department Of Industrial Promotion (2020). **Research and Development of Food Products in Line with Consumption Trends**. Retrieved from: <https://www.dip.go.th/th/category/2020-05-26-19-14-36/2020-05-26-19-57-40>. (in Thai).
- Himpong, N., (2023). **Design and Development of Packaging of Mahachanok Mango: Case Study of Nong Bua Chum Village Community Enterprise Grower and Process Group, Nong Hin Sub District, Nong Kung Sri District, Kalasin**. Master's Thesis. Rajabhat Maha Sarakham University. (in Thai).
- Jarupan, L., & Suriyong, S. (2020). Correlated attributes of universal design: A case study of meal packaging. **Packaging Technology and Science**, 33(4), 181-194.
- Jönson, G. (2006). Packaging logistics: A value added approach. **Packaging Technology and Science**, 19(5), 283-293.
- Lijuan, W. (2019). Application of phoenix pattern culture in packaging design. **Art and Design Review**, 7(3), 125-134.
- Lu-fang, Z. (2004). The application of symbolization in packaging design. **Journal of Art and Design**, 12(1), 44-53.
- Mak, M., & Thomas, S. (2008). Feng shui: An alternative framework for complexity in design. **Architectural Engineering and Design Management**, 4(1), 58-72.
- Office of Agricultural Economics (2007). **Agricultural Economic Situation**. Retrieved from: <https://www.dip.go.th/th/category/2020-05-26-19-14-36/2020-05-26-19-57-40>. (in Thai).
- Phawaphatachakul, C., & Sinjindawong, S. (2021). The development of design through a learning management course based on Feng Shui practice. **Journal of Modern Learning Development**, 6(6), 225-242. (in Thai).
- Qi-shu, W. (2008). The application of symbol in cosmetics packaging design. **Journal of Industrial Design**, 29(4), 257-262.
- Roscoe, J. T. (1969). **Fundamental Research Statistics for the Behavioral Sciences**. Retrieved from: <https://shorturl.asia/WesPM>. (in Thai).
- Surin, P. (2016). **A Study Of Consumer Behavior Of Buying Organic Fruits In Bangkok**. Master's Thesis. Thammasat University. (in Thai).
- Theeragul, A. (2016). **Feng Shui and Knowledge Management for Communication on Kasikorn Bank Website**. Master's Thesis. National Institute of Development Administration. (in Thai).
- Yue, Y. (2007). The discussion of symbolization of packaging colors. **Journal of Packaging Science and Technology**, 16(2), 85-94.

รูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน The Online Marketing Communication Model of Organic Agricultural Products for Community Enterprises

ศศิพร ต่ายคำ^{1*}, ฐานะวัฒนา สุขวงศ์² และบุศรินทร์ ชื่นศิลป์³Sasiporn Taikham^{1*}, Thanawattana Sukwong² and Bussarin Chuensilp³

Received date: 12 ก.พ. 67 Revised date: 22 ก.ค. 67 Accepted date: 20 ส.ค. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.16..002>

บทคัดย่อ

การจำหน่ายผลิตภัณฑ์ออนไลน์เป็นที่นิยมในปัจจุบัน แต่วิสาหกิจชุมชนภาคเกษตรส่วนใหญ่ไม่ค่อยจำหน่ายผลิตภัณฑ์ออนไลน์ จึงต้องศึกษาและพัฒนาารูปแบบด้วยการวิจัยและพัฒนา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน โดยการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลหลัก 20 คน และสำรวจความไว้วางใจของผู้บริโภค 343 คน (2) พัฒนารูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน และ (3) ทดลองและปรับปรุงรูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน ผลศึกษาข้อมูลพื้นฐาน พบว่าวิสาหกิจชุมชนบางส่วนขาดความรู้ด้านการสื่อสารการตลาดออนไลน์ ผู้บริโภคให้ความสำคัญต่อปัจจัยการสื่อสารการตลาดออนไลน์มาก (mean = 4.20, SD = 0.70) ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย พบว่า ปัจจัยด้านเนื้อหา ($\beta = 0.53$, $t = 4.70$, $p\text{-value} = .00$) และด้านช่องทางสื่อสาร ($\beta = 0.31$, $t = 3.87$, $p\text{-value} = .00$) มีผลต่อความไว้วางใจของผู้บริโภคด้านการสื่อสารการตลาดออนไลน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 จากนั้นนำข้อมูลมาพัฒนารูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน ประกอบด้วย (1) เกษตรกรมีความรู้ด้านการสื่อสารการตลาดออนไลน์ ผลิตภัณฑ์ได้มาตรฐานอินทรีย์ เชื่อสตัย ร่วมกันสร้างเครือข่ายขายสินค้าออนไลน์ (2) เนื้อหาเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์และผู้บริโภค มีประโยชน์ น่าสนใจ ประเด็นชัดเจน น่าเชื่อถือ ดึงดูดด้วยการเล่าเรื่อง ปรับปรุงสม่ำเสมอ (3) ช่องทางสื่อสารออนไลน์ใช้งานง่าย สะดวก ค่าใช้จ่ายน้อย (4) กระบวนการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ครบถ้วน (5) ผู้บริโภคตระหนักและมีความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหาร และมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ และ (6) ปฏิบัติการตอบกลับ รูปแบบผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมีความเหมาะสมและปฏิบัติได้จริง และกลุ่มทดลองมีความพึงพอใจต่อรูปแบบ

คำสำคัญ: การสื่อสารการตลาดออนไลน์ การสื่อสาร สินค้าเกษตรอินทรีย์ วิสาหกิจขนาดย่อม

Abstract

Selling products online is popular nowadays, but most agricultural community enterprises rarely sell products online. Therefore, it is necessary to study the causes and develop an online marketing communication model through research and development. The objectives are to: (1) study basic information for the development of an online marketing communication model of organic agricultural products for community enterprises by conducting in-depth interviews with 20 key informants and surveying the trust of 343 consumers, (2) develop an online marketing communication model of organic agricultural products for community enterprises, and (3) experiment with and improve the online marketing communication model of organic agricultural products for community enterprises. The basic data study found that some community enterprises lack knowledge of online marketing communications. Consumers attach great importance to online marketing communication factors (mean = 4.20, SD = 0.70). The results of simple linear regression analysis found that the content factor ($\beta = 0.53$, $t = 4.70$, $p\text{-value} = .00$) and the communication channel factor ($\beta = 0.31$, $t = 3.87$, $p\text{-value} = .00$) have a statistically significant effect on consumers' trust in online marketing communication at .05. The

¹ สาขาภาษาและการสื่อสาร คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

² นักวิชาการอิสระ, ซอยนนทบุรี 6 ถนนเรวดี ตำบลสวนใหญ่ จังหวัดนนทบุรี 11000

³ สาขาการตลาดและการสร้างแบรนด์บุคคล คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

¹ Department of Language Literacy and Communication, Faculty of Humanities and Social Sciences, Suan Dusit University, Bangkok 10300

² Independent scholar, Nonthaburi 6, Rewadee Rd., Suan Yai, Mueang, Nonthaburi, Nonthaburi 11000

³ Department of Marketing and Personal Branding, Faculty of Management Science, Suan Dusit University, Bangkok 10300

* Corresponding author: email staikham@gmail.com

data were then used to develop the online marketing communication model of organic agricultural products for community enterprises, which consists of (1) farmers who have knowledge of online marketing communications, have content creation skills, produce products that meet organic standards, are honest, and form groups to sell online; (2) content related to products and consumers, which should be useful, relevant to consumers' interests, on point, trustworthy, attractive with storytelling and regularly updated content; (3) online communication channels, which are easy to use, convenient, fast, and low-cost; (4) the electronic commerce process that is complete in every step; (5) consumers who are aware and knowledgeable about food safety, organic agricultural standards; and (6) feedback. The model was evaluated by experts as appropriate and practical. The experimental group was satisfied with the model.

Keywords: online marketing communication, communication, organic agricultural products, small enterprise

คำนำ

วิสาหกิจชุมชนเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ปัจจุบันมีวิสาหกิจชุมชนและเครือข่าย จำนวน 84,141 ราย โดยกลุ่มผลิตพืชมีจำนวนมากที่สุด 36,740 ราย (Community Enterprise Promotion Division, 2023) วิสาหกิจชุมชนกลุ่มนี้ประสบปัญหาการหดตัวของภาคเกษตรกรรมและหนี้ครัวเรือนสูงขึ้น ซึ่งเป็นจุดอ่อนทางเศรษฐกิจ ในขณะที่ประเทศไทยมีโอกาสจากทุนทางเศรษฐกิจที่มีศักยภาพ ความเชี่ยวชาญการผลิตสินค้าที่ตอบสนองตลาดโลก การตระหนักถึงสุขภาพของผู้บริโภคที่ช่วยเพิ่มอุปสงค์ของสินค้าเกษตรปลอดภัยและความใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นโอกาสสร้างมูลค่าเพิ่มและความยั่งยืน (Office of the National Economic and Social Development Council, 2022)

จากจุดอ่อนและโอกาสดังกล่าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงเสนอให้พัฒนาการตลาดเกษตรอินทรีย์ ส่งเสริมการขายตลาดการบริโภคสินค้าอินทรีย์ (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2022) ซึ่งเมื่อศึกษาภาพรวมของตลาดเกษตรอินทรีย์ไทย (Kasikorn Research Center, 2018) พบว่า ในปี 2561 มีมูลค่าตลาดรวม 2,700-2,900 ล้านบาท แบ่งเป็นตลาดส่งออก ร้อยละ 77.9 และตลาดในประเทศ ร้อยละ 22.06 มีมูลค่า 514.45 ล้านบาท ช่องทางการตลาดเกษตรอินทรีย์ในไทยที่ใหญ่ที่สุด คือ โมเดิร์นเทรด ร้อยละ 59.48 มีอยู่ 8 บริษัท มีจุดจำหน่าย 171 แห่ง รองลงมา คือ ร้านกรีน ร้อยละ 29.4 มีจุดจำหน่าย 33 และอันดับที่ 3 คือ ร้านอาหาร ร้อยละ 5.85 (Panyakul, 2016) ทำให้เห็นปัญหาช่องทางการตลาดที่เกือบทั้งหมดเป็นการค้าแบบผ่านคนกลาง ทำให้ผลกำไรส่วนหนึ่งตกอยู่กับผู้ค้าคนกลาง เกษตรกรไม่มีอำนาจต่อรอง และขาดการศึกษาช่องทางการตลาดแบบจากผู้ผลิตถึงผู้บริโภค โดยเฉพาะการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ที่มีแนวโน้มเติบโตขึ้น และเป็นช่องทางที่เอื้อให้วิสาหกิจชุมชนสร้างกลุ่มลูกค้าของตนเองโดยไม่ต้องพึ่งพาผู้ค้าคนกลางโดยการนำเทคโนโลยีมาใช้ให้เกิดประโยชน์

นอกจากนี้ข้อมูลดังกล่าวยังแสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคสินค้าเกษตรอินทรีย์ในประเทศส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่กรุงเทพฯ ปริมาณและเมืองใหญ่ เช่นเดียวกับที่ ธารม เชื้อสถาปนศิริ ชี้ให้เห็นพฤติกรรมของผู้บริโภคกลุ่มนี้ว่า “เป็นกลุ่มคนในเมืองที่อาศัยอยู่ในคอนโดมิเนียมและหมู่บ้าน มีรายได้ 20,000 - 30,000 บาทต่อเดือน ต้องการซื้อวัตถุดิบที่สด สะอาด ปลอดภัย โดยซื้อจากซูเปอร์มาร์เก็ตและร้านสะดวกซื้อใกล้บ้านเนื่องจากไม่มีเวลา ดังนั้นเกษตรกรควรใช้สื่อออนไลน์ในการเข้าถึงผู้บริโภค เป็นช่องทางการกระจายสินค้าที่ไม่ต้องชำระค่าเช่าหน้าร้านหรือพึ่งพาผู้ค้าส่งและลดปัญหาสินค้าค้าง” (Yenyodwichai, 2015) กลุ่มผู้บริโภคดังกล่าวจึงเป็นกลุ่มเป้าหมายที่เอื้อต่อการทำตลาดสินค้าเกษตรอินทรีย์ออนไลน์มากกว่าพื้นที่อื่น ๆ อีกทั้งยังเป็นกลุ่มผู้บริโภคที่มีระดับการรับรู้และความเข้าใจเกษตรอินทรีย์มากกว่าผู้บริโภคในพื้นที่อื่นจากทั่วประเทศ (Panyakul, 2016)

ปัญหาช่องทางการตลาดข้างต้น สามารถใช้การสื่อสารการตลาดออนไลน์แก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ค้นหาสื่อออนไลน์เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ของไทยเบื้องต้น โดยคัดเลือกเฉพาะสื่อที่ระบุผู้ส่งสารชัดเจนมีหลักแหล่ง และนำเสนอสินค้าพืชอินทรีย์ 45 ราย นำมาวิเคราะห์ตามองค์ประกอบของกระบวนการสื่อสาร พบว่า (1) ผู้ส่งสารส่วนใหญ่เป็นพ่อค้าคนกลางที่มีหน้าร้านอยู่แล้ว รองลงมาเป็นผู้ประกอบการขนาดใหญ่ วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม สหกรณ์ องค์กรหรือหน่วยงานภาครัฐ ภาคการศึกษา องค์กรการกุศล มีจำนวนน้อยที่เป็นเกษตรกรรายย่อย (2) สารหรือเนื้อหาของสื่อออนไลน์แตกต่างกันตามลักษณะของผู้ส่งสารและผู้รับสาร โดยส่วนใหญ่เน้นให้ความรู้เชิงลึกเป็นหลัก ซึ่งเนื้อหายากเกินกว่าที่ผู้บริโภคทั่วไปจะเข้าใจได้ รองลงไปเป็นการจำหน่ายสินค้าและประชาสัมพันธ์องค์กรหรือร้านค้า ส่วนความเคลื่อนไหวของเนื้อหาบนเว็บไซต์และบล็อกส่วนใหญ่มีการปรับปรุงข้อมูล (update) น้อย ส่วนสื่อสังคมออนไลน์ ได้แก่ เฟซบุ๊ก (Facebook) และอินสตาแกรม (Instagram) ส่วนใหญ่มีการปรับปรุงข้อมูลเป็นระยะ (3) สื่อออนไลน์ที่นิยมใช้เผยแพร่ข้อมูลเกษตรอินทรีย์ ได้แก่ เว็บไซต์ อีเมล เฟซบุ๊ก ไลน์ อินสตาแกรม บล็อก โดยช่องทางที่ให้ข้อมูลข่าวสารมากที่สุดคือ เว็บไซต์ รองลงมา คือ เฟซบุ๊ก ส่วนช่องทางที่เอื้อต่อการจำหน่ายสินค้า ได้แก่

เฟซบุ๊ก โลง และอีเมล และ (4) ผู้รับสารจะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามลักษณะของผู้ส่งสาร หากเป็นสื่อของร้านค้าหรือผู้ผลิตหรือเกษตรกร ผู้รับสารเป็นกลุ่มผู้บริโภค ส่วนสื่อขององค์กรหรือหน่วยงานภาครัฐ ภาคการศึกษา และองค์กรการกุศล ผู้รับสารเป็นกลุ่มเกษตรกรและประชาชน

การศึกษาช่องทางการสื่อสารออนไลน์เบื้องต้นดังกล่าวพบว่า ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องด้านการตลาดต่างให้ความสำคัญกับการสื่อสารออนไลน์ เช่นเดียวกับที่ Young (2011) เสนอว่า “การตลาดออนไลน์เป็นที่ยอมรับมากขึ้น เพราะทันสมัยและรวดเร็ว” ผู้ประกอบการยอมรับว่าเป็นช่องทางที่สำคัญของธุรกิจ แต่กลับพบว่า “เกษตรกรหลายคนเข้าใจการตลาดออนไลน์ไม่ถูกต้อง เข้าใจว่า เป็นการทำเว็บไซต์ จึงควรมีหน่วยงานมาให้ความแนะนำที่ถูกต้อง” (Theeranithiwat, 2016) ปัจจุบันมีเกษตรกรอินทรีย์บางกลุ่มใช้ช่องทางการตลาดออนไลน์สื่อสารและจำหน่ายสินค้าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีทั้งที่ประสบความสำเร็จและไม่ประสบความสำเร็จ ดังที่ วรุดิ ศรอนันต์ เจ้าของเพจเฟซบุ๊กเกษตรปลอดภัย กล่าวว่า “สินค้าเกษตรหากไม่แตกต่างจะเติบโตในโซเชียลมีเดียยาก การพูดแบบปากต่อปากในโซเชียลมีเดีย หากทำไม่ดีจะเสียชื่อในระยะยาว” (Yenyodwichai, 2015) แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรบางส่วนยังขาดความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับตลาดออนไลน์ แม้บางรายจะใช้สื่อออนไลน์ได้แต่ก็ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร

จากปัญหาดังกล่าวสรุปได้ว่า วิสาหกิจชุมชนบางส่วนมีปัญหาด้านความรู้การสื่อสารการตลาดออนไลน์ และปัญหาด้านช่องทางการตลาดออนไลน์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นของผู้จำหน่าย ส่วนของเกษตรกรมีจำนวนน้อย และมีทั้งที่ประสบความสำเร็จและยังไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากขาดความรู้และความเข้าใจ ดังนั้นจึงจำเป็นต้อง “พัฒนารูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน” ที่เหมาะสมกับบริบทของวิสาหกิจชุมชน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน (2) พัฒนารูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน และ (3) ทดลองและปรับปรุงรูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน เพื่อเป็นต้นแบบในการเสริมสร้างความสามารถด้านการแข่งขันของเกษตรกรให้เข้มแข็งและยั่งยืน

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (R&D) โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิจัย₁ (R₁) เป็นการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

ประชากร คือ ผู้บริโภคสินค้าเกษตรอินทรีย์ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล แต่ไม่ทราบจำนวนที่ชัดเจน จึงใช้จำนวนผู้ใช้งานที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไปในเขตกรุงเทพฯ 5,218,000 คน (National Statistical Office, 2016)

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริโภคสินค้าเกษตรอินทรีย์ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัย โดยคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยโปรแกรม G*Power สำหรับวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย (simple linear regression) ได้เท่ากับ 55 คน ค่าวิกฤตเอฟ = 4.02302 df = 53 ขนาดอิทธิพล 0.15 ความคลาดเคลื่อน .05 อำนาจการทดสอบ 0.8 โดยใช้แบบสอบถามเก็บข้อมูล จึงแจกแบบสอบถามมากกว่าขนาดที่คำนวณได้เพื่อให้ได้ข้อมูลตอบกลับที่ครบถ้วน จึงเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง 343 คน โดยดำเนินการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (multi-stage sampling) โดยหน่วยการสุ่มที่ 1 ได้จากการสุ่มแบบเป็นชั้นภูมิ (stratified random sampling) โดยใช้จังหวัด เขตหรืออำเภอ เป็นหน่วยในการสุ่มด้วยการจับสลาก เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามความไว้วางใจของผู้บริโภคต่อการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ผลการพิจารณาข้อคำถามได้ค่า IOC ระหว่าง 0.60 - 1.00 นำมาปรับปรุงแก้ไขแล้วจึงนำไปทดลองใช้ ผลการวัดค่าความเชื่อมั่น Cronbach's alpha เท่ากับ 0.961 จึงนำไปเก็บข้อมูลและวิเคราะห์สถิติพื้นฐาน และวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) ด้วยแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ดำเนินการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) ตามเกณฑ์ที่กำหนดจนข้อมูลอิ่มตัว กำหนดขนาดตัวอย่างเชิงคุณภาพจากความอิ่มตัวของข้อมูล (data saturation) และพิจารณาตามแนวทางของ Nastasi and Schensul (2005) จนได้กลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก 20 คน ได้แก่ ผู้ผลิตหรือตัวแทนผู้ผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์ที่ใช้การสื่อสารการตลาดออนไลน์ จำนวน 15 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสื่อสารการตลาดหรือพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 5 คน นำข้อมูลที่ตรวจสอบแบบสามเส้า (triangulation) พิจารณาจากแหล่งข้อมูล บุคคล เวลา และสถานที่ที่แตกต่างกัน นำมาแยกแยะประเด็นและวิเคราะห์เนื้อหา

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนา₁ (D₁) มีขั้นตอน ดังนี้ (1) ร่างรูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน (2) การประเมินรูปแบบโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน พิจารณารูปแบบ และ (3) แก้ไขปรับปรุงรูปแบบ

ขั้นตอนที่ 3 การวิจัย₂ (R₂) ศึกษาเฉพาะวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์ ประเภทพืช ได้แก่ ข้าว ผัก และผลไม้ (ที่ไม่ผ่านกระบวนการแปรรูป) ที่ผู้ผลิต (ต้นน้ำ) สามารถจำหน่ายให้กับผู้บริโภค (ปลายน้ำ) ได้โดยตรง โดยศึกษากลุ่มผู้ผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์ในกลุ่มจังหวัดภาคกลาง เนื่องจากมีพื้นที่ใกล้กรุงเทพฯ และปริมาณผล สะดวกต่อการขนส่งสินค้าเกษตรที่มีอายุสั้น และเน่าเสียได้ง่าย อีกทั้งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของกลุ่มลูกค้าสินค้าเกษตรอินทรีย์จำนวนมากที่มีวิถีชีวิตที่ต้องพึ่งพาเกษตรกร เนื่องจากข้อจำกัดด้านพื้นที่เพาะปลูก เวลาและความรู้ด้านการเกษตร โดยขั้นตอนนี้เป็นการทดลองใช้รูปแบบกับกลุ่มทดลองจำนวน 1 กลุ่ม โดยเลือกกลุ่มทดลองแบบเจาะจงตามคุณสมบัติ คือ เป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ผลิตพืชอินทรีย์ที่อยู่ในพื้นที่ภาคกลาง เพราะสะดวกต่อการขนส่งสินค้า มีศักยภาพที่จะพัฒนาการสื่อสารการตลาดออนไลน์ และยินดีร่วมมือในการวิจัย คือ เครือข่ายวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรอินทรีย์ ต.บางใหญ่ อ.เมือง จ.นนทบุรี โดยดำเนินขั้นตอนการทดลอง ดังนี้ (1) การสร้างสัมพันธ์และการสำรวจศึกษาพื้นที่ทดลอง (2) การเตรียมเก็บข้อมูล (3) การประชุมเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับการสื่อสารการตลาดออนไลน์ วิเคราะห์สถานการณ์ จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค (SWOT) กำหนดกลุ่มเป้าหมายทางการตลาด วางตำแหน่งทางการตลาด วางแผนกลยุทธ์ทางการตลาด และวางแผนการสื่อสารการตลาดออนไลน์ (4) การออกแบบตราสัญลักษณ์ ฉลากสินค้า สร้างเพจเฟซบุ๊ก ออกแบบและสร้างเว็บไซต์ (5) การให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้งานเว็บไซต์ (6) การเผยแพร่สื่อ และ (7) การถอดบทเรียนหลังการใช้รูปแบบโดยสัมภาษณ์กลุ่มทดลอง จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา₂ (D₂) เป็นการประเมินผลการใช้รูปแบบและปรับปรุงแก้ไขรูปแบบ จนสมบูรณ์จึงเผยแพร่รูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชนตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ผลการศึกษาข้อมูลเชิงคุณภาพ และผลการศึกษาข้อมูลเชิงปริมาณ ดังนี้

ผลการศึกษาข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่า ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนหรือเกษตรกรส่วนใหญ่รับรู้ถึงความสำคัญของสื่อออนไลน์ วิสาหกิจชุมชนภาคเกษตรบางส่วนไม่ได้จำหน่ายสินค้าออนไลน์ เนื่องจากขาดความรู้ด้านการสื่อสารการตลาดออนไลน์ และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ โดยเฉพาะเกษตรกรผู้สูงอายุที่ไม่คุ้นเคยกับการใช้สื่อออนไลน์ ส่วนวิสาหกิจชุมชนที่ใช้สื่อออนไลน์จำหน่ายสินค้า พบว่า ขาดการสร้างสรรค์เนื้อหาที่น่าสนใจ ด้านผู้จำหน่ายที่ไม่ใช่ผู้ผลิตก็มีความรู้ด้านเกษตรอินทรีย์ไม่มากนัก ซึ่งจากผลการศึกษาข้อมูลเชิงคุณภาพข้างต้นจะเห็นได้ว่า วิสาหกิจชุมชนรับรู้ถึงความสำคัญของการใช้สื่อออนไลน์จำหน่ายสินค้าและการเข้าถึงลูกค้า เช่นเดียวกับการศึกษาของ Hanna (2016) Chatzoglou and Chatzoudes (2016) Ramayah et al. (2016) และ Kanchanopast (2011) ที่พบผลการศึกษาไปในทิศทางเดียวกันที่ว่า “ลูกค้าเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับการตลาดออนไลน์ของผู้ประกอบการ” แม้เกษตรกรจะเห็นประโยชน์ของการสื่อสารการตลาดออนไลน์ แต่ก็มีเกษตรกรผู้สูงวัยที่ยังไม่พร้อมจะเปลี่ยนแปลงด้วยทัศนคติที่ไม่ต้องการความยุ่งยาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ramayah et al. (2016) Kanchanopast (2011) และ Jambulingamis et al. (2015) ที่พบผลในแนวทางเดียวกันว่า ทัศนคติของผู้ประกอบการมีผลต่อการใช้การตลาดออนไลน์

นอกจากนี้จากการศึกษาข้อมูลเชิงคุณภาพยังได้แนวทางแก้ไขปัญหาดังนี้ ควรให้ความรู้ด้านการสื่อสารการตลาดออนไลน์แก่เกษตรกร ควรให้ความรู้เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์กับผู้จำหน่ายเพื่อให้สามารถตรวจสอบคุณภาพของสินค้าได้ สร้างการรับรู้เรื่องอาหารปลอดภัยเพื่อให้ผู้บริโภคตระหนักถึงประโยชน์ของสินค้าเกษตรอินทรีย์ เกษตรกรควรสร้างสรรค์เนื้อหาที่มีประโยชน์ต่อผู้บริโภคและน่าสนใจ ควรมีช่องทางสื่อสารออนไลน์ที่ใช้งานง่าย สะดวก รวดเร็ว ไม่เสียค่าใช้จ่ายและเป็นภาษาไทย ภาครัฐควรสร้างช่องทางออนไลน์ที่ใช้งานง่ายให้เกษตรกรใช้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และสามารถโพสต์ (Post) ได้ไม่จำกัด

จากแนวทางแก้ไขดังกล่าวที่เสนอให้มีการให้ความรู้ด้านการสื่อสารการตลาดออนไลน์แก่เกษตรกรนั้นสอดคล้องกับการศึกษาของ Theeranithiwat (2016) ที่พบว่า “ผู้ประกอบการเข้าใจการตลาดออนไลน์ไม่ถูกต้อง ควรมีหน่วยงานเข้ามาให้คำแนะนำที่ถูกต้อง” ดังนั้นหน่วยงานภายนอกควรสนับสนุนด้านความรู้ และภาครัฐควรพัฒนาช่องทางออนไลน์ให้แก่วิสาหกิจชุมชนหรือเกษตรกรได้ใช้งาน เช่นเดียวกับที่ Ramayah et al. (2016) Jambulingamis et al. (2015) Hanna (2016) และ Kanchanopast (2011) ได้เสนอว่า “ภาครัฐควรกำหนดนโยบายและแนวทางส่งเสริมเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมกับผู้ประกอบการเพื่อให้เกิดการยอมรับและขยายตัว” ซึ่งที่ผ่านมาหน่วยงานภาครัฐได้พยายามส่งเสริมสนับสนุนทั้งด้านความรู้และช่องทางการจำหน่าย

ผลการศึกษาข้อมูลเชิงปริมาณ จากการสำรวจพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นต่อปัจจัยการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์โดยรวมอยู่ในระดับสำคัญมาก (mean=4.20, SD=0.70) กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญด้านเกษตรกรหรือ

ผู้จำหน่ายเป็นอันดับแรก ประเด็นที่ให้ความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ เกษตรกรหรือผู้จำหน่ายที่ต้องมีความรับผิดชอบ แจ้งข้อมูลได้รวดเร็วหรือให้คำแนะนำเกี่ยวกับสินค้าได้อย่างครบถ้วน เต็มใจบริการ ใส่ใจลูกค้า อันดับที่สอง คือ ด้านกระบวนการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ประเด็นที่ให้ความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ การมีระบบชำระเงินที่สะดวกและปลอดภัย การจัดส่งสินค้าตรงเวลาและถึงลูกค้า ซึ่งผลดังกล่าวเป็นไปในทิศทางเดียวกับ Kanchanopast (2011) ที่พบว่า “ปัจจัยที่ทำให้การนำพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้งานประสบความสำเร็จขึ้นอยู่กับปัจจัยของการมีช่องทางทางการสั่งซื้อ ช่องทางชำระเงิน การส่งสินค้าที่มีให้ลูกค้าได้เลือก การขนส่งสะดวก โดยการดำเนินการต่าง ๆ ควรรวดเร็ว” ซึ่งการศึกษาครั้งนี้พบปัจจัยอื่นด้วย คือ ระบบการติดตามการส่งสินค้า และติดตามความพึงพอใจของผู้ซื้อหลังการขาย ซึ่งสอดคล้องกับ Yang et al. (2008) ที่เสนอว่า “ควรมีระบบรองรับการซื้อขายผ่านสื่อออนไลน์ ได้แก่ ตะกร้าช้อปปิ้ง ความปลอดภัย การสั่งซื้อ การติดตาม (tracking)” ซึ่งการบริการทั้งหมดนี้จะช่วยสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า ดังนั้นเกษตรกรหรือผู้จำหน่ายควรให้ความสำคัญ เช่นเดียวกับที่ Vongsraluang and Bhatiasavi (2016) พบว่า “ปัจจัยที่มีผลเชิงบวกต่อการใช้ระบบพาณิชย์ทางสังคมของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมของไทย ได้แก่ คุณภาพของระบบ คุณภาพการบริการที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้และความสำเร็จของระบบพาณิชย์ทางสังคม” ถัดมาอันดับที่สาม คือ ด้านข้อมูลข่าวสาร ประเด็นที่ให้ความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ การให้รายละเอียดสินค้าที่ชัดเจนครบถ้วน ระบุราคาสินค้า ค่าจัดส่งชัดเจนและครบถ้วน กำหนดราคาสินค้าเหมาะสมกับคุณภาพสินค้า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Yang et al. (2008) ที่ให้ความสำคัญกับเนื้อหาบนสื่อออนไลน์ ได้แก่ ความชัดเจนของสินค้า ราคา ค่าจัดส่ง ราคาเหมาะสมกับคุณภาพ มีการปรับปรุง (update) ข้อมูลสม่ำเสมอ และการแนะนำสินค้า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kanchanopast (2011) และ Yenyodwichai (2015) ที่ระบุว่า “ต้องให้ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า กำหนดราคาให้เหมาะสมกับคุณภาพสินค้า เป็นราคาเดียวกับที่ขายตามร้าน สินค้ามีเอกลักษณ์โดดเด่นแตกต่าง การส่งเสริมการตลาดตรงกับความต้องการของลูกค้าโดยอาจสอบถามผู้บริโภคผ่านโพสต์ เว็บไซต์” ต่อมาอันดับที่สี่ คือ ด้านลักษณะของสื่อการตลาดออนไลน์ ซึ่งประเด็นที่ให้ความสำคัญมากเป็นอันดับแรก คือ ระบบมีคุณภาพ เสถียรภาพและประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอของ Kanchanopast (2011) และ Yang et al. (2008) ที่เสนอเรื่องประสิทธิภาพของระบบ การดูแลให้เสถียร ไม่ล่มง่าย แก้ไขได้ทันที ถัดมาอันดับที่ห้า คือ ด้านช่องทางการสื่อสาร ประเด็นที่ให้ความสำคัญมากเป็นอันดับแรก คือ เว็บไซต์ ที่ควรเป็นชื่อร้านค้าที่สั้น จำง่าย ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลของ Kanchanopast (2011) ที่ระบุว่า “เว็บไซต์ควรออกแบบให้ง่ายต่อการใช้งาน ใช้ชื่อเว็บสั้น ๆ จดจำง่าย สอดคล้องกับชื่อองค์กร” ส่วนช่องทางการสื่อสารอันดับถัดมา คือ สื่อสังคมออนไลน์ เช่น เฟซบุ๊ก (Facebook) อินสตาแกรม (Instagram) ไลน์ (Line) เป็นต้น จึงเห็นได้ว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับสื่อสังคมออนไลน์ เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Yenyodwichai (2015) ที่พบว่า “สื่อสังคมทำให้เกิดการพูดแบบปากต่อปาก หากทำไม่ดีจะเสียชื่อเสียงในระยะยาว” นอกจากนี้ยังได้สำรวจระดับความไว้วางใจของผู้บริโภคที่มีต่อการสื่อสารการตลาดออนไลน์ พบว่าโดยรวมอยู่ในระดับมาก (mean=4.02, SD=0.91) ประเด็นที่ไว้วางใจเป็นอันดับที่หนึ่ง คือ การได้รับสินค้าตามที่ต้องการและภายในเวลาที่กำหนด รองลงมา คือ การมีระบบรักษาความปลอดภัยทางการเงิน อันดับที่สาม คือ การระบุข้อตกลง เงื่อนไข การรับประกันสินค้า อันดับที่สี่ คือ ความถูกต้องในการคิดค่าสินค้าและบริการ การให้บริการแก่ลูกค้าอย่างเท่าเทียม ปกป้องรักษาข้อมูลส่วนตัวของลูกค้าไว้เป็นความลับ สินค้ามีคุณภาพและมาตรฐาน จดทะเบียนพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ความเชื่อมั่นในบริการหลังการขาย สอดคล้องกับ Vongsraluang and Bhatiasavi (2016) ที่พบว่า “ความไว้วางใจส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้และความสำเร็จของระบบพาณิชย์ออนไลน์ ซึ่งเป็นปัจจัยความสำเร็จของระบบพาณิชย์ออนไลน์ของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมของไทย” และได้วิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ดัง Table 1

Table 1 Consumer trust in online marketing communication factors for organic products

Factors	B	Std. Error	Beta	t	Sig
Farmer or distributor	.052	.099	.035	.529	.597
Content or information	.530	.113	.358	4.699	.000
Online channel	.310	.080	.224	3.873	.000
Feature of online media	-.154	.100	-.112	-1.538	.125
Process of e-commerce	.083	.102	.057	.816	.415

จากตารางพบว่า ปัจจัยด้านเนื้อหาหรือข้อมูลข่าวสาร ($\beta = 0.53$, $t = 4.70$, $p\text{-value} = .00$) และปัจจัยด้านช่องทางการสื่อสาร ($\beta = 0.31$, $t = 3.87$, $p\text{-value} = .00$) มีผลต่อความไว้วางใจของผู้บริโภคต่อการสื่อสารการตลาดออนไลน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากผลวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายแสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคจะเชื่อถือหรือไว้วางใจผู้จำหน่ายสินค้าเกษตรอินทรีย์ออนไลน์มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับเนื้อหาและช่องทางการสื่อสาร ดังนั้นวิสาหกิจชุมชนจึงต้องให้ความสำคัญกับการให้ข้อมูลและการเลือกช่องทางการสื่อสารกับผู้บริโภค

ผลการพัฒนารูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เริ่มจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แบบจำลองการสื่อสารของลาสเวลล์ ของแซนดอนและวีเวอร์ ของเบอร์โล ของเดอเฟลอร์ และแบบจำลองการสื่อสารการตลาดบนอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้นโดย Kull (2007) จึงสรุปได้องค์ประกอบ 6 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ผู้ส่งสาร/องค์กร (2) สาร (3) ช่องทาง (4) ผู้รับสาร/ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (5) ปฏิกริยาตอบกลับ อีกทั้งยังมีส่วนประกอบย่อย ๆ ได้แก่ การกิจทางธุรกิจขององค์กร ความคาดหวังของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและความสัมพันธ์ระหว่างองค์กรกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และจากการสังเคราะห์ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบฯ ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 พบว่า กระบวนการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความเกี่ยวข้องกับการสื่อสารการตลาดออนไลน์ และพบว่า วิสาหกิจชุมชนประสบปัญหาด้านกระบวนการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ด้วย ดังนั้นจึงเพิ่ม (6) กระบวนการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ไว้ในรูปแบบด้วย

ดังนั้นจึงได้รูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชนที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) เกษตรกรหรือผู้จำหน่าย (farmer/ distributor) เป็นผู้ส่งสารที่มีความมุ่งหวังทางธุรกิจ (business goals) ชัดเจน เช่นเดียวกับข้อค้นพบของ Kanchanopast (2011) ที่พบว่า “ผู้ประกอบการต้องกำหนดนโยบายให้ชัดเจนและทำได้จริง มีการวางแผนก่อนทำพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์” โดยเกษตรกรควรสร้างเครือข่ายร่วมกันเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชน (create a network/ community enterprise) เพื่อให้สามารถใช้ช่องทางการสื่อสารออนไลน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกษตรกรต้องมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการสื่อสารการตลาดออนไลน์ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและช่องทางการสื่อสารออนไลน์ รวมทั้งความรู้ด้านการตลาด การสร้างแบรนด์ การบริหารลูกค้าสัมพันธ์ มีทักษะการสร้างสรรคเนื้อหา โดยอาจมีหน่วยงานภาครัฐหรือสถาบันการศึกษาเข้ามาช่วยเหลือให้ความรู้ต่าง ๆ เกษตรกรต้องผลิตสินค้าที่มีคุณภาพตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ให้บริการด้วยความซื่อสัตย์ มีความรับผิดชอบ จริใจ ใส่ใจลูกค้า เต็มใจบริการ ให้คำแนะนำเกี่ยวกับสินค้าได้อย่างครบถ้วนและรวดเร็ว เพื่อตอบสนองความคาดหวังของผู้บริโภคหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (2) เนื้อหาหรือข้อมูลข่าวสาร (content/ information) เป็นสารที่เกษตรกรหรือผู้จำหน่ายส่งผ่านช่องทางการสื่อสารการตลาดออนไลน์ไปยังผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เนื้อหาที่มีความเกี่ยวข้องกับเกษตรอินทรีย์ มีประโยชน์และเกี่ยวข้องกับผู้บริโภค ระบุรายละเอียดสินค้า ราคาสินค้าและค่าบริการต่าง ๆ อย่างชัดเจนครบถ้วน เนื้อหาควรแสดงความมุ่งหวังทางธุรกิจหรือความตั้งใจของแบรนด์ เนื้อหาที่ประเด็นหลักที่ชัดเจน มีความเป็นรูปธรรมที่เข้าใจง่าย เป็นความจริง น่าเชื่อถือ ดึงดูดให้ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายเกิดความสนใจโดยอาจใช้เทคนิคการเล่าเรื่อง มีการปรับปรุงเนื้อหาสม่ำเสมอ เนื้อหาหลากหลายรูปแบบ ได้แก่ ข้อความ ภาพ คลิปวิดีโอ คลิปเสียง ที่เกษตรกรหรือผู้จำหน่ายสื่อสารออกไป จะเห็นได้ว่าความน่าเชื่อถือของเนื้อหาเป็นสิ่งสำคัญ ดังที่ Gallego et al. (2016) และ Wanga et al. (2016) เห็นตรงกันว่า “ความน่าเชื่อถือเป็นปัจจัยที่ทำให้ผู้บริโภคมั่นใจ และทำให้เว็บไซต์นั้นติดตลาด” (3) ช่องทางการสื่อสารออนไลน์ (online communication channels) เป็นสื่อกลางนำเนื้อหาข้อมูลจากเกษตรกรหรือผู้จำหน่ายไปสู่ผู้บริโภคโดยอาศัยระบบอินเทอร์เน็ต ต้องใช้งานง่าย สะดวก รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่ายเนื่องจากเกษตรกรไม่มีงบประมาณ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ramayah et al. (2016) และ Kanchanopast (2011) ที่พบว่า “งบประมาณเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความสำเร็จของการใช้พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์” แม้สื่อสังคมสามารถใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย แต่เกษตรกรยังคงกังวลกับค่าอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตสื่อดิจิทัล อีกทั้งช่องทางการสื่อสารออนไลน์ควรมีพื้นที่เผยแพร่ข้อมูลมากพอกับความต้องการของผู้ใช้งานทั้งผู้ขายและผู้ซื้อ ระบบมีคุณภาพ มีเสถียรภาพและประสิทธิภาพ มีระบบการซื้อสินค้าที่ครบถ้วน ระบบได้ตอบให้ข้อมูลกับลูกค้า ช่องทางที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุดคือ เว็บไซต์ รองลงมา คือ สื่อสังคมออนไลน์ นอกจากนี้ช่องทางการสื่อสารออนไลน์ยังมีสิ่งรบกวน (interference) ที่เกิดขึ้นภายนอกบุคคลและภายในบุคคลเข้ามาเป็นอุปสรรคในการสื่อสาร (4) กระบวนการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (electronic commerce) มี 4 ขั้นตอน ได้แก่ การค้นหาข้อมูลสินค้า (searching) การสั่งซื้อ (ordering) การชำระเงิน (payment) และการจัดส่งสินค้า กระบวนการดังกล่าวต้องเป็นระบบที่เกษตรกรและผู้บริโภคสามารถใช้งานง่าย สะดวก รวดเร็ว และปลอดภัย ได้แก่ การมีระบบชำระเงินที่สะดวกและปลอดภัย การจัดส่งสินค้า (delivery) ตรงเวลาและถึงลูกค้า ลูกค้าได้รับสินค้าตามที่ต้องการและภายในเวลาที่กำหนด มีระบบรักษาความปลอดภัยทางการเงิน มีการระบุข้อตกลงหรือเงื่อนไขหรือการรับประกันสินค้า ความถูกต้องในการคิดค่าสินค้าและบริการ ซึ่งผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนหรือเกษตรกรต้องดำเนินการให้ครบถ้วนและมีประสิทธิภาพ เพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ซึ่งพวกเขาเหล่านี้มีความคาดหวังเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ อย่างไรก็ตาม การบริหารจัดการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ให้มีระบบและมีประสิทธิภาพต้องอาศัยการรวมกลุ่มหรือสร้างเครือข่ายของเกษตรกรเพื่อลดต้นทุนด้านการขนส่ง (5) ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (consumers/stakeholders)

จากการประเมินเพื่อรับรองร่างรูปแบบฯ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมาก (mean = 4.28, SD = 0.60) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า องค์ประกอบที่ 2 เนื้อหา/ข้อมูล มีความเหมาะสมมากที่สุด รองลงมา คือ องค์ประกอบที่ 5 ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย/ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ซึ่งองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบมีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน ส่วนองค์ประกอบที่มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นน้อยที่สุด คือ องค์ประกอบที่ 3 สิ่งรบกวน มีความเหมาะสมสอดคล้องกับองค์ประกอบที่ 3 ช่องทางการสื่อสารออนไลน์ อยู่ในระดับค่าเฉลี่ย 3.80 และองค์ประกอบที่ 6 ปฏิกริยาตอบกลับ มีความเหมาะสมสอดคล้องกับองค์ประกอบอื่น ๆ อยู่ในระดับค่าเฉลี่ย 4.00 จากนั้นได้ปรับปรุงแก้ไขร่างรูปแบบตามคำแนะนำ และให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาอีกครั้ง จนได้ค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (mean = 4.46, SD = 0.52) แสดงว่า มีความเหมาะสมในทางปฏิบัติและการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงจนได้รูปแบบดัง Figure 1

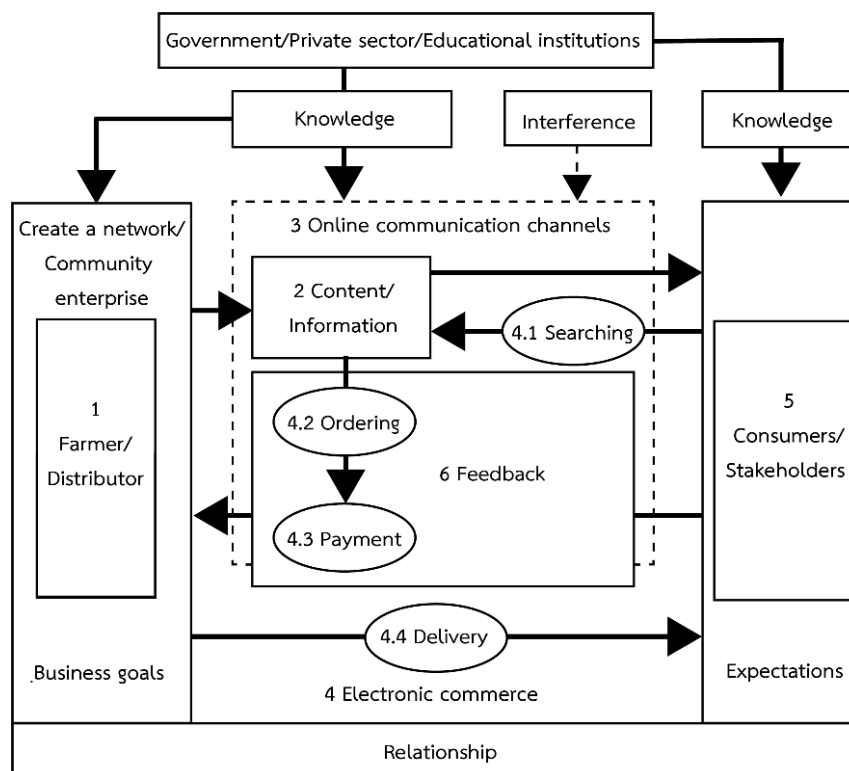


Figure 1 The online marketing communication model of organic agricultural products for community enterprises

ผลการทดลองรูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 โดยการทดลองใช้รูปแบบกับกลุ่มทดลอง โดยเริ่มจาก (1) การสร้างสัมพันธ์และการสำรวจศึกษาพื้นที่ทดลอง (2) การเตรียมเก็บข้อมูล (3) การประชุมเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการสื่อสารการตลาดออนไลน์ ร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค (SWOT) พบว่า กลุ่มทดลองไม่มีชื่อแบรนด์ เครื่องหมายการค้า และฉลากสินค้า ช่องทางการจำหน่ายน้อย ไม่มีช่องทางการสื่อสารการตลาดออนไลน์ ร่วมกันกำหนดกลุ่มเป้าหมายทางการตลาด วางตำแหน่งทางการตลาด (market positioning) กำหนดความตั้งใจของแบรนด์ (brand passion) จุดยืนของแบรนด์ (brand positioning) จากนั้นร่วมกันตั้งชื่อแบรนด์ว่า บัวหลวงนนท์ ร่วมกันวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาด วางแผนการสื่อสารการตลาดออนไลน์ (4) การออกแบบตราสัญลักษณ์และฉลากสินค้า สร้างเพจเฟซบุ๊ก ออกแบบและสร้างเว็บไซต์ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการให้กับกลุ่มทดลอง (5) การให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้งานเว็บไซต์ และ (6) ขึ้นเผยแพร่สื่อ โดยเว็บไซต์ที่สร้างขึ้นเป็นไปตามรูปแบบเว็บไซต์ 8C ของ Yang et al. (2008, p.7) ปัญหาที่พบในการทดลอง คือ กลุ่มทดลองเป็นผู้สูงอายุที่ไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศจึงต้องอาศัยหลานให้เข้ามาเรียนรู้การใช้เว็บไซต์แทน ดัง Figure 2

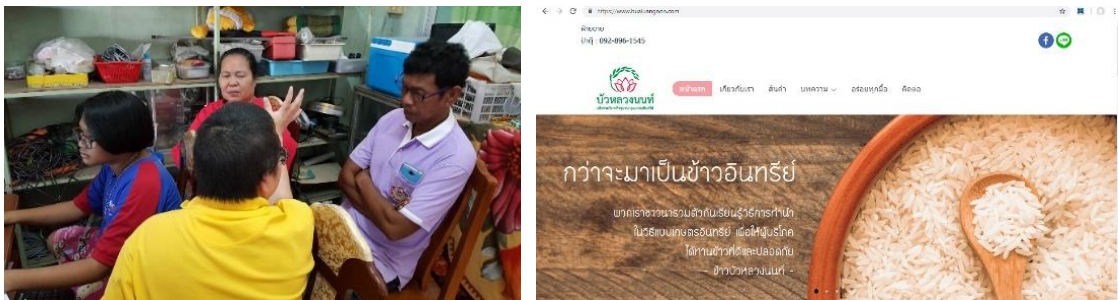


Figure 2 The experimental group is receiving training on how to use the website.

ผลการประเมินการใช้รูปแบบและปรับปรุงรูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 หลังการใช้รูปแบบได้มีการประเมินการใช้รูปแบบโดยการถอดบทเรียนและการสัมภาษณ์กลุ่มทดลอง สรุปได้ว่า สมาชิกของกลุ่มทดลองมีความพึงพอใจต่อรูปแบบและการทดลองที่เกิดขึ้น อีกทั้งมีความคิดเห็นว่า สามารถนำไปขยายผลต่อกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่เป็นเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์แห่งอื่นได้ หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ติดตามผลการใช้การสื่อสารการตลาดออนไลน์ของกลุ่มทดลองพบว่า กลุ่มทดลองสามารถใช้สื่อการตลาดออนไลน์จำหน่ายสินค้าได้ จากนั้นจึงได้ปรับปรุงแบบให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สรุปผลการศึกษา

สรุปผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชนได้ว่า วิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์บางส่วนขาดความรู้ด้านการสื่อสารการตลาดออนไลน์และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ สมาชิกวิสาหกิจชุมชนที่เป็นผู้สูงอายุขาดความตระหนักต่อการสื่อสารการตลาดออนไลน์ ขาดการสร้างสรรค์เนื้อหาที่น่าสนใจและมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค ซึ่งควรส่งเสริมให้มีความรู้ด้านการสื่อสารการตลาดออนไลน์แก่วิสาหกิจชุมชน โดยวิสาหกิจชุมชนต้องคำนึงถึงเนื้อหาและช่องทางการสื่อสารเพื่อสร้างความไว้วางใจให้แก่ผู้บริโภค และคำนึงถึงสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ความรับผิดชอบ การแจ้งข้อมูลที่รวดเร็วหรือให้คำแนะนำเกี่ยวกับสินค้าได้อย่างครบถ้วน เต็มใจบริการ ใส่ใจลูกค้า ระบายเงินสะดวกและปลอดภัย การจัดส่งสินค้าตรงเวลา ระบายละเอียดสินค้า ราคาและค่าจัดส่งชัดเจนครบถ้วน กำหนดราคาสินค้าเหมาะสมกับคุณภาพสินค้าเพื่อสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า

สรุปผลการพัฒนารูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชนที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย (1) เกษตรกรหรือผู้จำหน่าย มีความมุ่งหวังทางธุรกิจ รวมกันเป็นกลุ่มเพื่อจำหน่ายออนไลน์ มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการสื่อสารการตลาดออนไลน์ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและช่องทางการสื่อสารออนไลน์ การสร้างแบรนด์ มีทักษะสร้างสรรค์เนื้อหาผลิตสินค้าตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ จริงใจ ใส่ใจลูกค้า ตอบสนองความคาดหวังของผู้บริโภค (2) เนื้อหาที่เกษตรกรหรือผู้จำหน่ายส่งไปยังผู้บริโภค ต้องมีประโยชน์และเกี่ยวข้องกับสินค้าและผู้บริโภค บ่งบอกความมุ่งหวังทางธุรกิจหรือความตั้งใจของแบรนด์ ประเด็นหลักชัดเจน เข้าใจง่าย น่าเชื่อถือ ดึงดูดใจด้วยการเล่าเรื่อง ปรับปรุงเนื้อหาสม่ำเสมอ

(3) ช่องทางสื่อสารการตลาดออนไลน์ต้องใช้งานง่าย สะดวก รวดเร็ว ประหยัดค่าใช้จ่าย พื้นที่เผยแพร่ข้อมูลมากพอ ระบบเสถียร และมีคุณภาพ มีระบบการซื้อสินค้าที่ครบถ้วน มีระบบโต้ตอบกับลูกค้า (4) กระบวนการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ต้องมีกระบวนการครบ ใช้งานง่าย สะดวก รวดเร็ว ปลอดภัย วิสาหกิจชุมชนควรรวมกลุ่มหรือสร้างเครือข่ายเพื่อลดต้นทุนของกระบวนการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์และการขนส่ง (5) ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจะมีความคาดหวังต่อสินค้า บริการและการสื่อสารที่ดี ซึ่งเกษตรกรหรือผู้จำหน่ายต้องตอบสนองตามความคาดหวัง ผู้บริโภคควรตระหนักถึงการบริโภคอาหารปลอดภัย มีความรู้และเข้าใจเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ มาตรฐานเกษตรอินทรีย์และเห็นคุณค่า ซึ่งภาครัฐ ภาคเอกชน และสถาบันการศึกษาควรมีบทบาทในการรณรงค์การบริโภคอาหารปลอดภัย และ (6) ปฏิกริยาตอบกลับ เป็นผลสะท้อนระดับความพึงพอใจที่เกิดจากความคาดหวัง ซึ่งแสดงออกโดยการสั่งซื้อ การซื้อซ้ำ การบอกต่อ การรีวิว การแสดงความคิดเห็น ทั้งนี้ รูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชนผ่านการประเมินรับรองรูปแบบจากผู้เชี่ยวชาญและปรับแก้ไขจนมีความเหมาะสมในทางปฏิบัติ และการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

สรุปผลการทดลองและปรับปรุงรูปแบบการสื่อสารการตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชน จากการดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดทำให้กลุ่มทดลองมีความพึงพอใจ และสามารถนำรูปแบบไปขยายผลต่อได้ โดยแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์นั้น ควรนำไปใช้กับกลุ่มเครือข่ายเกษตรกรและกลุ่มเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนที่ปลูกพืชอินทรีย์ โดยอาศัยปัจจัยดังนี้ (1) ภาครัฐ ภาคเอกชน และสถาบันการศึกษาควรสนับสนุนด้านวิทยากรหรือบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญด้านการพัฒนาช่องทางการสื่อสารการตลาดออนไลน์ การสร้างแบรนด์ การวางแผนการตลาด และการวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาด (2) ด้านเงินทุนสำหรับเช่าใช้พื้นที่ออนไลน์และพัฒนาช่องทางออนไลน์ต่าง ๆ ซึ่งวิสาหกิจชุมชนควรรวมตัวกันสร้างช่องทางจำหน่ายสินค้าออนไลน์และร่วมกันจัดสรรงบประมาณด้านนี้ (3) ด้านความพร้อมของสมาชิกกลุ่ม ควรมีบุคลากรรุ่นใหม่ที่ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้ และมีอุปกรณ์ที่เหมาะสมเพียงพอ นอกจากนี้หน่วยงานภาครัฐที่มีบทบาทในการส่งเสริมการตลาดให้แก่เกษตรกรหรือวิสาหกิจชุมชนควรพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาช่องทางออนไลน์ การสร้างแบรนด์ การวางแผนการตลาด เพื่อให้สามารถช่วยเหลือเกษตรกรหรือวิสาหกิจชุมชนได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรศึกษาวิจัยการส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์หรือการบริโภคอาหารปลอดภัยให้แก่ผู้บริโภค การพัฒนาโปรแกรมสื่อสังคมออนไลน์สำหรับเกษตรกร และการพัฒนาระบบจัดส่งสินค้าเกษตรที่มีต้นทุนต่ำ สะดวกรวดเร็วและปลอดภัย

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่า บทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยเรื่องนี้สำเร็จล่วงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณธิดา เหล่าพวงศักดิ์ ที่ปรึกษางานวิจัย ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นพพร จันทรนาชู ผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาตรวจรายงานวิจัย ผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบเครื่องมือวิจัยและรับรองรูปแบบ ขอขอบคุณผู้ให้ข้อมูลหลักและผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่กรุณาเสียสละเวลาในการให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย ขอขอบคุณมูลนิธิสังคมสุขใจ เครือข่ายธรรมธุรกิจ เครือข่ายตลาดสีเขียว กลุ่มปลูกปรง เปลี่ยน ขอขอบคุณเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรอินทรีย์ สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยสวนดุสิต และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมที่สนับสนุนงบประมาณวิจัยทุนสนับสนุนงานพื้นฐาน รวมถึงครอบครัวและเพื่อน ๆ ของผู้วิจัยที่ได้ช่วยเหลือและเป็นที่กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ อันเกิดจากงานวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยขออุทิศและมอบเป็นกตัญญูแด่คุณยาย ปิตา มารดา และครูบาอาจารย์ของผู้วิจัย

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่มงานวิจัย กำหนดสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง การทดสอบเครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ Criteria: ศศิพร ต่ายคำ. การปฏิบัติการวิจัย การจัดเก็บข้อมูล: ศศิพร ต่ายคำ ฐานะวัฒนา สุขวงศ์ บุศรินทร์ ชื่นศิลป์. การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบข้อมูลกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้หรือทฤษฎี: ศศิพร ต่ายคำ. การเขียน Manuscript: ศศิพร ต่ายคำ, ตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบและไวยากรณ์: ฐานะวัฒนา สุขวงศ์ บุศรินทร์ ชื่นศิลป์.

เอกสารอ้างอิง

- Chatzoglou, P., & Chatzoudes, D. (2016). Factors affecting e-business adoption in SMEs: an empirical research. *Journal of Enterprise Information Management*, 29(3), 327-358.
- Community Enterprise Promotion Division. (2023). **Summary of the Number of Community Enterprises and Community Enterprise Networks Approved for Registration**. Community Enterprise Promotion Division. (in Thai).
- Gallego, M. D., Bueno, S., & López-Jiménez, D. (2016). Impact of B2C e-commerce codes of conduct on sales volume: lessons from the Spanish perspective. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 31(3), 381–392.
- Hanna, N. K. (2016). E-commerce as a techno-managerial innovation ecosystem: Policy implications. *Journal of Innovation Management*, 4(1), 4-10.
- Jambulingamis, M., Sumathi, C., & Rajagopal, G. (2015). Barriers of Venturing into Facebook Commerce among SMEs. *Journal of Internet Banking and Commerce*, 21(Suppl.2), 1-9.
- Kanchanopast, S. (2011). **The Factors Influencing Successful Implementation of E Commerce to Create Competitive Advantage, within SME Businesses**. Suan Sunandha Rajabhat University. (in Thai).
- Kasikorn Research Center. (2018). **Organic Market: Thai SME Money Generating Business**. Kasikorn Research Center. (in Thai).
- Kull, K. (2007). **The Model of Internet-Based Marketing Communication, Mattimar**. Retrieved from:
<https://www.semanticscholar.org/paper/THE-MODEL-OF-INTERNET-BASED-MARKETING-COMMUNICATION-Kull/3e92ebe4a76db2af27b345137867e1e6c286e325>.
- Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2022). **Agriculture and Cooperatives Action Plan 2023-2027**. Retrieved from:
<https://www.opsmoac.go.th/phichit-dwl-files-442991791932>. (in Thai).
- Nastasi, B. K., & Schensul, S. L. (2005). Contributions of qualitative research to the validity of intervention research. *Journal of School Psychology*, 43(3), 177-195.
- National Statistical Office. (2016). **Report of the Labor Force Survey Whole Kingdom**. Retrieved from:
<http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/themes/files/lfs59/reportJun.pdf>. (in Thai).
- Office of the National Economic and Social Development Council. (2022). The thirteenth national economic and social development plan (2023-2027). *Thai Government Gazette*, 139(258), 6-9. (in Thai).
- Panyakul, W. (2016). **Overview of Thai Organic Agriculture 2015: Sai Jai Phaendin Foundation**. Retrieved from:
<http://www.greennet.or.th/sites/default/files/Thai%20OA%2015.pdf>. (in Thai).
- Ramayah, T., Ling, N. S., Taghizadeh, S. K., & Rahman, A. (2016). Factors influencing SMEs website continuance intention in Malaysia. *Telematics and Informatics*, 33(1), 150–164.
- Theeranithiwat, K. (2016). **Online Vs Offline marketing**. Retrieved from:
http://www.ifarm.in.th/index.php?option=com_content&view=article&id=736:online-vs-offline-marketing. (in Thai).
- Vongsrualuang, N., & Bhatiasavi, V. (2016). **The Determinants of Social Commerce System Success for SMEs in Thailand**. Mahidol University International College. (in Thai).
- Wanga, W. T., Wanga Y. S., & Liuc, E. R. (2016). The stickiness intention of group-buying websites: The integration of the commitment–trust theory and e-commerce success model. *Information & Management*, 53(5), 625-642.
- Yang, T. A., Kim, D. J., Dhalwani, V., & Vu, T. K. (2008). The 8C framework as a reference model for collaborative value webs in the context of web 2.0. In *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on System Sciences – 2008*, pp. 1-10. University of Hawaii at Manoa.
- Yenyodwichai, P. (2015). **Social Media and Agricultural Product Marketing Channel, Technology Chao Ban**. Retrieved from:
http://www.technologychaoban.com/news_detail.php?tnid=1746. (in Thai).
- Young, L. (2011). **The Marketer's Handbook: Reassessing Marketing Techniques for Modern Business**. John Wiley & Sons.

ตัวแบบพยากรณ์มูลค่าการส่งออกสับประรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งของประเทศไทย

A Model for Forecasting the Export Value of Fresh or Frozen Pineapples in Thailand

วารางคณา เรียนสุทธิ์^{1*}Warangkhan Riansut^{1*}

Received date: 1 พ.ย. 64 Revised date: 3 พ.ย. 66 Accepted date: 8 พ.ย. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.003>

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์มูลค่าการส่งออกสับประรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งของประเทศไทย ด้วยวิธีการทางสถิติ โดยใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยรายเดือนจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนธันวาคม 2564 จำนวน 132 เดือน ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนธันวาคม 2563 จำนวน 120 เดือน สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทางสถิติทั้งหมด 7 วิธี ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของบราวน์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก และวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ ข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2564 จำนวน 12 เดือน นำมาใช้สำหรับการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเกณฑ์ร้อยละค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า วิธีที่มีความแม่นยำมากที่สุด คือ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย

คำสำคัญ: สับประรด การพยากรณ์ บ็อกซ์-เจนกินส์ การทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลัง

Abstract

The objective of this study is to construct the appropriate forecasting model for the export values of fresh or frozen pineapples in Thailand via the use of statistical methods. The monthly average data, which were gathered from the website of the Office of Agricultural Economics during January 2011 to December 2021 of 132 months were divided into 2 datasets. The first dataset, which consisted of 120 months from January 2011 to December 2020, was used for constructing the forecasting models via the use of 7 statistical methods, namely, Box-Jenkins method, Holt's exponential smoothing method, Brown's exponential smoothing method, damped trend exponential smoothing method, simple seasonal exponential smoothing method, Winters' additive exponential smoothing method, and Winters' multiplicative exponential smoothing method. The second dataset, which consisted of 12 months from January to December 2021, was used for comparing the accuracy of the forecasting model via the lowest mean absolute percentage error. The results indicated that the most accurate method was the simple seasonal exponential smoothing method.

Keywords: pineapple, forecast, Box-Jenkins, exponential smoothing

คำนำ

ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นประเทศเกษตรกรรม ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะหันไปมุ่งเน้นทางอุตสาหกรรมมากขึ้น แต่ภาคการเกษตรก็ยังมีส่วนสำคัญอย่างมากต่อเศรษฐกิจของประเทศ (Luangtong and Kantanatha, 2016) สับประรดนับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยมีการส่งออกสับประรดและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสับประรดเป็นลำดับต้น ๆ ของโลก โดยในเดือนมีนาคม 2562 ประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกสับประรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งสูงที่สุด มีมูลค่ามากถึง 78,509,087 บาท (Office of Agricultural Economics, 2021) อย่างไรก็ตาม พบว่ายังมีปัญหาและอุปสรรคเกี่ยวกับสภาพการผลิต การตลาด และการส่งออกสับประรด เช่น มีผลผลิตที่ไม่ได้ขนาด ด้อยคุณภาพ เนื่องจากลูกเล็กเกินไป สุกเกินไป บางฤดูกาลมีปริมาณผลผลิตมากเกินไปจนล้นตลาด ทำให้ราคาตกต่ำ พันธุ์ที่ใช้ปลูกมีการกลายพันธุ์ ต้นทุนปัจจัยการผลิตสูงขึ้นจากราคาน้ำมัน รวมถึงภาวะเศรษฐกิจโลกที่ชะลอตัวลง (Phumalee et al., 2017; Srimanee, 2018) ดังนั้นเกษตรกรและภาคอุตสาหกรรมส่งออกอาจมีคำถามว่าแนวโน้มของการส่งออกสับประรดจะเป็นเช่นไรในอนาคต การพยากรณ์โดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลา

¹ สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ จ.พัทลุง 93210

¹ Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Phatthalung 93210

* Corresponding author: email warang27@gmail.com

เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์เป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยตอบคำถามนี้ได้ ผู้วิจัยจึงเริ่มศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสับปะรดและการพยากรณ์ ดังนี้ การพยากรณ์แนวโน้มมูลค่าการส่งออกสับปะรดของประเทศไทย (Romprasert, 2013) การพยากรณ์ปริมาณความต้องการสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย ด้วยวิธีการพยากรณ์แบบดั้งเดิมกับวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Eabsirimethee et al., 2016) การศึกษาสภาพการผลิตและการตลาดสับปะรดของเกษตรกรในจังหวัดชุมพร (Phumalee et al., 2017) การศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกประเทศที่มีต่อการส่งออกสับปะรดกระป๋องไปยังสหรัฐอเมริกา (Srimanee, 2018) การพยากรณ์ราคาสับปะรดโรงงานด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Riansut, 2019) และการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งของประเทศไทย (Riansut, 2022) จากการศึกษาในอดีตยังไม่เคยมีการศึกษาการพยากรณ์มูลค่าการส่งออกสับปะรดสดหรือแช่เย็นจนแข็ง ด้วยเหตุผลดังกล่าว วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ การสร้างตัวแบบสำหรับการพยากรณ์มูลค่าการส่งออกสับปะรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งของประเทศไทยในอนาคตว่าเป็นอย่างไร ผลการวิจัยที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ส่งออกและภาครัฐ รวมทั้งกลุ่มบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการวางแผนหรือกำหนดนโยบายให้การส่งออกสับปะรดมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

วิธีการศึกษา

การเรียบเรียงข้อมูลอนุกรมเวลา

เรียบเรียงข้อมูลมูลค่าการส่งออกสับปะรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งของประเทศไทย (บาท) โดยใช้ค่าเฉลี่ยต่อเดือนจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (Office of Agricultural Economics, 2021) ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนธันวาคม 2564 จำนวน 132 เดือน หลังจากนั้นแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 คือ ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนธันวาคม 2563 จำนวน 120 เดือน สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ ชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2564 จำนวน 12 เดือน สำหรับการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเกณฑ์ร้อยละค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute percentage error: MAPE) ที่ต่ำที่สุด

การตรวจสอบแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล

ตรวจสอบแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลของอนุกรมเวลามูลค่าการส่งออกสับปะรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งชุดที่ 1 ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวโดยลำดับที่ของครัสคาล-วอลลิส (Kruskal-Wallis's one-way analysis of variance by rank) โดยการตรวจสอบแนวโน้มจะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวจำแนกข้อมูลเป็นรายปี เพื่อพิจารณาว่าอนุกรมเวลาแต่ละปีมีค่ามัธยฐานแตกต่างกันหรือไม่ ถ้าพบความแตกต่างจะสรุปว่าอนุกรมเวลามีแนวโน้ม แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าเป็นแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลง ต้องพิจารณาจากกราฟของอนุกรมเวลาเทียบกับเวลาอีกครั้ง ขณะที่การตรวจสอบอิทธิพลของฤดูกาลจะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวจำแนกข้อมูลเป็นรายเดือน (ข้อมูลหลังจากกำจัดแนวโน้มออกแล้ว) เพื่อพิจารณาว่าอนุกรมเวลาแต่ละเดือนมีค่ามัธยฐานแตกต่างกันหรือไม่ ถ้าพบความแตกต่างจะสรุปว่าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาล ถ้าผลการตรวจสอบพบว่า อนุกรมเวลามีเฉพาะแนวโน้ม วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ที่มีตัวแบบ autoregressive integrated moving average: ARIMA(p, d, q) วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของบราวน์ และวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก อนุกรมเวลามีเฉพาะอิทธิพลของฤดูกาล วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม ได้แก่ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และอนุกรมเวลามีทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ที่มีตัวแบบ seasonal autoregressive integrated moving average: SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก และวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ (Box et al., 1994; Ket-iam, 2005; Manmin, 2006) จากผลการตรวจสอบแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลในผลการวิจัยแสดงว่า มูลค่าการส่งออกสับปะรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งมีแนวโน้ม แต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาวิธีการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์ทางสถิติที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาทุกรูปแบบ เพื่อให้ครอบคลุมตัวแบบพยากรณ์ที่ดีที่สุด (Table 1) โดยพิจารณาค่า MAPE ของข้อมูลชุดที่ 1 ในการคัดเลือกวิธีที่จะนำมาพยากรณ์ และพิจารณาค่า MAPE ของข้อมูลชุดที่ 2 ในการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ ซึ่งเกณฑ์ MAPE จะพิจารณาความแตกต่างระหว่างข้อมูลจริงและค่าพยากรณ์ ผู้วิจัยเชื่อว่ามีความน่าเชื่อถือมากกว่าการตรวจสอบแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล เนื่องจากการตรวจสอบแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลจะพิจารณาข้อมูลทั้งหมด โดยบางช่วงเวลาข้อมูลอาจมีแนวโน้มหรือมีอิทธิพลของฤดูกาล แต่เมื่อตรวจสอบข้อมูลทั้งหมดอาจตรวจไม่พบแนวโน้ม/อิทธิพลของฤดูกาลได้

Table 1 Forecasting model

No.	Forecasting methods	Forecasting model	Time series characteristics
1	Box-Jenkins	SARIMA(p, d, q)(P, D, Q) _s : $\hat{\phi}_p(B)\hat{\phi}_p(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D\hat{Y}_t = \hat{\delta} + \hat{\theta}_q(B)\hat{\theta}_q(B^s)e_t$	trend and seasonal
2	Holt	$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t(m)$ where $a_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$, $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$	trend
3	Brown	$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t\left[(m-1) + \frac{1}{\alpha}\right]$ where $a_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)a_{t-1}$, $b_t = \alpha(a_t - a_{t-1}) + (1-\alpha)b_{t-1}$	trend
4	damped	$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t \sum_{i=1}^m \phi^i$ where $a_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(a_{t-1} + \phi b_{t-1})$, $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1-\gamma)\phi b_{t-1}$	trend
5	simple seasonal	$\hat{Y}_t = a_t + \hat{S}_t$ where $a_t = \alpha(Y_t - \hat{S}_{t-s}) + (1-\alpha)a_{t-1}$, $\hat{S}_t = \delta(Y_t - a_t) + (1-\delta)\hat{S}_{t-s}$	seasonal
6	Winters' additive	$\hat{Y}_{t+m} = (a_t + b_t m) + \hat{S}_t$ where $a_t = \alpha(Y_t - \hat{S}_{t-s}) + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$, $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$, $\hat{S}_t = \delta(Y_t - a_t) + (1-\delta)\hat{S}_{t-s}$	trend and seasonal
7	Winters' multiplicative	$\hat{Y}_{t+m} = (a_t + b_t m)\hat{S}_t$ where $a_t = \alpha \frac{Y_t}{\hat{S}_{t-s}} + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$, $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$, $\hat{S}_t = \delta \frac{Y_t}{\hat{S}_{t-s}} + (1-\delta)\hat{S}_{t-s}$	trend and seasonal

Table 1 มีความหมายของสัญลักษณ์ต่าง ๆ ดังนี้

$\hat{Y}_t$ และ $\hat{Y}_{t+m}$ แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t และเวลา t + m ตามลำดับ โดยที่ m แทนจำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า

$\hat{\delta} = \hat{\mu}\hat{\phi}_p(B)\hat{\phi}_p(B^s)$ แทนค่าคงตัว (constant) โดยที่ $\hat{\mu}$ แทนค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่คงที่ (stationary)

$\hat{\phi}_p(B) = 1 - \hat{\phi}_1 B - \hat{\phi}_2 B^2 - \dots - \hat{\phi}_p B^p$ แทนตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวเองอันดับที่ p กรณีไม่มีฤดูกาล (non-seasonal autoregressive operator of order p: AR(p))

$\hat{\phi}_p(B^s) = 1 - \hat{\phi}_1 B^s - \hat{\phi}_2 B^{2s} - \dots - \hat{\phi}_p B^{ps}$ แทนตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวเองอันดับที่ P กรณีมีฤดูกาล (seasonal autoregressive operator of order P: SAR(P))

$\hat{\theta}_q(B) = 1 - \hat{\theta}_1 B - \hat{\theta}_2 B^2 - \dots - \hat{\theta}_q B^q$ แทนตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ q กรณีไม่มีฤดูกาล (non-seasonal moving average operator of order q: MA(q))

$\hat{\theta}_Q(B^s) = 1 - \hat{\theta}_1 B^s - \hat{\theta}_2 B^{2s} - \dots - \hat{\theta}_Q B^{Qs}$ แทนตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ Q กรณีมีฤดูกาล (seasonal moving average operator of order Q: SMA(Q))

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n_1 โดยที่ n_1 แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ($n_1 = 120$)

s แทนจำนวนฤดูกาล ซึ่งอนุกรมเวลามูลค่าการส่งออกสับประรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งเป็นข้อมูลรายเดือน ดังนั้น $s = 12$

d และ D แทนลำดับที่ของการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล ตามลำดับ

B แทนตัวดำเนินการถอยหลัง (backward operator) โดยที่ $B^s Y_t = Y_{t-s}$

a_t และ b_t แทนค่าประมาณระยะตัดแกน Y และความชันของแนวโน้ม ณ เวลา t ตามลำดับ

α , γ , ϕ และ δ แทนค่าคงตัวการทำให้เรียบ โดยที่ $0 < \alpha < 1$, $0 < \gamma < 1$, $0 < \phi < 1$ และ $0 < \delta < 1$

การตรวจสอบข้อสมมุติ

ข้อสมมุติ (assumption) ของตัวแบบพยากรณ์ คือ อนุกรมเวลาของค่าตลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์มีการแจกแจงปกติ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบคอลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ (Kolmogorov-Smirnov test: KS test) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบรันส์ (runs test) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบที (t-test) และมีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบของเลวีเนภายใต้การใช้อยู่พื้นฐาน (Levene's test based on median) หากพบว่าข้อสมมุติข้อใดข้อหนึ่งไม่เป็นจริงจะสรุปว่าตัวแบบพยากรณ์ไม่เหมาะสม และไม่สมควรนำไปใช้ในการพยากรณ์ต่อไป

การเปรียบเทียบความแม่นยำ

เปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ โดยการเปรียบเทียบมูลค่าการส่งออกสับประรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งของข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2564 จำนวน 12 เดือน ($n = 12$) กับค่าพยากรณ์ เพื่อคำนวณค่า MAPE โดยตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด จัดเป็นตัวแบบที่มีความแม่นยำมากที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด สูตร MAPE แสดงดังนี้ (Ket-iam, 2005)

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{Y_t} \right|$$

เมื่อ $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ แทนค่าคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา t

Y_t และ $\hat{Y}_t$ แทนอนุกรมเวลาและค่าพยากรณ์ ณ เวลา t ตามลำดับ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลามูลค่าการส่งออกสับประรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนธันวาคม 2563 จำนวน 120 เดือน พบว่า มูลค่าการส่งออกสับประรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($t = 6.6165$, $p\text{-value} < 0.0001$) แต่เมื่อพิจารณาเป็นช่วง พบว่า มีลักษณะการเคลื่อนไหวคงที่ในช่วงเดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนธันวาคม 2559 ($t = -0.7177$, $p\text{-value} = 0.4753$) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนมีนาคม 2562 ($t = 3.7138$, $p\text{-value} = 0.001$) หลังจากนั้นถึงเดือนธันวาคม 2563 มีแนวโน้มลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($t = -1.3914$, $p\text{-value} = 0.1802$) รวมถึงไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล (Figure 1) ผลการทดสอบสมมติฐานเพื่อตรวจสอบแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล พบว่า มูลค่าการส่งออกมีค่ามัธยฐานในแต่ละปีแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\chi^2 = 68.049$, $p\text{-value} < 0.0001$) นั่นคือ อนุกรมเวลามีแนวโน้ม และมูลค่าการส่งออกหลังจากกำจัดแนวโน้มมีค่ามัธยฐานในแต่ละเดือนไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\chi^2 = 7.006$, $p\text{-value} = 0.799$) นั่นคือ อนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการกำจัดแนวโน้มออกด้วยการหาเนื่องจากอนุกรมเวลาเกิดการเคลื่อนไหวหรือมีการแกว่งตัวที่เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป (Figure 1) ผลการตรวจสอบความคงที่ของอนุกรมเวลา พบว่า กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัว (autocorrelation function: ACF) มีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบลดลงอย่างช้า ๆ (die down slowly) และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวบางส่วน (partial autocorrelation function: PACF) มีช่วงเวลาที่ 1 (Lag 1) มีค่าความสัมพันธ์สูงเกินจากขอบเขตที่กำหนดอย่างชัดเจน นั่นหมายความว่า อนุกรมเวลาชุดนี้มีแนวโน้ม (Figure 2) จึงกำจัดแนวโน้มโดยการหาผลต่างลำดับที่ 1 พบว่า อนุกรมเวลายังไม่มี ความคงที่ เนื่องจากผลต่างลำดับที่ 1 มีความแปรปรวนเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป (Figure 3) ดังนั้นการศึกษารังนี้ผู้วิจัยจะทำการแปลงข้อมูลด้วยลอการิทึมธรรมชาติ (natural logarithm: Ln) ก่อนดำเนินการสร้างตัวแบบพยากรณ์ต่อไป

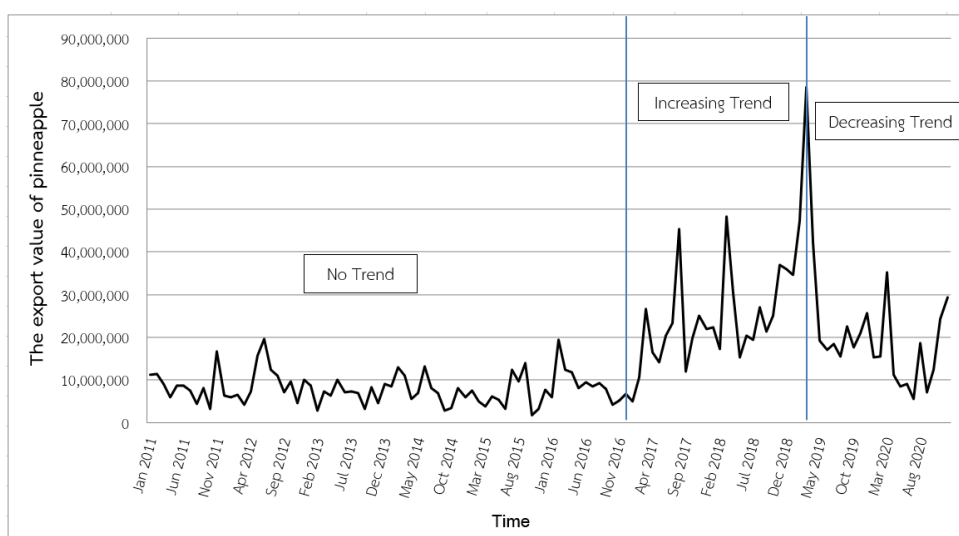


Figure 1 Run plot for the export values of fresh or frozen pineapples during January 2011 to December 2020.

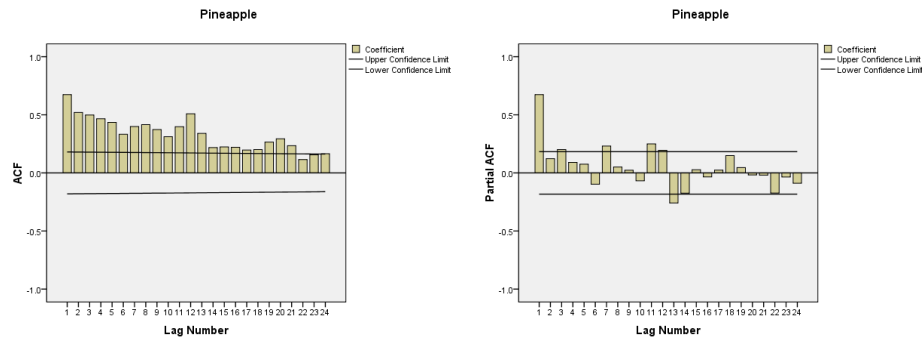


Figure 2 ACF and PACF of the export values of fresh or frozen pineapples.

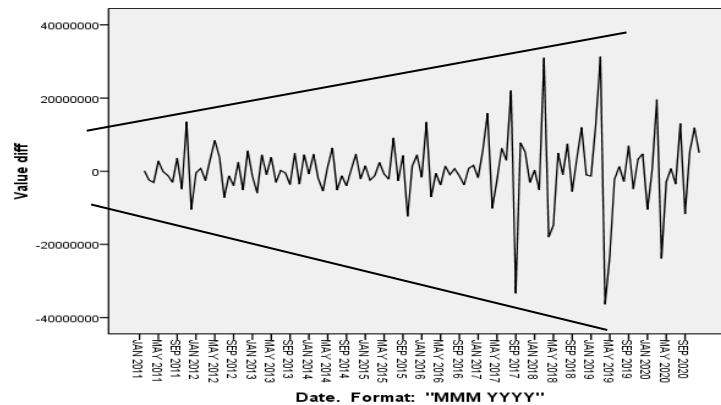


Figure 3 First difference ($Z_t = Y_t - Y_{t-1}$).

ผลการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลามูลค่าการส่งออกสับประตสดหรือแช่เย็นจนแข็งที่พบว่า อนุกรมเวลามีแนวโน้ม แต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสม คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ที่มีตัวแบบ ARIMA วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของบราวน์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่า MAPE ของข้อมูลชุดที่ 1 พบว่า วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก มีค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 2.3547 หรือมีความผิดพลาดในการพยากรณ์มูลค่าการส่งออกสับประตสดหรือแช่เย็นจนแข็งร้อยละ 2.35 (Table 2) ซึ่งวิธีการพยากรณ์ดังกล่าวเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล ดังนั้นการศึกษาค้างนี้ จะพิจารณาวิธีการสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาทุกรูปแบบ เพื่อให้ครอบคลุมตัวแบบพยากรณ์ที่ดีที่สุด

Table 2 MAPE of the first dataset

Forecasting methods	Box-Jenkins	Holt	Brown	damped
MAPE	2.4297	2.4468	2.5321	2.4397
Forecasting methods	simple seasonal	Winters' additive	Winters' multiplicative	
MAPE	2.3767	2.3547	2.5711	

ผลการตรวจสอบที่พบว่า อนุกรมเวลามูลค่าการส่งออกสับประตสดหรือแช่เย็นจนแข็งมีแนวโน้ม แต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล และอนุกรมเวลายังไม่มีความคงที่ จึงแปลงข้อมูลด้วยลอการิทึมธรรมชาติและหาผลต่างลำดับที่ 1 เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ พิจารณากราฟ ACF และกราฟ PACF ของอนุกรมเวลาที่แปลงข้อมูลแล้ว พบว่า อนุกรมเวลามีลักษณะคงที่ จึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้เริ่มต้น คือ ตัวแบบ AR(1, 4, 10) I(1) MA(1, 5) (Figure 4) คัดเลือกตัวแบบให้เหลือเฉพาะพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ได้ตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ ตัวแบบ ARIMA(0, 1, 1) ไม่มีพจน์ค่าคงตัวสำหรับวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของบราวน์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก และวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ หลังจากแปลงข้อมูลด้วยลอการิทึมธรรมชาติเช่นเดียวกับวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

แล้วแทนค่าประมาณพารามิเตอร์จากโปรแกรม SPSS จะได้ตัวแบบพยากรณ์ (Table 3) และค่าดัชนีฤดูกาล (Table 4) เมื่อตรวจสอบข้อสมมุติของตัวแบบพยากรณ์ พบว่า ตัวแบบพยากรณ์ที่สร้างขึ้นทั้ง 7 วิธี มีข้อสมมุติเป็นจริงทุกข้อที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 กล่าวคือ อนุกรมเวลาของค่าตลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์มีการแจกแจงปกติ เคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ศูนย์ และความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา (Table 5)

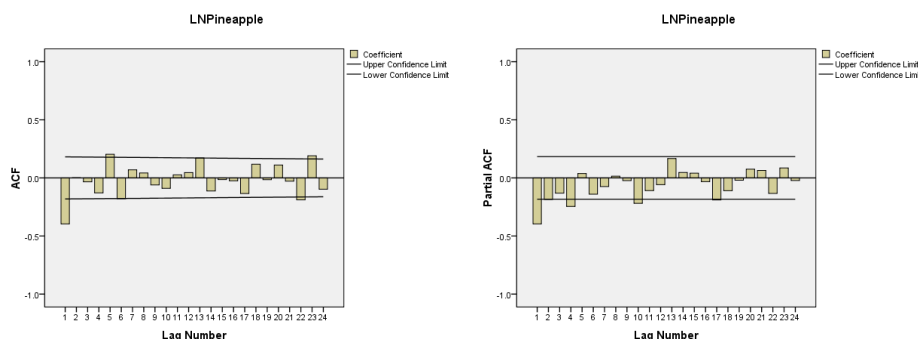


Figure 4 ACF and PACF of the transformed data (d = 1 and natural logarithm).

Table 3 Results of the forecasting model

No.	Forecasting methods	Forecasting model
1	Box-Jenkins	$\hat{Y}_t = \exp\{Z_{t-1} - 0.66066e_{t-1}\}$ where $Z_{t-1} = \ln(Y_{t-1})$, Y_{t-1} represents the logarithm of time series at time $t - 1$ and $e_{t-1} = Z_{t-1} - \hat{Z}_{t-1}$ represents the error at time $t - 1$
2	Holt	$\hat{Y}_{t+m} = \exp\{16.69306 + 0.01133(m)\}$
3	Brown	$\hat{Y}_{t+m} = \exp\left\{16.58826 - 0.01295\left (m-1) + \frac{1}{0.12290}\right \right\}$
4	damped	$\hat{Y}_{t+m} = \exp\left\{16.69551 + 0.01019 \sum_{i=1}^m (0.02794)^i\right\}$
5	simple seasonal	$\hat{Y}_t = \exp\{16.68304 + \hat{S}_t\}$
6	Winters' additive	$\hat{Y}_{t+m} = \exp\{(16.84855 + 0.01163m) + \hat{S}_t\}$
7	Winters' multiplicative	$\hat{Y}_{t+m} = \exp\{(16.77044 + 0.010920m)\hat{S}_t\}$

where $m = 1$ represents January 2021 and $\hat{S}_t$ is shown in Table 4.

Table 4 Seasonal index from simple seasonal exponential smoothing method, Winters' additive exponential smoothing method, and Winters' multiplicative exponential smoothing method

Month	$\hat{S}_t$ from simple seasonal	$\hat{S}_t$ from Winters' additive	$\hat{S}_t$ from Winters' multiplicative
JAN	-0.05934	0.00463	0.99481
FEB	0.04622	0.09856	1.00310
MAR	0.30671	0.34742	1.02047
APR	0.01519	0.04427	0.99624
MAY	-0.04529	-0.02784	0.99070
JUN	0.03162	0.03743	0.99946
JUL	0.01699	0.01117	1.00052
AUG	0.11759	0.10014	1.01076
SEP	-0.22123	-0.25030	0.98630
OCT	-0.35641	-0.39712	0.97800
NOV	-0.00499	-0.05733	0.99749
DEC	0.15293	0.08896	1.00520

Table 5 The results of checking the assumptions of the forecasting models

No.	Forecasting methods	KS test	p-value	Runs test	p-value	t-test	p-value	Levene statistic	p-value
1	Box-Jenkins	0.624	0.832	-1.749	0.080	0.263	0.793	1.081	0.383
2	Holt	0.658	0.780	-1.833	0.067	-0.398	0.691	1.140	0.338
3	Brown	0.546	0.927	-1.467	0.142	-0.024	0.981	0.933	0.512
4	damped	0.642	0.804	-1.833	0.067	0.344	0.732	1.120	0.353
5	simple seasonal	0.448	0.988	-1.467	0.142	0.424	0.672	1.136	0.341
6	Winters' additive	0.387	0.998	-1.100	0.271	-0.259	0.796	1.143	0.336
7	Winters' multiplicative	0.513	0.955	-1.467	0.142	-0.342	0.733	1.181	0.309

เมื่อใช้ตัวแบบพยากรณ์ที่สร้างขึ้น (Table 3) พยากรณ์มูลค่าการส่งออกสับประรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2564 เพื่อเปรียบเทียบกับค่าจริงโดยการคำนวณค่า MAPE พบว่า วิธีที่มีความแม่นยำมากที่สุด คือวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย เนื่องจากมีค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 2.2037 นั่นคือ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่ายมีความผิดพลาดในการพยากรณ์มูลค่าการส่งออกสับประรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งร้อยละ 2.20 รองลงมาคือ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก มีค่า MAPE เท่ากับ 2.2388 นั่นคือ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวกมีความผิดพลาดในการพยากรณ์ร้อยละ 2.24 (Table 6)

Table 6 MAPE of the second dataset

Forecasting methods	Box-Jenkins	Holt	Brown	damped
MAPE	2.4395	2.5373	2.9863	2.4373
Forecasting methods	simple seasonal	Winters' additive	Winters' multiplicative	
MAPE	2.2037	2.2388	2.3046	

จากผลการตรวจสอบแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลของอนุกรมเวลามูลค่าการส่งออกสับประรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งชุดที่ 1 ที่พบว่า อนุกรมเวลาชุดนี้มีแนวโน้ม แต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมควรจะเป็นวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ที่ตัวแบบ ARIMA วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของบราวน์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก (Ket-iam, 2005; Manmin, 2006) ไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่า วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่ายมีความเหมาะสมมากกว่า ขณะที่กลุ่มของวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีเพียงแนวโน้มมีค่า MAPE สูงที่สุด ดังนั้นการศึกษเกี่ยวกับการพยากรณ์ทุกครั้งควรพิจารณาวิธีการพยากรณ์ที่หลากหลาย เพื่อให้ครอบคลุมตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม จากผลการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่า วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่ายมีความเหมาะสมมากที่สุด ไม่สอดคล้องกับการศึกษาในอดีต เนื่องจากอนุกรมเวลาที่ศึกษาเป็นคนละประเภทกันและงานวิจัยส่วนใหญ่ศึกษาเพียงวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์เท่านั้น เช่น Romprasert (2013) ได้พยากรณ์แนวโน้มมูลค่าการส่งออกน้ำสับประรดของไทยโดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ พบว่า ตัวแบบที่เหมาะสมคือ AR(1) MA(2) Eabsirimethee et al. (2016) ได้พยากรณ์ความต้องการสับประรดกระป๋องของไทยในตลาดโลกโดยวิธีการพยากรณ์แบบเดิม (traditional forecasting technique) วิธีถดถอยพหุคูณ (multiple regression) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) พบว่า วิธีโครงข่ายประสาทเทียมมีความเหมาะสมมากที่สุด Riansut (2019) ได้พยากรณ์ราคาสับประรดโรงงานโดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ พบว่า ตัวแบบที่เหมาะสมคือ I(1) MA(1, 3) SMA(1) ไม่มีพจน์ค่าคงตัว และ Riansut (2022) ได้พยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับประรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งของประเทศไทยโดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของบราวน์ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก และวิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ พบว่า วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์มีความเหมาะสมมากที่สุด

เมื่อใช้วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่ายในการพยากรณ์มูลค่าการส่งออกสับประรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2565 พบว่า มูลค่าการส่งออกมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ (Figure 5) อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ได้พิจารณาเพียงปัจจัยเวลาเท่านั้นในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ ซึ่งมูลค่าการส่งออกสับประรดสดหรือแช่เย็นจนแข็งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ และการเปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากปัจจัยอื่น ๆ นอกเหนือจากปัจจัยเวลา ดังนั้นเมื่อมีปัจจัยที่มีผลกระทบ

ต่อการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการส่งออกหรือมีข้อมูลที่เป็นปัจจุบันมากขึ้น ผู้วิจัยควรนำมาปรับปรุงตัวแบบเพื่อให้ได้ตัวแบบพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น สำหรับใช้ในการพยากรณ์มูลค่าการส่งออกสับประรดหรือแช่เย็นจนแข็งในอนาคตต่อไป

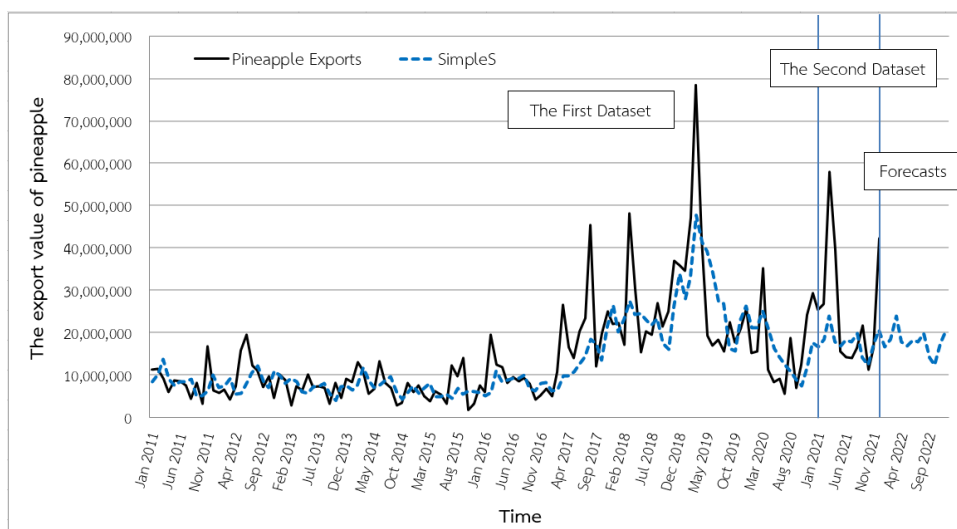


Figure 5 Comparison of the export values of fresh or frozen pineapples and its forecasts from the simple seasonal exponential smoothing.

สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้นำเสนอวิธีการสร้างและคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลามูลค่าการส่งออกสับประรดหรือแช่เย็นจนแข็งของประเทศไทยด้วยวิธีการทางสถิติ 7 วิธี ได้แก่ (1) วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (2) วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของโฮลต์ (3) วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของบราวน์ (4) วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก (5) วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย (6) วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก และ (7) วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ ผลการศึกษาพบว่า วิธีที่มีความแม่นยำมากที่สุด คือ วิธีการทำให้เรียบด้วยเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย โดยมีตัวแบบพยากรณ์ ดังนี้

$$\hat{Y}_t = \exp\{16.68304 + \hat{S}_t\}$$

เมื่อ $\hat{S}_t$ แทนค่าดัชนีฤดูกาล

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล การวิพากษ์วิจารณ์ผล การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม การมีเขียนต้นฉบับบทความ: วราภรณ์ เรืองสุทธิ์

เอกสารอ้างอิง

- Luangtong, N., & Kantanantha, N. (2016). Selection of the appropriate agricultural yield forecasting models. **Thai Science and Technology Journal**, 24(3), 370-381. (in Thai).
- Box, G. E. P., Jenkins, G. M., & Reinsel, G. C. (1994). **Time Series Analysis: Forecasting and Control**. 3rd Ed. Prentice Hall.
- Eabsirimethee, P., Suthikanarunai, N., & Chandrapong, S. (2016). Thailand's canned pineapple forecasting using multiple regression model and artificial neural network. **Humanities and Social Science**, 10(2), 9-21. (in Thai).
- Ket-iam, S. (2005). **Forecasting Technique**. 2nd Ed. Thaksin University. (in Thai).
- Manmin, M. (2006). **Time Series and Forecasting**. Foreprinting. (in Thai).
- Office of Agricultural Economics. (2021). **Statistics on Export of Fresh or Frozen Pineapple from 2011 to 2021**. Retrieved from <https://impexpth.oae.go.th/>. (in Thai).
- Phumalee, P., Nilvises, P., & Seesang, S. (2017). Pineapple production and marketing of farmers in Chumphon province. In **The 14th National Academic Conference**, pp. 3852-3859. Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus. (in Thai).
- Riansut, W. (2019). Forecasting of factory pineapple prices with Box-Jenkins method. **Thai Journal of Science and Technology**, 8(2), 105-115. (in Thai).
- Riansut, W. (2022). A model for forecasting the export quantity of fresh or frozen pineapples in Thailand. **KKU Research Journal (Graduate Studies)**, 22(4), 27-36. (in Thai).
- Romprasert, S. (2013). Forecasting trend on Thailand's pineapple juice export value. **Journal of Business Administration the Association of Private Education Institutions of Thailand**, 2(1), 16-24. (in Thai).
- Srimanee, S. (2018). **Relationship Between Internal and External Factors Affecting Exportation of Canned Pineapple to The United States of America**. Independent Study. Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (in Thai).

สภาวะที่เหมาะสมต่อความคงตัวของสารสีคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายก้ามกุ้งโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง Optimization for Stability of Chlorophyll Pigment from *Chara corallina* Using Response Surface Methodology

นพรัตน์ มะเห¹, ดาริกา อวะภาค² และดลฤดี พิชัยรัตน์¹

Nopparat Mahae¹, Darika Awapak² and Donrudee Pichairat¹

Received date: 12 ต.ค. 66 Revised date: 6 มี.ค. 67 Accepted date: 20 มี.ค. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.004>

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการรักษาความคงตัวของคลอโรฟิลล์ในสาหร่ายก้ามกุ้ง ด้วยสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) โดยวิธี RSM (Response Surface Methodology) ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาคือ ความเข้มข้นของ NaHCO_3 (X_1) อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา (X_2) และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา (X_3) วิเคราะห์ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ (ug.g^{-1}) และค่าสีเขียวของคลอโรฟิลล์ ($-a^*$) ผลการทดลองพบว่า เมื่อวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของสมการถดถอย ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์พบว่า มีค่า R-Square (R^2) เท่ากับ 92.98% แสดงว่า ความเข้มข้นของ NaHCO_3 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา สามารถอธิบายความผันแปรหรือการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ได้ ร้อยละ 92.98 สำหรับการวัดค่าสีเขียวให้ผลในทำนองเดียวกับการวัดความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ โดยสภาวะที่เหมาะสมในการรักษาความคงตัวของคลอโรฟิลล์คือ ความเข้มข้นของ NaHCO_3 เท่ากับร้อยละ 0.3 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา เท่ากับ 90°C และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา เท่ากับ 10 นาที ซึ่งสภาวะดังกล่าว ได้ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์สูงสุด (7.647 ug.g^{-1}) ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปใช้ในการรักษาความคงตัวของคลอโรฟิลล์ในสาหร่ายก้ามกุ้ง เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากคลอโรฟิลล์ได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: สาหร่ายก้ามกุ้ง คลอโรฟิลล์ สารสี วิธีพื้นผิวตอบสนอง

Abstract

This experiment aimed to study the optimum conditions for maintaining the stability of chlorophyll in *Chara corallina* with sodium bicarbonate (NaHCO_3) solution using RSM (Response Surface Methodology). Factors used in the study were NaHCO_3 concentration (X_1), reaction temperature (X_2) and reaction time (X_3). Chlorophyll concentration (ug.g^{-1}) and green value of chlorophyll ($-a^*$) were analyzed. The results showed that the R-Square (R^2) value of the regression equation coefficients for chlorophyll concentration was 92.98%. This demonstrated that the concentration of NaHCO_3 , reaction temperature and reaction time could have explained 92.98% of the variation or change in chlorophyll concentration. For measuring green values, the results were similar to those for measuring chlorophyll concentration. The optimum conditions for maintaining the stability of chlorophyll were that the NaHCO_3 concentration was 0.3 %, the reaction temperature was 90°C , and the reaction time was 10 minutes. The above conditions yielded the highest chlorophyll concentration (7.647 ug.g^{-1}). The results of this study can be used to maintain the stability of chlorophyll in *Chara corallina*. Maintaining the stability of chlorophyll allows for more efficient utilization of chlorophyll.

Keywords: *Chara corallina*, chlorophyll, pigment, response surface methodology

¹ สาขาวิชาอุตสาหกรรมอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดตรัง 92150

² สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90110

¹ Food Industry Program, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang 92150

² Food Industrial Technology and Management Program, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110

* Corresponding author: email: nopparat.rmuts@gmail.com

คำนำ

ปัจจุบันความสนใจในการนำสารให้สีและกลิ่นจากธรรมชาติมาใช้มีมากขึ้น เนื่องจากความตระหนักในด้านความปลอดภัยของสารให้สีและกลิ่นที่ได้จากการสังเคราะห์ การใช้สีสังเคราะห์ทำให้เกิดปัญหาสำคัญเกี่ยวกับสุขภาพของมนุษย์ งานวิจัยของ McCann et al. (2007) พบว่าการรับประทานอาหารที่มีสีผสมอาหารจะเพิ่มอาการอยู่ไม่นิ่ง (Hyperactivity) ของเด็กในชุมชน อายุ 3 ปี และ อายุ 8/9 ปี เมื่อพิจารณาในแง่ของสุขภาพร่างกาย แม้ว่าจะไม่ได้รับการทดสอบก็ตาม นอกจากนี้ งานวิจัยของ Amin et al. (2010) พบว่า ทาร์ทราซีน (tartrazine) และ คาร์โมซิน (carmoisine) ซึ่งเป็นสีสังเคราะห์ที่ใช้ในอาหาร มีผลในอวัยวะสำคัญคือตับและไต โดยมีผลแม้มีปริมาณต่ำ แนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาข้างต้นคือการนำสารให้สีจากธรรมชาติมาใช้ในอาหารทดแทนสีสังเคราะห์

สาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corallina*) นิยมบริโภคกันมากในบางจังหวัดของภาคใต้ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าสาหร่ายก้ามกุ้งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในเซลล์สูงกว่าสาหร่ายน้ำจืดชนิดอื่นๆ ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สูงจึงมีความน่าสนใจในการนำมาใช้เป็นสารให้สีจากธรรมชาติ ซึ่งการนำคลอโรฟิลล์มาใช้เป็นสารสีจากธรรมชาติมีการใช้กันมานานแล้ว (Shahid et al., 2013) ความต้องการคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามความตระหนักที่เพิ่มขึ้นในการใช้สารให้สีจากธรรมชาติ (Hung et al., 2014; Sigurdson et al., 2017) ในด้านสุขภาพ คลอโรฟิลล์และคลอโรฟิลลินมีประโยชน์ต่อร่างกายของมนุษย์ (Tumolo and Lanfer-Marquez, 2012; Ghidouche et al., 2013) คลอโรฟิลล์มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบที่ป้องกันโรคเรื้อรัง เช่น มะเร็ง (McQuistan et al., 2012; Subramoniam et al., 2012; Jokopriyambodo et al., 2014) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างคลอโรฟิลล์เป็นอนุพันธ์ทำให้สูญเสียกิจกรรมไป (Albanese et al., 2007; Comunian et al., 2011; Benlloch-Tinoco et al., 2015; Yilmaz and Gokmen, 2016) คลอโรฟิลล์สามารถย่อยสลายเป็นอนุพันธ์ได้ง่ายเนื่องจากสูญเสียไอออน Mg^{2+} ในโมเลกุลคลอโรฟิลล์เมื่ออยู่ภายใต้อิทธิพลของสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ แสง ออกซิเจน ค่า pH และเอนไซม์ ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของคลอโรฟิลล์จนกลายเป็นสีน้ำตาลมะกอก (Yilmaz and Gokmen, 2016; Solymosi and Mysliwa-Kurdiel, 2017) เพื่อป้องกันการย่อยสลายเป็นอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ มักจะเติมเกลือที่มีไอออนของโลหะ เช่น Na^+ , Cu^{2+} หรือ Zn^{2+} ลงไป ไอออนของโลหะเหล่านี้ถูกนำเข้าสู่วงแหวนพอร์ไฟรินเพื่อสร้างปฏิกิริยาระหว่างไอออนของโลหะกับ Mg โดยการแทนที่ ทำให้มีความเสถียรมากขึ้นในนิวเคลียสของพอร์ไฟริน มีความทนทานต่อกรดและอุณหภูมิได้ดีกว่า จึงป้องกันการสูญเสียเขียวของพืช (Kidmose et al., 2002; Willows, 2004; Ngamwonglumlert et al., 2017) การเลือกใช้ $NaHCO_3$ ในการศึกษาครั้งนี้เนื่องจากผลการศึกษาของ Kaur et al. (2018) ซึ่งศึกษาในบล็อกโคลีพบว่า $NaHCO_3$ ช่วยรักษาสีเขียวและปริมาณคลอโรฟิลล์ได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับ potassium metabisulphite, sodium bicarbonate, sodium chloride และ calcium chloride และในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา $NaHCO_3$ ซึ่งเป็นเกลืออนินทรีย์ธรรมดาสามารถพลิกกลับค่า pH ของสภาพแวดล้อมจุลภาคของเนืองอก และยับยั้งการบูกรุก การแพร่กระจาย การหลีกเลี่ยงภูมิคุ้มกัน การดื้อยา และภาวะขาดออกซิเจนของเซลล์เนืองอก ดังนั้นการบำบัดโดยใช้ $NaHCO_3$ จึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการรักษาโรคมะเร็ง และมีรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้องมากขึ้น (Wang et al., 2021)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการรักษาความคงตัวของสารสีคลอโรฟิลล์ในสาหร่ายก้ามกุ้งด้วย $NaHCO_3$ โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology) ตัวแปรต้นที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ความเข้มข้นของ $NaHCO_3$ อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา ผลการศึกษาที่ได้นำมาใช้รักษาความคงตัวของสารสีคลอโรฟิลล์เพื่อให้สามารถนำคลอโรฟิลล์ไปใช้ประโยชน์ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

วิธีการศึกษา

การเตรียมสารประกอบเชิงซ้อนของคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายก้ามกุ้งและการวิเคราะห์ผลของความคงตัว

การเตรียมตัวอย่าง

ล้างสาหร่ายก้ามกุ้งให้สะอาดด้วยน้ำประปา จากนั้นลวกสาหร่ายในน้ำเดือด เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำไปบดตัวอย่างให้ละเอียด (เก็บตัวอย่างด้วยการแช่เยือกแข็งระหว่างการรอการดำเนินการต่อไป)

การสังเคราะห์ metal-chlorophyll complexes

ทำการสังเคราะห์ metal-chlorophyll complexes โดยดัดแปลงวิธีการของ Rahayuningsih et al. (2018) และ Salama and Moharram (2007) นำสาหร่ายที่ผ่านการลวกและบดแล้ว 70 กรัม มาทำปฏิกิริยาสารละลายเกลือของ NaHCO_3 ปริมาตร 280 มิลลิลิตร ที่ความเข้มข้น อุณหภูมิ และระยะเวลาตามปัจจัยที่ศึกษา

การสกัด metal-chlorophyll complexes

สกัด metal-chlorophyll complexes โดยการนำตัวอย่างสาหร่ายที่ได้จากการให้ความร้อน ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 96% ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ใน Erlenmeyer flask shaker ปิดปากพลาสติกด้วยอูมิเนียมฟรอยด์นำไปใส่ใน shaker water bath ที่อุณหภูมิ 60 °C เขย่าด้วยความเร็ว 135 rpm เป็นเวลา 45 นาที

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์

วิเคราะห์ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ ตามวิธีการของ Rahayuningsih et al. (2018) โดยการนำสารสกัด 6 กรัม เจือจางด้วยอะซิโตน 30 มิลลิลิตร ผสมตัวอย่างด้วย magnetic stirrer ความเร็ว 1000 rpm เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นนำสารสกัดตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ไปทำการหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที กรองสารสกัดที่ได้ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นนำสารละลายส่วนใสมาทำการวัดค่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ ที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 nm คำนวณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ ตามสมการของ Zhang et al. (2009)

$$\text{Chl}_a \text{ (ug.g}^{-1}\text{)} = 12.72 \text{ OD}_{663} - 2.59 \text{ OD}_{645} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Chl}_b \text{ (ug.g}^{-1}\text{)} = 22.90 \text{ OD}_{645} - 4.67 \text{ OD}_{663} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Chl}_{\text{total}} \text{ (ug.g}^{-1}\text{)} = \text{Chl}_a + \text{Chl}_b = 20.31 \text{ OD}_{645} + 8.05 \text{ OD}_{663} \dots\dots\dots(3)$$

การวัดค่าสี

วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (Colorimeter) ยี่ห้อ HunterLab รุ่น ColorFlex EZ (ประเทศสหรัฐอเมริกา) ทำการวัดค่า L^* , a^* , b^* , เมื่อ ค่า L^* บ่งบอกถึงความสว่าง (100 = ขาว, 0 = ดำ), a^* value (+ a^* = red, - a^* = green), b^* value (+ b^* = yellow, - b^* = blue)

การออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์ผลทางสถิติ และการหาสภาวะที่เหมาะสม

การกำหนดระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัยที่ศึกษามี 3 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของ NaHCO_3 (X_1) อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา (X_2) และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา (X_3) การกำหนดระดับของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย โดยพิจารณาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การทดลองเบื้องต้น และข้อจำกัดของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองมี 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (-1) ระดับกลาง (0) และระดับสูง (1) ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Factors and levels of each factor used in the experiment

Factors	levels		
	-1	0	1
NaHCO_3 concentration (%)	0.00	0.15	0.30
reaction temperature (°C)	70	80	90
reaction time (minute)	10	15	20

การออกแบบการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการรักษาความคงตัวของคลอโรฟิลล์ในสาหร่ายก้ามกุ้ง ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Design expert version 13 กำหนดลำดับการทดลองและออกแบบการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน ที่มี 3 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ และมีการทำซ้ำที่จุดกึ่งกลาง 5 ครั้ง ดังนั้นจึงมีจำนวนหน่วยทดลองทั้งหมด 17 หน่วยทดลอง แสดงดัง Table 2

Table 2 Experimental sequence of a 3-factor Box-Behnken experimental design, 3 levels per factor, and the midpoint was repeated 5 times

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	X ₁	X ₂	X ₃
8	1	2	1	1	0	1
1	2	2	1	-1	-1	0
12	3	2	1	0	1	1
4	4	2	1	1	1	0
15	5	0	1	0	0	0
17	6	0	1	0	0	0
3	7	2	1	-1	1	0
13	8	0	1	0	0	0
6	9	2	1	1	0	-1
14	10	0	1	0	0	0
11	11	2	1	0	-1	1
2	12	2	1	1	-1	0
5	13	2	1	-1	0	-1
16	14	0	1	0	0	0
7	15	2	1	-1	0	1
10	16	2	1	0	1	-1
9	17	2	1	0	-1	-1

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ และการหาสภาวะที่เหมาะสมด้วยวิธี RSM

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการทดลองก่อนนำไปวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ และวิเคราะห์ความแปรปรวน วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจโดยคำนวณจากสมการของ Hu (1999) จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อตรวจสอบแหล่งผันแปรของแบบจำลอง และสร้างสมการทำนาย โดยสร้างสมการทำนายความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ และค่าสีเขียว (-a*) ด้วยการนำค่าของปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยมาเขียนให้อยู่ในรูปของสมการต่อไปนี้

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1+1}^3 \beta_{ij} X_i X_j$$

การหาสภาวะที่เหมาะสมด้วยวิธี RSM

เมื่อได้สมการสำหรับทำนายความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ และค่าสีเขียว (-a*) แล้ว จึงนำมาสร้างกราฟพื้นผิวตอบสนองและกราฟโครงร่างของความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ และค่าสีเขียว (-a*) เทียบกับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง และหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้ได้คลอโรฟิลล์ที่มีความเข้มข้นมากที่สุด และค่าสีเขียว (-a*) สูงสุด โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ หลังจากที่ได้สภาวะที่เหมาะสมแล้ว นำสภาวะดังกล่าวไปใช้ในการเตรียมสารประกอบเชิงซ้อนของคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายก้ามกุ้ง เพื่อหาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ จำนวน 3 ซ้ำ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปริมาณคลอโรฟิลล์ และการวัดค่าสีเขียวของสารประกอบเชิงซ้อน

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของสารสีจากสาหร่ายก้ามกุ้งในครั้งนี้ ประเมินความคงตัวจากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ และการวัดค่าสีเขียวของสารประกอบเชิงซ้อน metal-chlorophyll complexes ที่เกิดขึ้น ผลการทดลองแสดงดัง Table 3

Table 3 Chlorophyll concentration and green value (-a*) of the metal-chlorophyll complexes

Number Test	Factors			Chlorophyll concentration ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Green value (-a*)
	NaHCO ₃ concentration (X ₁) (%)	reaction temperature (X ₂) (°C)	reaction time (X ₃) (minute)		
1	0.3	80	20	6.971	-8.54
2	0.0	70	15	4.995	-7.76
3	0.1	90	20	5.119	-7.94
4	0.3	90	15	6.724	-8.34
5	0.1	80	15	5.730	-8.08
6	0.1	80	15	5.338	-8.03
7	0.0	90	15	5.426	-8.08
8	0.1	80	15	5.244	-7.96
9	0.3	80	10	7.191	-8.71
10	0.1	80	15	6.035	-8.16
11	0.1	70	20	5.878	-8.14
12	0.3	70	15	6.278	-8.30
13	0.0	80	10	4.917	-8.63
14	0.1	80	15	5.779	-8.05
15	0.0	80	20	5.608	-7.98
16	0.1	90	10	6.216	-8.25
17	0.1	70	10	5.034	-7.92

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

จากการศึกษาสถานะที่เหมาะสมต่อความคงตัวของสารสีคลอโรฟิลล์จากสาหร่ายก้ามกุ้ง ทั้ง 17 หน่วยทดลอง และนำผลการทดลองที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ด้วยการวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลอง หากข้อมูลมีความเหมาะสมจึงนำมาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square: R²) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การตรวจสอบคุณภาพข้อมูลมี 3 ขั้นตอนคือ (1) การตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติ (2) การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล (3) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน จากการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลองพบว่า ค่าส่วนตกค้างของข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ คือ (1) ส่วนตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ (2) ค่าส่วนตกค้างมีความเป็นอิสระต่อกัน และ (3) ค่าความแปรปรวนมีเสถียรภาพ จึงสรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองชุดนี้มีความถูกต้องและเหมาะสมสำหรับการนำไปวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจและวิเคราะห์ความแปรปรวน

การสร้างสมการทำนายความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์และค่าสีเขียว

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์พบว่า สัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์มีค่า R² เท่ากับ 0.9298 (Table 4) แสดงว่า ความเข้มข้นของ NaHCO₃ อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา สามารถอธิบายความผันแปรหรือการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ได้ร้อยละ 92.98 ซึ่งสามารถนำไปสร้างสมการทำนายเพื่อหาค่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในสาหร่ายก้ามกุ้งได้ดังนี้

$$Y = 17.72 + 3.99 X_1 + 0.418 X_2 + 0.700 X_3 + 18.50 X_1^2 - 0.00154 X_2^2 + 0.00646 X_3^2 + 0.0025 X_1 X_2 - 0.304 X_1 X_3 - 0.01049 X_2 X_3 \quad \dots\dots\dots(1)$$

เมื่อ Y = ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)

X_1 = ความเข้มข้นของ NaHCO_3 (Conc = 0.00 – 0.30%)

X_2 = อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา (Temp = 70 – 90 °C)

X_3 = ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา (Time = 10 – 20 นาที)

เมื่อพิจารณาการขาดความเหมาะสมของสมการ (Lack of fit) พบว่าค่า P – value ของ Lack of Fit มีค่าเท่ากับ 0.5007 (Table 5) ซึ่งมีความมากกว่า 0.05 ทำให้สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองนี้มีความพอเพียงของตัวแปรในสมการ ดังนั้นจึงสามารถนำสมการข้างต้นมาใช้ในการทำนายความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในการรักษาความคงตัวของคลอโรฟิลล์ด้วย NaHCO_3 ในสาหร่ายก้ามกุ้งได้

Table 4 Response surface regression analysis for chlorophyll concentration

Factor	Coefficient Estimate	p-value	VIF
Intercept	-17.7192	0.0028	
A-Conc	3.98533	0.0001	1
B-Temp	0.418303	0.1918	1
C-Time	0.700205	0.6499	1
AB	0.0025	0.9794	1
AC	-0.30367	0.1474	1
BC	-0.01049	0.0072	1
A ²	18.50444	0.0185	1.01
B ²	-0.00154	0.2946	1.01
C ²	0.006464	0.2745	1.01

$R^2 = 0.9298$, Adjusted $R^2 = 0.839$

Table 5 Analysis of variance for chlorophyll concentration

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Model	7.26	9	0.8064	10.31	0.0028
A-Conc	4.83	1	4.83	61.77	0.0001
B-Temp	0.1633	1	0.1633	2.09	0.1918
C-Time	0.0176	1	0.0176	0.2247	0.6499
AB	0.0001	1	0.0001	0.0007	0.9794
AC	0.2075	1	0.2075	2.65	0.1474
BC	1.1	1	1.1	14.07	0.0072
A ²	0.7299	1	0.7299	9.33	0.0185
B ²	0.1004	1	0.1004	1.28	0.2946
C ²	0.11	1	0.11	1.41	0.2745
Residual	0.5477	7	0.0782		
Lack of Fit	0.2262	3	0.0754	0.9385	0.5007
Pure Error	0.3214	4	0.0804		
Cor Total	7.8	16			

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยของค่าสีเขียวพบว่า สัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยของค่าสีเขียวมีค่า R^2 เท่ากับ เท่ากับ 0.9117 (Table 6) แสดงว่า ความเข้มข้นของ NaHCO_3 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา สามารถอธิบายความผันแปรหรือการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเขียวได้ร้อยละ 91.17 ซึ่งสามารถนำไปสร้างสมการทำนายเพื่อหาค่าสีเขียวในสาหร่ายก้ามกุ้งได้ดังนี้

$$Y = 4.67 + 0.58 X_1 - 0.3237 X_2 + 0.046 X_3 - 10.37 X_1^2 + 0.001692 X_2^2 - 0.00703 X_3^2 + 0.0467 X_1 X_2 - 0.1600 X_1 X_3 + 0.00265 X_2 X_3 \quad \dots\dots\dots(2)$$

เมื่อ Y = ค่าสีเขียว (ค่า $-a^*$)

X_1 = ความเข้มข้นของ NaHCO_3 (Conc = 0.00 – 0.30%)

X_2 = อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา (Temp = 70 – 90 °C)

X_3 = ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา (Time = 10 – 20 นาที)

เมื่อพิจารณาการขาดความเหมาะสมของสมการ (Lack of fit) พบว่าค่า P – value ของ Lack of Fit มีค่าเท่ากับ 0.082 (Table 7) ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ทำให้สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองนี้มีความพอเพียงของตัวแปรในสมการ ดังนั้นจึงสามารถนำสมการข้างต้นมาใช้ในการทำนายค่าสีเขียวในการศึกษาความคงตัวของคลอโรฟิลล์ด้วย NaHCO_3 ในสาหร่ายก้ามกุ้งได้

Table 6 Response surface regression analysis for green value ($-a^*$)

Factor	Coefficient Estimate	p-value	VIF
Intercept	4.66975	0.0059	
A-Conc	0.576667	0.0035	1
B-Temp	-0.32368	0.1861	1
C-Time	0.04565	0.0297	1
AB	0.046667	0.2748	1
AC	-0.16	0.0818	1
BC	0.00265	0.0598	1
A ²	-10.3667	0.0049	1.01
B ²	0.001692	0.0217	1.01
C ²	-0.00703	0.0185	1.01

$R^2 = 0.9117$, Adjusted $R^2 = 0.7982$

Table 7 Analysis of variance for green value ($-a^*$)

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Model	1.01	9	0.1122	8.03	0.0059
A-Conc	0.2592	1	0.2592	18.56	0.0035
B-Temp	0.03	1	0.03	2.15	0.1861
C-Time	0.1035	1	0.1035	7.41	0.0297
AB	0.0196	1	0.0196	1.4	0.2748
AC	0.0576	1	0.0576	4.13	0.0818
BC	0.0702	1	0.0702	5.03	0.0598
A ²	0.2291	1	0.2291	16.41	0.0049
B ²	0.1206	1	0.1206	8.64	0.0217
C ²	0.1301	1	0.1301	9.31	0.0185
Residual	0.0977	7	0.014		
Lack of Fit	0.0764	3	0.0255	4.78	0.0824
Pure Error	0.0213	4	0.0053		
Cor Total	1.11	16			

การสร้างพื้นผิวตอบสนอง

การสร้างพื้นผิวตอบสนองของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือสมการสำหรับทำนายความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ จากการศึกษาความคงตัวของคลอโรฟิลล์ด้วย NaHCO_3 ในสาหร่ายก้ามกุ้ง สามารถนำมาสร้างกราฟพื้นผิวตอบสนองของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ได้ดัง Figure 1

จากกราฟ Response surface และ contour plot (Figure 1a) ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เมื่อพิจารณาปัจจัยสองปัจจัยคือ ความเข้มข้นของ NaHCO_3 และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา โดยกำหนดให้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาอยู่ที่ระดับกลาง พบว่า ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ NaHCO_3 เพิ่มขึ้น และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาปัจจัยสองปัจจัยคือ ความเข้มข้นของ NaHCO_3 และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา โดยกำหนดให้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาอยู่ที่ระดับกลาง (Figure 1b) พบว่า ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ NaHCO_3 เพิ่มขึ้น และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ส่วนผลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา เมื่อกำหนดให้ความเข้มข้นของ NaHCO_3 อยู่ที่ระดับกลาง (Figure 1c) พบว่า ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นในสองกรณีคือ เมื่ออุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาลดลง และ เมื่ออุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาลดลง และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น

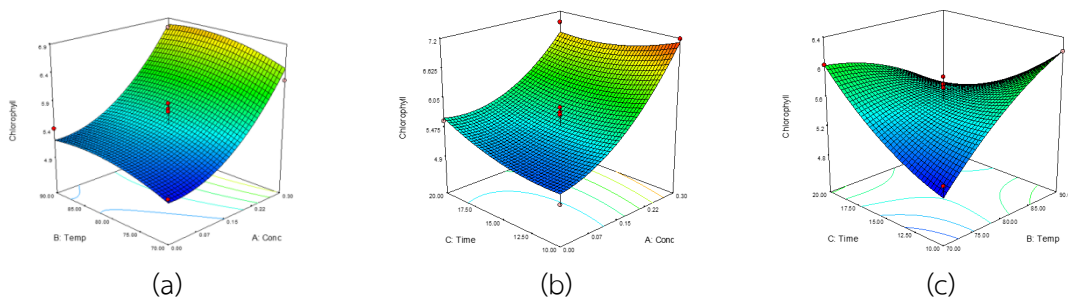


Figure 1 Factors effecting concentration of chlorophyll in *Chara corallina*, a: effect of NaHCO_3 concentration and reaction temperature, b: effect of NaHCO_3 concentration and reaction time and c: effect of reaction temperature and reaction time

เกลือของโลหะสามารถรักษาความคงตัวของคลอโรฟิลล์ในเนื้อเยื่อพืชได้ เนื่องจากเกลือของโลหะเข้าไปแทนที่แมกนีเซียมไอออนในโมเลกุลของอนุพันธ์คลอโรฟิลล์ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีเขียวสดเหมือนคลอโรฟิลล์ แต่จะมีความคงตัวในระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษาที่สูงกว่าเนื้อเยื่อพืชที่ไม่เติมเกลือของโลหะ (Jones et al., 1977; Elbe et al., 1986; Tonucci and Elbe, 1992; LaBorde and Elbe, 1994) การศึกษาครั้งนี้ใช้ NaHCO_3 เนื่องจากผลการศึกษาของ Kaushal et al. (2013) ซึ่งศึกษาการลวกใบเผือก (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) พบว่า NaHCO_3 ช่วยลดการสูญเสียสีเขียวของใบเผือกได้ดีที่สุด และให้ค่า antioxidant activity สูงสุด เช่นเดียวกับการศึกษาในบล็อกโคลีของ Kaur et al. (2018) ซึ่งพบว่า NaHCO_3 ช่วยรักษาสีเขียวและปริมาณคลอโรฟิลล์ได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับ potassium metabisulphite, sodium bicarbonate, sodium chloride และ calcium chloride

โดยทั่วไปสาเหตุหลักของการเปลี่ยนสีของผักสีเขียวในระหว่างกระบวนการผลิตคือการเปลี่ยนคลอโรฟิลล์เป็น ฟิโอฟิติน โดยอิทธิพลของ pH สีเขียวของผักจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวมะกอกเมื่อถูกความร้อนหรือวางในสภาวะที่เป็นกรด (Gold and Weckel, 1959; Gunawan and Barringer, 2000) ผลของปริมาณ NaHCO_3 จากการศึกษาครั้งนี้อาจจะเกี่ยวเนื่องกับ pH เช่นกัน จึงทำให้ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์มากขึ้นเมื่อปริมาณของ NaHCO_3 มากขึ้น ร่วมกับอุณหภูมิที่สูงขึ้น และ ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์มากขึ้นเมื่อปริมาณของ NaHCO_3 มากขึ้น ร่วมกับระยะเวลาที่สูงขึ้น จากการศึกษาในถั่วเขียวของ Koca et al. (2007) พบว่าสีเขียวของถั่วเขียวลวกหายไปอย่างรวดเร็วพร้อมกับค่า pH ที่ลดลง สำหรับผลรวมของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยานั้น ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นในสองกรณีดังกล่าวข้างต้น อุณหภูมิจึงน่าจะเป็นปัจจัยหลักเนื่องจากการสูญเสียสีเขียวของคลอโรฟิลล์เนื่องจากความร้อนและออกซิเดชันส่วนใหญ่เป็นไปตามปฏิกิริยาลำดับที่หนึ่งของ Arrhenius (Arrhenius first order reaction) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยจะส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll kinetic) (Aparicio-Ruiz and Gandul-Rojas, 2014) ปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่ออัตราและจลนศาสตร์ของการเสีย

สภาพคลอโรฟิลล์ เช่น ความร้อน ความเป็นกรด การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และความเข้มของแสง (Cuny et al., 1999; Gunawan and Barringer, 2000; Gaur et al., 2007; Erge et al., 2008; Inanc, 2016)

การสร้างพื้นผิวตอบสนองของค่าสีเขียว ($-a^*$)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือสมการสำหรับทำนายค่าสีเขียว ($-a^*$) ของคลอโรฟิลล์ จากการศึกษาความคงตัวของคลอโรฟิลล์ด้วย NaHCO_3 ในสาหร่ายก้ามกุ้ง สามารถนำมาสร้างกราฟพื้นผิวตอบสนองของค่าสีเขียวได้ดัง Figure 2

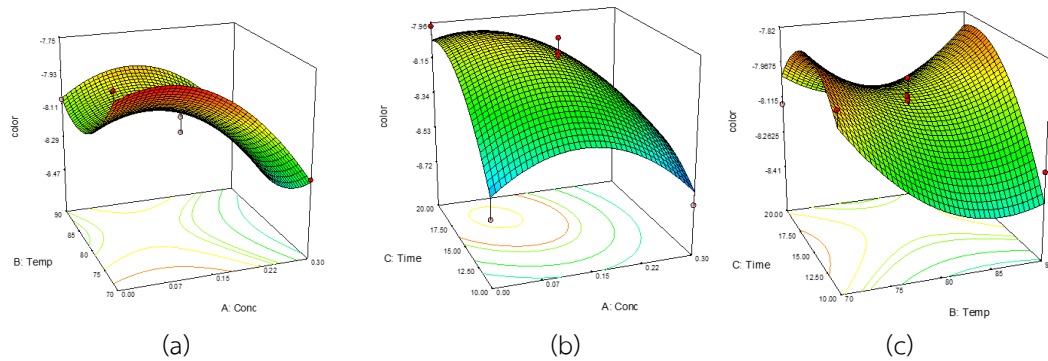


Figure 2 Factors effecting the green value ($-a^*$) in *Chara corallina*, a: effect of NaHCO_3 concentration and reaction temperature, b: effect of NaHCO_3 concentration and reaction time and c: effect of reaction temperature and reaction time

จากกราฟ Response surface และ contour plot (Figure 2a) ค่าสีเขียว ($-a^*$) เมื่อพิจารณาปัจจัยสองปัจจัยคือ ความเข้มข้นของ NaHCO_3 และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา โดยกำหนดให้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาอยู่ที่ระดับกลางพบว่า ค่าความเป็นสีเขียวเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ NaHCO_3 เพิ่มขึ้น และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาปัจจัยสองปัจจัยคือ ความเข้มข้นของ NaHCO_3 และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา โดยกำหนดให้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาอยู่ที่ระดับกลาง (Figure 2b) พบว่า ค่าความเป็นสีเขียวเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ NaHCO_3 เพิ่มขึ้น และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ส่วนผลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา เมื่อกำหนดให้ความเข้มข้นของ NaHCO_3 อยู่ในระดับกลาง (Figure 2c) พบว่า ค่าความเป็นสีเขียวเพิ่มขึ้นในสองกรณีคือ เมื่ออุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาลดลง และ เมื่ออุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาลดลง และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น โดยให้ผลในทำนองเดียวกับความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์

สำหรับกระบวนการสกัด อุณหภูมิมีผลต่อกระบวนการสกัด (Sinha et al. 2012; O'zkan and Ersus, 2015) Tijssens et al. (2001) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสีของบล็อกโคลีและถั่วเขียวในระหว่างการลวก พบว่าในช่วงแรกของการลวกผักทั้ง 2 ชนิด ค่าสีเขียวมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสารตั้งต้นที่ไม่มีสีหรือมีสีเขียวน้อยเป็นสารที่มีสีเขียวที่มองเห็นได้ชัดเจน Lau et al. (2000) ศึกษาผลของการลวกหน่อไม้ฝรั่งพบว่าในช่วงแรกสีเขียวของหน่อไม้ฝรั่งเพิ่มขึ้นเมื่อให้ความร้อนในช่วง 70 และ 98 องศาเซลเซียส การศึกษาในสาหร่ายก้ามกุ้งครั้งนี้เนื่องจากศึกษาที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส การเพิ่มของอุณหภูมิจึงส่งผลทำให้ค่าความเป็นสีเขียวเพิ่มขึ้นหรือความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น ส่วนการศึกษาของ Pinsirodom (2003) ศึกษาผลของอุณหภูมิ (50, 75 และ 100 องศาเซลเซียส) ความเป็นกรด-ด่าง (4, 7 และ 10) และความเข้มข้นของซิงค์คลอไรด์ (100, 200 และ 300 ppm) ต่อความคงตัวของสีเขียวของสารสกัดใบเตย โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าสีด้วยเครื่อง Hunter color meter พบว่าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สีเขียวของสารสกัดใบเตยมีความคงตัวลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 50 และ 75 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส การใช้ซิงค์คลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นมีผลในการเพิ่มความคงตัวของสีเขียวของสารสกัดใบเตย ซึ่งปัจจัยความเข้มข้นของสารนั้น Ngo and Zhao (2007) ได้ศึกษาโครงสร้างของ Zinc-chlorophyll-derivatives complexes ในการแปรรูปลูกแพร์ (green pear) ซึ่งทำการทดลองโดยลวกลูกแพร์ที่มีการเติมสารละลายซิงค์ไอออน (zinc ion solution) ซึ่งเตรียมจากซิงค์แลคเตต (zinc lactate) ความเข้มข้น 0, 1,300 และ 2,600 ppm ในแต่ละชุดการทดลอง ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6, 12 และ 18 นาที พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายซิงค์ไอออนเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้จำนวนของซิงค์ฟิโอฟิตินเพิ่มขึ้น ทำให้ลูกแพร์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปมีสีเขียวและความคงตัวมากขึ้น

การหาปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด

การหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษาความคงตัวของคลอโรฟิลล์ด้วย NaHCO_3 ในสาหร่ายก้ามกุ้ง เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์สูงสุด โดยสถานะที่เหมาะสมมีดังนี้

- X_1 = ความเข้มข้นของ NaHCO_3 (%) = 0.3
- X_2 = อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา ($^{\circ}\text{C}$) = 90
- X_3 = ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา (นาที) = 10

จากสถานะที่เหมาะสมข้างต้นได้ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์สูงสุด เท่ากับ 7.647 ug.g^{-1} เมื่อนำสถานะที่เหมาะสมที่ได้มาทำการทดสอบความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์อีกครั้งพบว่า ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เท่ากับ $7.329 \pm 0.007 \text{ ug.g}^{-1}$ สำหรับสถานะที่เหมาะสมในการสกัดคลอโรฟิลล์จากพืชชนิดอื่น เช่น สถานะที่เหมาะสมในการสกัดคลอโรฟิลล์จากใบ suji (*Pleomele angustifolia* Roxb.) โดยใช้ ZnCl_2 เป็นตัวรักษาความคงตัวของคลอโรฟิลล์พบว่าสถานะที่เหมาะสมคือ pH 7 ความเข้มข้นของ ZnCl_2 เท่ากับ 700 ppm อุณหภูมิ 85°C โดยมีปริมาณ total chlorophyll content (TCC) เท่ากับ $47.2975 \text{ mg/100 g fw}$ (Rahayuningsih et al., 2018)

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการรักษาความคงตัวของคลอโรฟิลล์ในสาหร่ายก้ามกุ้งด้วยสารละลาย NaHCO_3 โดยวิธี RSM ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาคือ ความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) (X_1) อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา (X_2) และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา (X_3) พบว่าสถานะที่เหมาะสมคือ ความเข้มข้นของ NaHCO_3 เท่ากับร้อยละ 0.3 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา เท่ากับ 90°C และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา เท่ากับ 10 นาที ซึ่งสถานะดังกล่าว ได้ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์สูงสุด (7.647 ug.g^{-1}) ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปใช้ในการรักษาความคงตัวของคลอโรฟิลล์ในสาหร่ายก้ามกุ้ง ซึ่งความคงตัวของคลอโรฟิลล์ส่งผลต่อการใช้ประโยชน์ในการทำเป็นสารสี และส่งผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาการของคลอโรฟิลล์ นั่นคือการรักษาความคงตัวของคลอโรฟิลล์ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากคลอโรฟิลล์ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุนส่งเสริม ววน.) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกว.) สำหรับทุนอุดหนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: นพรัตน์ มะเห. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: นพรัตน์ มะเห, ดาริกา อวะภาค. การจัดเก็บข้อมูลการวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: นพรัตน์ มะเห, ดาริกา อวะภาค. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดงการเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: นพรัตน์ มะเห, ดาริกา อวะภาค. การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: นพรัตน์ มะเห, ดาริกา อวะภาค. การให้การสนับสนุนเครื่องมือ ห้องปฏิบัติการ และ ครูภัณฑ์: ดลฤดี พิชัยรัตน์.

เอกสารอ้างอิง

- Albanese, D., Russo, L., Cinquanta, L., Brasiello, A., & Di Matteo, M. (2007). Physical and chemical changes in minimally processed green asparagus during cold storage. **Food Chemistry**, 101(1), 274-280.
- Amin, K. A., Abdel H. H., & Abd Elsttar, A. H. (2010). Effect of food azo dyes tartrazine and carmoisine on biochemical parameters related to renal, hepatic function and oxidative stress biomarkers in young male rats. **Food and Chemical Toxicology**, 48(10), 2994-2999.
- Aparicio-Ruiz, R., & Gandul-Rojas, B. (2014). Decoloration kinetics of chlorophylls and carotenoids in virgin olive oil by autooxidation. **Food Research International**, 65(Part B), 199-206.
- Benlloch-Tinoco, M., Kaulmann, A., Corte-Real, J., Rodrigo, D., Martínez-Navarrete, N., & Bohn, T. (2015). Chlorophylls and carotenoids of kiwifruit puree are affected similarly or less by microwave than by conventional heat processing and storage. **Food Chemistry**, 187(1), 254-262.
- Comunian, T.A., Monterrey-Quintero, E. S., Thomazini, M., Balieiro, J. C. C., Piccone, P., Pittia, P., & Favaro-Trindade, C. S. (2011). Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried chlorophyllide, a natural food colourant, using gum Arabic, maltodextrin and soy protein isolate-based carrier systems. **International Journal of Food Science and Technology**, 46(6), 1259-1265.
- Cuny, P., Romano, J. C., Beker, B., & Rontani, J. F. (1999). Comparison of the photodegradation rates of chlorophyll chlorin ring and phytol side chain in phytodetritus: is the phytyldiol versus phytol ratio (CPPI) a new biogeochemical index?. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 237(2), 271-290.
- Elbe, V. J. H., Huang, A. S., Attoe, E. L., & Nank, K. W. (1986). Pigment composition and color of conventional and very green canned beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 34(1), 54-55.
- Erge, H. S., Karadeniz, F., Koca, N., & Soyer, Y. (2008). Effect of heat treatment on chlorophyll degradation and color loss in green peas. **GIDA**, 33(5), 225-233.
- Gaur, S., Shivhare, U. S., Sarkar, B. C., & Ahmed, J. (2007). Thermal chlorophyll degradation kinetics of mint leaves puree. **International Journal of Food Properties**, 10(4), 853-865.
- Ghidouche, S., Rey, B., Michel, M., & Galaffu, N. (2013). A Rapid tool for the stability assessment of natural food colours. **Food Chemistry**, 139(1-4), 978-985.
- Gold, H. J., & Weckel, K. G. (1959). Degradation of chlorophyll to pheophytin during sterilization of canned green peas by heat. **Food Technology**, 13(5), 281-285.
- Gunawan, M. I., & Barringer, S. A. (2000). Green color degradation of blanched broccoli (*Brassica Oleracea*) due to acid and microbial growth. **Journal of Food Processing and Preservation**, 24(3), 253-263.
- Hu, R. (1999). **Food Product Design**. Technomic Publishing Company, Inc.
- Hung, S. M., Hsu, B. D., & Lee, S. (2014). Modelling of isothermal chlorophyll extraction from herbaceous plants. **Journal of Food Engineering**, 128(1), 17-23.
- Inanc, A. L. (2016). Differential method to determine thermal degradation kinetics of chlorophyll in virgin olive oil. **Italian Journal of Food Science**, 28(1), 90-95.
- Jokopriyambodo, W., Sudarsono, & Rohman, A. (2014). The antiradical activity of insoluble water Suji (*Pleomele angustifolia* N. E. Brown) leaf extract and its application as natural colorant in bread product. **Journal of Food and Pharmaceutical Sciences**, 2(1), 52-56.
- Jone, I. D., Wite, R. C., Gidds, E., Stutler, L., & Nelson, L. A. (1977). Experimental formation of zinc and copper complexes of chlorophyll derivatives in vegetable tissue by thermal processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 25(1), 149-153.
- Kaur, N., Aggarwal, P., & Rajput, H. (2018). Effect of different blanching treatments on physicochemical, phytochemical constituents of cabinet dried broccoli. **Chemical Science Review and Letters**, 7(25), 262-271.
- Kaushal, M., sharma, K. D., & Attri, S. (2013). Effect of blanching on nutritional quality of dehydrated colocasia, *Colocasia esculenta* (L.) Schott leaves. **Indian Journal of Natural Products and Resources**, 4(2), 161-164.
- Kidmose, U., Edelenbos, M., NØrbæk, R. & Christensen, L. P. (2002). Color stability in vegetables. In: MacDougall, D. B. (Ed.), **Color in Food: Improving Quality**, pp 179-232. CRC Press/Woodhead Publishing Limited.
- Koca, N., Karadeniz, F., & Burdurlu, H. S. (2007). Effect of pH on chlorophyll degradation and colour loss in blanched green peas. **Food Chemistry**, 100(2), 609-615.
- LaBorde, L. F., & Elbe, V. J. H. (1994). Chlorophyll derivatives in heated green vegetable. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 42(5), 1100-1130.
- Lau, M. H., Tang, J., & Swanson, B. G. (2000). Kinetics of textural and color changes in green asparagus during thermal treatments. **Journal of Food Engineering**, 45(4), 231-236.

- McCann, D., Barret, A., Cooper, A., Crumpler, D., Dalen, L., Grimshaw, K., Kitchin, E., Lok, K., Porteous, L., Prince, E., Sonuga-Barke, E., Warner, J. O., & Stevenson, J. (2007). Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. **The Lancet**, 370(9598), 1560–1567.
- McQuistan, T. J., Simonich, M. T., Pratt, M. M., Pereira, C. B., Hendricks, J. D., Dashwood, R. H., Williams, D. E., & Bailey, G. S. (2012). Cancer chemoprevention by dietary chlorophylls: A 12,000-animal dose–dose matrix biomarker and tumor study. **Food and Chemical Toxicology**, 50(2), 341-352.
- Ngamwonglumlert, L., Devahastin, S., & Chiewchan, N. (2017). Natural colorants: Pigment stability and extraction yield enhancement via utilization of appropriate pretreatment and extraction methods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 57(15), 3243-3259.
- Ngo, T., & Zhao, Y. (2007). Formation of zinc chlorophyll derivative complexes in thermally processed green pears (*Pyrus communis* L.). **Journal of Food Science**, 72(7), 397-404.
- O'zkan, G., & Ersus Bilek, S. (2015). Enzyme-assisted extraction of stabilized chlorophyll from spinach. **Food Chemistry**, 176(1), 152–157.
- Pinsirodom, P. (2003). Effect of temperature, pH and $ZnCl_2$ on the green color stability of pandan (*Pandanus tectorius*) leaf extract. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 33(1), 277-282.
- Rahayuningsih, E., Pamungkas, M. S., Olvianas, M., & Putera, A. D. P. (2018). Chlorophyll extraction from suji leaf (*Pleomele angustifolia* Roxb.) with $ZnCl_2$ stabilizer. **Journal of Food Science and Technology**, 55(3), 1028-1036
- Salama, M. F., & Moharram, H. A. (2007). Relationship between colour improvement and metallo-chlorophyll complexes during blanching of peas and broccoli. **Alexandria Journal of Food Science and Technology**, 4(2), 11-18.
- Shahid, M., Shahid-Ul-Islam., & Mohammad, F. (2013). Recent advancements in natural dye applications: A review. **Journal of Cleaner Production**, 53(1), 310-331.
- Sigurdson, G. T., Tang, P., & Giusti, M. M. (2017). Natural colorants: Food colorants from natural sources. **The Annual Review of Food Science and Technology**, 8(1), 261-280.
- Sinha, K., Saha, P. D., & Datta, S., (2012). Extraction of natural dye from petals of Flame of forest (*Butea monosperma*) flower: process optimization using Response Surface Methodology (RSM). **Dyes and Pigments**, 94(1), 212–216.
- Solymosi, K. & Mysliwa-Kurdiel, B. (2017). Chlorophylls and their derivatives used in food industry and medicine. **Mini Reviews in Medicinal Chemistry**, 17(13), 1194-1222.
- Subramoniam, A., Asha, V. V., Nair, S. A., Sasidharan, S. P., Sureshkumar, P. K., Rajendran, K. N., Karunakaran, D., & Ramalingam, K. (2012). Chlorophyll revisited: Anti-inflammatory activities of chlorophyll a and inhibition of expression of TNF- α gene by the same. **Inflammation**, 35(3), 959-966.
- Tijsskens, L. M. M., Schijvens, E. P. H., & Biekman, E. S. A. (2001). Modelling the change in colour of broccoli and green bean during blanching. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2(4), 303-313.
- Tonucci, L. H., & Elbe, V. J. H. (1992). Kinetic of the formation of zinc complex of chlorophyll derivatives. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 40(12), 2341-2344.
- Tumolo, T., & Lanfer-Marquez, U. M. (2012). Copper chlorophyllin: A food colorant with bioactive properties?. **Food Research International**, 46(2), 451-459.
- Wang, Y., Zhou, X., Wang, W., Wu, Y., Qian, Z., & Peng, Q. (2021). Sodium bicarbonate, an inorganic salt and a potential active agent. **Chinese Chemical Letters**, 32(12), 3687-3695.
- Willows, R. D. (2004). Chlorophylls. In Davies, K. M. (Ed.), **Plant pigments and their manipulation**, pp. 23-46. CRC Press.
- Yilmaz, C., & Gokmen, V. (2016). Chlorophyll. In Caballero, B., Finglas, P. M., & Toldra F. (Ed.), **Encyclopedia of Food and Health**, pp. 37-41. Academic Press.
- Zhang, J. H., Han, C., & Liu, Z. H. (2009). Absorption spectrum estimating rice chlorophyll concentration: preliminary investigations. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, 1(5), 223-229.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งขนมจากสำเร็จรูป

Development of Instant Khanom Chak Mixed Powder Product

สิราพา อินมาส¹, โสรยา เกตพิบูลย์^{1*}, ปาจารย์ อิงคะสุภัทร¹, พงษ์เสรีฐ ศรีพรหม¹,
ณัฐพร โชติกาวิรินทร์¹ และธงชัย พุดทองศิริ¹Sirapa Inmasom¹, Soraya Kerdpi boon^{1*}, Pajaree Ingkasupart¹, Pongsert Sriprom¹,
Natthaporn Chotigavin¹ and Tongchai Puttongsiri¹

Received date: 27 ต.ค. 66 Revised date: 7 มี.ค. 67 Accepted date: 20 มี.ค. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.005>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการผลิตแป้งขนมจากสำเร็จรูป จากการศึกษาสูตรพื้นฐานของขนมจากพบว่า ชนิดและส่วนประกอบของแป้ง ส่งผลต่อค่าความสว่าง และความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งพบว่าการใช้แป้งข้าวเหนียวดำผสมแป้งข้าวเหนียวขาวเป็นสูตรพื้นฐานในการผลิตขนมจากได้รับคะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างจากสูตรที่มีการใช้แป้งข้าวเหนียวดำผสมแป้งมันสำปะหลัง ยกเว้นคะแนนความชอบด้านกลิ่น เมื่อนำสูตรพื้นฐานที่ใช้แป้งข้าวเหนียวดำผสมแป้งข้าวเหนียวขาวมาปรับปรุง โดยปรับสัดส่วนของน้ำต่อแป้งที่ใช้ มีการใช้น้ำตาลมะพร้าวแทนการใช้น้ำตาลผสม และผลิตขนมจากตามวิธีการดั้งเดิม ส่งผลให้ขนมจากสูตรปรับปรุงได้รับคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมีค่าระหว่าง 7.00-7.40 คะแนน จากนั้นจึงนำเฉพาะส่วนของแป้งผสมที่ได้จากสูตรที่ปรับปรุง ไปผลิตแป้งที่มีกลิ่นควันใบจาก โดยการเผาใบจากที่ 100-130 องศาเซลเซียส และรมควันแป้งนาน 15 นาที จะได้แป้งที่มีกลิ่นควันใบจากเพื่อใช้ในการผลิตแป้งขนมจากสำเร็จรูป โดยคิดคำนวณส่วนผสมที่ได้จากสูตรปรับปรุง เป็นร้อยละของแห้งของส่วนผสม ซึ่งประกอบด้วยแป้งผสมที่มีกลิ่นควันใบจากต่อน้ำตาลมะพร้าวผงและเกลือ เท่ากับ 63.02: 36.48: 0.50 โดยน้ำหนัก และมีอัตราส่วนของแป้งขนมจากสำเร็จรูปต่อน้ำ เท่ากับ 63.07: 36.93 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ เมื่อผลิตขนมจากสำเร็จรูปในกระทะเปรียบเทียบกับขนมจากสูตรปรับปรุงที่มีการผลิตแบบดั้งเดิม พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบของขนมจากสำเร็จรูประหว่าง 7.33-7.63 คะแนน และไม่แตกต่างจากสูตรที่มีการรมวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมในทุกคุณลักษณะ แต่มีค่าความสว่าง และความแน่นเนื้อและปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกัน

คำสำคัญ : ควัน ขนมจาก ใบจาก แป้งขนมจาก

Abstract

The objective of this research was to develop instant Khanom Chak mixed powder product. From studying the basic formulas for Khanom Chak production, it was found that types and compositions of flour affected lightness and firmness of products with significant difference. Moreover, using black waxy rice flour mixed with white waxy rice flour to produce Khanom Chak was not different from using black waxy rice mixed with tapioca flour in all sensory attributes except the smell of the dessert. Khanom Chak produced by using black waxy rice flour mixed with white waxy rice flour-based formula was developed by adjusting ratios of mixed flour to water as well as using coconut sugar instead of mixed sugar. The dessert was then cooked by traditional method and received sensory score in the range of 7.00-7.40 for all attributes. After that, the desired mixed flour from the developed formula was then smoked by grilling Nila palm leaves at 100-130°C, and maintained smoking for 15 mins. Instant Khanom Chak mixed powder was produced by calculating the ratios of ingredients from the developed formula in dry basis. The ratio for smoked mixed flour: dried coconut sugar: salt was 63.02: 36.48: 0.50 by weight. Before cooking, mixed instant Khanom Chak was added with water in the ratio of 63.07: 36.93 by weight, respectively. The dessert was then cooked by pan frying and compared to developed formula with traditional process. Results were found that preference scores of instant dessert were in the range of 7.33-7.63, which were not different from the traditional process for all attributes. However, the lightness and firmness of the dessert was significantly different.

Keywords: smoke, Khanom Chak, Nila palm leave, Khanom Chak mixed flour

¹ คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

¹ School of Food Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

* Corresponding author: soraya.ke@kmitl.ac.th

คำนำ

ขนมจาก (Khanom Chak) เป็นขนมไทยพื้นบ้านที่มีกลิ่นและรสชาติเป็นเอกลักษณ์ กรรมวิธีการผลิตที่ถ่ายทอดสืบต่อกันมา โดยเฉพาะในชุมชนที่อยู่บริเวณใกล้กับป่าชายเลนซึ่งมีต้นจากเป็นจำนวนมาก ขนมจากมีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ แต่ถึงแม้ว่าจะเป็นขนมที่มีขั้นตอนการทำที่ไม่ซับซ้อน แต่การขาดส่วนประกอบที่สำคัญในบางอย่าง ทำให้ไม่สามารถผลิต หรือสร้างอัตลักษณ์แก่ขนมไทยชนิดนี้ได้ โดยเฉพาะใบจากที่มีลักษณะของใบที่เหนียว หนา และมีกลิ่นของใบที่เมื่อนำมาอย่างหรือเผาให้กลิ่นหอม ขนมจากจึงเป็นขนมที่นิยมทำสดวันต่อวัน และจะไม่นำขนมออกจากใบจากที่ห่อ จนกว่าจะบริโภค นิยมจำหน่ายพร้อมใบจากที่ห่อขนมไว้เป็นเอกลักษณ์ของขนมจาก ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคในการรับประทาน อายุการเก็บรักษา การขนส่ง รวมถึงการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ทำให้ขนมจากกลายเป็นขนมไทยพื้นบ้านที่หารับประทานได้ยาก

ใบจาก ได้จากต้นจาก ซึ่งเป็นพืชจำพวกปาล์ม โดยจัดอยู่ในวงศ์ Nypoidae และเป็นปาล์มเพียงชนิดเดียวที่อยู่ในบริเวณป่าชายเลน วัตถุดิบหลักที่สำคัญในการผลิตขนมจากมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แป้ง น้ำตาล และเกลือ โดยแป้งที่ใช้สามารถเลือกใช้แป้งได้หลากหลายตามคุณลักษณะที่ต้องการ เช่น การใช้แป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้า เป็นต้น ชนิดและสัดส่วนของแป้งที่ใช้ส่งผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติต่างๆ เช่น การดูดซับน้ำ การพองตัว ความแข็งแรงของโครงสร้าง ที่แตกต่างกัน (Honda et al., 2023; Lapcikova, 2021) นอกจากนี้แป้งชนิดต่างๆ อาจมีส่วนของรงควัตถุ ซึ่งส่งผลให้ตัวแป้งและผลิตภัณฑ์จากแป้งมีสีที่แตกต่างกันได้ ดังเช่น แป้งข้าวเหนียวดำ มีสีม่วงเข้ม เนื่องจากรงควัตถุแอนโทไซยานิน (Zhang et al., 2021; Samyor et al., 2017) อีกทั้งมีส่วนของอะไมโลเพคตินที่สูง เมื่อแป้งสุกจะมีลักษณะที่เหนียว เกาะกันแน่น ในขณะที่แป้งข้าวเจ้ามีสีขาวนวล เมื่อแป้งสุกจะมีความนุ่ม เมื่อทิ้งให้เย็นจะอยู่ตัวเป็นก้อน ร่วน ไม่เหนียว ส่วนแป้งมันสำปะหลังผลิตจากรากของต้นมันสำปะหลัง ผงแป้งละเอียด สีขาว เมื่อนำไปทำให้สุก มีความเหนียว หนืด สีใส จึงนิยมนำแป้งชนิดอื่นผสม เพื่อให้มีความเหนียวมากขึ้น (Sriroth and Piyachomkwan, 2007) โดยส่วนผสมของแป้ง มีส่วนสำคัญต่อสี และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

สำหรับการผลิตขนมจากมีการนำส่วนผสมไปห่อด้วยใบจากก่อนการย่างเพื่อรมควันให้กลิ่นควันติดอยู่ที่ขนมจาก ทั้งนี้ควันเกิดจากการเผาไหม้ของไม้หรือใบไม้ด้วยความร้อนจนเกิดเป็นควัน ความร้อนจากการเผาไหม้จะเกิดสารให้กลิ่น ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เกิดเป็นสารให้กลิ่นหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอล สารประกอบอะโรมาติก เป็นต้น (Faisal et al., 2023) จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่มีการศึกษาการใช้แป้งชนิดต่างๆ ในการทำขนมชนิดต่างๆ เช่น บิสกิต ขนมโมจิ ขนมปัง ขนมชั้น เป็นต้น (Honda et al., 2023; Mhatre et al., 2021) โดยแป้งแต่ละชนิดให้คุณลักษณะเนื้อสัมผัส ที่แตกต่างกัน ตามองค์ประกอบ และสัดส่วนขององค์ประกอบที่มีอยู่ในแป้ง โดยเฉพาะ อะไมโลสและอะไมโลเพคติน และส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแป้งแต่ละชนิด หรือแม้แต่แป้งผสม มีคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งขนมจากสำเร็จรูป โดยการศึกษาสูตรพื้นฐานการผลิตขนมจากที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ชนิดของแป้งที่จะนำมาใช้ในการผลิตแป้งที่มีกลิ่นควันใบจาก การผลิตแป้งที่มีกลิ่นควันใบจากทดแทนการใช้ใบจากสด รวมถึงการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และการยอมรับของผู้บริโภค โดยผลจากการวิจัย สามารถช่วยลดปัญหาข้อจำกัดของแหล่งวัตถุดิบ เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งขนมจากสำเร็จรูปที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ เพิ่มมูลค่าให้กับขนมไทยพื้นบ้าน เพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคให้สามารถใช้แป้งขนมจากสำเร็จรูปในการผลิตได้เองตามบ้านเรือน รวมถึงมีประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม และธุรกิจการจัดบริการอาหาร

วิธีการศึกษา

การศึกษาสูตรพื้นฐานที่ใช้ในการผลิตขนมจาก

งานวิจัยนี้คัดเลือกสูตรการผลิตขนมจากที่ได้รับการยอมรับจากแหล่งอ้างอิง 3 แหล่ง (Yamsuan, 2014; Charoenjit, 2015; Paengyuth and Sitthipakdee, 2017) โดยสูตรที่ใช้ในการผลิตแสดงรายละเอียดใน Table 1 มาผลิตโดยนำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมให้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำมาห่อโดยใช้ใบจากสด ให้ส่วนผสมมีความหนาประมาณ 1.5 เซนติเมตร แล้วให้ความร้อนโดยการย่างในเตาถ่านให้สุกโดยใช้อุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส นานประมาณ 5 นาที และประเมินคุณลักษณะทางกายภาพ ประกอบด้วย ค่าสีของผิวตัวอย่างด้วยเครื่องวัดสี (CR-400 Chroma meter, Konica Minolta, Japan) รายงานเป็นค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีเขียว/สีแดง (a^*) และค่าสีน้ำเงิน/เหลือง (b^*) การตรวจวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ((TA-Xt plus, Stable Micro Systems, England) รายงานเป็นค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง (Yu et al., 2010) ค่า water activity (Series 4 TE, Aqua Lab, United States) ทำการทดลอง 3 ซ้ำการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ CRD และการประเมินทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนในการประเมินทางประสาทสัมผัสจำนวน 80 คน โดย

วิธี 9-point hedonic scale วางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย Analysis of Variance และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan Multiple Range's Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อหาสูตรพื้นฐานที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิม และจะใช้ในการผลิตขนมจากสำเร็จรูปในการทดลองขั้นต่อไป

Table 1 Compositions of Khanom Chak

Ingredients	Formula 1 ¹	Formula 2 ²	Formula 3 ³
Black waxy rice flour	17.59	28.76	31.06
White waxy rice flour	17.59	-	-
Rice flour	-	9.57	-
Tapioca flour	-	-	6.36
Coconut sugar	21.66	23.62	22.95
Sugar	19.71	21.47	20.95
Salt	0.28	0.31	0.29
Water	22.98	16.36	18.38

¹Yamsuan, 2014; ²Charoenjit, 2015; ³Paengyuth and Sitthipakdee, 2017.

การผลิตแป้งที่มีกลิ่นควันใบจาก

โดยคัดเลือกใบจากสดที่มีลักษณะใบสมบูรณ์ สีเขียวเข้มเป็นมัน มาล้างทำความสะอาด เช็ดให้แห้ง จากนั้นตัดใบจากส่วนกลางของใบ ให้มีขนาดความยาวประมาณ 20 เซนติเมตร นำมาเผาให้เกิดกลิ่นควันที่อุณหภูมิ 100-130 องศาเซลเซียส และใช้ผงแป้งปริมาณ 100 กรัมต่อใบจากสด 150 กรัม ร่มควันที่ระยะเวลา 15 นาที จากนั้นนำแป้งที่มีกลิ่นควันใบจากไปเก็บในโถสุญญากาศขึ้นจนผงแป้งมีอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำมาบรรจุในสภาวะสุญญากาศ นำผงแป้งที่มีกลิ่นควันมาตรวจสอบคุณสมบัติของผงแป้งที่ไม่มีกลิ่นควัน โดยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope (SEM); Model Quanta 250, FEI, USA) ทำการโปรยตัวอย่างให้แผ่บางๆ เป็นชั้นเดียวบน Stub ทองเหลือง ซึ่งปิดด้วยเทปกาวยสองหน้า แล้วเคลือบผิวอนุภาคด้วยทองคำ ความหนาประมาณ 15-20 nm จากนั้นทำการส่องกล้อง SEM ที่ กำลังขยาย 35,000 เท่า

การเปรียบเทียบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

ทำการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ขนมที่ผลิตจากแป้งสำเร็จรูปด้วยวิธีการย่างบนกระทะ และแป้งขนมที่ปรับปรุงด้วยวิธีการดั้งเดิม (ตัวอย่างควบคุม) โดยคำนวณสูตรแป้งขนมจากสำเร็จรูป จากสูตรพื้นฐานที่คัดเลือกได้จากขั้นตอนการศึกษาสูตรที่ปรับปรุงเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้งของส่วนผสม แต่เปลี่ยนส่วนของแป้งที่ใช้ เป็นแป้งที่มีกลิ่นควันใบจาก โดยการผลิตขนมจาก จากแป้งขนมจากสำเร็จรูป โดยทำการผสมแป้งกับน้ำตาลตามอัตราส่วนที่ได้จากการคำนวณ ให้เป็นเนื้อเดียวกัน และนำส่วนผสม 25-27 กรัม ใส่พิมพ์ทรงสี่เหลี่ยมกำหนดขนาด 3x10.5x0.5 เซนติเมตร เพื่อกำหนดความหนาให้ขนมสุกสม่ำเสมอบนกระทะเทพลอนทรงแบน เป็นเวลาประมาณ 5-10 นาที อุณหภูมิใจกลางขนมอยู่ที่ 85 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยมีผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนในการประเมินทางประสาทสัมผัสจำนวน 80 คน โดยวิธี 9-point hedonic scale และทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ความแน่นเนื้อ ค่า water activity ของขนมทั้ง 2 สูตร วิเคราะห์ความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการผลิตขนมจาก

จากการผลิตขนมจากตามสูตรและกระบวนการผลิตโดยขนมจากแต่ละสูตร โดยจากรายละเอียดของสูตรที่ใช้ แสดงให้เห็นว่า องค์ประกอบและกระบวนการที่ส่งผลต่อคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสของขนมจากในแต่ละสูตร ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนของแป้ง ส่วนที่ให้กลิ่นรส และส่วนที่ทำให้เกิดกลิ่นควันจากใบจาก โดยเมื่อพิจารณาส่วนของแป้งที่ใช้ในการผลิตขนมจาก ที่มีสี และองค์ประกอบของอะไมโลส และอะไมโลเพคตินที่แตกต่างกัน (Hansawasdi, 2008) ส่งผลต่อลักษณะปรากฏ สีและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยขนมจากทั้ง 3 สูตร มีแป้งข้าวเหนียวดำเป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนอื่นๆ มีความแตกต่างกันที่มีการใช้แป้งข้าวเหนียวขาว (สูตรที่ 1) แป้งข้าวเจ้า (สูตรที่ 2) และแป้งมันสำปะหลัง (สูตรที่ 3) สำหรับ

ส่วนประกอบที่ให้กลิ่นรสชาติของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย น้ำตาลชนิดต่างๆ เกลือ และส่วนสุดท้ายคือส่วนของกลั่น ซึ่งเกิดจากน้ำตาลที่ใช้ และควันจากใบจาก

จากการผลิตผลิตภัณฑ์จากทั้ง 3 สูตร ได้ขนมจากแสดงดัง Figure 1 พบว่าการใช้แป้งในการผลิตขนมที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อคุณลักษณะของขนมจากที่ต่างกัน เนื่องจากแป้งที่ใช้จะมีลักษณะ ขนาด สี และรูปร่างของเม็ดแป้งที่ต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง (Hansawasdi, 2008) แป้งข้าวเหนียวดำ เป็นแป้งที่มีสีออกทางม่วงเข้ม ส่วนแป้งข้าวเหนียวขาว แป้งข้าวจ้าว และแป้งมันสำปะหลัง จะมีสีขาวนวล (Soinam and Suteebut, 2019) นอกจากนี้ แป้งข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวขาว ซึ่งเป็นแป้งที่มีอะไมโลเพคตินสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวจ้าว (Zhang et al., 2021) ขนมจากสูตรที่ 1 จะใช้ส่วนผสมแป้งข้าวเหนียวดำ ซึ่งมีสีม่วงเข้ม และผสมแป้งข้าวเหนียวขาว ในอัตราส่วน 1:1 อีกทั้งปริมาณของแป้งข้าวเหนียวดำมีน้อยกว่าสูตรอื่น เมื่อเทียบกับน้ำหนักส่วนผสมที่เท่ากัน ทำให้ลักษณะปรากฏ และสีของขนมจากอ่อนกว่าขนมจากสูตรที่ 2 และ 3 เห็นได้จาก Figure 1 และมีแนวโน้มการได้รับคะแนนความชอบทั้งในด้านลักษณะปรากฏ และสี ที่สูงกว่าสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 3 ($p > 0.05$) ดังแสดงใน Table 2 อย่างไรก็ตามปริมาณของแป้งที่ใช้ในการทำขนมในสูตรที่ 3 มีมากกว่าในสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ตามลำดับ ส่งผลต่อคะแนนความชอบในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส ดังจะเห็นได้ว่าคะแนนความชอบในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของสูตรที่ 3 มีแนวโน้มที่สูงกว่าสูตรที่ 2 ($p \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 1 ($p > 0.05$)



Figure 1 Khanom Chak from traditional process.

Table 2 Sensory evaluation of Khanom Chak

Attributes	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Appearance	7.23±1.33 ^a	6.70±1.24 ^b	6.97±1.10 ^{ab}
Color	7.13±1.22 ^a	6.43±1.19 ^b	6.77±1.01 ^{ab}
Smell (Nipa Palm leave smoke)	6.63±1.96 ^a	6.90±1.56 ^a	6.47±1.55 ^b
Firmness	6.53±1.98 ^{ab}	6.10±1.97 ^b	7.17±1.56 ^a
Flavor	6.60±1.63 ^a	6.13±1.87 ^b	6.43±1.81 ^{ab}
Sweetness	6.87±1.61 ^a	5.90±1.99 ^b	6.80±1.32 ^{ab}
Overall	7.00±1.44 ^a	6.17±1.82 ^b	6.80±1.86 ^{ab}

^{a-c} Different superscript letters within each row are significantly different ($p \leq 0.05$). Formula 1 consists of black sticky rice flour and white sticky rice flour; Formula 2 consists of black sticky rice flour and rice flour; Formula 3 consists of black sticky rice flour and tapioca flour.

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสใน Table 2 พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสหวาน และการยอมรับรวมที่ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 3 (ยกเว้นด้านกลิ่น) แต่มีแนวโน้มของค่าคะแนนในทุกคุณลักษณะที่ประเมิน ที่สูงกว่าสูตรที่ 3 และสูตรที่ 2 (ยกเว้นในด้านความแน่นเนื้อ และกลิ่น) สำหรับในด้านกลิ่นรส และรสชาติ ที่มีความแตกต่างกันของขนมจากในแต่ละสูตร มาจากชนิดของน้ำตาล รวมถึงสัดส่วนของน้ำตาลและเกลือที่ใช้ในส่วนผสม อีกทั้งยังมีกลิ่นควันใบจาก ซึ่งส่งผลให้ขนมจากมีกลิ่นรส และรสชาติที่ต่างกัน โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในด้านกลิ่นรสใน

สูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ที่ไม่แตกต่างกัน แต่สูตร 1 มีคะแนนความชอบในด้านกลิ่นและกลิ่นรสที่สูงกว่าสูตร 2 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สำหรับการตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ค่าความแน่นเนื้อ และค่า a_w แสดงดัง Table 3 โดยจากการทดลองพบว่า ชนิดและสัดส่วนของแป้งที่ใช้ในการทำขนมจากส่งผลต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ ($p \leq 0.05$) และความแน่นเนื้อของขนมจาก ($p \leq 0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่อค่าสีเขียว/สีแดง (a^*) ค่าสีน้ำเงิน/เหลือง (b^*) และ a_w ของผลิตภัณฑ์ ($p > 0.05$) ผลิตภัณฑ์จากสูตรที่ 1 มีค่าความสว่าง เท่ากับ 24.63 ซึ่งมีความแตกต่างจากสูตรอื่น ($p \leq 0.05$) อีกทั้งยังสอดคล้องกับลักษณะปรากฏที่เห็นได้ใน Figure 1 นอกจากนี้ขนมจากสูตร 1 ยังมีค่า a^* และค่า b^* เท่ากับ 2.32 และ 0.59 ตามลำดับ ส่วนขนมจากสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 มีส่วนผสมที่ใช้แป้งข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนที่มากกว่าขนมจากสูตรที่ 1 จึงทำให้สีของขนมจากมีสีม่วงเข้มจากแป้งข้าวเหนียวดำ ส่งผลให้ค่าความสว่างลดลง

Table 3 Physical properties of Khanom Chak

Khanom Chak	Physical properties				
	L*	a* ^{ns}	b* ^{ns}	Firmness (N)	a_w ^{ns}
Formula 1	24.63±0.40 ^a	2.32±0.49	0.59±0.11	164.21±3.86 ^b	0.78±0.03
Formula 2	23.16±0.47 ^b	2.20±0.64	0.82±0.34	111.86±9.31 ^c	0.71±0.08
Formula 3	22.92±0.41 ^b	2.56±0.55	0.88±0.29	248.36±7.68 ^a	0.73±0.04

^{a-c} Different superscript letters within each column are significantly different ($p \leq 0.05$). ^{ns} means not significantly different ($p > 0.05$) in the same column.

ผลการทดลองสอดคล้องกับการพัฒนาแป้งผสมสำเร็จรูปสำหรับขนมขอม่วงที่ใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวเหนียวดำพันธุ์ลิ้มผิวซึ่งเป็นแป้งที่มีรควัตถุเป็นสีม่วง เมื่อนำมาทำผลิตภัณฑ์จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างที่ลดลง และค่าความเป็นสีน้ำเงินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับสูตรพื้นฐานที่ใช้แป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวเหนียวที่มีสีขาว (Soinam and Suteebut, 2019) ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตและโพลีแซคคาไรด์ จะมีโครงสร้างและคุณลักษณะที่แตกต่างกันไปเนื่องจากองค์ประกอบของโพลีแซคคาไรด์ การจัดเรียงโครงสร้าง พฤติกรรมการไหล รวมถึงการสูญเสียรูปร่างของอาหารจากแรงกลจากการบิด เคี้ยว หรือการกดทับของแรงจากเครื่องมือ เป็นต้น (Yang et al., 2020) ซึ่งจากการทดลองใน Table 3 พบว่าค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของขนมจากสูตรที่ 3 สูงที่สุด รองลงมาได้แก่สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ตามลำดับ โดยขนมจากสูตรที่ 3 มีค่าความแน่นเนื้อ เท่ากับ 248.36 N ส่วนสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 164.21 N และ 111.86 N ตามลำดับ ผลการทดลองในด้านค่าความแน่นเนื้อของขนมจาก เมื่อพิจารณาาร่วมกันกับคะแนนประเมินความชอบของผลิตภัณฑ์ใน Table 2 ซึ่งพบว่าผู้ทดสอบหรือประเมินผลทางประสาทสัมผัส มีความชอบขนมจากในสูตรที่ 3 สูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 1 ($p > 0.05$) จึงอาจสรุปได้ว่าผู้ทดสอบมีความชอบขนมจากที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่น ทั้งนี้การที่ขนมจากมีความแน่นของเนื้อขนม เนื่องจากขนมจากมีสัดส่วนของแป้งข้าวเหนียวดำ ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นอะไมโลเพกติน จะมีคุณสมบัติที่ขึ้นเหนียวเมื่อได้รับความชื้น และความร้อน ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านเนื้อสัมผัสทำให้ความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น (Zhang et al., 2021)

สำหรับค่า a_w ของขนมจากจากทุกสูตร ซึ่งอยู่ระหว่าง 0.71-0.78 โดยผลการวัดค่า a_w ไม่ได้มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ผลิตภัณฑ์ขนมจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ถูกจัดอยู่ในอาหารกึ่งแห้ง (Intermediate Moisture Food, IMF) หมายถึง อาหารที่มีน้ำปานกลาง มีปริมาณมีค่า a_w ระหว่าง 0.60-0.85 (Jay et al., 2005) แนวทางในการผลิต เพื่อเก็บรักษาขนมจากสดจึงมีความจำเป็นต้องแช่เย็น หรือแช่เยือกแข็ง จะสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บไว้ได้นาน

กล่าวโดยสรุปในด้านความชอบโดยรวม สอดคล้องกับคะแนนความชอบของขนมจากในแต่ละคุณลักษณะ กล่าวคือ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความหวาน ของสูตรที่ 1 และ 3 สูงกว่าสูตรที่ 2 ($p \leq 0.05$) ยกเว้นในประเด็นด้านกลิ่น ที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ที่ได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าสูตรที่ 3 ($p \leq 0.05$) จึงส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวม ของสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 สูงกว่าสูตรที่ 2 โดยสูตรที่ 1 มีแนวโน้มการได้รับคะแนนความชอบอยู่ในระดับความชอบปานกลาง ดังแสดงรายละเอียดใน Table 2 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสมีความสอดคล้องกับการตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพกล่าวคือ ในด้านสี พบว่า สูตรที่ 1 ซึ่งมีความสว่างสูงกว่าสูตรอื่น มีความแน่นที่น้อยกว่าสูตรที่ 3 แต่ยังอยู่ในช่วงคะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 3 ผลิตภัณฑ์ขนมจากมีค่า a_w ระหว่าง 0-71-

0.78 ซึ่งจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเสื่อมเสียได้ง่าย ดังนั้นการดำเนินการทดลองขั้นต่อไป จึงเลือกสูตรพื้นฐานเป็นสูตรที่ 1 มาปรับปรุง ก่อนนำเฉพาะส่วนของแป้ง ไปผลิตแป้งที่มีกลิ่นควันใบจาก และผสมส่วนผสมที่ให้รสชาติ ในรูปของแห้ง เพื่อสามารถผลิตแป้งขนมจากสำเร็จรูป ในรูปของแห้ง ในการทดลองขั้นต่อไป

สถานะที่ใช้ในการผลิตแป้งที่มีกลิ่นควันใบจาก

จากการศึกษากระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแป้งที่มีกลิ่นควันใบจาก ใช้ใบจากสด 150 กรัม และนำเฉพาะส่วนของแป้งผสมปริมาณ 100 กรัม ที่ได้จากการคัดเลือกในสูตรพื้นฐานและผ่านการปรับปรุงจนได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิมไม่ต่ำกว่า 7 คะแนน จาก 9 คะแนน มาจัดใส่ในอุปกรณ์สำหรับการผลิตแป้งที่มีกลิ่นควันใบจาก ทำการให้ความร้อนโดยควบคุมอุณหภูมิการให้ความร้อนอยู่ในช่วง 100-130 องศาเซลเซียส อบรมควันแป้งผสม เป็นเวลา 15 นาที จะได้เป็นแป้งสำเร็จรูปกลิ่นควันใบจาก (Figure 2)



Figure 2 Nipa Palm smoke mixed flour.

การศึกษาลักษณะของเม็ดแป้ง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด SEM (Model Quanta 250, FEI, USA) เพื่อสังเกตเบื้องต้นถึงการปนเปื้อนของเขม่าควัน และลักษณะโครงสร้างของเม็ดแป้ง ที่อาจมีโอกาสดำเนินการเปลี่ยนแปลงขึ้นได้ในขั้นตอนการผลิตแป้งที่มีกลิ่นควันใบจาก โดยจาก Figure 3 แสดงให้เห็นว่า ลักษณะโครงสร้างของเม็ดแป้งที่ไม่ได้ผ่านการรมควัน (Figure 3a) และผ่านการรมควัน (Figure 3b) ที่ถ่ายจากกล้อง SEM มีรูปร่างทรงหลายเหลี่ยม (Polygonal) และมีขนาดประมาณ 3-6 ไมครอน (ดูจากกำลังขยายได้ภาพ) สอดคล้องกับ Olubunmi et al. (2008) ที่อธิบายลักษณะโครงสร้างของเม็ดแป้งจากข้าวว่ามีรูปร่างทรงหลายเหลี่ยม (Polygonal) มีขนาด 3-8 ไมครอนเมตร ซึ่งผลจากการตรวจสอบด้วยกล้อง SEM ไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเม็ดแป้ง และโครงสร้างของเม็ดแป้งในขั้นตอนการผลิตแป้งที่มีกลิ่นควันใบจาก อย่างไรก็ตามจากการสังเกตภาพด้านขวาของ Figure 3 จะเห็นว่ามีส่วนประกอบที่เกาะอยู่บริเวณผิวของเม็ดแป้ง ซึ่งอาจเกิดจากควันที่เกิดจากการเผาไหม้ของไม้หรือใบไม้ ซึ่งมีองค์ประกอบหลักได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน (Zhang et al., 2020) เมื่อไม้หรือใบไม้เกิดการเผาไหม้จะเกิดเป็นไอ หยดของเหลว อนุภาคของแข็ง และก๊าซ (Yang et al., 2007) โดยองค์ประกอบดังกล่าวส่งผลต่อการเกิดกลิ่นรสที่ดีให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร

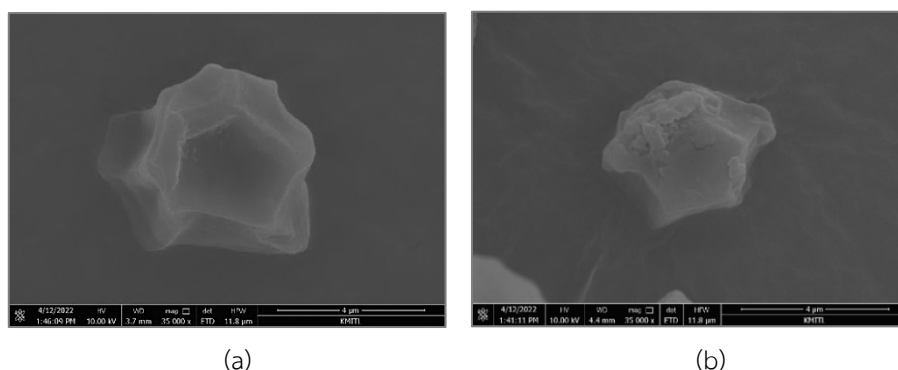


Figure 3 Scanning Electron Microscope (SEM) images at 35,000x. a: originated mixed flour; b: Nipa Palm smoke mixed flour.

การผลิตแป้งขนมจากสำเร็จรูป

จากการศึกษาสูตรพื้นฐานที่ใช้ในการผลิตขนมจากในส่วนแรก โดยการเลือกใช้สูตรที่ 1 ที่มีการใช้แป้งข้าวเหนียวดำและแป้งข้าวเหนียวขาว มีการปรับสัดส่วนของแป้งและน้ำเพื่อเพิ่มความแน่นเนื้อ การปรับรสชาติโดยใช้น้ำตาลมะพร้าวทั้งหมด เพื่อให้มีคะแนนในด้านกลิ่นรส รสชาติที่สูงขึ้น ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ที่ได้รับคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัส อย่างน้อย 7 คะแนน จาก 9 คะแนน ในทุกคุณลักษณะที่ทำการประเมินทางประสาทสัมผัส จากนั้นนำสูตรพื้นฐานที่ได้ปรับปรุงแล้วมาใช้ในการคำนวณปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักแห้งของส่วนผสมขนมจากสูตรต้นแบบ เพื่อให้ได้ปริมาณของส่วนผสมแห้งในผลิตภัณฑ์แป้งขนมจากสำเร็จรูป โดยมีการใช้น้ำตาลมะพร้าวผง การใช้แป้งผสม (แป้งข้าวเหนียวดำ และแป้งข้าวเหนียวขาว ตามสูตรต้นแบบ) ที่มีกลิ่นควั่นใบจาก เพื่อให้ได้แป้งขนมจากสำเร็จรูปที่มีองค์ประกอบแสดงดัง Table 4

Table 4 Compositions of instant Khanom Chak mixed powder

Ingredients	Amount (%)
Nipa Palm smoke mixed flour	63.02
Dried coconut sugar	36.47
Salt	0.50

สำหรับการผลิตขนมจากจากแป้งขนมจากสำเร็จรูปนั้น จะนำแป้งขนมจากตามสูตรใน Table 3 มาผสมกับน้ำสะอาด ในอัตราส่วน 63.07: 36.93 โดยน้ำหนัก ผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน และนำส่วนผสมที่ได้ประมาณ 25-27 กรัม เทลงพิมพ์ทรงสี่เหลี่ยมขนาด 3x10.5x0.5 เซนติเมตร และทำให้สุกบนกระทะเทพลอนทรงแบนเป็นเวลาประมาณ 5-10 นาที หรือจนกว่าขนมจะสุก และเปรียบเทียบคุณภาพขนมจากที่ใช้แป้งขนมจากสำเร็จรูป และขนมจากแบบสดที่ใช้ใบจากสดห่อแบบดั้งเดิมที่เป็นตัวอย่างควบคุม โดยการประเมินทางประสาทสัมผัส และการประเมินคุณลักษณะทางกายภาพ ผลการทดลองแสดงดัง Tables 4 and 5

Table 4 Sensory evaluation of Khanom Chak produced from improved formula and instant mixed powder

Attribute	Improved formula	Instant mixed powder
Appearance ^{ns}	7.40±0.89	7.57±0.97
Color ^{ns}	7.27±0.74	7.53±1.01
Smell (Nipa Palm leave smoke) ^{ns}	7.30±0.99	7.33±0.92
Firmness ^{ns}	7.17±0.87	7.43±0.90
Flavor ^{ns}	7.33±0.88	7.57±0.97
Sweetness ^{ns}	7.00±0.91	7.63±0.81
Overall ^{ns}	7.33±0.99	7.40±0.97

^{ns} means not significantly different ($p>0.05$) in the same row.

การประเมินทางประสาทสัมผัส โดยเปรียบเทียบขนมจากสูตรต้นแบบและขนมจากสูตรแป้งสำเร็จรูป พบว่า คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ ด้านสี ด้านกลิ่น (ใบจาก) ด้านเนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) ด้านกลิ่นรส ด้านรสหวาน และผลคะแนนความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กลุ่มผู้บริโภคประเมินความชอบในตัวอย่างขนมจากด้วยคะแนนมากกว่า 7 อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยเฉพาะลักษณะปรากฏ ด้านสี ด้านกลิ่น และเนื้อสัมผัสของขนมจากสูตรแป้งสำเร็จรูป มีคะแนนความชอบมากกว่าอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากขนมจากสูตรแป้งสำเร็จรูปนั้นจะมีขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกับขนมจากสูตรดั้งเดิมที่ห่อด้วยใบจากสด และใช้แป้งที่มีกลิ่นควั่นใบจาก ทำให้ขนมมีลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัสที่มีความสม่ำเสมอ ไม่มีเนื้อขนมส่วนที่ไหม้ติดใบจาก ที่มักเกิดขึ้นกับการปั้นขนมแบบดั้งเดิม ทำให้สามารถควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมจากได้อย่างเหมาะสม

สำหรับการประเมินคุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ค่าความแน่นเนื้อ และค่า a_w แสดงดัง Table 5

Table 5 Physical properties of Khanom Chak produced from improved formula and instant mixed powder

Khanom Chak	Physical properties				
	L*	a* ^{ns}	b* ^{ns}	Firmness (N)	a_w
Improved formula	24.93±0.37 ^a	2.83±0.40	0.89±0.72	169.13±1.73 ^a	0.79±0.03 ^b
Instant mixed powder	23.23±0.73 ^b	2.27±0.43	0.69±0.25	142.01±0.31 ^b	0.91±0.01 ^a

^{a-c} Different superscript letters within each column are significantly different ($p \leq 0.05$). ^{ns} means not significantly different ($p > 0.05$) in the same column.

ผลการประเมินคุณลักษณะทางกายภาพของขนมจากสูตรต้นแบบและขนมจากสูตรปรับปรุงสำเร็จรูป พบว่าขนมจากสูตรปรับปรุงสำเร็จรูปมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 23.23 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับขนมจากสูตรต้นแบบ จะเห็นได้จาก Figure 4 ขนมจากสูตรปรับปรุงสำเร็จรูปมีสีที่สว่างกว่าขนมจากต้นแบบอาจเนื่องมาจากสูตรปรับปรุงสำเร็จรูปมีควันทิ้งจากใบจากผสม นอกจากนั้นขนมจากสูตรปรับปรุงสำเร็จรูปมีค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ต่ำกว่าค่าความแน่นเนื้อของขนมจากสูตรต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงถึงลักษณะเนื้อสัมผัสที่ความนุ่มของขนมจาก สอดคล้องกับผลการประเมินทางประสาทสัมผัสตามตารางที่ 4 ปัจจัยคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสได้รับคะแนนความชอบสูงมากกว่า 7 อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ขนมจากสูตรปรับปรุงสำเร็จรูปที่ผลิตแล้ว มีค่า a_w มากกว่า 0.70 มีโอกาสเกิดการเสื่อมเสียและเกิดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (Igo and Schaffner, 2021) อีกทั้งเสื่อมเสียง่าย มีอายุการเก็บรักษาสั้น การเก็บรักษาในสภาวะของแห้ง และนำมาดูดคืนน้ำกลับ ก่อนการให้ความร้อน และการบริโภค จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมต่อผู้ผลิตและผู้บริโภคได้



Figure 4 Khanom Chak produced from improved formula (left) and instant mixed powder (right).

สรุปผลการศึกษา

จากการทดลองพบว่าสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการผลิตแป้งขนมจากมีส่วนประกอบหลักของแป้ง ประกอบด้วยแป้งข้าวเหนียวขาวและแป้งข้าวเหนียวดำ เมื่อมีการปรับปรุงองค์ประกอบที่ส่งผลต่อกลิ่น รสชาติ และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้ น้ำตาลมะพร้าว ทดแทนการใช้น้ำตาลทรายขาวผสมน้ำตาลทราย ส่งผลให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบ ไม่ต่ำกว่า 7 คะแนน จาก 9 คะแนน ในทุกคุณลักษณะ เมื่อนำส่วนผสมหลักของแป้งจากสูตรปรับปรุง ไปผ่านกระบวนการผลิตเป็นแป้งที่มีกลิ่นควันทิ้งจาก ใบจากสดต่อแป้งผสมที่อัตราส่วน 150:100 โดยน้ำหนัก มาจัดใส่ในอุปกรณ์สำหรับการผลิตแป้งที่มีกลิ่นควันทิ้งจาก ให้ความร้อนอยู่ในช่วง 100-130 องศาเซลเซียส 15 นาที และผลิตแป้งขนมจากสำเร็จรูปที่มีสัดส่วนของแป้งผสม: น้ำตาลมะพร้าว: เกลือ เท่ากับ 63.02:36.47:0.5 โดยน้ำหนัก และผสมน้ำที่อัตราส่วน แป้งสำเร็จรูป:น้ำ เท่ากับ 63.07:36.93 โดยน้ำหนัก และประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเทียบกับสูตรปรับปรุงที่มีกรรมวิธีการผลิตดั้งเดิม พบว่า คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะที่ประเมินไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยได้รับคะแนนความชอบไม่ต่ำกว่า 7 คะแนน จาก 9 คะแนน ในทุกคุณลักษณะ ดังนั้นผลิตภัณฑ์แป้งขนมจากสำเร็จรูปจึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้บริโภค เนื่องจากมีกรรมวิธีการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก และสามารถทำได้ในครัวเรือน

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ”

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม สมมุติฐาน การปฏิบัติการวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลผล: สिरาพา อินมาสม, การมีส่วนร่วมในความคิดริเริ่ม การวิเคราะห์และแปลผลการทดลอง การสรุปผลการทดลอง จัดหาแหล่งทุนวิจัย การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความ และแก้ไขบทความ: โสรยา เกิดพิบูลย์, การมีส่วนร่วมในการนำเสนอรูปแบบผลการทดลอง การวิเคราะห์และแปลผลการทดลอง การสรุปผลการทดลอง การมีส่วนร่วมในการแก้ไขบทความ: ปาจริย์ อิงคะสุภัทร, การวิพากษ์วิจารณ์ผล: พงษ์เสริฐ ศรีพรหม, การวิพากษ์วิจารณ์ผล: ณัฐพร โชติกาวิรินทร์, การวิพากษ์วิจารณ์ผล: ธงชัย พุฒทองศิริ

เอกสารอ้างอิง

- Charoenjit, P. (2015). **Khanom Chak is Available**. Retrieved from: http://www.matichonacademy.com/content/article_34918. (in Thai).
- Faisal, M., Kamaruzzaman, S., & Mukhilshien. (2023). Application of durian rind smoke powder to preserve chicken meatballs at room temperature. **Heliyon**, 9(9), e19576.
- Hansawasdi, C. (2008). **Chemistry of Starch and Modified Starch**. Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University. (in Thai).
- Honda, Y., Saito, Y., Katsumi, N., Nishikawa, M., & Takagi, H. (2023). Physicochemical properties of starch in rice flour with different hardening rates of glutinous rice cake (mochi). **Journal of Cereal Science**, 112(1), 103687.
- Igo, M. J., & Schaffner, D. W. (2021). Models for factors influencing pathogen survival in low water activity foods from literature data are highly significant but show large. **Food Microbiology**, 98(1), 103783.
- Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). **Modern food microbiology**. 7th Ed. Springer.
- Lapcikova, B., Lapcik, L., Valenda, T., Majar, P., & Ondroškova, K. (2021). Effect of the rice flour particle size and variety type on water holding capacity and water diffusivity in aqueous dispersions. **LWT-Food Science and Technology**, 142(1), 111082.
- Mhatre, R., Thankamani, M., Sonawane, S. K., & Bhushette, P. (2021). Comparative study of ice-cream cones developed from refined wheat, ragi, buckwheat, baira, amaranth, and composite flour. **Measurement: Food**, 6(1), 100033.
- Olubunmi, O., Oyi, A. R., & Allagh, T. S. (2008). Comparative evaluation of maize, rice and wheat starch powers as pharmaceutical excipients. **Nigerian Journal of Pharmaceutical Sciences**, 1(7), 131-138.
- Paengyuth, S., & Sitthipakdee, S. (2017). **Community Products- Khanom Chak**. Retrieved from: http://www.bangluek.go.th/otops/otop.php?salb_id=2. (in Thai).
- Samyori, D., Das, A. B., & Deka, S. C. (2017). Pigmented rice a potential source of bioactive compounds: A review. **International Journal of Food Science and Technology**, 52(5), 1073-1081.
- Soinam, P., & Suteebut, N. (2019). Development of instant mixed Chormuang powder. In **Proceedings of National Conference, Rangsit University 2019**, pp. 592-600. Rangsit University. (in Thai).
- Sriroth, K., & Piyachomkwan, K. (2007). Technology of starch. 4th Ed. Kasetsart University. (in Thai).
- Yamsuan, C. (2014). **Dessert from Young Coconut**. Retrieved from: <http://www.gotoknow.org/posts/131664>. (in Thai).
- Yang, X., Li, A., Li, X., Sun, L., & Guo, Y. (2020). An overview of classifications, properties of food polysaccharides and their links to applications in improving food textures. **Trends in Food Science and Technology**, 102(1), 1-15.
- Yang, H., Yan, R., Chen, H., Lee, D. H., & Zheng, C. (2007). Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. **Fuel**, 89 (12-13), 1781-1788.
- Yu., S., Ma, Y., & Sun, D. W. (2010). Effects of freezing rates on starch retrogradation and textural properties of cooked rice during storage. **LWT - Food Science and Technology**, 43(7), 1138-1143.
- Zhang, Y., Silcock, P., Jones, J. R., & Eyres, G. (2020). Changes in wood smoke volatile composition by manipulating the smoke generation conditions. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, 148(1), 104769.
- Zhang, Y., Dong, J., Deng, C., Qian, Y., Zhou, Y., Wang, N. F., & Zhang, Q. (2021). Effect of glutinous rice flour supplementation on the properties of wheat flour and salted noodles. **Journal of Food Processing and Preservation**, 45(11), 15856.

การพัฒนาเครื่องดื่มชาเพื่อสุขภาพจากชาเล็ดมังกร

Product Development of Healthy Tea Drink from Cam Leaves (*Peristrophe roxburghiana*)ภาสุรี ฤทธิเลิศ^{1*}Pasuree Rittilert^{1*}

Received date: 7 พ.ย. 66 Revised date: 11 มี.ค. 67 Accepted date: 22 มี.ค. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.006>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแปรรูปชาเล็ดมังกรเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากต้นชาเล็ดมังกร (*Peristrophe roxburghiana*) โดยศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสารพฤกษเคมีจากใบชาเล็ดมังกร จากนั้นแปรปริมาณใบชาเล็ดมังกรเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 0.125, 0.250, 0.375 และ 0.500% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เพื่อพัฒนาเป็นเครื่องดื่มชาเล็ดมังกร จากนั้นศึกษาการใช้สารสกัดน้ำตาลหล่อฮังก้วยแทนน้ำตาลทราย ได้แก่ 0, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30% ต่อน้ำหนักของน้ำชา และศึกษาอัตราส่วนของคอลลาเจนและอินูลินที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเครื่องดื่มชาเล็ดมังกร วิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีแดง (a*), ค่าความเป็นสีเหลือง (b*), chroma (C*) และ hue angle (h°), ค่าความใส (clarity, T₆₇₀), ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส จากการศึกษพบว่าชาเล็ดมังกรมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 7.19, 19.35, 0.33, 17.39 และ 15.84% โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ มีปริมาณรวมของสารโพลีฟีนอล และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) เท่ากับ 4,905.94 mg eq GA/g น้ำหนักแห้ง และ 179.74 mmole TE/g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ปริมาณชาเล็ดมังกรที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำชาเท่ากับ 0.375% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ให้น้ำชาสีแดง ปริมาณสารสกัดน้ำตาลหล่อฮังก้วยที่เหมาะสมเท่ากับ 0.20% ต่อน้ำหนักของน้ำชา และมีอัตราส่วนของคอลลาเจนต่ออินูลินที่เหมาะสมเท่ากับ 0.50:1.00 มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในระดับคะแนนความชอบปานกลางเท่ากับ 7.30 คะแนน มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาเล็ดมังกรผสมคอลลาเจนและอินูลิน 1 ขวด ปริมาตรสุทธิ 180 มิลลิลิตร ให้พลังงาน 10 กิโลแคลอรี โยอาหาร 2 กรัม และมีปริมาณโซเดียม 25 มิลลิกรัม ต่อหน่วยบริโภค

คำสำคัญ: ชาเล็ดมังกร เครื่องดื่มชาเล็ดมังกร สารสกัดน้ำตาลหล่อฮังก้วย คอลลาเจน อินูลิน

Abstract

The objective of this research was to process Cam leaves (*Peristrophe roxburghiana*) into a health beverage by studying the chemical and phytochemical composition of Cam tea leaves. The quantity of Cam tea leaves was then adjusted to four levels: 0.125, 0.250, 0.375, and 0.500% by weight per volume, to develop into a Cam tea beverage. Subsequently, the study explored the substitution of granulated sugar with Luo Han Guo extract at 0, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30% by weight of the tea, and investigated the suitable ratio of collagen to inulin for the quality of the Cam tea beverage. The product quality was analyzed, including lightness (L*), redness (a*), yellowness (b*), chroma (C*) and hue angle (h°), clarity (T₆₇₀), pH levels, and sensory quality assessment. It was found that Cam tea contained chemical components such as moisture, protein, fat, ash, fiber, and carbohydrates at 7.19, 19.35, 0.33, 17.39, and 15.84% by dry weight, respectively. The total polyphenol content and antioxidant activity, measured by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method, were 4,905.94 mg eq GA/g dry weight and 179.74 mmole TE/g dry weight, respectively. The optimal quantity of Cam tea for beverage production was found to be 0.375% by weight per volume, resulting in a red hue. The suitable concentration of Luo Han Guo extract was 0.20% by weight of the tea, and the ideal collagen to inulin ratio was 0.50:1.00. This ratio achieved the highest sensory acceptance score, significantly higher than other variations (p≤0.05), with a moderate liking score of 7.30. The nutritional value of the Cam tea beverage, mixed with collagen and inulin in a 180 ml bottle, was determined to provide 10 kilocalories of energy, 2 grams of dietary fiber, and 25 milligrams of sodium per consumption unit.

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี 13180

¹ Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Pathum Thani 13180

* Corresponding author: asuree@vru.ac.th

Keywords: cam leaves, tea drink, luo han guo extract, collagen, inulin

คำนำ

ต้นเลื่อมมังกร มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Peristrophe roxburghiana* เป็นพืชล้มลุกในวงศ์ Acanthaceae มีถิ่นกำเนิดบริเวณตอนใต้ของประเทศไทย มีลักษณะใบเดี่ยว ปลายใบแหลมสีเขียว ปลูกมากทางภาคเหนือของประเทศไทย นิยมนำส่วนของลำต้น ก้าน ใบมาทำแห้งเป็นชาด้วยการตากแดดหรืออบด้วยลมร้อน ลักษณะเด่นของชาเลื่อมมังกร คือเมื่อชงชาจะได้น้ำชาที่มีสีแดง โดยทั่วไปสารสีแดงพบมากในผักและผลไม้ เป็นสารที่ช่วยบำรุงร่างกาย มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยสารที่ให้สีม่วงและแดงที่พบในสารสกัดของใบต้นเลื่อมมังกรเป็นสารในกลุ่มของแอนโทไซยานิน ได้แก่ เพลาร์โกนิน (pelargonidin) และไพโรโนไซยานิน (pyranocyanidin) (Khue et al., 2014) จากข้อมูลผลการวิเคราะห์เบื้องต้นร่วมกับสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ในการตรวจสอบชนิดของสารพฤกษเคมีที่พบในต้นเลื่อมมังกร พบว่ามีสารในกลุ่มของแทนนิน (tannin) คูมาริน (coumarin) อัลคาลอยด์ (alkaloids) และ คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ (cardiac glycoside) และพบว่ามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบ (% DPPH free radical inhibition) ที่ระดับความเข้มข้น $513.06 \pm 16.09 \mu\text{g}/\text{m}$ จากข้อมูลงานวิจัยมีการนำต้นเลื่อมมังกรไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้แก่ ประเทศจีนบางพื้นที่ใช้ *Peristrophe roxburghiana* เป็นยารักษาโรคความดันโลหิตสูง วัณโรค หลอดลมอักเสบเฉียบพลัน ไวรัสตับอักเสบบี เบาหวาน เป็นต้น (Zhaojun et al., 2012) ประเทศอินโดนีเซียมีการสกัดสารสีจากต้นเลื่อมมังกร (*Peristrophe bivalvis*) ใช้เป็นสีย้อมผ้าฝ้ายจากสีธรรมชาติทดแทนสีย้อมสังเคราะห์ (Evitasari et al., 2019) นอกจากนี้ประเทศเวียดนามและบางประเทศในเอเชียได้มีการนำต้นเลื่อมมังกรมาใช้เป็นสารให้สีในอาหารต่างๆ เช่น นมถั่วเหลือง สีม่วง ขนมปังสีม่วง เค้กสีม่วง จี๊จสีม่วง ข้าวเหนียวสีม่วง วุ้นเส้นสีม่วง ลูกอมสีม่วง และไวน์ (Khue et al., 2014) ปัจจุบันผู้บริโภคใส่ใจต่อสุขภาพมากขึ้น จะเห็นได้จากการเลือกบริโภคอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ เครื่องดื่มที่มีสีสังจากวัตถุดิบธรรมชาติมาแปรรูปเครื่องดื่มให้น่าสนใจ เช่น สีชมพูออกแดงจากกระเจี๊ยบ เป็นต้น นอกจากนี้เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพเป็นเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ และมีคุณค่าทางโภชนาการหรือมีผลต่อสุขภาพสูงกว่าเครื่องดื่มทั่วไป ด้วยการเติมสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น อินูลิน คอลลาเจน หรือการลดปริมาณส่วนผสมที่อาจส่งผลเสียต่อสุขภาพ เช่น น้ำตาล เพื่อเป็นเครื่องดื่มทางเลือกที่ดีกว่า (National Food Institute, 2019) โดยการใช้สารให้ความหวานจากธรรมชาติ ได้แก่ สารสกัดน้ำตาลหล่อฮังก้วย เป็นต้น อินูลินมีสมบัติเป็นใยอาหารชนิดละลายน้ำได้ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการเติมอินูลินทดแทน ได้แก่ ใส่กรอกไขมันต่ำ (Srisamran et al., 2010) ไอศกรีม (Othong et al., 2020) เป็นต้น คอลลาเจนเป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยหน่วยย่อย คือ กรดแอมิโนที่เรียงต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ (peptide bond) นิยมนำคอลลาเจนไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพ อุตสาหกรรมยาและการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ โดยการใช้ประโยชน์ของคอลลาเจนทางด้านอุตสาหกรรมยาและทางการแพทย์ พบว่าการรับประทานคอลลาเจนปริมาณ 10 กรัมต่อวัน ช่วยลดการปวดข้อได้ (Moskowitz, 2000; Benito-Ruiz et al., 2009; Walrand et al., 2008) สามารถลดริ้วรอยเหี่ยวย่น (Tanaka et al., 2009) ปรับปรุงผิวให้ดีขึ้น (Zague, 2008) และช่วยปรับปรุงกระบวนการเมตาบอลิซึมของกระดูกได้ (Guillerminet et al., 2010; Koyama et al., 2001) ผลหล่อฮังก้วย หรือ monk fruit มีสารเฉพาะที่เรียกว่าโมโกรไซด์ (mogrosin) ซึ่งมีความหวานมากกว่าน้ำตาลประมาณ 250 เท่า มีรสหวานที่เป็นธรรมชาติแต่ไม่ทำให้พลังงานและไม่มีผลกระทบต่อระดับอินซูลินในเลือด จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานสำหรับผู้รักสุขภาพ และผู้ป่วย อาทิ ผู้ป่วยโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง จากข้อมูลงานวิจัยมีการใช้น้ำตาลหล่อฮังก้วยในอาหารและเครื่องดื่มในรูปหล่อฮังก้วยผง และสารสกัดน้ำตาลหล่อฮังก้วย โดยองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริการับรองให้ใช้สารให้ความหวานจากธรรมชาติ สารสกัดจากผลหล่อฮังก้วย (Luo Han Guo fruit extracts) ผสมในอาหารได้ (United States Food and Drug Administration, 2018) (Food Standards Australia New Zealand, 2018)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการแปรรูปชาเลื่อมมังกรเป็นเครื่องดื่มพร้อมดื่ม โดยศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสารพฤกษเคมีในใบชาเลื่อมมังกร ศึกษาการแปรรูปชาเลื่อมมังกรพร้อมดื่มเสริมใยอาหารและสารอาหารอื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ชาเลื่อมมังกรและส่งเสริมการปลูกต้นเลื่อมมังกรของกลุ่มเกษตรกร

วิธีการศึกษา

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสารพฤกษเคมีจากใบชาเลื่อมมังกร

นำใบชาเลื่อมมังกรอบแห้งทางการค้าที่ได้จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลิตชาอินทรีย์บ้านห้วยน้ำกลื่น อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสารพฤกษเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน (N x 6.25) ไขมัน เถ้า เส้นใย (AOAC, 2000) และคาร์โบไฮเดรตโดยการคำนวณ ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (total polyphenol) (Lu et al., 2016) ด้วยวิธี

Folin-ciocalteu ใช้กรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน และรายงานผลเป็น mg gallic acid equivalent/g dry sample (mg GAE/g dry sample) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH scavenging assay ใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐาน รายงานผลเป็น mmol Trolox/g dry sample (mmol TE/g dry sample) (Katsube and Tabata, 2004)

ศึกษาการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำชาเล็ดม้งกร ดังนี้

ศึกษาปริมาณใบชาเล็ดม้งกรที่เหมาะสมต่อคุณภาพของน้ำชา

โดยศึกษาปริมาณใบชาทั้งหมด 4 ระดับ คือ 0.125, 0.250, 0.375 และ 0.500% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ดัดแปลงปริมาณใบชาเล็ดม้งกรจากงานวิจัยของ Rittilert (2021) และวิธีการผลิตน้ำชาบรรจุขวดตามวิธีของ Rittilert (2018) เตรียมน้ำชาด้วยการต้มใบชาเล็ดม้งกรในน้ำเดือดนาน 5 นาที จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วบรรจุน้ำชาขณะร้อนในขวดแก้วที่ผ่านการล้างและนึ่งฆ่าเชื้อด้วยอุณหภูมิน้ำเดือด ($98 \pm 2^\circ\text{C}$) เป็นเวลา 10 นาที โดยให้มีปริมาตรบรรจุทั้งหมด 180 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท ทำให้เย็นโดยการแช่ในน้ำที่มีน้ำแข็งทันทีนาน 30 นาที นำน้ำชาเล็ดม้งกรไปวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE L^* , a^* , b^* , chroma (C^*) และ hue angle (h°) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น Ultrascan VIS (HunterLab, USA) โหมด TTRAN (total transmission), ค่าความใส โดยวัดค่าผ่านแสง (transmittance) ที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น Ultrascan VIS, ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง Microprocessor pH meter รุ่น Cyberscan (ยี่ห้อ Eutech, Singapore) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเล็ดม้งกรบรรจุขวดโดยทำให้เย็นทันทีภายในวันที่ผลิต ด้านความชอบต่อลักษณะปรากฏสี กลิ่น รสชาติ ความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบแต่ละคนจะได้ตัวอย่างเครื่องดื่มชาประมาณ 15 มิลลิลิตร ใส่ในถ้วยแก้วที่มีรหัสเลขสุ่ม 3 หลัก ใช้สเกลความชอบ 9 ระดับ (9 point hedonic scale) ให้ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด จนถึงระดับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

ศึกษาปริมาณสารทดแทนความหวานที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเครื่องดื่มชาเล็ดม้งกร

เมื่อได้ปริมาณชาที่เหมาะสม แล้วนำมาศึกษาการใช้สารทดแทนความหวานทดแทนน้ำตาลทรายในสูตรเครื่องดื่มชาเล็ดม้งกร ประกอบด้วยน้ำชาเล็ดม้งกร 100% และน้ำตาลทราย 17.5% โดยน้ำหนัก สารทดแทนความหวานเป็นสารสกัดน้ำตาลหล่ออังก๊วยแปรปริมาณ 6 ระดับ ได้แก่ 0, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30% ต่อน้ำหนักของน้ำชา (Parker et al., 2018) และนำเครื่องดื่มชาไปวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE L^* , a^* , b^* , chroma (C^*) และ hue angle (h°), ค่าความใส (clarity, $\%T_{670}$) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามการทดลองข้างต้น

ศึกษาปริมาณคอลลาเจนและอินูลินต่อคุณภาพของเครื่องดื่มชาเล็ดม้งกร

แปรปริมาณส่วนผสมโดยจัดสิ่งทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล 3×2 ในแผนการทดลองแบบสุ่มโดยตลอด (factorial 3×2 in CRD) ปัจจัยที่ศึกษามี 2 ปัจจัยคือปริมาณคอลลาเจน 3 ระดับ ได้แก่ 0, 0.25, 0.50% ตามงานวิจัยของ Lin et al. (2020) และปริมาณอินูลิน เป็น 2 ระดับ ได้แก่ 0.50, 1.00% ต่อน้ำหนักน้ำชา (Bilek and Bayram, 2015; Othong et al., 2020) ได้สิ่งทดลองจำนวน 6 สิ่งทดลอง โดยให้ส่วนผสมอื่นคงที่ และนำไปวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE L^* , a^* , b^* , chroma (C^*) และ hue angle (h°), ค่าความใส (clarity, $\%T_{670}$) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามการทดลองข้างต้น

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี และวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS version 23

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสารพฤกษเคมีจากใบชาเล็ดม้งกร

จากการศึกษาคุณภาพของชาเล็ดม้งกรทางการค้า พบว่าชาเล็ดม้งกรมีคุณลักษณะเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ชา (Thai Industrial Standards Institute, 2015) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสมุนไพรรวมแห้งขงดื่ม (Thai Industrial Standards Institute, 2013) ชาเล็ดม้งกรมีองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานมีปริมาณโปรตีนและแร่ธาตุสูง 19.35% และ 15.84% ตามลำดับ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมาก 37.20% (Table 1) ในทำนองเดียวกับงานวิจัยของ Ketmai et al. (2011) ได้ศึกษาคุณภาพทางโภชนาการของผักพืชบ้าน 4 ชนิด คือ ผักตำม้ง ผักกระดาดเขียว ผักดาหมัด และผักกล้วยเถื่อน ซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตเป็น

องค์ประกอบหลักเท่ากับ 65.57, 79.29, 45.92 และ 67.97% ตามลำดับ อีกทั้งยังมีไขมันต่ำเท่ากับ 3.62, 0.23, 3.66 และ 1.37% ตามลำดับ ส่วนงานวิจัยของ Chaichana et al. (2019) วิเคราะห์คุณภาพทางโภชนาการของผักแปม ซึ่งเป็นพืชอาหารพื้นเมืองในจังหวัดเชียงราย มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 50.53% และมีโปรตีนสูงเท่ากับ 20.77% ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับใบชาเลือดมังกร และผักแปมมีปริมาณไขมัน เส้นใย ถั่วเท่ากับ 3.56, 10.77 และ 9.93% ตามลำดับ ในส่วนของสารพฤกษเคมีพบว่าใบชาเลือดมังกรมีปริมาณรวมของสารโพลีฟีนอลเท่ากับ 4,905.94 mg eq GA/g น้ำหนักแห้ง และมีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์โดยวิธี DPPH radical scavenging assay เท่ากับ 179.74 mmole TE/g น้ำหนักแห้ง (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบกับสารพฤกษเคมีในชาดอกแค้นตะวันและสารสกัดหยาบของชาเขียว พบว่าชาเลือดมังกรมีสารพฤกษเคมีมากกว่าชาดอกแค้นตะวันที่มีปริมาณรวมของสารโพลีฟีนอล และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เท่ากับ 25.13 mg eq GA/g น้ำหนักแห้ง และ 63.44 mM TE/g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Rittilert, 2021) ชาเขียวมีปริมาณรวมของสารโพลีฟีนอลเท่ากับ 109.79 mg GAE/g น้ำหนักแห้ง และการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (IC₅₀) เท่ากับ 7.25 µg/ml (Naijitra and Cheoyman, 2016)

Table 1 Proximate analysis of chemical composition of Cam leaves (% dry basis)

Parameters	(Mean±S.D.)
Moisture	7.19±0.64
Protein	19.35±0.14
Fat	0.33±0.12
Crude Fiber	17.39±0.81
Ash	15.85±0.16
Carbohydrate	37.20±0.93
Total polyphenol (mg eq GA/g)	4,905.94±195.946
Total antioxidant activity (mmole TE/g)	179.74±1.180

ผลการศึกษาการแปรรูปเครื่องดื่มจากน้ำชาเลือดมังกร

ผลการศึกษาปริมาณใบชาเลือดมังกรต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสของน้ำชา

น้ำชาเลือดมังกรมีสีแดง /ม่วง รงควัตถุที่มีสีแดงหรือสีม่วงแดงพบได้ในพืชหลายชนิด และมักเป็นรงควัตถุที่อยู่ระหว่างสารสองชนิด คือ สารแอนโทไซยานินและสารบีตาไซยานิน ซึ่งเป็นสารประเภทที่ละลายได้ในน้ำ (Brockington et al., 2011) สารที่สกัดได้จากใบต้นเลือดมังกร (*Peristrophe bivalvis*) เป็นกลุ่มของเพลาโรโกนิน (pelargonidin) และไพราโนไซยานิน (pyranocyanidin) (Khue et al., 2014) สารสีของใบต้นเลือดมังกรสกัดได้ดีในน้ำร้อน (Quan et al., 2016) จากการศึกษาปริมาณใบชาเลือดมังกรในการเตรียมน้ำชาทั้งหมด 4 ระดับ ได้แก่ 0.125, 0.250, 0.375 และ 0.500% น้ำหนักต่อปริมาตร พบว่าการเพิ่มปริมาณใบชาเลือดมังกรทำให้น้ำชาสีเข้มขึ้น โดยค่าความสว่าง (L*) ลดลง และค่าความเป็นสีแดง (a*) เป็นบวกแสดงค่าความเป็นสีแดงลดลง ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เป็นลบแสดงค่าความเป็นสีน้ำเงิน และ b* เป็นบวกแสดงค่าความเป็นสีเหลืองเมื่อปริมาณใบชาเลือดมังกรเพิ่มขึ้น ส่วนค่าองศาของสี (hue angle, h°) ของน้ำชาเลือดมังกรที่ปริมาณใบชาเท่ากับ 0.125% แสดงเฉดสีม่วง (purple) ปริมาณใบชาเท่ากับ 0.250% แสดงเฉดสีแดง-ม่วง (warm red-purple) และปริมาณใบชาเท่ากับ 0.375-0.500% แสดงเฉดสีแดง (cool red) ในขณะที่ค่าความอิ่มตัวของสี chroma (C*) ลดลง แสดงความทึบของสีเพิ่มขึ้น (Figure 1) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 8.16-8.56 การเปลี่ยนแปลงของค่าสีอาจเป็นเพราะการใช้น้ำร้อนเป็นตัวทำละลาย ทำให้ปริมาณตัวถูกละลายที่มีปริมาณมาก มีรงควัตถุที่มีสีในใบชาเลือดมังกรละลายน้ำออกมาได้มากด้วย จึงทำให้น้ำชาสีเข้มขึ้น สอดคล้องกับค่าความสว่าง (L*) และค่าการผ่านของแสง (%T₆₇₀) มีความใสลดลงเมื่อปริมาณใบชาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (Table 2)



Figure 1 Appearance of tea drink from Cam leaves 0.125, 0.250, 0.375 and 0.500 % w/v.

Table 2 Color parameters values of tea drink from Cam leaves 0.125, 0.250, 0.375 and 0.500 % w/v.

Various qualities	Amount of Cam leaves (%)			
	0.125	0.250	0.375	0.500
Physical quality				
L*	22.89±0.18 ^a	9.48±0.42 ^b	4.11±0.49 ^c	3.29±0.34 ^c
a*	32.88±0.67 ^a	33.70±0.74 ^a	22.65±1.64 ^b	16.45±0.88 ^c
b*	-7.34±0.37 ^c	9.64±1.30 ^a	6.20±0.29 ^b	4.80±0.21 ^b
Clarity (%T ₆₇₀)	67.91±1.57 ^a	45.39±2.49 ^b	28.80±2.49 ^c	23.65±0.08 ^c
Hue angle (h°)	331.56±0.91 ^b	348.13±0.21 ^a	10.31±1.72 ^c	7.65±1.04 ^c
Chroma (C*)	3.30±0.07 ^a	2.81±0.02 ^b	1.41±0.04 ^c	1.59±0.05 ^c
Chemical quality				
pH	8.16±0.01 ^d	8.27±0.01 ^c	8.44±0.01 ^b	8.56±0.01 ^a

^{a-d} Different letters in the same row mean significantly different ($p \leq 0.05$).

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสชาเล็ดมังกร พบว่าชาเล็ดมังกรมีรสจืด ไม่ขม แต่มีความฝาดเล็กน้อย ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบน้ำชามากขึ้น ด้านสี กลิ่นรส รสชาติ ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวม ที่มีปริมาณใบชาเล็ดมังกรเพิ่มขึ้น 0.125-0.375% ในขณะที่การใช้ปริมาณใบชาเล็ดมังกรสูง 0.500% ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบน้ำชาลดลงในทุกด้านเป็นเพราะน้ำชามีรสฝาดมาก สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณรวมของสารโพลีฟีนอลของชาเล็ดมังกร (Table 1) สารที่มีผลต่อรสชาติของชาคือสารโพลีฟีนอล ทำให้เกิดรสฝาด (astringent taste) สารประกอบโพลีฟีนอลส่วนใหญ่เป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ส่งผลให้น้ำชาที่มีปริมาณใบชาเล็ดมังกรมาก มีรสฝาดและส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบของน้ำชาที่มีปริมาณใบชา 0.375% มากที่สุดในระดับคะแนนชอบปานกลาง (Figure 2) มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

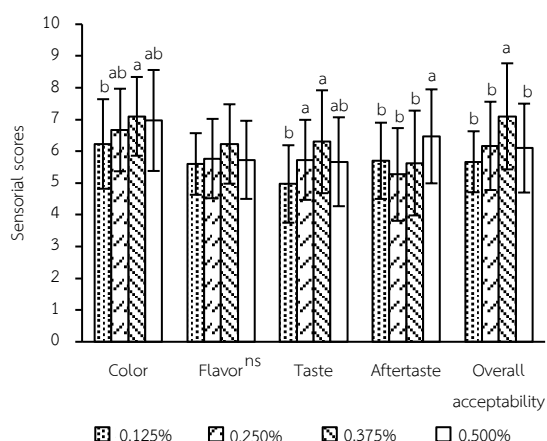


Figure 2 Sensory evaluation of tea drink from Cam leaves 0.125, 0.250, 0.375 and 0.500 % w/v. [^{a-b} Different letters on each bar indicate significant differences ($p \leq 0.05$), ^{ns} not significant different ($p > 0.05$)].

ผลการศึกษาปริมาณสารทดแทนความหวานที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเครื่องดื่มชาเล็ดมังกร

การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มชาเล็ดมังกรเพื่อสุขภาพ โดยการใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่มาจากธรรมชาติเป็นสารสกัดน้ำตาลหล่อฮังถั่ว (Luo han guo extract หรือ monk fruit extract) มีความหวานสูงกว่าน้ำตาลซูโครส มีค่าความหวานประมาณ 100-250 เท่า และเป็นสารให้ความหวานที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (glycemic index, GI) เท่ากับ 0 จึงไม่ส่งผลต่อการเพิ่มระดับน้ำตาลในเลือด (Tanaviyutpakdee and Srianujata, 2018) สารสกัดน้ำตาลหล่อฮังถั่ว มีองค์ประกอบคือ โมโกไซด์ (mogroside) เป็นสารให้รสหวาน ต้นเล็ดมังกรเป็นพืชที่มีแอนโทไซยานิน โดยแอนโทไซยานินเป็นไกลโคไซด์ที่มีหมู่น้ำตาลมาเกาะในโครงสร้าง ซึ่งน้ำตาลในโมเลกุลของแอนโทไซยานินมีส่วนช่วยให้แอนโทไซยานินสามารถคงตัวได้ สีของแอนโทไซยานิน

มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนของหมู่ไฮดรอกซิลหรือหมู่เมทอกซิล การเพิ่มหมู่ไฮดรอกซิลให้มากขึ้นจะทำให้มีสีเข้มขึ้น และสีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น และการเพิ่มหมู่เมทอกซิลแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลจะทำให้มีสีแดงเพิ่มขึ้นด้วยการสลายตัวของแอนโทไซยานินเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง เช่น ความเข้มข้นของน้ำตาล และ pH จะมีผลเร่งอัตราการสลายตัวของแอนโทไซยานิน ทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินและความเข้มของสีที่ปรากฏเปลี่ยนแปลงไป (Rattanapanone, 2014) จากการแปรปริมาณสารสกัดน้ำตาลหล่อฮังก้วยเป็น 6 ระดับ ได้แก่ 0, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 และ 0.30% พบว่าเครื่องดื่มมีค่าสี L^* , a^* , b^* และ $\%T_{670}$ ลดลง ค่า C^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อใช้สารสกัดน้ำตาลหล่อฮังก้วยเพิ่มขึ้น (Table 3) ค่า h° ของเครื่องดื่มชาเลือดมังกรแสดงเฉดสีเป็นสีแดง (cool red) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อาจเนื่องมาจากโมเลกุลของน้ำตาลหล่อฮังก้วยเข้าไปแทนที่น้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของสารแอนโทไซยานิน ทำให้โครงสร้างของแอนโทไซยานินมีความเข้มข้นของน้ำตาลมาก จึงส่งผลต่อค่าสีของเครื่องดื่มชาเลือดมังกรได้ นอกจากนี้น้ำตาลเป็นอีกหนึ่งปัจจัยหลักต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิน Ertan et al. (2018) ศึกษาผลของสารให้ความหวาน (ซูโครส น้ำเชื่อมมอลโทส และน้ำผึ้ง) ต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินในเนกต้าเชอร์รี่เปรี้ยว (SCN) และเนกต้าสตอเบอรี่ (SN) โดย SCN มีแอนโทไซยานินที่มีไซยานิดิน (cyanidin) เป็นหลัก และ SN มีแอนโทไซยานินที่มีเพลาโรโกนิน (pelargonidin) เป็นหลัก พบว่าน้ำเชื่อมมอลโทสเพิ่มความคงตัวของไซยานิดิน ขณะที่น้ำผึ้งลดความคงตัวของไซยานิดินใน SCN ในทางตรงกันข้ามน้ำเชื่อมมอลโทสจะไปลดความคงตัวของเพลาโรโกนิน โดยน้ำผึ้งให้ความคงตัวสูงกว่าซูโครสและน้ำเชื่อมมอลโทสใน SN ทั้งนี้ความแตกต่างของความคงตัวของแอนโทไซยานินเป็นผลมาจากการสลายตัวของน้ำตาลโดยเฉพาะน้ำตาลฟรุกโทส และอาจเป็นเพราะปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแอนโทไซยานินกับสารโคพิกเมนต์ (copigmentation) เช่น สารประกอบฟีนอลิก นอกจากนี้ผลการทดลองพบว่าเครื่องดื่มชาเลือดมังกรมีค่า pH เป็นด่าง อยู่ระหว่าง 8.36-8.58 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนไปเมื่อค่า pH เปลี่ยนไป เมื่อ pH สูงขึ้นทำให้ความเข้มของสีและความเข้มข้นของ flavylum cation ลดลง ทำให้โครงสร้างของแอนโทไซยานินเปลี่ยนจาก flavylum cation ซึ่งมีสีแดงในสารละลายที่เป็นกรดเปลี่ยนไปเป็น carbinol ที่ไม่มีสี และเมื่อค่า pH สูงขึ้นต่อไปอีกทำให้ carbinol เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ chalcone ซึ่งไม่มีสี สารละลายที่มีสมบัติเป็นด่างอ่อน pH ประมาณ 9 แอนโทไซยานินจะมีสีม่วงเข้มเกือบดำ และที่ pH มากกว่าหรือเท่ากับ 11 แอนโทไซยานินมีโครงสร้างแบบ blue quinoidal ซึ่งมีสีน้ำเงิน (Castaneda-Ovando et al., 2009) ดังนั้นกล่าวได้ว่าการใช้สารให้ความหวานน้ำตาลหล่อฮังก้วยอาจส่งผลต่อโครงสร้างของชนิดแอนโทไซยานินในชาเลือดมังกร และการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของเครื่องดื่มส่งผลให้ค่าสีของเครื่องดื่มมีการเปลี่ยนแปลงด้วย ผลคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มชาเลือดมังกรพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อรสชาติและความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มชาเลือดมังกรที่มีปริมาณสารสกัดน้ำตาลหล่อฮังก้วย 0.20% ในระดับคะแนนชอบปานกลางแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) (Table 4) ดังนั้นจึงเลือกใช้ปริมาณสารสกัดน้ำตาลหล่อฮังก้วย 0.20% ทดแทนน้ำตาลทรายในการพัฒนาเครื่องดื่มชาเลือดมังกรเพื่อสุขภาพต่อไป

Table 3 Color parameters and pH values of tea drink using Luo Han Guo extract as a sweetener

Parameters	Amount of Luo Han Guo extract (%)					
	0	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
L^*	4.38±0.08 ^{ab}	4.63±0.04 ^a	3.96±0.13 ^{bc}	4.20±0.20 ^{ab}	3.28±0.36 ^d	3.50±0.06 ^{cd}
a^*	27.15±0.32 ^a	27.23±0.24 ^a	24.85±0.18 ^b	23.60±0.45 ^c	20.84±0.60 ^d	22.56±0.22 ^c
b^*	5.89±0.21 ^a	4.87±0.05 ^{ab}	4.69±0.15 ^{ab}	5.11±0.49 ^{ab}	4.29±0.89 ^b	4.78±0.38 ^{ab}
Clarity ($\%T_{670}$)	29.02±0.21 ^a	29.11±0.22 ^a	27.44±0.03 ^b	27.40±0.20 ^b	26.45±0.04 ^c	24.47±0.07 ^d
Hue angle (h°) ^{ns}	7.95±0.61	5.71±1.80	5.15±0.86	4.20±1.58	4.54±1.16	6.88±1.66
Chroma (C^*)	1.48±0.03 ^b	2.03±0.07 ^a	2.06±0.05 ^a	1.52±0.02 ^b	1.60±0.06 ^b	0.94±0.02 ^c
pH	8.41±0.01 ^c	8.43±0.01 ^{bc}	8.36±0.02 ^c	8.44±0.03 ^{bc}	8.51±0.02 ^{ab}	8.58±0.01 ^a

^{a-d} Different letters in the same row mean significantly different ($p\leq 0.05$).

^{ns} not significant different ($p>0.05$).

Table 4 Sensory evaluation of tea drink using Luo Han Guo extract as a sweetener

Amount of Luo Han Guo extract (%)	Appearance ^{ns}	Color ^{ns}	Flavor	Taste	Overall acceptability
0	6.60±1.35	6.73±0.94	5.67±0.84 ^b	6.20±0.93 ^{bc}	6.40±0.97 ^{bc}
0.1	6.63±1.25	6.83±0.95	5.80±1.30 ^{ab}	5.77±1.10 ^c	6.03±0.96 ^c
0.15	6.63±1.30	6.77±0.90	5.80±1.19 ^{ab}	6.60±1.48 ^{ab}	6.90±1.49 ^{ab}
0.20	6.77±1.31	6.77±1.01	6.27±1.11 ^{ab}	7.03±0.93 ^a	7.33±1.05 ^a
0.25	6.50±1.31	6.67±1.03	6.23±1.07 ^{ab}	6.10±1.00 ^{bc}	6.17±1.05 ^c
0.30	6.43±1.41	6.60±1.07	6.40±1.07 ^a	6.23±1.31 ^{bc}	6.27±1.23 ^c

^{a-c} Different letters in the same column mean significantly different ($p \leq 0.05$).

^{ns} not significant different ($p > 0.05$).

ผลการศึกษาปริมาณคอลลาเจนและอินูลินที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเครื่องดื่มชาเล็ดมังกง

ในการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มชาเล็ดมังกงเพื่อสุขภาพ โดยศึกษาอัตราส่วนของคอลลาเจนและอินูลินที่เหมาะสมต่อคุณภาพของน้ำชาเล็ดมังกงพร้อมดื่ม จากการทดลองพบว่าเครื่องดื่มที่พัฒนาได้มีสีแดง (Figure 3) อัตราส่วนของคอลลาเจนและอินูลินมีผลต่อค่าสี L^* , a^* , b^* , ค่าความใส และค่า C^* (Table 5) โดยค่า L^* และ a^* และค่าความใสเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของคอลลาเจนเพิ่มขึ้น ในขณะที่ ค่า b^* ลดลงเมื่ออัตราส่วนของคอลลาเจนและอินูลินเพิ่มขึ้น ค่า h° อยู่ในช่วง 3.06-9.30 แสดงเฉดสีแดง (cool red) และมีค่า C^* ในระดับต่ำแสดงถึงความทึบแสง การเปลี่ยนแปลงค่าสีอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของเครื่องดื่ม ซึ่งคุณสมบัติของคอลลาเจนและอินูลินมีค่า pH เท่ากับ 5.7 และ 5.42 ตามลำดับ เมื่อเติมลงในน้ำชาเล็ดมังกงที่มี pH เท่ากับ 8.44 (Table 2) จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเป็นกลางเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเครื่องดื่มชาเล็ดมังกงมี pH อยู่ในช่วง 7.23-8.25 (Table 5) Rattanapanone (2014) กล่าวว่า ค่า pH ของสารละลายที่แอนโทไซยานินละลายอยู่ มีผลต่ออัตราการสลายตัวของแอนโทไซยานิน ทำให้สีเปลี่ยนไปได้ เช่น ไชยานินซึ่งเป็นสีแดงของเชอร์รี่และแครนเบอร์รี่จะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีม่วง และสีน้ำเงิน เมื่อค่า pH เปลี่ยนจาก 3 เป็น 8.5 และ 11 ตามลำดับ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงค่าสีของเครื่องดื่มชาเล็ดมังกง อาจเกิดจากอันตรกิริยาระหว่างสารโพลีฟีนอลในชาเล็ดมังกงกับโปรตีน ในทำนองเดียวกับงานวิจัยของ Mao et al. (2021) ศึกษาผลของการเติมโปรตีนมาตรฐาน bovine serum albumin (BSA) ลงในชาดำซึ่งมีสารประกอบโพลีฟีนอล ได้แก่ สารละลาย theaflavins (TFs) และ (-)-epigallocatechin-3-gallate (EGCG) พบว่าสารละลายน้ำชามีค่า L^* ลดลง ค่า a^* เพิ่มขึ้น สีของสารละลาย TFs เปลี่ยนจากสีเหลืองทอง (gold yellow) เป็นสีแดงกุหลาบอ่อน (soft rose red) และสีของสารละลาย EGCG เปลี่ยนจากเกือบไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อน (light pink) ในส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Table 6) พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในระดับคะแนนชอบปานกลางด้านกลิ่น รสชาติ และความโดยชอบรวมมากที่สุดที่เครื่องดื่มชาเล็ดมังกงที่มีปริมาณคอลลาเจนและอินูลินเท่ากับ 0.50:1.00 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

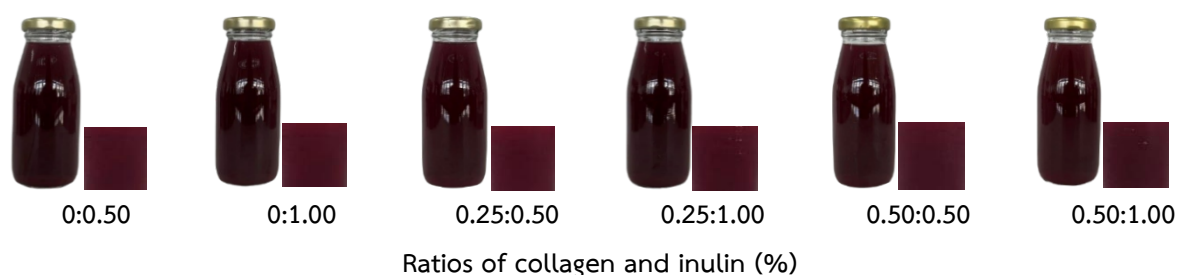
**Figure 3** Appearance of tea drink from collagen per inulin mixture.

Table 5 Color parameters and pH values of tea drink with the ratios of collagen and inulin

Parameters	Ratios of collagen and inulin (%)					
	0:0.50	0:1.00	0.25:0.50	0.25:1.00	0.50:0.50	0.50:1.00
L*	6.09±0.29 ^b	5.24±0.11 ^c	6.11±0.07 ^b	6.51±0.18 ^b	8.56±0.21 ^a	6.03±0.12 ^{bc}
a*	30.42±0.75 ^{bc}	28.79±0.10 ^c	31.29±0.26 ^b	31.89±0.50 ^b	34.26±0.30 ^a	29.67±0.14 ^{bc}
b*	6.50±0.18 ^{ab}	5.83±0.72 ^{ab}	6.01±0.32 ^{ab}	7.50±0.37 ^a	5.63±0.52 ^{ab}	4.70±0.23 ^b
Clarity (%T ₆₇₀)	35.79±0.12 ^{bc}	31.55±0.11 ^d	37.57±0.20 ^{bc}	39.12±0.10 ^b	45.16±0.08 ^a	35.24±0.23 ^c
Hue angle (h°)	3.06±1.75 ^c	6.35±1.00 ^{abc}	9.30±0.31 ^a	4.95±1.06 ^{bc}	7.70±3.54 ^{ab}	4.84±1.29 ^{bc}
Chroma (C*)	1.56±0.02 ^d	1.71±0.03 ^c	1.94±0.03 ^a	1.37±0.04 ^f	1.45±0.06 ^e	1.83±0.05 ^b
pH	8.11±0.01 ^b	8.25±0.01 ^a	7.53±0.03 ^d	7.81±0.02 ^c	7.46±0.02 ^e	7.23±0.00 ^f

^{a-f} Different letters in the same row mean significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 6 Sensory evaluation of tea drink with the ratios of collagen and inulin

Ratios of collagen and inulin (%)	Appearance ^{ns}	Colour ^{ns}	Flavor	Taste	Overall acceptance
0:0.50	7.10±1.09	7.47±1.33	6.43±1.25 ^c	6.83±1.05 ^b	6.90±1.06 ^{ab}
0:1.00	7.47±0.90	7.20±1.13	6.53±1.14 ^{bc}	6.90±0.89 ^{ab}	6.83±1.09 ^{ab}
0.25:0.50	7.20±1.13	7.43±1.10	6.77±1.31 ^{abc}	6.90±0.76 ^{ab}	6.60±1.48 ^b
0.25:1.00	7.27±1.05	7.27±1.02	7.20±1.03 ^{ab}	6.77±1.07 ^b	7.13±0.86 ^{ab}
0.50:0.50	7.17±0.95	7.30±0.99	7.43±1.22 ^a	7.50±1.57 ^a	7.03±1.10 ^{ab}
0.50:1.00	7.03±1.03	7.17±1.09	7.37±1.50 ^a	7.53±1.55 ^a	7.30±1.26 ^a

^{ns} not significant different ($p > 0.05$).

^{a-c} Different letters in the same column mean significantly different ($p \leq 0.05$).

คุณค่าทางโภชนาการ

ผลการวิเคราะห์สารอาหารของเครื่องดื่มชาเลือดม้งกรพร้อมดื่มผสมคอลลาเจนและอินูลิน บรรจุขวดแก้วใส ปริมาตรสุทธิ 180 มิลลิลิตร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 394 (พ.ศ. 2561) (Ministry of Public Health Notification, 2018b) จาก Figure 4 พบว่าเครื่องดื่มให้พลังงาน 10 กิโลแคลอรี ต่อหน่วยบริโภค และประกอบไปด้วยใยอาหารเท่ากับ 2 กรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ที่มาจากการเติมอินูลินลงในส่วนผสม ซึ่งอินูลินเป็นโพลีแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งในกลุ่มฟรุกแทน (fructan) ประกอบด้วยน้ำตาลฟรุกโตสที่เชื่อมต่อกันเป็นสายยาวจำนวน 2 ถึง 60 หน่วย (degree of polymerization, DP 2-60) ด้วยพันธะ β -(2 $\rightarrow$ 1) (Hoebregs, 1997; Coussement, 1999) มีคุณสมบัติคล้ายใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (soluble dietary fiber) (Radovanovic et al., 2015) และจัดเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) ปริมาณใยอาหารที่ควรได้รับต่อวัน คือ 25 กรัม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541 ว่าด้วยเรื่องสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปี ขึ้นไป (Thai RDI) (Ministry of Public Health Notification, 1998) นอกจากนี้พบว่าเครื่องดื่มยังประกอบด้วยโซเดียมเท่ากับ 25 มิลลิกรัม ต่อหน่วยบริโภค (ที่ไม่ได้มาจากการเติมลงในสูตรเครื่องดื่ม) สอดคล้องกับข้อมูลผลการวิเคราะห์เบื้องต้นของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยรายงานว่าชาเลือดม้งกรทางการค้ามีปริมาณโซเดียม 22.73 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งโซเดียมเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อร่างกาย ช่วยในการรักษาสมดุลของแรงดันของเหลว ควบคุมความเป็นกรดและด่าง ควบคุมการทำงานของหัวใจ และช่วยในกระบวนการส่งสัญญาณประสาท เพื่อควบคุมการทำงานของระบบ

ประสาทและกล้ามเนื้อ (Patel, 2009) แต่ควรบริโภคไม่เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 392 (พ.ศ. 2561) (Ministry of Public Health Notification, 2018a)

Nutrition Facts			
Serving size: 1 (180 milliliter)			
Servings per container: 1			
Amount per serving			
Calories 10 Kcal (Calories from Fat 0 Kcal)			
		% Daily Value*	
Total Fat	0 g	0	%
Saturated fat	0 g	0	%
Cholesterol	0 mg	0	%
Protein	0 g		
Total Carbohydrate	3 g	1	%
Dietary fiber	2 g	8	%
Sugar	0 g		
Sodium	25 mg	1	%
% Daily Value*			
Vitamin A	0 %	Vitamin B1	0 %
Vitamin B ₂	0 %	Calcium	0 %
Iron	0 %		
*Percent daily values based on a 2,000 calorie diet. Daily values may be higher or lower depending on individual calorie needs:			
		Calories: 2,000 Kcal	
Total fat	Less than	65 g	
Saturated fat	Less than	20 g	
Cholesterol	Less than	300 mg	
Total carbohydrate		300 g	
Dietary fiber		25 g	
Sodium	Less than	2,000 mg	
Calories per grams: Fat = 9; Protein = 4; Carbohydrate = 4			

Figure 4 The Nutrition Facts label of healthy tea drink containing inulin and collagen.

สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณใบชาเล็อดม้งกรที่เหมาะสมต่อการเตรียมน้ำชาเพื่อพัฒนาเครื่องดื่มชาเล็อดม้งกร การใช้สารให้ความหวานสารสกัดน้ำตาลหล่อยังกัวยทดแทนความหวานจากน้ำตาลทราย และปริมาณคอลลาเจนและอินูลินที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาเล็อดม้งกรเพื่อสุขภาพ จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณใบชาเล็อดม้งกรที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำชาเท่ากับ 0.375% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ให้น้ำชาที่มีเฉดสีเป็นสีแดง การใช้สารสกัดน้ำตาลหล่อยังกัวยทดแทนน้ำตาลทราย 0.20% ต่อน้ำหนักของน้ำชา ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด เครื่องดื่มที่ได้มีกลิ่นหอมคล้ายกับกลิ่นของน้ำจิบเลี้ยง และน้ำดอกเก๊กฮวย อัตราส่วนของคอลลาเจนต่ออินูลินที่เหมาะสม เท่ากับ 0.5:1.0 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมในระดับคะแนนชอบปานกลางมากที่สุด โดยผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มให้พลังงาน 10 กิโลแคลอรี โยอาหาร 2 กรัม และมีโซเดียม 25 มิลลิกรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (180 มิลลิลิตร) ซึ่งเป็นสูตรที่เหมาะสมในการนำไปใช้พัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์เพื่อผลิตเป็นเครื่องดื่มชาเล็อดม้งกรที่ตอบโจทย์ผู้บริโภคที่รักสุขภาพต่อไป

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2565 ที่สนับสนุนงบประมาณสำหรับการดำเนินงานวิจัยโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบการเพาะปลูกกลไกการตอบสนองทางสรีรวิทยาและการแปรรูปผลิตภัณฑ์ต้นเล็อดม้งกรในพื้นที่เพาะปลูกชุมชนผลิตชาอินทรีย์ห้วยน้ำกั้น

จังหวัดเชียงราย และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่สนับสนุนเครื่องมือในงานวิจัยนี้ งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เอกสารรับรอง COA No. 007/2023

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

การคิดริเริ่ม การตั้งสมมติฐาน การทำการทดลอง การจัดเก็บข้อมูลการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง และการเขียนบทความต้นฉบับ: ภาสุรี ฤทธิเลิศ.

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis**. 17th Ed. Association of official analytical chemists.
- Benito-Ruiz, P., Camacho-Zambrano, M. M., Carrillo-Arcatales, J. N., Mestanza-Peralta, M. A., Vallejo-Flores, C. A., Vargas-López, S. V., & Zurita-Gavilanes, L. A. (2009). A randomized controlled trial on the efficacy and safety of a food ingredient, collagen hydrolysate, for improving joint comfort. **International Journal of Food Science and Nutrition**, 60(2), 99-113.
- Bilek, S. E., & Bayram, S. K. (2015). Fruit juice drink production containing hydrolyzed collagen. **Journal of Functional Foods**, 14(1), 562-569.
- Brockington, S. F., Walker, R. H., Glover, B. J., Soltis, P. S., & Soltis, D. E. (2011). Complex pigment evolution in the Caryophyllales. **New Phytologist**, 190(4), 854-864.
- Castaneda-Ovando, A., de Lourdes Pacheco-Hernandez, M., Paez-Hernandez, M. E., Rodriguez, J. A., & Galan-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. **Food Chemistry**, 113(4), 859-871.
- Chaichana, N., Ruanto, P., Punyamneesorn, W., & Jaiban, S. (2019). Investigation of nutritional composition and antioxidant activity of *Lablab purpure* (L.) sweet and *Acanthopanax trifoliatum* Merr. (2562). **Ramkhamhaeng Research Journal Science and Technology**, 22(1), 23-29. (in Thai).
- Coussement, P. (1999). Inulin and oligofructose as dietary fiber: analytical, nutrition and legal aspects. In Cho, S. S., Prosky, L., & Greher, M. (Eds.). **Complex Carbohydrates in Food**, pp. 411-429. Marcel Dekker.
- Ertan, K., Turkyilmaz, M., & Ozkan, M. (2018). Effect of sweeteners on anthocyanin stability and colour properties of sour cherry and strawberry nectars during storage. **Journal of Food Science and Technology**, 55(10), 4346-4355.
- Evitasari, R. T., Edia, R., & Mindaryani, A. (2019). Dyeing of cotton fabric with natural dye from *Peristrophe bivalis* extract. In **Proceedings of AIP Conference**, pp. 1-11. Global Resource Conservation (ICGRC) and AIJ from Ritsumeikan University.
- Food Standards Australia New Zealand. (2018). **Risk and Technical Assessment Report-Appication A1129 Monk Fruit Extract as a Food Additive**. Retrieved from <https://www.foodstandards.gov.au/code/applications/documents/a1129%20sd1.pdf>
- Guillerminet, F., Beaupied, H., Fabien-Soulé, V., Tomé, D., Benhamou, C. L., Roux, C., & Blais, A. (2010). Hydrolyzed collagen improves bone metabolism and biomechanical parameters in ovariectomized mice: an in vitro and in vivo study. **Bone**, 46(3), 827-834.
- Hoebregts, H. (1997). Fructans in foods and food product, Ion-exchange chromatographic method: collaborative study. **Journal of AOAC International**, 80(5), 1029-1037.
- Katsube, T., & Tabata, H. (2004). Screening for antioxidant activity in edible plant products: Comparison of low-density lipoprotein oxidation assay, DPPH radical scavenging assay, and folin-ciocalteu assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 52(8), 2391-2396.
- Ketmai, W., Sumpunthamit, T., & Sutummawong, N. (2011). Nutritional values and antioxidant properties of 4 selected local vegetables in Kong-hra District, Phatthalung Province. **Thaksin University Journal**, 13(3), 133-140. (in Thai).
- Khue, D. B., Mai, D. S., Tuan, P. M., Oanh, D. T. B., & Van, L. T. H. (2014). *Peristrophe roxburghiana*-a review. **Annals Food Science and Technology**, 15(1), 1-9.
- Koyama, Y. I., Hirota, A., Takahara, H., Kuwaba, K., Kusubata, M., Matsubara, Y., & Kasugai, S. (2001). Ingestion of gelatin has differential effect on bone mineral density and body weight in protein undernutrition. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, 47(1), 84-86.
- Lin, P., Hua, N., Hsu, Y. C., Kan, K. W., Chen, J. H., Lin, Y. H., Lin, Y. H., & Kuan, C. M. (2020). Oral collagen drink for antiaging: Antioxidation, facilitation of the increase of collagen synthesis, and improvement of protein folding and DNA repair in human skin fibroblasts. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, 2020(1), 1-9.
- Lu, B., Li, M., & Yin, R. (2016). Phytochemical content, health benefits, and toxicology of common edible flowers: A review (2000-2015). **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 56(Suppl.1), S130-S148.

- Mao, Y. L., Wang, J. Q., Chen, G. S., Granato, D., Zhang, L., Fu, Y. Q., Gao, Y., Yin, J. F., Luo, L. X., & Xu, Y. Q. (2021). Effect of chemical composition of black tea infusion on the color of milky tea. **Food Research International**, 139(1), 109945.
- Ministry of Public Health Notification. (No. 182) B.E. 2541. (1998). Re: **Nutrition Labelling**. Retrieved from: https://exfood.fda.moph.go.th/law/announ_moph151-200.php. (in Thai).
- Ministry of Public Health Notification. (No. 392) B.E. 2561. (2018a). Issued by virtue of the food act B.E. 2522 Re: **Nutrition Labelling (No. 3)**. Retrieved from: https://exfood.fda.moph.go.th/law/announ_moph351-400.php. (in Thai).
- Ministry of Public Health Notification. (No. 394) B.E. 2561. (2018b). Issued by virtue of the food act B.E. 2522 Re: **Food Products Required to Bear Nutrition Labelling and Guideline Daily Amounts, GDA Labelling**. Retrieved from: https://exfood.fda.moph.go.th/law/announ_moph351-400.php. (in Thai).
- Moskowitz, R. W. (2000). Role of collagen hydrolysate in bone and joint disease. **Seminars in Arthritis and Rheumatism**, 30(2), 87-99.
- Naijitra, C., & Cheoyang, A. (2016). Evaluation of antioxidant activity, total phenolic and nicotine contents of 15 Thai herbs. **Thai Science and Technology Journal**, 24(2), 351-361. (in Thai).
- National Food Institute. (2019). **Thailand Food Market Report**. Retrieved from: https://fic.nfi.or.th/upload/market_overview/1OCT2019-Thailand_BFY%20drinks.pdf (in Thai).
- Othong, J., Klinmalai, L., & Chareonchai, A. (2020). The using inulin replaced with sugar in milk ice cream supplemented with chicken breast. **Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi**, 19(1), 39-50. (in Thai).
- Parker, M. N., Lopetcharat, K., & Drake, M. A. (2018). Consumer acceptance of natural sweeteners in protein beverages. **Journal of Dairy Science**, 101(10), 8875-8889.
- Patel, S. (2009). Sodium balance-an integrated physiological model and novel approach. **Saudi Journal of Kidney Diseases and Transplantation**, 20(4), 560-569.
- Quan, N. V., Khang, D. T., Dep, L. T., Minh, T. N., Nobukazu, N., & Xuan, T. D. (2016). The potential use of a food-dyeing plant *Peristrophe bivalvis* (L.) Merr. In Northern Vietnam. **International Journal of Pharmacology, Phytochemistry and Ethnomedicine**, 4(1), 14-26.
- Radovanovic, A., Stojceska, V., Plunkett, A., Jankovic, S., Milovanovic, D., & Cupara, S. (2015). The use of dry Jerusalem artichoke as a functional nutrient in developing extruded food with low glycemic index. **Food Chemistry**, 177(1), 81-88.
- Rattanapanone, N. (2014). **Food Chemistry**. Odeon Store. (in Thai).
- Rittilert, P. (2021). Physicochemical quality and sensory acceptance of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) flower tea. **Thai Journal of Science and Technology**, 10(2), 196-207. (in Thai).
- Rittilert, P. (2018). **Processed Beverage Product of Indian Marsh Fleabane Tea Leaf Manual**. Faculty of Agricultural Technology. Pathum Thani: Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage. (in Thai).
- Srisamran, R., Phunchaisri, C., Keokamnerd, T., & Daengprok, W. (2010). Effect of inulin on physical properties and sensory evaluation of low fat chicken sausage. In **Proceedings of Maejo University Conference**, pp. 421-427. International Education and Training Center. Maejo University. (in Thai).
- Tanaka, M., Koyama, Y. I., & Nomura, Y. (2009). Effects of collagen peptide ingestion on UV-B-induced skin damage. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, 73(4), 930-932.
- Tanaviyutpakdee, P., & Sriamujata, S. (2018). Intense sweeteners for health and weight control. **Thai Journal of Science and Technology**, 8(1), 93-104. (in Thai).
- Thai Industrial Standards Institute. (2013). **Thai Community Product Standard of Dried Mixed Herbs for Infusion (TCPS 996/2013)**. Thai Industrial Standards Institute. (in Thai).
- Thai Industrial Standards Institute. (2015). **Thai Community Product Standard of Tea (TCPS 120/2015)**. Thai Industrial Standards Institute. (in Thai).
- United States Food and Drug Administration. (2018). **Additional Information about High-Intensity Sweeteners Permitted for Use in Food in The United States**. Retrieved from: <https://www.fda.gov/food/food-additives-petitions/aspartame-and-other-sweeteners-food>
- Walrand, S., Chiotelli, E., Noirt, F., Mwewa, S., & Lassel, T. (2008). Consumption of a functional fermented milk containing collagen hydrolysate improves the concentration of collagen-specific amino acids in plasma. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 56(17), 7790-7795.
- Zague, V. (2008). A new view concerning the effects of collagen hydrolysate intake on skin properties. **Archives of Dermatological Research**, 300(9), 479-483.
- Zhaojun, Y., Yunhui, Z., Xiaoqing, Y., Wenyan, G., & Xinghua, J. (2012). Anti-inflammatory activity of chemical constituents isolated from *Peristrophe roxburghiana*. **Latin American Journal of Pharmacy**, 31(9), 1279-1284.

ผลการเจริญเติบโตของชาเมี่ยงจากการหยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาในพื้นที่บ้านตาแว่น อำเภอมือง จังหวัดน่าน

The Growth Effect of Miang Tea (*Camellia sinensis* var. *assamica*) after Dropping Mycorrhiza at Ban Tavan Nan Province

สุทธิดา ยอดแก้ว^{1*}, ธนภักษ์ อินยอด², ธนากร ลัทธินิธิสุวรรณ¹, ธนภัทร เต็มอารมณ², ทีฆา โยธapakdee³,

ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด⁴, ศิริรัตน์ สมประโคน¹, กันตพงศ์ เครือมา¹ และอลิษา อินจันทร์⁵

Sutthida Yotkaew^{1*}, Tanapak Inyod², Thanakorn Lattirasuvan¹, Thanapat Toemarrom², Teeka Yothapakdee³,

Thanyarat Chuesaard⁴, Sirirat Somprakon¹, Kunthaphong Kruama¹ and Alisa Injan⁵

Received date: 13 ธ.ค. 66 Revised date: 12 เม.ย. 67 Accepted date: 19 เม.ย. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.007>

บทคัดย่อ

เชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาที่อาศัยอยู่ตามรากพืช มีส่วนช่วยให้พืชดูดซับแร่ธาตุในดินได้มากขึ้น ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของชาเมี่ยงจากการหยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา ในอัตราต่าง ๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตและการเข้าอาศัยของไมคอร์ไรซาในรากชาเมี่ยง โดยใช้แผนการทดลองแบบ completely randomized design ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ (แต่ละซ้ำใช้กล้าชาเมี่ยง 15 ต้น) ได้แก่ 1) การไม่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา (control) 2) หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 10 มม. 3) หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 20 มม. 4) หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 30 มม. ติดตามการเจริญเติบโตโดยการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับคอรากชิดดิน ความสูง และขนาดทรงพุ่มของชาเมี่ยง ในเรือนเพาะชำ 5 เดือน จากนั้นย้ายลงในแปลงปลูกต่ออีก 3 เดือน ผลการศึกษา พบว่า ชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 20 และ 30 มม. มี%การติดเชื้อไมคอร์ไรซามากที่สุด เท่ากันคือ 30 % จึงส่งผลให้ขนาดลำต้นที่คอรากชิดดิน และความสูงมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 10 มม. และชาเมี่ยงที่ไม่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้น อัตราที่เหมาะสมในการหยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา เพื่อช่วยส่งเสริมให้ต้นชาเมี่ยงมีเจริญเติบโตได้ดี คือ การหยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 20 มม. จำนวน 2 ครั้ง

คำสำคัญ : ชาเมี่ยง ไมคอร์ไรซา จังหวัดน่าน สมบัติดิน

Abstract

Mycorrhiza fungi that reside along plant roots are found to help plants absorb more minerals from the soil, thereby enhancing their growth. This study aimed to investigate the growth of Miang tea by applying different rates of Mycorrhiza droppings, which affected the growth and colonization of Mycorrhiza in the Miang tea roots. The experimental design exploited completely randomized design (CRD) and consisted of four treatments with three replicates each (each replicate used 15 Miang tea seedlings): 1) no Mycorrhiza droppings (control group), 2) 10 milliliters of Mycorrhiza droppings, 3) 20 milliliters of Mycorrhiza droppings, and 4) 30 milliliters of Mycorrhiza droppings. Growth was monitored by measuring the stem diameter at the root neck level, stem height, and canopy width of the Miang tea in a nursery for five months, followed by transplanting to the field for an additional three months. The results showed that Miang tea treated with 20 and 30 milliliters of Mycorrhiza droppings had the highest Mycorrhiza colonization rates, with both at 30 percent, significantly improving stem diameter at the root neck level and height compared to those treated with 10 milliliters and the control group, at a 95% confidence level. Therefore,

¹ สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 55140

² สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ปทุมธานี 12120

³ สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์เพื่อการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ. แพร่ 54140

⁴ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

⁵ สาขาวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

¹ Forest Management, The Established Project of College of Forestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae, 54140

² Thailand institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Pathum Thani 12120

³ Department Applied Economics for Community Development, Maejo University, Phrae Campus, Phrae 54140

⁴ Basic Science, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140

⁵ General Education Department, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140

* Corresponding author: sutthida7682@gmail.com

the appropriate rate for dropping Mycorrhiza to promote optimal growth of Miang tea was identified as 20 milliliters, applying twice.

Keywords : Miang tea, Mycorrhiza, Nan province, soil properties

คำนำ

ชาเหมียง หรือชาอัสสัม (*Camellia sinensis* var. *Assamica*) เป็นพืชในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ (อพ.สธ.) มีต้นกำเนิดจากรัฐอัสสัม ประเทศอินเดีย ในประเทศไทยพบมากบนพื้นที่สูงทางจังหวัดภาคเหนือ ซึ่งมีการใช้ประโยชน์มาเป็นเวลานาน สวนชาเหมียงเป็นระบบวนเกษตรที่มีลักษณะเป็นวนเกษตรที่สมดุล มีการทำการเกษตรภายใต้การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ มีการรักษาต้นไม้ การทำแนวกันไฟ ไม่ใช้สารเคมีในการจัดการและเป็นระบบการเกษตรที่รักษาสภาพแวดล้อมปกป้องผืนป่าที่เป็นแหล่งต้นน้ำและทรัพยากรที่มีคุณค่า สภาพสวนชาเหมียงมีความหลากหลายทางชีวภาพ พบพืชพันธุ์ พืชอาหารและสัตว์อื่น ๆ (Boonlaw et al., 2010) ส่วนประโยชน์ของชาเหมียง เช่น มีสารสำคัญในการต่อต้านอนุมูลอิสระ ลดอัตราการเกิดมะเร็งที่อวัยวะต่าง ๆ ลดความเสี่ยงของโรคกล้ามเนื้อหัวใจ ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในช่องปากและประโยชน์อื่น ๆ อีกมากมาย (Tea and Coffee Institute of Mae Fah Luang University., 2012) ทั้งนี้การเจริญเติบโตของต้นชาเหมียงที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ โดยเฉพาะปัจจัยของดิน ธาตุอาหารในดิน และปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่น เช่น สภาพอากาศ ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น การใช้เห็ดไมคอร์ไรซาร่วมกับการปลูกต้นไม้เพื่อเร่งการเจริญเติบโต เพิ่มผลผลิตเพิ่มความแข็งแรงให้กับต้นไม้ และได้ผลผลิตเป็นเห็ดที่กินได้ เริ่มเป็นที่นิยมในปัจจุบัน โดยเห็ดไมคอร์ไรซา (mycorrhiza) เป็นเชื้อราชนิดหนึ่งที่อาศัยอยู่ตามรากของต้นไม้ มีคุณสมบัติช่วยให้พืชสามารถดูดซับแร่ธาตุในดินได้ดีขึ้น เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่พืช ทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี ส่วนพืชจะให้อาหาร ที่อยู่อาศัย และความชื้นแก่เห็ด (Inyod et al., 2021a) ในการเลือกใช้เห็ดไมคอร์ไรซากับต้นชาเหมียงจะเลือกใช้เห็ดที่เติบโต เนื่องจากมีการพบเห็ดที่โตสามารถเติบโตได้ในพื้นที่สวนชาเหมียงบางพื้นที่ ซึ่งเห็ดที่โตเป็นเห็ดราเอคโตไมคอร์ไรซาที่อาศัยอยู่กับรากพืชได้หลายชนิด เช่น พืชวงศ์ถั่ว ไม้ผลยืนต้นหลายชนิด และเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมและมีความชื้นที่เหมาะสมเส้นใยจะรวมตัวกันออกเป็นดอกเห็ดบริเวณโคนต้นไม้ที่มีรากพืชกระจายอยู่และเป็นเห็ดที่นิยมนำมาประกอบอาหารรับประทาน ซึ่งเห็ดชนิดนี้ถือว่ามีราคาค่อนข้างแพง ในปัจจุบันพื้นที่สวนชาเหมียงบางส่วนมักถูกเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่การเกษตรอื่น ๆ เช่น สวนลำไย สวนยางพารา และไร่ข้าวโพด ทำให้พื้นที่ปลูกชาเหมียงที่ยังเป็นพื้นที่ป่าถูกทำลายลง แต่ก็ยังมีเกษตรกรบางส่วนที่ยังคงทำสวนชาเหมียงอยู่เพื่อต้องการรักษาพื้นที่ป่าต้นน้ำและอนุรักษ์อาชีพการทำเหมียง อย่างไรก็ตามพื้นที่สวนชาเหมียงในปัจจุบันมีจำนวนลดลงจากแต่ก่อนมากเนื่องจากการบริโภคเหมียงลดลง การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลการเจริญเติบโตของชาเหมียงจากหยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาในสภาพการเจริญเติบโตในเรือนเพาะชำและในพื้นที่แปลงปลูก 2) ศึกษา%การติดเชื้อไมคอร์ไรซาในกล้าชาเหมียง 3) ศึกษาสมบัติของดินในพื้นที่สวนชาเหมียงทางด้านกายภาพ และด้านเคมี สำหรับเป็นแนวทางจัดการในการปลูกและเพิ่มผลผลิตชาเหมียงให้มากขึ้น ทั้งยังสร้างแรงจูงใจให้เกษตรกรอนุรักษ์การทำสวนชาเหมียง และเป็นแหล่งเก็บเห็ดป่ากินได้ นำมาบริโภคหรือจำหน่าย ช่วยลดค่าใช้จ่ายหรือเพิ่มรายได้ในครัวเรือน ควบคู่ไปกับทรัพยากรป่าไม้ที่เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารให้คงอยู่ต่อไป

วิธีการศึกษา

การเลือกพื้นที่ศึกษา

ดำเนินการศึกษาในพื้นที่ บ้านตาแวน ตำบลเรือง อำเภอน่าน จังหวัดน่าน ซึ่งเป็นหมู่บ้านที่ยังประกอบอาชีพในการทำสวนชาเหมียงอยู่ พบว่า ทำสวนชาเหมียงเฉลี่ย 2.2 ไร่/ครัวเรือน โดยระยะเวลาการทำสวนชาเหมียง มีอายุสวนชาเหมียงมากกว่า 50 ปีขึ้นไป (Fongthiwong, 2021) เกษตรกรที่ทำสวนชาเหมียงส่วนมากเป็นคนในพื้นที่ และมีอาชีพทำสวนชาเหมียงที่เป็นมรดกตกทอดจากบรรพบุรุษจนถึงปัจจุบัน บ้านตาแวนมีพื้นที่ป่าชุมชน 7,800 ไร่ มีการทำป่าเหมียงพื้นที่ประมาณ 1,000 ไร่ สภาพป่าเป็นป่าดิบแล้งและป่าเบญจพรรณ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดลำห้วยหลวง ซึ่งมีน้ำไหลตลอดทั้งปี ความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางมีความสูงระหว่าง 279-418 ม. จากระดับน้ำทะเล อุณหภูมิพื้นที่เฉลี่ย 26.47 °C ปริมาณน้ำฝน 1,341.51 มม. และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 91.10 % (Table 1) ในการใช้ประโยชน์มีการเก็บใบเหมียง ปีละ 3 - 4 ครั้ง มีผลผลิตเฉลี่ย 600 กก./ไร่/ปี มีรายได้เฉลี่ย ไร่ละ 20,000 บาท/ปี ป่าชุมชนมีผลผลิตชาเหมียง เฉลี่ย 600 ตัน/ปี สร้างรายได้ให้กับชุมชน ปีละ 9 ล้านบาท (Kaiwijit and Pampasit, 2022) ปัจจัยทางด้านธรณีพื้นที่จังหวัดน่านประกอบด้วยเทือกเขา และที่ลุ่มล้อมรอบด้วยเทือกเขา ซึ่งรองรับด้วยหินอายุตั้งแต่ 408 ล้านปี ประกอบด้วยหินตะกอนชนิดหินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน หินเชิร์ต หินตะกอนแก้วภูเขาไฟ

และหินปูน ส่วนบริเวณพื้นที่บ้านตาแวน อำเภอมือง จังหวัดน่าน ลักษณะหินเป็นหินทราย หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินปูนเนื้อดิน หินโรลิติกที่พื้กึ่งแปรสภาพ หินดินดาน หินเชิร์ต และหินปูนเนื้อไขปลา (ชุดหิน PTR) ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูง สลับกับพื้นที่ราบ สามารถใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกได้ดี เนื่องจากมีแร่ธาตุที่อุดมสมบูรณ์เหมาะสมกับการปลูกพืช และยังมีธาตุอาหารที่โดดเด่น คือ แคลเซียม (Department of Mineral Resources, 2012) การวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการทดลองและเก็บข้อมูลในแปลงตัวอย่าง 3 แปลง ในพื้นที่ของเกษตรกรที่ทำสวนชาเมี่ยง ตามระบบพิกัดกริดแบบ UTM ดังนี้ แปลงที่ 1 : 47Q X0672178, Y2078457 แปลงที่ 2 : 47Q X0673831, Y2078608 และแปลงที่ 3 : 47Q X0674260, Y2077345

Table 1 Fundamental information of study sites

Fundamental information	Tavan Village (n=3)
Age of land use (year)	>50
Size (Rai/household)	2.2
Elevation (MSL)	279-418
Average temperature (°C)	26.47
Average annual rainfall (mm.)	1,341.51
Average relative Humidity (%)	91.10
Parent material	sedimentary rock (PTR)

Age of land use and average size information from the interview. Elevation was measured using GPS (Garmin eTrex 10) temperature, average rainfall and average relative humidity form Meteorological Department of Thailand.

แผนการทดลองและกรรมวิธีทดลอง

การทดลองนำเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา (เส้นใยเห็ดดับเตาที่เจริญในเมล็ดข้าวฟ่าง) มาใช้ในอัตราที่แตกต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) จำนวน 4 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ (แต่ละซ้ำใช้ต้นชาเมี่ยง 15 ต้น) ได้แก่ 1) การไม่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา (control) 2) หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 10 มม. 3) หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 20 มม. 4) หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 30 มม. ทดสอบโดยการหยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาลงในดินที่เพาะต้นกล้าชาเมี่ยง ทำการทดลองภายในเรือนเพาะชำโรงเรือนแบบเปิด และแปลงปลูก ในพื้นที่บ้านตาแวน ตำบลเรือง อำเภอมือง จังหวัดน่าน

การเตรียมเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา

นำเส้นใยเชื้อเห็ดดับเตาที่เจริญในเมล็ดข้าวฟ่างจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) มาทำเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาตามอัตราส่วนที่แนะนำจากคู่มือเพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้กับกล้าไม้ โดยใช้เส้นใยเห็ดดับเตาที่เจริญในเมล็ดข้าวฟ่างต่อน้ำที่ปราศจากคลอรีนอัตราส่วน 2 ขวด ต่อน้ำ 1 ลิตร ปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันให้เส้นใยเห็ดผสมกับน้ำ จะได้เชื้อเห็ดที่พร้อมใช้ในการทดลอง (Highland Research and Development Institute (Public Organization), 2020)

การปลูกพืชทดลอง

เตรียมเมล็ดชาเมี่ยงที่คัดเลือกไว้ เพาะในถุงเพาะชำขนาด 2X6 ซม. ที่มีวัสดุเพาะ คือ ดินผสมแกลบหมักอัตราส่วน 2:1 ทำการทดลองภายในเรือนเพาะชำโรงเรือนแบบเปิด รดน้ำเปล่าทุกวัน วันละ 1 ครั้ง หลังจากเพาะเมล็ดได้ 1 เดือน ทำการหยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาครั้งที่ 1 และหลังจากเพาะเมล็ดได้ 2 เดือน ทำการหยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาครั้งที่ 2 ด้วยกระบอกลีเดียตามอัตราที่ระบุในแผนการทดลอง โดยแต่ละกรรมวิธีวางแยกกันไม่ให้งอกของชาเมี่ยงแต่ละกรรมวิธีแตกต่างกัน และให้น้ำเปล่าวันละ 1 ครั้ง เมื่อต้นกล้าอายุได้ 5 เดือน ย้ายไปปลูกลงในแปลงปลูกทั้ง 3 แปลง โดยแต่ละแปลงประกอบไปด้วยต้นชาเมี่ยงกรรมวิธีละ 15 ต้น (แปลงละ 60 ต้น) ภายหลังปลูกในแปลงได้ 1 เดือน ทำการเก็บรากฝอยเพื่อหา%การติดเชื้อไมคอร์ไรซา

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของพืชทดลอง

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นชาเมี่ยงในเรือนเพาะชำ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอรากชิดดิน (D0) ความสูง (Ht) และขนาดทรงพุ่ม (Cw) ที่อายุ 1 เดือน (ก่อนหยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา) และที่อายุ 5 เดือน นำมาคำนวณหาการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น เปรียบเทียบความแตกต่างของกรรมวิธีเป็นคู่โดยวิธี Duncan Multiple Range's Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นชาเมี่ยงในแปลงปลูก ได้แก่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอรากชิดดิน (DO) ความสูง (Ht) และขนาดทรงพุ่ม (Cw) ภายหลังจากย้ายปลูก และเมื่อย้ายปลูกได้ 3 เดือน นำมาคำนวณหาการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น เปรียบเทียบความแตกต่างของกรรมวิธีเป็นคู่โดยวิธี Duncan Multiple Range's Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การตรวจสอบการเข้าอาศัยของไมคอร์ไรซาในรากชาเมี่ยง

ตรวจติดตามการเจริญอยู่ร่วมกันของเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซากับรากพืชอาศัยเพื่อหา%การติดเชื้อ (percent infection) โดยการเก็บรากฝอยแต่ละกรรมวิธีจำนวน 10 ต้น ตัดเป็นชิ้นความยาวประมาณ 1-1.5 ซม. นำชิ้นส่วนรากที่ตัด 10 ชิ้น วางบนแผ่นสไลด์ครึ่งละ 1 ชิ้น นับจำนวนชิ้นส่วนของรากที่พบว่ามีเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของแต่ละกรรมวิธีการทดลอง เพื่อคำนวณหา%การติดเชื้อ (Inyod et al., 2022)

การเก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์สมบัติดินทางด้านกายภาพและทางเคมี

ทำการเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน เพื่อให้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการจัดการปลูกชาเมี่ยงต่อไป โดยเก็บดินจากแปลงปลูกจำนวน 5 แปลง (จากสวนชาเมี่ยงที่ปลูกพืชทดลอง 3 แปลง และสวนชาเมี่ยงพื้นที่ใกล้เคียง 2 แปลง) โดยแต่ละแปลงขนาด 10 เมตร X 10 เมตร จากนั้นกำหนดจุดกึ่งกลางของแปลง และทำการวางแปลงรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนให้แต่ละด้านยาว 5 เมตร ลงในแปลงปลูกขนาด 10 เมตร X 10 เมตร แล้วเก็บตัวอย่างดินที่มุมทั้ง 4 มุมและที่จุดกึ่งกลางของแปลง 1 จุด รวมเป็น 5 จุด ทำการวิเคราะห์ทางกายภาพของดิน ได้แก่ วัดค่าความแข็งของดินในแนวนอนด้วยเครื่องมือ Soil hardness Yamanaka – type Push Cone Penetrometer และวัดความชื้นของดินด้วยเครื่องมือ Soil moisture TDR Soil Moisture Meter ที่จุดกึ่งกลางแปลงและมุมแปลง ในระดับดินชั้นบน (0-5 ซม.) และดินชั้นล่าง (20-25 ซม.) ตามวิธีการเก็บข้อมูลของ Fongthiwong et al. (2021) วิเคราะห์ความแข็งของดินแนวนอนและค่าความชื้นโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ย ในโปรแกรม Excel

การวิเคราะห์ทางเคมีของดิน ทำการเก็บตัวอย่างดินทั้ง 5 แปลง ที่ระดับดินชั้นบน (0-5 ซม.) และดินชั้นล่าง (20-25 ซม.) โดยแยกชั้นดิน ในแต่ละแปลงเก็บ 5 จุด ให้น้ำหนักรวมถุงละประมาณ 1 กิโลกรัม (Fongthiwong et al., 2021) ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter), ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity), ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus), โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Potassium), แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Calcium), แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Magnesium), โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Sodium) และ เหล็กที่เป็นประโยชน์ (Available Iron) โดยส่งตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (Central Laboratory, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University) นำข้อมูลสมบัติดินทางด้านกายภาพและสมบัติดินทางเคมีที่หาค่าเฉลี่ยแล้วในแต่ละชั้นดินมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี paired sample test ในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จัดกลุ่มธาตุอาหารโดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบ PCA (Principal component analysis)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของกล้าชาเมี่ยงในเรือนเพาะชำ

จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของชาเมี่ยงในเรือนเพาะชำ ตั้งแต่อายุ 1 วันถึง 5 เดือน พบว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอรากชิดดินที่เพิ่มขึ้นของต้นชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 30 มม. มีการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.05 ซม. ส่วนชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 20 มม., 10 มม. และชาเมี่ยงที่ไม่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา พบว่ามีค่าเท่ากัน คือ 0.04 ซม. (Table 2 และ Figure 1A) ความสูงที่เพิ่มขึ้นของต้นชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 10 มม. พบว่ามีค่ามากที่สุดเท่ากับ 4.32 ซม. รองลงมา คือ ชาเมี่ยงที่ไม่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา ชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 30 มม. และชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 20 มม. มีค่าเท่ากับ 4.09, 3.79 และ 3.05 ซม. ตามลำดับ (Table 2 และ Figure 1B) ความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นของต้นชาเมี่ยงที่ไม่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 3.48 ซม. รองลงมาได้แก่ ชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 10 มม. ชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 30 มม. และชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 20 มม. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.09, 2.95 และ 2.26 ซม. ตามลำดับ (Table 2 และ Figure 1C) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตในแต่ละลักษณะของกรรมวิธีต่างๆ พบว่า การเจริญเติบโตในแต่ละด้านไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Table 2) อาจเป็นเพราะต้นชาเมี่ยงมีการเจริญเติบโตที่ค่อนข้างช้า ในระยะเวลา 5 เดือน จึงยังไม่เห็นความแตกต่างของการเจริญเติบโตของต้นชาเมี่ยงในสภาพเรือนเพาะชำ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kanwichai and Tangkijchote (2012) ได้ทำการศึกษาผลของเชื้อเห็ดดับเต้าโอโซเลทต่าง ๆ ต่อการเติบโตทางกิ่ง ใบ และมวลชีวภาพของต้นกล้าฝรั่ง Okinawa วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 4 ทรีทเมนต์ คือ เชื้อเห็ดดับเต้า 3 โอโซเลท: BE TR1 TR2 และไม่ใส่เชื้อเห็ดดับเต้า (ชุดควบคุม) พบว่า มวลชีวภาพของต้นกล้าฝรั่งทุกทรีทเมนต์มี

ค่าเฉลี่ยมวลแห้งทั้งต้น และมวลแห้งส่วนเหนือดินไม่แตกต่างกัน แต่มวลแห้งรากใหญ่และมวลแห้งรากแขนงแตกต่างกัน อาจเพราะ ต้นกล้านำอาหารที่ไปสังเคราะห์ได้ ไปสร้างรากให้มีการเจริญเติบโตได้ดีก่อน จึงทำให้ส่วนเหนือดินของต้นกล้านำมีการเจริญเติบโตน้อย

Table 2 The increasing of growth tree diameter, height and canopy width of *Camellia sinensis* var. *assamica* inoculated with mycorrhiza and non-inoculated seedlings from 1 day to 5 months under greenhouse conditions

inoculation	T1	T2	T3	T4
Mycorrhiza (mL.)	(0 mL control)	(10 mL inoculation)	(20 mL inoculation)	(30 mL inoculation)
D0 (cm.)	0.04	0.04	0.04	0.05
Ht (cm.)	4.09	4.32	3.05	3.97
Cw (cm.)	3.48	3.09	2.26	2.95

Values in the same row followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$ (Duncan Multiple Range's Test).

การเจริญเติบโตของชาเมี่ยงในแปลงปลูก

จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของชาเมี่ยงในแปลงปลูก ภายหลังจากย้ายลงปลูกได้ 1 เดือนถึง 3 เดือน พบว่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอรากชิดดินที่เพิ่มขึ้น ของต้นชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 30 มม. มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 0.06 ซม. รองลงมา คือ ชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 20 มม. มีค่าเท่ากับ 0.05 ซม. ส่วนชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 10 มม. และชาเมี่ยงที่ไม่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา พบว่ามีค่าเท่ากันคือ 0.03 ซม. (Table 3 และ Figure 2A) ด้านความสูงที่เพิ่มขึ้นของต้นชาเมี่ยง พบว่าชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 30 มม. มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 3.18 ซม. รองลงมา คือ ชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 20 มม., 10 มม. และชาเมี่ยงที่ไม่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา คือ มีค่าเท่ากับ 2.96, 2.09 และ 1.89 ซม. ตามลำดับ (Table 3 และ Figure 2B) ด้านความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้น พบว่า ชาเมี่ยงที่ไม่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 3.22 ซม. รองลงมา คือ ชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 30 มม. ชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 10 มม. และชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 20 มม. คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.21, 2.95 และ 2.13 ซม. ตามลำดับ (Table 3 และ Figure 2C) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการเติบโตที่เพิ่มขึ้น ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่า การเจริญเติบโตของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอรากชิดดินของชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 20 และ 30 มม. ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มากกว่าชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 10 มม. และชาเมี่ยงที่ไม่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา อาจเป็นเพราะเนื่องจากมี%การติดเชื้อไมคอร์ไรซาในรากเท่ากัน (Table 4) ด้านการเจริญเติบโตของความสูง ชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 30 มม. มีความสูงที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 20 มม. แต่มีความสูงที่เพิ่มขึ้นมากกว่าชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 10 มม. และชาเมี่ยงที่ไม่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความสูงที่เพิ่มขึ้นของชาเมี่ยงที่ใส่เชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 10 มม. และ 20 มม. มีความสูงที่เพิ่มขึ้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความสูงที่เพิ่มขึ้นมากกว่าชาเมี่ยงที่ไม่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการเจริญเติบโตด้านความกว้างทรงพุ่มมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติของชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดในแต่ละกรรมวิธีการทดลอง (Table 3)

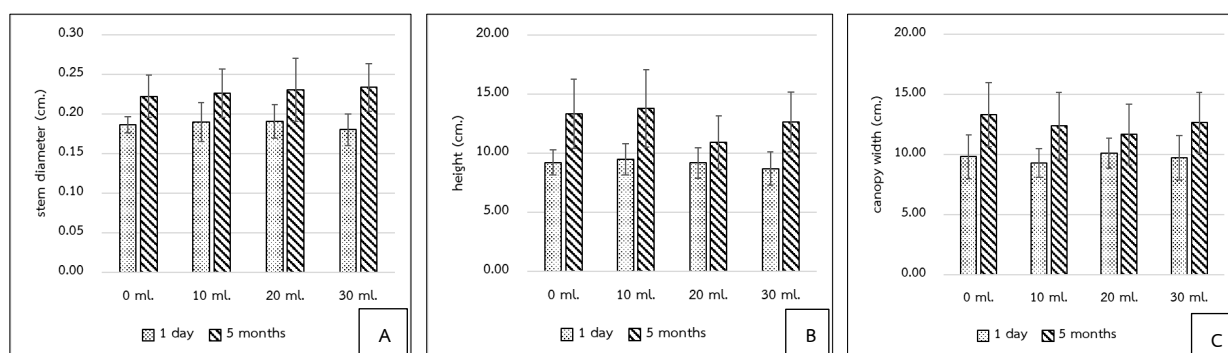


Figure 1 Average tree diameter, height, and canopy width of *Camellia sinensis* var. *assamica* inoculated with mycorrhiza and non-inoculated seedlings for 5 months under greenhouse conditions. (A) Growth in stem diameter at root collar level (D0), (B) Growth in height, and (C) Growth in canopy width.

จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นชาเมี่ยงจะเห็นได้ว่า ต้นชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซามีการเจริญเติบโตของขนาดลำต้นที่คอรากชิดดิน และความสูง ที่ดีกว่าชาเมี่ยงที่ไม่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Inyod et al. (2021b) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าไม้ยางนา ตะเคียนทอง และมะค่าโมง จากการวัดการเจริญด้านความสูงของกล้าไม้หลังการปลูกเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าต้นกล้าที่ได้รับการใส่เชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา (เห็ดตับเต่าและเห็ดเผาะ) ในสภาพแปลงธรรมชาติทั้ง 3 พื้นที่ มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงมากกว่ากล้าไม้ที่ไม่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อ (ชุดควบคุม) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Chomphuphiw et al. (2017) ได้ศึกษาผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจสำคัญโดยย้ายกล้ายางพาราลงปลูกในกระถางรวมกับการไม่ใส่และใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจนกระทั่งอายุ 12 เดือน ผลการทดลองพบการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้ความสูงเมื่ออายุ 4 เดือน และน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพาราทุกพันธุ์เพิ่มขึ้น และการศึกษาของ Arsawang et. al. (2015) ทำการทดสอบการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซาของเห็ดเผาะสีรินธร ในกล้าไม้ยางนา โดยใส่หัวเชื้อสารแขวนลอยสปอร์ และดินเชื้อลงไปบริเวณใกล้ ๆ กับรากยางนา และชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่หัวเชื้อ วัดการเจริญเติบโตกล้าไม้เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า การปลูกเชื้อด้วยการใส่หัวเชื้อเห็ดเผาะสีรินธรให้ผลการเจริญเติบโตทางความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และมวลชีวภาพดีกว่าการไม่ใส่หัวเชื้อเห็ดเผาะสีรินธรให้กับกล้าไม้ยางนา ในการทดลองจะต้องมีการติดตามผลการเจริญเติบโตของชาเมี่ยงต่อไปในอนาคต เพื่อหาปริมาณการหยอดเชื้อเห็ด ไมคอร์ไรซาที่เหมาะสม เพื่อให้เกษตรกรสวนชาเมี่ยงสามารถนำไปใช้เพาะกล้าชาเมี่ยงที่ได้ผลดีขึ้น และสร้างรูปแบบแปลงสาธิตที่ปลูกกล้าชาเมี่ยงและหยอดเห็ดป่ากินได้เป็นวิธีการที่เพิ่มมูลค่าให้กับสวนชาเมี่ยงในอนาคตทั้งการเจริญเติบโต การเพิ่มผลผลิต และเห็ดป่าที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

Table 3 Increase of the growth of Miang tea inoculated with mycorrhizal fungi after transplanted in the field from 1 month to 3 months

inoculation	0 ml.	10 ml.	20 ml.	30 ml.
Mycorrhiza (ml.)	(0 ml control)	(10 ml inoculation)	(20 ml inoculation)	(30 ml inoculation)
D0 (cm.)	0.03±0.01 ^a	0.03±0.00 ^a	0.05±0.01 ^b	0.06±0.01 ^b
Ht (cm.)	1.89±0.17 ^a	2.56±0.12 ^b	2.96±0.23 ^{bc}	3.18±0.31 ^c
Cw (cm.)	3.22±0.31	2.95±0.76	2.13±0.36	3.21±1.32

Values in the same row followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$ (Duncan Multiple Range's Test).

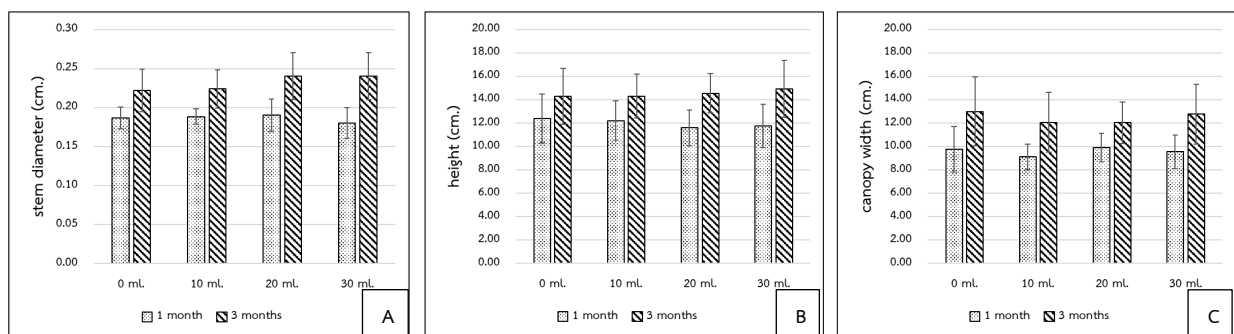


Figure 2 Average tree diameter, height, and canopy width of *Camellia sinensis* var. *assamica* inoculated with mycorrhiza and non-inoculated seedlings for 3 months in Miang tree garden. (A) Growth in stem diameter at root collar level (D0). (B) Growth in height and (C) Growth in canopy width.

การเข้าอาศัยของไมคอร์ไรซาในรากกล้าชาเมี่ยง

ผลการตรวจสอบการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซาในรากของต้นชาเมี่ยง โดยดูลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยการตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (stereo microscope) พบการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซาของเส้นใยเห็ดไมคอร์ไรซาสานกันเป็นตาข่าย (external hyphae) สีนํ้าตาลอ่อนบริเวณผิวของรากชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาอย่างชัดเจน (Figure 3B และ 3C) เมื่อเปรียบเทียบกับรากของชาเมี่ยงที่ไม่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา (Figure 3A) พบว่า ชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 20 มม. และ 30 มม. มี%การเข้าอาศัยของเชื้อเอคโตไมคอร์ไรซาที่รากเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากันคือ 30 % และชาเมี่ยงที่ใส่เชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา

10 มม. เข้าอาศัยของเชื้อเอคโตไมคอร์ไรซา 20 % ส่วนต้นกล้าชาเมี่ยงที่ไม่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา ไม่พบการเข้าอาศัยของเชื้อเอคโตไมคอร์ไรซา (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Inyod et al. (2022) ศึกษา%การเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาของกล้าไม้วังค์ยาง หลังการใส่เชื้อเห็ดเผาะลงกล้าไม้ 3 ชนิด พบว่า อัตราการเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นกล้าเต็งที่ใส่เชื้อ 2 ครั้ง ครั้งละ 20 มม.ต่อต้น มี%การเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซามากที่สุดเฉลี่ย 81.31 % ส่วนต้นกล้า ยางนาที่ใส่เชื้อ 2 ครั้งปริมาตร 30 มม.ต่อต้น มี%การเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาเฉลี่ยมากที่สุด 77.99 % และต้นกล้ารังที่ใส่เชื้อ 1 ครั้ง ในปริมาตร 20 มม.ต่อต้น เกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาเฉลี่ยมากที่สุด 60.47 % เมื่อเปรียบเทียบกับต้นกล้าที่ไม่ได้ใส่เชื้อเห็ดเผาะมี%การเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 34.27-36.48 %

Table 4 Percentages of ectomycorrhizal in root attachment of Miang tea

Treatment	number of ectomycorrhizal (n =10)	percentages of ectomycorrhizal
T1 (0 ml control)	0	0
T2 (10 ml inoculation)	2	20
T3 (20 ml inoculation)	3	30
T4 (30 ml inoculation)	3	30

Examine percentages of ectomycorrhizal in root attachment of Miang tea at 5 months of age.



Figure 3 Characteristics of the creation of ectomycorrhizal in the root of *Camellia sinensis* var. *assamica*; (A) non-inoculated mycorrhiza (control), and (B, C) plant root covered by rhizomorph (inoculated seedling with mycorrhiza).

สมบัติดินทางกายภาพและทางเคมี

จากผลการศึกษาความแข็งแรงของดินในแนวนอน พบว่าความแข็งแรงของดินชั้นบน (0-5 ซม.) มีค่าเท่ากับ 11.38 ความชื้นของดิน มีค่าเท่ากับ 11.18 % ค่าอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับสูง มีค่าเท่ากับ 4.34 % ตามลำดับ (Table 5) ความแข็งแรงของดินชั้นล่าง (20-25 ซม.) มีค่าเท่ากับ 18.11 ความชื้นของดิน มีค่าเท่ากับ 10.66 % ค่าอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเท่ากับ 1.69 % (Table 5) เมื่อเปรียบเทียบดินที่ระดับดินชั้นบน (0-5 ซม.) และดินชั้นล่าง (20-25 ซม.) พบว่า ดินมีความแข็งแรงของดินชั้นบน น้อยกว่าดินชั้นล่าง และมีอินทรีย์วัตถุในดินชั้นบนมากกว่าดินชั้นล่าง ส่วนความชื้นมีค่าไม่ต่างกันมากนัก เมื่อดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูง จะส่งผลให้ดินมีความอ่อนนุ่มกว่าดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sakurai et al. (1995) พบว่า ความแข็งแรงของดินสามารถบ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินในแต่ละพื้นที่ บ่งบอกถึงการระบายน้ำได้ดี และรากของพืชสามารถงอกขึ้นได้ง่าย ซึ่งรากฝอยของพืชที่ใช้หาอาหารส่วนใหญ่อยู่บริเวณชั้นหน้าดินที่มีความแข็งแรงน้อยและมีอินทรีย์วัตถุสูง และ Prapatsorn. (2006) พบว่า เนื้อดินแต่ละที่จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ตัวเนื้อดินไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชโดยตรง แต่เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อสมบัติต่าง ๆ ของดิน เช่น การดูดซับน้ำ การดูดซับธาตุทั้งที่ไม่ใช่ธาตุอาหารและธาตุอาหารพืช การยึดราก การถ่ายเทอากาศ และการแลกเปลี่ยนก๊าซในช่องว่างของดิน

สมบัติดินทางเคมีที่ความลึกดินระดับ 0-5 ซม. พบว่า ค่า pH ของดินเท่ากับ 5.38 ดินมีสภาพเป็น กรดจัด ความจุแลกเปลี่ยน แคตไอออน (CEC) เป็นความสามารถของดินในการดูดซับและแลกเปลี่ยนประจุบวก มีค่าที่ 11.27 cmol_c/kg อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนธาตุอาหารที่สำคัญในการเจริญเติบโตของพืช พบฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) มีค่าเท่ากับ 11.11 mg/kg อยู่ในระดับ

ปานกลาง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) มีค่า 120.48 mg/kg อยู่ในระดับสูงมาก พบแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) มีค่าเท่ากับ 817.44 mg/kg อยู่ในระดับสูง แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) มีค่าเท่ากับ 177.04 mg/kg อยู่ในระดับสูง โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Na) มีค่า < 0.20 mg/kg ระดับความเค็มของดินอยู่ในระดับเค็มเล็กน้อย และธาตุเหล็กที่เป็นประโยชน์ (Available Fe) มีค่าเท่ากับ 78.56 mg/kg (Table 5) และที่ความลึกดินระดับ 20-25 ซม. พบว่าค่า pH ของดินมีค่า 5.33 ดินมีสภาพความเป็นกรดจัดเช่นเดียวกับดินชั้นบน ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) เป็นความสามารถของดินในการดูดซับและแลกเปลี่ยนประจุบวก มีค่า 9.05 cmol_c/kg อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ส่วนธาตุอาหารที่สำคัญในการเจริญเติบโตของพืช พบฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) มีค่าเท่ากับ 3.29 mg/kg อยู่ในระดับต่ำ ด้านโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) มีค่า 12.62 mg/kg อยู่ในระดับต่ำมาก พบแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) มีค่าเท่ากับ 420.37 mg/kg อยู่ในระดับสูง แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) มีค่าเท่ากับ 71.35 mg/kg อยู่ในระดับสูง โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Na) มีค่า < 0.20 mg/kg ระดับความเค็มของดินอยู่ในระดับ เค็มเล็กน้อย และธาตุเหล็กที่เป็นประโยชน์ (Available Fe) มีค่าเท่ากับ 78.56 mg/kg (Table 5)

Table 5 Surface and subsurface soil properties

Soil properties	Surface soil (0-5 cm) (n=5)	Sub Surface soil (20-25 cm) (n=5)	P-value
pH	5.38±0.82 (strongly acid)	5.33±0.75 (strongly acid)	0.919
OM (%)	4.34±1.34 (high)	1.69±0.65 (medium)	0.004*
CEC (cmol _c /kg)	11.27±4.49 (medium)	9.05±2.41 (moderately low)	0.358
Available P (mg/kg)	11.11±3.31 (medium)	3.29±2.57 (low)	0.003*
Exchangeable K (mg/kg)	120.48±70.53 (very high)	12.62±15.33 (very low)	0.010*
Exchangeable Ca (mg/kg)	817.44±947.57 (high)	420.37±482.24 (high)	0.428
Exchangeable Mg (mg/kg)	177.04±41.60 (high)	71.35±66.47 (high)	0.017*
Exchangeable Na (mg/kg)	< 0.20±0 (low)	< 0.20±0 (low)	1.000
Available Fe (mg/kg)	101.04±28.54	78.56±19.43	0.184
Soil hardness (mm.)	11.38±1.34	18.11±2.12	<0.001*
Soil moisture (%)	11.18±0.70	10.66±0.76	0.297

Soil hardness was measured using a Yamanaka-type penetrometer. Soil moisture was measured using a TDR Soil Moisture Meter. Soil properties from the Central Laboratory, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. Values in the same row followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$ (paired sample test), $\pm$ is the SD value.

การวิเคราะห์ปัจจัยแบบ PCA (Principle Component Analysis) โดยใช้ปัจจัยของดิน 11 ปัจจัย ได้แก่ ค่าความแข็งของดิน (HS) ค่าความชื้น (MC) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), อินทรีย์วัตถุ (OM), ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC), ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Av.P), โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Ex.K), แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Ex.Ca), แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Ex.Mg), โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Ex.Na) และ เหล็กที่เป็นประโยชน์ (Av. Fe) ที่ระดับความลึก 0-5 ซม. พบว่า ปัจจัยทางเคมีดินในพื้นที่สวนชาเมี่ยงที่แสดงออกเด่นชัดเจนน ได้แก่ ธาตุอาหารรอง คือ Ex.Ca และ Ex.Mg ธาตุอาหารหลัก Ex.K และธาตุอาหารรอง Av.Fe ตามลำดับ (Figure 4A) และที่ระดับความลึก 20-25 ซม. พบว่า ปัจจัยทางเคมีดินในพื้นที่สวนชาเมี่ยงที่แสดงออกเด่นชัดเจนนเช่นเดียวกับดินชั้นบน ธาตุอาหารพืชที่แสดงออกสูงสุด ได้แก่ ธาตุอาหารรอง Ex.Ca และธาตุโลหะหนัก Av.Fe (Figure 4B)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารของดินชั้นบน (0-5 ซม.) และดินชั้นล่าง (20-25 ซม.) พบว่าดินชั้นบน มีธาตุอาหารมากกว่าดินชั้นล่าง เนื่องจากดินชั้นบนมีการสะสมของอินทรีย์วัตถุที่เกิดจากทับถมของเศษซากใบไม้มากกว่าดินชั้นล่างและไม่มีการทำลายโครงสร้างดินในการทำการเกษตร จึงทำให้ดินชั้นบนมีความแข็งที่น้อยกว่า เช่นเดียวกับการศึกษาของ Wongsirichai et al. (2019) พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณคาร์บอนในดินกับสมบัติดินบางประการ จากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินเฉลี่ยของทุกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินมีค่าสูงสุดที่ระดับดินบนชั้นบน (0-10 ซม.) และลดลงตามระดับความลึกดินที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากดินชั้นบนมีอินทรีย์วัตถุที่มากกว่าดินชั้นล่างในทั้งสองหมู่บ้านจึงทำให้ดินชั้นบนมีธาตุอาหารมากกว่าดินชั้นล่างเช่นเดียวกัน

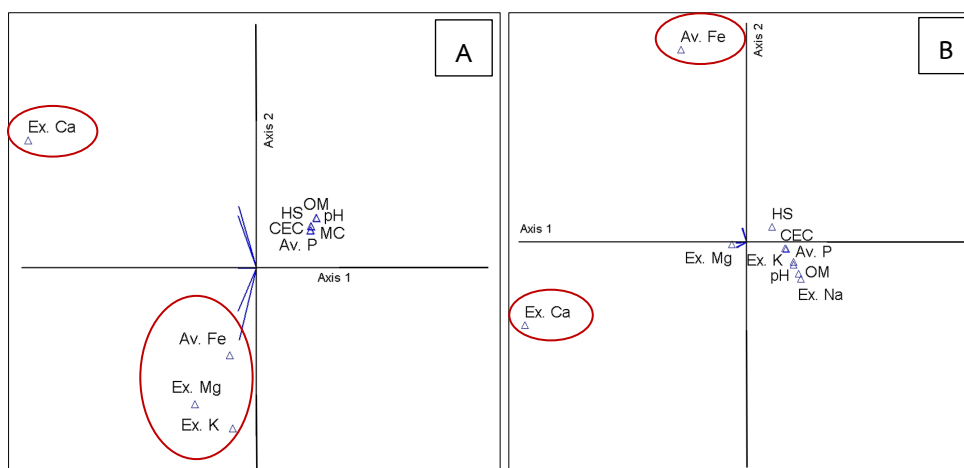


Figure 4 Principal Component Analysis (PCA). (A) Surface soil (0-5 cm), and (B) Sub-surface soil (20-25 cm).

สรุปผลการศึกษา

การเจริญเติบโตของต้นชาเมี่ยงอายุ 8 เดือน พบว่า ชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อไมคอร์ไรซาเห็ดปริมาณ 20 และ 30 มม. มีการเจริญเติบโตดีกว่าชาเมี่ยงที่ไม่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาและชาเมี่ยงที่หยอดเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 10 มม. ทั้งด้านการเจริญเติบโตของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอรากชิดดิน และการเจริญเติบโตของความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน%การติดเชื้อไมคอร์ไรซาที่ราก พบว่า ชาเมี่ยงที่ใส่เชื้อเห็ดปริมาณ 20 และ 30 มม. มี%การเกิดรากไมคอร์ไรซามากที่สุด เท่ากันคือ 30 % ดังนั้น อัตราที่เหมาะสมในส่งเสริมให้ต้นชาเมี่ยงเจริญเติบโตได้ดี และใช้เชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาน้อยที่สุด คือ การใช้เชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา 20 มม. จำนวน 2 ครั้ง การทดลองครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในการผลิตกล้าชาเมี่ยงที่ใส่เชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาได้อย่างเหมาะสม แต่จะต้องมีการติดตามการเจริญเติบโตอีกต่อไปจนกว่าจะเกิดเห็ดที่มากจากการใส่เชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 และได้รับเงินทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนเรียนดีระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีการศึกษา 2565 และขอขอบคุณ ชาวบ้านบ้านตาแว่นและบ้านศรีนาป่า ตำบลเรื่องอำเภอมือง จังหวัดน่าน และทีมงานวิจัย ที่ให้สถานที่วิจัยและความร่วมมือในการเก็บข้อมูล

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: ธนากร ลัทธิธรรสุวรรณ, สุทธิดา ยอดแก้ว. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: ธนากร ลัทธิธรรสุวรรณ, สุทธิดา ยอดแก้ว, ศิริรัตน์ สมประโคน. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: สุทธิดา ยอดแก้ว, กันตพงศ์ เครือมา. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: สุทธิดา ยอดแก้ว, ธนากร ลัทธิธรรสุวรรณ, ทิมา โยธากคิต, ธิญญรัตน์ เชื้อสะอาด. การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: สุทธิดา ยอดแก้ว, อลิษา อินจันทร์. การให้การสนับสนุนเครื่องมือ ห้องปฏิบัติการ และ ครุภัณฑ์: ธนรักษ์ อินยอด, ธนภัทร เต็มอารมณ์.

เอกสารอ้างอิง

- Arsawang, T., Vijaranaku, U., Kengrang, R., Suwannasai, N., & Phosri, C. (2015). Ectomycorrhizal formation of *Astraeus sirindhorniae* on dipterocarp seedlings. In **Proceedings of the 4th Thailand Forest Ecological Research Network (T-FERN) : Ecological Knowledge for Sustainable Management**, pp. 88-93. Naresuan University. (in Thai).
- Boonlaw, B., Kapchan, P., & Meesuk, S. (2010). **Research on Yield and Quality Improvement of China teas in Highland**. Retrieved from: http://webpac.library.mju.ac.th:8080/mm/fulltext/research/2553/Boontham_Boonlaw_2553/abstract.pdf. (in Thai).
- Chomphuphiw, P., Poomipan, P., & Phuangchik, T. (2017). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth of economic rubber varieties. **Thai Journal of Science and Technology**, 6(1), 79-88. (In Thai).
- Department of Mineral Resources. (2012). **Workshop Documentation to Disseminate Knowledge about Geology and Mineral Resources and Geological Disasters**. Department of Mineral Resources. (in Thai).
- Fongthiwong, W. (2021). **Ecological Characteristics of Miang tea gardens (*Camellia sinensis* var. *assamica*) in Phrae and Nan Province**. Master's Thesis. Maejo University. (in Thai).
- Fongthiwong, W., Lattirasuvan, T., Yothapakdee, T., Chuesaard, T., & Chaimongkhon, S. (2021). Ecological characteristics of miang tea gardens (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze var. *assamica* (J.W. Mast.) Kitam.) at Srinapan village, Rueang sub district, Mueang district, Nan provinc. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 49(6), 1351-1363. (in Thai).
- Highland Research and Development Institute (Public Organization). (2020). **Mycorrhizal Mushroom Cultivation Technology**. Retrieved from: https://rsdb.hrdi.or.th/Uploads/18/document/20230908_134818.pdf. (in Thai).
- Inyod, T., Lattirasuvan, T., Chawanoraset, K., Toemarom, T., Konee, C., Yatsom, S., Bualoi, S., & Eamprasong, P. (2021a). The study of the suitable aging of *Syzygium cumini* (L.) skeels for promoting growth of phlebopus portentosus (Berk. and Broome) boedijn under greenhouse conditions. **Naresuan Agriculture Journal**, 39(1), e0180108. (in Thai).
- Inyod, T., Lattirasuvan, T., Termarom, T., Konee, C., Yatsom, S., Eamprasong, P., Srihanant, N., & Gabjun, A. (2022). Examination of host plants and quantity of ectomycorrhiza (*Astraeus odoratus*) suitable for promoting ectomycorrhiza rooting of *Dipterocarpaceae* seedlings under greenhouse condition. **King Mongkut's Agricultural Journal**, 40(1), 28-37. (in Thai).
- Inyod, T., Lattirasuvan, T., Termarom, T., Konee1, C., Chaimongkhon, S., & Fongthiwong, W. (2021b). Effects of Ectomycorrhiza from *Astraeus odoratus* and *Phlebopus portentosus* on some species of forest trees and fast growing trees in natural conditions. **King Mongkut's Agricultural Journal**, 39(3), 215-223. (in Thai).
- Kaiwijit, P., & Pampasit, S. (2022). The carbon storage of Assam Tea (*Camellia sinensis* var. *assamica*) plantation in Rueang subdistrict, Mueang district, Nan province. In **Science, Technology, and Social Sciences Procedia**, rspg021. Walailak University. (in Thai).
- Kanwichai, P., & Tangkijchote, P. (2012). Various isolates of Bolete (*Boletus colossus* Heim.) spawn affecting vegetative growth and biomass of 'Okinawa' guava seedlings. In **Proceedings of 50th Kasetsart University Annual Conference: Agricultural Extension and Home Economics, Plants**, pp. 232-239. Kasetsart University. (in Thai).
- Prapatson, A. (2006). **Soil Fertility versus Soil Exploitation : A Case Study of Khunsamoon Watershed, Maeng District, Nan Province**. Master's Thesis. Maejo University. (In Thai).
- Sakurai, K., Puriyakorn, B., Preechapanya, P., Tanpibal, V., Muangnil, K. & Prachaiyo, B. (1995). Improvement of biological productivity in degraded lands in Thailand III. **Tropics**, 4(2/3), 151-172.
- Tea and Coffee Institute of Mae Fah Luang University. (2012). **Health Benefits of Tea**. Retrieved from: <https://teacoffee.mfu.ac.th/tc-tea-coffeeknowledge/tc-tea/tc-complementing.html>. (in Thai).
- Wongsirichai, P., Thueksathit, S., Kaewjampa, N., & Tangkoonboribun, R. (2019). Effect of land use on soil carbon stock at Huai-Hin-Dat subwatershed in Rayong province. **Thai Journal of Forestry**, 38(2), 83-97. (In Thai).

ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ *Bacillus* sp. ต่อการควบคุมโรคเหี่ยวของขมิ้นชันที่เกิดจาก
เชื้อ *Ralstonia solanacearum*
Efficacy of Biological Products of *Bacillus* sp. for Controlling Bacterial Wilt Disease of
Turmeric Caused by *Ralstonia solanacearum*

พรศิลป์ สีเผือก^{1*}, พัชรารณ วาณิชปกรณ์¹ และสกุลรัตน์ หาญศึก¹
Pornsil Seephueak^{1*}, Patcharaporn Vanichpakorn¹ and Sakulrat Hansuek¹
Received date: 13 มี.ค. 67 Revised date: 3 พ.ค. 67 Accepted date: 15 พ.ค. 67
DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.008>

บทคัดย่อ

โรคเหี่ยวของขมิ้นชันเกิดจากเชื้อ *Ralstonia solanacearum* เป็นโรคที่สำคัญสร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ *Bacillus* sp. ต่อการควบคุมโรคเหี่ยวของขมิ้นชันที่เกิดจากเชื้อ *R. solanacearum* โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อ *Bacillus* sp. จำนวน 3 ไอโซเลต ได้แก่ RUTs001, RUTs002 และ RUTs003 ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *R. solanacearum* ในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยวิธี paper disc diffusion และในสภาพโรงเรือนทดลองด้วยกรรมวิธีแช่แงขมิ้นชันก่อนปลูกและราดชีวภัณฑ์หลังปลูก ผลการศึกษาพบว่า แบคทีเรีย *Bacillus* RUTs002 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *R. solanacearum* ในสภาพห้องปฏิบัติการได้ดีที่สุด การยับยั้งเท่ากับ 85.27 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การควบคุมโรคเหี่ยวในสภาพโรงเรือนทดลอง พบว่า กรรมวิธีแช่แงขมิ้นชันก่อนปลูกด้วยชีวภัณฑ์ *Bacillus* RUTs002 พบการเกิดโรคน้อยสุด เท่ากับ 2.08 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีราดด้วยชีวภัณฑ์ *Bacillus* RUTs003 หลังปลูกในสภาพโรงเรือน พบการเกิดโรคน้อยสุด เท่ากับ 52.74 เปอร์เซ็นต์ พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (*R. solanacearum*) พบการเกิดโรค เท่ากับ 30.58 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นสามารถนำชีวภัณฑ์ไปประยุกต์ใช้ในการเพื่อป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวของขมิ้นชันได้ในสภาพแปลงปลูก

คำสำคัญ: บาซิลลัส ชีวภัณฑ์ โรคเหี่ยว ขมิ้นชัน *Ralstonia solanacearum*

Abstract

The bacterial wilt disease of turmeric caused by *Ralstonia solanacearum* is an important disease with severe economic effects. This research aimed to study the efficacy of *Bacillus* sp. in controlling bacterial wilt disease in turmeric caused by *R. solanacearum*. Three isolates of *Bacillus* sp. namely RUTs001, RUTs002, and RUTs003 were tested in the laboratory using the paper disc diffusion method. Greenhouse experiments involved soaking turmeric rhizomes in *Bacillus* sp. bioproducts before planting and applying the bioproduct directly to the plant. In laboratory tests, it was found that *Bacillus* RUTs002 showed the highest efficacy in inhibiting *R. solanacearum* growth with 85.27% inhibition rate. Furthermore, soaking turmeric rhizomes in *Bacillus* bioproduct before planting resulted in the lowest disease incidence at 2.08%. On the other hand, pouring the bioproduct of *Bacillus* RUTs003 around the turmeric plant in green house conditions showed the lowest disease incidence at 52.74%. These results were significantly different ($P < 0.01$) when compared with the control group (*R. solanacearum*). The disease incidence occurred at 30.58 and 100%, respectively. Therefore, it is possible to apply bioproducts to control the wilt disease of turmeric in the field conditions.

Keywords: *Bacillus*, bioproduct, wilt disease, turmeric, *Ralstonia solanacearum*

¹ สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80240

¹ Plant Science Division, Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat 80240

* Corresponding author: pornsil.s@rmuts.ac.th

คำนำ

ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.; Turmeric) เป็นพืชพื้นถิ่นในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae จัดเป็นพืชสมุนไพรล้มลุกอายุหลายปี ลำต้นเหนือดินเป็นลำต้นที่เกิดจากการอัดตัวกันของกาบใบ ลำต้นจริงอยู่ใต้ดิน เรียก เหง้าหรือแงขมิ้นชันประกอบด้วย แง่หลักใต้ดินที่เรียกว่า หัวแม่ มีลักษณะเป็นรูปไข่และแตกแขนงทรงกระบอกออกด้านข้างทั้ง 2 ด้าน (Horticulture Research Institute, 2023) ปัจจุบันเกษตรกรในภาคใต้นิยมปลูกขมิ้นชันมากขึ้น โดยปลูกเชิงเดี่ยว หรือปลูกแซมในสวนยางพาราหรือปาล์มน้ำมันที่ยังไม่ให้ผลผลิต เนื่องจากขมิ้นชันเป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณทางยา และถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างหลากหลายทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ เป็นยารักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินอาหาร โรคกระเพาะ โรคไขข้อ และโรคตับ เป็นส่วนผสมของเครื่องสำอาง เช่น ครีมพอกหน้า ครีมบำรุงผิวและผม และใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับประกอบอาหาร เช่น การทำเครื่องแกง เป็นต้น นอกจากใช้บริโภคภายในประเทศแล้ว ปัจจุบันพบว่า ขมิ้นชันของไทยส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศ ในลักษณะผลผลิตสดและแปรรูป (Department of International Trade Promotion, 2024) ดังนั้นราคาจำหน่ายในท้องตลาดจึงมีแนวโน้มสูงขึ้น

ปัญหาสำคัญของการปลูกขมิ้นชัน คือ โรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อ *Ralstonia solanacearum* เป็นเชื้อก่อโรคในดิน สร้างความเสียหายอย่างมากต่อพืชเศรษฐกิจหลายชนิด (Karim and Hossain, 2018; Kumar et al., 2014; Smith et al., 1995) เชื้อก่อโรคสามารถเข้าทำลายขมิ้นชันได้ทุกระยะของการเจริญเติบโต อาการระยะแรกใบขมิ้นชันจะแสดงอาการเหี่ยว ม้วนเป็นหลอดสีเหลือง จากนั้นเชื้อขยายลุกลามจากส่วนด้านล่างในดินไปยังส่วนปลายยอด จนต้นขมิ้นชันแห้งตาย (Khonglah et al., 2015) บริเวณโคนต้นและหน่อมีอาการฉ่ำน้ำ เน่าเป็นสีน้ำตาลถึงสีดำเข้ม หากเฉือนตามขวางจะพบแบคทีเรียโอซ (bacterial ooze) ลักษณะเป็นเมือก สีขาวขุ่น ส่งผลให้ผลผลิตของขมิ้นชันตกต่ำและไม่ได้คุณภาพ ปัจจัยที่ส่งเสริมการเกิดโรคเหี่ยวที่สำคัญ คือ สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน ซึ่งมีฝนตกต่อเนื่องและมีน้ำท่วมขังในแปลงปลูก รวมถึงการปลูกขมิ้นชันซ้ำที่เดิม ทำให้เกิดการสะสมของเชื้อโรค การป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อ *R. solanacearum* ทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากเชื้อสาเหตุสามารถเจริญอยู่ในดินได้ในระยะเวลานาน และสามารถเข้าทำลายพืชอาศัยได้อย่างกว้างขวาง มากกว่า 450 ชนิด และเชื้อสามารถติดไปกับเมล็ดพันธุ์หรือส่วนขยายพันธุ์พืชได้ (Kumar et al., 2014) ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการควบคุมโรคเหี่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพ แนวทางการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวโดยวิธีผสมผสานจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสม สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ เช่น การหมั่นสำรวจโรค หากพบอาการผิดปกติ ให้รีบเอาออกจากแปลงและเผาทำลาย การรักษาความสะอาดในแปลงปลูก การใช้ท่อนพันธุ์ปลอดโรค การทำความสะอาดวัสดุเครื่องมือการเกษตร การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ รวมถึงการปลูกพืชหมุนเวียน ซึ่งจะช่วยให้การเกิดโรคลดลง อย่างไรก็ตามไม่มีรายงานว่าการเคมีชนิดใดที่สามารถควบคุมโรคนี้ได้ในสภาพแปลงปลูก (Kositcharoenkul et al., 2014)

แบคทีเรียจีนัส *Bacillus* เป็นแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่มีการนำมาใช้เพื่อควบคุมโรคพืชอย่างกว้างขวาง สามารถสร้างสารปฏิชีวนะหลายชนิดที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืช รายงานการวิจัยพบว่า *Bacillus* spp. มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อ *R. solanacearum* และมีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Bangkham and Thummabenjapone, 2021; Kositcharoenkul et al., 2014; Prihatiningsin et al., 2021; Sun et al., 2023) Khonglah et al. (2015) และ Ongena and Jacques (2008) รายงานว่า *Bacillus* spp. สามารถควบคุมโรคเหี่ยวของขมิ้นชันและส่งผลให้มีผลผลิตสูงขึ้น โดยที่ Khonglah et al. (2015) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยหมักผสมชีวภัณฑ์ *Bacillus subtilis* ใส่ลงในแปลงปลูก ร่วมกับการแช่แงขมิ้นชันด้วยชีวภัณฑ์ *B. subtilis* ก่อนปลูก ทำให้ขมิ้นชันเกิดโรคน้อยสุด และจำนวนประชากรเชื้อ *R. solanacearum* ในดินมีแนวโน้มลดลง ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ *Bacillus* sp. ซึ่งเป็นสายพันธุ์พื้นถิ่น มาประยุกต์ใช้ควบคุมโรคเหี่ยวของขมิ้นชัน ด้วยกรรมวิธีแช่แงขมิ้นชันด้วยชีวภัณฑ์ก่อนปลูก และการราดชีวภัณฑ์หลังปลูก เพื่อให้ทราบวิธีการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวอย่างเหมาะสม เป็นอีกแนวทางหนึ่งของการควบคุมโรคพืชอย่างยั่งยืน ปลอดภัย ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

วิธีการศึกษา

การแยกเชื้อ *R. solanacearum*

เก็บรวบรวมตัวอย่างแงขมิ้นชันจากต้นที่แสดงอาการใบเหี่ยว จากแปลงปลูกของเกษตรกร บ้านร่อนนา อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช ล้างฆ่าเชื้อบริเวณผิวแงขมิ้นชันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที หลังจากนั้นใช้ใบมีดที่ผ่านการฆ่าเชื้อปอกผิวรอบนอกออก ล้างแงขมิ้นชันให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 2 ครั้ง ๆ ละ 3 นาที ซับให้แห้ง หั่นขมิ้นชันให้เป็นชิ้นขนาด 0.1 x 0.1 มิลลิเมตร ก่อนนำไปแช่ในน้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อ ปริมาตร

1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 10 นาที ใช้ลูปและสารแขวนลอยที่ได้ไปขีดเร็ว ๆ (streak) ลงบนอาหาร TZC (tetrazolium chloride agar) บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นคัดเลือกโคโลนีเดี่ยวที่มีสีขาวขุ่น ตรงกลางโคโลนีมีสีชมพู มาแยกเชื้ออีกครั้งบนอาหาร TZC เพื่อให้ได้เชื้อบริสุทธิ์ (Ruangwong and Jaijanthra, 2017) เก็บโคโลนีใส่หลอดทดลอง เก็บไว้ที่ในตู้เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ทดสอบในขั้นตอนต่อไป

การทดสอบความสามารถในการก่อโรค

นำเชื้อ *R. solanacearum* ที่แยกได้ มาเลี้ยงบนอาหาร NA (nutrient agar) บ่มเชื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำมาทำเซลล์แขวนลอย (cell suspensions) ด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ ปรับระดับความเข้มข้นโดยวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่นแสง 600 นาโนเมตร (ค่า O.D. เท่ากับ 0.2) (ปริมาณเชื้อ 10^8 cfu/ml) คัดเลือกแ่งเข้มข้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 10 กรัม/แ่ง แ่งในเซลล์แขวนลอยแบคทีเรียเป็นเวลา 60 นาที แล้วนำไปปลูกลงดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อในกระถางพลาสติกขนาด 8 นิ้ว ตรวจสอบการเกิดโรคเหี่ยวของแ่งเข้มข้นและความรุนแรงของการเกิดโรค (ดัดแปลงจาก Kunopagan, 2006) เปรียบเทียบการเกิดโรคและระดับความรุนแรงของโรคกับเชื้อ *R. solanacearum* ไอโซเลต 2069 สายพันธุ์ทดสอบอ้างอิง ซึ่งได้รับอนุเคราะห์จากสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย (วว.)

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อ *Bacillus* sp. ต่อการเจริญของเชื้อ *R. solanacearum* ในห้องปฏิบัติการ

เชื้อ *Bacillus* ไอโซเลต RUTs001, RUTs002 และ RUTs003 แยกได้จากก้อนเชื้อเห็ดเก่า ซึ่งผ่านการจำแนกและยืนยันจีโนมด้วยเทคนิคทางโมเลกุลแล้วว่าเป็น *Bacillus* sp. (Zulfikar et al., 2018) นำเชื้อแต่ละไอโซเลตมาเลี้ยงบนอาหาร NA โดยวิธี cross streak บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำมาทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคด้วยวิธี paper disc diffusion โดยอาหาร NA ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เพื่อใช้เป็นฐาน (basal layer) จากนั้นใช้อาหาร NA ผสมกับเซลล์แขวนลอยของเชื้อก่อโรคที่ความเข้มข้น 10^8 cfu/ml ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เทลงบนอาหารที่เตรียมไว้ (ดัดแปลงจาก Yang et al., 2012) วางให้อาหารแข็งตัว นำกระดาษกรอง Whatman No.1 ที่เจาะเป็นวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร และนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว แตะลงบนผิวหน้าอาหารที่เลี้ยงเชื้อ *Bacillus* sp. แต่ละไอโซเลต มาวางบนผิวหน้าอาหาร โดยวางเชื้อ จำนวน 4 ชิ้น/จาน เว้นระยะห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 เซนติเมตร จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง วัดเส้นผ่านศูนย์กลางโซนการยับยั้ง (inhibition zone) ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อหลังทดสอบ 7 วัน คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง โดยดัดแปลงจาก Hampl (2021) จากสูตรอัตราส่วนของ inhibition zone = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโซนใสของเชื้อ/ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ negative control วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ทำการทดลอง 5 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ ประกอบด้วย *Bacillus* RUTs001, *Bacillus* RUTs002, *Bacillus* RUTs003, คอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ (Copper hydroxide 77% WP) และชุดควบคุม

การทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ *Bacillus* sp. ในการควบคุมโรคเหี่ยวของขมิ้นชันในโรงเรือนทดลอง

การเตรียมดินปลูก ผสมดินสำหรับปลูกแ่งขมิ้นชันตามกรรมวิธีและอัตราส่วนผสมของหลักสูตรพืชศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครราชสีมา ประกอบด้วย หน้าดิน ขุยมะพร้าว ชี้เถ้าแกลบ และปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 1:1:1:1 โดยปริมาตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งแรงดันสูง (autoclave) ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที บรรจุใส่กระถางพลาสติกขนาด 8 นิ้ว

การเตรียมเชื้อ *R. solanacearum* เลี้ยงเชื้อบนอาหาร NA เมื่ออายุครบ 48 ชั่วโมง เตรียมเซลล์แขวนลอยในน้ำกลั่น นึ่งฆ่าเชื้อ ปรับระดับความเข้มข้นให้ค่าความขุ่นของเซลล์แขวนลอย เมื่อวัดการดูดกลืนแสง (O.D. เท่ากับ 0.2) ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ได้ปริมาณเชื้อ 1×10^8 cfu/ml

การเตรียมชีวภัณฑ์ *Bacillus* sp. เลี้ยงเชื้อ *Bacillus* RUTs001, *Bacillus* RUTs002 และ *Bacillus* RUTs003 บนอาหาร NA เมื่ออายุครบ 48 ชั่วโมง ละลายเชื้อด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride) เข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ นำเซลล์แขวนลอย (cell suspension) ที่ได้ไปเลี้ยงบนเครื่องเขย่า ความเร็ว 50 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 5 วัน เก็บตะกอนเซลล์ที่ได้ไปผลิตเป็นชีวภัณฑ์แบบผงละลายน้ำ ในสูตรหลัก 99 กรัม ผสมกับโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (sodium carboxymethyl cellulose; sCMC) 1 กรัม อบให้แห้งและบดให้ละเอียด (Seephueak et al., 2024) นำชีวภัณฑ์ที่เตรียมได้ ไปทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวของขมิ้นชันในสภาพโรงเรือนทดลอง ด้วยวิธีการแ่งขมิ้นชันด้วยชีวภัณฑ์ก่อนปลูก และวิธีการราดชีวภัณฑ์บริเวณรอบต้นขมิ้นชันหลังปลูก ดังนี้

วิธีการที่ 1: การแ่งขมิ้นชันด้วยชีวภัณฑ์ *Bacillus* sp. ก่อนปลูก คัดเลือกแ่งขมิ้นชันปลอดโรคจากแปลงเกษตรกรให้มีขนาดใกล้เคียงกัน (น้ำหนัก 10 กรัม/แ่ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร) นำไปแช่ในสารละลายชีวภัณฑ์ *Bacillus* sp. ทั้ง 3 ไอโซเลตที่เตรียมไว้ อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (ปริมาณเชื้อ 1×10^9 cfu/ g W) ต่อแ่งขมิ้นชัน 10 กิโลกรัม

เป็นเวลา 60 นาที เมื่อครบเวลา นำแง่งขมิ้นชันไปผึ่งลมให้แห้งเป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ก่อนนำไปปลูกในดินนึ่งฆ่าเชื้อที่เตรียมไว้ในกระถางพลาสติกขนาด 8 นิ้ว (จำนวน 3 แ่ง/กระถาง) หลังจากปลูกเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำการปลูกเชื้อด้วยการราดด้วยเซลล์แขวนลอยเชื้อ *R. solanacearum* ปริมาตร 10 มิลลิลิตร/กระถาง และทำการราดชีวภัณฑ์ *Bacillus* ไอโซเลตต่าง ๆ ซ้ำ หลังปลูกเชื้อ 7 และ 14 วัน ปริมาตร 10 มิลลิลิตร/กระถาง อัตราความเข้มข้น 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

วิธีการที่ 2: การราดชีวภัณฑ์ *Bacillus* sp. บริเวณรอบต้นขมิ้นชันหลังปลูก ทำการปลูกขมิ้นชันลงดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว เมื่อต้นขมิ้นชันอายุครบ 60 วัน คัดเลือกต้นที่มีลักษณะสมบูรณ์แข็งแรง ไม่มีโรคและแมลงทำลาย มีขนาดต้นใกล้เคียงกัน (จำนวน 3 ต้น/กระถาง) ทำการราดชีวภัณฑ์ *Bacillus* sp. อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร/กระถาง บริเวณรอบโคนต้นขมิ้นชัน เมื่อครบเวลา 48 ชั่วโมง ราดเซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย *R. solanacearum* ปริมาตร 10 มิลลิลิตร/กระถาง และราดชีวภัณฑ์ *Bacillus* ซ้ำหลังปลูกเชื้อ เช่นเดียวกับวิธีการที่ 1

การวางแผนการทดลอง

การศึกษาทั้ง 2 แบบนี้ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) จำนวน 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ๆ ละ 3 ต้น ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 *Bacillus* RUTs001 + *R. solanacearum*

กรรมวิธีที่ 2 *Bacillus* RUTs002 + *R. solanacearum*

กรรมวิธีที่ 3 *Bacillus* RUTs003 + *R. solanacearum*

กรรมวิธีที่ 4 คอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ (Copper hydroxide 77% WP) + *R. solanacearum*

กรรมวิธีที่ 5 *R. solanacearum* (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 6 พืชปกติ (ชุดตรวจสอบ)

ตรวจและบันทึกข้อมูลการเกิดโรค ในระยะเวลา 150 วัน คำนวณเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (% disease incidence) จากสูตร จำนวนต้นเป็นโรค/จำนวนต้นทั้งหมด $\times 100$ (Pimpanuwat, 2021) วิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยวิธี Duncan's new multiple range tests (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การแยกเชื้อ *R. solanacearum*

ลักษณะอาการของต้นขมิ้นชันที่เป็นโรคเหี่ยว ซึ่งเก็บจากแปลงปลูกขมิ้นชันของเกษตรกรในอำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช ในระยะแรกสังเกตพบว่า ใบขมิ้นชันเหี่ยว ม้วนเป็นหลอดสีเหลือง และค่อย ๆ ขยายลุกลามจากส่วนล่างขึ้นไปยังส่วนปลายยอดจนแห้งตายทั้งต้น (Figure 1a) บริเวณโคนต้นและหน่อที่แตกออกมาใหม่ มีลักษณะฉ่ำน้ำสีน้ำตาลเข้มถึงดำ และเน่าเปื่อยหักหลุดออกมาได้ง่าย เมื่อแง่งขมิ้นชันมีสีคล้ำขึ้น จะเปื่อยและมีเมือกสีขาวข้นซึมออกมาตรงรอยแผล (Figure 1b) ผลการแยกเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคจากขมิ้นชันที่แสดงอาการเหี่ยว ด้วยวิธี streak plate บนอาหาร NA พบว่า โคโลนีของเชื้อแบคทีเรียมีลักษณะรูปร่างไม่แน่นอน เอ็ม สีขาวขุ่น คล้ายน้ำมัน (Figure 1c) ส่วนโคโลนีบนอาหาร TZC มีรูปร่างไม่แน่นอน ขอบเรียบ ลักษณะเอ็ม สีขาวขุ่น เช่นเดียวกับบนอาหาร NA แต่ตรงกลางโคโลนีมีสีชมพู (Figure 1d) ซึ่งสอดคล้องกับ Thongsen (2015) รายงานว่า ลักษณะโคโลนีของเชื้อ *R. solanacearum* สายพันธุ์รุนแรง จะมีลักษณะโคโลนีหนูน เอ็ม ตรงกลางโคโลนีมีสีชมพู ขอบโคโลนีมีสีขาว ขอบเรียบ เมื่อเลี้ยงบนอาหาร TZC

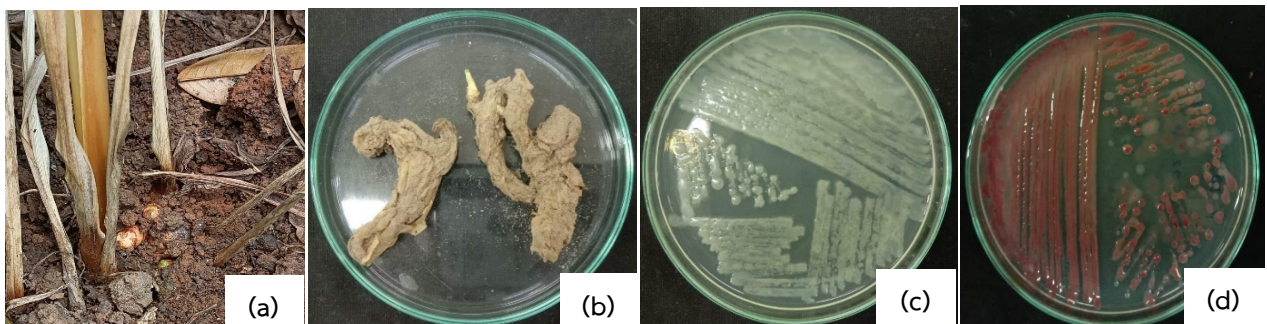


Figure 1 Turmeric wilt disease caused by *R. solanacearum* in planting plot (a), rhizome (b), colonies on NA medium (c), and colonies on TZC medium (d).

ความสามารถของเชื้อ *R. solanacearum* ในการก่อโรคเหี่ยวของขมิ้นชัน

เชื้อ *R. solanacearum* ทำให้แ่งขมิ้นชันเกิดโรครากเน่าในระยะเวลา 10-14 วัน โดยระยะแรกแ่งขมิ้นชัน มีลักษณะฉ่ำน้ำ สีน้ำตาลเข้มถึงดำ สีค่อย ๆ คล้ำขึ้น เปื่อยยุ่ย เน่าและหักหลุดออกมาโดยง่าย และไม่มีการเจริญเติบโต ลักษณะอาการที่พบ เช่นเดียวกับการทดสอบด้วยเชื้อ *R. solanacearum* 2069 สายพันธุ์อ้างอิง ซึ่งพบการเกิดโรครากเน่าอย่างรวดเร็วหลังการปลูกเชื้อ 7-14 วัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suwankeereekhan (2003) รายงานผลการทดสอบความสามารถในการก่อโรคเหี่ยวของปทุมมาที่เกิดจากเชื้อ *R. solanacearum* พบว่า ทำให้ปทุมมาแสดงอาการเหี่ยวภายใน 7-14 วัน หลังปลูกเชื้อด้วยวิธีตัดใบ ลักษณะอาการเริ่มแรกหลังการปลูกเชื้อ ใบปทุมมาคู่ล่างเริ่มห่อม้วนเข้า ต่อมาใบบนจะเริ่มเหี่ยวม้วน อาการเหี่ยวเพิ่มขึ้นจนเหี่ยวทั้งต้น ใบมีสีเหลืองซีด บริเวณโคนต้นมีอาการช้ำน้ำ และเน่าเป็นสีน้ำตาล ต้นยุบตัว และแห้งตาย นอกจากนี้ Chomdate (2013) รายงานว่า โรคเหี่ยวของโพลที่เกิดจากเชื้อ *R. solanacearum* เมื่อตรวจที่ลำต้นจะพบว่า ส่วนที่เป็นท่อน้ำท่ออาหารจะถูกทำลายเป็นสีกัลหรือสีน้ำตาลเข้ม และมีเมือกของแบคทีเรียเป็นของเหลวสีขาวข้นคล้ายน้ำมันซึมออกมาตรงรอยแผล Bangkok and Thummabenjapone (2021) รายงานว่า เชื้อ *R. solanacearum* ที่พบส่วนใหญ่ในประเทศไทยจัดอยู่ใน biovar 3 และ 4 สอดคล้องกับ Kumar et al. (2014) ที่รายงานว่า เชื้อ *R. solanacearum* ที่เข้าทำลายพืชวงศ์ Zingiberaceae ถูกจัดอยู่ใน biovar 3 และ 4 ซึ่งเชื้อที่อยู่ใน biovar 3 จะเข้าทำลายพืชได้รวดเร็วกว่าเชื้อที่อยู่ใน biovar 4 โดยพบว่า เชื้อ *R. solanacearum* biovar 3 ทำให้ *Curcuma aromatica*, *C. caesia* และ *C. longa* เกิดโรครากเน่าในระยะเวลา 5-7 วัน ในขณะที่เชื้อ *R. solanacearum* biovar 4 ทำให้เกิดโรค 14-30 วัน หลังจากปลูกเชื้อ

ประสิทธิภาพของเชื้อ *Bacillus* sp. ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *R. solanacearum* ในห้องปฏิบัติการ

ผลการทดสอบ พบว่า เชื้อ *Bacillus* RUTs002 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *R. solanacearum* ได้สูงสุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโซนใส เท่ากับ 2.89 เซนติเมตร การยับยั้งเท่ากับ 85.27 เปอร์เซ็นต์ (Table 1 และ Figure 2b) รองลงมา คือ *Bacillus* RUTs003, *Bacillus* RUTs001 และ คอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางโซนใส เท่ากับ 1.53, 1.24 และ 1.16 เซนติเมตร ตามลำดับ การยับยั้งเท่ากับ 75.32, 71.36, และ 69.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1 และ Figure 2c, 2a และ 2d) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Prasongsap (2016) ที่ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อ *Bacillus* spp. จำนวน 182 ไอโซเลต ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *R. solanacearum* สาเหตุโรคเหี่ยวของโพล ด้วยวิธี paper disc diffusion ในห้องปฏิบัติการ พบว่า เชื้อ *Bacillus* ที่สามารถเจริญแข่งขันและยับยั้งการเจริญของเชื้อ *R. solanacearum* สาเหตุโรคเหี่ยวบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NGA ได้ดี มีทั้งหมดจำนวน 17 ไอโซเลต โดยเชื้อที่มีประสิทธิภาพดีสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ CMS 1-2, LPS 3-2 และ LPR 1-5 วัดค่าเฉลี่ยความกว้างของโซนใส ได้เท่ากับ 1.80, 1.58 และ 1.58 เซนติเมตร ตามลำดับ

Table 1 The efficiency of the antagonist *Bacillus* spp. in inhibiting the growth of *R. solanacearum* by paper disc diffusion method in laboratory.

Treatments	Clear zone diameter (cm)	Inhibitory growth (%)
1. <i>Bacillus</i> RUTs001	1.24 ^b	71.36 ^b
2. <i>Bacillus</i> RUTs002	2.89 ^a	85.27 ^a
3. <i>Bacillus</i> RUTs003	1.53 ^b	75.32 ^b
4. Copper hydroxide	1.16 ^{bc}	69.96 ^b
5. Control	0.00 ^d	0.00 ^c
C.V. (%)	6.66	9.15
F-test	*	*

* = Mean in the same column followed by different letters were significantly different by Duncan ($P < 0.05$).

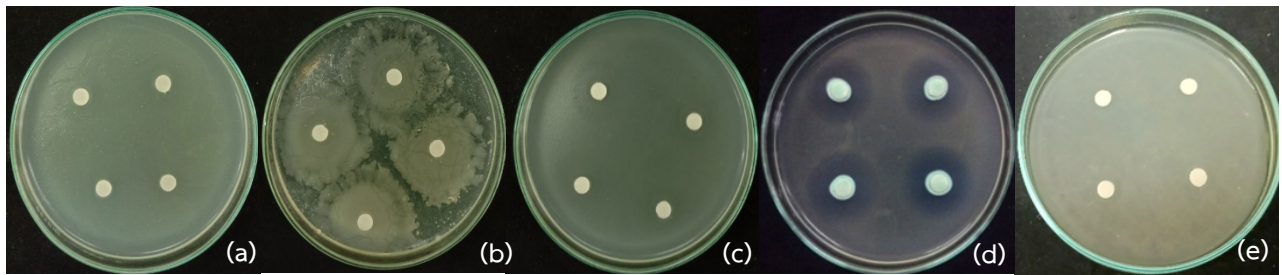


Figure 2 The efficiency of the antagonist bacteria *Bacillus* spp. testing by paper disc diffusion method. *Bacillus* RUTs001 (a), *Bacillus* RUTs002 (b), *Bacillus* RUTs003 (c), copper hydroxide (d), and control (e) *R. solanacearum*.

ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ *Bacillus* sp. ต่อการควบคุมโรคเหี่ยวของขมิ้นชันในเรือนทดลอง

เมื่อทดสอบวิธีการแช่แ่งก่อนปลูก พบว่า การแช่แ่งขมิ้นชันด้วยคอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ ไม่พบการเกิดโรคเหี่ยวตลอดระยะเวลาการปลูก ในขณะที่กรรมวิธีการแช่แ่งขมิ้นชันด้วยชีวภัณฑ์ *Bacillus* RUTs002, *Bacillus* RUTs001 และ *Bacillus* RUTs003 พบการเกิดโรค 2.08, 8.33 และ 8.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบการเกิดโรคเหี่ยวหลังปลูกเชื้อที่ระยะเวลา 120, 60 และ 21 วัน ตามลำดับ ในขณะที่พืชปกติ (ชุดตรวจสอบ) และ การใช้เชื้อ *R. solanacearum* (ชุดควบคุม) ขมิ้นชันเกิดโรค 25.00 และ 30.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) โดยพบโรควันที่ 21 หลังการทดสอบ (Table 2)

สำหรับประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ *Bacillus* sp. ต่อการควบคุมโรคเหี่ยวของขมิ้นชันในโรงเรือน เมื่อใช้วิธีการราดชีวภัณฑ์บริเวณโคนต้น พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) กรรมวิธีการราดด้วยคอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ พบการเกิดโรคน้อยสุด 47.92 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ การราดด้วยชีวภัณฑ์ *Bacillus* RUTs003, *Bacillus* RUTs002 และ *Bacillus* RUTs001 พบการเกิดโรค เท่ากับ 52.74, 58.33 และ 66.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3) โดยการเกิดโรคจะเกิดขึ้นรวดเร็ว พบโรค 7 วันหลังการปลูกเชื้อ สอดคล้องกับการศึกษาของ Kositchrenkul et al. (2014) ที่รายงานประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ *B. subtilis* BS-DOA 24 ต่อการควบคุมโรคเหี่ยวของขมิ้นชันที่เกิดจากเชื้อ *R. solanacearum* ด้วยวิธีการราดชีวภัณฑ์บริเวณโคนต้น พบว่า ชีวภัณฑ์ *B. subtilis* BS-DOA 24 (ปริมาณเชื้อ 1.1×10^{10} cfu/g) สามารถควบคุมโรคได้ 62-65 เปอร์เซ็นต์ เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาครั้งนี้ (พบการเกิดโรค 52.74-66.67 เปอร์เซ็นต์) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ชีวภัณฑ์ *Bacillus* ทุกไอโซเลต มีประสิทธิภาพดีในการควบคุมโรคเหี่ยวของขมิ้นชัน ทั้งในรูปแบบการแช่แ่งก่อนปลูก (การเกิดโรคอยู่ในช่วง 2.08-8.30 เปอร์เซ็นต์) และการราดบริเวณต้นขมิ้นชันหลังปลูก 60 วัน (การเกิดโรค 52.74-66.67 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับกรรมวิธีชุดควบคุม (*R. solanacearum*) พบการเกิดโรค 30.58 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม วิธีการแช่แ่งขมิ้นชันก่อนปลูกทำให้การเกิดโรคน้อยและช้ากว่าวิธีการราดชีวภัณฑ์ภายหลังการปลูกขมิ้นชัน ทั้งนี้เป็นไปได้ว่า วิธีการแช่แ่งขมิ้นชันทำให้เชื้อ *Bacillus* สัมผัสกับแ่งขมิ้นชันโดยตรง เชื้อสามารถเข้าไปเจริญร่วมและครอบครองแ่งขมิ้นชันได้ดี จึงสามารถป้องกันการเข้าทำลายจากเชื้อก่อโรคได้ ในขณะที่การราดชีวภัณฑ์ภายหลังปลูกขมิ้นชันไปแล้ว 60 วัน อาจมีเชื้อก่อโรคติดมากับส่วนขยายพันธุ์ การราดชีวภัณฑ์ภายหลังจึงอาจทำให้ไม่สามารถป้องกันการเกิดโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับการศึกษาของ Na Nan et al. (2015) ที่รายงานว่า แบคทีเรีย *Bacillus* ไอโซเลตที่แยกจากดินรากยาสูบ#4 สามารถควบคุมโรคเหี่ยวของโพลที่เกิดจากเชื้อ *R. solanacearum* ในสภาพโรงเรือนทดลองได้ดีที่สุด เมื่อใช้วิธีการแช่แ่งก่อนปลูก เมื่อครบระยะเวลาทดสอบ 60 เดือน พบการเกิดโรค 2.50 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ แบคทีเรียไอโซเลต CMS1-2+ LPS 3-2, ไอโซเลต LPR1-5 และ CMS1-2 + LPS3-2 + LPR1-5 พบการเกิดโรค 2.55, 2.60 และ 2.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Table 2 Disease incidence (%) when using the bioproduct of *Bacillus* sp. to control turmeric wilt caused by *R. solanacearum* through soaking rhizomes before planting.

Treatments	Disease incidence (%)						
	21 days	30 days	45 days	60 days	90 days	120 days	150 days
<i>Bacillus</i> RUTs001	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	4.17±0.03 ^c	4.17±0.03 ^c	8.33±0.13 ^c	8.33±0.13 ^c
<i>Bacillus</i> RUTs002	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	2.08±0.08 ^e	2.08±0.08 ^d
<i>Bacillus</i> RUTs003	2.08±0.08 ^c	2.08±0.08 ^c	2.08±0.08 ^c	4.17±0.02 ^c	4.17±0.02 ^c	6.25±0.05 ^d	8.33±0.13 ^c
Copper hydroxide	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^e
<i>R. solanacearum</i> (control)	16.67±0.03 ^a	16.67±0.03 ^a	20.83±0.18 ^a	25.00±0.04 ^a	25.00±0.04 ^a	30.58±0.22 ^a	30.58±0.22 ^a
Normal plant (control checked)	4.17±0.10 ^b	4.17±0.14 ^b	8.33±0.15 ^b	14.58±0.06 ^b	14.58±0.01 ^b	16.67±0.05 ^b	25.00±0.00 ^b
C.V. (%)	1.37	1.62	1.96	0.39	0.27	1.07	1.30
F-test	**	**	**	**	**	**	**

**= Means in a same column followed by the different letters are significantly different by DMRT (P<0.01).

โรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อ *R. solanacearum* สร้างความเสียหายอย่างมากกับพืชปลูก โดยเฉพาะพืชที่มีลำต้นใต้ดินหรือพืชหัว แนวทางการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวให้มีประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องใช้วิธีผสมผสาน จึงจะสามารถลดการเกิดโรคได้ Na Nan et al. (2015) รายงานว่า เชื้อ *B. subtilis* ที่ผ่านการทดสอบว่า สามารถควบคุมเชื้อ *R. solanacearum* ได้ดีในระดับห้องปฏิบัติการ และในโรงเรือนทดลอง ไม่สามารถควบคุมโรคเหี่ยวได้ในสภาพแปลงทดลอง ทั้งนี้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการระบาดของโรค การเกิดโรคจะเกิดอย่างรวดเร็วจนไม่สามารถควบคุมโรคเหี่ยว โดยที่ Jijuban et al. (2021) รายงานว่า การผลิตขิงโดยใช้หัวพันธุ์ปลอดโรค ร่วมกับการจัดการดินและการใช้เชื้อชีวภัณฑ์ *B. subtilis* -DOA 24 แซ่ท่อนพันธุ์ก่อนปลูก จะทำให้ขิงมีผลผลิตเพิ่มขึ้น การเกิดโรคลดลง และสามารถปลูกซ้ำได้ในพื้นที่เดิมนาน 3 ปี เชื้อ *Bacillus* spp. นอกจากมีคุณสมบัติในการป้องกันกำจัดโรคพืชแล้ว ยังมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Bangkham and Thummabenjapone, 2021; Khonglah et al., 2015) สอดคล้องกับการวิจัยของ Hansuek et al. (2024) ซึ่งเป็นหนึ่งในทีมนักวิจัย ที่ทำการศึกษาชนิดของท่อนพันธุ์ร่วมกับชีวภัณฑ์ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของขิงมันชัน ด้วยการแช่ท่อนพันธุ์ขิงมันชัน เป็นเวลา 60 นาที ก่อนนำปลูกในสภาพแปลงปลูก พบว่า ท่อนพันธุ์ขิงมันชันที่แช่ด้วยชีวภัณฑ์ ทำให้มีการงอกสูงสุด 70.40 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีความเร็วของการงอกเท่ากับ 7.25 เวลาเฉลี่ยการงอกดีสุด 22.50 วัน และมีจำนวนต้นต่อกอสูงสุด 4.30 ต้น โดยหลังปลูก 3 เดือน ไม่พบการเกิดโรคเหี่ยว

Table 3 Disease incidence (%) when using the bioproduct of *Bacillus* sp. to control turmeric wilt caused by *R. solanacearum* through the pouring method.

Treatments	Disease incidence (%)						
	7 days	15 days	30 days	60 days	90 days	120 days	150 days
<i>Bacillus</i> RUTs001	14.06±0.02 ^c	11.11±0.67 ^d	33.33±0.29 ^b	47.92±0.10 ^b	49.25±0.08 ^b	50.01±0.01 ^b	66.67±0.08 ^b
<i>Bacillus</i> RUTs002	5.20±0.13 ^d	12.15±0.19 ^c	18.75±0.08 ^d	41.67±0.00 ^c	47.92±0.07 ^c	47.92±0.04 ^c	58.33±0.10 ^c
<i>Bacillus</i> RUTs003	15.63±0.19 ^b	15.63±0.08 ^b	28.65±0.10 ^c	38.19±0.08 ^d	41.67±0.18 ^d	43.75±0.06 ^d	52.74±0.03 ^d
Copper hydroxide	0.69±0.01 ^e	0.69±0.02 ^e	4.43±0.14 ^f	37.50±0.14 ^e	38.19±0.11 ^e	41.67±0.08 ^e	47.92±0.02 ^e
<i>R. solanacearum</i> (control)	49.65±0.25 ^a	57.29±0.01 ^a	41.67±0.08 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
Normal plant (control checked)	0.00±0.00 ^f	0±0.00 ^f	7.75±0.03 ^e	13.67±0.08 ^f	15.92±0.04 ^f	17.25±0.09 ^f	26.33±0.02 ^f
C.V. (%)	0.97	1.77	0.65	1.18	0.20	0.12	0.09
F-test	**	**	**	**	**	**	**

**= Means in a same column followed by the different letters are significantly different by DMRT (P<0.01).

สรุปผลการศึกษา

ชีวภัณฑ์ *Bacillus* RUTs002 มีประสิทธิภาพสูงสุด ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *R. solanacearum* เมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือนด้วยวิธีการแช่แ่งงมื่นชั้นก่อนนำไปปลูก พบการเกิดโรคช้าและน้อยกว่าการแช่แ่งงมื่นชั้นด้วยชีวภัณฑ์ *Bacillus* RUTs001 และ *Bacillus* RUTs003 ส่วนวิธีการใช้ชีวภัณฑ์ราดบริเวณต้นขมื่นชั้นหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีราดด้วยชีวภัณฑ์ *Bacillus* RUTs003 พบการเกิดโรคน้อยกว่าการใช้ชีวภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ อย่างไรก็ตามในอนาคต ควรศึกษาเพิ่มเติมการประยุกต์ใช้ชีวภัณฑ์ *Bacillus* RUTs002 แช่แ่งงมื่นชั้นก่อนปลูกร่วมกับการราดด้วยชีวภัณฑ์ *Bacillus* RUTs003 หลังปลูก เพื่อควบคุมโรคเหี่ยวในสภาพแปลงปลูก รวมถึงศึกษาปริมาณและคุณภาพของผลผลิตขมื่นชั้น และติดตามจำนวนประชากรของเชื้อ *Bacillus* spp. ในดินหลังการใช้ เพื่อให้สามารถจัดการโรคเหี่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ประจำปีงบประมาณ 2566 ขอขอบคุณสำนักงานเกษตรอำเภอรัตนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช สำหรับความร่วมมือและช่วยเหลือในการลงพื้นที่ทำวิจัย

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมติฐาน: พรศิลป์ สีเผือก, พัชราภรณ์ วาณิชยปกรณ์, สกฤตน์ หาญศึก. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: พรศิลป์ สีเผือก. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: พรศิลป์ สีเผือก, พัชราภรณ์ วาณิชยปกรณ์, สกฤตน์ หาญศึก. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: พรศิลป์ สีเผือก. การมีส่วนร่วมในการเขียน manuscript: พรศิลป์ สีเผือก.

เอกสารอ้างอิง

- Bangkham, T., & Thummabenjapone, P. (2021). Screening of antagonistic bacteria for control bacterial wilt disease and promote growth of pepper seedling. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 49(6), 1502-1514. (in Thai).
- Chomdate, T. (2013). *Identification and Pathogenicity Test of Ralstonia solanacearum Isolated from Cassumunar (Zingiber montanum)*. Master's Thesis. Kasetsart University. (in Thai).
- Department of International Trade Promotion. (2024). *Trade opportunities for turmeric products in India*. Retrieved from: https://www.ditp.go.th/contents_attach/817496/817496.pdf. (in Thai).
- Jijuban, J., Intrakraw, W., Insung, L., & Jarinthorn, S. (2021). Testing disease-free ginger production technology and transferring in farm conditions. *Journal of Agricultural Production*, 3(1), 13-23. (in Thai).
- Hampl, A. (2021). *Plant Products to Control Ralstonia solanacearum Causing Bacterial Wilt in Tomatoes (Solanum lycopersicum) in Kenya*. Master's Thesis. Swedish University of Agriculture Science.
- Hansuek, S., Seephueak, P., & Bootkote, P. (2024). Study on types of seed rhizome with bio-product on germination of turmeric (*Curcuma longa* L.). *Khon Kaen Agriculture Journal Supplementary*, 52(1), 348-354. (in Thai).
- Horticulture Research Institute. (2023). *Curcuma longa* L. Department of Agriculture. Retrieved from: <https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2023/02/เอกสารวิชาการ-ขมื่นชั้น-กลุ่มวิชาการ-สวส.pdf> (in Thai).
- Karim, Z., & Hossain, M. S. (2018). Management of bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) of potato: focus on natural bioactive compounds. *Journal of Biodiversity Conservation and Bioresource Management*, 4(1), 73-92.
- Khonglah, D., Majaw, S. P., Kayang, H., & Rao, M. S. (2015). Efficacy of bioformulations of indigenous bacterial bioagents strains against bacterial wilt of *Curcuma longa* L. *Journal of Agricultural Technology*, 11(7), 1523-1533.
- Kositcharoenkul, N., Puawongphat, B., Kanhayart, T., & Thongkreng, R. (2014). Development bioproduct from *Bacillus subtilis* BS-DOA 24 strain for controlling bacterial wilt of ginger (*Ralstonia solanacearum*). *Thai Agriculture Research Journal*, 32(3), 234-251. (in Thai).

- Kunopagan, J. (2006). **Growth Inhibition of Microbes Causing Wilt in *Curcuma alismatifolia* by Antagonistic Bacteria**. Master's thesis. Chiang Mai University. (in Thai).
- Kumar, A., Prameela, T. P., Suseelabhai, R., Siljo, A., Anandaraj, M., & Vinatzer, B. A. (2014). Host specificity and genetic diversity of race 4 strains of *Ralstonia solanacearum*. **Plant Pathology**, 63(5), 1138-1148.
- Na Nan, S., Jaiteng, A., Vorapitirangsi, S., Prasongsap, S., & Chingdung, S. (2015). **Select and Test the Effectiveness of Antagonist Microorganism in Controlling to Bacterial Wilt of *Zingiber cassumunar* Roxb. (Phlai)**. Retrieved from: <https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2428>. (in Thai).
- Ongena, M., & Jacques, P. (2008). *Bacillus* lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol. **Trends Microbiology**, 16(3), 115-125.
- Pimpanuwat, P. (2021). **Investigating the Potential of Actinobacteria to Prevent Disease and Promoting the Growth of Citrus**. Master's Thesis. Naresuan University. (in Thai).
- Prasongsap, S. (2016). **Research and Development of Sustainable Product Plai: *Zingiber cassumunar* Roxb.** Department of Agriculture. Retrieved from: <https://tarr.arda.or.th/preview/item/6olobn9Ynm8EJGI21xDOg> (in Thai).
- Prihatiningsin, N., Asnani, A., & Djatmiko, H. A. (2021). Extracellular protease from *Bacillus subtilis* B315 with antagonistic activity against bacterial wilt pathogen (*Ralstonia solanacearum*) of chili. **Biodiversitas**, 22(3), 1291-1295.
- Ruangwong, O. U., & Jaijantra, B. (2017). Using of soil actinomycetes to inhibit *Ralstonia solanacearum* causal agent of tomato wilt disease. **Journal of Agriculture**, 33(1), 49-59. (in Thai).
- Smith, J. J., Offord, L. C., Holderness, M., & Saddler, G. S. (1995). Genetic diversity of *Burkholderia solanacearum* (Synonym *Pseudomonas solanacearum*) race 3 in Kenya. **Applied Environmental Microbiology**, 61(12), 4263-4268.
- Sun, Y., Su, Y., Meng, Z., Zhang, J., Zheng, L., Miao, S., Qin, D., Ruan, Y., Wu, Y., Xiong, L., Yan, X., Dong, Z., Cheng, P., Shao, M., & Yu, G. (2023). Biocontrol of bacterial wilt disease in tomato using *Bacillus subtilis* strain R31. **Frontiers Microbiology**, 14, 1281381. <https://pdfs.semanticscholar.org/1b87/e35cafaa78c030fc114fc9c5afe36a42aa97.pdf>
- Seephueak, P., Noochaikaw, W., Srimai, W., Maneeon, A., & Vanichpakorn, P. (2024). Efficacy of bioproduct of *Bacillus* spp. for growth and control green mold disease of gray oyster mushrooms caused by *Trichoderma hamatum*. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 52(suppl. 1), 383-391. (in Thai).
- Suwankeereeekhan, J. (2003). **Seed and Soil Treatment to Control Bacteria Wilt in Patumma Caused by *Ralstonia solanacearum***. Master's Thesis. Kasetsart University. (in Thai).
- Thongsen, N. (2015). **Race Identification of *Ralstonia solanacearum* Causing Wilt of Eucalyptus and Its Management**. Master's Thesis. Kasetsart University. (in Thai).
- Yang, Y., Li, X. M., Sun, Z. H., Yang, T., Tan, Z. L., Wang, B. F., Han, X. F., & He, Z. X. (2012). The growth performance and meat quality of goats fed diets based on maize or wheat grain. **Journal of Animal and Feed Sciences**, 21(4), 587-598.
- Zulfikar, A., Nur Layla, I., Preecha, C., Seephueak, W., & Seephueak, P. (2018). Use of antagonistic bacteria from spent mushroom compost for controlling damping-off cause by *Fusarium solani* in tomato. In **Proceedings of the 6th Asian Academic Society International Conference (AASIC)**, pp. 630-638. Mae Fah Luang University.

การผลิตและการประเมินผลิตภัณฑ์แยมว่านหางจระเข้พลังงานต่ำด้วยซูคราโลส

Production and Evaluation of Low-Calorie Aloe Vera (*Aloe vera* (L.) Burm.f.) Jam Products with Sucralose

จิตรวดี ตั้งหิรัญรัตน์¹, ขวัญจิต อิศระสุข², ปิยนุช พรหมมร², อรพิน โกมิตบาล¹,
จันทรสจ วุฒิสัตย์วงศ์กุล¹ และกัลยาภรณ์ จันตรี³
Jittarawadee Tanghiranrat^{1*}, Khwunjit Itsarasook², Piyanuch Prompamorn², Orapin Komutiban¹,
Jantharat Wutisatwongkul¹ and Kanlayaporn Chantree³

Received date: 23 ม.ค. 67 Revised date: 1 เม.ย. 67 Accepted date: 15 พ.ค. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.009>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตและประเมินผลิตภัณฑ์แยมว่านหางจระเข้พลังงานต่ำด้วยซูคราโลสจำนวน 4 สูตร ได้แก่ สูตรน้ำตาลร้อยละ 100 สูตรลดน้ำตาลร้อยละ 25, 50 และ 75 เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์พลังงานต่ำ ผลการทดลองพบว่าสูตรลดน้ำตาลร้อยละ 50 มีปริมาณฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวมสูงสุดเท่ากับ 15.86 ± 2.14 mg GAE/g sample และ 1.73 ± 1.15 mg QE/g sample ส่วนค่าความเข้มข้นการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC₅₀) มีค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ร้อยละ 27.65 ± 0.82 และค่า FRAP เท่ากับ 87.74 ± 3.77 mg TE/g sample อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยทั้งหมด และคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 40.18 ± 0.10 , 0.12 ± 0.13 , 0.71 ± 0.11 , 0.12 ± 0.14 , 0.35 ± 0.12 และ 52.11 ± 0.11 g/100 g ตามลำดับ ค่า pH มีค่าลดลงเมื่อปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปของ Citric acid) ลดลง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าลดลง ค่าพลังงานและค่าพลังงานจากไขมันเท่ากับ 184.33 ± 0.09 และ 1.18 ± 0.10 kcal/100 g คิดเป็นร้อยละ 52.28 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (ค่าพลังงานและค่าพลังงานจากไขมันเท่ากับ 352.61 ± 0.10 และ 1.89 ± 0.11 kcal/100 g) เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 121 พลังงานต้องไม่เกินร้อยละ 66 ของอาหารนั้น ส่วนค่าสี L* มีค่าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับค่าสี b* ค่าสี a* มีค่าลดลงค่า Water activity มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยส่งผลให้ค่าความหนืด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง และการวิเคราะห์จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ด้วยการทดสอบ Total Plate Count, Yeast & Mold, Coliform, *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* พบว่าผลิตภัณฑ์แยมว่านหางจระเข้มีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ <100 CFU/g ในการวิเคราะห์ Total Plate Count และ Yeast & Mold พบ Coliform <3.0 MPN/g ไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* <10 CFU/g เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ทั้งนี้พลังงานที่ลดลงเกิดขึ้นจากการใช้สารทดแทนความหวานซูคราโลสซึ่งให้พลังงานต่ำ สามารถเป็นตัวเลือกในการบริโภคและพัฒนาในระดับกิ่งอุตสาหกรรมได้

คำสำคัญ: ว่านหางจระเข้ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ แยมพลังงานต่ำ สารให้ความหวานแทนน้ำตาล

Abstract

This research aimed to study production and evaluation of low-calorie aloe vera jam products with sucralose of 4 formulas such as 100% sugar formula, 25, 50 and 75% reduced sugar formula, to develop low energy product. The results showed that 50% reduced sugar formula contained the highest total phenolic, and total flavonoid contents were 15.86 ± 2.14 mg GAE/g sample and 1.73 ± 1.15 mg QE/g sample. The ratio of IC₅₀ value of inhibited DPPH radicals was $27.65 \pm 0.82\%$, and FRAP value was 87.74 ± 3.77 mg TE/g sample, respectively ($p \leq 0.05$). The moisture, protein, ash, fat, total fiber and carbohydrates were 40.18 ± 0.10 , 0.12 ± 0.13 , 0.71 ± 0.11 , 0.12 ± 0.14 , 0.35 ± 0.12 and 52.11 ± 0.11 g/100 g, respectively. The pH decreased when the amount of total acid (in the form of citric acid) decreased and total sugar decreased. The energy value and energy from fat were 184.33 ± 0.09 and 1.18 ± 0.10 kcal/100 g accounting for 52.28% when compared to the control group (the energy

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จ.กรุงเทพมหานคร 10700

² หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จ.กรุงเทพมหานคร 10700

³ หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอางและความงาม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จ.กาญจนบุรี 71190

¹ Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, Bangkok 10700

² Department of Cosmetic Science, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, Bangkok 10700

³ Department of Cosmetic and Beauty Sciences, Faculty of Science and Technology, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190

*Corresponding author: jittarawadee.19@gmail.com

value and energy from fat were 352.61 ± 0.10 and 1.89 ± 0.11 kcal/100 g). These values were in accordance with the Notification of Ministry of Public Health No.121, which states that the energy must not exceed 66% of that food. The L^* and b^* color increased while a^* color decreased. The water activity increased slightly as a result the viscosity and total dissolved solids decreased. As for the microbial determination, it was found that aloe vera jam products detected less than 100 CFU/g. For Total Plate Count and Yeast & Mold, Coliform was found to be less than 3.0 MPN/g. *Salmonella* spp. was not detected and *Staphylococcus aureus* was less than 10 CFU/g. These values were in accordance with the Thai Community Product Standards.) The decreased energy was due to the used of sweetener substitute, sucralose, which provides low energy. It can be a consumption option and developed on a semi-industrial level.

Keywords: aloe vera, bioactive compound, low energy jam, sweetener

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการอาหารที่มีผลดีต่อสุขภาพมากขึ้น เช่น ไม่ต้องการอาหารที่ใช้สารปรุงแต่งหรือสารกันเสีย ต้องการอาหารที่มีไขมันและคอเลสเตอรอลต่ำ และต้องการอาหารที่มีน้ำตาลและแคลอรีต่ำ เนื่องจากการบริโภคอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญในการขัดขวางสถานะสุขภาพทั่วโลก การบริโภคน้ำตาลมีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากมีปริมาณแคลอรีสูง ส่งผลให้ระดับน้ำตาลและอินซูลินในเลือดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งการรับประทานอาหารเหล่านี้เป็นประจำทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดและหัวใจโรคอ้วน ซึ่งอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลค่อนข้างสูง ได้แก่ แยมและผลิตภัณฑ์ มาร์มาเลด น้ำผลไม้ต่างๆ เป็นต้น การเลือกรับประทานอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ หรืออาหารที่มีแคลอรีต่ำมีความสำคัญมากในการจัดการชีวิตที่มีสุขภาพที่ดีจึงส่งผลดีต่อสุขภาพในการลดปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคดังกล่าว ทำให้การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ (Functional foods) โดยนำวัสดุธรรมชาติที่มีองค์ประกอบของสารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย นำมาเป็นส่วนประกอบหลักในการผลิต การใช้วัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลถือเป็นวัตถุดิบที่ให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 300-600 เท่า และมีกลิ่นรสที่เหมือนกับน้ำตาลทรายแต่ไม่ให้พลังงาน จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมหรือลดปริมาณแคลอรี ถือเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค (Alizadeh et al., 2014)

ว่านหางจระเข้ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Aloe vera* (L.) Burm.f. อยู่ในวงศ์ Asphodelaceae จัดอยู่ในประเภทพืชล้มลุก เนื้อภายในใบมีเมือกเหนียว ลักษณะเป็นวัชพืชสีเขียวอ่อน และมียางใสไม่มีสีเมื่อสัมผัสกับอากาศจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองถึงสีน้ำตาล การศึกษาทางพิษวิทยาของว่านหางจระเข้พบสารสำคัญกว่า 200 ชนิด กลุ่มสารสำคัญที่เชื่อว่าก่อให้เกิดฤทธิ์ทางชีวภาพของว่านหางจระเข้คือ Polysaccharide และโปรตีนที่มีขนาดระหว่าง 14-70 กิโลดาลตัน (Tangjitjareonkun and Supabphol, 2015) คุณสมบัติของสารออกฤทธิ์ที่สำคัญในว่านหางจระเข้โดยรวมมีทั้งหมด 75 ชนิด ได้แก่ กรดอะมิโนที่จำเป็น วิตามิน เอ็นไซม์ แอนทราควิโนน (Anthraquinone) เกลือแร่ ลิกนิน (Lignin) น้ำตาล กรดซาลิไซลิก (Salicylic acid) กรดโฟลิก (Folic acid) สเตอรอล (Sterols) และกรดซาโปนิน (Saponin) รวมถึงวิตามินที่ละลายในน้ำและไขมัน แร่ธาตุ เอนไซม์ โพลีแซคคาไรด์ สารประกอบฟีนอลิก และกรดอินทรีย์ (Boudreau and Beland, 2006) ส่วนของว่านหางจระเข้ที่บริเวณเยื่อชั้นนอกข้างใต้จะมีน้ำยางซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิกรวมทั้งแอนทราควิโนน ฟรีแอนทราควิโนน แอนโธรอน โครโมน คูมาริน ฟลาโวนอยด์ และไฟโรน นอกจากนี้ ยังตรวจพบสารฟลาโวนอยด์หลายชนิดในพืชว่านหางจระเข้ที่สำคัญ ได้แก่ Naringenin, Apigenin, Isovitexin และ Dihydro-isorhamnetin สารฟลาโวนอยด์เหล่านี้มีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูง เนื่องจากพบว่ามีการยับยั้งการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันในการทดลองหลายครั้ง เนื่องจากมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของสารฟลาโวนอยด์จึงได้รับการรายงานว่าสามารถป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจได้ (Salehi et al., 2018; Egbuna and Tupas, 2020) โดยสารเหล่านี้มีคุณสมบัติในทางบำบัดและรักษา ได้แก่ รักษาแผล ป้องกันการติดเชื้อ ปรับระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย ป้องกันการเกิดมะเร็ง รักษาแผลไฟ และกระเพาะอาหารอักเสบ ลดเบาหวาน (Maniyom et al., 2021) นอกจากนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้หลายรูปแบบ ได้แก่ อาหาร เครื่องสำอาง เป็นต้น ดังเช่นการประยุกต์ใช้ว่านหางจระเข้ในการพัฒนาเป็น Functional food พบว่าว่านหางจระเข้ช่วยลดค่า LDL และเพิ่มค่า HDL รวมถึงลดน้ำตาลในเลือด และเมื่อผสมกับสารอาหารอื่น ๆ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพคุณค่าทางโภชนาการอาหาร เช่น เยลลี่ ของหวาน น้ำผลไม้ เป็นต้น (Chand et al., 2019)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีพลังงานต่ำ และน้ำตาลต่ำจึงได้รับความสนใจจากผู้บริโภคมากขึ้น (Ungkanavin et al., 2019) สารให้ความหวานแทนน้ำตาลเป็นหนึ่งในวัตถุเจือปนอาหารที่ใช้แทนน้ำตาลเพื่อทดแทนความหวาน สารให้ความหวานแคลอรีต่ำ ได้แก่ แอสปาร์แตม อะซีซัลเฟมเค ซันทอสกร ซูคราโลส และสตีวียอลไกลโคไซด์ มีรสหวานใช้ทดแทนน้ำตาลในอาหาร

และเครื่องต้ม เมื่อใช้แทนส่วนผสมที่ให้พลังงานสูงอีกทั้งยังช่วยลดพลังงาน (Gibson et al., 2014) 1,6-Dichloro-1,6-dideoxy- β -D-Fructofuranosyl-4-chloro-4-deoxy- α -D-galactopyranoside เป็นชื่อเรียกทางเคมีของซูคราโลส ซึ่งเป็นสารให้ความหวานมากกว่าซูโครส 600 เท่า และมีความเสถียรมากในระดับอุณหภูมิที่สูง ซูคราโลสได้รับการรับรองจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พ.ศ. 2542 เพื่อใช้ในอาหาร เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์ยา อาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารเสริม และวิตามิน ไม่ส่งผลกระทบต่อ การดูดซึมของกลูโคส เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ผู้ป่วยโรคเบาหวานสามารถบริโภคได้และไม่กระตุ้นให้เกิดการหลั่งอินซูลิน หรือลดระดับน้ำตาลในเลือด ดังนั้นซูคราโลสจึงไม่เป็นที่ก่อหรือ Cariogenic ตามรายงานทางคลินิก (Dyab et al., 2021) จาก งานวิจัยที่ผ่านมา มีการใช้ซูคราโลสและสารให้ความหวานแทนน้ำตาลชนิดอื่นในการทดแทนน้ำตาล โดยการทดแทนน้ำตาลบางส่วน ด้วยแคลอรีต่ำด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสในลูกพีชเชื่อม 4 สูตร หลังจากกระบวนการผลิตและหลังจากการเก็บรักษา 30, 60 และ 90 วัน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในด้านกายภาพและเคมี รวมถึงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และแคลอรีลดอยู่ระหว่าง 27.49% - 28.00% (Mendonca et al., 2001) งานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาการทดแทนซูคราโลสด้วยรีโบดิโอไซด์ เอ ในเครื่องดื่มแก้ว เหลืองรสสอุน และรสพีชที่มีความหวานระดับเดียวกัน โดยวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ การประเมินทางจุลชีววิทยา และการทดสอบ การยอมรับ ผลการวิจัยพบว่ารีโบดิโอไซด์ เอ ที่มีอัตราความบริสุทธิ์สูง (ร้อยละ 97) ที่ได้จากหญ้าหวานสายพันธุ์ที่เลือก สามารถ ทดแทนซูคราโลสในเครื่องดื่มแก้วเหลืองรสสอุน และรสพีช (Nalesso-leao et al., 2020)

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นถึงคุณประโยชน์ และองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของว่านหางจระเข้ โดยการ พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีพลังงานต่ำซึ่งทดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลส ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาการผลิต และการประเมินผลิตภัณฑ์แยมว่านหางจระเข้พลังงานต่ำด้วยซูคราโลสต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ องค์ประกอบทางเคมีกายภาพและ การประเมินทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์แยมว่านหางจระเข้ เป็นการเพิ่มทางเลือกและรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายให้แก่ ผู้บริโภค รวมถึงเป็นการพัฒนาและเสริมสร้างมูลค่าให้แก่สินค้าทางการเกษตร

วิธีการศึกษา

ศึกษาสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์แยมว่านหางจระเข้

พัฒนาผลิตภัณฑ์แยมว่านหางจระเข้โดยมีตัวแปรที่ต้องควบคุม ได้แก่ ปริมาณน้ำตาล และวัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาล ที่เหมาะสมโดยพัฒนาแยม 4 สูตร คือ สูตรควบคุม (สูตร 1) สูตรลดน้ำตาลร้อยละ 25 (สูตร 2) ร้อยละ 50 (สูตร 3) และร้อยละ 75 (สูตร 4) แสดงดัง Table 1 และขั้นตอนการผลิตแยมว่านหางจระเข้แสดงดัง Figure 1

Boil the aloe vera pulp with clean water at 70 °C for 40 minutes.



Take the aloe vera pulp that has been boiled until cooked and blend it until it is fine.

Then it was heated to 90 °C



Add sugar (Part 1), leaving 5 g. of sugar (Part 2) to mix with low-methoxyl pectin, sucralose, and concentrated fruit juice and stir until homogeneous.



Mix sugar (part 2) with low-methoxy pectin and pour into the aloe vera pulp followed by calcium chloride.



Mix all ingredients until melted and heated at 60-70 °C for 20-30 minutes until the mixture becomes viscous and has a soft gel texture.



Pour aloe vera jam into a tightly closed container and store at 25-30 °C.

Figure 1 Process of producing aloe vera jam.

Table 1 Ingredients and quantities of Aloe vera jam products

Ingredients (% w/w)	Formula (% w/w)			
	1	2	3	4
Finely blended Aloe vera pulp	65	65	65	65
Concentrated juice	1.0	1.0	1.0	1.0
Citric acid	0.6	0.6	0.6	0.6
Low Methoxyl Pectin (LMP)	0.1	0.1	0.1	0.1
Calcium chloride (CaCl ₂)	0.3	0.3	0.3	0.3
Sucralose : Sugar (ratios)	0 : 100 (0 : 33)	25 : 75 (8.25 : 24.75)	50 : 50 (16.5 : 16.5)	75 : 25 (24.75 : 8.25)

การสกัดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์แยมวุ้นทางจระเข้

การสกัดตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์หาค่าฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดัดแปลงตามวิธีของ Potisate and Wutthinithisanand (2021) โดยชั่งตัวอย่าง 1,000 mg เติมนีออนอล ปริมาตร 1,000 ml นำไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง ตกตะกอนความเร็วรอบ 3,000 rpm เป็นเวลา 30 นาที กรองส่วนที่ใสด้วยด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 โดยเก็บส่วนใสในขวดสีชาที่อุณหภูมิ -18°C เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์แยมวุ้นทางจระเข้

การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกกรวมโดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu reagent (Noridayu et al., 2011) เตรียมตัวอย่างแล้วปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 0.1 ml และสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 0.1 ml ลงใน 96 well plate จากนั้นเติมน้ำกลั่นร้อยละ 7.5 Sodium carbonate ปริมาตร 1 ml บ่มในที่มืดเป็นเวลา 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Microplate reader ที่ความยาวคลื่น 765 nm คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกกรวมในตัวอย่างเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน (Calibration standard curve) ของ Gallic acid ในหน่วยคำนวณรูป mg GAE/g sample ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (Triplicate)

การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมในเนื้อวุ้นทางจระเข้โดยใช้วิธี Aluminum Chloride assay (Sulaiman et al., 2011) เตรียมตัวอย่างปริมาตร 25 µl ผสมกับเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 75 µl และ 10% Aluminium chloride ปริมาตร 10 µl และ 1.0 M Potassium acetate 10 µl และน้ำกลั่นปริมาตร 140 µl ใน 96 well plate บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 40 นาที หลังจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Microplate reader ที่ความยาวคลื่น 415 nm นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Quercetin ในรูปแบบ mg QE/100 g sample ทำการทดลอง 3 ครั้ง (Triplicate)

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Tananuwig and Tewaruth, 2010) โดยผสมสารละลาย Acetate buffer ความเข้มข้น 300 mM ปริมาตร 10 ml (pH 3.6 ปรับ pH โดยใช้ Acetic acid) สารละลาย ferric chloride hexahydrate ความเข้มข้น 20 mM ปริมาตร 1 ml สารละลาย TPTZ ความเข้มข้น 10 mM ใน 40 mM HCl ผสมในอัตราส่วน 10:1:1 ปริมาตร 190 µl ผสมเข้ากับตัวอย่างปริมาตร 10 µl ใน 96 well plate บ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 nm โดยใช้ Trolox เป็นสารเปรียบเทียบมาตรฐานในรูปแบบ mg TE/100 g sample ทำการทดลอง 3 ครั้ง (Triplicate)

ด้วยวิธี DPPH radical Scavenging assay (Itsarasook et al., 2014) โดยใช้สารอนุมูลอิสระ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่คงตัวและมีสีม่วงเมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารต้านออกซิเดชันที่ละลายด้วยเอทานอลจะทำให้สีม่วงจางลงเป็นสีเหลือง การเตรียมสารละลาย DPPH โดยชั่ง DPPH 0.00197 g ละลายในเอทานอล 25 ml ทำการทดสอบกับสารละลายตัวอย่าง โดยผสมสารละลายตัวอย่างปริมาตร 75 µl กับสารละลาย DPPH ปริมาตร 150 µl ใน 96 well plate ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 nm โดยใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ครั้ง (triplicate) จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งจากสมการ

$$\% \text{ Free radical scavenging activity} = [(A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{blank}}] \times 100$$

เมื่อ A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารผสมระหว่างสารละลาย DPPH กับสารตัวอย่าง และ A_{blank} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลาย DPPH กับเอทานอล

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์แยมวุ้นทางจระเข้

วิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปของ Citric acid) และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วยวิธี AOAC (2019)

วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยชั่งตัวอย่าง 5 g แล้วเติมน้ำกลั่น 50 ml โดยใช้เครื่อง pH meter ที่ผ่านการปรับด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4.0, 7.0 และ 10.0 (Tananuwong and Tewaruth, 2010)

วิเคราะห์ปริมาณพลังงาน พลังงานจากไขมัน และคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธี In house method TE-CH-169 based on method of analysis for nutrition labeling (Sullivan and Carpenter, 1993)

วัดค่าสี (Color) ด้วยเครื่อง Chroma meter รุ่น CR-400 ในระบบ L* a* b* ค่าวอเตอร์-แอกติวิตี วิเคราะห์ความหนืดด้วย (Viscometer model DV1 MLVT “Brookfield”) และวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractometer) (Tananuwong and Tewaruth, 2010)

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์

โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์ในการเก็บรักษาสลิตภัณฑ์แยมวุ้นทางจระเข้มีดังนี้

การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์และราตามวิธีของ Maturin and Peeler (2001) โดยชั่งตัวอย่าง 25 g ใส่ในถุงพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเติม Diluent (0.1% Peptone water) ลงไปปริมาตร 225 ml ผสมให้เข้ากัน เตรียม 0.1% Peptone water ลงในหลอดทดลองหลอดละ 9 ml ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างที่มีค่าการเจือจาง 10^{-1} ปริมาตร 1 ml ทำการ Dilution จนถึง 10^{-5} จากนั้นดูดสารละลายตัวอย่าง 0.1 ml และใช้เทคนิค Spread plate ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar และ Potato dextrose agar นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมง สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar เพื่อตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมด ส่วนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar ใช้ทดสอบเชื้อราและยีสต์บ่มที่อุณหภูมิ 28 – 32°C เป็นเวลา 3 – 5 วัน เมื่อครบกำหนดเวลานำมาทำการบันทึกผลนับจำนวนโคโลนีทั้งหมดที่พบในงานเพราะเชื้อและคำนวณค่าจุลินทรีย์รายงานเป็น CFU/g

การวิเคราะห์หาค่า MPN Coliform ตามวิธีของ Feng et al. (2020) โดยชั่งตัวอย่าง 10 g ลงในขวดปลอดเชื้อ จากนั้นเติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์จำนวน 90 ml แล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 1 นาที นำไปตั้งทิ้งในตู้เย็น 30 นาที ทำการเจือจางให้เป็น 1:10, 1:100 และ 1:1000 ตามลำดับ โดยใช้สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ทำการตรวจสอบขั้นแรกโดยเตรียมหลอดทดลองพร้อมหลอดดักก๊าซวางคว่ำในหลอดทดลองแบบ 3 แถวดูดตัวอย่างอาหารในแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 1 ml ใส่ในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อแถว 1, 2, 3 ตามลำดับ โดยดูดตัวอย่างอาหารในแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 1 ml ใส่ในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ LST broth ที่มีหลอดดักก๊าซวางคว่ำในหลอดทดลอง เขย่าหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่ตัวอย่างด้วย Vortex จากนั้นนำไปเข้าตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24 ± 2 ชั่วโมง จากนั้นอ่านผลตรวจดูความขุ่นและก๊าซจากหลอดดักก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอดหลอดที่มีก๊าซผลเป็น (+) แล้วทำการตรวจสอบในขั้นยืนยัน การตรวจสอบขั้นยืนยันโดยนำหลอดทดลองที่ให้ผลบวกในการตรวจสอบขั้นแรกทุกหลอดมาทำการยืนยัน โดยเตรียมหลอดทดลองพร้อมหลอดดักก๊าซวางคว่ำในหลอดทดลองเพื่อบรรจุอาหารเหลว BGLB 2% ใส่ในหลอดทดลองหลอดละ 9 ml ฆ่าเชื้อที่หม้อนึ่งไอน้ำ 121°C ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที นำหลอดทดลองที่เกิดก๊าซจากการตรวจสอบขั้นแรกเขย่าเบา ๆ แล้วใช้ Wire loop และถ่ายจากหลอด LST broth ที่ให้ผลบวกปริมาตร 1 ml ใส่ในหลอด BGLB 2% โดยใส่หลอดต่อหลอด เขย่าหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่ตัวอย่างด้วย Vortex จากนั้นนำไปเข้าตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง จากนั้นอ่านผลตรวจดูความขุ่นและก๊าซจากหลอดดักก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอด หลอดที่มีก๊าซผลเป็น (+) บันทึกผลคำนวณค่า Coliform bacteria โดยนำตัวเลขที่ได้ไปเปิดตาราง MPN เพื่อหาค่า MPN ของ Coliform รายงานผลเป็น MPN/g

การวิเคราะห์หา *Salmonella* spp. ตามวิธีวิเคราะห์ ISO 6579 (2002) โดยชั่งตัวอย่าง 25 g ใส่ถุงพลาสติกปราศจากเชื้อ ตีปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันใส่ลงใน Buffer peptone water ปริมาตร 225 ml บ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างปริมาตร 1 ml นำไปใส่ในหลอดอาหารเหลว Selenite cystine broth (SC) ปริมาตร 10 ml บ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และใช้ปิเปตดูดสารตัวอย่างปริมาตร 0.1 ml นำไปใส่ในหลอดอาหารเหลว Rappaport-vassiliadis (RV) ปริมาตร 10 ml บ่มที่อุณหภูมิ 42°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใช้ Loop แตะอาหารที่เพาะเชื้อมา Streak ลงใน Xylose lysine deoxycholate agar (XLD) หรือ Bismuth sulfite agar หรือ *Salmonella*-*shigella* agar บ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง Stab เชื้อในหลอดอาหาร MIL บ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง Streak เชื้อลงบนส่วน Slant ของอาหาร Urea agar บ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง รายงานผลพบ/ไม่พบ ต่อ 25 g ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ *Staphylococcus aureus* ดัดแปลงตามวิธีของ Maturin and Peeler (2001) โดยชั่งตัวอย่างมา 25 g เติมน้ำละลาย 1% Peptone water ปริมาตร 225 ml ตีปั่นอาหารโดยใช้ Stomacher เป็นเวลา 1 นาที ทำการเจือจางตัวอย่างให้ได้ 1:100 และ 1:1000 จากนั้นดูตัวอย่างที่แต่ละความเข้มข้นปริมาตร 0.3, 0.3 และ 0.4 ml ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Baird-parker egg yolk-tellurite medium ทำการ Spread plate แล้วทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที นำไปบ่มที่อุณหภูมิ $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง สังเกตลักษณะโคโลนีของ *S. aureus* บนอาหาร Baird-parker egg yolk-tellurite medium ซึ่งจะมีเทา ดำ หนูนกลม ขอบเรียบ มี Opaque zone แล้วล้อมรอบด้วย Clear zone 2 – 3 mm ทำการทดสอบ Coagulase test โดยนำโคโลนีที่สงสัยเลี้ยงในอาหาร BHI 0.2 ml บ่มที่อุณหภูมิ $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาเติม Coagulase plasma อีก 0.5 ml ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปบ่มต่ออีก 6 – 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาดูผลการแข็งตัวของ Coagulase plasma จากนั้นคำนวณ และรายงาน *S. aureus* ต่อกรัมของตัวอย่างอาหาร

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ดัดแปลงตามวิธีของ Tanghiranrat et al. (2021) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ แสดงผลในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS version 24.0 โดยทำการทดสอบแบบ One way analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p\leq 0.05$)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

พัฒนาผลิตภัณฑ์แยมว่านหางจระเข้โดยมีตัวแปรที่ต้องควบคุม ได้แก่ ปริมาณน้ำตาล และวัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลที่เหมาะสมโดยพัฒนาแยม 4 สูตร ได้แก่ สูตรควบคุม (สูตร 1) สูตรลดน้ำตาลร้อยละ 25 (สูตร 2) ร้อยละ 50 (สูตร 3) และร้อยละ 75 (สูตร 4) แสดงดัง Figure 2

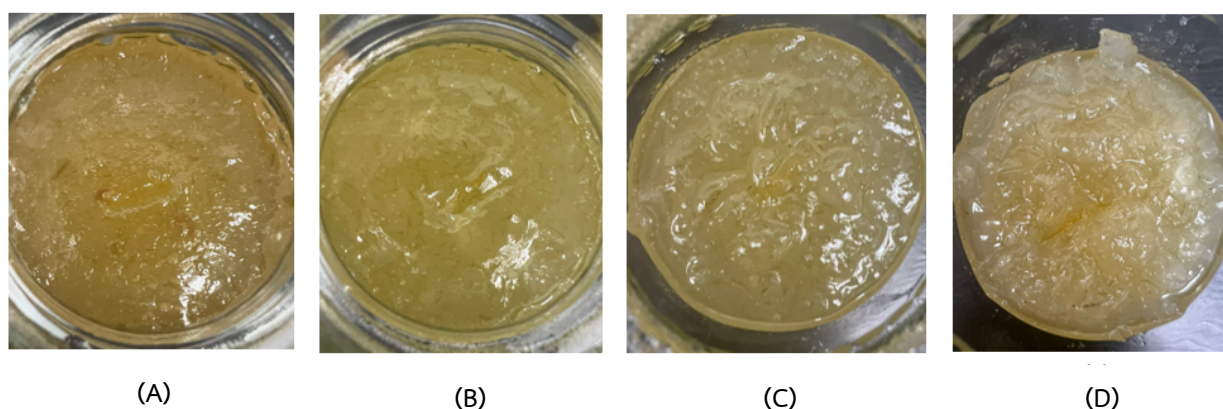


Figure 2 The appearance of Aloe vera jam products in 4 formulas with different sucralose :sugar ratios. (A) Formula 1 ratio 0 : 100, (B) Formula 2 ratio 25 : 75, (C) Formula 3 ratio 50 : 50, and (D) Formula 4 ratio 75 : 25.

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และวิธี DPPH ของผลิตภัณฑ์แยมว่านหางจระเข้ แสดงผลดัง Table 2

Table 2 Results of biological analysis and antioxidant activity of 4 formulas of Aloe vera jam products

Sucralose :Sugar (ratios)	Amount of important substances		Antioxidant activity	
	Total phenolics (mg GAE/g sample)	Total flavonoids (mg QE/g sample)	FRAP Value (mg TE/gsample)	DPPH (% Inhibition)
0 : 100	21.28 $\pm$ 1.83 ^a	3.26 $\pm$ 1.48 ^a	65.42 $\pm$ 2.18 ^c	28.41 $\pm$ 1.56 ^b
25 : 75	16.81 $\pm$ 5.54 ^{ab}	0.86 $\pm$ 0.29 ^b	76.82 $\pm$ 5.93 ^b	26.09 $\pm$ 0.30 ^c
50 : 50	15.86 $\pm$ 2.14 ^{ab}	1.73 $\pm$ 1.15 ^{ab}	87.74 $\pm$ 3.77 ^a	27.65 $\pm$ 0.82 ^b
75 : 25	12.16 $\pm$ 2.21 ^b	2.11 $\pm$ 1.44 ^{ab}	30.29 $\pm$ 4.35 ^d	14.13 $\pm$ 0.42 ^d
Trolox	-	-	-	89.25 $\pm$ 0.20 ^a

^{a-d} Different superscript letters within each column are significantly different ($p\leq 0.05$).

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และวิธี DPPH ของผลิตภัณฑ์แยมวุ้นทางจระเข้ (Table 2) พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมของผลิตภัณฑ์แยมวุ้นทางจระเข้สูตร 1 และสูตร 3 มีค่ามากที่สุด และแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และวิธี DPPH ผลิตภัณฑ์แยมวุ้นทางจระเข้สูตร 3 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ดังเช่นงานวิจัย Potisate and Wutthinithisanand (2021) ศึกษาผลของชนิดและปริมาณน้ำตาลซูโครสในการผลิตแยมลูกหม่อน 5 สูตรต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (% Inhibition) และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อน (สูตรที่ 5) มีค่า 73% และ 186.96 mg GAE/100g d.b. ตามลำดับ โดยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) อาจเป็นผลมาจากกระบวนการใช้ความร้อนทำลายผนังเซลล์ ของโครงสร้างพืช และมีส่วนผสมของเพกทินและน้ำตาลซูโครส ซึ่งจะถูกละลายด้วยความร้อนร่วมกับสภาวะความเป็นกรด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารพฤษเคมีที่ซับซ้อนให้กลายเป็นโครงสร้างในรูปอนุพันธ์ต่าง ๆ หรือการรวมตัวเกิดโครงสร้างอนุพันธ์ของสารพฤษเคมีที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้มากขึ้น งานวิจัยของ Chatchavanthatri et al. (2019) ศึกษาผลของการทดแทนซูโครสด้วยมอลติทอลต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของแยมกุหลาบแอปเปิ้ลพบว่า แยมสูตร T3 (Malitol 100%) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด และมีปริมาณฟีนอลิกสูงสุดแสดงให้เห็นว่าการแทนที่ซูโครสด้วยมอลติทอลเพียงเล็กน้อยสามารถเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบสารฟีนอลิกอาจมีส่วนช่วยในการกำจัดอนุมูลอิสระ งานวิจัยของ Benedek et al. (2020) ศึกษาผลของสารให้ความหวานและการเก็บรักษาต่อองค์ประกอบและประสาทสัมผัสคุณสมบัติของแยมแบล็คเบอร์รี่ โดยศึกษาปริมาณพอลิฟีนอลรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 เดือน ส่งผลให้ปริมาณพอลิฟีนอลรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแปรผกผันกับระยะเวลาการเก็บรักษา กล่าวคือเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้ปริมาณพอลิฟีนอลรวมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ต่ำซึ่งอาจเกิดจากกลไกหลายประการ เช่น การออกซิเดชัน และปฏิกิริยาเมลลาร์ด การย่อยสลายของฟีนอลิกที่มีมวลโมเลกุลสูงไปจนถึงโมเลกุลฟีนอลเล็กกลางที่มีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระและสารต่างๆ ในทางกลับกันผลิตภัณฑ์ปฏิกิริยาบางชนิดที่เกิดขึ้นในระยะแรกของปฏิกิริยาเมลลาร์ด สามารถออกฤทธิ์ได้เป็นโปรออกซิแดนท์ ดังนั้นกระบวนการเมลลาร์ด ทั้งหมดจึงมีส่วนช่วยไปสู่การสลายตัวครั้งแรก และต่อมามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานินและส่วนประกอบอื่นๆ ในระหว่างการเก็บรักษาทำให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันและการสร้างสารใหม่ ดังนั้นโมเลกุลที่สามารถทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ Folin–Ciocalteu ได้เพิ่มปริมาณโพลีฟีนอลที่ชัดเจน นอกจากนี้งานวิจัยของ Dyab et al. (2021) ศึกษาการผลิตและประเมินน้ำทับทิมเคลอร์ต่ำด้วยซูคราโลสโดยศึกษาน้ำทับทิมเคลอร์ต่ำ 5 สูตรที่เติมน้ำตาลซูโครสและสารให้ความหวานแทนน้ำตาล (ซูคราโลส) ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ตามลำดับ พบว่าปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์มีค่าเท่ากับ 50.41 - 185.40 mg/g as Gallic acid และ 7.20 - 28.81mg/g as catechol และแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 46.52, 9.45, 71.90, 100.87 และ 142.34 mg/g Cynidian-3-glycoside ของน้ำทับทิมเคลอร์ต่ำสูตร T1 ถึงสูตร T5 แสดงให้เห็นว่าค่าของปริมาณสารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากสูตร T1 ถึงสูตร T5 ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH สูตร T5 มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เป็นไปได้ว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอาจมาจากสารทุติยภูมิที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ เช่น แคโรทีนอยด์และวิตามิน การทำงานร่วมกันระหว่างสารพฤษเคมีและสตีวียอลไกลโคไซด์ในเครื่องดื่มอาหารที่ซับซ้อน เมื่อใช้วิธีการ Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการละลายหรือความเสถียรของสารประกอบต้านอนุมูลอิสระดีขึ้น

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แยมวุ้นทางจระเข้สูตรควบคุม และสูตรลดน้ำตาลร้อยละ 50 (Table 3) โดยศึกษาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยทั้งหมด และคาร์โบไฮเดรต ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปของ Citric acid) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ค่าพลังงาน และค่าพลังงานจากไขมันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากผลการทดลองสามารถอธิบายได้ว่าสูตรควบคุมมีปริมาณความชื้นน้อยสุดซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตและปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าลดลงในสูตรลดน้ำตาลร้อยละ 50 กล่าวคือมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปของ Citric acid) ที่มีปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์แยมค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 2.8-3.5 โดยอาหารที่มีค่าความเป็นกรดต่ำกว่า 4.6 สามารถป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารจากจุลินทรีย์ได้ ส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}\text{Brix}$) คือมีปริมาณที่ลดลงแต่ทั้งนี้ น้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลักในการผลิตแยม ทำให้เกิดโครงสร้างเจลร่วมกับเพคตินซึ่งน้ำตาลส่งผลให้โครงสร้างของเจลแข็งแรงขึ้น (Tayeh et al., 2019) ส่วนค่าพลังงานและค่าพลังงานจากไขมันมีค่าที่ลดลงเท่ากับ 184.33 ± 0.09 และ 1.18 ± 0.10 kcal/100 g คิดเป็นร้อยละ 52.28 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมซึ่งเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 121 พลังงานต้องไม่เกินร้อยละ 66 ของอาหารนั้นแสดงให้เห็นว่าการแทนที่น้ำตาลด้วยซูคราโลสทำให้ค่าพลังงาน และพลังงานจากไขมันลดลง

Belovic et al. (2017) รายงานว่าบางส่วน (50%) แทนที่ซูโครสด้วยสารให้ความหวานจากธรรมชาติ (สตีวียอไซด์ และฟรุคโตส) ในผลิตภัณฑ์แยมมะเขือเทศสามารถลดค่าพลังงาน 45% ทั้งนี้พลังงานที่ลดลงเกิดจากการใช้สารทดแทนความหวานอย่างซูโครโลสซึ่งให้พลังงานต่ำแต่ไม่จัดเป็นสารอาหาร โดยซูโครโลสไม่สามารถถูกย่อยได้ด้วยน้ำย่อยของร่างกายจึงไม่มีการปล่อยพลังงานให้กับร่างกาย ดังนั้นจึงส่งผลให้ค่าคาร์โบไฮเดรตสูงขึ้นตามปริมาณพลังงานเช่นกัน (Tayeh et al., 2019)

Table 3 Results of chemical composition analysis of Aloe vera jam products, control formula and 50% reduced sugar formula

Chemical composition	Aloe vera jam products	
	Control formula	50% Reduced sugar formula
Moisture (g/100 g)	11.93±0.12 ^b	40.18±0.10 ^a
Protein (g/100 g)	0.21±0.10 ^a	0.12±0.13 ^b
Ash (g/100 g)	0.18±0.19 ^b	0.71±0.11 ^a
Lipid (g/100 g)	0.21±0.12 ^a	0.12±0.14 ^b
Total Dietary fiber (g/100 g)	0.22±0.08 ^b	0.35±0.12 ^a
Carbohydrate (g/100 g)	87.47±0.10 ^a	52.11±0.11 ^b
pH	3.18±0.13 ^a	2.45±0.14 ^b
Total acid (in the form of citric acid) (g/100 g)	1.52±0.11 ^b	1.76±0.18 ^a
Total sugar (g/100 g)	77.53±0.15 ^a	50.14±0.13 ^b
Energy (kcal/100 g)	352.61±0.10 ^a	184.33±0.09 ^b
Energy from fat (kcal/100 g)	1.89±0.11 ^a	1.18±0.10 ^b

^{a-b} Different superscript letters within each row are significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 4 Physical composition analysis of control formula and 50% reduced sugar formula Aloe vera jam products

Physical composition	Aloe vera jam products	
	Control formula	50% Reduced sugar formula
L* color	23.93±1.15 ^b	35.12±1.10 ^a
a* color	0.16±1.16 ^a	0.10±1.13 ^b
b* color	3.39±1.23 ^b	3.82±1.11 ^a
Water activity (aw)	0.43±1.18 ^b	0.83±1.14 ^a
Viscosity (cPs)	32,105±1.11 ^a	12,372±1.12 ^b
Total soluble solids (°Brix)	75.60±1.12 ^a	45.80±1.11 ^b

^{a-b} Different superscript letters within each row are significantly different ($p \leq 0.05$).

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แยมว่านหางจระเข้สูตรควบคุม และสูตรลดน้ำตาลร้อยละ 50 (Table 4) โดยศึกษาค่าสี L*, a*, และ b* จากผลการทดลองสามารถอธิบายได้ว่าผลิตภัณฑ์แยมพลังงานต่ำจากว่านหางจระเข้มีค่าความสว่าง L* และค่า b* เพิ่มขึ้นจาก 23.93±1.15 ไปเป็น 35.12±1.10 ส่วนค่า a* เป็นค่าที่ให้สีเหลือง (+b*) ไปเป็นค่าที่ให้สีน้ำเงิน (-b*) โดยเพิ่มขึ้นจาก 3.39±1.23 ไปเป็น 3.82±1.11 ส่วนค่า a* มีค่าลดลงจาก 0.16±1.16 ไปเป็น 0.10±1.13 ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์แยมพลังงานต่ำจากว่านหางจระเข้มีปริมาณส่วนประกอบของน้ำตาลที่แตกต่างกัน เนื่องมาจากความสัมพันธ์กับน้ำตาลและน้ำที่มีส่วนช่วยให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและ/หรือคาราเมล ส่งผลให้ค่า a* ลดลง (Abid et al., 2018; Monaco et al., 2018) แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์แยมว่านหางจระเข้ ปริมาณน้ำตาล และอุณหภูมิการผลิตมีผลต่อผลิตภัณฑ์แยมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าคอเออร์-แอกติวิตีมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์ถูกทดแทนด้วยซูโครโลสมากขึ้นจาก 0.43±1.18 ไปเป็น 0.83±1.14 ซึ่งส่งผลให้ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ลดลงจาก 32,105±1.11 ไปเป็น 12,372±1.12 cPs ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีปริมาณลดลงตามอัตราส่วนของซูโครโลส : น้ำตาล แสดงให้เห็นว่าปริมาณซูโครโลสที่เพิ่มขึ้นทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลง

(Belovic et al., 2017) นอกจากนี้ งานวิจัยของ Tayeh et al. (2019) ได้กล่าวว่าผลิตภัณฑ์แยมจัดเป็นอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวซึ่งมีค่าวอเตอร์-แอกติวิตีระหว่าง 0.06-0.85 อีกทั้งผลิตภัณฑ์แยมจัดเป็นอาหารกรดสูงซึ่งกรดจะช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้อีกด้วย ส่วนของค่าความหนืดมีค่าลดลงเช่นกันซึ่งสัมพันธ์กับความชื้นและค่าวอเตอร์-แอกติวิตี รวมถึงชนิดและสัดส่วนของน้ำตาลมีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างของเจลในสูตรควบคุมมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 100 ทำให้แยมมีความหนืดและมีการยึดเกาะกันค่อนข้างสูง ในขณะที่การทดแทนซูคราโลสในส่วนผสมน้ำตาลทำให้ความหนืดของแยมลดลง และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}\text{Brix}$) อยู่ในช่วง 60-70 $^{\circ}\text{Brix}$ ซึ่งเป็นปริมาณของแข็งรวมที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของเจล

Table 5 Microbiological testing of control formula and 50% reduced sugar formula Aloe vera jam products during storage

Aloe vera jam products	Microbiological test	Product storage period (Day)		
		0	15	30
Control formula	Total Plate Count (CFU/g)	<100	<100	<100
	Yeast & Mold (CFU/g)	<100	<100	<100
	Coliform (MPN/g)	<3.0	<3.0	<3.0
	<i>Salmonella</i> spp. (per 25 g.)	ND	ND	ND
	<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/g)	<10	<10	<10
50% Reduced sugar formula	Total Plate Count (CFU/g)	<100	<100	<100
	Yeast & Mold (CFU/g)	<100	<100	<100
	Coliform (MPN/g)	<3.0	<3.0	<3.0
	<i>Salmonella</i> spp. (per 25 g.)	ND	ND	ND
	<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/g)	<10	<10	<10

ND means not detected.

การทดสอบทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์แยมว่านหางจระเข้สูตรควบคุม และสูตรลดน้ำตาลร้อยละ 50 ในระหว่างการเก็บรักษาวันที่ 0, 15 และ 30 (Table 5) พบว่า จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนเชื้อยีสต์และรา <10 CFU/g มีจำนวน Coliform <3.0 MPN/g ไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. และมีเชื้อ *Staphylococcus aureus* <10 CFU/g ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (Thai Community Product Standards, 2018) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tayeh et al. (2019) ได้ทดสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์แยมส้มแขกแคลอรีต่ำ จากผลการทดสอบพบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีจำนวนน้อยกว่า 30 โคโลนี/ตัวอย่าง 1 กรัม และไม่พบปริมาณเชื้อยีสต์และรา ดังนั้นผลิตภัณฑ์แยมว่านหางจระเข้พลังงานต่ำจึงมีคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

สรุปผลการศึกษา

การผลิตและการประเมินผลิตภัณฑ์แยมว่านหางจระเข้พลังงานต่ำด้วยซูคราโลสจำนวน 4 สูตร พบว่าสูตรลดน้ำตาลร้อยละ 50 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวมมีค่าที่สูง และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี รวมถึงองค์ประกอบทางเคมีกายภาพมีปริมาณน้ำตาลแปรผันตรงกับค่าความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน เส้นใยทั้งหมด คาร์โบไฮเดรต ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปของ Citric acid) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ค่าสี L^* , a^* และ b^* ค่าวอเตอร์-แอกติวิตี ค่าความหนืด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}\text{Brix}$) ส่งผลต่อค่าพลังงานและค่าพลังงานจากไขมันมีค่าลดลง (184.33 ± 0.09 และ 1.18 ± 0.10 g/100 g) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ทั้งนี้พลังงานที่ลดลงเกิดขึ้นจากการใช้สารทดแทนความหวานซูคราโลสซึ่งให้พลังงานต่ำ แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและความปลอดภัยสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารพลังงานต่ำเพื่อเป็นตัวเลือกในการบริโภคและพัฒนาในระดับกิ่งอุตสาหกรรมได้

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัยปีงบประมาณ 2565 ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา หอมขจรฟาร์ม ศูนย์เครื่องมือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมติฐาน: ขวัญจิต อิศระสุข, ปิยนุช พรหมภมร, อรพิน โกมุติบาล, จันทร์สัจ วุฒิสัตย์วงศ์กุล, กัลยาภรณ์ จันตรี. การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด และวิธีการเก็บข้อมูล: ขวัญจิต อิศระสุข, ปิยนุช พรหมภมร, อรพิน โกมุติบาล, จันทร์สัจ วุฒิสัตย์วงศ์กุล, กัลยาภรณ์ จันตรี. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลผล: ขวัญจิต อิศระสุข, ปิยนุช พรหมภมร, อรพิน โกมุติบาล, จันทร์สัจ วุฒิสัตย์วงศ์กุล, กัลยาภรณ์ จันตรี. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบข้อมูลหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: ขวัญจิต อิศระสุข, ปิยนุช พรหมภมร, อรพิน โกมุติบาล, จันทร์สัจ วุฒิสัตย์วงศ์กุล, กัลยาภรณ์ จันตรี. การมีส่วนร่วมในการเขียน manuscript: ขวัญจิต อิศระสุข, ปิยนุช พรหมภมร.

เอกสารอ้างอิง

- Abid, M., Yaich, H., Hidouri, H., Attia, H., & Ayadi, M. A. (2018). Effect of substituted gelling agents from pomegranate peel on colour, textural and sensory properties of pomegranate jam. **Food Chemistry**, 239(1), 1047-1054.
- Alizadeh, M., Azizi-lalabadi, M., Hojat-ansari, H., & Kheirouri, S. (2014). Effect of stevia as a substitute for sugar on physicochemical and sensory properties of fruit based milk shake. **Journal of Scientific Research and Reports**, 3(11), 1421-1429.
- AOAC. (2019). **Official Methods of Analysis of the AOAC International**. 21st Ed. Association of Official Analytical Chemists.
- Belovic, M., Torbica, A., Lijakovic, L. P., & Mastilovic, J. (2017). Development of low calorie jams with increased content of natural dietary fibre made from tomato pomace. **Food Chemistry**, 237(1), 1226-1233.
- Benedek, C., Bodor, Z., Merrill, V. T., Kókai, Z., Gere, A., Kovacs, Z., Dalmadi, I., & Abranko, L. (2020). Effect of sweeteners and storage on compositional and sensory properties of blackberry jams. **European Food Research and Technology**, 246(11), 2187-2204.
- Boudreau, M. D., & Beland, F. A. (2006). An evaluation of the biological and toxicological properties of *Aloe Barbadensis* (Miller), aloe vera. **Journal of Environmental Science and Health Part C**, 24(1), 103-154.
- Chand, P., Pandey, N., Naik, B., Singh, A., & Kumar, V. (2019). Application of aloe vera for the development of functional foods. **The Pharma Innovation Journal**, 8(5), 621-625.
- Chatchavanthatri, N., Junyusen, T., Arjarn, W., Moolkaew, P., & Sornsomboonsuk, S. (2019). Effects of replacement of sucrose by maltitol on the physicochemical and sensorial properties of rose apple jam. **International Journal of Food Engineering**, 5(2), 136-140.
- Dyab, A. S., Bahlol, H. M., Ghazal, G. A., Mohamed, M. H., & Abolila, R. M. (2021). Production and evaluation of low calorie pomegranate juice with sucralose. **Egyptian Journal of Food Science**, 49(2), 239-248.
- Egbuna, C., & Tupas, G. D. (2020). **Functional Foods and Nutraceuticals: Bioactive Components, Formulations and Innovations**. Springer International Publishing AG.
- Feng, P., Weagant, S. D., Grant, M. A., & Burkhardt, W. (2020). **BMA Chapter 4: Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria**. Retrieved from: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.fda.gov/media/182572/download?attachment
- Gibson, S., Drewnowski, A., Hill, J., Raben, A. B., Tuorila, H., & Widstrom, E. (2014). Consensus statement on benefits of low-calorie sweeteners. **Nutrition Bulletin**, 39(4), 386-389.
- International Organization for Standardization. (2002). **ISO 6579: Microbiology of food and animal feeding stuff-horizontal method for the detection of *Salmonella* spp.** 4th Ed. Switzerland.
- Itsarasook, K., Ingkaninan, K., & Viyoch, J. (2014). Artocarpin-enriched extract reverses collagen metabolism in UV-exposed fibroblasts. **Biologia**, 69(7), 943-951.

- Maniyom, S., Temeeya, W., Leksawasdi, N., & Pattanagul, P. (2021). Effects of hydroxypropyl methylcellulose content and drying time on qualities of *Aloe vera* powder by foam-mat drying. **Journal of Agriculture**, 37(1), 121 – 129. (in Thai).
- Maturin, L., & Peeler, J. T. (2001). **BAM Chapter 3: Aerobic Plate Count**. Retrieved from: chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.fda.gov/media/178943/download?attachment
- Mendonca, C. R., Zambiasi, R., & Granada, G. G. (2001). Partial substitution of sugars by the low-calorie sweetener sucralose in peach compote. **Journal of Food Science**, 66(8), 1195-1200.
- Monaco, R. D., Miele, N. A., Cabicidan, E. K., & Cavella, S. (2018). Strategies to reduce sugars in food. **Current Opinion in Food Science**, 19, 92-97.
- Nalesso-leao, C. C. F., Milani, P. G., Formigoni, M., Zorzenon, M. R. T., Dacome, A. S., Monteiro, A. R. G., & Costa, S. C. (2020). Substituting sucralose with rebaudioside A in soy foods: equivalent sweetness, physicochemical analysis, microbiological assessment and acceptance test. **Food Science and Technology (Campinas)**, 40(Suppl.2), 410-414.
- Noridayu, A. R., Hii, Y. F., Faridah, A., Khozirah, S., & Lajis, N. (2011). Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of *Pluchea indica* Less. **International Food Research Journal**, 18(3), 925-929.
- Potitsate, Y., & Wutthinithisanand, N. (2021). Type and sucrose content on antioxidant activity of mulberry jam. **King Mongkut's Agricultural Journal**, 39(2), 165-171. (in Thai).
- Salehi, B., Albayrak, S., Antolak, H., Kregiel, D., Pawlikowska, E., Sharifi-Rad, M., Uprety, Y., Fokou, P. V. T., Yousef, Z., Zakaria, Z. A., Varoni, E. M., Sharopov, F., Martins, N., Iriti, M., & Sharifi-Rad, J. (2018). Aloe genus plants: from farm to food applications and phytopharmacotherapy. **International Journal of Molecular Sciences**, 19(9), 2843.
- Sulaiman, S. F., Yusoff, N. A. M., Eldeen, I. M., Seow, E. M., Sajak, A. B., & Ooi, K. L. (2011). Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian banana (*Musa* sp.). **Journal of Food Composition and Analysis**, 24(1), 1-10.
- Sullivan, D., & Carpenter, D. (1993). **Method of Analysis for Nutrition Labeling**. AOAC International, Arlington.
- Tananuwong, K., & Tewaruth, W. (2010). Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice. **Food Science and Technology**, 43(3), 476-481.
- Tangjitjareonkun, J., & Supabphol, R. (2015). Application of aloe vera on wound healing. **Journal of Medicine and Health Sciences**, 22(3), 53-67. (in Thai).
- Tanghiranrat, J., Itsarasook, K., Prompamorn, P., Imsathian, N., Sriburin, N., Bangsiri, N., & Chantree, K. (2021). Antioxidant efficiency of black glutinous rice (*Oryza sativa* L. (indica)) extracts: application in lipid-based food products. **Burapha Science Journal**, 26(2), 1345-1363. (in Thai).
- Tayeh, N., Tuankaji, T., & Alee, H. (2019). Development of local halal food product: low calorie garcinia cambogia jam. **YRU Journal of Science and Technology**, 4(2), 54-65. (in Thai).
- Thai Community Product Standards. (2018). **Yam**. Community product standards Institute, Ministry of Industry. (in Thai).
- Ungkanavin, N., Techakriengkrai, T., & Limsuwan, T. (2019). Effects of stevia and maltitol on physico-chemical, sensory, nutritional, and antioxidant properties of mulberry sherbet. **Journal of Science and Technology**, 11(22), 78-90. (in Thai).

การทดแทนแป้งสาลีในบัตเตอร์เค้กด้วยผงกากข้าวโพดหวาน

Substitution of Wheat Flour with Dried Sweet Corn Cake Powder for Butter Cake

บงกชมาศ โสภา^{1*}, เสาวนีย์ ผัดศิริ¹ และจุฑามาศ กองผาพา²Bongkochmas Sopa^{1*}, Saowanee Fudsiri¹ and Juthamas Kongphapa²

Received date: 9 ม.ค. 67 Revised date: 2 เม.ย. 67 Accepted date: 15 พ.ค. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.010>

บทคัดย่อ

กากข้าวโพดหวานเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตนํ้านมข้าวโพดหวาน เพื่อเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรและลดปริมาณการใช้แป้งสาลี งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการนำกากข้าวโพดหวานมาใช้ประโยชน์โดยการทดแทนแป้งสาลีในบัตเตอร์เค้ก ทำการเตรียมโดยนำกากสดข้าวโพดหวานอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง บดละเอียดจะได้แป้งที่มีลักษณะเป็นผงมีสีเหลืองละเอียด มีร้อยละของผลผลิต 8.62 ของน้ำหนักกากสด จากการศึกษาการทดแทนการใช้แป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานในบัตเตอร์เค้กที่ปริมาณร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 (โดยน้ำหนักแป้ง) โดยนำตัวอย่างไปตรวจสอบลักษณะทางด้านกายภาพ เคมีและการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของบัตเตอร์เค้กเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ส่วนความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนด้วยผงกากข้าวโพดหวานขณะที่ปริมาตรเค้กมีค่าลดลง ($P<0.05$) สำหรับผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสพบว่าค่าความยืดหยุ่น และความยากในการเคี้ยวของบัตเตอร์เค้กมีค่าลดลง ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างของค่าความแข็ง การเกาะตัวกัน และความเหนียวคล้ายยางของตัวอย่าง ($P>0.05$) จากการทดสอบทางประสาทพบว่าตัวอย่างที่เติมผงกากข้าวโพดร้อยละ 50 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($P>0.05$) บัตเตอร์เค้กที่เติมผงกากข้าวโพดหวานทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 50 มีปริมาณโปรตีน เถ้า โยอาหารและสารเบต้าแคโรทีนสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ($P<0.05$) โดยมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และโยอาหาร ร้อยละ 29.68, 8.07, 24.15, 1.14, 36.97 และ 1.68 ตามลำดับ มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีน 61.39 ไมโครกรัม/100 กรัม

คำสำคัญ: ผงกากข้าวโพดหวาน การทดแทนแป้งสาลี บัตเตอร์เค้ก การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

Abstract

Fresh sweet corn cake was a by-product of sweet corn milk production. To increase the value of by-product from the agricultural product processing process and reduce the amount of wheat flour used, the objective of this research was to evaluate the optimum level of dried sweet corn cake as a substitute for wheat flour in butter cake. Dried sweet corn cake powder (DSCP) was prepared by fresh sweet corn cake residue, which was dried at 70 degrees Celsius for 24 hours, and then ground to obtain the yellow fine powder. The yield of DSCP was 8.62% of fresh sweet corn cake residue. Utilization of DSCP as a substitute for wheat flour by 25, 50, 75 and 100% (w/w) of total flour in butter cake were studied. The effects of DSCP substitution on physical, chemical and sensory quality of the cakes were evaluated. It was found that the addition of DSCP resulted in the decreasing value of lightness (L^*) while the increase of redness (a^*) and yellowness (b^*) were observed ($P<0.05$). Cake density increased with increasing DSCP substitution while cake volume decreased ($P<0.05$). Texture analysis showed that adding DSCP reduced springiness and chewiness of butter cake ($P<0.05$), but there was no significant ($P>0.05$) difference in hardness, cohesiveness and gumminess of samples. The results from sensory evaluation showed that the sample containing 50% DSCP had no difference of overall liking score comparable to the control group ($P>0.05$). The 50% DSCP butter cake contained higher protein ash and beta-carotene contents than the control group ($P<0.05$). The chemical compositions of butter cake

¹ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครราชสีมา 30320

² ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ สกลนคร 47000

¹ National Corn and Sorghum Research Center, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Nakhon Ratchasima 30320

² Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Kasetsart University 47000

* Corresponding author: ijsbms@ku.ac.th

with 50% DSCP consisted of moisture, protein, total fat, ash, total carbohydrate and total dietary fiber at 29.68, 8.07, 24.15, 1.14, 36.97 and 1.68%, respectively. Beta-carotene content was 61.39 $\mu\text{g}/100\text{g}$ sample.

Keywords: dried sweet corn cake powder, wheat flour substitution, butter cake, sensory evaluation

คำนำ

ขนมอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคโดยเฉพาะขนมอบประเภทเค้ก เนื่องจากความนุ่มฟูและความหอมอร่อยของผลิตภัณฑ์ โดยลักษณะของเค้กที่ดีควรมีสีผิวรอบนอกเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำตาลอ่อนสม่ำเสมอ ผิวหน้าเค้กมันเรียบ ลักษณะของเนื้อในละเอียดไม่แน่น มีความชื้นแต่ไม่แฉะหรือรวน มีความนุ่มนวล สามารถยืดหยุ่นกลับที่เดิมเมื่อเอามือแตะเบาๆ และกลิ่นหอมชวนรับประทาน (Siriamornpun, 2003) ลักษณะดังกล่าวสามารถตรวจสอบได้โดยใช้ระดับความความพอใจของผู้บริโภคเป็นดัชนีชี้วัดความรู้สึกรู้สึกของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิตจึงต้องศึกษาลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อความพอใจหรือการยอมรับของผู้บริโภค เช่น ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) เป็นสิ่งที่แสดงถึงความรู้สึกรู้สึกหรือการสัมผัส ลักษณะของสี (Color) ที่ปรากฏต่อสายตา ลักษณะปรากฏ (Appearance) แสดงถึงการมองเห็น และรสชาติ (Flavor) เป็นลักษณะของที่แสดงถึงความรู้สึกรู้สึกของผู้บริโภคด้านรสชาติ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการใช้วิธีการประเมินทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์เค้กสามารถใช้ควบคู่กับการวัดค่าโดยใช้เครื่องมือเพื่อเป็นการตรวจสอบผลการประเมินอีกครั้งหนึ่ง โดยการวิเคราะห์วัดค่าทางกายภาพ เช่น การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารด้วยเครื่อง Texture Analyzer หรือการวัดสีของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดสี เป็นต้น เนื่องจากปฏิกิริยาของมนุษย์ต่อผลิตภัณฑ์ที่สามารถที่จะอธิบายได้ในลักษณะที่คล้ายกับการวิเคราะห์กายภาพของผลิตภัณฑ์ (Wiryacharee, 2018) สำหรับวัตถุดิบหลักในการทำขนมเค้กคือแป้งสาลีซึ่งมีโปรตีนกลูเตนเป็นองค์ประกอบสำคัญทำหน้าที่ให้โครงสร้างแก่ผลิตภัณฑ์และทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปได้เมื่ออบเสร็จ โดยแป้งสาลีเป็นวัตถุดิบที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพง เนื่องจากข้าวสาลีที่ปลูกได้ในประเทศไทยมีคุณภาพที่ไม่สม่ำเสมอ ปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ จึงมีงานวิจัยที่ทำการทดลองและพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้วัตถุดิบอื่นทดแทนการใช้แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่โดยที่ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังคงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารและมูลค่าให้กับวัตถุดิบ นอกจากนั้นแล้วยังเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ เพราะในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจเรื่องสุขภาพและเลือกรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น Pongjanta et al. (2006) นำผงฟักทองมาทดแทนการใช้แป้งสาลีในขนมปังแซนวิช ขนมปังหวาน บัตเตอร์เค้ก ชิฟฟอนเค้ก และคุกกี้ พบว่าการเติมผงฟักทองร้อยละ 20 เป็นปริมาณที่เหมาะสมของการทดแทนแป้งสาลีในบัตเตอร์เค้กและชิฟฟอนเค้ก ขณะที่ร้อยละ 10 คือปริมาณที่ได้รับการยอมรับเมื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในขนมปังแซนวิช ขนมปังหวาน และคุกกี้ นอกจากนั้นแล้วผู้บริโภคร้อยละ 90-100 ให้การยอมรับและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ Ho (2017) ทำการศึกษาผลของทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งจากมันเทศต่อคุณภาพสปันจ์เค้ก พบว่าที่ระดับการทดแทนร้อยละ 20 ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์และสปันจ์เค้กที่ได้มีใยอาหารอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม Ahmed et al. (2021) ใช้ผงเปลือกกล้วยซึ่งเป็นวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรทดแทนการใช้แป้งสาลีและเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับผลิตภัณฑ์เค้ก พบว่าที่ระดับการทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 12 และ 15 สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของเค้กทางด้านกายภาพ เคมี และทำหน้าที่เป็นสารต้านจุลชีพจึงช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ เค้กที่ได้มีคุณค่าทางอาหาร เช่น โปรตีน กรดอะมิโนจำเป็น แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระ (ฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และแคโรทีนอยด์) ที่ส่งผลดีต่อสุขภาพของมนุษย์เพิ่มขึ้นอีกด้วย

ผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวโพดหวานของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา ถือได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในทุกเพศทุกวัย เนื่องจากมีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์และรสชาติที่ถูกปาก ส่งผลให้มีปริมาณการผลิตน้ำมันข้าวโพดออกสู่ตลาดมีปริมาณมากและทำให้มีกากข้าวโพดซึ่งเป็นของเหลือหรือผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตมีปริมาณมากตามไปด้วย โดยส่วนใหญ่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติจะจำหน่ายกากข้าวโพดหวานให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ประมาณวันละ 900-1,000 กิโลกรัม ซึ่งกากข้าวโพดดังกล่าวยังมีคุณค่าทางอาหารที่มีประโยชน์และสามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้ เมื่อนำกากข้าวโพดสดของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ไปอบแห้งและบดเป็นผงพบว่ามีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร ร้อยละ 2.76, 16.67, 9.10, 2.56, 68.91 และ 23.60 ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าในผงกากข้าวโพดหวานยังมีปริมาณเบต้าแคโรทีน 271.87 ไมโครกรัม/100 กรัม (Sopa et al., 2021) Sumon et al. (2006) ได้การเสริมเยื่อใยจากกากข้าวโพดลงในกุนเชียง พบว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อลักษณะสี และกลิ่นรสของกุนเชียงเมื่อเสริมกากข้าวโพดสดไม่เกินร้อยละ 20 ส่วน Mahasawasde (2010) ได้นำผงกากข้าวโพดหวานทดแทนแป้งสาลีในตัวอย่างวอฟเฟิล พบว่าที่ระดับการทดแทนร้อยละ 7.5 ตัวอย่างวอฟเฟิลมีลักษณะนิ่มและกรอบกว่าตัวอย่างควบคุม ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ขณะที่ Lao et al. (2019) พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดเพื่อทดแทนแป้งสาลีทำให้ปริมาณใยอาหาร

โฟเลต วิตามินอี และแคโรทีนอยด์ในเค้กเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 60 ตัวอย่างเค้กมีลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ใช้แป้งสาลีล้วน สำหรับ Sopa et al. (2021) รายงานว่าสามารถใช้ผงกากข้าวโพดหวานทดแทนการใช้แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ได้ถึงร้อยละ 100 โดยที่บราวนี่ที่ผลิตได้มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม จากเหตุผลที่กล่าวมาคณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กโดยใช้ผงกากข้าวโพดหวานทดแทนแป้งสาลี เพื่อช่วยลดปริมาณการใช้แป้งสาลี และเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการผลิตน้ำมันข้าวโพด ได้ผลิตภัณฑ์อาหารทางเลือกใหม่ที่มีคุณค่าทางอาหารให้กับผู้บริโภคผู้รักสุขภาพ โดยการศึกษาผลของการใช้ผงกากข้าวโพดหวานทดแทนแป้งสาลีต่อคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และลักษณะทางประสาทสัมผัสเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมที่ผู้บริโภคยอมรับดีที่สุด

วิธีการศึกษา

การเตรียมผงกากข้าวโพดหวาน

กากสดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันข้าวโพดหวานของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา เตรียมผงกากข้าวโพดหวานโดยนำกากสดข้าวโพดหวานอบแห้งในตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 149 ไมครอน (Sopa et al., 2021) บรรจุตัวอย่างผงกากข้าวโพดหวานอบแห้ง (Dried sweet corn cake powder, DSCP) ใส่ถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE) ปิดให้สนิทเก็บรักษาในตู้เย็นเพื่อใช้ในการผลิตบัตเตอร์เค้กและวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

1. วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter รุ่น NR200) รายงานค่าสีที่ได้ในระบบ CIE L* a* และ b* โดยค่า L* เป็นค่าความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว) ส่วนค่า a* และค่า b* มีทั้งบวกและลบ โดยค่า a* ที่เป็นบวกแสดงความเป็นสีแดง แต่ค่า a* ที่เป็นลบแสดงความเป็นสีเขียว และในค่า b* ที่เป็นบวกแสดงความเป็นสีเหลือง แต่ถ้าค่า b* เป็นลบแสดงความเป็นสีน้ำเงิน คำนวณค่าความสดของสี (Chroma, C*) และค่ามุมของสี (Hue Angle, h°) ซึ่งจะเป็นค่าสีที่แท้จริงของตัวอย่างจากสมการ $Chroma = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ และ $h^\circ = \tan^{-1} (b^*/a^*)$ (McGuire, 1992)

2. วิเคราะห์ปริมาณสารเบต้าแคโรทีน โดยวิธี Spectrophotometry ตามวิธีของ Nagata and Yamashita (1992) ทำการชั่งตัวอย่างผงกากข้าวโพด 1 กรัม ใส่ลงใน Conical tube เติมน้ำละลายที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ Acetone : Hexane ในอัตราส่วน 2 : 3 ตัวอย่างละ 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างที่เติมน้ำละลายไปปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer เป็นเวลา 1 นาที ปิดฝาแล้วพักไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 1 คืน นำสารละลายส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 663, 645, 505 และ 453 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณหาปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ดังสมการ

$$\text{เบต้าแคโรทีน } (\mu\text{g}/100 \text{ g}) = 0.216A_{663} - 1.22A_{545} - 0.304A_{505} + 0.452A_{453}$$

3. วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging assay และ ABTS free radical scavenging assay

การสกัดตัวอย่าง นำตัวอย่างผงกากข้าวโพดหวาน 5 กรัม เติมนิเอทานอลสมบูรณ์ (Absolute ethanol) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้องในสภาวะปลอดแสง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำตัวอย่างสารสกัดไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 1,400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที (ดัดแปลงจาก Promthep, 2020) นำสารละลายส่วนใสไปวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible Spectrophotometer model Evolution 201, China)

วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-ciocalteu's phenol reagent ดัดแปลงวิธีจาก Yingngam et al. (2014) นำสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 200 ไมโครลิตร เติมน้ำละลาย Folin-Ciocalteu's reagent ที่ทำการเจือจาง 10 เท่า ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมน้ำละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 90 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก รายงานผลเป็น มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง (mg GAE/100g DW)

วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ดัดแปลงวิธีจาก Brand-Williams et al. (1995) นำสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมน้ำละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.6 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เก็บในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับสารมาตรฐาน Trolox คำนวณหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในรูปมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox (Trolox equivalent: TE) ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง (mg TE/100g DW)

วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ดัดแปลงวิธีจาก Re et al. (1999) ทำการเตรียมสารละลาย ABTS⁺ (working solution) โดยปิเปต ABTS ที่ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตรผสมกับโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (K₂S₂O₈) ที่ความเข้มข้น 2.45 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่มืดเป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง จากนั้นเจือจางสารละลาย ABTS⁺ ให้สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ 0.70 ± 0.02 ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ด้วยเมทานอล นำสารละลาย ABTS⁺ ปริมาตร 3 มิลลิลิตรผสมกับตัวอย่างสารสกัดปริมาณ 100 ไมโครลิตร เก็บไว้ที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับสารมาตรฐาน Trolox ค่าความหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในรูปมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox (Trolox equivalent: TE) ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (mg TE/100g DW)

การคัดเลือกเค้กสูตรพื้นฐานของบัตเตอร์เค้ก

ทำการผลิตบัตเตอร์เค้กตามสูตรที่คัดเลือกมาเบื้องต้นจากเอกสารงานวิจัย เว็บไซต์และตำราอาหารจำนวน 5 สูตร แสดงดัง Table 1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตบัตเตอร์เค้ก คัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมด้วยวิธีประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ตัวอย่างเค้กถูกตัดให้มีขนาด 1.5x4x4 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) แล้วนำไปทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส โดยผู้ทดสอบชิมทั่วไปจำนวน 50 คน ที่เป็นลูกค้าร้านจำหน่ายข้าวโพดหวานของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ประเมินความชอบด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale มีระดับคะแนนตั้งแต่ 1-9 คะแนน โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบอย่างยิ่ง และ 9 หมายถึง ชอบอย่างยิ่ง วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) จากนั้นคัดเลือกสูตรบัตเตอร์เค้กที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดเพื่อใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานในการศึกษาขั้นต่อไป

Table 1 The ingredients of butter cake for 5 basic formulas

Ingredients (Gram)	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4	Formula 5
Cake flour	19.85	28.01	18.53	29.15	24.46
Unsalted Butter	21.85	14.01	32.42	11.66	14.74
Egg	27.06	20.54	16.49	21.87	14.66
Sugar	14.43	21.48	12.97	20.41	25.59
Milk	0.00	0.00	13.90	0.00	19.56
Baking powder	0.06	0.93	0.00	2.92	0.52
Baking soda	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00
Salt	0.10	0.28	0.14	0.06	0.24
Milk powder	6.82	1.87	4.63	3.50	0.00
Water	7.82	12.14	0.00	10.20	0.00
Vanilla essence	0.00	0.47	0.00	0.23	0.24
S.P.	2.00	0.00	0.93	0.00	0.00

Source: Formula 1 (Threebears, 2019), Formula 2 (Maeban, 2011), Formula 3 (Chanpreamjit, 2019), Formula 4 (Samiha, 2015), and Formula 5 (Boonkong and Ratchompoo, 2010).

การศึกษาปริมาณผงกากข้าวโพดอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อทดแทนแป้งสาลีในบัตเตอร์เค้ก

ศึกษาระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานในการผลิตบัตเตอร์เค้ก 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 (โดยน้ำหนักแป้ง) ดัง Table 2 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และกำหนดให้สูตรพื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือกจากขั้นตอนการคัดเลือกเค้กสูตรพื้นฐานเป็นตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีกรทดแทน (ร้อยละ 0) ผลิตบัตเตอร์เค้กตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Threebears (2019) เตรียมบัตเตอร์เค้กโดยตีเนยสด S.P. และน้ำตาลจนขึ้นฟูด้วยเครื่องผสม (KitchenAid รุ่น Artisan, USA) ที่ระดับความเร็วสูงประมาณ 10 นาที เติมน้ำไข่ไก่ ผสมให้เข้ากันด้วยความเร็วปานกลาง จากนั้นเติมน้ำมันของแข็งที่ร้อนไว้แล้ว ได้แก่ แป้งสาลี ผงกากข้าวโพดหวาน ผงฟู นมผง และเกลือ สลับกับน้ำสะอาด ผสมให้เข้ากันด้วยความเร็วต่ำแล้วเปลี่ยนเป็นความเร็วกลางตีให้เนียน ใช้ความเร็วต่ำตีตักฟองอากาศอีก 2 นาที เทส่วนผสมเค้กลงในพิมพ์บัตเตอร์เค้กเบอร์ 8 เกลี่ยหน้าให้เนียน เคาะพิมพ์เบาๆ 2-3 ครั้งเพื่อไล่อากาศ อบด้วยเตาอบ (ZANUSSI รุ่น ZOT105KX,

China) ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส อบไฟบนล่างนาน 60 นาที เมื่อเค้กสุกดีแล้วนำออกจากพิมพ์ พักให้เย็นบนตะแกรง แล้วนำตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

1. น้ำหนักของบัตเตอร์เค้กหลังอบ ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างบัตเตอร์เค้กหลังอบทั้งก้อนที่พักจนเย็นตัวด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักของบัตเตอร์เค้กในหน่วยกรัม

2. ปริมาตรของบัตเตอร์เค้ก วัดปริมาตรของบัตเตอร์เค้กด้วยวิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงา (AACC, 2000) ทำการวัดปริมาตรของภาชนะที่ใช้ในการวัดปริมาตรบัตเตอร์เค้กโดยใส่เมล็ดงาขาวให้เต็มภาชนะ ปาดผิวด้านบนให้เรียบ เทเมล็ดงาออกจากภาชนะ จากนั้นนำบัตเตอร์เค้กทั้งก้อนวางลงในภาชนะเดิม เทเมล็ดงาให้เต็มภาชนะปาดผิวด้านบนให้เรียบ วัดปริมาตรของเมล็ดงาที่เหลือโดยใช้กระบอกตวง บันทึกปริมาตรเมล็ดงาที่เหลืออยู่เป็นค่าปริมาตรของบัตเตอร์เค้กในหน่วยลูกบาศก์เซนติเมตร โดยเทียบจากปริมาตร 1 มิลลิลิตรมีค่าเท่ากับ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3. ความหนาแน่นของบัตเตอร์เค้ก คำนวณค่าความหนาแน่นของตัวอย่างบัตเตอร์เค้กในหน่วยกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยนำน้ำหนักของบัตเตอร์เค้กหลังอบ (กรัม) หารด้วยปริมาตรของบัตเตอร์เค้กหลังอบ (ลูกบาศก์เซนติเมตร) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

4. วัดค่าสีของบัตเตอร์เค้ก ด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter รุ่น NR200) โดยใช้ตัวอย่างขนาด 1.5x5x5 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) ในระบบ CIE L* a* และ b* คำนวณค่าความสดของสี (Chroma, C*) และค่ามุมของสี (Hue Angle, h°) (McGuire, 1992)

5. ลักษณะเนื้อสัมผัสของบัตเตอร์เค้ก วัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ด้านความแข็ง (Hardness) การคืนตัว (Springiness) การเกาะตัวกัน (Cohesiveness) ความเหนียวคล้ายยาง (Gumminess) และความยากในการเคี้ยว (Chewiness) ด้วยหัววัดอะลูมิเนียมทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (P/50) ตั้งค่าความเร็วของหัววัด 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที และระยะกดตัวอย่างเท่ากับร้อยละ 40 ของความสูงเริ่มต้นของตัวอย่างบัตเตอร์เค้ก ขนาดของตัวอย่าง คือ 1.5x6x6 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) (ดัดแปลงตามวิธี Al-Muhtaseb et al., 2013)

6. วิเคราะห์ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนของบัตเตอร์เค้ก โดยวิธี Spectrophotometry (Nagata and Yamashita, 1992)

7. คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของบัตเตอร์เค้ก ทำการตัดตัวอย่างบัตเตอร์เค้กให้มีขนาด 1.5x4x4 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) แล้วนำไปประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส ด้วยผู้ทดสอบชิมทั่วไปจำนวน 50 คน ที่เป็นลูกค้าร้านจำหน่ายข้าวโพดหวานของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ประเมินความชอบด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale มีระดับคะแนนตั้งแต่ 1-9 คะแนน โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบอย่างยิ่ง และ 9 หมายถึง ชอบอย่างยิ่ง วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD)

Table 2 Formulation of butter cake with different dried sweet corn cake powder

Ingredients (Gram)	Butter cake formulation (% of dried sweet corn cake powder)				
	0%	25%	50%	75%	100%
Wheat flour	19.85	14.89	9.92	4.96	0.00
DSCP	0.00	4.96	9.92	14.89	19.85
Unsalted Butter	21.85	21.85	21.85	21.85	21.85
Egg	27.06	27.06	27.06	27.06	27.06
Sugar	14.43	14.43	14.43	14.43	14.43
Baking powder	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Salt	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Milk powder	6.82	6.82	6.82	6.82	6.82
Water	7.82	7.82	7.82	7.82	7.82
S.P.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

8. ปริมาณน้ำอิสระและองค์ประกอบทางเคมี ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดและไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมจะถูกเลือกมาตรวจสอบปริมาณน้ำอิสระ (Water activity) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Decagon, AquaLab Pre, USA) ควบคุมอุณหภูมิการวัดที่ 25 ± 1 องศาเซลเซียส (AOAC, 2019)

และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น คาร์โบไฮเดรต โยอาหาร และเถ้า (AOAC, 2019) คำนวณค่าพลังงานทั้งหมดและพลังงานจากไขมันจากแฟคเตอร์ (Caloric factor) ดังนี้ ไขมัน 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for window

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการเตรียมผงกากข้าวโพดหวาน

กากสดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ผ่านการอบแห้งและบดละเอียดเป็นผง พบว่ามีร้อยละของผลผลิต 8.62 ของน้ำหนักกากสด มีค่าความสว่าง (L^*) 77.86 ความเป็นสีแดง (a^*) 7.44 และความเป็นสีเหลือง (b^*) 39.83 ค่าความสดของสี (C^*) 40.52 และค่ามุมของโทนสี (h°) 79.45 อยู่ในช่วงความเป็นสีส้มแดงถึงเหลือง (Figure 1) สำหรับผลการตรวจสอบปริมาณเบต้าแคโรทีนพบว่ามีปริมาณ 307.63 ไมโครกรัม/100 กรัม นอกจากนั้นยังมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด 56.28 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เท่ากับ 9.18 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์ต่อ 100 กรัม ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS เท่ากับ 42.29 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์ต่อ 100 กรัม (Table 3)



Figure 1 Dried sweet corn cake powder.

Table 3 Color and antioxidant activities of dried sweet corn cake powder (DSCP)

Quality attributes	DSCP
Color	
Lightness (L^*)	77.86±2.53
Redness (a^*)	7.44±1.33
Yellowness (b^*)	39.83±1.30
Chroma (C^*)	40.52±1.53
Hue angle (h°)	79.45±1.52
β -carotene content ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	307.63±7.94
Total phenolic content (mg GAE/100g DW)	56.28±2.45
DPPH (mg TE/100g DW)	9.18±0.88
ABTS (mg TE/100g DW)	42.29±1.26

mg GAE = mg gallic acid equivalent, mg TE = mg trolox equivalent

ผลการคัดเลือกเค้กสูตรพื้นฐาน

ทำการคัดเลือกสูตรเค้กพื้นฐานจาก 5 สูตร ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale โดยลูกค้าร้านจำหน่ายข้าวโพดหวานของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ แสดงดัง Table 4 สำหรับลักษณะปรากฏของเค้ก

หลังอบทั้ง 5 สูตรแสดงดัง Figure 2 จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแบตเตอรี่เค้กทั้ง 5 สูตร พบว่าตัวอย่างแบตเตอรี่เค้กสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าคะแนนความชอบสูงกว่าสูตรที่ 4 และ 5 ในทุกคุณลักษณะ ได้แก่ ความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และเนื้อสัมผัส ($P<0.05$) ในขณะที่ค่าคะแนนความชอบของสูตรที่ 1 และ 2 สูงกว่าสูตรที่ 3 ในบางลักษณะ คือ ด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัส ($P<0.05$) โดยค่าคะแนนความชอบของสูตรที่ 1 และ 2 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย คือ 6.58-6.92 คะแนน และ 6.10-6.87 คะแนน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม คะแนนความชอบของสูตรที่ 1 ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 2 ยกเว้นด้านเนื้อสัมผัส ซึ่งแบตเตอรี่เค้กสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และมีคะแนนความชอบโดยรวม 6.70 คะแนน อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ดังนั้นหากพิจารณาถึงความเหมาะสมจะเห็นว่าแบตเตอรี่เค้กสูตรที่ 1 มีคุณลักษณะที่โดดเด่นกว่าสูตรอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ สี รวมถึงรสชาติ ผู้วิจัยจึงเลือกแบตเตอรี่เค้กสูตรที่ 1 เป็นสูตรพื้นฐานเพื่อนำไปศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานในการผลิตแบตเตอรี่เค้กในขั้นต่อไป

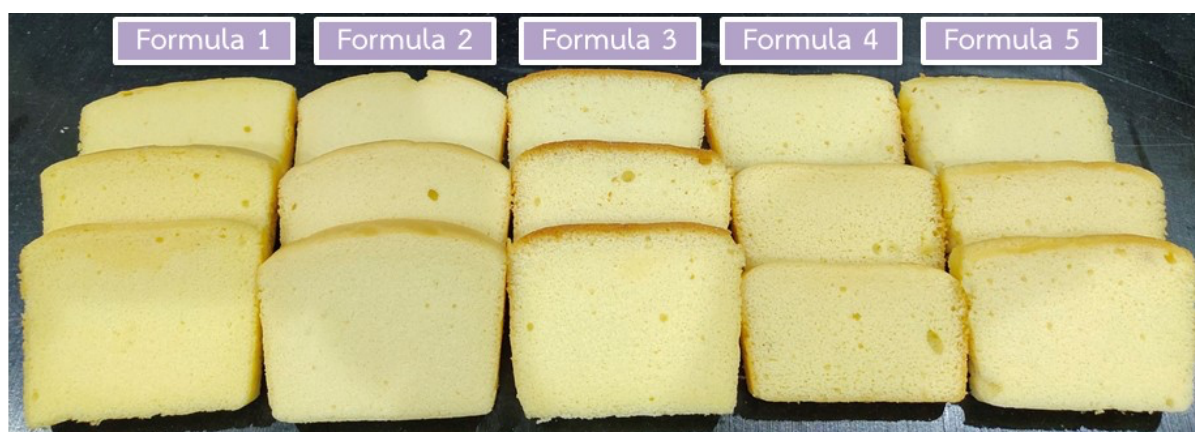


Figure 2 Appearance of butter cake in basic formulas.

Table 4 The sensory score of butter cake in basic formulas

Formula	Overall acceptance	Appearance	Color	Taste	Texture
1	6.70 ^a ±1.39	6.70 ^a ±1.17	6.92 ^a ±1.01	6.58 ^a ±1.55	6.83 ^a ±1.37
2	6.23 ^{ab} ±1.38	6.62 ^a ±1.28	6.87 ^{ab} ±0.98	6.10 ^{abc} ±1.50	6.15 ^b ±1.49
3	6.37 ^{ab} ±1.81	6.18 ^b ±1.43	6.53 ^{abc} ±1.41	6.32 ^{ab} ±1.94	6.25 ^b ±1.91
4	5.70 ^c ±1.66	5.97 ^b ±1.64	6.48 ^{bc} ±1.44	5.55 ^c ±1.76	5.30 ^c ±1.72
5	6.12 ^{bc} ±1.57	5.98 ^b ±1.64	6.35 ^c ±1.36	6.00 ^{bc} ±1.72	5.78 ^{bc} ±1.65

^{a,b,c} Means within the same column followed by different superscript letters are significant difference ($P<0.05$).

ผลการศึกษาปริมาณผงกากข้าวโพดอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อทดแทนแป้งสาลีในแบตเตอรี่เค้ก

จากสูตรแบตเตอรี่เค้กพื้นฐานที่คัดเลือกได้ (แบตเตอรี่เค้กสูตรที่ 1) ทำการเติมผงกากข้าวโพดหวานเพื่อทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 25, 50, 75 และ 100 (โดยน้ำหนักแบ่ง) เมื่อนำตัวอย่างแบตเตอรี่เค้กทั้ง 5 ตัวอย่าง ไปชั่งน้ำหนักวัดปริมาตร และความหนาแน่น ผลแสดงดัง Table 5 พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานเพื่อทดแทนแป้งสาลีไม่มีผลต่อน้ำหนักของแบตเตอรี่เค้ก ($P>0.05$) แต่ส่งผลให้แบตเตอรี่เค้กมีปริมาตรลดลง เนื่องจากผงกากข้าวโพดหวานที่เติมลงไปเพื่อทดแทนแป้งสาลีได้ไปเจือจางโปรตีนในส่วนผสมเค้ก ทำให้ความสามารถในการเก็บอากาศในโครงสร้างระหว่างกระบวนการอบลดลง เป็นผลให้ตัวอย่างที่เติมผงกากข้าวโพดมีความฟูน้อยและปริมาตรลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม (AlKehayez et al., 2022) และยังส่งผลให้เค้กมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนด้วยผงกากข้าวโพดหวานอีกด้วย ($P<0.05$) สังเกตได้ด้วยตาจะเห็นว่าบริเวณด้านล่างของเค้กมีลักษณะอัดตัวกันแน่น และมีรูพูนขนาดเล็ก Salehi and Aghajanzadeh (2020) รายงานว่าการเติมผงที่ได้จากผลไม้และผัก เช่น แอปเปิล มะตูม อโรเนียเบอร์รี่ กากองุ่น เนื้อมะม่วง เปลือกมะม่วง แครร์รอต และฟักทอง เป็นต้น มีอิทธิพลต่อลักษณะทางกายภาพของเค้ก เช่น ปริมาตร ความหนาแน่น และเนื้อสัมผัส ผลการทดลองข้างต้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rupasinghe et al. (2009) ที่รายงานว่าการลดปริมาณกลูเตนจากการใช้แอปเปิลผสมกับแป้งสาลีมีผลต่อว่าความสูง ปริมาตร และความหนาแน่นของเค้ก นอกจากนี้ Mau et al. (2017) พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสาลีที่ระดับ 10-

100 ไม่มีผลต่อของน้ำหนักซีฟฟอนเค้ก ($P>0.05$) แต่ส่งผลให้เค้กที่ได้มีปริมาตรลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เช่นเดียวกับ Kumnongphai and Nanthachai (2018) พบว่าการเพิ่มระดับของผงใบมะรุมาจากร้อยละ 0-20 โดยน้ำหนักมีผลต่อการลดลงของปริมาตรและการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของเค้กสปันจ์ ($P<0.05$)

สำหรับผลการวัดค่าสีในระบบ $L^* a^* b^*$ แสดงดัง Figure 3 และ Table 6 พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานลงในบัตเตอร์เค้กทำให้เค้กมีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ค่าความสดของสี (C^*) เพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทน แสดงถึงผลิตภัณฑ์มีความเข้มของสีมากขึ้น ส่วนค่ามุมของโทนสี (h°) ลดลงตามระดับการทดแทนด้วยผงกากข้าวโพดหวานอย่างมีนัยสำคัญ โดยอยู่ในช่วง 75.73-83.60 แสดงถึงสีอยู่ในช่วงส้มแดงถึงเหลือง เมื่อพิจารณา C^* และ h° ของตัวอย่างบัตเตอร์เค้กอยู่ในช่วงสีเหลืองและความเข้มของสีเพิ่มตามระดับการทดแทนของผงกากข้าวโพดหวาน ทั้งนี้เนื่องจากผงกากข้าวโพดหวานมีลักษณะเป็นสีเหลืองส่งผลให้บัตเตอร์เค้กที่เติมผงกากข้าวโพดหวานมีสีเหลืองที่เข้มกว่าสูตรควบคุม เพราะในกากข้าวโพดหวานมีสารสีกลุ่มแคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลือง ส้ม แดง และส้ม-แดงเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งรงควัตถุสารสีกลุ่มแคโรทีนอยด์นั้นประกอบไปด้วยแคโรทีนและแซนโทฟิลล์ โดยแคโรทีนอยด์ที่สำคัญ ได้แก่ ซีแซนทีน คริปโตแซนทีน เบต้าแคโรทีน และลูทีน (Omueti and Ajomale, 2005; Thepyothin et al., 2021)

Table 5 Cake weight, cake volume and cake density of butter cake added dried sweet corn cake powder

% DSCP (w/w)	Cake weight ^{ns} (g)	Cake volume (cm ³)	Cake density (g/cm ³)
control	433.64±5.42	798.00 ^a ±28.28	0.54 ^c ±0.01
25%	436.22±0.07	728.00 ^b ±11.31	0.60 ^b ±0.01
50%	430.57±4.14	688.00 ^b ±2.83	0.63 ^b ±0.01
75%	433.89±2.92	605.00 ^c ±35.36	0.72 ^a ±0.04
100%	431.42±0.49	576.00 ^c ±8.49	0.75 ^a ±0.01

^{a,b,c} Means within the same column followed by different superscript letters are significant difference ($P<0.05$).

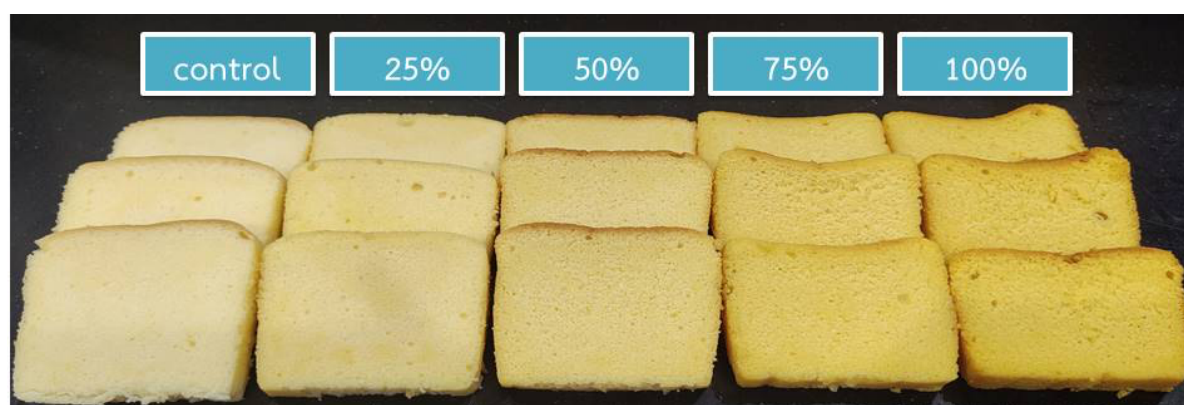


Figure 3 Appearance of butter cake added dried sweet corn cake powder.

Table 6 Color value of butter cake added dried sweet corn cake powder

% DSCP (w/w)	L^*	a^*	b^*	Chroma (C^*)	Hue angle (h°)
control	69.89 ^a ±0.04	2.59 ^d ±0.15	23.00 ^b ±1.00	23.15 ^c ±1.01	83.60 ^a ±0.04
25%	67.49 ^{ab} ±0.57	4.00 ^{cd} ±0.02	28.33 ^a ±0.03	28.61 ^b ±0.03	81.97 ^{ab} ±0.04
50%	64.32 ^{bc} ±1.05	5.61 ^{bc} ±0.75	29.71 ^a ±0.78	30.24 ^{ab} ±0.63	79.28 ^{bc} ±1.68
75%	62.44 ^c ±2.20	6.44 ^{ab} ±1.04	29.96 ^a ±0.42	30.95 ^a ±0.24	77.87 ^c ±2.06
100%	62.34 ^c ±2.21	7.72 ^a ±0.66	30.43 ^a ±1.32	31.12 ^a ±1.07	75.73 ^c ±1.76

^{a,b,c} Means within the same column followed by different superscript letters are significant difference ($P<0.05$).

จากการวัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของบัตเตอร์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานที่ระดับต่างๆ ด้วยเครื่อง Texture Analyzer แสดงดัง Table 7 พบว่าบัตเตอร์เค้กที่ใช้ผงกากข้าวโพดหวานทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0-50 มีค่าความแข็ง (Hardness) ความยืดหยุ่น (Springiness) การเกาะตัวกัน (Cohesiveness) ความเหนียวคล้ายยาง (Gumminess) และความยากในการเคี้ยว (Chewiness) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนที่ร้อยละ 75-100 ส่งผลให้ตัวอย่างบัตเตอร์เค้กมีความยืดหยุ่นและความยากในการเคี้ยวลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม สำหรับความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ที่ลดลงตามระดับการทดแทน อาจเกิดจากการที่ผลิตภัณฑ์มีปริมาณกลูเตนลดลง เนื่องจากกลูเตนมีคุณสมบัติทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวและความยืดหยุ่นได้ นอกจากนั้นยังทำหน้าที่เป็นตัวกักเก็บก๊าซและการเกิดโครงร่างของผลิตภัณฑ์เมื่อได้รับความร้อน (Dangsungwal et al., 2011; Saentaweek and Santea, 2014) จากการทดลองจะสังเกตได้ว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานที่ระดับน้อยกว่าร้อยละ 50 ส่งผลให้บัตเตอร์เค้กมีค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น การเกาะตัวกัน ความเหนียวคล้ายยาง และความยากในการเคี้ยวลดลง แต่เมื่อระดับการทดแทนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 100 เค้กจะเริ่มมีค่าความแข็ง การเกาะตัวกัน ความเหนียว รวมถึงความยากในการเคี้ยวเพิ่มขึ้นแม้จะไม่มีความสำคัญก็ตาม เนื่องจากที่ระดับการทดแทนร้อยละ 100 ไม่มีกลูเตนในระบบ โครงสร้างของเค้กจึงเกิดการยุบตัวขณะอบและแน่นเนื้อ สังเกตเห็นได้จากบริเวณผิวหน้าหรือด้านบนของบัตเตอร์เค้กมีลักษณะยุบตัว เนื้อเค้กมีลักษณะร่วนนุ่ม ส่วนด้านล่างเนื้อเค้กอัดตัวกันแน่น ดัง Figure 3 ซึ่งใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Lao et al. (2019) ที่พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานจากข้าวโพดพันธุ์ YT28 ที่ระดับต่ำกว่าร้อยละ 60 ในผลิตภัณฑ์เค้กส่งผลให้ค่าความแข็งและความยากในการเคี้ยวลดลง ส่วนความเหนียวคล้ายยางของเค้กแทบจะไม่มีเลย แต่เมื่อเพิ่มผงกากข้าวโพดหวานที่ระดับร้อยละ 90 หรือ 100 เค้กมีความแข็งและเคี้ยวได้ยากมากขึ้น สำหรับความยืดหยุ่นและการคืนตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้เค้กมีคุณภาพลดลง นอกจากนั้นแล้วผลการทดลองยังคล้ายคลึงกับ Tongtangwong (2010) ที่ทำรายงานว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสาลีที่ระดับร้อยละ 50-80 ส่งผลให้บัตเตอร์เค้กมีความแน่นเนื้อ (Firmness) ความเหนียวคล้ายยางและความยากในการเคี้ยวต่ำกว่าบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งสาลีล้วน แต่เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนถึงร้อยละ 90-100 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าดังกล่าวเพิ่มขึ้นและใกล้เคียงกับสูตรควบคุม เนื่องจากบัตเตอร์เค้กมีปริมาณกลูเตนลดลงหรือไม่มีเลย โครงสร้างของเค้กจึงมีความแข็งแรงน้อย เค้กจึงเกิดการยุบตัวขณะอบ เนื้อเค้กจึงอัดตัวกันแน่นและมีเนื้อสัมผัสที่แข็ง Salehi et al. (2016) ใช้ผงแครอทเพื่อเพิ่มใยอาหารให้กับผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้ก พบว่าการเติมผงแครอทร้อยละ 0-10 เค้กมีค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น การเกาะตัวกัน ความเหนียวคล้ายยาง และความยากในการเคี้ยวลดลง แต่เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนเป็นร้อยละ 30 ส่งผลให้ค่าดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนของบัตเตอร์เค้กทั้ง 5 ตัวอย่าง พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานทำให้ผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยที่ระดับการทดแทนร้อยละ 100 มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงสุดคือ 88.18 ไมโครกรัม/100 กรัม รองลงมาคือที่ระดับการทดแทนร้อยละ 75, 50, 25 และ 0 ซึ่งมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 80.60, 61.39, 41.23 และ 20.48 ไมโครกรัม/100 กรัม ตามลำดับ (Figure 4) สารเบต้าแคโรทีนสามารถพบได้ในข้าวโพดหวาน มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้แข็งแรง เป็นสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งช่วยลดความเสี่ยงต่อภาวะมะเร็ง ทั้งยังบำรุงสุขภาพของดวงตา (Druesne-Pecollo et al., 2009) Scott and Eldridge (2005) พบว่าในข้าวโพดฝักสดพันธุ์ White Shoepeg (WS) และ Golden Whole Kernel (GWK) มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีน 0.82 และ 15.69 ไมโครกรัม/100 กรัม Sopa et al. (2022) พบว่าข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์อินทรี 2, KSSC 704, KSSC 705 และ Hi-brix 81 มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีน 67.37, 63.71, 59.90 และ 40.77 ไมโครกรัม/100 กรัม ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้วผลการทดลองที่ได้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lao et al. (2019) พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานจากข้าวโพดพันธุ์ YT28 ในผลิตภัณฑ์เค้กส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นจาก 2.35 ไมโครกรัม/100 กรัม (ผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 0) เป็น 4.59 ไมโครกรัม/100 กรัม (ผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 100)

Table 7 Textural properties of butter cake added dried sweet corn cake powder

%DSCP (w/w)	Hardness ^{ns} (g)	Springiness	Cohesiveness ^{ns}	Gumminess ^{ns} (g)	Chewiness (g)
Control	4,867.71±465.31	0.68 ^a ±0.07	0.42±0.04	2,011.55±24.24	1,370.57 ^a ±116.70
25%	4,517.56±583.87	0.71 ^a ±0.08	0.40±0.05	1,841.23±453.45	1,317.26 ^a ±416.77
50%	4,467.54±745.88	0.57 ^{ab} ±0.11	0.36±0.00	1,592.38±272.08	932.59 ^{ab} ±322.28
75%	4,518.97±409.53	0.51 ^b ±0.06	0.35±0.02	1,565.96±106.35	799.87 ^b ±134.12
100%	4,669.32±214.62	0.50 ^b ±0.06	0.38±0.05	1,788.42±277.07	889.84 ^{ab} ±155.71

^{a,b,c} Means within the same column followed by different superscript letters are significant difference ($P<0.05$).

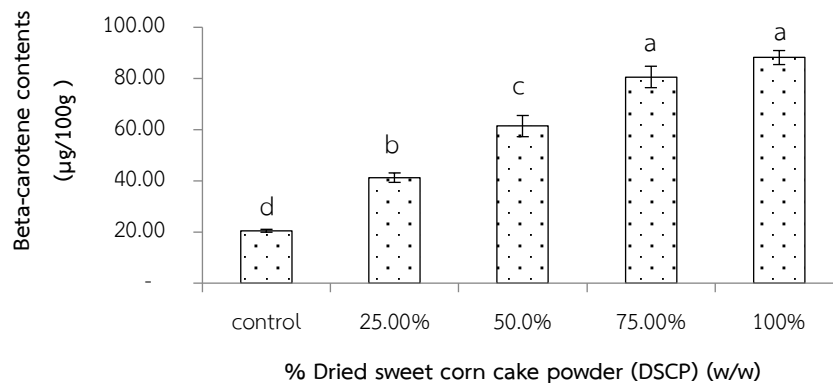


Figure 4 β -carotene content of butter cake added dried sweet corn cake powder. ^{a, b, c, d} Different letters on the bars represent significant difference ($P < 0.05$).

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Table 8) พบว่าการเติมผงกากข้าวโพดหวานเพื่อทดแทนแป้งสาลีในบัตเตอร์เค้กส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมีแนวโน้มลดลงตามระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามที่ระดับการทดแทนร้อยละ 25-50 ค่าคะแนนความชอบในทุกๆ คุณลักษณะ ได้แก่ ความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมผงกากข้าวโพดหวาน ($P > 0.05$) นอกจากนั้นแล้วการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานที่ระดับร้อยละ 25-50 บัตเตอร์เค้กมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่แตกต่างกับการใช้แป้งสาลีล้วน สังเกตได้จากค่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสที่ได้จากผู้ทดสอบชิมมีความสอดคล้องกับผลการวัดเนื้อสัมผัสที่ได้จากเครื่อง Texture Analyzer (Table 6) ซึ่งพบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างที่เติมผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 25-50 บัตเตอร์เค้กมีความแข็ง ความยืดหยุ่น การเกาะตัวกัน ความเหนียวคล้ายยาง รวมถึงความยากในการเคี้ยวไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($P > 0.05$) สำหรับคะแนนความชอบโดยรวมจะเห็นได้ว่าที่ระดับการทดแทนร้อยละ 75 เป็นระดับสูงสุดที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคะแนนมากกว่า 6 คะแนน คืออยู่ในระดับชอบเล็กน้อย แต่เมื่อระดับการทดแทนเพิ่มเป็นร้อยละ 100 ผลิตภัณฑ์เริ่มไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม เนื่องจากมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 5 คะแนน คือ บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ ปัจจัยที่ทำให้บัตเตอร์เค้กไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้ทดสอบชิม อาจเนื่องมาจากสีของผลิตภัณฑ์ที่เข้มขึ้น บัตเตอร์เค้กมีกลิ่นของข้าวโพดที่มากเกินไป รวมถึงเนื้อเค้กมีลักษณะที่ร่วน Salehi and Aghajanzadeh (2020) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพเคมีของเค้กที่เติมผงจากผักและผลไม้บดแห้งมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัส นอกจากนั้นแล้วชนิดและปริมาณของผงจากพืชยังมีความสำคัญ เนื่องจากมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบ Kirbaş et al. (2019) พบว่าการเสริมโยเกิร์ตด้วยผงที่ได้จากพืช คือ ผงกากแอปเปิล ผงกากแครอท และผงกากส้มในผลิตภัณฑ์เค้กมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัส เช่น สี เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวม โดยการเติมผงกากส้มร้อยละ 5 ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดจากผู้ทดสอบชิม

ดังนั้นจึงเลือกการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกากข้าวโพดหวานที่ระดับร้อยละ 50 สำหรับการทดลองขั้นต่อไป เนื่องจากเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบและการยอมรับที่สูงในทุกคุณลักษณะและไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

Table 8 Sensory evaluation of butter cake added dried sweet corn cake powder

% DSCP (w/w)	Overall acceptance	Appearance	Color	Texture	Taste	Flavor
Control	7.18 ^a ±1.29	7.26 ^a ±1.44	7.22 ^a ±1.56	7.10 ^a ±1.28	7.10 ^a ±1.28	6.90 ^a ±1.25
25%	6.98 ^a ±1.36	7.10 ^a ±0.91	7.26 ^a ±0.85	6.88 ^a ±1.48	6.88 ^a ±1.48	6.88 ^a ±1.22
50%	6.80 ^a ±1.43	6.92 ^a ±1.12	6.94 ^a ±1.25	6.60 ^{ab} ±1.48	6.60 ^{ab} ±1.48	6.52 ^{ab} ±1.37
75%	6.16 ^b ±1.61	6.16 ^b ±1.56	6.22 ^b ±1.61	6.10 ^b ±1.61	6.10 ^b ±1.61	6.28 ^b ±1.37
100%	5.58 ^c ±1.81	5.50 ^c ±1.67	5.70 ^c ±1.66	5.42 ^c ±1.97	5.42 ^c ±1.97	5.76 ^c ±1.73

^{a,b,c} Means within the same column followed by different superscript letters are significant difference ($P < 0.05$).

ผลการตรวจสอบคุณภาพของบัตเตอร์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยกากข้าวโพดที่ได้รับการคัดเลือก

เมื่อนำบัตเตอร์เค้กที่เติมผงกากข้าวโพดหวานทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 50 ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าบัตเตอร์เค้กที่เติมผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 50 มีปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำกว่าสูตรควบคุม ($P<0.05$) และปริมาณความชื้นต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากผงกากข้าวโพดหวานมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้น้อยกว่าแป้งสาลี Phugan (2016) รายงานว่าการเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าร้อยละ 10-30 ในผลิตภัณฑ์เค้กส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระของเค้กลดลงและการเสริมผงกล้วยหอมที่ระดับร้อยละ 10 ยังทำให้ตัวอย่างเค้กมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม เช่นเดียวกับ Teeta et al. (2023) ที่พบว่าตัวอย่างชิฟอนเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยดิบที่ระดับร้อยละ 20-100 มีการลดลงของปริมาณน้ำอิสระ นอกจากนั้นแล้วการเติมผงกากข้าวโพดหวานร้อยละ 50 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กมีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณโปรตีน ใยอาหาร และใยอาหารสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (Table 9) จะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณใยอาหารในตัวอย่างบัตเตอร์เค้กยังสามารถใช้ประมาณการถึงปริมาณแร่ธาตุทั้งหมดในอาหารได้ด้วย เนื่องจากใยอาหารอินทรีย์หรือแร่ธาตุที่เหลืออยู่หลังจากการเผาไหม้สารอินทรีย์ในอาหารที่อุณหภูมิ 500-550 องศาเซลเซียส ดังนั้นอาหารที่มีใยสูงมักจะมีแร่ธาตุสูงตาม (Sinay and Harijati, 2021) สำหรับค่าพลังงานและพลังงานจากไขมันของตัวอย่างที่ระดับการทดแทนร้อยละ 50 ไม่พบความแตกต่างกับตัวอย่างควบคุม ($P>0.05$)

Table 9 Chemical composition of cookies added dried sweet corn cake powder

Chemical compositions	Control	DSCP 50%
Water activity	0.948 ^a ±0.001	0.935 ^b ±0.001
Moisture ^{ns} (%)	30.04±0.33	29.68±0.25
Protein (%)	7.39 ^b ±0.09	8.07 ^a ±0.04
fat ^{ns} (%)	24.41±0.63	24.15±1.02
Ash (%)	0.94 ^b ±0.01	1.14 ^a ±0.03
Total carbohydrate ^{ns} (%)	37.24±0.39	36.97±1.33
Total dietary fiber (g/100 g)	0.38 ^b ±0.23	1.68 ^a ±0.21
Total energy ^{ns} (kcal/100 g)	398.13±4.48	397.49±3.99
Energy from fat ^{ns} (kcal/100 g)	219.65±5.66	217.35±9.16

^{a,b} Means within the same row followed by different superscript letters are significant difference ($P<0.05$).

^{ns} means no significant difference ($P>0.05$).

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาปริมาณของผงกากข้าวโพดหวานที่เหมาะสมเพื่อทดแทนแป้งสาลีในบัตเตอร์เค้กที่ระดับร้อยละ 0-100 พบว่าปริมาณของผงกากข้าวโพดหวาน มีผลให้เค้กมีปริมาตรลดลง ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังส่งผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ทำให้ค่าความสดของสี (C^*) ผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ส่วนค่ามุมมองของโทนสี (h°) ลดลงตามระดับการทดแทนด้วยผงกากข้าวโพดหวาน ($P<0.05$) ปริมาณของผงกากข้าวโพดหวานที่เหมาะสมสำหรับการใช้ในการทดแทนแป้งสาลีในการทำบัตเตอร์เค้ก คือ ร้อยละ 50 เนื่องจากเป็นสูตรที่มีค่าคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะ ได้แก่ ความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($P>0.05$) บัตเตอร์เค้กสูตรดังกล่าวยังมีปริมาณโปรตีน ใยอาหาร และสารเบต้าแคโรทีนสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ($P<0.05$) ดังนั้นจึงสามารถนำผงกากข้าวโพดหวานมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กเพื่อทดแทนแป้งสาลีและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้ ผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กที่ได้มีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นแหล่งของวิตามินเอเพิ่มขึ้น 3 เท่า เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม นอกจากนั้นแล้วยังเป็นการนำกากข้าวโพดหวานซึ่งเป็นของเหลือใช้จากกระบวนการผลิตนํ้ามันข้าวโพดหวานมาใช้ให้เกิดประโยชน์และสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รวมถึงรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2565 ที่สนับสนุนทุนสำหรับการวิจัยครั้งนี้

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: บงกชมาศ โสภา, เสาวนีย์ ฝัดศิริ. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: บงกชมาศ โสภา, เสาวนีย์ ฝัดศิริ, จุฑามาศ กองผาพา. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: บงกชมาศ โสภา. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: บงกชมาศ โสภา. การมีส่วนร่วมในการเขียน manuscript: บงกชมาศ โสภา.

เอกสารอ้างอิง

- Ahmed, Z. Al-Sharnoby, G. A., & EL-Waseif, M. A. (2021). Use of banana peela A by-product to increase the nutritive value of the cake. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 12(4), 87-97.
- AlKehayez, N. M., Alshawi, A. H., & Aljobair, M. O. (2022). The physicochemical composition and sensory attributes of sponge cake fortification with date powder. *Food Science and Technology*, 42(1), e92522.
- Al-Muhtaseb, A. H., McMinn, W., Megahey, E., Neill, G., & Magee, R. (2013). Textural characteristics of microwave-baked and convective-baked madeira cake. *Journal of Food Processing & Technology*, 4(2), 1-8.
- AACC. (2000). *Approved Methods of The American Association of Cereal Chemists*. 10th Ed. American Association of Cereal Chemists, Inc.
- AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 21st Ed. Association of Official Agricultural Chemists International.
- Boonkong, J., & Ratchompoo, N. (2010). Partial utilization of eucia as fat replacer in butter cake. *Journal of Food Technology, Siam University*. 5(1), 26-35. (in Thai).
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Chanpreamjit, N. (2019). *Butter Cake: ChefNuN Cooking*. Retrieved from: <https://www.youtube.com/watch?v=WRNNZVotTE0>. (in Thai).
- Dangsungwal, N., Siriwong, N., & Riebroy, S. (2011). Use of banana flour substituted for wheat flour in brownie. In *Proceedings of the 49th Kasetsart University Annual Conference*, pp. 66-73. Kasetsart University. (in Thai).
- Druesne-Pecollo, N., Latino-Martel, P., Norat, T., Barrandon, E., Bertrais, S., Galan, P., & Hercberg, H. (2009). Beta-carotene supplementation and cancer risk: a systematic review and metaanalysis of randomized controlled trials. *International Journal of Cancer*, 127(1), 172-184.
- Ho, L. H. (2017). Nutritional, physical and sensory quality evaluation of sponge cake prepared by substitution of wheat flour by sweet potato (*Ipomoea* spp.) flours. *World Applied Sciences Journal*, 35(8), 1348-1360.
- Kirbaş, Z., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2019). Effects of apple, orange and carrot pomace powders on gluten-free batter rheology and cake properties. *Journal of Food Science & Technology*, 56(2), 914-926.
- Kumnongphai, P., & Nanthachai, N. (2018). Effect of Moringa leaf powder on quality of sponge cake. In *Proceedings of the 6th Academic Science and Technology Conference 2018*, pp. AS-405-410. Huachiew Chalermprakiet University. (in Thai).
- Lao, Y. X., Yu, Y. Y., Li, G. K., Chen, S. Y., Li, W., Xing, X. P., Wang, X. M., Hu, J. G., & Guo, X. B. (2019). Effect of sweet corn residue on micronutrient fortification in baked cakes. *Foods*, 8(7), 260.
- Maeban Publishing. (2011). *Basic Bakery*. Maeban Publishing. (in Thai).
- Mahasawasde, S. (2010). Effects of adding dried corn cake powder on physical properties of a waffle. In *Proceedings of the 48th Kasetsart University Annual Conference*, pp. 147-153. Kasetsart University. (in Thai).
- McGuire, R. G. (1992) Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.
- Mau, J. L., Lee, C. C., Chen, Y. P., & Lin, S. D. (2017). Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of chiffon cake prepared with black rice as replacement for wheat flour. *LWT-Food Science and Technology*, 75(1), 434-439.

- Nagata, M., & Yamashita, I. (1992). Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaish**, 39(10), 925-928.
- Omueti, O., & Ajomale, K. (2005). Chemical and sensory attributes of soy-corn milk types. **African Journal of Biotechnology**, 4(9), 847-851.
- Phugan, P. (2016). Effects of banana peel powder supplementation on qualities of banana cake. **Srinakharinwirot Science Journal**, 32(2), 227-238. (in Thai).
- Pongjanta, J., Naulbunrang, A., Kawngdang, S., Manon, T., & Thepjaikat, T. (2006). Utilization of pumpkin powder in bakery products. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, 28(Suppl.1), 71-79.
- Promthep, N. (2020). **Study of Antioxidant and Developement of Sterilized Concentrated Corn Milk Products**. Master's Thesis. Mahasarakham University. (in Thai).
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yanh, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, 26(9-10), 1231-1237.
- Rupasinghe, H. P. V., Wang, L., Pitts, N. L., & Astatkie, T. (2009). Baking and sensory characteristics of muffins incorporated with apple skin powder. **Journal of Food Quality**, 32(6), 685-694.
- Salehi, F., Kashaninejad, M., Akbari, E., Sobhani, S. M., & Asadi, F. (2016). Potential of sponge cake making using infrared-hot air dried carrot. **Journal of Texture Studies**, 47(1), 34-39.
- Salehi, F., & Aghajanzadeh, S. (2020). Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: a review. **Trends in Food Science & Technology**, 95(1), 162-172.
- Samiha, A. A. (2015). Chemical, physical and sensory properties of sweet potato cake. **Egyptian Journal of Agricultural Research**, 93(1), 101-115.
- Saentaweek, S., & Santea, M. (2014). Effect of substitution of wheat flour by soymilk meal on butter cake quality. **Agricultural Science**, 45(Suppl.2), 453-456. (in Thai).
- Scott, C. E., & Eldridge, A. L. (2005). Comparison of carotenoid content in fresh. **Journal of Food Composition and Analysis**, 18(6), 551-559.
- Sinay, H., & Harijati, N. (2021). Determination of proximate composition of local corn cultivar from Kisar Island, Southwest Maluku Regency. **Journal of Biology & Biology Education**, 13(3), 258-266.
- Siriamornpun, S. (2003). **Substitution for rice flour for cake production**. Mahasarakham University. (in Thai).
- Sopa, B., Fudsiri, S., & Jankuen, S. (2021). Utilization of dried sweet corn cake powder for wheat flour replacement in brownies. **Agricultural Science**, 52(Suppl.1), 61-64. (in Thai).
- Sopa, B., Fudsiri, S., Jankuen, S., Jitlaka, C., Kanyakam, K., & Kongphapa, J. (2022). Effect of sweet corn varieties on quality of boiled sweet corn and corn milk products. **Agricultural Science**, 53(3), 226-241. (in Thai).
- Sumon, W., Sumon, N., Yaigate, T., Ponglumjiak, S., & Sookmanee, N. (2006). Using of fresh corn fiber after corn milk processing supplemented in Chinese sausage. In **Proceeding of the 44th Kasetsart University Annual Conference**, pp. 56-63. Kasetsart University. (in Thai).
- Teeta, S., Sarobol, M., Wanida, P., Muangtha, N., & Poratoso, Y. (2023). Effects of using green banana flour as a substitute for wheat flour on the production of chiffon cakes. **Food Agricultural Sciences and Technology**, 9(2), 66-78.
- Thepyothin, W., Senawong, N., & Muangphrom, J. (2021). The quality and consumer acceptance of corn milk powder with sugar coating and pasteurized process. In **Proceedings of the 5th Rajamangala University of Technology National Conference**, pp. 192-202. Rajamangala University of Technology. (in Thai).
- Threebbears. (2019). **Butter cake**. Retrieved from: <https://www.youtube.com/watch?v=OiXmpKYF9hM>. (in Thai).
- Tongtangwong, U. (2010). **Substitution of Wheat Flour with Sinin Rice Flour in Cake**. Master's Thesis. Thammasat University. (in Thai).
- Wiriacharee, P. (2018). **Sensory Evaluation**. 2nd Ed. Chiang Mai University. (in Thai).
- Yingngam, B., Monschein, M., & Brantner, A. (2014). Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Cratogeomys formosus* ssp. *formosus* leaves using central composite design and evaluation of its protective ability against H₂O₂-induced cell death. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, 7(Suppl.1), S497-S505.

การสื่อสารอัตลักษณ์ขนมไทยผ่านเฟซบุ๊กฟอรัมบิสสิเนส กรณีศึกษา ลอดช่องง่ามยวญ

อ.กาญจนาดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี

Communication of Thai Desserts Identity on Facebook for Business: Case Study of
Lod Chong Ngam-Yuan, Kanchanadit Sub-District, Surat-Thani Provinceปณณรุจน์ สรรพชัยเวทย์^{1*} และรังก์ณานิษฐ์ กันหลง¹Pannarut Sappachaiwet^{1*} and Runkunernariht Kunhalung¹

Received date: 18 ก.พ. 67 Revised date: 19 พ.ค. 67 Accepted date: 30 พ.ค. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.011>

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบและองค์ประกอบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอรัมบิสสิเนสที่สื่อสารอัตลักษณ์ขนมไทย เพื่อสร้างและออกแบบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอรัมบิสสิเนส และเพื่อศึกษาความพึงพอใจและการรับรู้อัตลักษณ์ลอดช่องง่ามยวญของผู้บริโภคผ่านแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอรัมบิสสิเนส โดยการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development) ใช้แบบประเมินสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นลูกค้าประจำในพื้นที่และนอกพื้นที่ อ.กาญจนาดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี จำนวนกลุ่มละ 40 คน และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า การสื่อสารอัตลักษณ์ลอดช่องง่ามยวญผ่านเฟซบุ๊กฟอรัมบิสสิเนส สามารถจัดเนื้อหาออกเป็น 5 รูปแบบ คือ ได้แก่ 1) การให้ความรู้เกี่ยวกับขนม 2) How to ... (การสอนหรืออธิบายวิธีการทำ) 3) รูปแบบการสร้างตัวตน 4) การขายสินค้า และ 5) อื่น ๆ เช่น ประเพณีและวันสำคัญของไทย โดยสอดแทรกเนื้อหาผ่านองค์ประกอบ 8 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านลักษณะสินค้า 2) ด้านบรรจุภัณฑ์ 3) ด้านวัตถุดิบ 4) ด้านสถานที่ผลิต 5) ด้านการผลิตคุณภาพ 6) ด้านสูตรอาหาร 7) ด้านบรรยากาศร้าน และ 8) ด้านรสชาติ ซึ่งผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของกลุ่มลูกค้าในพื้นที่ พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.57 (S.D. = 0.663) ผลการวิเคราะห์การรับรู้อัตลักษณ์ลอดช่องง่ามยวญของกลุ่มลูกค้าในพื้นที่ พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.64 (S.D. = 0.528) และผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของกลุ่มลูกค้านอกพื้นที่ พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.56 (S.D. = 0.577) ผลการวิเคราะห์การรับรู้อัตลักษณ์ลอดช่องง่ามยวญของกลุ่มลูกค้าในพื้นที่ พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.48 (S.D. = 0.528) โดยกลุ่มลูกค้าในพื้นที่มีการรับรู้อัตลักษณ์ลอดช่องง่ามยวญในภาพรวมได้มากกว่ากลุ่มลูกค้านอกพื้นที่ที่ไม่มีประสบการณ์และไม่มีความจำเกี่ยวกับลอดช่องง่ามยวญ เมื่อได้รับรู้อัตลักษณ์ลอดช่องง่ามยวญซึ่งเป็นข้อมูลใหม่ ทำให้ลูกค้าในพื้นที่รับรู้อัตลักษณ์ได้ทันที

คำสำคัญ: เฟซบุ๊กฟอรัมบิสสิเนส อัตลักษณ์ การสื่อสารอัตลักษณ์แบรนด์ ลอดช่องไทย ง่ามยวญ

Abstract

This paper aimed to (1) study the concept of creating awareness through the Facebook for Business Platform, (2) create and design the Facebook for Business Platform, and (3) study consumers' satisfaction and perception of Lod Chong Ngam Yuan identity. The research and development used an evaluation form for a sample group of regular customers in the area and outside the area of Kanchanadit District, Surat-Thani Province, with a total of 40 people per group, and analyzed the data with descriptive statistics including frequency, percentage, mean, and standard deviation. The results of the study found that the communication of Lod Chong Ngam Yuan identity through Facebook for Business Content can be organized into 5 formats: 1) Format of providing knowledge about Thai desserts, 2) How to ... format (teaching or explaining how to do it), 3) Identity formation pattern, 4) Product sales format, and 5) Others such as Thai traditions and important days. The content was inserted through 8 elements, namely 1) product characteristics, 2) packaging, 3) raw materials, 4) production location, 5) production quality, 6) recipe, 7) store atmosphere, and 8) taste. The results of the analysis of the satisfaction of customers in the area were found to be at the highest level with a mean of 4.57 (SD = 0.663). The results of the analysis of the perception of Lod Chong Ngam Yuan identity of the customers in the area were found to be in the highest level with a mean of 4.64 (SD = 0.528). The results

¹ ภาควิชาวนวัตกรรมสื่อสารและการพัฒนาการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹ Department of Communication Innovation and Agricultural Development, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

* Corresponding author: 64604028@kmitl.ac.th

of the analysis of the satisfaction of customers outside the area were found to be at the highest level with a mean of 4.56 (SD = 0.577). The results of the analysis of the perception of identity of Lod Chong Ngam Yuan among customers in the area were found to be in the High level, with a mean of 4.48 (SD = 0.528). Additionally, the group of customers in the area had a better overall perception of Lod Chong Ngam Yuan's identity than the group of customers outside the area who did not have experience and did not have a memory about Lod Chong Ngam Yuan. When the identity of Lod Chong Ngam Yuan, which was new information to them, was learned, the customers outside the area could immediately recognized it.

Keywords: facebook for business, identity, brand identity communication, Lod Chong Thai, Ngam Yuan

คำนำ

ขนมไทยเป็นส่วนสำคัญของวัฒนธรรมและประเพณีของประเทศไทยอย่างยาวนาน โดยใช้วัตถุดิบท้องถิ่น ที่แสดงให้เห็นถึงความละเอียดละไม ความละเอียดอ่อนในการผลิต ที่สืบทอดมาจากรุ่นสู่รุ่น มักนิยมรับประทานคู่กับอาหารคาว หรือในพิธีกรรมต่าง ๆ ตามความเชื่อของศาสนา ได้แก่ งานมงคลสมรส งานบวช งานขึ้นบ้านใหม่ งานวันเกิด และอีกมากมาย (Kee-ariyo et al., 2012)

ลอดช่องไทย เป็นขนมที่สะท้อนเอกลักษณ์ของวัฒนธรรมประจำชาติไทยที่สืบทอดกันมาแต่โบราณ โดยนิยมรับประทานกันในหลายพื้นที่ของประเทศไทยรวมถึงทางตอนใต้ของประเทศ อย่างจังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งมีลอดช่องง่ามยวญ เป็นภูมิปัญญาโบราณที่สืบทอดมาจากรุ่นสู่รุ่น ตัวลอดช่องมีลักษณะอ้วน สั้น หัวท้ายแหลม ตัวมีสีเขียวสดที่มาจากใบเตย โดยไม่ใช้สีผสมหรือสารกันบูดใด ๆ มีกลิ่นจากน้ำปูนใสอ่อน ๆ รับประทานพร้อมกับน้ำกะทิที่มีรสชาติดหวาน หอมละมุนกลมกล่อม จากส่วนผสมน้ำตาลมะพร้าวสูตรลับของทางร้าน เป็นขนมที่มีอัตลักษณ์เฉพาะตัว

อัตลักษณ์ในอาหารมีความเฉพาะเจาะจงและเป็นเครื่องมือสื่อสารที่สำคัญ โดยสามารถระบุพื้นที่หรือวัฒนธรรมของอาหารผ่านรสชาติ วิถีชีวิต และวัฒนธรรมของแต่ละพื้นที่ บ่งบอกความเป็นตัวตน ทำให้เป็นเสน่ห์ ดึงดูดความสนใจ และการจดจำของผู้ที่พบเห็น การตั้งชื่อของอาหารนิยมนำเอาชื่อของสถานที่ รสชาติ หรือภาพลักษณ์ของอาหารมาตั้ง บ่งบอกถึงการเชื่อมโยงกับกับสัญชาติ, เพศ, ศาสนา, พิธีกรรม, ประเพณี, และภูมิประเทศของท้องถิ่นนั้น ๆ (Muneesri, et al., 2020) ซึ่งการสื่อสารอัตลักษณ์ของอาหารมีบทบาทในช่วยสร้างความเป็นตัวตน สร้างการรับรู้ การจดจำ และมองเห็นแบรนด์ (Yanoi, 2019)

ปัจจุบันสื่อออนไลน์เข้ามามีอิทธิพลต่อการดำเนินชีวิตประจำวัน ส่งผลให้ช่องทางการสื่อสารอัตลักษณ์แบรนด์เพิ่มมากขึ้น จากเดิม ช่วยให้ผู้บริโภครู้จักแบรนด์ได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และชัดเจน โดยสามารถเข้าถึงได้จากที่ใดและเวลาใดได้ตามความต้องการ ซึ่งสื่อออนไลน์ที่ได้รับความนิยมของผู้บริโภคคนไทย คือ เฟซบุ๊ก (Facebook) ซึ่งมีจุดเด่น มีความเหมาะสมที่นำมาประยุกต์และลดต้นทุนเพื่อใช้เป็นช่องทางในการสื่อสารอัตลักษณ์แบรนด์ของผู้ประกอบการ เพื่อช่วยสร้างความเป็นตัวตนของแบรนด์ สร้างการรับรู้ และจดจำ อีกทั้งยังสามารถสื่อสารอัตลักษณ์แบรนด์ผ่านช่องทางที่เรียกว่า แพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนส (Platform Facebook for Business) (Nimsuwan and Polnigongit, 2013) เป็นแพลตฟอร์มสำหรับการออกแบบเนื้อหาข้อมูลเกี่ยวกับสินค้าและบริการที่ต้องการสื่อสารไปยังผู้บริโภค เหมาะสมในการสร้างแบรนด์และสื่อสารกับลูกค้า โดยสร้างความเข้าใจว่าสินค้าและบริการของใคร เหมือนและแตกต่างอย่างไรจากคู่แข่ง การสื่อสารอัตลักษณ์นั้นสามารถเกิดได้ต่อเนื่องเมื่อเกิดการติดต่อสื่อสารระหว่างบุคคลภายในสังคมและภายในตัวบุคคลเอง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแนวคิด Brand Identity (Aaker, 1996) ประกอบด้วย 1. ขอบเขตของสินค้า (Product Scope) 2. คุณลักษณะของสินค้า (Product Attributes) 3. คุณภาพและมูลค่าของสินค้า (Quality/Value) 4. การนำไปใช้ (Uses) และโอกาสในการนำไปใช้ (Associations with Use Occasion) 5. ผู้ใช้ (Users) และ 6. แหล่งผลิตสินค้า (Country of Origin)

จากเหตุผลข้างต้นผู้วิจัยสนใจศึกษาแนวทางการสร้างและออกแบบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนสเพื่อสื่อสารอัตลักษณ์ขนมไทย อีกทั้งเป็นแนวทางให้กับผู้ประกอบการและเจ้าของแบรนด์นำความรู้เรื่อง แนวทางการสร้างและการออกแบบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนส และการรับรู้อัตลักษณ์ขนมไทยมาประยุกต์ใช้กับแบรนด์

วิธีการศึกษา

แนวทางการสร้างและออกแบบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนสเพื่อสื่อสารอัตลักษณ์ขนมไทย แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ศึกษา รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ในการศึกษาครั้งนี้ได้รวบรวมเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมทั้งแนวคิดและทฤษฎีมาใช้ในการศึกษา อันได้แก่ ข้อมูลแนวคิดและทฤษฎีสื่อออนไลน์ ข้อมูลแนวคิดและทฤษฎีการรับรู้อัตลักษณ์ และข้อมูลการสร้างและออกแบบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนส

- ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบและองค์ประกอบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนสที่สื่อสารอัตลักษณ์ขนมไทย จำนวน 20 เพจ ได้แก่ 1) แม่เป้ขนมไทย-รับสอนและรับสั่งทำตามออเดอร์ Maepea Kanomthai 2) บ้านขนมสวย 3) หยกสด - ขนมไทยใบเตย100% 4) ขนมไทยยายปู 5) อาลัตุเรียนไข่ระเบิด เพจหลัก ต้นตำหรับ ของแท้ แม่นิขนมไทย สุราษฎร์ธานี 6) ขนมไทยบ้านทองหยอด 7) ร้านขนมไทยครัวยายด้วง ภูเก็ต 8) บ้านขนมมันวัน 9) หอมรัฐจวน ขนมไทย ต้นตำรับ 10) Hom's house บ้านของหอม ขนมไทย 11) โรงงานลูกเอนกขนมหวานเมืองเพชร 12) แม่นงนุช ข้าวเหนียวมะม่วง หัวหิน 13) เสน่ห์จันทร์ ขนมไทย 14) รัตนาขนมไทย ร้านของฝากสุราษฎร์ธานี 15) หอมกลิ่น Thai dessert 16) Lookjeab 17) Waankrung หวานกรุง ลอดช่องโฮมเมด 18) ขนมเทียนแก้ว แม่จรัส 19) อบแปงสตอรี่ – obpangstory และ 20) Prem - เปรม คาเฟ่ขนมไทย ระยะเวลา 1 เดือน คือเดือนมีนาคม พ.ศ. 2566 โดยคัดเลือกจากร้านขนมไทยที่มีชื่อเสียง ยอดผู้ติดตามจำนวน 3,000 user ขึ้นไป และเพจได้รับการปรับข้อมูลให้เป็นปัจจุบันในระยะเวลา 3 เดือน ตั้งแต่ เดือนมกราคม - มีนาคม พ.ศ. 2566 โดยศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบและองค์ประกอบของแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนสขนมไทย ได้แก่ 1) รูปแบบและองค์ประกอบกราฟิก 2) เนื้อหาของโพสต์ 3) ช่วงเวลาในการโพสต์ 4) จำนวนโพสต์ และ 5) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแบรนด์และผู้บริโภค เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์และเป็นแนวทางการสร้างและออกแบบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนสเพื่อสื่อสารอัตลักษณ์ขนมไทย

- ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับลวดช่องง่ามยวญ ลงพื้นที่หมู่บ้านง่ามยวญ ตั้งอยู่บ้านเลขที่ 75 หมู่ 5 ตำบลตะเคียนทอง อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี เพื่อสัมภาษณ์เจ้าของกิจการลวดช่องง่ามยวญ และลูกค้าประจำของแบรนด์ลวดช่องง่ามยวญ จำนวน 5 คน

- ศึกษากระบวนการสร้างและออกแบบ แพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนส จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อ จำนวนด้านละ 3 ท่าน สามารถให้ข้อมูลในเรื่องแนวทางการสร้างและออกแบบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนสที่เหมาะสม

- นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวม มาวิเคราะห์เพื่อกำหนดเนื้อหาและรายละเอียดทั้งหมด นำมาเรียบเรียงเพื่อใช้เป็นต้นแบบแนวทางการสร้างและออกแบบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนส แบนด์ลวดช่องง่ามยวญ

- ศึกษาการรับรู้อัตลักษณ์ลวดช่องง่ามยวญของผู้บริโภค เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างซึ่งแบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มลูกค้าประจำที่เป็นคนในพื้นที่ และลูกค้าที่เป็นคนนอกพื้นที่ โดยกลุ่มลูกค้าในพื้นที่อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัด สุราษฎร์ธานี ที่บริโภคลวดช่องง่ามยวญเป็นประจำ อายุตั้งแต่ 20 - 60 ปีขึ้นไป คำนวณตามตารางสำเร็จรูปของ Krejcie and Morgan จำนวน 40 คน ชื่อหรือบริโภคลวดช่องง่ามยวญเป็นประจำ 3 ปีขึ้นไป อีกทั้งยังบริโภคลวดช่องง่ามยวญเป็นประจำทุกเดือน และกลุ่มลูกค้านอกพื้นที่อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัด สุราษฎร์ธานี และลูกค้าที่ไม่เคยซื้อหรือบริโภคลวดช่องง่ามยวญ อายุตั้งแต่ 20 - 60 ปีขึ้นไป จำนวน 40 คน โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจและแบบประเมินการรับรู้อัตลักษณ์ลวดช่องง่ามยวญของกลุ่มตัวอย่างผ่านช่องทางแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนส เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่ผู้บริโภคมีต่อแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนสลวดช่องง่ามยวญ และเพื่อศึกษาการรับรู้อัตลักษณ์ลวดช่องง่ามยวญของผู้บริโภคผ่านแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนส

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบและองค์ประกอบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนสที่สื่อสารอัตลักษณ์ขนมไทย จำนวน 20 เพจ ระยะเวลา 1 เดือน เดือนมีนาคม พ.ศ. 2566

จากการศึกษารูปแบบและองค์ประกอบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนสที่สื่อสารอัตลักษณ์ขนมไทย แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 รูปแบบ ได้แก่ 1) รูปแบบการให้ความรู้เกี่ยวกับขนมไทย 2) รูปแบบ How to ... (การสอนหรืออธิบายวิธีการทำ) 3) รูปแบบการสร้างตัวตน 4) รูปแบบการขายสินค้า และ 5) อื่น ๆ เช่น ประเพณีและวันสำคัญของไทย โดยนำเสนอองค์ประกอบ 8 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านลักษณะสินค้า 2) ด้านบรรจุภัณฑ์ 3) ด้านวัตถุดิบ 4) ด้านสถานที่ผลิต 5) ด้านการผลิตคุณภาพ 6) ด้านสูตรอาหาร 7) ด้านบรรยากาศร้าน และ 8) ด้านรสชาติ

ซึ่งมีลักษณะแกนเนื้อหาทั้งหมด 5 รูปแบบ ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Content axis style table

	Content core style	Posting time	Post format type	Symbol
1	Format of providing knowledge about Thai desserts	06.00 - 08.00 a.m.	Picture and text	★
2	How to ... format (teaching or explaining how to do it)	01.00 - 03.00 p.m.	Picture and text	▲
3	Identity formation pattern	03.00 - 06.00 p.m.	Reels clip	●
4	Product sales format	06.00 - 09.00 p.m.	Picture and text	+
5	Others such as Thai traditions and important days	06.00 - 08.00 a.m.	Picture and text	■

Table 2 October 2023 master post and topic schedule

Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
1 Oct. ★ ▲ ● +	2 Oct. ●	3 Oct. ★ ▲ ● +	4 Oct. ●	5 Oct. ★ ▲ ● +	6 Oct. ●	7 Oct. ★ ▲ ● +
8 Oct. ●	9 Oct. ★ ▲ ● +	10 Oct. ●	11 Oct. ★ ▲ ● +	12 Oct. ●	13 Oct. ★ ▲ ● +	14 Oct. ●
15 Oct. ★ ▲ ● +	16 Oct. ●	17 Oct. ★ ▲ ● +	18 Oct. ●	19 Oct. ★ ▲ ● +	20 Oct. ●	21 Oct. ★ ▲ ● +
Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
22 Oct. ●	23 Oct. ★ ▲ ● +	24 Oct. ●	25 Oct. ★ ▲ ● +	26 Oct. ●	27 Oct. ★ ▲ ● +	28 Oct. ●
29 Oct. ★ ▲ ● +	30 Oct. ●	31 Oct. ★ ▲ ● +				

จาก Table 1 ในระยะเวลา 1 เดือน สามารถลงแกนเนื้อหา รูปแบบ 3 : การสร้างตัวตน ได้ในทุก ๆ วัน อีกทั้ง รูปแบบ 1 : การให้ความรู้เกี่ยวกับขนมไทย รูปแบบ 2 : How to ... (การสอบหรืออธิบายวิธีการทำ) รูปแบบ 4 : การขายสินค้า สามารถลง

แกนเนื้อหาได้วันเว้นวันสลับกันจนครบ 1 เดือน หรือสามารถปรับเปลี่ยนขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับของแบรนด์ขนมไทยนั้น ๆ อีกทั้งรูปแบบ 5 : อื่น ๆ เช่น ประเพณีและวันสำคัญของไทย กรณีเมื่อเดือนนั้นมีวันสำคัญต่าง ๆ ของไทย

การสร้างต้นแบบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนสที่สื่อสารอัตลักษณ์ขนมไทย โดยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดเนื้อหาและรายละเอียด วางแผนกำหนดต้นแบบแนวทางการสร้างและออกแบบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กสำหรับบิสสิเนสเพื่อสื่อสารอัตลักษณ์ขนมไทย สำหรับการโพสต์ 1 เดือน ดังแสดงใน Table 2

ผลการสร้างและออกแบบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนส เพื่อเป็นช่องการสื่อสารอัตลักษณ์ แบรนด์ลอดช่องงำมยวญ ระยะเวลา 31 วัน ตลอดเดือนตุลาคม พ.ศ. 2566

ผลการสร้างและออกแบบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนส แบรนด์ลอดช่องงำมยวญ สามารถเข้าถึงแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนส ลอดช่องงำมยวญ ได้ที่เว็บไซต์ <https://www.facebook.com/share/1gLNreNxGxfd5NEY/?mibextid=LQQJ4d>

Table 3 October 2023 posting schedule and topics

Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
1 Oct.	2 Oct.	3 Oct.	4 Oct.	5 Oct.	6 Oct.	7 Oct.
★	●	★	●	▲	●	★
Various types of flour.	Recommend coordinates	History of Lot Chong	Secret recipe for making dough	Lod Chong enhances the zodiac sign	The Starting point of Lod Chong Ngam Yuan	Nutrients Lod Chong Ngam Yuan vs Lod Chong Singapore
●		●		●		●
coconut suga		Creating value through Lot Chong		Grandma's old pot		Picking coconuts like the Ngam Yuan people
+		▲		+		
Lod Chong the lottery hint channel		How to scoop lod chong		Raw materials of folk wisdom		
8 Oct.	9 Oct.	10 Oct.	11 Oct.	12 Oct.	13 Oct.	14 Oct.
●	★	●	▲	●	■	■
Lod Chong dessert stir	Properties of clear lime wate	Motto of Surat Thani Province	How to check if Lod Chong are still edible or not ?	Pour the Lod Chong into the pot	Navamindra the Great Day	Tenth lunar month tradition
	●				★	
	Coconut sugar from local wisdom				Benefits of fresh coconut milk	

Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
8 Oct.	9 Oct.	10 Oct.	11 Oct.	12 Oct.	13 Oct.	14 Oct.
	+		●		●	
	Promote through channels		Nostalgia passed down from gen to gen		History of Ngam Yuan Village	
			+			
			Location of Lod Chong Ngam Yuan			
15 Oct.	16 Oct.	17 Oct.	18 Oct.	19 Oct.	20 Oct.	21 Oct.
★	●	▲	●	★	●	★
Starting point for Lod Chong Ngam Yuan	Eat Lod Chong with family	Eat lod chong and you will have good luck.	Exercise after eating lod chong	History of the name Lod Chong Chilled vs. put on ice	Quality of lime water	The origin of the name Lod Chong
●		●		●		●
Preserving coconut suga		Recommend products		Fresh pandanus leaves from the garden		Ngam Yuan village vocabulary
+		+				+
Lod Chong Ngam Yuan slogan		Through the channels in memory				Cooling effect from pandanus leaves
22 Oct.	23 Oct.	24 Oct.	25 Oct.	26 Oct.	27 Oct.	28 Oct.
●	■	●	★	●	★	●
Why is coconut sugar available all year ?	Chulalongkorn Day	Customers come to pick up Lod Chong.	Benefits of pandanus leaves	Which cup is Lod Chong Ngam Yuan ?	Lod chong history	Soil quality
	▲		▲		●	
	Preserved in Lod Chong Ngam Yuan		Lod Chong auspicious dessert		Traditional coconut milk	
	●		●		+	
	Characteristics consistent with ancient texts		How to scoop lod chong		Lod Chong Ngam Yuan poem	

Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
29 Oct.	30 Oct.	31 Oct.				
▲	■	★				
Simmering	Raditional Lak	Sugar				
coconut suga	Phra	Goodies				
●		▲				
Lod Chong in		How to				
memory		make Lod				
+		Chong				
Smells good		sparkle				
like candle		●				
smoke.		Lod Chong				
		and way of				
		life				

จาก Table 3 แสดงการวิเคราะห์เพลงชนมไทยจำนวน 20 เพลง ระยะเวลา 1 เดือน คือ เดือนมีนาคม พ.ศ. 2566 ผู้วิจัยได้นำเอาส่วนที่ได้จากการวิเคราะห์มาใช้ในการสร้างและออกแบบแพลตฟอร์มเฟซบุ๊กฟอร์บิสสิเนส เพื่อเป็นช่องทางการสื่อสารอัตลักษณ์แบรนด์ตลอดช่วงง่วงยามเย็น โดยนำแกนเนื้อหา 5 รูปแบบมาใช้สร้างและออกแบบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งแต่ละรูปแบบมีการสอดแทรกอัตลักษณ์ทั้ง 8 ด้านในแต่ละรูปแบบ ในแต่ละโพสต์สอดแทรกอัตลักษณ์ได้มากกว่า 1 ด้าน จาก Table 2 ต้นแบบที่ได้จากการวิเคราะห์ 20 เพลง เริ่มต้นด้วยวันแรก ★▲●+ และวันต่อมา ● สัปดาห์จนครบ 1 เดือน ตามตาราง ซึ่งรูปแบบ ● จำเป็นต้องโพสต์ทุกวัน โดยสามารถโพสต์ได้ 3 - 4 โพสต์ต่อวัน ผู้วิจัยจึงสร้างและออกแบบ ดังนี้ เริ่มจากวันที่ 1 ★●+ วันที่ 2 ● วันที่ 3 ★▲● วันที่ 4 ● วันที่ 5 ▲●+ วันที่ 6 ● วันที่ 7 ★▲● และวันที่ 8 ● จากนั้นเริ่มต้นใหม่ทำแบบเดิมซ้ำ ๆ จนครบ 1 เดือน หากเมื่อถึง ■ ประเพณีและวันสำคัญของไทยในวันนั้น ๆ ผู้วิจัยเปลี่ยน ★ หรือ ▲ หรือ + เลือกแบบใดแบบหนึ่งตามความเหมาะสมเปลี่ยนเป็น ■ โดยรายละเอียดดังนี้ 1) รูปแบบการให้ความรู้เกี่ยวกับชนมไทย เวลา 06.00 - 08.00 น. ประเภทรูปภาพและข้อความ จำนวน 11 โพสต์ 2) รูปแบบ How to ... (การสอนหรืออธิบายวิธีการทำ) เวลา 13.00 - 15.00 น. ประเภทรูปภาพและข้อความ จำนวน 10 โพสต์ 3) รูปแบบการสร้างตัวตน เวลา 15.00 - 18.00 น. ประเภทคลิป Reels จำนวน 29 โพสต์ 4) รูปแบบการขายสินค้า เวลา 18.00 - 21.00 น. ประเภทรูปภาพและข้อความ จำนวน 9 โพสต์ 5) อื่น ๆ เช่น ประเพณีและวันสำคัญของไทย เวลา 06.00 - 08.00 น. ประเภทรูปภาพและข้อความ จำนวน 4 โพสต์

ตัวอย่างรูปแบบ 1 : การให้ความรู้เกี่ยวกับชนมไทย (1) “คำพูดยายณี ทำไมถึงทำตลอดช่วงง่วงยามเย็น” โดยยายณีเป็นเจ้าของสูตรตลอดช่วงง่วงยามเย็น เล่าถึงความเป็นมาของตลอดช่วงง่วงยามเย็น โดยเริ่มจากวิถีชีวิตของยายณีที่ประกอบอาชีพปลูกข้าว ทำนา ปลูกใบเตย ปลูกมะพร้าวหัว และผลิตน้ำตาลบ้านเอง ซึ่งวัตถุดิบที่ทำตลอดช่วงง่วงยามเย็นยายณีปลูกเองทั้งหมด และสูตรของตลอดช่วงง่วงยามเย็นได้รับจากรุ่นสู่รุ่นจนจำความไม่ได้ (2) “ตลอดช่วงง่วงยามเย็น ตรงตามลักษณะของตลอดช่วงง่วงยามเย็น” โดยเนื้อหาให้ความรู้ของตลอดช่วงง่วงยามเย็นโบราณ ตามที่ (Thongmeethip, 2021) หัวหน้าห้องเครื่องหวานวังสวนจิตรลดา เล่าถึงตลอดช่วงง่วงยามเย็นควรมีลักษณะหัวเรียวย้ายเรียวยาว ป่องกลาง ซึ่งตรงกับลักษณะตัวของตลอดช่วงง่วงยามเย็น และยังให้ความรู้ถึงวิธีการทำตลอดช่วงง่วงยามเย็นโบราณ การเลือกวัตถุดิบหลัก คือ ใบเตยหอมที่ใบบาง มันเงา ใบแก่ สีเขียวเข้ม และมีกลิ่นหอมโดยไม่ต้องยี้

ตัวอย่างรูปแบบ 2 : How to ... (การสอนหรืออธิบายวิธีการทำ) (1) “เคี้ยวน้ำตาลเป็นน้ำตาลบ้านสไตล์ไทยๆ” โดยเล่าถึงกระบวนการผลิตน้ำตาลบ้านที่เกิดจากภูมิปัญญาของชาวบ้าน ที่เริ่มจากการเก็บน้ำตาลจาก จั่น หรือช่อดอกมะพร้าว ที่ใส่ไม้เคี้ยวเพื่อเก็บรักษาน้ำหวานขณะเก็บเกี่ยว เคี้ยวในกระโถนโดยใช้ โค ซึ่งเป็นไม้ไผ่สกรวงกลมครอบลงเพื่อควบคุมฟองน้ำตาล เคี้ยวจนเหนียวหนืด ยกลงจากเตา จากนั้นใช้เหล็กขดวงกลมตีกระทุ้งให้น้ำตาลแห้งและแข็งตัวเร็ว (2) “กินตลอดช่วงง่วงยามเย็นแบบไหนอร่อยที่สุด” โดยแนะนำวิธีการกินตลอดช่วงง่วงยามเย็นแบบแช่เย็น คือ รับรสชาติตามสูตร ที่หวานฉ่ำ ตัวตลอดช่วงง่วงยามเย็น และมิกกลิ่นหอม น้ำกะทิชัดเจน หวานเข้มข้น และแบบแช่น้ำแข็ง คือ สดชื่น รสชาติกำลังดี ไม่หวานเกินไป อีกทั้งตลอดช่วงง่วงยามเย็นแบบไหนก็อร่อยเหมือนเดิม

ตัวอย่างรูปแบบ 3 : การสร้างตัวตน (1) “ทำไมตลอดช่วงง่วงยามเย็นถึงเป็นเส้น ที่สืบทอดตั้งแต่โบราณ” โดยเนื้อหาแนะนำเสนอวิธีการตลอดช่วงง่วงยามเย็น ที่ใช้วิธีการกดด้วยมือผ่านภาชนะที่เจาะรูจากภูมิปัญญาชาวงามยามเย็น จึงได้ลักษณะตัวตลอดช่วงง่วงยามเย็น สั้น

ปองกลอง หัวท้ายแหลม (2) “สูตรลับการทำแป้งตั้งแต่สมัยโบราณ” โดยเนื้อหาแนะนำเสนอการการผลิตแป้งสมัยโบราณ ผ่านครกบด ไม่แป้ง ตั้งแต่เช้าสาร ผ่านการบดจากเมล็ดข้าวเป็นแป้งเหลว และตอนนี้อัดช่องง่ำมยวญได้นำแป้งสำเร็จรูปจากเกษตรมาทดแทน ที่มีคุณภาพไม่ต่างจากการผลิตแป้งเอง

ตัวอย่างรูปแบบ 4 : การขายสินค้า (1) “ส่งเลย ลอดช่องง่ำมยวญ วัตถุดิบธรรมชาติล้วน ๆ ” โดยนำเสนอการใช้วัตถุดิบ ไร้สารกันบูด โดยปรุงสดใหม่ เก็บรักษา 1 - 2 วัน ไร้สารเพิ่มความเหนียว โดยความเหนียวได้จากวัตถุดิบคุณภาพ และไร้ส่วนผสมอาหาร ใช้สีจากธรรมชาติ ผ่านการสกัดออกเป็นสีสด อีกทั้งช่องทางติดต่อของลอดช่องง่ำมยวญ (2) “หอมหวาน กลิ่นวันวาน ลอดช่องในความทรงจำ” โดยนำเสนอลอดช่องง่ำมยวญของความทรงจำยวญ ที่ทำให้ลูกหลานรับประทานตอนกลับมาเยี่ยมบ้าน ที่มีกลิ่นอายของอดีตที่เราเติบโตให้หวนคิดถึงความทรงจำดี ๆ ในวัยเด็ก

ตัวอย่างรูปแบบ 5 : อื่น ๆ เช่น ประเพณีและวันสำคัญของไทย (1) วันนวมินทรมหาราช วันคล้ายวันสวรรคตของ พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร น้อมรำลึกในพระมหากรุณาธิคุณอันหาที่สุดมิได้ (2) วันปณิหาราช วันคล้ายวันเสด็จสวรรคตของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว น้อมรำลึกในพระมหากรุณาธิคุณอันหาที่สุดมิได้

ผลการศึกษาความพึงพอใจและการรับรู้อัตลักษณ์ลอดช่องง่ำมยวญของผู้บริโภคผ่านแพลตฟอร์มเฟสบุ๊คฟอรัมบิสสิเนส กลุ่มลูกค้าในพื้นที่ อำเภอ กาญจนดิษฐ์ จังหวัด สุราษฎร์ธานี

จากการวิเคราะห์ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถาม สำหรับกลุ่มลูกค้าในพื้นที่ อำเภอ กาญจนดิษฐ์ จังหวัด สุราษฎร์ธานี เมื่อพิจารณาเป็นรายการพบว่า เป็นเพศหญิงมากที่สุด ร้อยละ 75 มีอายุเฉลี่ย 41 – 55 ปี ร้อยละ 45 มีอาชีพธุรกิจส่วนตัว มากที่สุด ร้อยละ 27.5 รายได้มากที่สุด 15,001 – 20,000 บาท ร้อยละ 40 และที่อยู่ อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี ร้อยละ 100

จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภคผ่านแพลตฟอร์มเฟสบุ๊คฟอรัมบิสสิเนส สำหรับกลุ่มลูกค้าในพื้นที่ อำเภอ กาญจนดิษฐ์ จังหวัด สุราษฎร์ธานี พบว่า ผู้ตอบแบบประเมินในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.57 (S.D. = 0.663) เมื่อพิจารณาเป็นรายการพบว่า เนื้อหาในการอธิบายเข้าใจได้ง่าย มีค่าเฉลี่ย 4.67 (S.D. = 0.615) รองลงมา เนื้อหา มีความชัดเจน เชื่อถือได้ มีค่าเฉลี่ย 4.60 (S.D. = 0.632) ความเหมาะสมของข้อมูลที่โพสต์ มีค่าเฉลี่ย 4.60 (S.D. = 0.671)

จากผลการวิเคราะห์การรับรู้อัตลักษณ์ลอดช่องง่ำมยวญของผู้บริโภคผ่านแพลตฟอร์มเฟสบุ๊คฟอรัมบิสสิเนส สำหรับกลุ่มลูกค้าในพื้นที่ อำเภอ กาญจนดิษฐ์ จังหวัด สุราษฎร์ธานี พบว่า ผู้ตอบแบบประเมินในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.64 (S.D. = 0.528) เมื่อพิจารณาเป็นรายการพบว่า ข้อมูลและภาพต่างๆ ที่อยู่ในเฟสบุ๊คฟอรัมบิสสิเนสของลอดช่องง่ำมยวญ สามารถกระตุ้นให้ท่านอยากซื้อได้ มีค่าเฉลี่ย 4.75 (S.D. = 0.438) รองลงมา ลอดช่องง่ำมยวญตั้งราคาขายได้เหมาะสม มีค่าเฉลี่ย 4.72 (S.D. = 0.452) ลอดช่องง่ำมยวญเป็นของดีของจังหวัดสุราษฎร์ธานีที่ท่านอยากให้คนอื่นได้รับประทาน มีค่าเฉลี่ย 4.72 (S.D. = 0.45)

กลุ่มลูกค้านอกพื้นที่ อำเภอ กาญจนดิษฐ์ จังหวัด สุราษฎร์ธานี

จากการวิเคราะห์ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถาม สำหรับกลุ่มลูกค้านอกพื้นที่ อำเภอ กาญจนดิษฐ์ จังหวัด สุราษฎร์ธานี เมื่อพิจารณาเป็นรายการพบว่า เป็นเพศหญิงมากที่สุด ร้อยละ 67.5 มีอายุเฉลี่ย 23 – 40 ปี ร้อยละ 45 มีอาชีพราชการมากที่สุด ร้อยละ 22.5 รายได้มากที่สุด 25,001 – 30,000 บาท ร้อยละ 32.5 และที่อยู่ อ.เมือง ร้อยละ 60

จากผลวิเคราะห์ความพึงพอใจและการรับรู้อัตลักษณ์ลอดช่องง่ำมยวญของผู้บริโภคผ่านแพลตฟอร์มเฟสบุ๊คฟอรัมบิสสิเนส สำหรับกลุ่มลูกค้าในพื้นที่ อำเภอ กาญจนดิษฐ์ จังหวัด สุราษฎร์ธานี พบว่า ผู้ตอบแบบประเมินในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.56 (S.D. = 0.577) เมื่อพิจารณาเป็นรายการพบว่า ความเหมาะสมของข้อมูลที่โพสต์ มีค่าเฉลี่ย 4.77 (S.D. = 0.479) เนื้อหา มีความชัดเจน เชื่อถือได้ มีค่าเฉลี่ย 4.67 (S.D. = 0.525) ความเหมาะสมของรูปแบบในการนำเสนอ มีค่าเฉลี่ย 4.62 (S.D. = 0.490)

จากผลการวิเคราะห์การรับรู้อัตลักษณ์ลอดช่องง่ำมยวญของผู้บริโภคผ่านแพลตฟอร์มเฟสบุ๊คฟอรัมบิสสิเนส สำหรับกลุ่มลูกค้าในพื้นที่ อำเภอ กาญจนดิษฐ์ จังหวัด สุราษฎร์ธานี พบว่า ผู้ตอบแบบประเมินในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.48 (S.D. = 0.528) เมื่อพิจารณาเป็นรายการพบว่า ลอดช่องง่ำมยวญมีลักษณะเฉพาะที่เป็นอัตลักษณ์เฉพาะแตกต่างจากลอดช่องอื่น มีค่าเฉลี่ย 4.62 (S.D. = 0.540) รองลงมา ท่านสามารถจดจำแบรนด์ลอดช่องง่ำมยวญได้ มีค่าเฉลี่ย 4.60 (S.D. = 0.496) ลอดช่องง่ำมยวญเป็นของดีของจังหวัดสุราษฎร์ธานีที่ท่านอยากแนะนำกับคนอื่น มีค่าเฉลี่ย 4.60 (S.D. = 0.545)

สรุปผลการศึกษา

การศึกษารูปแบบและองค์ประกอบแพลตฟอร์มเฟสบุ๊คฟอรัมบิสสิเนสที่สื่อสารอัตลักษณ์ขนมไทย ผลการศึกษาพบว่าสามารถแบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 รูปแบบ ได้แก่ 1) รูปแบบการให้ความรู้เกี่ยวกับขนมไทย คือ คอนเทนต์ลักษณะการให้ข้อมูล ความรู้ เนื้อหาสาระที่ดีแก่ผู้อ่าน เวลาโพสต์ 06.00 - 08.00 น. และการโพสต์ประเภทรูปภาพและข้อความ 2) รูปแบบ How to ... (การสอนหรืออธิบายวิธีการทำ) คือ คอนเทนต์ลักษณะการสอนหรืออธิบายวิธีการทำ ช่วยแก้ไขปัญหาและเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน เวลาโพสต์ 13.00 - 15.00 น. และการโพสต์ประเภทรูปภาพและข้อความ 3) รูปแบบการสร้างตัวตน คอนเทนต์ภาพรวมในทุก ๆ ส่วนของแบรนด์ สร้างสรรค์ให้มีความน่าสนใจ มีความสนุก เข้าใจง่าย เวลาโพสต์ 15.00 - 18.00 น. และการโพสต์ประเภท Reels 4) รูปแบบการขายสินค้า คอนเทนต์ที่เน้นการขาย การล้อเลียน หรือการตั้งคำถาม เป็นคอนเทนต์ที่สั้น กระชับและเข้าใจง่าย เวลาโพสต์ 18.00 - 21.00 น. และการโพสต์ประเภทรูปภาพและข้อความ และ 5) อื่น ๆ คือ วันสำคัญของไทย ซึ่งเป็นที่ยึดเหนี่ยวจิตใจในการเคารพนับถือของชาวบ้านในชุมชน ซึ่งมีความละเอียดอ่อน และมีผลต่อวิถีชีวิต เวลาโพสต์ 06.00 - 18.00 น. และรูปแบบการโพสต์ประเภทรูปภาพ ข้อความ และประเภท Reels

การสร้างและออกแบบแพลตฟอร์มเฟสบุ๊คฟอรัมบิสสิเนส เพื่อเป็นช่องทางการสื่อสารอัตลักษณ์ แบรนด์ตลอดช่วงว่างมยวญ ตลอดระยะเวลา 1 เดือน ช่วงเดือน 1 ตุลาคม - 31 ตุลาคม 2566 นำเสนอเนื้อหาครบทั้ง 5 รูปแบบ โดยสอดแทรกเนื้อหาที่สะท้อนอัตลักษณ์แต่ละด้านตามองค์ประกอบทั้ง 8 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านลักษณะสินค้าตลอดช่วงว่างมยวญ มีลักษณะของตัวตลอดช่องที่สั้น อ้วน ปลายเส้นจะมีลักษณะแหลม ตัวแววสะท้อนแสง รับประทานพร้อมกับน้ำกะทิที่มีรสชาติหวานจากน้ำตาลมะพร้าวสูตรลับของทางร้าน 2) ด้านบรรจุภัณฑ์ตลอดช่วงว่างมยวญ เลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่ใช้งานได้ง่ายและสะดวก 3) ด้านวัตถุดิบตลอดช่วงว่างมยวญ การเลือกใช้วัตถุดิบจากภูมิปัญญาชาวบ้านนั้นปลอดสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย 4) ด้านสถานที่ผลิตตลอดช่วงว่างมยวญ โดยนำเสนอความเชื่อ ประเพณี และวัฒนธรรมของหมู่บ้านว่างมยวญ 5) ด้านการผลิตคุณภาพตลอดช่วงว่างมยวญ ที่ใส่ใจทุกขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะมีความพิถีพิถันและประณีต 6) ด้านสูตรอาหารตลอดช่วงว่างมยวญ ที่ได้รับการสืบทอดจากบรรพบุรุษ สืบต่อจากรุ่นสู่รุ่น ปัจจุบันสืบทอด 3 รุ่น 7) ด้านบรรยากาศร้านตลอดช่วงว่างมยวญ เป็นกันเอง เข้าถึงง่าย ให้ความอบอุ่น เหมือนได้กลับบ้านต่างจังหวัดในวัยเด็ก 8) ด้านรสชาติตลอดช่วงว่างมยวญ หมายถึง รสชาติของตลอดช่วงว่างมยวญ หอมนุ่ม ละมุน กลมกล่อม สอดคล้องกับงานวิจัย (Yanoi, 2019) ได้ทำการศึกษารื่อง อัตลักษณ์ตราสินค้าและการสื่อสารการตลาดโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวภาควังเมืองน่าน (ถนนคนเดินวัดภูมินทร์) พบว่า อัตลักษณ์ตราสินค้าของภาควังเมืองน่าน เป็นการรวมเอาอัตลักษณ์ด้านต่าง ๆ ของจังหวัดน่าน ได้แก่ อัตลักษณ์ด้านสถานที่ ด้านวัฒนธรรมชุมชน และอัตลักษณ์สินค้าและบริการ ที่มีความโดดเด่นเพื่อแสดงถึงตัวตนได้รับชม รับรู้ สัมผัส จดจำ ตลอดจนสร้างความประทับใจ

กลุ่มลูกค้าในพื้นที่ อำเภอ กาญจนดิษฐ์ จังหวัด สุราษฎร์ธานี ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถาม พบว่า เป็นเพศหญิงมากที่สุด ร้อยละ 75 มีอายุเฉลี่ย 41 - 55 ปี ร้อยละ 45 มีอาชีพธุรกิจส่วนตัวมากที่สุด ร้อยละ 27.5 รายได้มากที่สุด 15,001 - 20,000 บาท ที่อยู่ อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี ร้อยละ 100 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภคผ่านแพลตฟอร์มเฟสบุ๊คฟอรัมบิสสิเนส พบว่า ผู้ตอบแบบประเมินในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.57 (S.D. = 0.663) จากผลการวิเคราะห์การรับรู้อัตลักษณ์ตลอดช่วงว่างมยวญของผู้บริโภคผ่านแพลตฟอร์มเฟสบุ๊คฟอรัมบิสสิเนส พบว่า ผู้ตอบแบบประเมินในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.64 (S.D. = 0.528)

กลุ่มลูกค้านอกพื้นที่ อำเภอ กาญจนดิษฐ์ จังหวัด สุราษฎร์ธานี ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถาม พบว่า เป็นเพศหญิงมากที่สุด ร้อยละ 67.5 มีอายุเฉลี่ย 23 - 40 ปี มากที่สุด ร้อยละ 45 มีอาชีพราชการ มากที่สุด ร้อยละ 22.5 รายได้มากที่สุด 25,001 - 30,000 บาท ร้อยละ 32.5 ที่อยู่ อ.เมือง มากที่สุด ร้อยละ 60 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภคผ่านแพลตฟอร์มเฟสบุ๊คฟอรัมบิสสิเนส พบว่า ผู้ตอบแบบประเมินในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.56 (S.D. = 0.577) ผลการวิเคราะห์การรับรู้อัตลักษณ์ตลอดช่วงว่างมยวญของผู้บริโภคผ่านแพลตฟอร์มเฟสบุ๊คฟอรัมบิสสิเนส พบว่า ผู้ตอบแบบประเมินในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.48 (S.D. = 0.528)

กลุ่มลูกค้าในพื้นที่ที่มีประสบการณ์โดยตรง วิถีชีวิตมีความผูกพันกับตลอดช่วงว่างมยวญ จึงทำให้กลุ่มลูกค้าในพื้นที่ที่สามารถรับรู้อัตลักษณ์ตลอดช่วงว่างมยวญในมุมมองของภาพรวมได้มากกว่ากลุ่มลูกค้านอกพื้นที่ที่ไม่มีประสบการณ์และไม่มีภาพจำเกี่ยวกับตลอดช่วงว่างมยวญ เมื่อได้รับรู้อัตลักษณ์ของตลอดช่วงว่างมยวญซึ่งเป็นข้อมูลใหม่ สำหรับลูกค้าพื้นที่ จึงสามารถรับรู้อัตลักษณ์ของตลอดช่วงว่างมยวญได้ทันที สอดคล้องกับงานวิจัย (Boonraksa, 2014) ได้ทำการศึกษารื่อง แนวทางการพัฒนากลยุทธ์การตลาดเพื่อสร้างการรับรู้คุณค่าขนมไทยในจังหวัดสมุทรสาครตามแนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์ พบว่า การออกแบบขนมใหม่สร้างความเชื่อและเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมและประเพณีการให้ของคนไทยนั้น สามารถส่งเสริมและแสดงถึงวัฒนธรรมได้อย่างชัดเจน ส่งผลให้กลุ่มเป้าหมายมีความเข้าใจรับรู้ถึงคุณค่าและความสำคัญของการให้ได้อย่างลึกซึ้ง

ผู้ประกอบการและเจ้าของแบรนด์สามารถนำความรู้เรื่อง แนวทางการสร้างและการออกแบบแพลตฟอร์มเฟชบุ๊กพอร์ บิสสิเนสไปใช้กับแบรนด์ โดยยึดแนวทางและผลที่ได้จากงานวิจัย การสื่อสารอัตลักษณ์ขนมไทยผ่านเฟชบุ๊กพอร์ บิสสิเนส กรณีศึกษา ลอดช่องง่ามยวญ อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี โดยปรับเปลี่ยนหรือประยุกต์ให้เหมาะสมกับ แบรนด์ของ ผู้ประกอบการและเจ้าของแบรนด์ได้ต่อไป

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากทุนวิจัยส่งเสริมส่วนงานวิชาการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 (ครั้งที่ 2) ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

การคิดริเริ่ม การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง เครื่องมือวิจัย วิธีการเก็บข้อมูล การจัดเก็บ ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผลข้อมูล และการเขียนบทความต้นฉบับ: รัญศุณานิช ก้นหลง, ปณณรุจน์ สรรพชัยเวทย์.

เอกสารอ้างอิง

- Aaker, D. (1996). **Building a strong Brand**. The Free Press.
- Boonraksa, S. (2014). Guidelines for Developing Marketing Strategies to Create Perceived Value in Thai Dessert in Samutsakorn Province by The Creative Economy Concept. Silpakorn University. (in Thai).
- Kee-ariyo, C., Bunna, P., Manaroj, A., & Dangsongwal, N. (2012). **The Development Thai Dessert from Thai Herbs**. Annual budget project for 2012. Faculty of Mass Communication Technology. (in Thai).
- Muneesri, P., Muneesri, S., Songrit, D., & Romyen, J. (2020). **Identification of Local Food to Promote Community Tourism in Chawang District, Nakhon Sri Thammarat Province**. Esearch report. Faculty of Agro-industry, Rajamangala University of technology Srivijaya. (in Thai).
- Nimsuwan, W., & Polnigongit, W. (2013). The Concepts of Selecting Communication Tool on a Fan Page on Facebook and Attitudes, Motivations Affected to Communication Tool Decision to Click "LIKE" on a Fan page on Facebook of Small and Medium Enterprises. *Suranaree Journal of Social Science*, 7(1), 37-64. (in Thai).
- Prachayakul, P. (2017). **Personal Brand Identity and Communication Strategy of Thai Online Influencer Via Facebook Fan Page**. Master of Arts (Communication Arts). Chulalongkorn University. (in Thai).
- Thongmeethip, K. (2021). Agricultural Development in Thailand in Terms of Community Development in Terms of Community Development and Quality of Life and Quality of Life. *PSDS Journal of Development Studies*, 4(1), 132-162.
- Yanoi, P. (2019). **Brand Identity and Marketing Communication by Participation of Community for Promoting Tourism Kad Kuang Mueng Nan (Wat Phumin Walking Street)**. Master's Thesis. National Institute of Development Administration. (in Thai).

ภาพลักษณ์ตราสินค้า ความคาดหวังในตราสินค้า และความภักดีในตราสินค้า ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ กระเป๋าสีลอกก แบรนด์ Chaksarn ของผู้บริโภค

Brand Image, Brand Expectation, and Brand Loyalty Influenced Consumer's Purchase Decision on Water Sedge Bag: Chaksarn

พงศธร พิวทอง^{1*} และรณกนกนันท์ กันหลง¹

Pongsatorn Piewthong^{1*} and Runkunennaiht Kunhalung¹

Received date: 1 ก.พ. 67 Revised date: 17 พ.ค. 67 Accepted date: 31 พ.ค. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.012>

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาพลักษณ์ตราสินค้า ความคาดหวังในตราสินค้า และความภักดีในตราสินค้า ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าสีลอกกแบรนด์ Chaksarn ของผู้บริโภค โดยใช้แบบสอบถามเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้บริโภคผลิตภัณฑ์กระเป๋าสีลอกกแบรนด์ Chaksarn ที่เคยซื้อซ้ำอย่างน้อย 2 ครั้งขึ้นไป จำนวน 400 คน โดยใช้สูตรคำนวณของ Taro Yamane ค่าความเชื่อมั่นที่ระดับ 99% จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (multiple regression) ผลการศึกษาพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (93.25%) อายุ 41 – 50 ปี (50.00%) มีอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน (39.75%) ระดับการศึกษาปริญญาตรี (50.50%) สถานภาพสมรส (56.50%) มีรายได้ต่อเดือน 80,001 บาทขึ้นไป (35.00%) ระดับราคาของกระเป๋าสีลอกกที่เคยซื้อต่อครั้ง คือ ราคา 2,000 – 7,000 บาท (77.75%) ในภาพรวมผู้บริโภคมีความคิดเห็นว่าภาพลักษณ์ตราสินค้า ความคาดหวังในตราสินค้า และความภักดีในตราสินค้า ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าสีลอกก แบรนด์ Chaksarn ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า มีเพียงบางข้อที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค ซึ่งเกิดจากทัศนคติส่วนบุคคลของผู้บริโภคที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้น แบรนด์ Chaksarn จึงควรพัฒนาและสื่อสารภาพลักษณ์ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลไปถึงความคาดหวังของผู้บริโภคต่อไป รวมไปถึงการสร้างความผูกพันระหว่างแบรนด์กับผู้บริโภค เพื่อให้เกิดการพัฒนาไปสู่ความภักดีระดับสูงได้

คำสำคัญ: ภาพลักษณ์ตราสินค้า ความคาดหวังในตราสินค้า ความภักดีในตราสินค้า การตัดสินใจซื้อ กระเป๋าสีลอกก

Abstract

This research aimed to study brand image, brand expectation, and brand loyalty that influenced consumer's purchase decision on water sedge bag: Chaksarn by using the questionnaire to collect data from 400 consumers of Chaksarn brand, water sedge bag who have repurchased at least 2 times or more, utilizing Taro Yamane's calculation formula with the confidence level of 99%. The data were then analyzed using multiple regression analysis. The results of this research indicated that most consumers were female (93.25%), between the age of 41 - 50 years (50.00%), had a career as a company employee (39.75%), held a bachelor's degree (50.50%), married (56.50%), gained monthly income of 80,001 baht or more (35.00%), and the price range of bags they previously purchased per time was between 2,000 - 7,000 baht (77.75%). Overall, consumers were of the opinion that brand image, brand expectation, and brand loyalty affected their decision to purchase Chaksarn brand at the statistical significance level of 0.05. However, when considering individual item analysis, it was revealed that only some factors had an effect on consumer's purchasing decisions, which was likely due to diverse personal attitudes among consumers. Therefore, the Chaksarn brand should develop their brand image that communicate with better clarity. This will affect the expectations of consumers further, including creating a bond between brands and consumers in order to develop into a high level of brand loyalty.

Keywords: brand image, brand expectation, brand loyalty, purchase decision, water sedge bag

¹ ภาควิชาวนวัตกรรมสื่อสารและการพัฒนาการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹ Department of Communication Innovation and Agricultural Development, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

* Corresponding author: Pongsatorn.piew@gmail.com

คำนำ

ในปัจจุบันมีตราสินค้าท้องถิ่นเกิดขึ้นมากมาย เริ่มต้นจากการส่งเสริมของทางภาครัฐในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) เพื่อยกระดับคุณค่าของสินค้าท้องถิ่น หลังจากนั้นจึงเริ่มมีตราสินค้าท้องถิ่นเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งสหประชาชาติ ประกาศให้ปี ค.ศ. 2021 เป็นปีแห่งเศรษฐกิจสร้างสรรค์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งเน้นการสร้างมูลค่าจากความคิดและเชื่อมโยงเข้ากับวัฒนธรรมอันเป็นรากฐาน ผสมผสานกับความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมสมัยใหม่ นำไปสู่อุตสาหกรรมสร้างสรรค์ (creative industries) (Yodprudtikarn, 2021) และสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ได้กำหนดให้อุตสาหกรรมสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 15 สาขาหลัก โดยมีงานฝีมือและหัตถกรรมเป็นหนึ่งใน 15 สาขาหลักอีกด้วย (Creative Economy Agency, 2018) จึงทำให้เห็นว่าตราสินค้าท้องถิ่นกำลังได้รับความนิยมมากขึ้น ในขณะที่มีอัตราการแข่งขันสูงขึ้น แต่ละตราสินค้าจะต้องสร้างความโดดเด่น แตกต่าง เพื่อทำให้เกิดความได้เปรียบในการแข่งขัน (Terdwongwarakul, 2012) ส่งผลให้ผู้ประกอบการรายต่างๆ ต้องพัฒนาตราสินค้าของตนเอง เพื่อให้ผู้บริโภคเกิดการตัดสินใจซื้อได้มากยิ่งขึ้น เพราะเกิดการรับรู้ในความโดดเด่นและแตกต่างของตราสินค้า ประกอบกับตราสินค้านั้นตรงกับความต้องการและความต้องการของผู้บริโภค และทำให้ผู้บริโภคกลับมาซื้อซ้ำในครั้งถัดไป (Jaturongkakul, 2000)

จากงานวิจัยที่ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า เช่น ความคาดหวังตราสินค้า โดยสามารถสรุปได้ว่าเมื่อผู้บริโภคพิจารณาตราสินค้านั้น แล้วพบว่า เป็นไปตามที่คาดหวังตั้งแต่แรก จะเกิดการตัดสินใจซื้อเมื่อผู้บริโภคมีความพร้อมสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Padgett and Allen (1997) พบว่า ผู้บริโภคเกิดการตัดสินใจซื้อสินค้าเพราะภาพลักษณ์ตราสินค้าในด้านต่างๆ เช่น คุณลักษณะ คุณประโยชน์ คุณค่า หรือบุคลิกภาพของตราสินค้าที่ผู้บริโภครับรู้ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ Oliver (1999) พบว่า ผู้บริโภคที่มีความภักดีต่อตราสินค้า จะพิจารณาซื้อโดยไม่ต้องใช้เกณฑ์ใดมาประกอบการตัดสินใจเลย ซึ่งผู้บริโภคยินดีที่จะซื้อ เพราะมีความไว้วางใจต่อสินค้านั้นอยู่แล้ว จากงานวิจัยข้างต้นทำให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของภาพลักษณ์ตราสินค้า ความคาดหวังในตราสินค้า และความภักดีในตราสินค้า ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งศึกษาการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคกระเป๋าเสื้อก๊าก แบรินด์ Chaksarn ซึ่งเป็นตราสินค้าท้องถิ่นที่มีการออกแบบผลิตภัณฑ์กระเป๋าเป็นเอกลักษณ์ เป็นกระเป๋าแฟชั่นฝีมือคนไทยในภาคอีสานที่นำความเป็นไทยมาเป็นจุดเด่น โดยผสมผสานวัสดุธรรมชาติคือเปลือกหอยจากท้องถิ่น ผ่านการออกแบบให้เกิดสไตล์และเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่โดดเด่น และเป็นการอนุรักษ์ศิลปหัตถกรรมท้องถิ่นอีสาน (Chaksarn, 2020) รวมถึงมีการสร้างความร่วมมือกับชาวบ้านในชุมชนเพื่อพัฒนาคุณภาพเสื้อก๊าก โดยการเปิดรับสมัครช่างทอเสื้อก๊ากจากชุมชนต่างๆ เมื่อแบรนด์ Chaksarn เริ่มเข้าไปสร้างความร่วมมือและพัฒนาทำให้จำนวนการทอเพิ่มขึ้น และเกิดรายได้ในชุมชน นอกจากนี้แบรนด์ Chaksarn มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยมีรายได้ 6 แสนถึง 1 ล้านบาทต่อเดือน (Mahasarn, 2021) จึงทำให้ผู้วิจัยมุ่งศึกษา “ภาพลักษณ์ตราสินค้า ความคาดหวังในตราสินค้า และความภักดีในตราสินค้าที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าเสื้อก๊ากแบรนด์ Chaksarn ของผู้บริโภค” เนื่องจากตราสินค้าท้องถิ่นยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษามากนัก เพื่อเป็นประโยชน์ในการประยุกต์ใช้สำหรับการสร้างภาพลักษณ์ การวางแผนและกลยุทธ์ทางการตลาดให้มีความโดดเด่น แตกต่าง เพื่อให้ผู้บริโภคเกิดการตัดสินใจซื้อและเกิดความภักดีในตราสินค้า นำไปสู่การเพิ่มยอดขายให้กับตราสินค้าท้องถิ่นต่อไป

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ (quantitative research) และใช้แบบสอบถาม (questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้บริโภคผลิตภัณฑ์กระเป๋าเสื้อก๊ากแบรนด์ Chaksarn ที่เคยซื้ออย่างน้อย 2 ครั้งขึ้นไป เพื่อเป็นการแสดงถึงความภักดีในตราสินค้าผ่านการซื้อ ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (accidental sampling) เลือกเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน โดยใช้สูตรคำนวณของ Taro Yamane ค่าความเชื่อมั่นที่ระดับ 99% ซึ่งจะทำให้การเผยแพร่แบบสอบถามออนไลน์ผ่านทางเฟซบุ๊ก แฟนเพจของแบรนด์ Chaksarn โดยในแบบสอบถามจะมีการกำหนดคำถามคัดกรองสำหรับเก็บข้อมูลเฉพาะผู้บริโภคที่เคยซื้ออย่างน้อย 2 ครั้งขึ้นไปเท่านั้น

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม (questionnaire) แบบมีตัวเลือก แบ่งออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อคำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคล มีลักษณะเป็นแบบสำรวจรายการ (check lists) ประกอบด้วย เพศ อายุ อาชีพ การศึกษา สถานภาพ รายได้ต่อเดือน ระดับราคาของกระเป๋าที่เคยซื้อต่อครั้ง และรุ่นของกระเป๋าเสื้อก๊าก แบรินด์ Chaksarn ที่เคยซื้อ แบบเลือกตอบและข้อมูลที่ได้นี้จะนำมาประมวลผลในลักษณะการแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย และค่าร้อยละ

ส่วนที่ 2 ข้อคำถามเกี่ยวกับภาพลักษณ์ตราสินค้าในมุมมองของผู้บริโภคกระเป๋าเสื้อก๊าก แบรินด์ Chaksarn

ส่วนที่ 3 ข้อคำถามเกี่ยวกับความคาดหวังในตราสินค้ากระเป๋าเสื้อก๊าก แบรินด์ Chaksarn

ส่วนที่ 4 ข้อคำถามเกี่ยวกับความภักดีในตราสินค้าของผู้บริโภคกระเป๋าสี้อก แบรนต์ Chaksarn

ส่วนที่ 5 ข้อคำถามเกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อกระเป๋าสี้อก แบรนต์ Chaksarn ของผู้บริโภค

โดยกำหนดระดับความคิดเห็น เป็น 5 ระดับ ที่เรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด ด้วยวิธี Likert Scale และแบบสอบถามได้ผ่านกระบวนการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC: index of item objective congruence) แล้วนำไปทดลองใช้ (tryout) กับกลุ่มเป้าหมายที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างเป้าหมาย จำนวน 30 ชุด เพื่อตรวจสอบว่าคำถามสามารถสื่อความหมายตรงตามความต้องการและมีความเหมาะสมหรือไม่ จากนั้นจึงนำมาทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปการทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาช (Cronbach's Alpha Coefficient) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.86

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลได้ใช้การวิเคราะห์เชิงพรรณนาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปโดยใช้ค่าสถิติ อธิบายผลการวิจัย ได้แก่ ค่าความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมาน (inferential statistics) ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (multiple regression) เพื่อทดสอบสมมติฐานของงานวิจัย ในการวิเคราะห์ภาพลักษณ์ตราสินค้า ความคาดหวังในตราสินค้า และความภักดีในตราสินค้าที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าสี้อกแบรนต์ Chaksarn ของผู้บริโภค

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

การศึกษาภาพลักษณ์ตราสินค้า ความคาดหวังในตราสินค้า และความภักดีในตราสินค้า ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าสี้อกแบรนต์ Chaksarn ของผู้บริโภค โดยเก็บข้อมูลผ่านแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (93.25%) อายุ 41 – 50 ปี (50.00%) มีอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน (39.75%) ระดับการศึกษาปริญญาตรี (50.50%) สถานภาพสมรส (56.50%) มีรายได้ต่อเดือน 80,001 บาทขึ้นไป (35.00%) ระดับราคาของกระเป๋าสี้อกที่เคยซื้อต่อครั้ง คือ ราคา 2,000 – 7,000 บาท (77.75%) และเคยซื้อกระเป๋าสี้อก แบรนต์ Chaksarn รุ่น Candy มากที่สุด (64.50%) แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคเป็นกลุ่มที่มีกำลังซื้อ โดยพิจารณาจากรายได้ต่อเดือนที่ 80,001 บาทขึ้นไป ซึ่งสูงกว่ารายได้เฉลี่ยต่อหัวของคนไทยในปี 2565 อยู่ที่ 20,723 บาทต่อเดือน (Office of the National Economic and Social Development Council, 2023) ประกอบกับมีอาชีพพนักงานบริษัทเอกชนและอยู่ในสถานภาพสมรส ซึ่งถือว่าค่อนข้างมีความมั่นคงทางการเงิน จึงมีกำลังมากพอที่จะนำเงินมาซื้อสินค้าประเภทเครื่องประดับหรือแฟชั่นได้ในราคา 2,000 – 7,000 บาทต่อครั้ง และกระเป๋ารุ่นที่มีผู้บริโภคเคยซื้อมากที่สุดคือ รุ่น Candy ซึ่งเป็นรุ่นที่ได้รับความนิยมสูงสุดของแบรนต์ (Chaksarn, 2020)

ภาพลักษณ์ตราสินค้าที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าสี้อกแบรนต์ Chaksarn ของผู้บริโภค

จากการศึกษาภาพลักษณ์ตราสินค้าที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าสี้อกแบรนต์ Chaksarn ของผู้บริโภค พบว่า ในภาพรวมภาพลักษณ์ตราสินค้ามีเพียงบางข้อที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านมีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1) ด้านคุณลักษณะ (attribute) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า มีรูปแบบที่หลากหลาย (p=0.005) และมีการใช้ภูมิปัญญาการทอสีอ้อมมาประยุกต์เป็นลวดลายต่างๆ (p=0.009) ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าสี้อกแบรนต์ Chaksarn ของผู้บริโภค แสดงให้เห็นว่า การที่แบรนต์ Chaksarn มีรูปแบบกระเป๋าสี้อกให้เลือกตั้งแต่สำหรับใช้ในชีวิตประจำวันไปจนถึงสำหรับใช้ในงานสำคัญต่างๆ รวมถึงรูปทรงของแต่ละรุ่นที่แตกต่างกัน และมีการใช้ภูมิปัญญาการทอสีอ้อมมาประยุกต์เป็นลวดลายต่างๆ ซึ่งถือเป็นจุดเด่นหลักที่แบรนต์ Chaksarn พยายามนำเสนอผ่านช่องทางต่างๆ ส่วนในข้ออื่นๆ ได้แก่ มีการออกแบบที่สวยงามทันสมัย (p=0.960) และมีการใช้วัสดุที่เป็นพืชท้องถิ่น (ต้นกก) เป็นวัสดุหลักในการผลิตกระเป๋าสี้อก (p=0.879) ไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าสี้อกแบรนต์ Chaksarn ของผู้บริโภค เพราะนอกเหนือจากต้นกกแล้วมีวัสดุอื่นที่สามารถสะท้อนความเป็นไทยได้อย่างชัดเจน เช่น ผ้าไหม เป็นต้น นอกจากนี้ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการสะท้อนความเป็นไทยผ่านลวดลายของกระเป๋ามากกว่าวัสดุในการผลิต เนื่องจากมีเอกลักษณ์ความเป็นไทยที่ชัดเจนมากกว่า เมื่อมีผู้พบเห็นก็จะทราบโดยทันทีว่าเป็นลวดลายอันเป็นเอกลักษณ์ของไทย ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่า การออกแบบและวัสดุหลักที่ใช้ในการผลิตกระเป๋าสี้อกไม่ได้มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

2) ด้านคุณประโยชน์ (benefits) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า มีความเหมาะสมในการบรรจุของต่างๆ (p=0.010) ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าสี้อกแบรนต์ Chaksarn ของผู้บริโภค แสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคคำนึงถึงประโยชน์ในการใช้งานเกี่ยวกับความเหมาะสมในการบรรจุของต่างๆ ซึ่งทางแบรนต์ Chaksarn มีการผลิตกระเป๋ารุ่นต่างๆ มาเพื่อรองรับการใช้งาน

ของผู้บริโภคอยู่แล้ว ในอนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงพฤติกรรมการใช้กระเป๋าของผู้บริโภคว่ามีการบรรจุของลักษณะใดบ้าง เพื่อนำมาพัฒนากระเป๋ารุ่นใหม่ๆ ให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น ส่วนในข้ออื่นๆ ได้แก่ สามารถใช้ได้หลากหลายโอกาส ($p=0.442$) มีความสะดวกในการใช้งานและพกพา ($p=0.158$) และสามารถดูแลรักษาได้ง่าย ($p=0.905$) ไม่ส่งผลกระทบต่อตัดสินใจซื้อกระเป๋าเสื้อกั๊กแบรนด์ Chaksarn ของผู้บริโภค แสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคไม่ได้คำนึงถึงการใช้ได้หลากหลายโอกาส และความสะดวกในการใช้งานและพกพา เนื่องจากกระเป๋าเสื้อกั๊ก แบรนด์ Chaksarn แต่ละรุ่นมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งแต่ละรุ่นจะเหมาะกับการใช้งานและพกพาในโอกาสที่แตกต่างกัน ส่วนสามารถดูแลรักษาได้ง่าย เนื่องจากวัสดุหลักทำมาจากเสื้อกั๊กและหนังวัวแท้ซึ่งค่อนข้างมีความทนทานและดูแลรักษาได้ง่ายอยู่แล้ว จึงไม่ส่งผลกระทบต่อตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค นอกจากนี้กระเป๋าเสื้อกั๊ก แบรนด์ Chaksarn เป็นสินค้าประเภทแฟชั่นที่เน้นความสวยงามและทันสมัยในการออกแบบและการส่งเสริมบุคลิกภาพหรือภาพลักษณ์มากกว่าประโยชน์ในการใช้งานที่หลากหลาย

3) ด้านคุณค่า (values) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า สามารถสร้างความประทับใจเมื่อใช้งาน ($p=0.000$) ส่งผลกระทบต่อตัดสินใจซื้อกระเป๋าเสื้อกั๊กแบรนด์ Chaksarn ของผู้บริโภค แสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคมีทัศนคติที่ดีต่อแบรนด์จึงเกิดความประทับใจในการใช้งาน ซึ่งถือเป็นจุดแข็งที่แบรนด์ Chaksarn ควรส่งเสริมและรักษาให้ผู้บริโภคเกิดทัศนคติที่ดีต่อแบรนด์ต่อไป ซึ่งสามารถนำไปสู่พฤติกรรมการซื้อซ้ำ และกลายเป็นความภักดีต่อตราสินค้าได้ (Oliver, 1999) โดยผู้บริโภคมีการตัดสินใจซื้อขั้นสุดท้ายและเกิดการซื้อในราคาที่ผู้บริโภคยอมจ่ายเพื่อแลกกับคุณค่าที่ได้รับ เช่น คุณค่าที่ชื่นชอบ คุณค่าในการแลกเปลี่ยน คุณค่าที่เป็นอรรถประโยชน์ ส่วนในข้ออื่นๆ ได้แก่ ใช้แล้วเกิดความรู้สึกลึกซึ้งภาคภูมิใจ ($p=0.165$) ใช้แล้วรู้สึกมีความภูมิใจ ($p=0.532$) มีคุณภาพที่ได้คุ้มกับราคาที่ต้องจ่ายไป ($p=0.265$) และสะท้อนรสนิยมของผู้ใช้ได้อย่างชัดเจน ($p=0.415$) ไม่ส่งผลกระทบต่อตัดสินใจซื้อกระเป๋าเสื้อกั๊กแบรนด์ Chaksarn ของผู้บริโภค ซึ่งข้อเหล่านี้เป็นเรื่องของปัจเจกบุคคล ขึ้นอยู่กับทัศนคติส่วนบุคคลของผู้บริโภคที่แตกต่างกันออกไป โดย Keller (1993) ได้อธิบายไว้ว่าทัศนคติที่มีต่อตราสินค้าเป็นสิ่งที่จับต้องไม่ได้ การที่ผู้บริโภคได้ทำการประเมินภาพรวมของตราสินค้า ทัศนคติจะเป็นตัวกำหนดรูปแบบพฤติกรรมของผู้บริโภคในการตัดสินใจเลือกซื้อ ซึ่งเกิดจากคุณสมบัติที่หลากหลายของสินค้า ความเชื่อมโยงระหว่างตราสินค้ากับคุณสมบัติ และประโยชน์ที่โดดเด่นของสินค้า รวมถึงความพึงพอใจของคุณสมบัติและคุณประโยชน์ของตราสินค้า ดังนั้นการที่ใช้แล้วเกิดความรู้สึกลึกซึ้งภาคภูมิใจ ใช้แล้วรู้สึกมีความภูมิใจ มีคุณภาพที่ได้คุ้มกับราคาที่ต้องจ่ายไป และสะท้อนรสนิยมของผู้ใช้ได้อย่างชัดเจน จึงไม่ส่งผลกระทบต่อตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

4) ด้านบุคลิกภาพของผู้ใช้ (user) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ผู้ใช้เป็นคนสมารถ ฉลาดเลือก ($p=0.001$) ส่งผลกระทบต่อตัดสินใจซื้อกระเป๋าเสื้อกั๊กแบรนด์ Chaksarn ของผู้บริโภค แสดงให้เห็นว่า การที่แบรนด์ Chaksarn นำเสนอเรื่องราวหรือข้อมูลต่างๆ ทำให้ผู้บริโภคดูเป็นคนที่มีบุคลิกภาพสมารถ ฉลาดเลือก เมื่อใช้กระเป๋าเสื้อกั๊กแบรนด์ Chaksarn จึงส่งผลกระทบต่อตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค สอดคล้องกับ Oladepo and Abimbola (2015) ที่ได้ศึกษาเรื่อง อิทธิพลของภาพลักษณ์ตราสินค้าและการส่งเสริมการขายที่ส่งผลกระทบต่อตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค เครื่องดื่มในรัฐลากอส ประเทศไนจีเรีย พบว่า การกระตุ้นการโฆษณาและการส่งเสริมการตลาดที่เน้นให้เข้ากับรูปแบบพฤติกรรมของผู้ซื้อ และมีผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับประเภทผู้บริโภค เป็นการเพิ่มการตัดสินใจ และเพิ่มการซื้อซ้ำของผู้บริโภค ส่วนในข้ออื่นๆ ได้แก่ ผู้ใช้เป็นคนมีรสนิยมดี ($p=0.412$) ผู้ใช้เป็นคนมั่นใจ ($p=0.057$) ผู้ใช้เป็นคนโก้หรู ดูดี มีระดับ ($p=0.464$) ผู้ใช้เป็นคนทันสมัย ชื่นชอบแฟชั่น ($p=0.099$) และผู้ใช้เป็นคนที่น่าเสนอความเป็นไทย ผ่านการใช้กระเป๋า ($p=0.442$) ไม่ส่งผลกระทบต่อตัดสินใจซื้อกระเป๋าเสื้อกั๊กแบรนด์ Chaksarn ของผู้บริโภค แสดงให้เห็นว่า ข้อเหล่านี้เป็นเรื่องของปัจเจกบุคคล ขึ้นอยู่กับทัศนคติส่วนบุคคลของผู้บริโภคที่มีความแตกต่างกันออกไป ซึ่งเกิดจากการที่ผู้บริโภครับรู้ภาพลักษณ์ตราสินค้าทำให้เกิดความชื่นชอบในภาพลักษณ์นั้นๆ จึงทำให้เกิดการตัดสินใจซื้อเพราะความชื่นชอบโดยไม่ต้องคำนึงถึงความสอดคล้องกับบุคลิกภาพของผู้ใช้ นอกจากนี้ผู้บริโภคกระเป๋าเสื้อกั๊ก แบรนด์ Chaksarn เป็นผู้ที่ค่อนข้างมีความภาคภูมิใจในรสนิยมของตนเองโดยไม่ต้องอ้อววด ไม่ได้มองว่าตนเองเป็นคนโก้หรู ดูดี มีระดับ หรือมีรสนิยมเหนือกว่าผู้อื่น ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Results of data analysis of the brand image of the Chaksarn brand in each aspect that affects consumers' purchasing decisions

Items	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig
Constant	2.545	0.490		5.199	0.000
Attribute					
1. Have beautiful and modern design	-0.003	0.063	-0.003	-0.050	0.960
2. There are many different formats	0.125	0.044	0.148	2.831	0.005*
3. Local plant material (water sedge) is used as the main material for making bags	0.012	0.077	0.007	0.152	0.879
4. The wisdom of weaving reed mats has been applied to various patterns	-0.220	0.084	-0.131	-2.628	0.009*
Benefits					
5. Can be used in a variety of occasions	0.037	0.048	0.046	0.770	0.442
6. Suitable for packing various items	0.115	0.044	0.158	2.579	0.010*
7. It is convenient to use and carry	-0.069	0.049	-0.094	-1.413	0.158
8. Can be easily maintained	0.004	0.037	0.007	0.120	0.905
Values					
9. Can create an impression when using	0.294	0.072	0.255	4.054	0.000*
10. Use it and feel proud	-0.083	0.059	-0.074	-1.391	0.165
11. Use it and feel dignified	-0.027	0.042	-0.036	-0.625	0.532
12. The quality is worth the price paid	0.063	0.056	0.080	1.116	0.265
13. It clearly reflects the tastes of users	0.047	0.058	0.049	0.817	0.415
User					
14. The user is a person with good taste	-0.042	0.051	-0.059	-0.821	0.412
15. The user is a confident person	-0.099	0.052	-0.131	-1.906	0.057
16. Users are smart people who choose wisely	0.157	0.047	0.252	3.356	0.001*
17. The user is elegant and classy	0.026	0.036	0.048	0.733	0.464
18. The user is modern and like fashion	0.074	0.045	0.105	1.654	0.099
19. Users are people who present their Thai identity through the use of bags	0.036	0.046	0.039	0.769	0.442

R = 0.571, R² = 0.326, Adjusted R² = 0.292, F = 9.664, *p<0.05.

ความคาดหวังในตราสินค้ากระเป๋าเลือกแบรนด์ Chaksarn ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

ความคาดหวังในตราสินค้ากระเป๋าเลือกแบรนด์ Chaksarn ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ต้องส่งเสริมบุคลิกภาพของผู้ใช้ (p=0.036) ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าเลือกแบรนด์ Chaksarn ของผู้บริโภค แสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคมีความคาดหวังให้กระเป๋าเลือกแบรนด์ Chaksarn สามารถส่งเสริมบุคลิกภาพของผู้ใช้ได้ เนื่องจากกระเป๋าเป็นเครื่องประดับประเภทหนึ่งที่สามารถใช้เพื่อส่งเสริมภาพลักษณ์หรือบุคลิกภาพได้ และยังเป็นการคาดหวังถึงคุณค่าทางอารมณ์ (emotional value) ที่แบรนด์ Chaksarn จะสามารถมอบให้กับผู้บริโภคได้นอกจากคุณสมบัติตามหน้าที่ ส่วนในข้ออื่นๆ ได้แก่ ต้องมีความสะดวกในการใช้งาน ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน (p=0.095) ต้องมีระดับราคาที่เหมาะสมกับฟังก์ชันในการใช้งาน (p=0.066) ต้องมีรูปแบบที่สวยงาม ทันสมัย (p=0.782) ต้องมีบริการหลังการขายที่ดี (p=0.650) ต้องมีความทนทานต่อการใช้งาน

($p=0.408$) และต้องมีขนาดรูปร่างเหมาะสมกับการถือไปในที่ต่างๆ ($p=0.076$) ไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าเสื้อก๊อแบรนด์ Chaksarn ของผู้บริโภค แสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคทราบอยู่แล้วว่ากระเป๋าเสื้อก๊อ แบรนด์ Chaksarn เป็นสินค้าประเภทแฟชั่นที่เน้นเรื่องการส่งเสริมบุคลิกภาพและความทันสมัย ซึ่งแบรนด์แฟชั่นส่วนใหญ่จะมีราคาสูงที่อยู่แล้ว ผู้บริโภคจึงไม่ได้ให้ความสำคัญกับเรื่องความทนทาน ความสะดวกใช้งาน เพราะสินค้าแฟชั่นเป็นสินค้าที่ใช้ตามความเหมาะสมของโอกาส ก่อนข้างมีความฉาบฉวย จึงไม่ได้เน้นว่าต้องคุ้มค่างับราคาของสินค้า นอกจากนี้กระเป๋าเสื้อก๊อ แบรนด์ Chaksarn แต่ละรุ่นมีลักษณะเฉพาะในด้านความสะดวก และความเหมาะสมที่แตกต่างกันออกไป รวมถึงวัสดุหลักทำมาจากเสื้อก๊อและหนังวัวแท้ซึ่งค่อนข้างมีความทนทาน ส่วนการบริการหลังการขาย เนื่องจากปัจจุบันแบรนด์ Chaksarn ยังไม่ได้มีการบริการหลังการขายอย่างชัดเจน (Chaksarn, 2020) จึงไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค แต่ในอนาคตหากแบรนด์มีการจัดการบริการหลังการขาย จะช่วยให้ผู้บริโภคเกิดความผูกพันกับแบรนด์ซึ่งช่วยส่งเสริมให้เกิดความภักดีต่อตราสินค้าได้มากยิ่งขึ้น ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Results of data analysis of the brand expectation of the Chaksarn brand in each aspect that affects consumers' purchasing decisions

Items	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig
Constant	2.417	0.404		5.977	0.000
1. Must be convenient to use, not difficult or complicated	0.116	0.069	0.111	1.674	0.095
2. There must be a price level appropriate to the functionality used	0.131	0.071	0.123	1.842	0.066
3. Must have a beautiful, modern style	0.018	0.063	0.016	0.277	0.782
4. Must have good after-sales service	-0.024	0.053	-0.027	-0.453	0.650
5. Must promote the user's personality	0.120	0.057	0.131	2.108	0.036*
6. Must be durable for use	-0.065	0.079	-0.048	-0.829	0.408
7. Must be of the appropriate size and shape for carrying to various places	0.144	0.081	0.105	1.779	0.076

$R = 0.328$, $R^2 = 0.107$, Adjusted $R^2 = 0.092$, $F = 6.741$, $*p < 0.05$.

ความภักดีในตราสินค้ากระเป๋าเสื้อก๊อแบรนด์ Chaksarn ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

ความภักดีในตราสินค้ากระเป๋าเสื้อก๊อแบรนด์ Chaksarn ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ยังคงยืนยันซื้อกระเป๋าเสื้อก๊อ แบรนด์ Chaksarn แม้ว่าจะมีผลิตภัณฑ์ที่ออกมาใกล้เคียงกัน ($p=0.000$) และยินดีซื้อกระเป๋าเสื้อก๊อ แบรนด์ Chaksarn อยู่ประจำ ถึงแม้ราคาจะสูงกว่าตราสินค้าอื่นเล็กน้อย ($p=0.000$) ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าเสื้อก๊อ แบรนด์ Chaksarn ของผู้บริโภค แสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคค่อนข้างมีความภักดีต่อตราสินค้าเนื่องจากผู้บริโภคไม่มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการซื้อ แม้จะมีผลิตภัณฑ์อื่นที่ใกล้เคียงกันหรือมีราคาต่ำกว่าเล็กน้อย ซึ่งผู้บริโภคมีความภักดีต่อตราสินค้าในระดับเริ่มต้น หรือเป็นกลุ่มผู้ที่ชอบตราสินค้าอย่างแท้จริง (friends of the brand) กล่าวคือ เป็นกลุ่มผู้บริโภคที่มีความชอบในตราสินค้าอย่างแท้จริง ไม่ว่าจะเป็นความชอบในการออกแบบ รูปลักษณ์ของตราสินค้า ประสบการณ์ในการใช้สินค้า โดยส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับอารมณ์หรือความรู้สึกผูกพันที่ผู้บริโภคมีต่อตราสินค้านั้นๆ (Aaker, 1991) แต่เนื่องจากความภักดีในตราสินค้าต้องใช้ระยะเวลาในการสั่งสมนาน แต่แบรนด์ Chaksarn ก่อตั้งเมื่อปี 2018 ซึ่งยังก่อตั้งมาได้ไม่นานนัก ต่างกับแบรนด์ระดับโลกที่มีประวัติยาวนาน จึงมีกลุ่มลูกค้าที่มีความภักดีสูง การที่แบรนด์ Chaksarn จะมีผู้บริโภคในระดับที่ปกป้องตราสินค้า (brand advocacy) จึงเป็นไปได้ยาก ดังนั้นจึงควรเน้นความสัมพันธ์ทางอารมณ์เพื่อเสริมแรงทางบวกให้กับผู้บริโภค จะทำให้เกิดพฤติกรรมการซื้อซ้ำ (Gomez et. al., 2006) สำหรับข้ออื่นๆ ได้แก่ รู้สึกภูมิใจเมื่อได้ใช้กระเป๋าเสื้อก๊อ แบรนด์ Chaksarn ($p=0.525$) ชื่นชอบตราสินค้ากระเป๋าเสื้อก๊อ แบรนด์ Chaksarn ไม่ลดทลงเลย ($p=0.515$) ยินดีที่จะแนะนำผู้อื่นให้เลือกใช้กระเป๋าเสื้อก๊อ แบรนด์ Chaksarn ($p=0.969$) ติดตามข่าวสารของกระเป๋าเสื้อก๊อ แบรนด์ Chaksarn เป็นประจำ ($p=0.241$) และเมื่อมีผู้อื่น

พูดถึงกระเป๋าสีออกก แบรนต์ Chaksarn ในทางที่ไม่ดี จะได้แย้งทันที ($p=0.134$) ไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าสีออกกแบรนต์ Chaksarn ของผู้บริโภค แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคยังไม่ได้มีความภักดีต่อตราสินค้าถึงขั้นสูงสุด เนื่องจากการสร้างความภักดีต่อตราสินค้าในปัจจุบันต้องอาศัยหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงเป็นเรื่องยากที่จะทำให้ผู้บริโภคเกิดความภักดีสะท้อนกลับ (reflective loyalty) ซึ่งเกิดจากความผูกพันและทัศนคติที่ดีที่มีต่อตราสินค้า ทำให้ผู้บริโภคเกิดพฤติกรรมความภักดีต่างๆ เช่น การทดลองซื้อ การซื้อซ้ำ การยอมรับในผลิตภัณฑ์ ดังนั้น แบรนต์ Chaksarn ควรจะมีการทำกิจกรรมเพื่อสร้างความสัมพันธ์กับผู้บริโภค เพื่อให้เกิดความเชื่อถือ เชื่อมั่น มีทัศนคติที่ดี และผูกพันกับแบรนต์มากยิ่งขึ้นจนกลายเป็นกลุ่มผู้มีความผูกพันต่อตราสินค้า (committed customer) กล่าวคือ เป็นกลุ่มที่มีความภักดีต่อตราสินค้ามากที่สุด ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความเชื่อมั่นต่อตราสินค้าและมีความภาคภูมิใจกับตราสินค้า เมื่อมีการซื้อกลุ่มลูกค้ากลุ่มนี้มักมีการแนะนำกับลูกค้ากลุ่มอื่นต่อ (Aaker, 1991) ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Results of data analysis of the brand loyalty of the Chaksarn brand in each aspect that affects consumers' purchasing decisions

Items	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig
Constant	2.490	0.219		11.385	0.000
1. You will still confirm your purchase. Even though there are similar products	0.169	0.033	0.271	5.144	0.000*
2. You feel proud when you use it	-0.037	0.058	-0.041	-0.637	0.525
3. You are happy to buy regularly. Although the price is slightly higher than other brands	0.176	0.042	0.260	4.194	0.000*
4. Your fondness for the brand has not decreased at all	0.034	0.052	0.049	0.652	0.515
5. You are happy to recommend others to use	0.002	0.054	0.003	0.039	0.969
6. You follow brand news regularly	0.056	0.048	0.063	1.174	0.241
7. When others say bad things about a brand You will immediately object	0.050	0.033	0.085	1.500	0.134

$R = 0.561$, $R^2 = 0.314$, Adjusted $R^2 = 0.302$, $F = 25.679$, $*p<0.05$.

ภาพลักษณ์ตราสินค้า ความคาดหวังในตราสินค้า และความภักดีในตราสินค้ากระเป๋าสีออกกแบรนต์ Chaksarn ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

ภาพลักษณ์ตราสินค้า ความคาดหวังในตราสินค้า ความภักดีในตราสินค้า และการตัดสินใจซื้อ เมื่อนำมาคำนวณหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่า ตัวแปรต้นที่ประกอบด้วยภาพลักษณ์ตราสินค้า ความคาดหวังในตราสินค้า ความภักดีในตราสินค้า และตัวแปรตาม คือ การตัดสินใจซื้อที่มีความสัมพันธ์กัน ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Results of Pearson Correlation analysis of brand image, brand expectation, and brand loyalty influenced consumer's purchase decision on water sedge bag: Chaksarn

	Brand image	Brand expectation	Brand loyalty	Purchase decision
Brand image	1	0.335**	0.460**	0.567**
Brand expectation	0.335**	1	0.353**	0.412**
Brand loyalty	0.460**	0.353**	1	0.782**
Purchase decision	0.567**	0.412**	0.782**	1

ผลการศึกษาจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression) ดังแสดงใน Table 5 พบว่า ภาพลักษณ์ตราสินค้า ความคาดหวังในตราสินค้า และความภักดีในตราสินค้า ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าเสื้อกบแบรนด์ Chaksarn ของผู้บริโภคที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และสมการพยากรณ์การตัดสินใจซื้อกระเป๋าเสื้อกบแบรนด์ Chaksarn ของผู้บริโภค เมื่อนำปัจจัยทุกด้านเข้าสมการเป็นดังนี้

$$Y' = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

$$\text{Purchase decision} = -0.432 + 0.307\text{Brand image} + 0.169\text{Brand expectation} + 0.593\text{Brand loyalty}$$

Table 5 Results of data analysis of brand image, brand expectation, and brand loyalty influenced consumer's purchase decision on water sedge bag: Chaksarn

Items	Unstandardized		Standardized		Collinearity Statistics		
	Coefficients		Coefficients		t	Sig	Tolerance
	B	Std. Error	Beta				
Constant	-0.432	0.237			-1.820	0.070	
1. Brand image	0.307	0.042	0.238		7.236	0.000*	0.788
2. Brand expectation	0.169	0.048	0.109		3.492	0.001*	0.876
3. Brand loyalty	0.593	0.031	0.634		19.097	0.000*	0.838

R = 0.822, R² = 0.676, Adjusted R² = 0.673, F = 275.042, *p<0.05.

โดยผลการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับ Sooksri (2018) ที่พบว่า ความคาดหวังตัวสินค้า ภาพลักษณ์ตราสินค้า ความภักดีในตราสินค้า ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าแฟชั่นยี่ห้อเดียวกัน ดังนั้นในภาพรวมภาพลักษณ์ตราสินค้า ความคาดหวังในตราสินค้า และความภักดีในตราสินค้า ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าเสื้อกบแบรนด์ Chaksarn ของผู้บริโภค นอกจากนี้แบรนด์ Chaksarn ควรพัฒนาและสื่อสารภาพลักษณ์ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลถึงความคาดหวังของผู้บริโภคต่อไป รวมไปถึงการสร้างภาพลักษณ์ระหว่างแบรนด์กับผู้บริโภค เพื่อให้เกิดการพัฒนาไปสู่ความภักดีระดับสูงได้

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาภาพลักษณ์ตราสินค้า ความคาดหวังในตราสินค้า และความภักดีในตราสินค้า ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าเสื้อกบแบรนด์ Chaksarn ของผู้บริโภค ซึ่งผลการศึกษาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าในภาพรวมภาพลักษณ์ตราสินค้า ความคาดหวังในตราสินค้า และความภักดีในตราสินค้า ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อกระเป๋าเสื้อกบแบรนด์ Chaksarn ของผู้บริโภค ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อมีเพียงบางข้อที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ ได้แก่ มีรูปแบบที่หลากหลาย มีการใช้ภูมิปัญญาการทอเสื้อกบมาประยุกต์เป็นลวดลายต่างๆ มีความเหมาะสมในการบรรจุของต่างๆ สามารถสร้างความประทับใจเมื่อใช้งาน ผู้ใช้เป็นคนสมารถ ฉลาดเลือก ต้องส่งเสริมบุคลิกภาพของผู้ใช้ ผู้บริโภคยังคงยืนยันจะซื้อแม้ว่าจะมีผลิตภัณฑ์ที่ออกมาใกล้เคียงกัน และยินดีซื้ออยู่ประจำถึงแม้ราคาจะสูงกว่าตราสินค้าอื่นเล็กน้อย ดังนั้นแบรนด์ Chaksarn จึงควรพัฒนาและรักษาไว้ซึ่งคุณภาพของสินค้า รวมถึงการสื่อสารภาพลักษณ์ของแบรนด์ การโฆษณาประชาสัมพันธ์ ให้ผู้บริโภคเกิดคุณค่าทางอารมณ์จากการใช้สินค้า และการจัดกิจกรรมสร้างความสัมพันธ์กับผู้บริโภค เพื่อทำให้ผู้บริโภคเกิดความภักดีในตราสินค้าท่ามกลางคู่แข่งที่มีเข้ามาในตลาดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้แบรนด์มีความโดดเด่น แตกต่างจากคู่แข่ง และยังคงอยู่ในใจของผู้บริโภคจนนำไปสู่การตัดสินใจซื้อได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือต่อยอดสำหรับการวางแผนและกลยุทธ์

ทางการตลาด เพื่อการสร้างภาพลักษณ์ตราสินค้าและกระตุ้นให้ผู้บริโภคเกิดความภักดีในตราสินค้า เช่น การจัดกิจกรรมพิเศษสำหรับลูกค้าประจำ การบริการหลังการขาย เป็นต้น

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนวิจัยส่งเสริมส่วนงานวิชาการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 (ครั้งที่ 2) ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณคุณจิรวัฒน์ มหาสาร ผู้ก่อตั้งและเจ้าของแบรนด์ Chaksarn ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูล และให้พื้นที่สื่อออนไลน์ของแบรนด์ในการเผยแพร่แบบสอบถาม

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม (Idea) และสมมุติฐาน กำหนดโจทย์การวิจัย ปัญหาการวิจัย กรอบการวิจัย ชื่อเรื่องและวัตถุประสงค์การวิจัย: รัญคุณานิช ก้นหลง, พงศธร ผิวทอง. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบเครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ Criteria ออกแบบระเบียบวิธีวิจัย การกำหนดประชากร กลุ่มตัวอย่าง การสร้างเครื่องมือ การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล: รัญคุณานิช ก้นหลง, พงศธร ผิวทอง. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล เก็บข้อมูล วิเคราะห์และแปลผลข้อมูล: รัญคุณานิช ก้นหลง, พงศธร ผิวทอง. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดงการเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้หรือทฤษฎีเดิม เขียนวิพากษ์วิจารณ์ผลการวิจัย การเปรียบเทียบข้อมูล การใช้ทฤษฎีช่วยในการวิจารณ์และสรุปผลการวิจัย: รัญคุณานิช ก้นหลง, พงศธร ผิวทอง. การมีส่วนร่วมในการเขียน manuscript ผลงานสร้างสรรค์ นวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์: รัญคุณานิช ก้นหลง, พงศธร ผิวทอง.

เอกสารอ้างอิง

- Aaker, D. A. (1991). **Managing Brand Equity: Capitalizing on the Value of a Brand Name**. Free Press.
- Chaksarn. (2020). **About Chaksarn**. Retrieved from: <https://www.chaksarn.com/th/pages/about-chaksarn>. (in Thai).
- Creative Economy Agency. (2018). **About CEA**. Retrieved from: <https://www.cea.or.th/th/about>. (in Thai).
- Gomez, B. G., Arranz, A. G., & Cillan, J. G. (2006). The role of loyalty programs in behavioral and affective loyalty. **Journal of Consumer Marketing**, 23(7), 387-396.
- Jaturongkakul, A. (2000). **Consumer behavior**. 6th Ed. Thammasat University Printing. (in Thai).
- Keller, K. L. (1993). Conceptualizing, measuring, and managing customer-based brand equity. **Journal of Marketing**, 57(1), 1-22.
- Mahasarn, J. (2021). **Establishment of the Chaksarn Brand**. Interview, 10 September. (in Thai).
- Office of the National Economic and Social Development Council. (2023). **National Income of Thailand 2022 Chain Volume Measures**. Retrieved from: https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=15010&filename=ni_page. (in Thai).
- Oladebo, O. I., & Abimbola, O. (2015). The influence of brand image and promotional Mix on consumer buying decision A study of beverage consumers in Lango State, Nigeria. **British Journal of Marketing Studies**, 3(4), 97-109.
- Oliver, R. L. (1999). Whence consumer loyalty. **Journal of Marketing**, 63(Suppl 1), 33-44. <https://doi.org/10.2307/1252099>.
- Padgett, D., & Allen, D. (1997). Communicating experiences a narrative approach to creating service brand image. **Journal of Advertising**, 26(4), 49-62.
- Sooksri, J. (2018). **Brand Expectation Brand Image Brand Loyalty that Influenced Purchase Decision on Smartwatch in Bangkok**. Master's Independent Research. Bangkok University. (in Thai).
- Terdwongwarakul, P. (2012). **Relationship Between Consumer and Brand Personalities and Consumer's Perceived Quality and Brand Loyalty**. Master's Thesis. Chulalongkorn University. (in Thai).
- Yodpradtikan, P. (2021). **Creative Economy for Sustainable Development**. Retrieved from: <https://www.prachachat.net/csr-hr/news-604476>. (in Thai).

การศึกษาความต้องการและความสัมพันธ์ในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อ
เพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐานของผู้ประกอบการท้องถิ่น
The Needs and Factors Relating to Using Seamless Learning
to Enhance Creativity and Innovation Skills by Using Wisdom Knowledge based
of Local Entrepreneurs

พัทธนันท์ บุตรฉุย¹ และธณัทญ์ ฉัตรภักดิ์^{1*}

Patthanan Bootchuy¹ and Thanathnuth Chatpakkarattana^{1*}

Received date: 17 พ.ย. 66 Revised date: 24 มิ.ย. 67 Accepted date: 13 ก.ค. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.013>

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการและความสัมพันธ์ในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐานของผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นของประเทศไทย จำนวน 422 คน ที่ได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามความสมัครใจ (Volunteer sampling) ในการตอบแบบสอบถาม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามความต้องการและความสัมพันธ์ในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐานของผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน ผลการวิจัย พบว่า 1) ผู้ประกอบการท้องถิ่นส่วนมากเป็นเพศหญิง ร้อยละ 71.3 มีอายุอยู่ในช่วงผู้ใหญ่ตอนปลาย 50-64 ปี ร้อยละ 40.3 มีระดับการศึกษาในระดับปริญญาตรี 2) ภูมิปัญญาเพื่อนำมาใช้เป็นฐานสำหรับการต่อยอดเพื่อสร้างคุณค่าหรือมูลค่าทางเศรษฐกิจในด้านอุตสาหกรรมและหัตถกรรม มากที่สุด ร้อยละ 50.0 3) ความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาของผู้ประกอบการท้องถิ่น อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.30) 4) การศึกษาความสัมพันธ์ พบว่า ผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นที่มีการเข้าถึงการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อมากขึ้น จะมีความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐานมากขึ้น และค่าความสัมพันธ์ที่พบอยู่ในระดับสูง

คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อ ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม ผู้ประกอบการท้องถิ่น

Abstract

The purposes of this research were to study the needs and factors relating to using seamless learning to enhance creativity and innovation skills by using local wisdom as a basis for entrepreneurs. The sample group consisted of 422 local entrepreneurs in Thailand from volunteer sampling. The research instrument was a questionnaire of the needs and factors relating to using seamless learning to enhance creativity and innovation skills by using local wisdom as a basis for entrepreneurs. The data were analyzed by percentages, means, S.D., T-test, one-way ANOVA and Pearson Correlation. The results showed that 1) most of the local entrepreneurs were female (71.3%), aged between 50-64 years old, of which 44.4% held undergraduate degree level; 2) the need to apply local wisdom to create value or economic value for their industrial and handicraft business was 50.0%; 3) the need for seamless learning to enhance the creative and innovative skills of the local entrepreneurs was at a high level (mean = 4.30); and 4) the study of the correlations between seamless learning access and need for the seamless learning of the local entrepreneurs indicated that the seamless learning accessibility level of the local entrepreneurs correlated with their need for seamless learning to enhance their creative and innovative skills.

Keywords: seamless learning, creative and innovative skills, local entrepreneurs

¹ สำนักเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จ.นนทบุรี 11120

¹ Office of Educational Technology, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi Province 11120

* Corresponding author: email: thanathnuth.cha@stou.ac.th

คำนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยยังคงมีประเด็นความท้าทายการพัฒนาในหลายมิติ หนึ่งในมิติที่สำคัญ คือ มิติเศรษฐกิจที่โครงสร้างเศรษฐกิจยังไม่สามารถขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมอย่างเต็มที่ (Office of the National Economic and Social Development Council, 2018) โดยข้อมูลจากรายงานการจัดอันดับความสามารถทางด้านนวัตกรรมปี 2566 โดยองค์การทรัพย์สินทางปัญญาโลก (WIPO) พบว่าประเทศไทยถูกจัดให้อยู่อันดับที่ 43 จากประเทศเศรษฐกิจทั่วโลก 132 ประเทศ อันดับยังคงเดิมติดต่อกัน 3 ปีซ้อน ปัจจัยชี้วัดความสามารถด้านนวัตกรรมที่มีการปรับอันดับลดลง ได้แก่ กลุ่มปัจจัยด้านสถาบัน และกลุ่มปัจจัยด้านทุนมนุษย์และการวิจัย (National Innovation Agency, 2023) ซึ่งปฏิเสธไม่ได้ว่า “ทุนมนุษย์” เป็นกลไกขับเคลื่อนสำคัญต่อการพัฒนาประเทศในทุกมิติ ดังนั้นความจำเป็นเร่งด่วนของประเทศ คือ การพัฒนาและเสริมสร้างทรัพยากรมนุษย์ให้สามารถประดิษฐ์คิดค้นและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อเป็นกลไกในการขับเคลื่อนประเทศไทยไปสู่ประเทศที่มีรายได้ระดับสูง ตามแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) โดยหากกล่าวถึงโครงการ หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ หรือโอท็อป (One Tambon One Product : OTOP) นับเป็นโครงการที่ส่งเสริมและพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนฐานรากให้มีความมั่นคง และมีส่วนช่วยในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจไทยมาตั้งแต่ปี 2544 โดยมีผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น จำนวน 87,468 กลุ่ม/ราย (Office of the Promotion of Local Wisdom and Community Enterprises, 2019) ซึ่งในปี 2561 สินค้าโอท็อปเคยมียอดขายสูงถึง 1.9 แสนล้านบาท แต่เมื่อพิจารณาข้อมูลเชิงลึกจะพบว่า ยอดจำหน่ายสินค้าโอท็อปกับผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (จีดีพี) คิดเป็นเพียงร้อยละ 1.2 เท่านั้น ยิ่งไปกว่านี้ยังพบว่าสินค้าโอท็อปของผู้ประกอบการท้องถิ่นมีจุดอ่อนที่สำคัญ 3 ด้านหลัก ได้แก่ 1) การตลาด พบว่าสินค้ามีลักษณะใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่าง บรรจุภัณฑ์หรือหีบห่อไม่สวยงามและทันสมัย หรือสินค้ายังไม่มีเอกลักษณ์ที่โดดเด่น 2) การตั้งราคาไม่สอดคล้องกับต้นทุนของสินค้า และ 3) ขาดช่องทางการจำหน่าย ทำให้ผู้บริโภคไม่สามารถเข้าถึงสินค้า ไม่รู้จักแบรนด์และสินค้า รวมถึงขาดการประชาสัมพันธ์ที่เหมาะสม (Marketingoops, 2019)

ดังนั้นในการที่จะพัฒนาศักยภาพของผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นให้สามารถสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เพื่อตอบโจทย์กับความต้องการของลูกค้าและแข่งขันในระดับสากลได้ การส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม จึงเป็นหนึ่งในทักษะแห่งอนาคต ที่ผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นต้องได้รับการพัฒนา (Panich, 2012; Division of Research Administration and Educational Quality Assurance, 2016) ซึ่งทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม หมายถึง ความสามารถในการสร้างสรรค์และการคิดเพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่ยออกมาในรูปแบบผลงานนวัตกรรมที่มีความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ประกอบไปด้วยการสื่อสารและการทำงานร่วมกัน (Tatiana and Solange, 2018) ซึ่งองค์ประกอบของทักษะนี้ประกอบด้วย 3 ประการ ได้แก่ (1) การคิดอย่างสร้างสรรค์ (2) การทำงานร่วมกับบุคคลอื่นอย่างสร้างสรรค์ และ (3) การสร้างนวัตกรรมให้เกิดผลสำเร็จ ความจำเป็นเร่งด่วน คือ การพัฒนาศักยภาพของผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น ให้สามารถประดิษฐ์คิดค้นและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อเป็นกลไกในการขับเคลื่อนประเทศ และเพื่อให้สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ชาติด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ ที่มุ่งเน้นการขับเคลื่อนและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทย โดยการประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีนวัตกรรมและมีมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจนั้น การออกแบบรูปแบบการเรียนรู้เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นจึงมีความสำคัญ โดยการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น รวมทั้งภูมิปัญญาท้องถิ่นที่จะนำมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างจุดเด่นให้กับผลิตภัณฑ์ การศึกษาความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อ (Seamless Learning) รวมถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อ ซึ่งการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเป็นแนวคิดการออกแบบกระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้ประกอบการนำสภาพปัญหาหรือประสบการณ์ความรู้ที่ผู้ประกอบการประสบพบเจอกับลูกค้าในมิติกายภาพมาจัดเก็บและแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเครือข่ายผู้ประกอบการและที่ปรึกษาบนระบบดิจิทัลเพื่อนำมาสู่การคิดเพื่อแก้ไขปัญหา โดยข้ามข้อจำกัดในเรื่องของเวลาและสถานที่ (Bacon et al., 2021) เพื่อนำไปสู่การพัฒนาแนวคิด หรือผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ บนพื้นฐานที่ยึดความต้องการของกลุ่มเป้าหมายหรือลูกค้าเป็นหลัก ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ที่ประกอบด้วยกระบวนการ 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การทำความเข้าใจกับปัญหา 2) การกำหนดปัญหาให้ชัดเจน 3) ระดมความคิด 4) สร้างต้นแบบ และ 5) ทดสอบต้นแบบ (Brown, 2008; Decharin, 2014) ซึ่งข้อค้นพบจากงานวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปใช้ในการออกแบบรูปแบบการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐานให้กับผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นในประเทศไทยต่อไป

วิธีการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้การวิจัย ได้แก่ ผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น (OTOP) จำนวน 87,468 กลุ่ม/ราย (สำนักส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่นและวิสาหกิจชุมชน, 2563) ตัวอย่างที่ใช้การวิจัย คือ ผู้ผลิต ผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น (OTOP) จำนวน 422 คน จาก 6 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันตก ที่ได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามความสมัครใจ (Volunteer sampling) ในการตอบแบบสอบถาม โดยการประสานขอความร่วมมือจากกรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย ในการแจกแบบสอบถาม ตามพื้นที่ดำเนินงานในแต่ละภูมิภาค ซึ่งกำหนดตัวอย่างการวิจัยโดยใช้โปรแกรม G*Power เนื่องจากไม่ทราบค่าประมาณการพารามิเตอร์ในอดีต จึงได้เลือกใช้การกำหนดค่าขนาดอิทธิพลสำเร็จรูป โดยเลือกกำหนดค่าขนาดอิทธิพลขนาดเล็ก (effect size = 0.02) เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ โดย $N > 10,000$ (Faul et al., 2007) และกำหนดให้มีค่าความเชื่อมั่นของการทดสอบเท่ากับ 0.95 โดยยอมรับค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามความต้องการและความสัมพันธ์ในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐานของผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น ประกอบไปด้วย 4 ตอน ได้แก่ 1) ข้อมูลพื้นฐานของผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น 2) ภูมิปัญญาเพื่อนำมาใช้เป็นฐานสำหรับการต่อยอดเพื่อสร้างคุณค่าหรือมูลค่าทางเศรษฐกิจ 3) ความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐาน และ 4) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเข้าถึงการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อฯ กับความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐาน โดยลักษณะของข้อคำถามตอนที่ 1 และ 2 เป็นแบบเลือกตอบ ตอนที่ 3 และ 4 เป็นแบบจัดอันดับคุณภาพแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ด้วยวิธี Likert Scale และแบบสอบถามได้ผ่านกระบวนการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรม และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา ได้ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruency: IOC) โดยแบบสอบถามอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมในการนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย (IOC = 0.95) แล้วนำไปทดลองใช้ (Tryout) กับกลุ่มเป้าหมายที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 ชุด เพื่อทดสอบความเชื่อมั่น (reliability) ได้ค่า Cronbach's Alpha เท่ากับ 0.848

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย โดยการประสานขอความร่วมมือจากกรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย ในการแจกแบบสอบถาม ซึ่งตัวอย่างที่ใช้การวิจัย คือ ผู้ผลิต ผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น (OTOP) จำนวน 422 คน จาก 6 ภูมิภาค ที่ได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามความสมัครใจ (Volunteer sampling) ในการตอบแบบสอบถาม ซึ่งเริ่มจากการจัดทำหนังสือราชการขอความอนุเคราะห์จากอธิบดีกรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย ในการกระจายแบบสอบถามผ่านทางนักวิชาการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย ในแต่ละภูมิภาคเพื่อส่งต่อไปยังจังหวัดทั้งในรูปแบบของออนไลน์ และแบบกระดาษ โดยใช้ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลประมาณ 1 เดือน

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาความต้องการและความสัมพันธ์ในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อการส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐานของผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น

1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ผลิต ผู้ประกอบการ OTOP

Table 1 Number and percentage of personal information of local entrepreneurs

Personal information of local entrepreneurs	Quantity (n=422)	Percentage (100.0)
1. Sex		
Female	301	71.3
Male	121	28.7
2. Age		
Under 35 years	65	15.4
Between 35 - 49 years	168	39.8
Between 50 - 64 years	170	40.3
Over 64 years old	19	4.5
3. Highest level of education		
Primary education	22	5.3
Junior high school	31	7.4
high school	79	18.9
Vocational Certificate / Vocational Certificate	63	15.0
Bachelor's degree	186	44.4
Postgraduate	38	9.1
4. Duty of local entrepreneurs		
Manufacturer / Entrepreneur / Owner	385	91.7
Member / Team Member	35	8.3

จาก Table 1 แสดงข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น พบว่าผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 71.3 มีอายุอยู่ในช่วงผู้ใหญ่ตอนปลาย 50-64 ปี ร้อยละ 40.3 รองลงมาคือ ระหว่าง 35 -49 ปี คิดเป็นร้อยละ 39.8 และน้อยกว่า 35 ปี คิดเป็นร้อยละ 15.4 ตามลำดับ ระดับการศึกษาสูงสุดในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 44.4 รองลงมาคือ มัธยมศึกษาตอนปลาย คิดเป็นร้อยละ 18.9 และปวช. / ปวส. คิดเป็นร้อยละ 15.0 ตามลำดับ บทบาท หน้าที่ในการเป็นผู้ผลิต ผู้ประกอบการ OTOP เป็นผู้ผลิต / ผู้ประกอบการ / เจ้าของมากกว่า คิดเป็นร้อยละ 91.3 และเป็นสมาชิก / ทีมงาน คิดเป็นร้อยละ 8.3

1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับประเภทผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น พื้นที่ และระยะเวลาดำเนินการ

Table 2 Number and percentage of types of local entrepreneurs, operation area, and processing time

Types of local entrepreneurs, operation area, and processing time	Quantity (n=422)	Percentage (100.0)
1. Type of local entrepreneurs		
Manufacturer of Owner	212	50.2
Manufacturer of community	147	34.8
Manufacturer of small and medium enterprises	63	14.9
2. Operation area		
Central region	136	32.2
Northeast	82	19.4
The North	74	17.5
South	58	13.7
Eastern region	52	12.3
Western Region	20	4.7
3. Processing time		
Less than 5 years	93	22.0
Between 5 – 10 years	142	33.6
More than 10 years	187	44.3

จาก Table 2 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของผู้ผลิต ผู้ประกอบการ OTOP พื้นที่ และระยะเวลาดำเนินการ พบว่าประเภทผู้ผลิต ผู้ประกอบการ OTOP ส่วนใหญ่เป็นผู้ผลิตชุมชนที่เป็นเจ้าของรายเดียว คิดเป็นร้อยละ 50.2 รองลงมา คือ กลุ่มผู้ผลิตชุมชน คิดเป็นร้อยละ 34.8 และผู้ผลิตที่เป็นวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม คิดเป็นร้อยละ 14.9 ตามลำดับ พื้นที่ดำเนินงาน ส่วนใหญ่มีพื้นที่ดำเนินงานในภาคกลาง คิดเป็นร้อยละ 32.2 รองลงมา คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็นร้อยละ 19.4 และภาคเหนือ คิดเป็นร้อยละ 17.5 ตามลำดับ ระยะเวลาดำเนินการ ส่วนใหญ่ดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์มาแล้วมากกว่า 10 ปี คิดเป็นร้อยละ 44.3 รองลงมา คือ ระหว่าง 5 – 10 ปี คิดเป็นร้อยละ 33.6 และน้อยกว่า 5 ปี คิดเป็นร้อยละ 22.0 ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ภูมิปัญญาเพื่อนำมาใช้เป็นฐานสำหรับการต่อยอดเพื่อสร้างคุณค่าหรือมูลค่าทางเศรษฐกิจ

Table 3 Number and percentage of wisdom and knowledge to be used to create value or economic value

Wisdom and knowledge are to be used to create value or economic value (More than 1 answer can be given)	Quantity (n=422)	Percentage (100.0)
Industry and handicrafts	211	50.0
Agriculture	193	45.7
Natural resource and environmental management	107	25.4
Fine arts	78	18.5
Funds and community businesses	74	17.5
Religion and traditions	63	14.9
Organization management	60	14.2
Thai traditional medicine	41	9.7
Welfare benefit	34	8.1
Language and literature	21	0.5

จาก Table 3 แสดงภูมิปัญญาที่จะนำมาใช้เป็นฐานสำหรับการต่อยอดเพื่อสร้างคุณค่าหรือมูลค่าทางเศรษฐกิจพบว่า ผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นส่วนใหญ่มีข้อมูลเกี่ยวกับภูมิปัญญาเพื่อนำมาใช้ต่อยอดเพื่อสร้างคุณค่าหรือมูลค่าทางเศรษฐกิจในด้านอุตสาหกรรมและหัตถกรรม คิดเป็นร้อยละ 50.0 รองลงมา คือ เกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 45.7 และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คิดเป็นร้อยละ 25.4 ตามลำดับ

ตอนที่ 3 ความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐาน

Table 4 Mean and standard deviation of the needs of seamless learning to enhance creativity and innovation skills by using wisdom knowledge

The needs of seamless learning	Mean	SD	Opinion level
1. Developing the ability to create new products or services.	4.41	0.71	High
2. Learning to use programs or applications to develop new products or services.	4.36	0.72	High
3. A source of knowledge to support the creation of new things in product or service development.	4.36	0.73	High
4. Applying information from the real environment with online systems to develop new products or services.	4.33	0.75	High
5. An online learning space for developing new products or services that can be accessed anywhere, anytime.	4.33	0.72	High
6. Person who recommends or gives advice in developing new products or services	4.33	0.74	High
7. Creating a network of local entrepreneurs to develop new products and services.	4.32	0.74	High
8. Assistance system for using the online learning space.	4.27	0.75	High
9. Online learning space to support the creation of new things in product or service development.	4.26	0.76	High
10. An online learning space that allows everyone to talk, exchange, and do activities together.	4.26	0.75	High
11. Regular news notifications via the online system.	4.26	0.77	High
12. A space for talking, exchanging time via synchronized and asynchronous.	4.13	0.80	High
Overall	4.30	0.64	High

จาก Table 4 แสดงความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐานสำหรับผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น พบว่า ผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นมีความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐานสำหรับผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นโดยภาพรวมในระดับมาก (Mean = 4.30) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ผู้ประกอบการท้องถิ่นมีความต้องการในระดับมากที่สุด โดยมากที่สุด ได้แก่ ความต้องการการพัฒนาความสามารถในสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์หรือบริการใหม่ ๆ (Mean = 4.41) รองลงมา คือ มีความต้องการการเรียนรู้การใช้งานโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือบริการใหม่ ๆ และความต้องการแหล่งความรู้เพื่อสนับสนุนการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ในการพัฒนาสินค้าหรือบริการ (Mean = 4.36) รองลงมา ได้แก่ ความต้องการการนำข้อมูลต่าง ๆ จากสภาพแวดล้อมที่เป็นของจริงมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบออนไลน์เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือบริการใหม่ ๆ ความต้องการพื้นที่การเรียนรู้ออนไลน์เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือบริการใหม่ ๆ ที่สามารถใช้งานได้ทุกที่ทุกเวลา และความต้องการผู้แนะนำหรือให้คำปรึกษาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือบริการใหม่ ๆ (Mean = 4.33) ตามลำดับ

ตอนที่ 4 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเข้าถึงการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อฯ กับความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐาน

Table 5 The correlations between seamless learning access and the needs of the seamless learning of the local entrepreneurs

Seamless learning access and the needs of seamless learning		Results
Ability to learn from various media on your own. (For example, study video clips from YouTube. Read information from the website or social media.	Pearson Correlation	.391**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	422
Ability to talk, exchange knowledge, and experience via synchronized and asynchronous.	Pearson Correlation	.487**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	422
Ability to use the internet anytime, anywhere.	Pearson Correlation	.470**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	422
Ability to search for information or access various knowledge sources from the Internet as desired.	Pearson Correlation	.504**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	422
Ability to take information from the real environment and apply it online. (For example, take photos or record video clips and post on social media.)	Pearson Correlation	.507**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	422
Ability to use a variety of different devices. (such as computers, tablets, smartphones)	Pearson Correlation	.462**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	422
Ability to work in many roles. (For example, selling products, accounting, coordinating, designing logos, making advertising, and public relations media.)	Pearson Correlation	.449**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	422
The ability to use previous knowledge to create new things.	Pearson Correlation	.554**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	422
Ability to independently create new products, new services, and new operating processes.	Pearson Correlation	.533**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	422
Ability to independently create new products, new services, and new operating processes.	Pearson Correlation	.596**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	422

* Statistically significant at the 0.05 level.

จาก Table 5 แสดงการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเข้าถึงการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อฯ กับความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐานสำหรับผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น พบว่าความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐาน มีความสัมพันธ์กับการเข้าถึงการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐาน ทั้งในด้านความสามารถในการเรียนรู้จากสื่อต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง (เช่น ดูคลิปจากยูทูป อ่านข้อมูลจากเว็บไซต์ หรือโซเชียลมีเดีย) ความสามารถในการพูดคุยแลกเปลี่ยนเพื่อแบ่งปันความรู้และประสบการณ์ร่วมกันทั้งแบบประสานเวลา (นัดหมายวันและเวลา)

และไม่ประสาเวลา (ตามอัธยาศัย) ความสามารถในการใช้งานอินเทอร์เน็ตได้ทุกที่ ทุกเวลา ความสามารถในการค้นหาข้อมูลหรือเข้าถึงแหล่งความรู้ต่าง ๆ จากอินเทอร์เน็ตตามที่ต้องการได้ ความสามารถในการนำข้อมูลต่าง ๆ จากสภาพแวดล้อมที่เป็นของจริงมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบออนไลน์ได้ (เช่น ถ่ายภาพหรือบันทึกคลิปวิดีโอต่าง ๆ แล้วโพสต์ในโซเชียลมีเดีย) ความสามารถในการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย (เช่น คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน) ทักษะการทำงานได้หลายหลายหน้าที่ (เช่น ขายสินค้า ทำบัญชี ประสานงาน ออกแบบโลโก้ ทำสื่อโฆษณาและประชาสัมพันธ์) ความสามารถในการนำความรู้เดิมที่มีมาใช้สร้างสิ่งใหม่ได้ ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่ บริการใหม่ และกระบวนการดำเนินงานใหม่ได้ด้วยตนเอง และโดยภาพรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นั่นคือ ผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นที่มีการเข้าถึงการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อมากขึ้น จะมีความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรคและนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐานมากขึ้น และความสัมพันธ์ที่พบมีค่าระดับสูง

จากการศึกษาความต้องการและความสัมพันธ์ในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรคและนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐานของผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น สามารถอภิปรายผลในแต่ละประเด็นได้ ดังนี้

1) ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น ที่แสดงให้เห็นว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วงผู้ใหญ่ตอนปลาย (45-64 ปี) สะท้อนให้เห็นถึงโครงสร้างทางประชากรของประเทศไทยว่าเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ (Aged Society) เพราะมีจำนวนประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 17.1 โดยคาดว่าในอีก 20 ปีข้างหน้าประเทศไทยจะมีสัดส่วนของผู้สูงอายุประมาณ 1 ใน 3 ของประชากรทั้งประเทศ นั่นคือการเข้าสู่สังคมสูงอายุระดับสุดยอด (Super-Aged Society) (Office of the National Economic and Social Development Council, 2018) ดังนั้นเป็นประเด็นที่ท้าทายที่ต้องเตรียมพร้อมคนไทยให้มีความพร้อมเป็นผู้สูงอายุที่มีศักยภาพ (Active Aging) เพราะเชื่อว่า “ผู้สูงอายุ” เป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าและสามารถสร้างประโยชน์ให้กับคนรุ่นหลัง ได้อีกมาก (Department of Older Persons, 2019) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาศักยภาพผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น ที่อยู่ในช่วงวัยดังกล่าว ให้มีความสามารถและมีทักษะในการจำหน่ายสินค้าในตลาดออนไลน์ เป็นหนึ่งวัตถุประสงค์การขับเคลื่อนการดำเนินงานหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ จังหวัดนนทบุรี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

2) ผลการศึกษาภูมิปัญญาเพื่อนำมาใช้เป็นฐานสำหรับการต่อยอดเพื่อสร้างคุณค่าหรือมูลค่าทางที่ผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นสนใจ คือ ภูมิปัญญาด้านอุตสาหกรรมและหัตถกรรม เกษตรกรรม และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจากลักษณะของผลิตภัณฑ์ของผู้ประกอบการส่วนใหญ่เป็นอาหาร ซึ่งมีความสนใจในการประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาในการแปรรูปผลิตผลเพื่อชะลอการนำเข้าตลาด เพื่อแก้ปัญหาด้านการบริโภคอย่างปลอดภัย ประหยัดและเป็นธรรม สอดคล้องกับวิสัยทัศน์ ล้มลิ้อชา (Mcot, 2020) ที่กล่าวว่าประเทศไทยมีการส่งออกอาหารเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก และส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ทั้งนี้อุตสาหกรรมอาหาร ถือว่าเป็นอุตสาหกรรมหลักในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจประเทศ ทำให้ประเทศไทยมีความได้เปรียบในด้านการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มอย่างมาก สอดคล้องกับวิรุฬห์ นิลโมจน์ (Nilmoj, 2015) ที่ได้กล่าวว่าการต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่น เป็นการพัฒนาที่เกิดจากการผสมผสานองค์ความรู้สากลบนฐานภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งเป็นภูมิปัญญาเดิมเพื่อเกิดเป็นภูมิปัญญาใหม่ที่เหมาะสมกับยุคสมัย เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ หรือการสร้างสรรคงานใหม่ ๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์ในวงกว้างอีกด้วย

3) ผลการศึกษาความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรคและนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐาน พบว่าผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นมีความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรคและนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐาน ในภาพรวมในระดับมาก โดยมีความต้องการในการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์หรือบริการใหม่ ๆ ในระดับมากที่สุด ซึ่งในปัจจุบันการการแข่งขันทำการตลาดออนไลน์กำลังรุนแรง และมีคู่แข่งเกิดขึ้นใหม่ตลอดเวลา ส่งผลทำให้ผู้ประกอบการจำเป็นต้องรับมือการเปลี่ยนแปลงนี้ ไม่ว่าจะเป็นพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความสร้างสรรค์ โดดเด่น แตกต่าง สอดคล้องกับความต้องการของตลาดหรือลูกค้า งานวิจัยของ อาชีรญาณ์ เผ่าตะใจ (Paotajai, 2020) กล่าวว่า การสร้างมูลค่าเพิ่มสามารถสร้างได้หลายทาง เช่น การสร้างมูลค่าเพิ่มจากการออกแบบบรรจุภัณฑ์ การประชาสัมพันธ์ และการเพิ่มเรื่องเล่าให้กับสินค้านั้น ๆ เช่น แหล่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต ผู้ผลิตหรือผู้ออกแบบ ความเชื่อ และการอ้างอิงประวัติศาสตร์ ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ธรรมดามีคุณค่าหรือมูลค่าเพิ่มขึ้น เพียงแค่เพิ่มความคิดสร้างสรรค์ใส่ไปผลิตภัณฑ์นั้น ๆ นับเป็นเหตุจูงใจให้ลูกค้าสนใจในสินค้า และตัดสินใจซื้อ ดังนั้นทักษะการสร้างสรรคและนวัตกรรม จึงเป็นทักษะสำคัญยิ่งสำหรับผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นที่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาเพื่อให้มีความสามารถในการสร้างสรรค์และคิดเพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่ออกมาในรูปแบบผลงานนวัตกรรม (Tatiana and Solange, 2018)

4) ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเข้าถึงการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อฯ กับความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรคและนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐาน พบว่าผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นที่มีการเข้าถึงการ

เรียนรู้แบบไร้รอยต่อมากขึ้น จะมีความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐานมากขึ้น และความสัมพันธ์ที่พบมีค่าระดับสูง สะท้อนให้เห็นถึงการส่งเสริมศักยภาพผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นในยุค Thailand 4.0 มีความจำเป็นต้องประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเป็นตัวขับเคลื่อน ถึงแม้ว่ากลุ่มผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงผู้ใหญ่ตอนปลาย แต่ก็มีความสามารถในการใช้อุปกรณ์ในการติดต่อสื่อสาร ค้นหาข้อมูล และซื้อสินค้า/บริการ สอดคล้องกับรายงานผลการสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ปี 2565 (Ministry of Digital Economy and Society, 2023) พบว่ากิจกรรมการติดต่อสื่อสารยังพุ่งสูงอย่างต่อเนื่อง รวมถึงจำนวนชั่วโมงการใช้อินเทอร์เน็ตในช่วงวัยดังกล่าวเฉลี่ยอยู่ที่ 8 ชั่วโมง 24 นาที สอดคล้องกับการสอบถามข้อมูลพื้นฐานของผู้ประกอบการท้องถิ่นที่พบว่าระยะเวลาในการเข้าใช้งานอินเทอร์เน็ตอยู่ระหว่าง 6-8 ชั่วโมงต่อวัน โดยโทรศัพท์เคลื่อนที่นับเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตของ Gen X (ร้อยละ 97.32) และ Gen Baby Boomer (ร้อยละ 97.30)

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาความต้องการและความสัมพันธ์ในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐานของผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น สามารถสรุปผลการศึกษาแบ่งเป็น 4 ประเด็น ดังนี้

ประเด็นที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น พบว่าผู้ผลิต ผู้ประกอบการผู้ประกอบการท้องถิ่น เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ส่วนใหญ่อายุอยู่ในช่วงผู้ใหญ่ตอนปลาย (45-64 ปี) จบการศึกษาสูงสุดในระดับปริญญาตรี และส่วนใหญ่เป็นผู้ดำเนินกิจการหรือผู้ผลิตชุมชนที่เป็นเจ้าของรายเดียว พื้นที่ดำเนินงานของผู้ประกอบการฯ 3 อันดับแรกอยู่ที่ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือตามลำดับ ส่วนใหญ่ประกอบกิจการมาแล้ว มากกว่า 10 ปี ขึ้นไป

ประเด็นที่ 2 ภูมิปัญญาที่ผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นมีความต้องการเรียนรู้เพื่อนำมาใช้ต่อยอดหรือสร้างคุณค่าหรือมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ สามอันดับแรก ได้แก่ ภูมิปัญญาด้านอุตสาหกรรมและหัตถกรรม เกษตรกรรม และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ

ประเด็นที่ 3 ผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่นมีความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์หรือบริการใหม่ ๆ มากที่สุด รองลงมา คือ ต้องการเรียนรู้การใช้งานโปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน เช่น การใช้สื่อสังคมออนไลน์ หรือการใช้เทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือบริการใหม่ ๆ และต้องการแหล่งความรู้เพื่อสนับสนุนการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ในการพัฒนาสินค้าหรือบริการ ตามลำดับ

ประเด็นที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างการเข้าถึงการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อฯ กับความต้องการในการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐาน พบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างกันอยู่ในระดับสูง ทั้งด้านความสามารถในการเรียนรู้จากสื่อต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง ความสามารถในการพูดคุยแลกเปลี่ยนเพื่อแบ่งปันความรู้และประสบการณ์ร่วมกันทั้งแบบประสานเวลา และไม่ประสานเวลา ความสามารถในการใช้งานอินเทอร์เน็ตได้ทุกที่ ทุกเวลา ความสามารถในการค้นหาข้อมูลหรือเข้าถึงแหล่งความรู้ต่าง ๆ จากอินเทอร์เน็ตตามที่ต้องการได้ ความสามารถในการนำข้อมูลต่าง ๆ จากสภาพแวดล้อมที่เป็นของจริงมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบออนไลน์ได้ ความสามารถในการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย ทักษะการทำงานได้หลายหลายหน้าที่ รวมถึงความสามารถในการนำความรู้เดิมที่มีมาใช้สร้างสิ่งใหม่ได้ ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่ บริการใหม่ และกระบวนการดำเนินงานใหม่ได้ด้วยตนเอง

ฉะนั้นองค์ความรู้เพื่อนำมาใช้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้ภูมิปัญญาเป็นฐานให้กับกลุ่มผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นวัยผู้ใหญ่ตอนปลาย จำเป็นต้องอาศัยทฤษฎีการเรียนรู้ผู้ใหญ่ มาเป็นพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ โดยกำหนดความรู้ที่เกิดจากความต้องการเรียนรู้ของผู้เรียนวัยผู้ใหญ่ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตได้ทันที เน้นปัญหาเป็นศูนย์กลางเพื่อให้ผู้เรียนวัยผู้ใหญ่สามารถดึงประสบการณ์ชีวิตมาช่วยในการเรียนรู้ โดยใช้เทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถเชื่อมต่อการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อทั้งทางกายภาพและดิจิทัล ที่จะช่วยให้ผู้เรียนวัยผู้ใหญ่สามารถนำข้อมูลหรือปัญหาต่าง ๆ ที่ประสบ/พบเจอในประสบการณ์จริงมาจัดเก็บและนำไปสู่กระบวนการคิดเชิงออกแบบอย่างเป็นระบบ รวมถึงการออกแบบกิจกรรมที่อยู่ในรูปแบบที่หลากหลาย ทั้งการศึกษาด้วยตนเอง การพูดคุยแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่มผู้เรียนกับผู้เชี่ยวชาญ และระหว่างผู้เรียนด้วยกัน ทำให้ผู้เรียนวัยผู้ใหญ่ได้เปิดใจและแบ่งปันประสบการณ์ได้อย่างเต็มที่ เน้นการส่งเสริมการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่หรือต่อยอดจากของเดิมตามแนวคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking Concept) เพื่อตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้า ดังนั้นการนำภูมิปัญญาที่เป็นเอกลักษณ์ของแต่ละชุมชนมาใช้เป็นจุดขาย จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะสร้างความแตกต่างและโดดเด่น ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าหรือมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นต่อไป

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย ขอบพระคุณมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช อธิบดีกรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย ผู้อำนวยการกรมการพัฒนาชุมชน นักวิชาการพัฒนาชุมชน และผู้ผลิต ผู้ประกอบการท้องถิ่น (OTOP) ที่ร่วมในการวิจัยครั้งนี้

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และสมมติฐาน: พัทธนันท์ บุตรบุญ, ธนัทธน์ ธีตรภักดิ์. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: พัทธนันท์ บุตรบุญ, ธนัทธน์ ธีตรภักดิ์. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: พัทธนันท์ บุตรบุญ, ธนัทธน์ ธีตรภักดิ์. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: พัทธนันท์ บุตรบุญ, ธนัทธน์ ธีตรภักดิ์. การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ (manuscript) ผลงานสร้างสรรค์ นวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์: พัทธนันท์ บุตรบุญ, ธนัทธน์ ธีตรภักดิ์.

เอกสารอ้างอิง

- Bacon, E. D., Satienchayakorn, N., & Prakaiborisuth, P. (2021). Integrating seamless learning within a peer-assisted learning center to develop student english academic writing skills. *REFlections*, 28(2), 147-167.
- Brown, T. (2008). *Design Thinking: Harvard Business Review*. Retrieved from: <https://hbr.org/2008/06/design-thinking>.
- Decharin, P. (2014). *Design Thinking "Look at it from a New Angle"*. Retrieved from: <https://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/591915>.
- Department of Older Persons. (2019). *Measures to Drive the National Agenda: Elderly Society (Revised)*. Retrieved from: https://www.dop.go.th/download/knowledge/th1551432930-155_0.pdf
- Division of Research Administration and Educational Quality Assurance. (2016). *Thailand 4.0 Blueprint, a Model for Driving Thailand towards Prosperity, Stability and Sustainability*. Retrieved from: <https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2017/20171114-draeqa-blueprint.pdf>.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175-191.
- Marketingoops. (2019). *3 Weaknesses of "Thai OTOP" with 5 Secrets to Success: 20 Thai Brands, not Inferior to Any Nation in the World*. Retrieved from: <https://www.marketingoops.com/reports/industry-insight/decoding-the-success-of-thai-local-brand/>
- Mcot. (2020). *The Food Industry Group Confirms that Thai People have Enough to Consume*. Retrieved from: <https://tna.mcot.net/tna-399756>.
- Ministry of Digital Economy and Society. (2023). *Thailand Internet User Behavior 2022*. Retrieved from: <https://www.etda.or.th/getattachment/78750426-4a58-4c36-85d3-d1c11c3db1f3/IUB-65-Final.pdf.aspx>.
- National Innovation Agency. (2023). *Revealing the Results of the World Innovation Index Rankings for 2023*. Retrieved from: <https://www.facebook.com/NIAThailand/videos/835238034940560>.
- Nilmoj, W. (2015). *Local Wisdom and Community Science Resources for Lifelong Education*. Professional Experience in Non-formal Education, School of Educational Studies, Sukhothai Thammathirat Open University.
- Office of the National Economic and Social Development Council. (2018). *National Strategy 2018-2037 (abbreviated version)*. Retrieved from: <https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2018/20181015-T-0002.pdf>.
- Office of the Promotion of Local Wisdom and Community Enterprises. (2019). *OTOP Registration Information for the Year 2019*. Retrieved from: <https://cep.cdd.go.th/otop-data>.
- Panich, V. (2012). Ways to create learning for students in the 21st Century. *Walailak Journal of Learning Innovations*, 1(2), 3-14.
- Paotajai, A. (2020). *Create Added Value for Garlic Products that are Safe for Entrepreneues in Chiang Mai*. Master of Business Administration Degree, Faculty of Business Administration, Maejo University.
- Tatiana, P., & Solange, W. (2018). Creativity and innovation: Skills for the 21st Century. *Estudos de Psicologia (Campinas)*, 35(3), 237-246.

ผลของ BAP ร่วมกับการตัดปลายยอดต่อการขยายพันธุ์ฟีโลเดนดรอนในหลอดทดลอง

Effect of BAP Combine with Shoot Tip Cutting on Propagation of Philodendron *In Vitro*นพรัตน์ อินธา^{1*}, มงคล ศิริจันทร์¹ และนุชนาฏ ภักดี¹Nopparat Intha^{1*}, Mongkon Sirijan¹ and Nuchanat Phakdee¹

Received date: 30 เม.ย. 67 Revised date: 18 มิ.ย. 67 Accepted date: 28 ก.ค. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.014>

บทคัดย่อ

ฟีโลเดนดรอน (*Philodendron erubescens*) สายพันธุ์มรกตแดง (Red Emerald) และพื้งค์ปรีนเซส (Pink Princess) เป็นไม้ประดับที่ได้รับความนิยมทั่วโลก เนื่องจากใบมีรูปร่างและสีสันสวยงาม การขยายพันธุ์ด้วยวิธีตัดชำได้จำนวนน้อยจึงไม่เหมาะสำหรับการขยายพันธุ์ในเชิงพาณิชย์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ BAP ร่วมกับการตัดปลายยอดต่อการขยายพันธุ์ฟีโลเดนดรอนมรกตแดงและฟีโลเดนดรอนพื้งค์ปรีนเซสในสภาพปลอดเชื้อ คัดเลือกฟีโลเดนดรอนมรกตแดงและฟีโลเดนดรอนพื้งค์ปรีนเซสที่มีความสูงประมาณ 1 เซนติเมตร นำมาตัดรากออก โดยแต่ละสายพันธุ์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 30 ต้น กลุ่มที่ 1 ต้นที่ไม่ตัดปลายยอด (non-topped explant) และกลุ่มที่ 2 ต้นที่ตัดปลายยอด (topped explant) ออก 1 ข้อ (node) จากนั้น นำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร Murashige and Skoog (MS) ที่เติม 6-Benzylaminopurine (BAP) ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับผงถ่านกัมมันต์ (activated charcoal) อัตรา 1 กรัมต่อลิตร นำไปเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 15 สัปดาห์ ผลการทดลอง พบว่ากรรมวิธีตัดปลายยอดสามารถเพิ่มจำนวนต้นของฟีโลเดนดรอนมรกตแดงและฟีโลเดนดรอนพื้งค์ปรีนเซส ได้มากกว่ากรรมวิธีไม่ตัดปลายยอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หลังจากย้ายออกปลูกมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ทุกกรรมวิธี และสามารถเจริญเป็นพืชที่สมบูรณ์ได้อย่างเป็นปกติ

คำสำคัญ: เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช มรกตแดง พื้งค์ปรีนเซส ออกซิน ไซโตไคนิน

Abstract

Philodendron (*Philodendron erubescens*) ‘Red Emerald’ and ‘Pink Princess’ cultivars are ornamental plants that are popular around the world because of their beautiful leaf shapes and colors. Propagation by cuttings produces a small number of plants, so it is not suitable for commercial propagation. The objective of this research was to study the effect of BAP combine with shoot tip cutting on the propagation of ‘Red Emerald’ and ‘Pink Princess’ Philodendron *in vitro*. ‘Red Emerald’ and ‘Pink Princess’ Philodendrons with a height of about 1 cm were selected, roots were cut, and each species was divided into 2 groups of 30 plants each: 1) explants weren’t cut off the shoot tip (non-topped explant) and 2) explants were cut off the shoot tip which one node (topped explant). Then, the explants were cultured on Murashige and Skoog (MS) medium supplemented with 1 mg/L 6-Benzylaminopurine (BAP) combined with 1 g/L activated charcoal and were cultured for 15 weeks. The results found that the shoot tip cutting method could increase the number of plants of ‘Red Emerald’ and ‘Pink Princess’ Philodendron significantly more than the method without shoot tip at the 95 percent confidence level. After transplanting, the survival rate was as high as 100 percent with every treatment and they could grow into a complete plant normally.

Keywords: plant tissue culture, red emerald, pink princess, auxins, cytokinins

คำนำ

ฟีโลเดนดรอน (*Philodendron erubescens*) เป็นไม้ประดับที่ได้รับความนิยม มีรูปทรงและสีสันสวยงาม สามารถปลูกเป็นไม้กระถางสำหรับการตกแต่งภายในบ้านและปลูกเป็นกลุ่มตกแต่งสวน ฟีโลเดนดรอนที่ได้รับความนิยม ได้แก่ ฟีโลเดนดรอนมรกตแดงใบมีลักษณะรูปทรงคล้ายหัวใจ แผ่นใบด้านบนสีแดงเข้ม ใต้ใบสีแดง ใบแก่สีเขียวอมแดง มีทรงพุ่มขนาดใหญ่กว่าฟีโลเดนดรอนพื้งค์ปรีนเซส (Boonkorkaew et al., 2021) ฟีโลเดนดรอนพื้งค์ปรีนเซสมีลักษณะที่โดดเด่น คือ ใบรูปทรงคล้ายหัวใจ ใบต่างมีสีชมพูอ่อนและใบสีเขียวอมม่วง จัดเป็นฟีโลเดนดรอนที่มีสีสันสดใสและสวยงาม (Chiewchan et al., 2023)

¹ สาขาวิชาเกษตรแม่นยำ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹ Precision Agriculture, Faculty of Agriculture Natural resources and environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000

* Corresponding author: nopparati@nu.ac.th

P. erubescens สามารถขยายพันธุ์ด้วยวิธีตัดชำข้อตา การขยายพันธุ์ด้วยวิธีนี้ได้จำนวนน้อยและเจริญเติบโตช้าเนื่องจากมีข้อตาน้อยและใช้เวลานานเมื่อเทียบกับจำนวนที่ได้ การขยายพันธุ์ด้วยวิธีตัดชำข้อตาจึงไม่เหมาะสมสำหรับพืชชนิดนี้ (Klanrit et al., 2023) อีกทั้งยังไม่เพียงพอหรือเหมาะสำหรับการขยายพันธุ์ในเชิงพาณิชย์

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเทคนิคการขยายพันธุ์ที่ได้จำนวนมากเมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อราและไวรัส (Hartman, 1974; Chiewchan et al., 2023) นักวิจัยเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชศึกษาการขยายพันธุ์พืชโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช (Plant Growth Regulators; PGRs) เพื่อชักนำให้เกิดอวัยวะ (Organogenesis) เช่น ชักนำให้เกิดยอดและรากในสภาพปลอดเชื้อ เป็นต้น ซึ่งพืชตัวอย่างตอบสนองตามระดับความเข้มข้นของ PGRs ในทิศทางแปรผันตาม หรือ แปรผกผันเมื่อสูงถึงระดับหนึ่งแล้ว (Alawaadh et al., 2020) ผู้วิจัยส่วนใหญ่มองข้ามการจัดการตัวอย่างพืชก่อนเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ เช่น การตัดยอด เป็นต้น การตัดยอดพืชเป็นการจัดการกับฮอร์โมนพืชภายใน กล่าวคือ การตัดยอดสามารถลดปริมาณและอิทธิพลของออกซิน ทำให้ไซโตไคนินภายในพืชสามารถกระตุ้นการเกิดตาข้างได้ (Bredmose, 2003) เมื่อผู้วิจัยตัดยอดพืชแล้วนำไปเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ที่เติม PGRs จะสามารถชักนำตาข้างได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ 6-Benzylaminopurine ร่วมกับการตัดยอดต่อการขยายพันธุ์ *Philodendron erubescens* จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พิไลเดนดรอนมรกตแดงและพังก์ปรีนเซสในสภาพปลอดเชื้อ เพื่อเป็นการขยายฐานองค์ความรู้ทางด้านวิชาการและเป็นแนวทางในการขยายพันธุ์พืชในสภาพปลอดเชื้อ ซึ่งจะแสดงให้เห็นอิทธิพลของฮอร์โมนภายในของพืช (endogenous plant hormones) ร่วมกับ PGRs ในกลุ่มไซโตไคนินที่มีต่อการขยายพันธุ์พิไลเดนดรอนในสภาพปลอดเชื้อ

วิธีการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าของ BAP ร่วมกับการตัดปลายยอดต่อการขยายพันธุ์ *Philodendron erubescens* ในหลอดทดลอง นำพืชตัวอย่าง จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พิไลเดนดรอนมรกตแดง (Red Emerald) และพิไลเดนดรอนพังก์ปรีนเซส (Pink Princess) ที่อยู่ในสภาพปลอดเชื้อ มาทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

คัดเลือกพิไลเดนดรอนมรกตแดงและพิไลเดนดรอนพังก์ปรีนเซส ที่มีความสูงจากโคนใบที่ 1 ถึงปลายยอดประมาณ 1 เซนติเมตร นำมาตัดรากออก โดยแต่ละสายพันธุ์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 30 ต้น กลุ่มที่ 1 ต้นที่ไม่ตัดปลายยอด (non-topped explant) (ชุดควบคุม) และกลุ่มที่ 2 ต้นที่ตัดปลายยอด (topped explant) ออก 1 ข้อ จากนั้น นำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และผงถ่านกัมมันต์ (activated charcoal) อัตรา 1 กรัมต่อลิตร นำไปเพาะเลี้ยงในสภาพที่ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน ความเข้มแสง 2,500 ลักซ์ อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส บันทึกจำนวนยอดใหม่ ความสูงยอดใหม่ และจำนวนราก หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 15 สัปดาห์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Independent Simple Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

คัดเลือกพิไลเดนดรอนมรกตแดงและพิไลเดนดรอนพังก์ปรีนเซสที่มีใบและราก สายพันธุ์ละ 20 ต้น นำมาล้างวันออกด้วยน้ำประปาอย่างระมัดระวังและแช่ในสารป้องกันกำจัดเชื้อราเมทาแลกซิล อัตรา 1 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 30 นาที จากนั้น ย้ายลงในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมระหว่างพีทมอส : ดินปลูก อัตราส่วน 1 : 1 รดน้ำให้ชุ่มและคลุมด้วยถุงพลาสติกใส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จำนวนยอด

ผลของ BAP ร่วมกับการตัดปลายยอดต่อจำนวนยอดของพิไลเดนดรอนมรกตแดงในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 15 สัปดาห์ กรรมวิธีไม่ตัดปลายยอด เกิดยอดเฉลี่ยเท่ากับ 2.1 ยอดต่อตัวอย่างพืช และกรรมวิธีตัดปลายยอด เกิดยอดเฉลี่ยเท่ากับ 9.3 ยอดต่อตัวอย่างพืช (Table 1, Figure 1) จำนวนยอดที่เกิดขึ้นจากการทดลองนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ผลของ BAP ร่วมกับการตัดปลายยอดต่อจำนวนยอดของพิไลเดนดรอนพังก์ปรีนเซสในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 15 สัปดาห์ กรรมวิธีไม่ตัดปลายยอด เกิดยอดเฉลี่ยเท่ากับ 4.1 ยอดต่อตัวอย่างพืช และกรรมวิธีตัดปลาย

ยอดเกิดยอดเฉลี่ยเท่ากับ 6.9 ยอดต่อตัวอย่างพืช (Table 1, Figure 2) จำนวนยอดที่เกิดขึ้นจากการทดลองนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

Table 1 Effect of 1 mg/L BAP combined with topping on the growth and development of *Philodendron in vitro*

Treatments		No. of shoot (shoots/explants)	Shoot height (cm)	No. of root (roots/explants)
Red Emerald	Non-topped explant	2.1 ± 1.0	2.23 ± 0.29	3.3 ± 0.2
	Topped explant	9.3 ± 1.9	2.15 ± 0.25	3.8 ± 0.5
	T-test	*	ns	ns
Pink Princess	Non-topped explant	4.1 ± 0.9	1.65 ± 0.38	3.1 ± 0.2
	Topped plans	6.9 ± 1.3	1.48 ± 0.24	3.2 ± 0.6
	T-test	*	ns	ns

Mean ± Standard deviation, *Significant at 0.05 probability levels, ns: non-significant

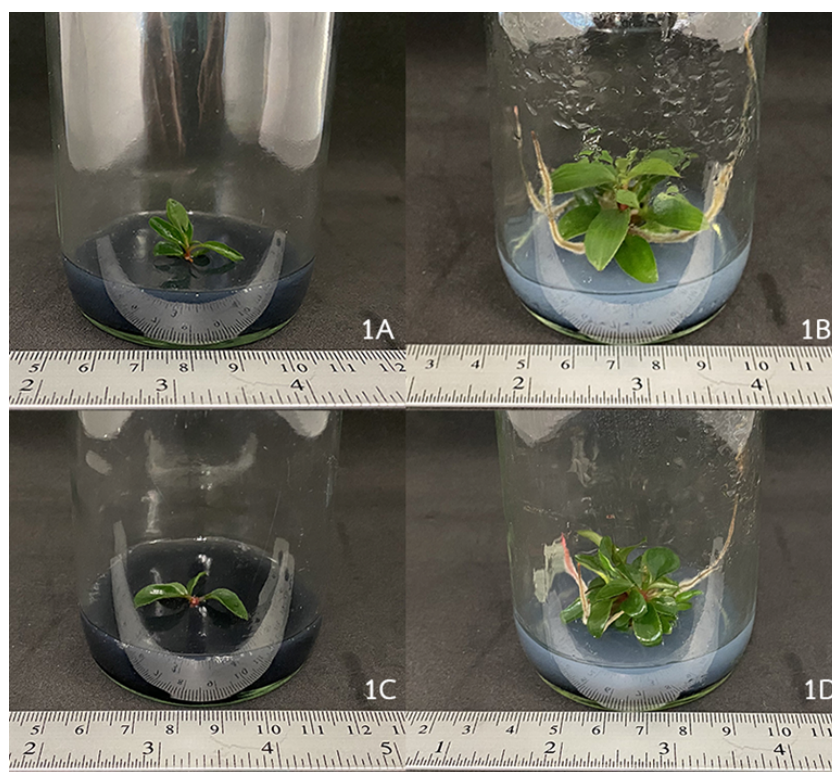


Figure 1 *In vitro* propagation of *Philodendron* Red Emerald: whole plant for 0 week (1A), 15 weeks (1B) after cultured, topped plans for 0 week (1C) and 15 weeks (1D) after cultured

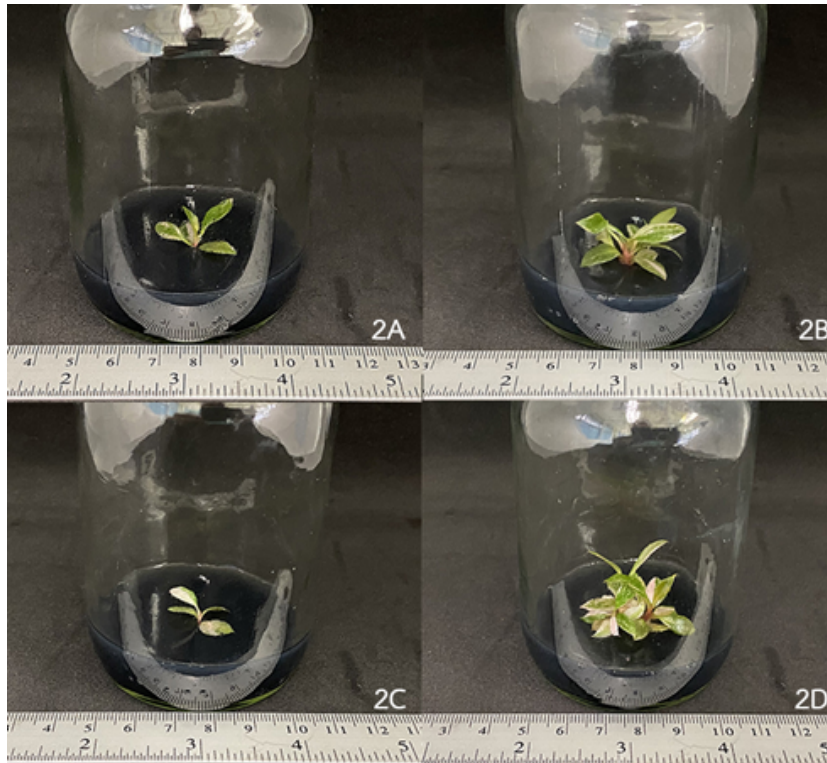


Figure 2 *In vitro* propagation of Pink Princess Philodendron: whole plant for 0 week (2A), 12weeks (2B) after cultured, topped plants for 0 week (2C) and 15 weeks (2D) after cultured

ผลการทดลองแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า พิโลเดนดรอนมรกตแดงและพิโลเดนดรอนฟังก์ปรีนเซสในกรรมวิธีตัดปลายยอดและเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มจำนวนยอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีไม่ตัดปลายยอด เนื่องจากการตัดปลายยอดเป็นการลดอิทธิพลของตายอดที่มีต่อตาข้าง (Campbell et al., 2008) พิโลเดนดรอนที่ไม่ตัดปลายยอดจะสร้างออกซินและลำเลียงลงสู่ด้านล่าง มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของตาข้างและใบข้างไม่ให้เจริญเติบโต และสอดคล้องกับ Klanrit et al. (2023) ที่ชกน่ายอดพิโลเดนดรอนฟังก์ปรีนเซสจาก protocorm-like bodies ด้วยอาหารสังเคราะห์ที่เติม BAP ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักให้เกิดยอดและใบจำนวนมากที่สุด นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Alawaadh et al. (2020) ที่ใช้ BAP ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการชักนำให้เกิดยอดของ พิโลเดนดรอนใบมะละกอ (*Philodendron bipinnatifidum*) ได้ดีที่สุด

ออกซินและไซโตไคนินจัดเป็นฮอร์โมนพืชที่มีอิทธิพลมากที่สุด มีบทบาทในการควบคุมการเจริญเติบโตและกระบวนการพัฒนาพืช (Hussain et al., 2021) ในขณะนี้ปัจจุบันนักวิจัยมักให้ความสำคัญกับการใช้ PGRs มากกว่าการจัดการกับตัวอย่าง เช่น ตัดปลายยอด เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอผลของ BAP ร่วมการตัดปลายยอด ซึ่งสามารถเพิ่มจำนวนยอดพิโลเดนดรอนมรกตแดงและพิโลเดนดรอนฟังก์ปรีนเซสในสภาพปลอดเชื้อได้อย่างมีนัยสำคัญ และชี้ให้เห็นอิทธิพลของฮอร์โมนภายในพืช (endogenous plant hormones) อย่างชัดเจน

ความสูงของยอด

ผลของ BAP ร่วมกับการตัดปลายยอดต่อความสูงของพิโลเดนดรอนมรกตแดงในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 15 สัปดาห์ กรรมวิธีไม่ตัดปลายยอดมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 2.23 เซนติเมตร และกรรมวิธีตัดปลายยอดมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 2.15 เซนติเมตร (Table 1, Figure 1) ความสูงที่เกิดขึ้นจากการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของ BAP ร่วมกับการตัดปลายยอดต่อความสูงของพิโลเดนดรอนฟังก์ปรีนเซสในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 15 สัปดาห์ กรรมวิธีไม่ตัดปลายยอดมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 1.65 เซนติเมตร และกรรมวิธีตัดปลายยอดมี

ความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 1.48 เซนติเมตร (Table 1, Figure 2) ความสูงที่เกิดขึ้นจากการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความสูงของฟีโลเดนดรอนมรกตแดงและฟีโลเดนดรอนพังก์ปรีนเซส กรรมวิธีไม่ตัดปลายยอดมีความสูงมากกว่ากรรมวิธีตัดปลายยอดเล็กน้อย แต่มีจำนวนยอดน้อยกว่าจึงส่งผลให้มียอดขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม หากต้องการให้มีความสูงเพิ่มขึ้นสามารถใช้กรดจิบเบอเรลลิก (gibberellic acids) ชักนำการยืดยาวของปล้องได้ (Pazuki et al., 2019) แต่ทั้งนี้ควรคำนึงถึงขั้นตอนการย้ายออกปลูก ฟีโลเดนดรอนที่มีสูงมากจะหักล้มได้ง่ายกว่าต้นที่เตี้ยกว่า ดังนั้น การขยายพันธุ์ฟีโลเดนดรอนจึงควรมุ่งเน้นให้ได้ต้นใหม่จำนวนต้นมากและไม่จำเป็นต้องชักนำความสูง

จำนวนราก

ผลของ BAP ร่วมกับการตัดปลายยอดต่อจำนวนรากของฟีโลเดนดรอนมรกตแดงในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 15 สัปดาห์ กรรมวิธีไม่ตัดปลายยอดมีจำนวนรากเฉลี่ยเท่ากับ 3.3 รากต่อตัวอย่างพืช และกรรมวิธีตัดปลายยอดมีจำนวนรากเฉลี่ยเท่ากับ 3.8 รากต่อตัวอย่างพืช (Table 1, Figure 3) จำนวนรากที่เกิดขึ้นจากการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของ BAP ร่วมกับการตัดปลายยอดต่อจำนวนรากของฟีโลเดนดรอนพังก์ปรีนเซสในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 15 สัปดาห์ กรรมวิธีไม่ตัดปลายยอดมีจำนวนรากเฉลี่ยเท่ากับ 3.1 รากต่อตัวอย่างพืช และกรรมวิธีตัดปลายยอดมีจำนวนรากเฉลี่ยเท่ากับ 3.2 รากต่อตัวอย่างพืช (Table 1) จำนวนรากที่เกิดขึ้นจากการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รากของฟีโลเดนดรอนมรกตแดงและฟีโลเดนดรอนพังก์ปรีนเซส สามารถเกิดขึ้นได้เองโดยอาศัยฮอร์โมนออกซินที่พืชสังเคราะห์ขึ้นเองจากยอด (Bowers & Zhao, 2006) จึงพบว่าฟีโลเดนดรอนมรกตแดงและฟีโลเดนดรอนพังก์ปรีนเซสสามารถเกิดรากได้เอง สอดคล้องกับ Tudses et al. (2019) ที่เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยหินบนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เกิดต้นใหม่เท่ากับ 41.67 เปอร์เซ็นต์ และรากเท่ากับ 16.67 เปอร์เซ็นต์ สามารถเกิดรากได้โดยไม่ต้องเติมออกซิน ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องชักนำรากโดยอาศัยออกซินจากภายนอก ถ้าหากต้องการรากจำนวนมากก็สามารถชักนำรากด้วย 1-Naphthalene acetic acid (NAA) (Alawaadh et al., 2020) อย่างไรก็ตามจากการทดลอง พบว่า ฟีโลเดนดรอนมรกตแดงและฟีโลเดนดรอนพังก์ปรีนเซสที่มีรากเพียง 1 ราก ก็สามารถย้ายออกปลูกและสามารถเจริญเติบโตได้อย่างเป็นปกติ

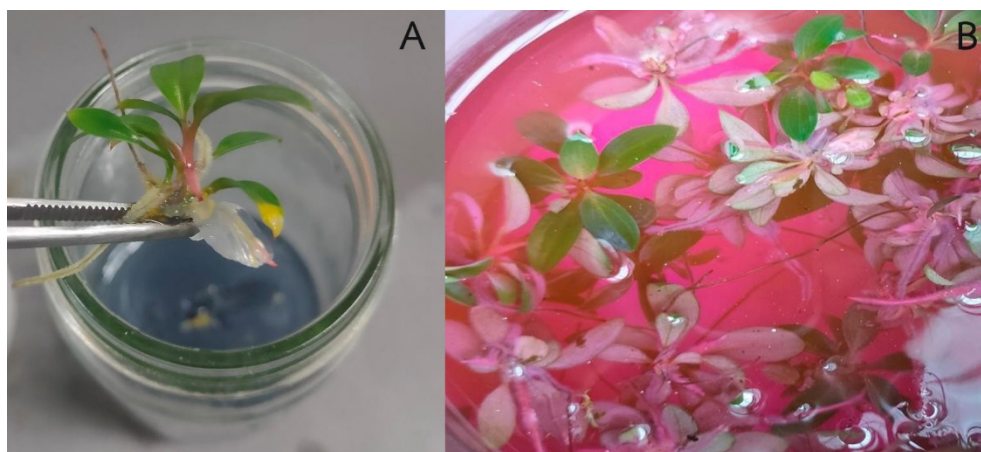


Figure 3 Philodendron ‘Red Emerald’ after cultured on MS medium supplemented with 1 mg/L BAP for 15 weeks (A) and soaked in 1 g/L metalaxyl before transplanting

เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต

ผลการย้ายฟีโลเดนดรอนมรกตแดง (Figure 4) ฟีโลเดนดรอนพังก์ปรีนเซส (Figure 5) จากกรรมวิธีไม่ตัดปลายยอดและตัดปลายยอดจากสภาพปลอดเชื้อออกปลูกในสภาพโรงเรือนอนุบาล โดยใช้วัสดุปลูกผสมระหว่างพีทมอส : ดินปลูก อัตราส่วน 1 : 1 หลังจากย้ายปลูกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตที่เป็นปกติทั้งกรรมวิธีที่ไม่ตัดยอดและปลายยอด



Figure 4. Philodendron 'Red Emerald' four weeks after transplantation



Figure 5 Philodendron 'Pink Princess' four weeks after transplantation

สรุปผลการศึกษา

ผลของ BAP เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการตัดยอดต่อการขยายพันธุ์ *Philodendron erubescens* จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ฟิโลเดนดรอนมรกตแดงและฟิงค์ปรีนเซสในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า สามารถเพิ่มจำนวนยอดของฟิโลเดนดรอนมรกตแดงและฟิโลเดนดรอนฟิงค์ปรีนเซสได้มากกว่า BAP เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการไม่ตัดยอด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และสามารถย้ายออกปลูกลงเจริญเป็นพืชที่สมบูรณ์ได้

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนครุภัณฑ์ และสถานที่ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม ออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการวิจัย เก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและเขียนต้นฉบับ: นพรัตน์ อินตา. มีส่วนร่วมในการปฏิบัติการวิจัย เก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและเขียนต้นฉบับ: มงคล ศิริจันทร์, นุชนาฏ ภัคดี.

เอกสารอ้างอิง

- Alawaadh, A. A., Dewir, Y. H., Alwihibi, M. S., Aldubai, A. A., El-Hendawy, S., & Naidoo, Y. (2020). Micropropagation of lacy tree *Philodendron* (*Philodendron bipinnatifidum* Schott ex Endl.). **HortScience**, 55(3), 294-299.
- Boonkorkaew, P., Minakanit, A., Thanomjit, K., Pitchakam, K., Jaruwatthanaphan, T., Bunchai, D., Tribun, P., Jenjittikul, T., Payuyong, S., & Muangkaew, N. (2021). **Digital Agriculture**. Retrieved from: <https://www.addrun.org/>. (in Thai).
- Bowers, A. K., & Zhao, Y. (2006). Chapter eleven - Recent advances in auxin biosynthesis and conjugation. **Recent Advances in Phytochemistry**, 40(1), 271-285.
- Bredmose, N. (2003). Growth regulations | Axillary bud growth. **Encyclopedia of Rose Science**, 2003(1), 374-381.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2008). **Biology**. 8th Ed. Pearson Benjamin Cummings.
- Chiewchan, N., Saetiew, K., & Teerarak, M. (2023). The effect of BA on inducing shoots of *Philodendron erubescens* 'Pink Princes' *in vitro*. **International Journal of Agricultural Technology**, 19(6), 2385-2398.
- Hartman, R. D. (1974). Dasheen mosaic virus and other phytopathogens eliminated from caladium, taro, and cocoyam by culture of shoot tips. **Phytopathology**, 64(3), 237-240.
- Hussain, S., Nanda, S., Zhang, J., Rehmani, M. I. A., Suleman, M., Li, G., & Hou, H. (2021). Auxin and Cytokinin Interplay during Leaf Morphogenesis and Phyllotaxy. **Plants**, 10(8), 1732.
- Klanrit, P., Kitwetcharoen, H., Thanonkeo, P., & Thanonkeo, S. (2023). *In vitro* propagation of *Philodendron erubescens* 'Pink Princess' and *ex vitro* acclimatization of the plantlets. **Horticulturae**, 9(6), 688.
- Pazuki, A., Aflaki, F., Yücesan, B., & Gürel, S. (2019). Effects of cytokinins, gibberellic acid 3, and gibberellic acid 4/7 on *in vitro* growth, morphological traits, and content of steviol glycosides in *Stevia rebaudiana*. **Plant Physiology and Biochemistry**, 137(1), 154-161.
- Tudsas, N., Phungbunhan, K., & Audta, L. (2019). Effects of BA and NAA on growth and development of *Musa sapientum* (ABB group) cv Kluai Hin *in vitro* and effects of substrate on growth *in vivo*. **King Mongkut's Agricultural Journal**, 37(2), 262-273.

การส่งเสริมการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี สำหรับพืชอาหารของเกษตรกรในอำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี

Extension for Off-season Longan Production according to Good Agricultural Practice for Food Crop of Farmers in Pong Nam Ron District, Chanthaburi Province

มนตรี สุวะเพชร¹, พัทธราวี ศรีบุญเรือง^{1*} และสุพัตรา ศรีสุวรรณ¹

Montree Suwapech¹, Patcharavadee Sriboonruang^{1*}, and Supattra Srisuwan¹

Received date: 18 มิ.ย. 67 Revised date: 29 ก.ค. 67 Accepted date: 30 ก.ค. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.015>

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ และปัจจัยด้านสังคม 2) ความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร 3) การผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร 4) ปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร 5) ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดู กับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ เกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้ปลูกลำไย ปี 2565 อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี จำนวน 373 คน โดยใช้แบบสัมภาษณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผลการศึกษาสรุปได้ว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 46.00 ปี จำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4.00 คน มีระดับการศึกษาประถมศึกษา มีพื้นที่ปลูกลำไยนอกฤดูเฉลี่ย 21.00 ไร่ มีรายได้จากการเกษตรเฉลี่ย 623,030.56 บาท/ปี ต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 209,195.63 บาท/ปี ส่วนใหญ่ไม่มีตำแหน่งทางสังคม เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหารอยู่ในระดับมาก โดยมีระดับคะแนนความรู้ (17 - 25) ร้อยละ 70.24 มีการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร อยู่ในระดับการปฏิบัติมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 2.43 และพบว่าความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูมีความสัมพันธ์กับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 โดยพบปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการส่งเสริมการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ย 1.74

คำสำคัญ: มาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร การส่งเสริม ลำไยนอกฤดู จันทบุรี

Abstract

The objectives of this research were to study: 1) personal factors socio-economic factors, 2) knowledge about the off-season longan production according to good agricultural practices for food crop, 3) off-season longan production according to good agricultural practices for food crop, 4) problems and suggestions about off-season longan production according to good agricultural practices for food crop, and 5) relationship between knowledge about the off-season longan production and off-season longan production according to good agricultural practices for food crop. The sample used in the research were 373 longan growers in Pong Nam Ron District Chanthaburi Province using interview forms as a tool for data collection. The results of the study concluded that most of the farmers were female, with an average age of 46.00 years and education level in primary school, the average number of household members was 4.00 people, the average longan planting area was 21.00 rai, the average income was 623,030.56 baht per year, and the average expense was 209,195.63 baht per year. The majority of samples were not community leaders. Farmers had knowledge about off-season Longan production according to good agricultural practices for food crop at a high level with an average knowledge level (17 - 25), which accounted to 70.24 percentage. Off-season longan production according to good agricultural practices for food crop was at a high level with an average level of 2.43. It was found that knowledge about off-season longan production was significantly related to off-season longan production according to good agricultural practices for food crop at the 0.01 level. The problems encountered and suggestions for off-season longan

¹ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

¹ Department of Agricultural Extension and Communication, Kasetsart University, Lat Yao District, Bangkok 10900

* Corresponding author: fagrpds@ku.ac.th

production according to good agricultural practices for food crop were found to be at moderate level with an average level of 1.74

Keywords: good agricultural practices for food crops, extension, off-season longan, Chanthaburi

คำนำ

ลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยที่มีการส่งไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศในรูปของผลสดและผลอบแห้งเป็นจำนวนมาก โดยในปี 2565 พบว่า ประเทศไทยมีปริมาณผลผลิตลำไย 1,687,179 ตัน มีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 25,849.97 ล้านบาท (Office of Agricultural Economics, 2022a) พื้นที่ปลูกลำไยรวมทั้งประเทศ 1,738,506 ไร่ โดยส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือของไทย มีพื้นที่ปลูกลำไยทั้งหมด 1,310,823 ไร่ และภาคตะวันออกมีพื้นที่ปลูกลำไยทั้งหมด 391,182 ไร่ แหล่งปลูกลำไยมากที่สุดในภาคตะวันออก คือ จังหวัดจันทบุรี มีพื้นที่ปลูกทั้งหมด 285,699 ไร่ (Office of Agricultural Economics, 2022b) โดยมีพื้นที่ปลูกมากในอำเภอโป่งน้ำร้อน และอำเภอสอยดาว (Department of Agricultural Extension, 2022) ซึ่งเป็นการผลิตลำไยนอกฤดูเป็นส่วนใหญ่

ลำไยเป็นไม้ผลที่ต้องการอุณหภูมิต่ำระดับหนึ่งเพื่อกระตุ้นให้เกิดดอกมักจะออกดอกติดผลมากและน้อยเว้นปี หรือเว้นสองปี ขึ้นอยู่กับอายุและความสมบูรณ์ของต้น ตลอดจนการจัดการสวนของเกษตรกร ซึ่งในอดีตพบว่าการปลูกลำไยมักประสบปัญหาในการให้ผลผลิต เนื่องจากการออกดอกติดผลในแต่ละปีมีปริมาณที่ไม่แน่นอนแต่หลังจากค้นพบว่าสารโพแทสเซียมคอลเลตสามารถชักนำให้ออกดอกได้ทั้งในและนอกฤดูกาลผลิต จึงทำให้เกษตรกรตื่นตัวและปลูกลำไยแพร่หลายมากขึ้น (Department of Agriculture, 2008) ส่งผลให้ในปัจจุบันเกษตรกรสามารถควบคุมให้ลำไยออกผลผลิตนอกฤดูได้อย่างเหมาะสมเพื่อแก้ไขปัญหาลำไยล้นตลาดในช่วงฤดูปกติ และให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ซึ่งเป็นที่นิยมของเกษตรกรผู้ปลูกลำไยนอกฤดูในภาคตะวันออกที่จะผลิตเพื่อการส่งออกเป็นหลัก โดยประเทศผู้นำเข้าที่สำคัญ ได้แก่ สาธารณรัฐประชาชนจีน สาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม และสาธารณรัฐอินโดนีเซีย (Office of Agricultural Economics, 2019) ซึ่งในการส่งออกจะต้องปฏิบัติตามกฎระเบียบข้อบังคับของการส่งออกไม้ผลไปยังต่างประเทศอย่างเข้มงวด โดยเฉพาะผลผลิตต้องมาจากแหล่งผลิตที่ผ่านการตรวจสอบรับรองแหล่งผลิตพืชตามมาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร Good Agricultural Practices for Food Crops (GAP) มกษ. 9001 - 2564 ตามข้อกำหนดทั้ง 8 ด้าน (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2021) เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพแสดงถึงความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ตัวเกษตรกร และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทำให้เกษตรกรได้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุน แต่ในปัจจุบันพบว่าเกษตรกรจำนวนไม่น้อยยังมีการปฏิบัติที่ไม่เหมาะสมโดยเฉพาะตามหลักวิชาการ และไม่ครอบคลุมตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร ทำให้ผลผลิตลำไยนอกฤดูไม่ได้คุณภาพ ส่งผลให้ราคาผลผลิตตกต่ำและต้นทุนการผลิตของเกษตรกรเพิ่มขึ้นเกินความจำเป็นอีกด้วย

จากสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้นจึงเป็นที่มาของการศึกษาการส่งเสริมการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงให้ผลผลิตมีคุณภาพและปริมาณต่อหน่วยพื้นที่ที่สูงขึ้น และสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ มีการลดต้นทุนในกระบวนการผลิต ตลอดจนการสร้างเครือข่ายการผลิตและการตลาดลำไยในพื้นที่ตามนโยบายของทางภาครัฐ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรว่าเป็นอย่างไร มีความเข้าใจหลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหารมากน้อยเพียงใด ตลอดจนเกษตรกรมีปัญหาและข้อเสนอแนะในการผลิตลำไยตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหารเป็นอย่างไร เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการวางแผนทางการส่งเสริมการผลิตลำไยนอกฤดูให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหารที่ได้มีการส่งเสริมในพื้นที่ให้ประสบความสำเร็จและมีการยอมรับของเกษตรกรผู้ปลูกลำไยนอกฤดูมากยิ่งขึ้นต่อไป

วิธีการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษครั้งนี้ คือ เกษตรกรผู้ปลูกลำไยในอำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี ตามระบบบันทึกข้อมูลการขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้ปลูกลำไย ปี 2565 จำนวน 5,476 ราย (Department of Agricultural Extension, 2022) โดยหาขนาดกลุ่มตัวอย่างแบบสัดส่วนและสุ่มตัวอย่างของเกษตรกร โดยใช้สูตรของ Yamane (Yamane, 1973) ที่ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้เท่ากับ 0.05 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา เท่ากับ 373 ราย จำแนกเป็นเกษตรกรในตำบลทับไทร 60 ราย ตำบลโป่งน้ำร้อน 82 ราย ตำบลหนองตาคง 118 ราย ตำบลเทพนิมิต 52 ราย และตำบลคลองใหญ่ 61 ราย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสัมภาษณ์ปลายปิดและปลายเปิด จำนวน 4 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยทางเศรษฐกิจ และปัจจัยทางสังคม ตอนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร ตอนที่ 3 การผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร ตอนที่ 4 ปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร ทั้งนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือนมกราคม 2567 - มีนาคม พ.ศ. 2567

การทดสอบเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ จากนั้นทำการทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) โดยนำแบบสอบถามไปทดสอบ (Try out) กับตัวแทนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 ตัวอย่าง และวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรของ KR-20 ตามแบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson reliability coefficient) สำหรับความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร ได้เท่ากับ 0.75 และวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha reliability coefficient) สำหรับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร ได้เท่ากับ 0.78 ปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร ได้เท่ากับ 0.83

การแปลความหมายของความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูตามการปฏิบัติทางเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร กำหนดการวัดแบบอันตรภาคชั้น (Interval scale) (Niyamangkul, 2013) ซึ่งสามารถแบ่งระดับความรู้ของเกษตรกร จากข้อคำถามทั้งหมด 25 ข้อ ดังนี้ ช่วงคะแนน 17 - 25 หมายถึง มีความรู้ในระดับมาก ช่วงคะแนน 9 -16 หมายถึง มีความรู้ในระดับปานกลาง ช่วงคะแนน 0 - 8 หมายถึง มีความรู้ในระดับน้อย

การแปลความหมายของการผลิตลำไยนอกฤดูตามการปฏิบัติทางเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร กำหนดการวัดแบบอันตรภาคชั้น (Interval scale) (Niyamangkul, 2013) ซึ่งสามารถแบ่งระดับการปฏิบัติของเกษตรกรจากข้อคำถามทั้งหมด 30 ข้อ โดยหากเกษตรกรปฏิบัติทุกครั้งได้ 3 คะแนน ปฏิบัติบางครั้งได้ 2 คะแนน ปฏิบัติน้อยได้ 1 คะแนน โดยมีช่วงคะแนนเฉลี่ย ดังนี้ คะแนนเฉลี่ย 2.35 - 3.00 หมายถึง มีการปฏิบัติมาก คะแนนเฉลี่ย 1.68 - 2.34 หมายถึง มีการปฏิบัติบางครั้ง คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.67 หมายถึง มีการปฏิบัติน้อย

การแปลความหมายของปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการส่งเสริมการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร กำหนดการวัดแบบอันตรภาคชั้น (Interval scale) (Niyamangkul, 2013) ซึ่งสามารถแบ่งความรุนแรงของปัญหาจากข้อคำถามทั้งหมด 23 ข้อ โดยหากเกษตรกรมีระดับความรุนแรงของปัญหามาก 3 คะแนน ระดับความรุนแรงของปัญหามานกลาง 2 คะแนน ระดับความรุนแรงของปัญหาน้อย 1 คะแนน โดยมีช่วงคะแนนเฉลี่ย ดังนี้ คะแนนเฉลี่ย 2.35 - 3.00 หมายถึง มีระดับความรุนแรงของปัญหามาก คะแนนเฉลี่ย 1.68 - 2.34 หมายถึง มีระดับความรุนแรงของปัญหามานกลาง คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.67 หมายถึง มีระดับความรุนแรงของปัญหาน้อย

การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 1) การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) ของปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคม ความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดู การผลิตลำไยนอกฤดู และปัญหาเกี่ยวกับการส่งเสริมการผลิตลำไยนอกฤดู ตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร ประกอบด้วย ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Arithmetic mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ค่าต่ำสุด (Minimum) และค่าสูงสุด (Maximum) 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดู กับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร โดยใช้ค่าสถิติไคสแควร์ (Chi-square) กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ และปัจจัยด้านสังคม

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 46.00 ปี ในครอบครัวมีสมาชิกเฉลี่ย 4.00 คน เกษตรกรส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษา และมีประสบการณ์ด้านการทำสวนลำไยนอกฤดูเฉลี่ย 14.07 ปี เนื่องจากเกษตรกรในพื้นที่เป็นผู้สูงอายุที่มีประสบการณ์และความชำนาญในการผลิตลำไยนอกฤดู และผู้หญิงส่วนใหญ่จะเป็นผู้วางแผนการจัดการสวน เรื่องงานเอกสารหรือการเข้าร่วมประชุมกับหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง สอดคล้องกับการศึกษาของ Kunmai (2019) เรื่อง ความต้องการการส่งเสริมการผลิตลำไยตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในอำเภอวังเจ้า จังหวัดตาก พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 52.17 ปี จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3.86 คน และมีประสบการณ์การปลูกลำไยเฉลี่ย 13.32 ปี

ปัจจัยด้านเศรษฐกิจของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรปลูกลำไยนอกฤดูสายพันธุ์อีตอ ต้นลำไยมีอายุเฉลี่ย 22.00 ปี ส่วนใหญ่ ราวสารพัดเทศเฉียงมคธเรตในช่วงเดือนมีนาคม มีพื้นที่ปลูกลำไยนอกฤดูเฉลี่ย 21.00 ไร่ มีการถือครองที่ดินแบบเจ้าของพื้นที่ ลักษณะดินที่ใช้ปลูกลำไยเป็นดินร่วนดำ โดยแหล่งเงินทุนในการทำลำไยนอกฤดู คือ ทำสัญญาซื้อ-ขายล่วงหน้ากับโรงคัดบรรจุ (ล้าง) เกษตรกรมีปริมาณผลผลิตลำไยนอกฤดูเฉลี่ย 25,834.85 กิโลกรัม/ปี ซึ่งมีรายจ่ายในการทำสวนลำไยนอกฤดู ประกอบด้วย ค่าปุ๋ยเฉลี่ย 55,128.15 บาท/ ปี ค่าสารกำจัดศัตรูพืชเฉลี่ย 61,638.07 บาท/ ปี ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำสวนลำไยนอกฤดูเฉลี่ย 21,660.63 บาท/ปี ค่าสารพัดเทศเฉียงมคธเรตเฉลี่ย 19,740.48 บาท/ปี และค่าจ้างแรงงานเฉลี่ย 51,028.30 บาท/ปี รายได้ ของครัวเรือน ประกอบด้วย รายได้ในภาคการเกษตรเฉลี่ย 623,030.56 บาท/ ปี และรายได้นอกภาคการเกษตรเฉลี่ย 111,923.07 บาท/ ปี มีแรงงานในการผลิตลำไยนอกฤดู ประกอบด้วย แรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2.00 คน แรงงานจ้างประจำเฉลี่ย 3.00 คน และ แรงงานจ้างชั่วคราวเฉลี่ย 2.50 คน ซึ่งจากผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมราวสารพัดเทศเฉียงมคธเรตในช่วงเดือน มีนาคม เนื่องจากการผลิตลำไยนอกฤดูจะใช้เวลาตั้งแต่ราวสารจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตประมาณ 6 เดือน ซึ่งจะสามารถเก็บเกี่ยว ผลผลิตได้ในช่วงเดือนกันยายน เนื่องจากเป็นช่วงที่โรงคัดบรรจุเริ่มเปิดรับซื้อผลผลิตทำให้เกษตรกรจำหน่ายได้ในราคาสูง อีกทั้ง ในการผลิตลำไยนอกฤดูมักจะใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช และสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชบ่อยครั้งเมื่อเทียบกับการผลิต ลำไยในฤดู (Jaitae, 2021) จึงทำให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ประกอบกับปัจจุบันราคาสารเคมีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เกษตรกรส่วนใหญ่จึงมีการทำสัญญาซื้อ-ขายผลผลิตล่วงหน้ากับโรงคัดบรรจุ เพื่อนำเงินทุนมาซื้อปัจจัยการผลิต และนำผลผลิต ที่ได้มาจำหน่ายให้กับโรงคัดบรรจุดังกล่าว สอดคล้องกับการศึกษาของ Kunmai (2019) ศึกษาความต้องการการส่งเสริมการผลิต ลำไยตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในอำเภอวังเจ้า จังหวัดตาก พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกลำไยมีแรงงานในครัวเรือน เฉลี่ย 2.47 คน พื้นที่ปลูกลำไยเฉลี่ย 9.64 ไร่ ปริมาณผลผลิตลำไยเฉลี่ย 1.36 ตัน/ไร่ ต้นทุนการผลิตลำไยเฉลี่ย 17,128.94 บาท/ไร่ รายได้จากผลผลิตลำไยเฉลี่ย 31,437.25บาท/ไร่ และร้อยละ 80.60 ใช้แหล่งทุนตนเองและกู้ยืม

ปัจจัยด้านสังคมของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีตำแหน่งทางสังคม มีการเข้าร่วมนโยบายทางภาครัฐโดย การขึ้นทะเบียนเกษตรกร และในรอบ 3 ปีเคยเข้ารับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการเกษตรด้านอื่นๆ เฉลี่ย 1.53 ครั้ง/ปี และเคยได้รับการ ฝึกอบรมเกี่ยวกับการทำสวนลำไยนอกฤดู เฉลี่ย 1.53 ครั้ง/ปี ซึ่งเกษตรกรได้รับมาตรฐานด้านการเกษตร คือ มาตรฐาน การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร (GAP) และมีการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูจากสื่อบุคคล คือ นักส่งเสริมการเกษตร สื่อมวลชนจากทางวิทยุ สื่อกิจกรรมจากการประชุม และสื่อออนไลน์ จาก Facebook โดยเกษตรกร ส่วนใหญ่เคยติดต่อเจ้าหน้าที่ภาครัฐ จำนวนเฉลี่ย 1.66 ครั้ง/ปี และส่วนใหญ่ไม่เคยติดต่อเจ้าหน้าที่ภาคเอกชน ซึ่งจากผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรเข้าร่วมฝึกอบรมเกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูในแต่ละปีไม่มากนัก ทำให้เกษตรกรขาดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ด้านประสบการณ์ ด้านวิชาการ และการใช้เทคโนโลยีในการผลิตสมัยใหม่ รวมถึงขาดการติดตามประเมินผลจากเจ้าหน้าที่ อย่างสม่ำเสมอ และยังไม่สามารถดำเนินกิจกรรมในรูปแบบกลุ่มซึ่งจะเป็นประโยชน์ในด้านการผลิตและการตลาดกับเกษตรกรได้ อีกทั้งเกษตรกรมีช่องทางการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูผ่านสื่อต่าง ๆ ค่อนข้างน้อยจึงควรประชาสัมพันธ์และเพิ่ม ช่องทางการรับรู้ข่าวสารผ่านสื่อต่าง ๆ ทั้งออนไลน์และออฟไลน์ให้มากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Chindawanichsakul (2018) ศึกษาแนวทางการส่งเสริมการเกษตรแปลงใหญ่ในการผลิตลำไยนอกฤดู จังหวัดสระแก้ว พบว่า เกษตรกรทุกคนได้รับการฝึกอบรม และได้รับรู้ข่าวสารจากเกษตรตำบลในระดับมาก และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Thammakhunkaew et al. (2022) ศึกษา ปัจจัยต่อการนำเทคโนโลยีการปลูกลำไยแปลงใหญ่ไปปฏิบัติของเกษตรกรในอำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน พบว่า เกษตรกรที่ได้รับ ข่าวสารหลากหลายช่องทาง จะสามารถนำเทคโนโลยีไปปฏิบัติในการผลิตลำไยมากกว่าเกษตรกรที่ได้รับข่าวสารเพียงช่องทางเดียว

ความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร

ความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร จำแนกตามรายชื่อ พบว่า เกษตรกรมีความรู้ในภาพรวมอยู่ระดับมาก ($\bar{X} = 0.72$) โดยเรียงลำดับความรู้ที่เกษตรกรมีมากที่สุด 5 อันดับ คือ หากพบว่าผลผลิต มีการปนเปื้อน ให้สืบหาสาเหตุ หาแนวทางแก้ปัญหา มีมาตรการป้องกันไม่ให้เกิดซ้ำและให้มีการบันทึกข้อมูล ($\bar{X} = 1.00$) ห้ามใช้ หรือมีไว้ในครอบครองซึ่งวัตถุอันตรายของทางการเกษตรที่ห้ามผลิต นำเข้า ส่งออกหรือมีไว้ในครอบครองตามพระราชบัญญัติ วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม ($\bar{X} = 0.99$) ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้ความเข้าใจ หรือได้รับการฝึกอบรมสุลักษณะ ส่วนบุคคลตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร เพื่อสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกสุลักษณะ ($\bar{X} = 0.99$) เก็บเกี่ยวผลผลิตที่มีอายุเก็บเกี่ยวเหมาะสมโดยใช้เครื่องมือหรือวิธีการเฉพาะ และขนส่งผลผลิตด้วยความระมัดระวังนำไปยังจุด รวบรวมสินค้าทันทีหลังการตัดแต่งคัดคุณภาพ หรือคัดขนาดแล้ว ($\bar{X} = 0.98$) และเกษตรกรตอบถูกได้น้อยที่สุดใน 2 ประเด็น คือ ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับวัตถุอันตรายทางการเกษตรไม่ควรได้รับการตรวจสอบประจำปี ($\bar{X} = 0.09$) การให้น้ำในปริมาณที่เท่ากัน ในทุก ๆ ครั้งตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้น ($\bar{X} = 0.27$) ซึ่งผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรยังขาดความรู้และความเข้าใจด้าน

การบริหารจัดการน้ำหรือมีการให้น้ำตามความเคยชิน ซึ่งเป็นการให้น้ำที่ไม่มีประสิทธิภาพและเกินความจำเป็น สอดคล้องกับการศึกษาของ Nukpook (2013) ศึกษาทดสอบและพัฒนาระบบการจัดการน้ำในสวนลำไย พบว่า แปลงทดลองที่ได้รับน้ำที่ถี่เกินไปหรือการขาดน้ำทำให้มีการเจริญเติบโตต่ำกว่าแปลงที่ได้รับน้ำในปริมาณที่เหมาะสม แสดงว่าการให้น้ำควรให้ในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของลำไยและความสามารถของดินที่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้ตามสภาพของดินในแต่ละแปลง อีกทั้งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kunmai (2019) เรื่องความต้องการการส่งเสริมการผลิตลำไยตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในอำเภอวังเจ้า จังหวัดตาก พบว่า เกษตรกรมีความรู้ในการผลิตลำไยตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีในระดับมาก โดยเกษตรกรมีความรู้ที่น้อยที่สุด คือ ด้านการจัดการวัชพืชรบกวนทางการเกษตร

ระดับความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร จำแนกตามระดับคะแนน พบว่า จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร ในระดับมาก (17 - 25 คะแนน) ร้อยละ 70.24 ในระดับปานกลาง (9 - 16 คะแนน) ร้อยละ 29.76 โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนเท่ากับ 17.97 คะแนน คะแนนสูงสุด คือ 23 คะแนน และคะแนนต่ำสุด คือ 11 คะแนน จะเห็นได้ว่า เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำสวนลำไยนอกฤดูมาเป็นเวลานาน ทำให้เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูโดยรวมอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ Thammasorn (2020) ศึกษาเรื่องการยอมรับการผลิตลำไยตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในอำเภอทุ่งหัวช้าง จังหวัดลำพูน พบว่า เกษตรกรร้อยละ 100.00 มีความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีในระดับมาก โดยได้คะแนน 17 - 24 คะแนน มีคะแนนต่ำสุด 19 คะแนน คะแนนสูงสุด 24 คะแนน มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 22.56 คะแนน ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Level of knowledge about the off-season longan production according to good agricultural practices for food crop

Level of knowledge about the off-season longan production according to good agricultural practices for food crop	Number	Percentage
High (17 - 25)	262	70.24
Moderate (9 - 16)	111	29.76
Mean = 17.97 S.D. = 2.87 Minimum = 11.00 Maximum = 23.00		

การผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร

เกษตรกรมีระดับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร ภาพรวมในระดับปฏิบัติมาก ($\bar{X} = 2.43$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการพักผลผลิต การขนย้าย และการเก็บรักษาในระดับมาก ($\bar{X} = 2.60$) ด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวในระดับมาก ($\bar{X} = 2.59$) ด้านบุคลากรในระดับมาก ($\bar{X} = 2.58$) ด้านการจัดการกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยวในระดับมาก ($\bar{X} = 2.39$) ด้านเอกสาร บันทึกข้อมูล และการตามสอบในระดับมาก ($\bar{X} = 2.37$) ด้านวัชพืชรบกวนทางการเกษตรในระดับมาก ($\bar{X} = 2.36$) ส่วนด้านการจัดการด้านน้ำ ($\bar{X} = 2.25$) และด้านพื้นที่ปลูก ($\bar{X} = 2.22$) อยู่ในระดับปานกลาง สอดคล้องกับการศึกษาของ Kunmai (2019) เรื่อง ความต้องการการส่งเสริมการผลิตลำไยตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในอำเภอวังเจ้า จังหวัดตาก พบว่า เกษตรกรมีการผลิตลำไยตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีในระดับมาก โดยมีการปฏิบัติที่น้อยที่สุด คือ การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจสอบคุณภาพ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suriya (2015) เรื่อง แนวทางการส่งเสริมและพัฒนาระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสมสำหรับการผลิตเงาะของสมาชิกสหกรณ์ส่งเสริมธุรกิจภาคเกษตรจังหวัดตราด จำกัด พบว่าบางส่วนไม่ได้มีการตรวจวิเคราะห์น้ำ เนื่องจากมีความเข้าใจว่าเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติ มีความสะอาดจึงไม่ดำเนินการตรวจวิเคราะห์น้ำ ในส่วนของพื้นที่ปลูกก็มีเกษตรกรบางรายไม่นำดินไปวิเคราะห์เนื่องจากเข้าใจว่าเป็นดินที่ใช้ในการผลิตไม่ได้รับสารเคมีจากการผลิตของตนเอง จึงไม่มีความจำเป็นต้องวิเคราะห์ดิน ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Off-season longan production according to good agricultural practices for food crop

Off-season longan production according to good agricultural practices for food crop	$\bar{x}$	S.D.	Level
1. Water	2.25	0.39	Moderate
2. Planting area	2.22	0.46	Moderate
3. Pesticides	2.36	0.41	High
4. Pre-harvest quality management	2.39	0.31	High
5. Harvest and postharvest handlings	2.59	0.39	High
6. Holding, moving produce in planting plot, and storage	2.60	0.42	High
7. Personal hygiene	2.58	0.36	High
8. Record keeping and traceability	2.37	0.44	High
Total	2.43	0.27	High

ปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการส่งเสริมการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร

เกษตรกรมีปัญหาเกี่ยวกับการส่งเสริมการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 1.74$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ปัญหาด้านเอกสาร บันทึกข้อมูล และการตามสอบ ($\bar{X} = 1.90$) ปัญหาด้านการจัดการกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว ($\bar{X} = 1.86$) ปัญหาด้านการจัดการน้ำ ($\bar{X} = 1.81$) ปัญหาด้านการจัดการพื้นที่ปลูก ($\bar{X} = 1.78$) ปัญหาด้านการจัดการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว ($\bar{X} = 1.73$) ปัญหาด้านบุคลากร ($\bar{X} = 1.68$) และมีปัญหาอยู่ในระดับน้อย คือ ปัญหาด้านการจัดการวัตถุดิบทางการเกษตร ($\bar{X} = 1.61$) และปัญหาด้านการพักผลผลิต การขนย้าย และการเก็บรักษา ($\bar{X} = 1.59$) จากผลการวิจัย พบว่าเกษตรกรมีปัญหาสูงสุดในด้านเอกสาร บันทึกข้อมูล และการตามสอบ เนื่องจากแบบบันทึกข้อมูลมีความละเอียดและซับซ้อน เพื่อใช้ในการตามสอบหากผลผลิตมีปัญหา ซึ่งเกษตรกรในพื้นที่ส่วนใหญ่มีอายุมาก และไม่ค่อยได้รับการศึกษาที่สูงจึงเป็นปัญหาหลักของเกษตรกร สอดคล้องกับการศึกษาของ Suriya (2015) ศึกษาแนวทางการส่งเสริมและพัฒนาการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสมสำหรับการผลิตเงาะของสมาชิก สหกรณ์ส่งเสริมธุรกิจภาคการเกษตรจังหวัดตราด จำกัด พบว่า ปัญหาสำคัญของสมาชิก คือด้านการบันทึกข้อมูล เนื่องจากไม่มีเวลาในการบันทึกและแบบบันทึกมีความยุ่งยาก และไม่เข้าใจวิธีการบันทึก ดังแสดงใน Table 3

ด้านข้อเสนอแนะ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ประสบปัญหามีต้นทุนการผลิตสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงต้องการให้มีการส่งเสริมวิธีการลดต้นทุนการผลิตหรือการผลิตสารชีวภัณฑ์ และให้เจ้าหน้าที่จัดอบรมเรื่องการผลิตลำไยนอกฤดูให้มีคุณภาพอย่างต่อเนื่อง ปีละ 1-2 ครั้ง อีกทั้งให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีการส่งเสริมด้านการตลาด การส่งออกต่างประเทศที่หลากหลายมากขึ้น รวมถึงตรวจสอบสัญญาซื้อขายระหว่างโรงคัดบรรจุ (ล้าง) กับเกษตรกรให้ถูกต้องตามกฎหมายและตรวจสอบได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Suwannalert (2021) ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตลำไยของเกษตรกร จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า เกษตรกรมีความต้องการด้านความรู้มากที่สุด และเกษตรกรมีปัญหาด้านการตลาดในเรื่องราคาผลผลิตไม่เป็นธรรม การขนส่งมีค่าใช้จ่ายสูงและต้องการให้มีหน่วยงานเข้ามาตรวจสอบความเป็นธรรมด้านราคามากที่สุด

Table 3 Problems about off-season longan production according to good agricultural practices for food crop

Problems about off-season longan production according to good agricultural practices for food crop	$\bar{x}$	S.D.	Level
1. Water	1.81	0.42	Moderate
2. Planting area	1.78	0.39	Moderate
3. Pesticides	1.61	0.29	Low
4. Pre-harvest quality management	1.86	0.42	Moderate
5. Harvest and postharvest handlings	1.73	0.39	Moderate
6. Holding, moving produce in planting plot, and storage	1.59	0.37	Low
7. Personal hygiene	1.68	0.28	Moderate
8. Record keeping and traceability	1.90	0.42	Moderate
Total	1.74	0.24	Moderate

ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดู กับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร

จากการศึกษาพบว่า ภาพรวมระดับความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดู กับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร คำนวณได้ค่า $\chi^2 = 29.05$ และได้ค่า p-value เท่ากับ 0.00 สรุปได้ว่า ภาพรวมระดับความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดู มีความสัมพันธ์กับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรผู้ปลูกลำไยนอกฤดูที่มีความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูที่เหมาะสมหรืออยู่ในระดับสูงจะส่งผลให้มีการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหารถูกต้องและเหมาะสมมากขึ้น ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Relationship between knowledge about the off-season longan production with off-season longan production according to good agricultural practices for food crop

Level of knowledge about the off-season longan production	Off-season longan production		Total	χ^2	p-value	Significance
	High	Moderate				
High (17 - 25)	160 (42.89)	102 (27.35)	262 (70.24)	29.05**	0.00	Sig.
Moderate (9 - 16)	99 (26.54)	12 (3.22)	111 (29.76)			

**Significance level at 0.01

จากการศึกษาเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านตามข้อกำหนด พบว่า ความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูมีความสัมพันธ์กับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร ทั้ง 8 ด้านตามข้อกำหนด ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ดังนั้นเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร ในด้านการถ่ายทอดความรู้ วิชาการ และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศใหม่ ๆ เพื่อพัฒนาศักยภาพของเกษตรกรและเพิ่มคุณภาพของผลผลิตให้เป็นที่ต้องการของตลาดได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Kanokhong et al. (2018) ศึกษาการยอมรับวิธีการปลูกพืชภายใต้มาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ของเกษตรกร ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงม่อนเงาะ อำเภอมะแม่ง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับวิธีการปลูกพืชตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ดังแสดงใน Table 5

Table 5 Relationship between knowledge about the off-season longan production with off-season longan production according to good agricultural practices for food crop

Factors	Knowledge level in producing of farmers		
	χ^2	P-value	Significance
1. Water	59.76**	0.00	Sig.
2. Planting area	8.83**	0.01	Sig.
3. Pesticides	15.98**	0.00	Sig.
4. Pre-harvest quality management	9.14**	0.00	Sig.
5. Harvest and postharvest handlings	27.77**	0.00	Sig.
6. Holding, moving produce in planting plot, and storage	37.41**	0.00	Sig.
7. Personal hygiene	12.71**	0.00	Sig.
8. Record keeping and traceability	59.78**	0.00	Sig.

**Significance level at 0.01

สรุปผลการศึกษา

เกษตรกรผู้ปลูกลำไยส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 46.00 ปี ในครอบครัวมีสมาชิกเฉลี่ย 4.00 คน เกษตรกรส่วนใหญ่ มีระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษา มีประสบการณ์ด้านการทำสวนลำไยนอกฤดูเฉลี่ย 14.07 ปี มีพื้นที่ปลูกลำไยนอกฤดูเฉลี่ย 21.00 ไร่ มีรายได้จากการเกษตรของครัวเรือนเฉลี่ย 623,030.56 บาท/ปี ต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 209,195.63 บาท/ปี ผลผลิตลำไยนอกฤดูเฉลี่ย 25,834.85 กิโลกรัม/ปี โดยส่วนใหญ่ไม่มีตำแหน่งทางสังคม เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐาน การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหารอยู่ในระดับมาก มีการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี สำหรับพืชอาหาร อยู่ในระดับการปฏิบัติมาก และพบว่าความรู้เกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดูมีความสัมพันธ์กับการผลิตลำไย นอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร ทั้ง 8 ด้านตามข้อกำหนด ได้แก่ 1) น้ำ 2) พื้นที่ปลูก 3) วัตถุดิบทรายทางการเกษตร 4) การจัดการกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว 5) การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว 6) การพักผลผลิต การขนย้าย และการเก็บรักษา 7) บุคลากร 8) เอกสารบันทึกข้อมูล และการตามสอบ โดยเกษตรกรพบปัญหา เกี่ยวกับการส่งเสริมการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร อยู่ในระดับปานกลาง โดยเฉพาะปัญหาด้านเอกสาร บันทึกข้อมูล และการตามสอบ อีกทั้งเกษตรกรมีข้อเสนอแนะ คือ ส่งเสริมแนวทางการลดต้นทุน การผลิตลำไยนอกฤดู และควรมีการจัดอบรมเรื่องการผลิตลำไยนอกฤดูให้มีคุณภาพปีละ 1-2 ครั้ง

จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่า เกษตรกรมีความรู้และการปฏิบัติที่สอดคล้องกับการผลิตลำไยนอกฤดูตามมาตรฐาน การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร อยู่ในระดับมาก แต่เกษตรกรยังมีการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ในบางข้อกำหนด ซึ่งจะทำให้ผลผลิตไม่มีคุณภาพ และไม่สามารถส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศได้ รวมถึงการใช้ปัจจัยการผลิต ที่มากเกินไปจนเกิดความจำเป็น เช่น ปุ๋ย สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น ส่งผลให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตที่สูง ผลตอบแทนไม่คุ้มค่า กับการลงทุน ดังนั้นทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการจัดอบรมถ่ายทอดความรู้อย่างต่อเนื่อง ในเรื่องการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี สำหรับพืชอาหาร การใช้เทคโนโลยีด้านการจัดการสวนตั้งแต่กระบวนการเตรียมความพร้อมของต้นลำไย การชักนำให้ออกดอก โดยใช้สารโพแทสเซียมคลอเรต การดูแลรักษาเพื่อให้ผลผลิตลำไยได้คุณภาพ การเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ให้สอดคล้องกับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร มกษ. 9001 - 2564 อีกทั้งส่งเสริมการใช้สารชีวภัณฑ์ และการให้น้ำตามปริมาณที่เหมาะสมกับความต้องการของพืช ส่งเสริมการจัดทำแปลงต้นแบบเพื่อให้เกษตรกรได้มาศึกษาดูงาน และมีเจ้าหน้าที่ติดตามประเมินแปลงอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงส่งเสริมการรวมกลุ่มการสร้างเครือข่ายการผลิตและการตลาด เพื่อประโยชน์ในด้านการซื้อปัจจัยการผลิต และช่วยสร้างอำนาจการต่อรองราคากับพ่อค้าคนกลาง อีกทั้งหน่วยงานภาครัฐควรมี นโยบายการประกันราคาผลผลิตที่เป็นธรรมแก่เกษตรกร ส่งเสริมการเจรจาธุรกิจกับต่างประเทศเพื่อหาช่องทางการตลาดเพิ่มขึ้น และดำเนินการตรวจสอบสัญญาซื้อขายระหว่างโรงคัดบรรจุกับเกษตรกรให้ถูกต้องตามกฎหมาย เพื่อประโยชน์ของเกษตรกรต่อไป

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: มนตรี สุวะเพชร. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล: มนตรี สุวะเพชร, พัทธราดี ศรีบุญเรือง และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ ข้อมูล การแปลผล: มนตรี สุวะเพชร, พัทธราดี ศรีบุญเรือง และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การเปรียบเทียบกับ ข้อเสนอหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: มนตรี สุวะเพชร, พัทธราดี ศรีบุญเรือง และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ. การมีส่วนร่วมในการเขียน ต้นฉบับบทความ: มนตรี สุวะเพชร, พัทธราดี ศรีบุญเรือง.

เอกสารอ้างอิง

- Chindawanichsakul, B. (2018). **Extension Guidelines of Large Agricultural Land Plot for Off-season Longan Production in Sa Kaeo Province**. Master's Thesis. Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai).
- Department of Agriculture. (2008). **Technology for Producing Quality Longan for Export**. Office Agriculture Research and Development No. 2. (in Thai).
- Department of Agricultural Extension. (2022). **Results of Registration of Longan Farmers according to Plot Location, Year 2022**. Retrieved from: https://farmer.doae.go.th/report/report65/report_longan_65_fmddfb_ap/22/04/. (in Thai).
- Jaitae, S. (2021). The off-season longan production of farmer Banhong district, Lumpun province. **Management Sciences Valaya Alangkorn Review**, 2(1), 36-44. (in Thai).
- Kanokhong, K., Rattanawan, N., & Jeerat, P. (2018). **Adoption of Crop Growing Methods under the Standards of Good Agricultural Practice (GAP) of Farmers, Mon Ngo Royal Project Development Center Mae Tang District, Chiang Mai**. Master's Thesis. Maejo University. (in Thai).
- Kunmai, K. (2019). **Extension Needs for Longan Production adhering to Good Agricultural Practices of Farmer in Wang Chao District, Tak Province**. Master's Thesis. Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai).
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. (2021). **Guidance on the Application of Thai Agricultural Standard TAS 9001 – 2021**. Retrieved from: https://www.acfs.go.th/files/files/commodity-standard/20211105115922_732642.pdf. (in Thai).
- Niyamangkul, S. (2013). **Research Methodology and Statistics**. Book 2 You Publishing. (in Thai).
- Nukpook, K. (2013). **Test and Development Irrigation for Longan Garden**. Retrieved from: <https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2065> (in Thai).
- Office of Agricultural Economics. (2019). **Agricultural Product Production Information: Information on the Quantity and Value of Longan Exports**. Retrieved from: https://impexpth.oae.go.th/workflow/export_report.php. (in Thai).
- Office of Agricultural Economics. (2022a). **Longan Import and Export Volume**. Retrieved from: <https://mis-app.oae.go.th/product/longan>. (in Thai).
- Office of Agricultural Economics. (2022b). **Longan Production Information in 2022**. Retrieved from: <https://mis-app.oae.go.th/product/longan>. (in Thai).
- Suriya, W. (2015). **Approaches to Promoting and Developing Appropriate Good Agricultural Practices for Rambutan Producers who are Members of Trat Province Agro-business Promotion Cooperative Ltd**. Master's Thesis. Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai).
- Suwannalert, K. (2021). **Factors Relating to the Adoption of Technology for Increasing Efficiency and Reduce the Cost of Longan Production by Farmers in Chiang Mai Province**. Master's Thesis. Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai).
- Thammakhunkaew, T., Limnirunkul, B., & Sirisunyaluck, R. (2022) Factors affecting the implementation of large-scale longan technology for farmers practice in Mae Tha district, Lamphun province. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 50(1), 154-163. (in Thai).
- Thammasorn, W. (2020). **Adoption of Longans Production in According to Good Agricultural Practices Standards of Farmers in Thung Hua Chang District, Lamphun Province**. Master's Thesis. Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai).
- Yamane, T. (1973). **Statistics: An Introductory Analysis**. Harper and Row.

ความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรชาวไร่อ้อย อำเภอปอพลอย จังหวัดกาญจนบุรี Agricultural Extension Service Needs of Sugarcane Farmers in Bo Phloi District, Kanchanaburi Province

นันทกา เรืองอุไร¹, เอกพล ทองแก้ว^{1*} และแสงสุริยา สุขสะอาด²
Nunthaka Runangurai¹, Ekkaphon Thongkaew^{1*} and Sangsuriya Suksaard²

Received date: 5 พ.ค. 67 Revised date: 12 ก.ค. 67 Accepted date: 20 ส.ค. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.016>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสภาพการผลิตและความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรชาวไร่อ้อย กลุ่มตัวอย่างจำนวน 98 คน สุ่มตัวอย่างแบบง่ายโดยการจับสลาก รวบรวมข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์ ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ t-test และ F-test ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายร้อยละ 62.24 มีช่วงอายุมากกว่า 55 ปีร้อยละ 42.86 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 55.10 เกษตรกรมีที่ดินของตนเองร้อยละ 60.20 ปลูกอ้อยโดยใช้น้ำบาดาล นิยมปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ร้อยละ 97.96 เป็นการปลูกอ้อยใหม่ ร้อยละ 66.33 เก็บเกี่ยวผลผลิตช่วงเดือนธันวาคมถึงมีนาคม และเก็บเกี่ยวเป็นอ้อยสด ร้อยละ 84.69 ใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยว ร้อยละ 72.45 ขนส่งด้วยรถสิบล้อ ร้อยละ 75.51 ระยะเวลาไปยังโรงงาน/ลานอยู่ในช่วง 21-40 กิโลเมตร ร้อยละ 47.96 และมีเครื่องจักรกลเป็นของตนเอง ร้อยละ 83.67 ความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรที่ต้องการมากที่สุดในด้านปัจจัยการผลิตคือ ปุ๋ยเคมี ด้านเงินทุนต้องการเงินบำรุง มากที่สุด ด้านโครงการส่งเสริมต้องการมากที่สุด คือ โครงการติดตั้งโซลาร์เซลล์, อุปกรณ์ให้น้ำ ด้านการบริการต้องการมากที่สุด ได้แก่ การสนับสนุนความรู้ด้านวิชาการ ด้านการผลิตต้องการมากที่สุด คือ การสนับสนุนสินเชื่อดอกเบี้ยต่ำ ด้านการตลาดต้องการมากที่สุด คือ การประกันราคาผลผลิต ด้านการบริการของเจ้าหน้าที่ เกษตรกรต้องการการให้บริการข้อมูลข่าวสารมากที่สุด ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า เกษตรกรที่มี อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์การปลูกอ้อย และระยะทางเฉลี่ยจากแปลงอ้อยไปโรงงาน/ลาน แตกต่างกันจะมี ความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตร ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

คำสำคัญ: ความต้องการ ส่งเสริมการเกษตร ชาวไร่อ้อย ปอพลอย กาญจนบุรี

Abstract

This research has the objective to study production conditions and needs for agricultural extension services of sugarcane farmers. A sample of 98 people was sampled using simple lottery. Information was gathered using interview. Hypotheses were tested using t-test and F-test. The results found that the sample farmers were 62.24 percent male, 42.86 percent were over 55 years old, 55.10 percent had completed primary school. 60.20 percent of the farmers had their own land and grew sugarcane using groundwater. Khon Kaen 3 sugarcane variety was popular, 97.96% were planting new sugarcane, 66.33% harvested from December to March, and 84.69 percent harvested fresh sugarcane. 72.45 percent used human labor to harvest, 75.51 percent transported by ten-wheel truck. The distance to the factory/yard was in the range of 21-40 kilometers. 47.96 percent had their own machinery. The agricultural extension service that was most needed in terms of production factors was chemical fertilizer. In terms of capital, maintenance money was needed the most. In terms of promotional projects, what were most needed were projects to install solar cells and irrigation equipment. The services most needed included academic knowledge support. The aspect of production that was needed the most was support for low-interest loans. The most desired aspect of marketing was product price insurance. As for the service aspect from the officials, farmers needed information services the most. The results of the hypothesis testing found that farmers with difference in age, educational level, sugarcane growing

¹ สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์และธุรกิจเพื่อพัฒนาการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

² บริษัท โรงงานน้ำตาลนิวกุญไทย จำกัด กาญจนบุรี 71120

¹ Economics and Business for Agricultural Development, School of Agricultural Technology King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

² New Krung Thai Sugar Factory Co., Ltd. Kanchanaburi 71120

* Corresponding author: ekkapphon.th@kmitl.ac.th.

experience, and the average distance from the sugarcane plot to the factory/yard will have different demands for agricultural extension services at the statistical significance level of 0.05.

Keywords: need, agricultural extension, sugarcane farmers, Bo Phloi, Kanchanaburi

คำนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากปลูกง่าย ทนต่อสภาพแห้งแล้งและน้ำท่วมขังได้ดีดูแลรักษา ง่าย และยังให้ผลผลิตที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย จึงสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทยได้ อ้อยเป็น ทั้งพืชอาหารและพืชพลังงานจึงเป็นวัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย เพื่อผลิตน้ำตาลทรายและเป็นวัตถุดิบหลัก ในการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงเอทานอล และไฟฟ้าชีวมวล อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อ ภาคเศรษฐกิจของประเทศ จากรายงานการส่งออกน้ำตาลและผลิตภัณฑ์พบว่าประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลรายใหญ่อันดับที่ 2 ของโลก รองจากประเทศบราซิล ซึ่งการผลิตน้ำตาลของไทยใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบหลัก ส่วนเหลือที่ได้จากการผลิตน้ำตาลยังสามารถ นำไปใช้เป็นวัตถุดิบที่สำคัญต่ออุตสาหกรรมอื่น เช่น การผลิตไฟฟ้า ไม้อัด กระดาษ เอทานอล สุราและผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นต้น ใน กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมดังกล่าวก่อให้เกิดการจ้างงานมากกว่า 1 ล้านคนต่อปี ในปีการผลิต 2565/66 ประเทศไทยมี พื้นที่ปลูกอ้อยประมาณ 11.30 ล้านไร่ มีผลผลิตอ้อย 93 ล้านตัน และมีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 9.93 ตัน /ไร่ (Office of The Cane and Sugar Board, 2023)

ผลผลิตอ้อยที่ผลิตได้ในประเทศไทย มีตลาดรองรับแน่นอนและยังมีพระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527 เป็นกลไกในการควบคุมให้มีการแบ่งปันผลประโยชน์อย่างชัดเจนและเป็นธรรม อย่างไรก็ตามเกษตรกรยังมีความปัญหาในการผลิตหลาย ด้านที่ส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ เช่น การขาดน้ำในบางช่วงเวลาเพราะในการผลิตเกษตรกรต้องอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ดินไม่มีความอุดมสมบูรณ์ หาท่อนพันธุ์ที่ปราศจากโรคได้ยาก โรคและแมลงระบาดรบกวน ขาดเงินทุน เป็นต้น หากสามารถลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลงได้ จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับตลาดต่างประเทศได้มากขึ้น ส่วนปัญหาของโรงงาน ได้แก่ ผลผลิตอ้อยที่นำมาส่ง โรงงานมีสิ่งเจือปนมาก เกษตรกรเผาอ้อยก่อนเก็บเกี่ยวทำให้คุณภาพน้ำตาลลดลง การส่งอ้อยเข้าโรงงานของเกษตรกรไม่ตรงเวลา ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับตัวเกษตรกร พบว่าเกษตรกรบางส่วนยังขาดความรู้ในเชิงวิชาการที่จะนำมาใช้ปรับปรุงการผลิตให้ได้ปริมาณสูงขึ้น การบริการส่งเสริมการเกษตรยังไม่เหมาะสมและขาดประสิทธิภาพทำให้ไม่ทั่วถึง นอกจากนี้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร บางส่วนยังขาดความรู้เกี่ยวกับการผลิตอ้อยที่ถูกต้อง (Department of Agriculture, 2002) โรงงานน้ำตาลนิวกูญไทย จำกัด จังหวัดกาญจนบุรี มีพื้นที่ขอส่งเสริมปลูกอ้อยในปี พ.ศ. 2566 ทั้งหมด 2.8 หมื่นไร่ ผลผลิต รวม 2.7 แสนตัน ผลผลิตอ้อยเฉลี่ย 9.64 ตันต่อไร่ จากการลงพื้นที่ศึกษาพบว่าการทำไร่อ้อยของเกษตรกรประสบปัญหาทั้งด้านการผลิตและการตลาด ได้แก่ ปัญหา ผลผลิตต่อไร่ต่ำ ต้นทุนการผลิตสูง ขาดความรู้ในเชิงวิชาการและเทคโนโลยีในการจัดการไร่อ้อย (Khon Kaen Sugar Industry Public Company Limited, 2023)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงจำเป็นต้องศึกษาการผลิตและความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกร เพื่อให้ทราบ ถึงระดับความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตร สภาพการผลิต ตลอดจนปัญหาและอุปสรรค เพื่อนำข้อมูลมาประกอบการวางแผน หาแนวทางในการเพิ่มผลผลิต และการบริการส่งเสริมการผลิตอ้อยของเกษตรกรในพื้นที่เพื่อให้เกษตรกรมีความมั่นคงทางอาชีพต่อไป

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรชาวไร่อ้อยที่ได้รับการส่งเสริมจากโรงงานน้ำตาลนิวกูญไทย จำกัด ในเขตพื้นที่อำเภอบ่อพลอย โดยมีประชากรทั้ง จำนวน 120 ราย ใช้สูตร Taro Yamane เพื่อคำนวณหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Yamane, 1973) ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 98 ราย และใช้การสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือแบบสัมภาษณ์ แบ่งเป็น 4 ตอน ดังต่อไปนี้ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร เป็นลักษณะคำถามที่มีทั้งปลายเปิดและปลายปิด ตอนที่ 2 ต้นทุนการปลูกอ้อย ของเกษตรกร เป็นลักษณะคำถามปลายเปิด ตอนที่ 3 ปัญหาและอุปสรรคของเกษตรกร เป็นลักษณะคำถามปลายเปิด และตอนที่ 4 ความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกร เป็นลักษณะคำถามปลายปิด ประกอบด้วย ด้านปัจจัยการผลิต ด้านเงินทุน ด้านโครงการส่งเสริม ด้านการบริการเกษตรกร ด้านการผลิต ด้านการตลาด และด้านการบริการของเจ้าหน้าที่ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ของลิเคิร์ท (Likert Scale) เป็นเกณฑ์วัด (Likert, 1932) ซึ่งมีเกณฑ์ให้คะแนนตามระดับความสำคัญ 5 ระดับ แบบสัมภาษณ์ได้

ผ่านการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความครอบคลุมของเนื้อหาในการวิจัย โดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งได้ให้คะแนนดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of Item Objective Congruence) ระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์การศึกษา และนำไปทดสอบจำนวน 20 ชุด ได้ค่าคะแนนความเชื่อมั่น 0.72 หลังจากนั้นดำเนินการปรับปรุงและนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ t-test และ F-test

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรในอำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี สามารถนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร

จากการศึกษา พบว่าเกษตรกรเป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 62.24 เพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 37.76 และอายุมากกว่า 55 ปี คิดเป็นร้อยละ 42.86 46-55 ปี คิดเป็นร้อยละ 31.63 36-45 ปี คิดเป็นร้อยละ 21.43 และ 26-35 ปี คิดเป็นร้อยละ 4.08 จะเห็นได้ว่าเกษตรกรมีอายุอยู่ในวัยหลังเกษียณที่ต้องพึ่งพาเครื่องทุ่นแรงหรือแรงงานในการผลิตอ้อย แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่น่าเป็นห่วงในประเด็นของแรงงานในการปลูกอ้อยในอนาคต เกษตรกรสำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.10 รองลงมาคือ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น คิดเป็นร้อยละ 26.53 ปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 10.20 มัธยมศึกษาตอนปลาย ร้อยละ 3.06 ปวส./อนุปริญญา สูงกว่าปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 2.04 และ ไม่ได้ศึกษา 1.02 เกษตรกรมีที่ดินเป็นของตนเอง คิดเป็นร้อยละ 60.20 มีที่ดินตนเองและเช่าที่ดิน คิดเป็นร้อยละ 39.80 อาศัยน้ำจากบ่อบาดาล คิดเป็นร้อยละ 39.80 อาศัยน้ำฝน คิดเป็นร้อยละ 33.67 และอาศัยน้ำจากสระ/อ่างเก็บน้ำ คิดเป็นร้อยละ 26.53 โดยปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ร้อยละ 98.00 พันธุ์ CSB 12 คิดเป็นร้อยละ 2.00 และปลูกอ้อยใหม่ คิดเป็นร้อยละ 66.33 อ้อยต่อ 1 คิดเป็นร้อยละ 20.41 อ้อยต่อ 2 คิดเป็นร้อยละ 9.18 และอ้อยต่อ 3 คิดเป็นร้อยละ 4.08 มีแรงงานประจำของตนเอง คิดเป็นร้อยละ 67.35 จ้างผู้รับเหมา คิดเป็นร้อยละ 31.63 และแรงงานภายในครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 1.02 เกษตรกรทั้งหมดเก็บเกี่ยวผลผลิตช่วงเดือนธันวาคมถึงมีนาคม ลักษณะผลผลิตจะเก็บเกี่ยวอ้อยสด คิดเป็นร้อยละ 84.69 อ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ คิดเป็นร้อยละ 14.29 และอ้อยไฟไหม้ คิดเป็นร้อยละ 1.02 ใช้วิธีเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน คิดเป็นร้อยละ 72.42 แรงงานคนและรถตัดอ้อย คิดเป็นร้อยละ 16.33 และรถตัดอ้อย คิดเป็นร้อยละ 11.22 เกษตรกรขนส่งผลผลิตด้วยรถบรรทุกสิบล้อ คิดเป็นร้อยละ 75.51 รถพ่วง คิดเป็นร้อยละ 21.43 รถบรรทุกหกล้อ คิดเป็นร้อยละ 2.04 รถลาก คิดเป็นร้อยละ 1.02 รถตนเอง คิดเป็นร้อยละ 80.61 และรถรับจ้าง คิดเป็นร้อยละ 19.39 ซึ่งสอดคล้องกับ Treesat and Jun-iad (2013) ศึกษาสภาพทางสังคมและเศรษฐกิจ และปัญหาการปลูกอ้อยของเกษตรกรในอำเภอบ่อพลอย จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่า ใช้แรงงานคนปลูกโดยใช้ล้าอ้อยวางเดี่ยว การให้น้ำส่วนใหญ่ยังอาศัยน้ำฝน กำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคนและสารเคมี การใส่ปุ๋ยแต่งหน้าใช้ปุ๋ยเคมีโดยใช้แรงงานคนในการให้ปุ๋ยการเก็บเกี่ยว การขึ้นอ้อยใช้แรงงานคนโดยส่วนใหญ่ตัดอ้อยสด และใช้รถบรรทุกสิบล้อในการบรรทุกส่งโรงงาน โดยระยะทางเฉลี่ยไปลานรับอ้อยของโรงงานประมาณ 21-40 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 47.96 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 29.59 41-50 กิโลเมตร ร้อยละ 18.37 และ 51 กิโลเมตรขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 4.08 เกษตรกรมีเครื่องจักรกลทางการเกษตรเป็นของตนเอง คิดเป็นร้อยละ 83.67 และจ้างคิดเป็นร้อยละ 16.33 ปัจจุบันเกษตรกรได้รับการบริการสนับสนุนจากบริษัทน้ำตาลนิวกูญไทยในรูปแบบเงินบำรุง คิดเป็นร้อยละ 88.78 รูปแบบเงินและโครงการ คิดเป็นร้อยละ 4.08-4.08 และรูปแบบปัจจัยการผลิต คิดเป็นร้อยละ 3.06 ตามลำดับ

ต้นทุนการปลูกอ้อยของเกษตรกร

จากการศึกษาต้นทุนการปลูกอ้อยของเกษตรกรพบว่า เกษตรกรมีค่าใช้จ่ายต้นทุนการปลูกอ้อยได้แก่ 1) ค่าแรงการปลูกอ้อยเฉลี่ย 2,321.00 บาท โดยแบ่งเป็น 1,000-2,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 52.04 รองลงมา คือ 2,001-3,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 44.09 และมากกว่า 3,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 3.06 2) ค่าวัสดุในการปลูกอ้อยเฉลี่ย 3,596.00 บาท โดยแบ่งเป็น 3,001-4,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 63.27 รองลงมาคือ 2,001-3,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 23.47 มากกว่า 4,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 10.20 และ 1,000-2,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 3.06 3) ค่าแรงในการเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 3,358.00 บาท โดยแบ่งเป็น 3,001-4,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 44.90 มากกว่า 4,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 22.45 2,001-3,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 18.37 1,000-2,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 12.24 และ 1-999 บาท คิดเป็นร้อยละ 2.04 จะเห็นได้ว่าต้นทุนการผลิตอ้อยของเกษตรกรส่วนใหญ่จะเป็นค่า วัสดุปลูก แรงงาน ทั้งแรงงานการปลูกและแรงงานการเก็บเกี่ยว สอดคล้องกับ Suwannawut (2022) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิต

ของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในสังกัดสมาคมกลุ่มอาชีพการเกษตรชลบุรี พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตอ้อยที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ต้นทุนด้านคน ซึ่งประกอบด้วย ค่าจ้างแรงงานเก็บเกี่ยว และค่าจ้างแรงงานปลูกเป็นส่วนใหญ่ (Table 1)

Table 1 Farmers' cost of sugarcane cultivation

(n=98)

Farmers' cost of Sugarcane Cultivation	Frequency	Percentage
Sugarcane cultivation (Baht)		
1,000 - 2,000	51	52.04
2,001 - 3,000	44	44.90
More than 3,000	3	3.06
Materials for sugarcane cultivation (Baht)		
1,000 - 2,000	3	3.06
2,001 - 3,000	23	23.47
3,001 - 4,000	62	63.27
More than 4,000	10	10.20
Labor for harvest (Baht)		
1 - 999	2	2.04
1,000 - 2,000	12	12.24
2,001 - 3,000	18	18.37
3,001 - 4,000	44	44.90
More than 4,000	22	22.45

ปัญหาและอุปสรรคในการปลูกอ้อยของเกษตรกร

ผลการศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการปลูกอ้อยของเกษตรกร พบว่า ด้านการผลิตเกษตรกรประสบปัญหาภัยแล้งมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40.82 รองลงมาคือปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่ปลูก คิดเป็นร้อยละ 21.43 ปัญหาโรคของอ้อย คิดเป็นร้อยละ 17.35 ปัญหาแมลงศัตรูในอ้อย คิดเป็นร้อยละ 13.27 สภาพอากาศ คิดเป็นร้อยละ 5.10 และ วัชพืช คิดเป็นร้อยละ 2.04 ปัญหาด้านปัจจัยการผลิต พบว่าเกษตรกรประสบปัญหาในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้ คือ ราคาสายน้ำหยดที่บริษัทจัดซื้อให้กับเกษตรกรมีราคาสูงกว่าท้องตลาดและการขนส่งสายน้ำหยดให้กับเกษตรกรมีความล่าช้า คิดเป็นร้อยละ 25.51 ราคาปุ๋ยเคมีที่บริษัทจัดซื้อให้กับเกษตรกรมีราคาสูงกว่าท้องตลาด คิดเป็นร้อยละ 23.47 ท่อนพันธุ์อ้อยราคาสูง และหาซื้อได้ยาก คิดเป็นร้อยละ 15.31 แหล่งน้ำไม่เพียงพอและเงินทุนไม่เพียงพอ คิดเป็นร้อยละ 11.22 สารปรับปรุงดิน KMS 888 ละลายช้า คิดเป็นร้อยละ 7.14 และสารกำจัดวัชพืช คิดเป็นร้อยละ 6.12 ปัญหาด้านการเก็บเกี่ยวอ้อยและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าเกษตรกรขาดแรงงานในการเก็บเกี่ยวมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 52.04 รองลงมาคือ สภาพอากาศที่ร้อนส่งผลให้เกษตรกรเก็บเกี่ยวได้ช้าลงเพราะแรงงานต้องหยุดพัก คิดเป็นร้อยละ 16.33 รถบรรทุกอ้อยเสีย คิดเป็นร้อยละ 14.29 รถตัดอ้อยเสีย คิดเป็นร้อยละ 11.22 และรถคืบอ้อยเสีย คิดเป็นร้อยละ 6.12 ปัญหาด้านการตลาดพบว่าเกษตรกรประสบปัญหาการโดนตัดราคาอ้อยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 51.02 ความหวานอ้อยไม่ดีทำให้ราคาซื้อถูกลง คิดเป็นร้อยละ 43.88 เงินที่ได้จากการขายผลผลิตไม่พอใช้หนี้เพราะอ้อยโดนตัดราคาและขายอ้อยได้ในราคาที่ถูกลง คิดเป็นร้อยละ 3.06 และราคาผลผลิตอ้อยตกต่ำ คิดเป็นร้อยละ 2.04 สอดคล้องกับ Khansila et al., (2014) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกปลูกอ้อยของเกษตรกรในอำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ระบุปัญหาเกี่ยวกับการปลูกอ้อยคือ ค่าปุ๋ยและค่ายาปราบศัตรูพืชมีราคาสูงคิดเป็นร้อยละ 93.66 รองลงมาได้แก่ ปัญหาเกี่ยวกับผลผลิตอ้อยไม่แน่นอน คิดเป็นร้อยละ 62.53 พื้นที่ถือครองสำหรับปลูกอ้อยมีน้อย คิดเป็นร้อยละ 60.88 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกไม่เพียงพอ คิดเป็นร้อยละ 57.58 เครื่องมือ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะปลูก-เก็บเกี่ยวมีราคาสูง คิดเป็นร้อยละ 50.69 ราคาอ้อยตกต่ำ คิดเป็นร้อยละ 50.69 การขาดแคลนพันธุ์อ้อยที่ดี คิดเป็นร้อยละ 49.86 การขาดแคลนแรงงานในการผลิตอ้อย คิดเป็นร้อยละ 42.70 และอ้อยเป็นโรคและตายง่าย คิดเป็นร้อยละ 35.62 (Table 2)

Table 2 Problems and obstacles in sugarcane production

(n=98)

Problems and obstacles in sugarcane production	Frequency	Percentage
Production Problems		
Drought	40	40.82
Cultivation area	21	21.43
Diseases	17	17.35
Pests	13	13.27
Weather conditions	5	5.1
Weeds	2	2.04
Factors of production Problems		
Dripping water line	25	25.51
Chemical fertilizer	23	23.47
Sugarcane piece	15	15.31
Funding	11	11.22
Soil improver	7	7.14
Herbicide	6	6.12
Post-harvest management issues		
Labor	51	52.04
Rainy weather	16	16.33
Broken sugarcane truck	14	14.29
Broken sugar cane cutter	11	11.22
Broken sugar cane picker	6	6.12
Marketing Problems		
Underpriced	50	51.02
Low sweetness	43	43.88
Not enough income to pay off debt	3	3.06
Sugarcane production prices fall	2	2.04

ความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกร

จากการศึกษาความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกร ด้านปัจจัยการผลิตในภาพรวมพบว่า เกษตรกรมีความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.37) เมื่อพิจารณา พบว่าเกษตรกรมีความต้องการบริการส่งเสริมในเรื่องปุ๋ยเคมีมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 3.55) รองลงมาคือ สารกำจัดวัชพืช, ศัตรูพืช (ค่าเฉลี่ย 3.52) น้อยที่สุดคือ สารปรับปรุงดิน (ค่าเฉลี่ย 3.44) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรให้ความสำคัญในขั้นตอนการผลิตน้อย เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตรงความต้องการของโรงงานและนำไปสู่รายได้ที่สูงขึ้นของเกษตรกร สอดคล้องกับ Thongprem (2015) ที่รายงานผลการศึกษาเรื่องความต้องการการส่งเสริมการปลูกอ้อยโรงงานของเกษตรกร ในอำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย พบว่า เกษตรกรมีความต้องการส่งเสริมด้านความรู้เกี่ยวกับการปลูกอ้อยโรงงานในระดับปานกลาง โดยมีความต้องการในประเด็นท่อนพันธุ์ การดูแลรักษา การป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรู เทคนิคการเพิ่มคุณภาพน้ำตาล และการดูแลรักษาอ้อยต่อ ตามลำดับ ผลการศึกษาในด้านเงินทุนในภาพรวมพบว่า เกษตรกรมีความต้องการอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.49) ด้านโครงการส่งเสริมในภาพรวมพบว่า เกษตรกรมีความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.83) เมื่อพิจารณาแต่ละประเด็น พบว่า เกษตรกรมีความต้องการบริการส่งเสริมในประเด็นโครงการติดตั้งโซลาร์เซลล์, อุปกรณ์ให้น้ำมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 3.62) รองลงมาคือ โครงการแหล่งน้ำ (เจาะบ่อบาดาล, ขุดสระ) (ค่าเฉลี่ย 3.48) และมีความต้องการน้อยที่สุดในประเด็นโครงการซื้อเครื่องสางใบ (ค่าเฉลี่ย 2.50) ซึ่งความต้องการดังกล่าวข้างต้นเกิดจากปัญหาที่เกษตรกรประสบในขั้นตอนการผลิตอ้อย ซึ่งเกษตรกรประสบอยู่เป็นประจำในช่วงฤดูแล้งที่เป็นช่วงสำคัญที่สุดในการเกิดปัญหาต่าง ๆ สอดคล้องกับ Treesat and Jun-iad (2013) ซึ่งได้รายงานผลการศึกษา

สภาพทางสังคมและเศรษฐกิจ และปัญหาการปลูกอ้อยของเกษตรกรในอำเภออุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยอำเภออุ้มทองประสบปัญหาที่สำคัญจากภัยธรรมชาติคือปัญหาฝนแล้ง

ด้านการบริการเกษตรกร ในภาพรวมพบว่า เกษตรกรมีความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.36) เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่าเกษตรกรมีความต้องการบริการส่งเสริมในประเด็นการสนับสนุนความรู้ด้านวิชาการมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.64) รองลงมาคือ การบริการเครื่องมือบำรุงต่อ (ค่าเฉลี่ย 3.51) และมีความต้องการน้อยที่สุดในประเด็นการบริการรถตัดอ้อย (ค่าเฉลี่ย 2.65) ด้านการผลิตในภาพรวมพบว่า เกษตรกรมีความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.93) เมื่อพิจารณาแต่ละประเด็น พบว่าเกษตรกรมีความต้องการบริการส่งเสริมในประเด็นการสนับสนุนสินเชื่อดอกเบี้ยต่ำมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.60) รองลงมาคือ การสนับสนุนท่อนพันธุ์คุณภาพดี (ค่าเฉลี่ย 4.16) การสนับสนุนด้านเทคโนโลยี (ค่าเฉลี่ย 4.00) และมีความต้องการน้อยที่สุดในประเด็นการสนับสนุนเงินเพื่อไปใช้ปรับปรุงดิน (ค่าเฉลี่ย 3.32) ด้านการตลาดในภาพรวมพบว่า เกษตรกรมีความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.65) เมื่อพิจารณาประเด็นต่าง ๆ พบว่าเกษตรกรมีความต้องการบริการส่งเสริมในประเด็นการประกันราคาผลผลิตมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.31) รองลงมาคือ การสนับสนุนข้อมูลด้านการตลาด (ค่าเฉลี่ย 3.89) และมีความต้องการน้อยที่สุดในประเด็นการรับซื้อผลผลิตล่วงหน้า (ค่าเฉลี่ย 3.13) สอดคล้องกับ Srirachan (1997) ที่รายงานผลการศึกษาความต้องการความรู้เรื่องการปลูกอ้อยของเกษตรกรชาวไร่อ้อยในอำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น พบว่าเกษตรกรมีความต้องการความรู้ในเรื่องการปลูกอ้อยในระดับมาก และเรื่องที่เกษตรกรชาวไร่อ้อยต้องการมากคือเรื่องพันธุ์อ้อย สินเชื่อเพื่อการเกษตร และการบำรุงดิน ด้านการบริการของเจ้าหน้าที่ในภาพรวมพบว่า เกษตรกรมีความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.94) เมื่อพิจารณา พบว่าเกษตรกรมีความต้องการบริการส่งเสริมในประเด็นการให้บริการข้อมูลข่าวสารมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.07) รองลงมาคือ การติดตามให้คำแนะนำอย่างสม่ำเสมอ (ค่าเฉลี่ย 4.06) และมีความต้องการน้อยที่สุดในประเด็นการจัดอบรมให้ความรู้เพิ่มเติม (ค่าเฉลี่ย 3.67) อาจเป็นเพราะเกษตรกรสำเร็จการศึกษาในระดับที่ไม่สูงมากนักเกษตรกรจึงมีความต้องการเข้าถึงความรู้ด้วยวิธีการที่ไม่ยุ่งยากและรวดเร็วเพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการของตัวเกษตรกรได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับ Bamrung and Martwanna (2012) ที่ศึกษาความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรชาวไร่อ้อย ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า เกษตรกรชาวไร่อ้อยมีความต้องการความรู้ในระดับมาก และต้องการเทคนิควิธีการถ่ายทอดความรู้ ได้แก่ การศึกษาดูงานในไร่ของเกษตรกรผู้ประสบความสำเร็จ การเยี่ยมบ้านเกษตรกรและไร่อ้อย การฝึกอบรม รวมถึงการถ่ายทอดความรู้ผ่านหัวหน้าชาวไร่อ้อย เป็นต้น

การเปรียบเทียบความต้องการการบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกร

ผลการเปรียบเทียบความต้องการการบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกร พบว่าเกษตรกรที่มีอายุแตกต่างกัน จะมีความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ 0.05) และพบว่าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน จะมีความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ 0.05) ด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Purintrapibal (2023) รายงานผลการศึกษาความต้องการสื่อเพื่อการส่งเสริมการเกษตรสำหรับเกษตรกรรุ่นใหม่ (Young Smart Farmers) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย พบว่า ระดับการศึกษา และช่องทางการใช้สื่อในการรับข่าวสารทางการเกษตร มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความต้องการสื่อเพื่อการส่งเสริมการเกษตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05 ขณะที่ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรที่มีประสบการณ์การปลูกอ้อยแตกต่างกัน จะมีความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ 0.01) สอดคล้องกับ Thongrod et al. (2020) ซึ่งได้ศึกษาเรื่องความต้องการรับบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกมันฝรั่งโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ในอำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร พบว่า เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกมันฝรั่งแตกต่างกัน มีความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 และเกษตรกรที่มีระยะทางจากแปลงอ้อยไปยังโรงงานหรือลานรับซื้อแตกต่างกัน จะมีความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ 0.01) เห็นได้ว่าปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อระดับความต้องการต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยล้วนแล้วแต่เป็นปัจจัยส่วนบุคคลทั้งสิ้น ดังนั้นการวางแผนการให้บริการส่งเสริมการเกษตรแก่เกษตรกร เจ้าหน้าที่หรือผู้ที่เกี่ยวข้อง ต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ด้วย เช่น อายุของเกษตรกรซึ่งจะมีความเกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสาร การอ่านออกเขียนได้ของเกษตรกร รวมไปถึงการเข้าถึงหรือการใช้สื่อและเทคโนโลยีต่าง ๆ ประสบการณ์ในการปลูก เพื่อใช้ในการวางแผนให้บริการหรือส่งเสริมการแก่เกษตรกร รวมไปถึงสถานที่จัดกิจกรรมหรือสถานที่ให้บริการเกษตรกรเพื่อไม่ให้มีระยะทางไกลหรือเกษตรกรเข้าร่วมได้ยาก (Table 3)

Table 3 Comparison of agricultural extension service needs among farmers

Independent variable		Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Age	Between Groups	70.442	76	.927	2.848	.004*
	Within Groups	6.833	21	.325		
	Total	77.276	97			
Education level	Between Groups	173.432	76	2.282	2.934	.004*
	Within Groups	16.333	21	.778		
	Total	189.765	97			
Sugarcane Cultivation experience	Between Groups	93.793	76	1.234	6.220	.000**
	Within Groups	4.167	21	.198		
	Total	97.959	97			
Distance from sugarcane plot to factory/purchasing yard	Between Groups	191.221	76	2.516	6.470	.000**
	Within Groups	8.167	21	.389		
	Total	199.388	97			

*= significant at the level 0.05, **= significant at the level 0.01.

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษา พบว่ากลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง มีช่วงอายุมากกว่า 55 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มากที่สุด มีที่ดินเป็นของตนเอง ส่วนใหญ่ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 โดยเป็นอ้อยที่ปลูกใหม่ ไม่ใช่อ้อยที่เจริญจากตอเดิม ปลูกอ้อย โดยใช้ น้ำจากบ่อบาดาลและน้ำฝนในจำนวนที่ใกล้เคียงกัน และมีต้นทุนที่เป็นค่าแรงการปลูกอ้อย เฉลี่ย 2,321.00 บาท ค่าวัสดุการปลูกอ้อย เฉลี่ย 3,596.00 บาทและค่าแรงในการเก็บเกี่ยวอ้อยเฉลี่ย 3,358.00 บาท เกษตรกรจะเก็บเกี่ยวอ้อยในช่วงเดือนธันวาคม ถึงมีนาคม โดยเก็บเกี่ยวอ้อยสดด้วยแรงงานคนและขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาลหรือลานรับซื้อด้วยรถสิบล้อร้อยละ 75.51 ซึ่งแปลงอ้อยของเกษตรกรมีระยะทางห่างโรงงานน้ำตาล/ลานรับซื้อประมาณ 21-40 กิโลเมตร จากการศึกษพบว่าปัญหาส่วนใหญ่ของการผลิตอ้อยของเกษตรกรคือปัญหากล้งราคาขายน้ำหยดที่บริษัทจัดซื้อให้กับเกษตรกรมีราคาสูงกว่าท้องตลาดและการขนส่งสายน้ำหยดให้กับเกษตรกรมีความล่าช้า ปัญหาด้านการเก็บเกี่ยวอ้อยพบว่าส่วนใหญ่ขาดแรงงาน และปัญหาด้านการตลาดที่เกษตรกรประสบคือการตัดราคาผลผลิตอ้อยของเกษตรกร ผลการศึกษาความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรมีความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรระดับมากในด้านเงินทุน (ค่าเฉลี่ย 4.49) การผลิต (ค่าเฉลี่ย 3.93) และการตลาด (ค่าเฉลี่ย 3.65) และเกษตรกรมีความต้องการระดับปานกลางในด้านปัจจัยการผลิต (ค่าเฉลี่ย 3.37) การบริการ (ค่าเฉลี่ย 3.36) และโครงการส่งเสริม (ค่าเฉลี่ย 2.83) จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า เกษตรกรที่มีอายุแตกต่างกัน จะมีความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ 0.05) เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน จะมีความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ 0.05) เช่นกัน และเกษตรกรที่มีประสบการณ์การปลูกอ้อยแตกต่างกัน จะมีความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ 0.01) และและเกษตรกรที่มีระยะทางจากแปลงอ้อยไปยังโรงงานหรือลานรับซื้อแตกต่างกัน จะมีความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ 0.01)

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกร เจ้าหน้าที่โรงงานน้ำตาลนิวกุ้งไทย จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานต่าง ๆ จนกระทั่งงานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จ

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่มและสมมติฐาน: นันทกา เรืองอุไร, เอกพล ทองแก้ว, แสงสุริยา สุขสะอาด. การมีส่วนร่วมในการ ออกแบบ การวิจัย เครื่องมือ วิธีการเก็บข้อมูล: นันทกา เรืองอุไร, เอกพล ทองแก้ว. การจัดเก็บข้อมูล: นันทกา เรืองอุไร แสงสุริยา สุขสะอาด. การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: นันทกา เรืองอุไร, เอกพล ทองแก้ว. การวิพากษ์วิจารณ์ผล: การแปลผล: นันทกา เรืองอุไร, เอกพล ทองแก้ว. การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ:การแปลผล: นันทกา เรืองอุไร, เอกพล ทองแก้ว.

เอกสารอ้างอิง

- Bamrung, P., & Martwanna, N. (2012). Needs for Extension Services of Sugarcane Growers in Northeastern Region. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 40(2), 119-126. (in Thai).
- Department of Agriculture. (2002). *Sugar Cane Production Technology*. Retrieved from: <https://www.doa.go.th/fcri/wp-content/uploads/2020/tachno/E-book-1.pdf>. (in Thai).
- Khon Kaen Sugar Industry Public Company Limited. (2023). *News & Events*. Retrieved from: <https://www.kslgroup.com/index.php/en/news-events>. (in Thai).
- Khansila, T., Mongkonthum, W., & Phetcharaburanin, P. (2014). *Factors Affecting the Selection of Growing Sugarcane in Nam Phong District, KhonKaen Province*. Retrieved from: <https://gsbooks.gs.kku.ac.th/57/grc15/files/pmp6.pdf>. (in Thai).
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitude. *Archives of Psychology*, 22(140), 1-55.
- Office of The Cane and Sugar Board. (2023). *Report on Sugarcane Planting Area and Sugarcane Production*. Retrieved from: <https://shorturl.asia/Dm9hL>. (in Thai).
- Purintrapibal, T. (2023). *Media Needs for Expanding the Agricultural Horizons of Young Farmers with Agricultural Skills in The Upper Northern Region of Thailand*. Retrieved from: <http://ir.mju.ac.th/dspace/handle/123456789/1628>. (in Thai).
- Srichan, S. (1997). *Needs on Sugarcane Cultivation Techniques of Farmers in Amphoe Chumpae, Changwat Khon Kaen*. Retrieved from: https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php?/kukr/search_detail/result/215363 (in Thai).
- Suwannawut, B. (2022). *Factors Affecting Production Costs of Sugarcane Growers in the Chonburi Agricultural Professional Association*. Retrieved from: <http://ir.buu.ac.th/dspace/handle/1513/541>. (in Thai).
- Thongprem, K. (2015). *Agricultural Extension Needs of Sugarcane Farmers in Si Satchanalai District of Sukhothai Province*. Retrieved from: <https://ir.stou.ac.th/handle/123456789/1738>. (in Thai).
- Thongrod, K., Tongdeert, P., & Sriboonruang, P. (2020). Needs for agricultural extension services of large agricultural land plot mangosteen growers in Langsuan District, Chumphon Province. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 38 (4), 555–562. (in Thai).
- Treesat, T., & Jun-iad, J. (2013). The condition of social and economic, and the problem of growing sugarcane by farmers in U-Thong District of Suphan Buri Province. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 5(4), 28-37. (in Thai).
- Yamane, T. (1973). *Statistics: An Introductory Analysis*. Harper & Row.

การสื่อสารการตลาดออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ของนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร

Online Marketing Communications Influences Decision Making on Farm Stay Agritourism of Tourists Living in Bangkok

ศิริช ยอดแก้ว^{1*} และพัชรา เอี่ยมกิจการ สบายใจ¹

Siwat Yodkaew^{1*} and Phatchara Eamkijkar Sabaijai¹

Received date: 1 ก.ค. 67 Revised date: 29 ส.ค. 67 Accepted date: 9 ก.ย. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.017>

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์ทางการวิจัยเพื่อศึกษาการสื่อสารการตลาดออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ของนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร โดยเป็นงานวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) ที่ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือโดยมีกลุ่มนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครเป็นผู้ให้ข้อมูล จำนวน 400 คน สถิติเชิงพรรณนาที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติเชิงอ้างอิงที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผลการศึกษา พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ยประมาณ 26-35 ปี มีรายได้เฉลี่ย 30,001 – 50,000 บาทต่อเดือน มีการศึกษาระดับปริญญาตรี/ปวส มีอาชีพเป็นพนักงาน/บริษัทเอกชน และส่วนใหญ่เป็นนักท่องเที่ยวที่ให้ความสนใจแต่ยังไม่เคยไปท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ และพบว่า การตลาดทางตรงออนไลน์ การโฆษณาออนไลน์ การขายโดยบุคคลออนไลน์ และการส่งเสริมการขายออนไลน์ ของด้านการสื่อสารการตลาดออนไลน์มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ของนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร การประชาสัมพันธ์ออนไลน์ไม่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ของนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร

คำสำคัญ: การสื่อสารการตลาดออนไลน์ การตัดสินใจท่องเที่ยว ท่องเที่ยวเชิงเกษตร ฟาร์มสเตย์

Abstract

The purpose of this study is to research online marketing communications influences decision making on farm stay agritourism of tourists living in Bangkok. Through quantitative research, data were collected from 400 Bangkok residents tourists, used questionnaires as a tool. The data were then analyzed by descriptive statistical and inferential statistics analysis for frequency, percentage, mean, and standard deviation (*S.D.*), and Multiple Regression Analysis. The results showed that most respondents have been women with an average age of 26 - 35 years, an average income of 30,001 – 50,000 baht per month, and having a bachelor's degree, being employed in companies. Furthermore, they have been interested in travel on farm stay agritourism. The findings also revealed that online direct marketing, online advertising, online personal selling, and online sales promotion in the realm of online marketing communication significantly influenced decision making on farm stay agritourism of tourists living in Bangkok. Online Public Relations insignificantly influenced decision making on farm stay agritourism of tourists living in Bangkok.

Keywords: online marketing communications, travel decision, agritourism, farm stay

คำนำ

เนื่องจากในปัจจุบันทางภาครัฐได้มีแผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 - 2580) โดยมีแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566 - 2570) พลิกโฉมประเทศไทยสู่เศรษฐกิจสร้างคุณค่าสังคมก้าวหน้าอย่างยั่งยืน ซึ่งมีแนวทางการขับเคลื่อนประเทศในการส่งเสริมและสนับสนุนด้านการท่องเที่ยว การท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์เป็นการท่องเที่ยวที่มีกิจกรรมทางการเกษตรรูปแบบไร่ นา ฟาร์มปศุสัตว์ สวนผลไม้ สวนยางพารา และการประมง โดยให้นักท่องเที่ยวมาร่วมทำกิจกรรม และมี

¹ ภาควิชานวัตกรรมสื่อสารและการพัฒนาการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹ Department of Communication Innovation and Agricultural Development, School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

* Corresponding author: 64604025@kmitl.ac.th

ที่พักรวมสำหรับนักท่องเที่ยว ให้บริการในรูปแบบแพ็คเกจ เช่น สอนนักท่องเที่ยวปลูกข้าว ทานอาหารพื้นถิ่น และพักรวมที่ฟาร์มสเตย์ เป็นต้น ซึ่งฟาร์มสเตย์นั้นมีความน่าสนใจในการพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติที่มุ่งเน้นการทำการเกษตรมาสู่การพัฒนาต่อยอดให้กลายเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร ด้านผู้ประกอบการสามารถก่อให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้น ไม่เพียงแต่ขายผลผลิตเพียงอย่างเดียวแต่ยังสร้างรายได้เพิ่มเติมจากการบริการท่องเที่ยวได้ (Office of the National Economic and Social Development Council, 2018) ด้วยเหตุนี้การท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์จึงได้รับความนิยมมากขึ้นในยุคปัจจุบัน

ในปัจจุบันเราปฏิเสธไม่ได้เลยว่าอินเทอร์เน็ตมีความสำคัญในการใช้ชีวิตประจำวันไม่น้อย มีรูปแบบการใช้งานที่หลากหลาย ทั้งด้านการสื่อสาร ด้านการให้ความบันเทิง และด้านการตลาด Electronic Transactions Development Agency [ETDA] (2022) ได้จัดทำ การสำรวจพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ต ปี 2565 จากการสำรวจการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตมากที่สุดรายพื้นที่พบว่าผู้ใช้อินเทอร์เน็ตที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครเป็นเพียงกลุ่มเดียวที่ใช้อินเทอร์เน็ตสูงกว่าค่าเฉลี่ยในภาพรวม และใช้เวลาออนไลน์สูงถึง 10 ชั่วโมง 5 นาทีต่อวัน โดย Yindeechan (2022) กล่าวไว้ว่าเรื่องการสื่อสารการตลาดออนไลน์นั้นมีหลากหลายรูปแบบ เป็นผลมาจากเปลี่ยนไปของพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว กิจวัตรของผู้บริโภคจะมีส่วนร่วมโดยผ่านช่องทางสื่อสังคมออนไลน์มากขึ้น เพราะสื่อออนไลน์นั้นเข้าถึงผู้บริโภคง่ายขึ้น การสื่อสารการตลาดออนไลน์จึงได้รับความนิยมมากขึ้น ในปัจจุบันการสื่อสารการตลาดออนไลน์ที่พบเห็นมีหลากหลายรูปแบบ เช่น การโฆษณาผ่านออนไลน์ การส่งเสริมการขายผ่านออนไลน์ การประชาสัมพันธ์ผ่านออนไลน์ และอื่น ๆ อีกมากมาย ซึ่งการสื่อสารการตลาดออนไลน์ได้ทำการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมนักท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวที่จากเดิมมักจะทำเป็นสื่อสิ่งพิมพ์และคาดหวังให้นักท่องเที่ยวเดินทางไปเห็นสื่อการประชาสัมพันธ์ แต่ในปัจจุบันสื่อโฆษณาผ่านออนไลน์ทำให้เกิดความรวดเร็ว และเข้าถึงนักท่องเที่ยวเป็นวงกว้างไม่ใช่แค่ในบางพื้นที่เหมือนในสมัยก่อน จากนั้นเมื่อเกิดการสื่อสารการตลาดออนไลน์ขึ้นแล้วจะนำไปสู่การรับสารของนักท่องเที่ยว และเกิดการตัดสินใจมาท่องเที่ยวในแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ

ในส่วนของการตัดสินใจของนักท่องเที่ยว Chandit (2009) ได้กล่าวถึงเรื่องของนักท่องเที่ยวที่มีขั้นตอนหลักอยู่ 5 ขั้นตอน ได้แก่ การตระหนักถึงความต้องการของนักท่องเที่ยว การหาข้อมูลในการท่องเที่ยว การประเมินทางเลือกของนักท่องเที่ยว การตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการ และพฤติกรรมหลังการซื้อสินค้าและบริการ เนื่องจากการสื่อสารการตลาดออนไลน์ที่สะดวกรวดเร็วต่อการค้นหาข้อมูลในการท่องเที่ยว ส่งผลให้การประเมินทางเลือกของนักท่องเที่ยวนั้นมีมากยิ่งขึ้น การตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการนั้นอาจเปลี่ยนแปลงไปจากสมัยก่อนที่มีข้อมูลน้อยและตัวเลือกน้อยกว่า ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าในปัจจุบันมีสถานที่ท่องเที่ยวเชิงเกษตรที่น่าสนใจเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากแต่นักท่องเที่ยวจำนวนไม่น้อยที่สามารถเข้าถึง รับรู้ และตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวหรือใช้บริการสถานที่ท่องเที่ยว นั้น ๆ จึงเกิดข้อสมมติฐานว่าปัจจัยต่าง ๆ ในเรื่องการสื่อสารการตลาดออนไลน์ เช่น การโฆษณาผ่านออนไลน์ การประชาสัมพันธ์ผ่านออนไลน์ การส่งเสริมการขายผ่านออนไลน์ การขายโดยบุคคลผ่านออนไลน์ และการตลาดทางตรงผ่านออนไลน์มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์หรือไม่

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเกิดความสนใจในการศึกษาถึงประเด็นเรื่อง “การสื่อสารการตลาดออนไลน์มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ของนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร” โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาการสื่อสารการตลาดออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ของนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร อีกทั้งยังเป็นแนวทางให้แก่ผู้ประกอบการ เจ้าของธุรกิจท่องเที่ยว หรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจการท่องเที่ยว สามารถศึกษาความต้องการของผู้บริโภคและนำไปประยุกต์ใช้กับธุรกิจของตนเองต่อไปได้

วิธีการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงปริมาณ เป็นการศึกษาการสื่อสารการตลาดออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ของนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาและทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำหลากหลายแนวคิดและทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการกำหนดแนวทางดำเนินงาน ได้แก่ แนวคิดด้านประชากรศาสตร์ แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการสื่อสารการตลาดออนไลน์ แนวคิดเกี่ยวกับฟาร์มสเตย์ แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการตัดสินใจ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น Inon (2020) ที่ได้ศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการที่บ้านกลางทุ่งออร์แกนิก ฟาร์มสเตย์ จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ด้านบุคลากรมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการที่พักบ้านกลางทุ่งออร์แกนิกฟาร์มสเตย์ จังหวัดกาญจนบุรี Srikhunarak (2022) ที่ได้ศึกษาเรื่อง การสื่อสารการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้ออาหารทะเลของผู้บริโภค ในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า การขายโดยบุคคลมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้ออาหารทะเลของผู้บริโภค ในเขตกรุงเทพมหานคร

2. กำหนดขนาดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง โดยประชากรในการศึกษาวิจัยนี้ คือ นักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครที่ไม่ทราบจำนวนประชากรทั้งหมดที่แน่นอน จึงใช้สูตรการสุ่มกลุ่มตัวอย่างของโรสโค (Roscoe, 1969) ที่กำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ

ละ 95 ยอมรับให้เกิดความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 จากนั้นทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 400 ตัวอย่าง โดยมีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากการแบ่งเขตในกรุงเทพมหานครจำนวน 50 เขต เป็น 6 กลุ่ม ตามการแบ่งกลุ่มปฏิบัติงานของเขต (Office of the Permanent Secretary for the Bangkok Metropolitan Administration, 2009) ที่มีการแบ่งเขตให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่ เศรษฐกิจ สังคม และวิถีการดำรงชีวิตของประชาชนโดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มกรุงเทพมหานครกลาง มีจำนวน 9 เขต กลุ่มกรุงเทพใต้ มีจำนวน 10 เขต กลุ่มกรุงเทพเหนือ มีจำนวน 7 เขต กลุ่มกรุงเทพตะวันออก มีจำนวน 9 เขต กลุ่มกรุงเทพมหานครเหนือ มีจำนวน 8 เขต และกลุ่มกรุงเทพมหานครใต้ มีจำนวน 7 เขต และทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบตามสะดวก (Convenience Sampling)

3. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล การทำวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการตรวจสอบความเที่ยง (Reliability) และความตรง (Validity) ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความตรงของแบบสอบถามโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เพื่อหาค่าความตรงโดยใช้แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากนั้นจึงได้นำไปทดสอบความเที่ยงของแบบสอบถามโดยการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มประชากรจำนวน 30 คน ได้ค่า Cronbach's Alpha = 0.730

4. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง 400 ตัวอย่าง โดยมีการให้กลุ่มตัวอย่างระบุเขตที่พักอาศัย และมีความสนใจท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ เพื่อเป็นเกณฑ์การคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง

5. การวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยจากแบบสอบถามด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D.) และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ส่วนที่ 1 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม จากผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร 400 คน มีเพศหญิงตอบแบบสอบถามมากที่สุด จำนวน 193 คน (ร้อยละ 48.3) มีช่วงอายุอยู่ที่ 26-35 ปี จำนวน 121 คน (ร้อยละ 30.3) มีรายได้ส่วนมากเฉลี่ย 30,001 – 50,000 บาทต่อเดือน จำนวน 160 คน (ร้อยละ 40.0) และมีระดับการศึกษาปริญญาตรี/ปวส จำนวน 298 คน (ร้อยละ 74.5) โดยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพพนักงาน/บริษัทเอกชน จำนวน 236 คน (ร้อยละ 59.0) และส่วนใหญ่เป็นนักท่องเที่ยวที่ให้ความสนใจแต่ยังไม่เคยไปท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ จำนวน 233 คน (ร้อยละ 58.3)

ส่วนที่ 2 การสื่อสารการตลาดออนไลน์ ผลจากการศึกษาพบข้อมูลในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

Table 1 Opinion with online marketing communication in farmstay

Ranking	Items	Statistical Value		Meaning
		$\bar{X}$	S.D.	
1	Online Advertising	4.40	0.598	highest
2	Online Sales Promotion	4.46	0.660	highest
3	Online Personal Selling	4.51	0.507	highest
4	Online Direct Marketing	4.51	0.550	highest
5	Online Public Relations	4.55	0.487	highest
	Total Average	4.48	0.560	highest

4.21-5.00 = highest; 3.41-4.20 = high; 2.61-3.40 = moderate; 1.81-2.60 = low; 1.00-1.80 = lowest.

จาก Table 1 การให้ความสำคัญด้านการสื่อสารการตลาดออนไลน์ พบว่า นักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครในปัจจุบันให้ความสำคัญในด้านการสื่อสารการตลาดออนไลน์โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.48 (S.D. = 0.560) เมื่อนำมากระจายในแต่ละประเด็นจะสามารถเรียงลำดับได้ดังนี้ ความสำคัญด้านการสื่อสารการตลาดออนไลน์ที่อยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ด้านการประชาสัมพันธ์ออนไลน์ มีค่าเฉลี่ย 4.55 (S.D. = 0.487) ด้านการตลาดทางตรงออนไลน์และด้านการขายโดยบุคคลออนไลน์ มีค่าเฉลี่ย 4.51 เท่ากัน (S.D. = 0.507 และ 0.550) ตามลำดับ ด้านการส่งเสริมการขายออนไลน์ มีค่าเฉลี่ย 4.46 (S.D. = 0.660) และด้านการโฆษณาออนไลน์มีค่าเฉลี่ย 4.40 (S.D. = 0.598)

ส่วนที่ 3 การตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ ผลจากการศึกษาพบข้อมูลในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

Table 2 Opinion with travelling decision on farm stay agritourism

Ranking	Items	Statistical Value		Meaning
		$\bar{x}$	S.D.	
1	Do you believe you'll decide traveling in farm stay agritourism?	4.42	0.735	highest
2	Do you think that before you choose farm stay agricultural tourism? You will search for information on the internet or ask people nearby.	4.48	0.637	highest
3	Do you think you're interested and desire traveling in farm stay agritourism?	4.51	0.672	highest
4	After traveling there, do you believe you'll share your farmstay agritourism experience with others on online media, such reviews on Facebook, Instagram, Line, and other platforms?	4.52	0.701	highest
5	Do you anticipate doing research and comparing options before choosing an agritourism farm stay?	4.58	0.644	highest
Total Average		4.50	0.677	highest

4.21-5.00 = highest; 3.41-4.20 = high; 2.61-3.40 = moderate; 1.81-2.60 = low; 1.00-1.80 = lowest.

จาก Table 2 การตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ พบว่า นักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครในปัจจุบันให้ความสำคัญเกี่ยวกับการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.50 (S.D. = 0.677) เมื่อนำมากระจายในแต่ละประเด็นจะสามารถเรียงลำดับได้ดังนี้ การตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ทุกประเด็นอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ท่านคิดว่าตนเองจะมีการค้นหาเปรียบเทียบข้อมูลก่อนตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ มีค่าเฉลี่ย 4.58 (S.D. = 0.644) ท่านคิดว่าตนเองจะบอกต่อประสบการณ์การท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์แก่บุคคลอื่นหลังจากการท่องเที่ยวผ่านสื่อออนไลน์ เช่น ทีวีบน Line Facebook Instagram และสื่อออนไลน์อื่น ๆ เป็นต้น มีค่าเฉลี่ย 4.52 (S.D. = 0.701) ท่านคิดว่าตนเองมีความสนใจและอยากท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ มีค่าเฉลี่ย 4.51 (S.D. = 0.672) ท่านคิดว่าก่อนที่ตนเองจะเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ ท่านจะค้นหาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตหรือสอบถามจากคนใกล้ตัว มีค่าเฉลี่ย 4.48 (S.D. = 0.637) และท่านคิดว่าตนเองจะตัดสินใจท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ มีค่าเฉลี่ย 4.42 (S.D. = 0.735)

ส่วนที่ 4 การสื่อสารการตลาดออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ของคนกรุงเทพมหานคร โดยมีสมมติฐานดังต่อไปนี้

H₀ การสื่อสารการตลาดออนไลน์ไม่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ของคนกรุงเทพมหานคร

H₁ การสื่อสารการตลาดออนไลน์มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ของคนกรุงเทพมหานคร โดยผลการทดสอบทางสถิติ มีดังต่อไปนี้

จาก Table 3 การแสดงค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ด้านการสื่อสารการตลาดออนไลน์กับการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ พบว่า ทุกตัวแปรมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ในลักษณะไปในทางเดียวกัน โดยแยกพิจารณาเป็นรายคู่ ด้านการตลาดทางตรงออนไลน์กับการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด โดยมีความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง (r=0.667) รองลงมาคือด้านการขายโดยบุคคลออนไลน์กับการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง (r=0.639) ด้านการโฆษณาออนไลน์กับการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์โดยมีความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง (r=0.633) ด้านการส่งเสริมการขายออนไลน์กับการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง (r=0.597) และด้านการประชาสัมพันธ์ออนไลน์กับการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง (r=0.589)

Table 3 Opinion pearson correlations of online marketing communication in farmstay

		Travailing Decisions
Online Advertising	Pearson Correlation	0.633**
	Sig. (2-tailed)	0.000
	N	400
Online Public Relations	Pearson Correlation	0.589**
	Sig. (2-tailed)	0.000
	N	400
Online Sales Promotion	Pearson Correlation	0.597**
	Sig. (2-tailed)	0.000
	N	400
Online Personal Selling	Pearson Correlation	0.639**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	400
Online Direct Marketing	Pearson Correlation	0.667**
	Sig. (2-tailed)	0.000
	N	400

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ซึ่งสรุปได้ว่าการสื่อสารการตลาดออนไลน์มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการสื่อสารการตลาดออนไลน์กับการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ผู้วิจัยสามารถสรุปผลได้ดัง Table 4

Table 4 Opinion Pearson correlations of travelling decision on farm stay agritourism

Online marketing Communication	Online Advertising	Online Public Relations	Online Sales Promotion	Online Personal Selling	Online Direct Marketing	Travailing Decision
Online Advertising	-	0.601**	0.468**	0.590**	0.517**	0.633**
Online Public Relations		-	0.539**	0.603**	0.559**	0.589**
Online Sales Promotion			-	0.550**	0.597**	0.597**
Online Personal Selling				-	0.600**	0.639**
Online Direct Marketing					-	0.667**
Travelling decision						-

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ตัวแปรอิสระทุกตัวมีผลลัพธ์ต่อความสัมพันธ์ระหว่างกันในเชิงบวกโดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไม่เกิน 0.80 ให้ความหมายว่าพบความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงของตัวแปรอิสระทุกตัว จึงไม่ส่งผลให้เกิดปัญหาและนำตัวแปรทุกตัวไปใช้ในการพยากรณ์การตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ได้

พบว่า ได้ค่าสถิติทดสอบ F เท่ากับ 123.847 และค่า Sig. มีค่า 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับ นัยสำคัญ ($\alpha = 0.01$) สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และทำการยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) จึงอธิบายได้ว่าปัจจัยการสื่อสารการตลาดมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จึงนำไปสร้างเป็นสมการพยากรณ์เชิงเส้นตรง พบว่า สามารถอธิบายความผันแปรของการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ได้ร้อยละ 61.1 ($R^2 = 0.611$) ซึ่งตัวแปรที่นำมาเพื่อทำการพยากรณ์ประกอบด้วย ค่าคงที่ (Constant) การสื่อสารการตลาดออนไลน์ ด้านการโฆษณาออนไลน์

การประชาสัมพันธ์ออนไลน์ การขายโดยบุคคลออนไลน์ การส่งเสริมการขายออนไลน์ และการตลาดทางตรงออนไลน์โดยมีความสัมพันธ์กันในระดับมากที่สุด ($R = 0.782$)

Table 5 Anova of online marketing communications influences decision making on farm stay agritourism of tourists living in Bangkok

	Model	Σ^2	df	$\bar{X}^2$	F	Sig.
1	Regression	63.315	5	12.663	123.847	0.000 ^b
	Residual	40.285	394	0.102		
	Total	103.600	399			

a. Dependent Variable: Travailing Decisions

b. Predictors: (Constant), Online Advertising, Online Public Relations, Online Sales Promotion, Online Personal Selling and Online Direct Marketing

Table 6 Model summary of online marketing communications influences decision making on farm stay agritourism of tourists living in Bangkok

Model	R	R^2	R^2 Adj	SEE
1	0.782 ^a	0.611	0.606	0.31976

a. Predictors: (Constant), Online Advertising, Online Public Relations, Online Sales Promotion, Online Personal Selling and Online Direct Marketing

Table 7 Coefficients of Online Marketing Communications Influences Decision Making on Farm Stay Agritourism of Tourists Living in Bangkok

Model	Unstandardized Coefficients			Standardized Coefficients	t	Sig.
	β	SE		β		
1	(Constant)	0.599	0.168		3.572	0.000
	Online Advertising	0.217	0.036	0.255	5.975	0.000
	Online Public Relations	0.084	0.047	0.080	1.793	0.074
	Online Sales Promotion	0.130	0.032	0.168	3.991	0.000
	Online Personal Selling	0.178	0.046	0.178	3.908	0.000
	Online Direct Marketing	0.262	0.041	0.283	6.417	0.000

a. Dependent Variable: Travailing Decisions

พบว่า ดังนั้นจึงนำทั้งค่าคงที่ (Constant) ตัวแปรการตลาดทางตรงออนไลน์ การโฆษณาออนไลน์ การขายโดยบุคคลออนไลน์ และการส่งเสริมการขายออนไลน์ สามารถอธิบายร่วมกันจากความผันแปรของการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จึงมาสร้างเป็นสมการคำนวณพยากรณ์เชิงเส้นตรง โดยตัวแปรการตลาดทางตรงออนไลน์ สามารถอธิบายการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ได้เป็นอันดับหนึ่ง ($\beta = 0.283$) ตัวแปรการโฆษณาออนไลน์ สามารถอธิบายการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ได้เป็นอันดับรองลงมา ($\beta = 0.255$) ตัวแปรการขายโดยบุคคลออนไลน์ สามารถอธิบายการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์เป็นอันดับรองลงมา ($\beta = 0.178$) และตัวแปรการส่งเสริมการขายออนไลน์ สามารถอธิบายการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ได้เป็นอันดับสุดท้าย ($\beta = 0.168$)

โดยสรุป การวิเคราะห์ปัจจัยการสื่อสารการตลาด พบว่า การตลาดทางตรงออนไลน์ การโฆษณาออนไลน์ การขายโดยบุคคลออนไลน์ และการส่งเสริมการขายออนไลน์มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์โดยสามารถร่วมกัน

อธิบายความผันแปรของการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ได้ที่ร้อยละ 61.1 ($R^2 = 0.611$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งสามารถสร้างสมการพยากรณ์เชิงเส้นตรงได้ดังนี้

$$Y = 0.599 + 0.262X_1 + 0.217X_2 + 0.178X_3 + 0.130X_4$$

X_1 = การตลาดทางตรงออนไลน์
 X_2 = การโฆษณาออนไลน์
 X_3 = การขายโดยบุคคลออนไลน์
 X_4 = การส่งเสริมการขายออนไลน์

จากสมการสามารถอธิบายการสื่อสารการตลาดออนไลน์ซึ่งมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ได้ กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของการตลาดทางตรงออนไลน์ การโฆษณาออนไลน์ การขายโดยบุคคลออนไลน์ และการส่งเสริมการขายออนไลน์มีอิทธิพลให้เกิดการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์เพิ่มมากยิ่งขึ้น

ดังนั้น จากผลการศึกษาได้ชี้ให้เห็นว่า การตลาดทางตรงผ่านออนไลน์ การโฆษณาผ่านออนไลน์ การขายโดยบุคคลผ่านออนไลน์ และการส่งเสริมการขายผ่านออนไลน์มีอิทธิพลให้เกิดการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ ซึ่งเป็นอิทธิพลของสื่อออนไลน์ที่มีต่อการตัดสินใจท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ ที่มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tammarugee (2021) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง การสื่อสารการตลาดเพื่อการท่องเที่ยวชุมชนบ้านน้ำเขียวจังหวัดตราด ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า นักท่องเที่ยวให้ความสำคัญกับการสื่อสารการตลาดผ่านสื่อออนไลน์มากที่สุดเป็นอันดับแรก (ค่าเฉลี่ย 4.47 S.D.=0.02) เนื่องจากเป็นช่องทางที่สะดวกในการได้รับข้อมูล ติดต่อสอบถาม และการจองทริปท่องเที่ยว ตามพฤติกรรมนักท่องเที่ยวในปัจจุบันที่นิยมใช้สื่อออนไลน์เป็นเครื่องมือสำคัญของการสืบค้นข้อมูลการท่องเที่ยว จึงทำการสื่อสารการตลาดในสื่อออนไลน์ช่วยตอบวัตถุประสงค์ในการเพิ่มจำนวนนักท่องเที่ยวในพื้นที่ของชุมชนได้เป็นอย่างดี และเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Tangtenglam (2021) ที่พบว่าสื่อสังคมออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกการท่องเที่ยวเชิงอาหารในประเทศไทยโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน อีกทั้งในรายด้านผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าด้านการตลาดทางตรงผ่านออนไลน์มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ของนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร เช่น ฟาร์มสเตย์จัดส่งรายการสินค้าใหม่ ๆ หรือโปรโมชั่นมาให้นักท่องเที่ยวโดยตรง เป็นต้น เป็นสิ่งที่มีแนวโน้มที่สำคัญต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ มีความเหมือนกับงานวิจัยของ Tammarugee (2021) และ Suwannapusit et al., (2023) ที่ชี้ให้เห็นว่าการตลาดทางตรงจะทำให้วิสาหกิจท่องเที่ยวชุมชนสามารถสื่อสารกับนักท่องเที่ยวแต่ละคนได้โดยตรง ทำให้ทราบถึงอารมณ์ ความรู้สึก และความต้องการของนักท่องเที่ยว อีกทั้งยังสามารถรวบรวมข้อมูลเพื่อวางแผนการสื่อสารการตลาดที่สอดคล้องกับความต้องการของนักท่องเที่ยวได้มากยิ่งขึ้น แต่หากใช้การตลาดทางตรงมากเกินไปอาจจะทำให้นักท่องเที่ยวรู้สึกถูกกดดันซึ่งอาจจะส่งผลในด้านลบได้

ด้านการโฆษณาออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ของนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร เช่น การโฆษณาผ่านออนไลน์ทำให้ฟาร์มสเตย์มีความน่าสนใจ เข้าถึงนักท่องเที่ยว และมีแรงจูงใจให้มาท่องเที่ยว เป็นต้น มีความใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Tansuhaj (2023) ที่พบว่าโฆษณาผ่านออนไลน์มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ชุมชน รวมถึงทำให้ทราบว่านักท่องเที่ยวมักทำการค้นหาข้อมูลเบื้องต้นก่อนทำการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยว และเห็นโฆษณาผ่านสื่อออนไลน์ได้มากขึ้นเป็นวงกว้าง

ด้านการขายโดยบุคคลออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ของนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร เช่น พนักงานให้ข้อมูลผ่านช่องทางออนไลน์แทนการค้นหาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต เป็นต้น มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Deeprasert and Yimprasert (2023) ได้กล่าวถึง บุคคลหรือชุมชน“ชุมชนเจ้าบ้านที่ดี” เริ่มจากคนในชุมชนที่ตระหนักว่าการท่องเที่ยวชุมชนนั้นเป็นเครื่องมือของการเผยแพร่วัฒนธรรม ภูมิปัญญาขนบธรรมเนียมประเพณีของท้องถิ่น และวิถีชีวิตของผู้นในชุมชนต่อนักท่องเที่ยวที่ตัดสินใจเลือกท่องเที่ยว

ด้านการส่งเสริมการขายออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ของนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร เช่น การลดแลกแจกแถม และสิทธิพิเศษ เป็นต้น มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nawaloy and Chandavimol (2022) ได้กล่าวไว้ว่า การส่งเสริมการขายส่งผลต่อระยะเวลาเฉลี่ยในการพัก อาจเป็นผลจากการจัดกิจกรรมส่งเสริมการขายผ่านสังคมออนไลน์ รวมถึงการให้ส่วนลดสำหรับสมาชิกและการยกเลิกการจองห้องพักโดยไม่เสียค่าธรรมเนียมที่เป็นปัจจัยกระตุ้นการตัดสินใจใช้บริการภายในระยะเวลาอันรวดเร็วและการได้ราคาห้องพักที่ถูกลง และอาจส่งผลให้ระยะเวลาเฉลี่ยในการพักเพิ่มขึ้น

แต่ในด้านการประชาสัมพันธ์ออนไลน์ที่ไม่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ของนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร จึงทำให้สะท้อนภาพของการประชาสัมพันธ์ที่สามารถสร้างการรับรู้และภาพลักษณ์ให้นักท่องเที่ยวได้ แต่ในบางกรณีอาจไม่นำไปสู่การตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ของนักท่องเที่ยวได้ โดย Phuksawat and Sattruji (2013) และ Suwannaput et al. (2023) ได้กล่าวถึงการประชาสัมพันธ์ภายใต้กระแสสังคมออนไลน์ไว้ว่า สื่อสังคมออนไลน์เป็นสื่อที่ได้รับความนิยมในงานประชาสัมพันธ์และมีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังมีแนวโน้มว่าจะได้รับความนิยมสูงขึ้นในอนาคต องค์การใช้สื่อสังคมออนไลน์ในการประชาสัมพันธ์องค์กร สินค้า และการบริการเพื่อช่วยเสริมสื่อประชาสัมพันธ์แบบดั้งเดิมให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ดังนั้น การประชาสัมพันธ์ออนไลน์ถึงแม้ไม่ได้นำไปสู่การตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์แต่ยังคงมีบทบาทในการสร้างการรับรู้และภาพลักษณ์ที่ดีให้แก่แหล่งท่องเที่ยวแต่ละแห่งได้เช่นเดียวกัน

ดังนั้น ผู้ประกอบการธุรกิจฟาร์มสเตย์หรือธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวเชิงเกษตรควรวางแผนการสื่อสารการตลาดออนไลน์ที่มีการบูรณาการเครื่องมือการสื่อสารการตลาดในรูปแบบต่าง ๆ ให้สามารถหนุนเสริมการสื่อสารการตลาดที่มุ่งไปยังกลุ่มเป้าหมายที่เป็นกลุ่มนักท่องเที่ยวที่มีความสนใจและเคยไปท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ และกลุ่มนักท่องเที่ยวที่มีความสนใจแต่ยังไม่เคยไปท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการสื่อสารการตลาดออนไลน์ซึ่งมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ของนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร 400 คน มีเพศหญิงตอบแบบสอบถามมากที่สุด (ร้อยละ 48.3) ค่าเฉลี่ยของช่วงอายุอยู่ที่ 26-35 ปี (ร้อยละ 30.3) มีรายได้ส่วนมากเฉลี่ย 30,001 – 50,000 บาทต่อเดือน (ร้อยละ 40.0) มีระดับการศึกษาปริญญาตรี/ปวส จำนวน 298 คน (ร้อยละ 74.5) และประกอบอาชีพพนักงาน/บริษัทเอกชน (ร้อยละ 59.0) และส่วนใหญ่เป็นนักท่องเที่ยวที่ให้ความสนใจแต่ยังไม่เคยไปท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ (ร้อยละ 58.3)

การให้ความสำคัญด้านการสื่อสารการตลาดออนไลน์ พบว่า นักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครให้ความสำคัญในด้านการสื่อสารการตลาดออนไลน์โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งหากพิจารณารายด้านยังพบว่าในทุกด้านมีค่าเฉลี่ยในระดับมากที่สุดเช่นกัน ได้แก่ ด้านการประชาสัมพันธ์ออนไลน์ (ค่าเฉลี่ย 4.55 $S.D.$ = 0.487) ด้านการตลาดทางตรงออนไลน์และด้านการขายโดยบุคคลออนไลน์ (ค่าเฉลี่ย 4.51 เท่ากัน $S.D.$ = 0.550 และ 0.507 ตามลำดับ) ด้านการส่งเสริมการขายออนไลน์ (ค่าเฉลี่ย 4.46 $S.D.$ = 0.660) และด้านการโฆษณาออนไลน์ (ค่าเฉลี่ย 4.40 $S.D.$ = 0.598)

การตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ พบว่า นักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครให้ความสำคัญเกี่ยวกับการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งหากพิจารณารายด้านยังพบว่าทุกระดับของการตัดสินใจอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน ได้แก่ การค้นหาเปรียบเทียบข้อมูลก่อนตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ (ค่าเฉลี่ย 4.58 $S.D.$ = 0.644) การบอกต่อประสบการณ์การท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์แก่บุคคลอื่นภายหลังจากการท่องเที่ยวผ่านสื่อออนไลน์ เช่น ทีวีบน Line Facebook Instagram และสื่อออนไลน์อื่นๆ เป็นต้น (ค่าเฉลี่ย 4.52 $S.D.$ = 0.701) ความสนใจและอยากท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ (ค่าเฉลี่ย 4.51 $S.D.$ = 0.672) ก่อนการเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ จะค้นหาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตหรือสอบถามจากคนใกล้ชิด (ค่าเฉลี่ย 4.48 $S.D.$ = 0.637) และการตัดสินใจท่องเที่ยวเชิงเกษตรในรูปแบบฟาร์มสเตย์ (ค่าเฉลี่ย 4.42 $S.D.$ = 0.735)

จากการทดสอบสมมติฐาน พบว่า การสื่อสารการตลาดออนไลน์ ได้แก่ การตลาดทางตรงออนไลน์ การโฆษณาออนไลน์ การขายโดยบุคคลออนไลน์ และการส่งเสริมการขายออนไลน์ มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกท่องเที่ยวเชิงเกษตรรูปแบบฟาร์มสเตย์ของนักท่องเที่ยวกรุงเทพมหานครอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม การตั้งสมมุติฐาน การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดสอบเครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล การวิพากษ์วิจารณ์ผล และการมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: ศิวัช ยอดแก้ว, พัชรา เอี่ยมกิจการ สบายใจ.

เอกสารอ้างอิง

- Chandit, W. (2009). **The Behavior and Satisfaction of Thai Tourists in the Amphawa Floating Market Case Study, Samut Songkhram Province**. Master's Thesis. Bangkok University. (in Thai).
- Deeprasert, J., & Yimprasert, U. (2023). Modern marketing communication for sustainable tourism in Koh Lad E Tan Community. **Journal of Humanities and Social Sciences Nakhon Phanom University**, 13(1), 88-101. (in Thai).
- Electronic Transactions Development Agency [ETDA]. (2022). **Thailand Internet User Behavior 2022**. Retrieved from: <https://www.etda.or.th/th/Useful-Resource/documents-for-download.aspx?page=5>. (in Thai).
- Inon, P. (2020). **Factors Influencing Decision on Farm Stay at Baan Klang Thung Organics Farm Stay Kanchanaburi**. Master's Thesis. Bangkok University. (in Thai).
- Office of the National Economic and Social Development Council. (2018). **The Thirteenth National Economic and Social Development Plan (2023-2027)**. Retrieved from: https://www.nesdc.go.th/nesdb_en/ewt_dl_link.php?nid=4500. (in Thai).
- Office of the Permanent Secretary for the Bangkok Metropolitan Administration. (2009). **Division of Administrative Areas of Bangkok**. Retrieved from: https://office2.bangkok.go.th/ard/?page_id=4048. (in Thai).
- Nawaloy, C., & Chandavimol, N. (2022). Integrated marketing communication influencing accommodation booking behavior via online Travel Agencies of Thai Tourists in Khaolak, Phang-nga Province. **Al-Hikmah Journal FTU**, 12(23), 33-50.
- Phuksawat, A., & Sattruji, K. (2013). Public relations under social media trends. **Journal of Public Relations and Advertising**, 6(2), 24-38. (in Thai).
- Roscoe, John T. (1969). **Fundamental Research Statistics for the Behavioral Sciences**. Retrieved from: <https://shorturl.asia/WesPM>. (in Thai).
- Srikhunarak, N. (2022). **Marketing Communication Affecting Bangkok Consumer's Decision on Seafood**. Master's Thesis. Prince of Songkhla University. (in Thai).
- Suwannaputit, U., Kaewwinud, N., Tarinee Meecharoen, T., & Chayomchai, A. (2023). The Supply Chain of Experience Tourism along the Chi River Basin, from Buriram to Surin Province. **Journal of Humanities and Social Sciences Mahasarakham University**, 42(4), 659-673. (in Thai).
- Tammarugee, K. (2021). **Marketing Communication for Community Tourism at Ban Nam Chiao, Trat Province**. Master's Thesis. Rambhai Barni Rajabhat University. (in Thai).
- Tangtenglam, S. (2021). The influence of social media on the decision making for gastronomic tourism in Thailand. **HUSO Journal of Humanities and Social Sciences**, 5(1), 37-55. (in Thai).
- Tansuhaj, N. (2023). The factor of online marketing communication towards community products at Monpin Subdistrict, Fang District Chiang Mai Province. **Journal Of Management Science Thonburi Rajabhat University**, 5(2), 39-51. (in Thai).
- Yindeechan, P. (2022). **Online Marketing Communication of Restaurant Businesses in Chanthaburi Province**. Master's Thesis. Rambhai Barni Rajabhat University. (in Thai).

การพัฒนาแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี

Development of an Interactive E-Book Model on Zephyrlily Flowers Gardener's for Undergraduate Students

กฤตกร ท่าดี^{1*} และรัตตมา รัตนวงศ์¹Krittakorn Thamdi^{1*} and Rattama Rattanawongsa¹

Received date: 8 มิ.ย. 67 Revised date: 22 ก.ย. 67 Accepted date: 26 ก.ย. 67

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.018>

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนารูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี 2) เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี และ 3) เพื่อนำเสนอรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี จากกลุ่มตัวอย่างที่ คือ นักศึกษาวิชาหลักการไม้ดอกไม้ประดับ (Principles of ornamental plants) จำนวน 51 คน จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ แบบทดสอบการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน และแบบประเมินรับรองรูปแบบฯ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการใช้สถิติพรรณนา ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบ T-test ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ฯ ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การเชื่อมโยงหลายมิติ 2) โครงสร้างของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 3) มัลติมีเดีย 4) เนื้อหา 5) ห้องเรียนออนไลน์ ผลการทดลองใช้รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ฯ พบว่า ผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนความเข้าใจ เรื่องการปลูกบัวดินหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ฯ พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 4.58$, S.D. = 0.52 โดยค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ด้านลักษณะทั่วไปของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ มีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 4.72$, S.D. = 0.44 ด้านภาพประกอบ สัญลักษณ์ มีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 4.58$, S.D. = 0.51 และด้านสื่อมัลติมีเดีย มีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.62 ได้รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เพื่อเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้สอนกลุ่มไม้ดอกไม้ประดับ และเป็นแนวทางสำหรับผู้สอนด้านการเกษตร ในการนำรูปแบบมาใช้ในการพัฒนานักศึกษาด้านการเกษตร

คำสำคัญ: หนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ การเรียนการสอน บัวดิน

Abstract

This research aims to 1) develop an interactive electronic book model, 2) study the effects of using the interactive electronic book model, and 3) present the interactive electronic book model. The experimental sample for developing the interactive electronic book model included three technology experts and three ornamental plant experts, selected through the purposive sampling method. The user group for testing the model comprised 51 students of the principles the ornamental plants. Research tools included the interactive electronic book, pre- and post-learning tests, and a model evaluation form. Data were analyzed using descriptive statistics, mean, standard deviation, and the t-test. The study found that the developed interactive electronic book model consists of five components: 1) multidimensional linkage, 2) structural design of the book, 3) multimedia, 4) content, and 5) online classroom. The experiment showed a statistically significant increase in students' average understanding scores on planting pink rain lilies after learning, with a high overall satisfaction level towards the interactive electronic book model, achieving an average satisfaction score of ($\bar{X} = 4.58$, SD = 0.52), with the highest averages in the general characteristics of the book ($\bar{X} = 4.72$, SD = 0.44), illustrations, symbols, colors ($\bar{X} = 4.58$, SD = 0.51), and multimedia ($\bar{X} = 4.56$, SD = 0.62)

Keywords: interactive electronic book, Education, zephyrlily

¹ ภาควิชาวนวัตกรรมสื่อสารและการพัฒนาการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹ Department of Communication Innovation and Agricultural Development, School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

* Corresponding author: email: 65046001@kmitl.ac.th

คำนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้เติบโตอย่างรวดเร็ว และเข้ามามีบทบาทและส่งผลให้ประสิทธิภาพการรับส่งข่าวสารเป็นไปอย่างรวดเร็วและกว้างขวาง (Sanguanpunyasiri, 2020) ทุกหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนก็นำเทคโนโลยีมาใช้ในองค์กร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพให้กับองค์กรและบุคลากร ซึ่งระบบการศึกษานำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับระบบการศึกษามากขึ้น โดยเฉพาะสื่อประกอบการเรียนการสอนรูปแบบดิจิทัล ผู้เรียนสามารถศึกษาและเรียนด้วยตัวผู้เรียนเอง จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 หมวดที่ 9 ระบุไว้ว่า รัฐควรส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการพัฒนาหนังสือเรียน และเทคโนโลยีให้มีการพัฒนาบุคลากรในด้านผู้ผลิตและผู้ใช้เพื่อการศึกษาเพื่อให้ความรู้ ความสามารถและทักษะในการผลิต นั้นต้องใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนมีสิทธิได้รับการพัฒนาขีดความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองได้อย่างต่อเนื่อง (Ministry of Education., 2003) การใช้เครื่องมือด้วยเทคโนโลยี ที่ใช้ในสื่อการเรียนการสอน ช่วยเพิ่มความสนใจในการเรียน ผู้เรียนได้รับความรู้อย่างทั่วถึงจึงทำให้เกิดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์หรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้สามารถครอบคลุมความรู้ของผู้เรียน จึงทำให้เกิดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์หรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ (Khaemani, 2011)

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ Electronic book (E-book) เป็นการใช้เทคโนโลยีร่วมกับการเรียนการสอนที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย เป็นการนำสื่อสิ่งพิมพ์ที่เป็นหนังสือเข้าไปอยู่ในรูปแบบของดิจิทัลประกอบไปด้วยข้อความ เสียง รูปภาพและภาพเคลื่อนไหว วิดีโอและสื่อมัลติมีเดียต่างๆ เพื่อลดข้อจำกัดจากการอ่านหนังสือทั่วไป สามารถอ่านได้ด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศต่างๆ (Seangpongsanon, 2011) ซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนรู้อย่างอิสระ ได้ทุกที่ทุกเวลา สามารถศึกษาบทเรียนซ้ำในกรณีที่ผู้เรียนไม่เข้าใจเนื้อหาที่เรียน เพื่อสร้างแรงจูงใจ และสนใจสื่อที่อยู่ในหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (Sanguanpunyasiri, 2020) หนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ (Interactive E-book) เป็นรูปแบบที่ใช้การมีส่วนร่วมกันระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน สามารถโต้ตอบกับบทเรียนได้ ผู้เรียนสามารถศึกษาบทเรียนซ้ำได้ตามความต้องการเพื่อให้เกิดเรียนรู้ด้วยตัวผู้เรียนเอง ข้อมูลที่อ่านสามารถเชื่อมโยงไปยังอีกที่หนึ่งได้ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์สามารถช่วยให้เกิดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนสูงสุด (Khlaissang, 2012) ดังนั้นหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์สามารถนำมาใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอน ด้วยคุณลักษณะของหนังสือเรียนที่ผู้เรียนสามารถโต้ตอบระหว่างบทเรียนได้

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร ภูมิอากาศของประเทศจึงมีลักษณะแบบร้อนชื้น ไม้ดอกไม้ประดับส่วนใหญ่จึงเป็นไม้ดอกไม้ประดับเขตร้อน แต่สามารถปลูกไม้ดอกไม้ประดับเขตหนาวได้บ้างในบางพื้นที่ ซึ่งปริมาณที่ปลูกได้ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศ จึงมีการนำเข้าไม้ดอกไม้ประดับเขตหนาวเข้ามาเช่นกัน บัวดินก็เป็นพืชเศรษฐกิจตัวใหม่ที่อยู่ในกลุ่มไม้ดอกไม้ประดับที่สำคัญทางเศรษฐกิจ (Kittithanawat, 2020) บัวดินเป็นไม้ดอกประเภทหัวที่มีแหล่งกำเนิดในพื้นที่เขตร้อนชื้นและกึ่งร้อนชื้นที่ทวีปอเมริกาเหนือ และทวีปอเมริกาใต้ รวมทั้งหมู่เกาะในทะเลแคริบเบียน บัวดินเป็นพืชที่ดอกมีสีสันสดใส ดอกมีขนาดใหญ่ และออกดอกพร้อมกันในช่วงฤดูฝน จึงนิยมปลูกเป็นไม้ประดับแปลง ในปัจจุบันมีผู้สนใจนำมาปลูกเป็นไม้กระถางประดับกระเบื้องห้องพักในอาคารชุดมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์ที่ดอกมีกลิ่นหอม ซึ่งมักบานในช่วงกลางคืน (Wannakrairoj, 2022) ซึ่งบางพันธุ์มีราคาหัวพันธุ์สูง บางพันธุ์ออกดอกยาก แต่เป็นพืชที่สามารถปลูกได้ง่ายและเก็บรักษาหัวพันธุ์ได้นาน อีกทั้งตลาดมีความต้องการอย่างต่อเนื่อง จึงควรมีการให้ข้อมูลความรู้ให้ครอบคลุม เพื่อสามารถรู้และเข้าใจบัวดินมากยิ่งขึ้น (Phuyodying and Timthong, 2020)

การเรียนการสอนรายวิชาหลักการไม้ดอกไม้ประดับ (Principles of ornamental plants) เป็น รายละเอียดวิชาที่สอนเกี่ยวกับประวัติวิวัฒนาการทางด้านพืชสวนประดับ ความสำคัญของไม้ดอกไม้ประดับ การจำแนก การเจริญเติบโต เทคนิคในการผลิต และการใช้ประโยชน์ ซึ่งในรายวิชานี้ขาดสื่อการเรียนการสอนของไม้ดอกไม้ประดับ จากการศึกษาสื่อที่ให้ความรู้เรื่องการปลูกบัวดินนั้นมีน้อย มีเนื้อหาไม่ละเอียดและให้ความรู้ที่ไม่ถูกต้องครบสมบูรณ์ ซึ่งมีความต้องการสื่อที่สามารถทำให้บทเรียนและผู้เรียนนั้นมีส่วนร่วมกัน สามารถโต้ตอบระหว่างบทเรียน เรื่องการปลูกบัวดิน ดังนั้นเพื่อให้เกิดการเรียนรู้แบบยั่งยืนผู้วิจัยได้มีแนวคิดการพัฒนาแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน เป็นสื่อที่ใช้ในการเรียนการสอนของรายวิชา เพื่อที่จะทำให้นักศึกษาวิชาหลักการไม้ดอกไม้ประดับ (Principles of ornamental plants) รับรู้และเข้าใจได้อย่างชัดเจน

วิธีการศึกษา

การวิจัยเรื่องนี้เป็นการศึกษาและพัฒนา (Research & Development) รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ 1) เพื่อพัฒนารูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ 2) เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ และ 3) เพื่อนำเสนอรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ ผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนารูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน

การวิจัยขั้นตอนนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ส่วนของเนื้อหาเรื่องการปลูกบัวดิน

1.1) ศึกษาและรวบรวมเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องการปลูกบัวดิน โดยศึกษาเกี่ยวกับเนื้อหาจากเอกสารทางวิชาการ ตำราเรียน เพื่อให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของรายวิชาหลักการไม้ดอกไม้ประดับ

1.2) นำข้อมูลสาระสำคัญที่ได้จากการศึกษา การวิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลเรื่องการปลูกบัวดิน

1.3) นำเนื้อหาให้ผู้เชี่ยวชาญด้านไม้ดอกไม้ประดับ เพื่อดำเนินการตรวจสอบเนื้อหา โดยการหาความสอดคล้อง (Index of Item - Objective Congruence หรือ IOC) พิจารณาเลือกค่าที่มีค่าเท่ากับ 0.5 และดำเนินการปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผลวิเคราะห์พบว่า มีค่ามากกว่า 0.7 สามารถนำเนื้อหาไปใช้สำหรับการวิจัยต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 ส่วนของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน โดยผู้วิจัยได้ศึกษาและสร้างหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

2.1) ศึกษารายละเอียดเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของวิชาหลักการไม้ดอกไม้ประดับ เรื่องการปลูกบัวดิน เพื่อศึกษาเป็นแนวทางในการสร้างหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์

2.2) ศึกษาองค์ประกอบของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ และกำหนดรูปแบบในการสร้างหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์

2.3) พัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ โดยผู้วิจัยใช้โปรแกรมพัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ คือ Adobe Illustrator และแอปพลิเคชัน Heyzine

2.4) นำ (ร่าง) รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี จำนวน 3 ท่าน เพื่อดำเนินการตรวจสอบรูปแบบ โดยมีลักษณะเป็นมาตราส่วนค่าประเมิน (Rating Scale) กำหนดเกณฑ์การประเมินทั้งหมด 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท ได้แก่ (5) มากที่สุด (4) มาก (3) ปานกลาง (2) น้อย (1) น้อยที่สุด ผลการรับรองร่างรูปแบบ พบว่าร่างรูปแบบมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก $\bar{X} = 3.67$, S.D. = 0.5 สามารถนำร่างรูปแบบไปใช้สำหรับการวิจัยต่อไป

Table 1 The mean and standard deviation of the suitability scores for the draft interactive e-book modal

Learning format	Mean ($\bar{X}$)	S.D.	Meaning
1) Principles and reasons	4.00	0	high
2) Objectives of the modal	4.00	0	high
3) Diagram illustrating the modal	3.67	0.9	high
4) Components of an interactive e-book modal			
4.1) Multidimensional linking components	3.67	0.5	high
4.2) Components of the e-book structure	3.67	0.5	high
4.3) Multimedia components	3.67	1.2	high
4.4) Content components	3.67	0.5	high
4.5) Components of online classrooms	3.33	0.9	medium
5) Steps of the interactive e-book modal			
5.1) The pre-learning phase	4.00	0	high
5.2) The during learning phase	3.67	0.5	high
5.3) The post-learning phase	3.67	0.5	high
5.4) The planting phase	3.33	0.9	medium
6) The interactive e-book modal is suitable for promoting students' understanding in learning	3.67	0.5	high
7) In general, the interactive e-book format can be applied practically in real-life situations	3.33	0.9	medium
Total	3.67	0.5	high

ขั้นตอนที่ 3 ส่วนของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

โดยผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน มีขั้นตอนดังนี้

3.1) ศึกษารายละเอียดเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของวิชาหลักการไม้ดอกไม้ประดับ เรื่องการปลูกบัวดิน เพื่อศึกษาเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบการรับรู้ก่อนและหลังเรียน

3.2) สร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนแบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ โดยถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน ใช้เวลาทดสอบ 30 นาที โดยแบ่งเป็นแบบทดสอบก่อนเรียน 1 ชุด และแบบทดสอบหลังเรียน 1 ชุด ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบคู่ขนาน

3.3) นำแบบทดสอบให้อาจารย์ประจำรายวิชาเพื่อดำเนินการตรวจสอบรายละเอียดให้ถูกต้องและแก้ไขปรับปรุง

3.4) นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง (Try out) จำนวน 30 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยนำคะแนนที่ได้มาหาความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยให้อยู่ในเกณฑ์ มีระดับความยากง่ายของข้อสอบ 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ผลพบว่า มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.23 – 0.77 และ ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.33

3.5) นำแบบทดสอบไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรของ Kuder Richardson (KR-20) โดยค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.86

ขั้นตอนที่ 4 ส่วนของแบบประเมินความพึงพอใจผลการใช้รูปแบบ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินความพึงพอใจ ผลการใช้รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน มีขั้นตอนดังนี้

4.1) ศึกษาเอกสาร ตำราและวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

4.2) ร่างประเด็นคำถาม โดยแบ่งแบบประเมินความพึงพอใจออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน มีลักษณะการตอบเป็นแบบรายการ (Checklist)

ส่วนที่ 2 เป็นประเด็นคำถามเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อผลของการใช้หนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน มีลักษณะเป็นมาตราส่วนค่าประเมิน (Rating Scale) โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินความพึงพอใจทั้งหมด 5 ระดับตามวิธีของลิเคอร์ท ได้แก่ (5) มากที่สุด (4) มาก (3) ปานกลาง (2) น้อย (1) น้อยที่สุด

ส่วนที่ 3 เป็นข้อเสนอแนะ มีลักษณะแบบปลายเปิด

4.3) นำแบบประเมินความพึงพอใจที่ได้ดำเนินการสร้างเสร็จแล้ว เสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อดำเนินการตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุง

ระยะที่ 2 การศึกษาผลการใช้รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน

การดำเนินการทดลองใช้รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ มีการทดสอบก่อนและหลังเรียน โดยใช้รูปแบบกับนักศึกษาปัจจุบันระดับชั้นปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา หลักการไม้ดอกไม้ประดับ (Principles of ornamental plants) จำนวน 51 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

การวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อบอกรายละเอียดข้อมูลทั่วไป และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบคะแนนการรับรู้ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง โดยใช้ t-test dependent

ระยะที่ 3 การนำเสนอรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน

การนำเสนอรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี เป็นการนำผลที่ได้จากการศึกษาผลของการใช้รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มาปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญรับรองรูปแบบ โดยนำเสนอในรูปแบบแผนภาพแสดงรูปแบบและความเรียงอธิบายรูปแบบ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาผลของรูปแบบในระยะที่ 2 มาปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอในรูปแบบของแผนภาพประกอบความเรียง

2) พัฒนาแบบรับรองรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

2.1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2) กำหนดประเด็นคำถามเพื่อพัฒนาแบบรับรองรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยแบบประเมินเป็นแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท และแบบปลายเปิดแล้วนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบรายละเอียดความถูกต้อง

2.3) ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาให้ครบถ้วนสมบูรณ์

3) นำเสนอผู้เชี่ยวชาญรับรองรูปแบบ โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี จำนวน 3 ท่าน แสดงความคิดเห็นและประเมินรับรองรูปแบบ

4) นำข้อมูลและข้อเสนอแนะที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข โดยปรับปรุงรายละเอียดในด้านองค์ประกอบ และขั้นตอนให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากที่สุด

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อพัฒนารูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สามารถสรุปผลการวิจัยได้ 3 ระยะ ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนารูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี

1) ผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ ประกอบด้วย เนื้อหาการปลูกบัวดิน 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ทำความรู้จักบัวดิน ประกอบด้วย ชื่อวิทยาศาสตร์ ถิ่นกำเนิด การนำไปใช้ประโยชน์ของบัวดิน ลักษณะพฤกษศาสตร์ สายพันธุ์บัวดินที่พบในประเทศไทย สายพันธุ์บัวดินลูกผสม วงจรการเจริญเติบโตของบัวดิน และปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต

ตอนที่ 2 วิธีการปลูก การดูแลรักษา และวัสดุอุปกรณ์ ประกอบด้วย ขนาดของหัวบัวดิน ผลการทดลองขนาดหัวบัวดิน วัสดุปลูกและวิธีปลูก โรคและแมลง และการบังคับออกดอก

ตอนที่ 3 องค์ประกอบของหัวบัวดิน ประกอบด้วย องค์ประกอบของหัวบัวดินตอนผ่าหัว วิธีการขยายพันธุ์

Hirumi (2006) ได้กำหนดกรอบความคิดของการปฏิสัมพันธ์ออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับที่ 1 ปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในความคิดของผู้เรียนเอง ระดับที่ 2 ปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างมนุษย์และทรัพยากรอื่นๆ และระดับที่ 3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับการเรียนการสอน ซึ่งผู้วิจัยใช้ปฏิสัมพันธ์ระดับที่ 2 คือ 1) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและเนื้อหา (Learner-Content Interactions) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและเครื่องมือ (Learner-Tool Interactions) โดยโปรแกรมที่ผู้วิจัยใช้พัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ คือ Adobe Illustrator และแอปพลิเคชัน Heyzine

2) ผู้วิจัยได้ศึกษาองค์ประกอบของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ โดยมี 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) องค์ประกอบด้านตัวอักษร 2) องค์ประกอบด้านภาพนิ่ง 3) องค์ประกอบด้านภาพเคลื่อนไหว 4) องค์ประกอบด้านเสียง 5) องค์ประกอบด้านวิดีโอ 6) องค์ประกอบด้านการปฏิสัมพันธ์ และโครงสร้างของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ ประกอบด้วย 1) หน้าปก 2) คำนำ 3) สารบัญ 4) บทเรียน 5) บรรณานุกรม

Hirumi (2006) ได้กำหนดกรอบความคิดของการปฏิสัมพันธ์ออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับที่ 1 ปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในความคิดของผู้เรียนเอง ระดับที่ 2 ปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างมนุษย์และทรัพยากรอื่นๆ และระดับที่ 3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับการเรียนการสอน ซึ่งผู้วิจัยใช้ปฏิสัมพันธ์ระดับที่ 2 คือ 1) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและเนื้อหา (Learner-Content Interactions) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและเครื่องมือ (Learner-Tool Interactions)

ระยะที่ 2 การศึกษาผลการใช้รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน

ผลการใช้รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน พบว่า นักศึกษาวิชาไม้ดอกไม้ประดับที่เรียนด้วยรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน $\bar{X} = 19.93$, S.D. = 5.22 และมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน $\bar{X} = 13.90$, S.D. = 3.53

Table 2 The mean and standard deviation of understanding scores pre-test and post-test learning for the experimental group

Study	Full score	Mean ($\bar{X}$)	S.D.	t	Sig.
comprehension score					
Pre-test	30	13.90	3.53	7.4	.001
Post-test	30	19.93	5.22		

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจ พบว่า ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจที่ผู้เรียนมีต่อรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.58$, S.D. = 0.52) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ผู้เรียนให้ความพึงพอใจระดับมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ ด้านลักษณะทั่วไปของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ ($\bar{X} = 4.72$, S.D. = 0.44) ด้านภาพประกอบ สัญลักษณ์ สี มี ($\bar{X} = 4.58$, S.D. = 0.51) และด้านสื่อมัลติมีเดีย ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.62)

ระยะที่ 3 การนำเสนอรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน

ผู้วิจัยได้นำเสนอรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี แก่ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและด้านไม้ดอกไม้ประดับ จำนวน 3 ท่าน ผลการรับรูรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน พบว่า รูปแบบมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.5$, S.D. = 0.5) สามารถนำไปใช้งานได้จริง

Table 3 The results of the analysis of students' satisfaction towards learning using interactive e-book modal

Opinion	Mean ($\bar{x}$)	S.D.	Meaning
1) Textual content			
1.1) The text is clear and easy to read	4.50	0.50	high
1.2) The font style is appropriate	4.56	0.60	highest
1.3) The font color is suitable and easy to read	4.61	0.49	highest
2) Regarding illustrations/icons/colors			
2.1) Illustrations, graphics, and symbols that clearly convey the content's meaning	4.61	0.49	highest
2.2) The size of illustrations, graphics, and symbols is appropriate, not too large or too small	4.50	0.50	มาก
2.3) The illustrations, graphics, and symbols are prominent and engaging	4.56	0.50	highest
2.4) Illustrations, graphics, and symbols used to enhance content clarity and understanding	4.61	0.49	highest
2.5) The colors used are beautiful and eye-catching	4.61	0.59	highest
3) Multimedia aspect (video and audio)			
3.1) The use of multimedia is appropriate	4.56	0.60	highest
3.2) The quality of multimedia is clear	4.44	0.68	high
3.3) The multimedia used is aligned with the content	4.67	0.58	highest
4) Content presentation aspect			
4.1) The appropriateness of content sequencing in presentation	4.44	0.60	high
4.2) The storytelling method is easy to understand and not complicate	4.56	0.50	highest
5) Interactivity aspect			
5.1) The linking between related pages is convenient	4.61	0.49	highest
5.2) The linking of text to external information is convenient and uncomplicated	4.72	0.45	highest
5.3) Interactivity creates a good user experience	4.39	0.49	high
5.4) The interaction is in a non-intrusive and engaging modal	4.28	0.56	high
6) General characteristics of interactive e-book			
6.1) E-book are easy to use	4.78	0.42	highest
6.2) The modal of the e-book is suitable for use	4.78	0.42	highest
6.3) It is aesthetically pleasing in terms of overall design	4.72	0.45	highest
6.4) It has a modern and innovative appearance	4.61	0.49	highest
Total	4.58	0.52	highest

Table 4 Table displaying the average score and standard deviation of the appropriateness of interactive e-book modal

Learning format	Mean ($\bar{X}$)	S.D.	Meaning
1) Principles and reasons	4.33	0.5	high
2) Objectives of the modal	4.33	0.5	high
3) Diagram illustrating the modal	4.67	0.5	highest
4) Components of an interactive e-book modal			
4.1) Multidimensional linking components	4.33	0.5	high
4.2) Components of the e-book structure	4.33	0.5	high
4.3) Multimedia components	4.67	0.5	highest
4.4) Content components	4.33	0.5	high
4.5) Components of online classrooms	4.33	0.5	high
5) Steps of the interactive e-book modal			
5.1) The pre-learning phase	4.33	0.5	high
5.2) The during learning phase	4.33	0.5	high
5.3) The post-learning phase	4.33	0.5	high
5.4) The planting phase	4.33	0.5	high
6) The interactive e-book modal is suitable for promoting students' understanding in learning	4.33	0.5	high
7) In general, the interactive e-book format can be applied practically in real-life situations	4.33	0.5	high
Total	4.38	0.5	high

จากนั้นทำการปรับปรุงรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ฯ ได้องค์ประกอบและขั้นตอนดังนี้

1) องค์ประกอบของรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดินฯ ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) องค์ประกอบด้านการเชื่อมโยงหลายมิติ 2) องค์ประกอบด้านโครงสร้างของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 3) องค์ประกอบด้านมัลติมีเดีย 4) องค์ประกอบด้านเนื้อหา 5) องค์ประกอบด้านห้องเรียนออนไลน์ โดยมีรายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

1.1) องค์ประกอบด้านการเชื่อมโยงหลายมิติ (Hypermedia) คือการเชื่อมโยง ที่เชื่อมโยงกันภายในเล่ม เช่น หน้าสารบัญ ปุ่มหน้าหลัก (Home) และการเชื่อมโยงภายนอกเล่ม ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เช่น การเชื่อมโยงไปยังเว็บไซต์อื่น ผ่านปุ่มเครื่องมือ หรือรูปภาพ

1.2) องค์ประกอบที่ 2 โครงสร้างของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (eBook Structure) เป็นโครงสร้างพื้นฐานที่ออกแบบเหมือนการอ่านหนังสือที่เป็นรูปเล่ม โดยโครงสร้างของหนังสือพื้นฐานประกอบด้วย หน้าปก คำนำ สารบัญ ข้อความ ภาพประกอบ เสียง วิดีโอ จุดเชื่อมโยง แถบเมนู การเปิดหน้าต่างไปและย้อนกลับ

1.3) องค์ประกอบที่ 3 มัลติมีเดีย (Multimedia) คือการนำเสนอเนื้อหาผสมผสานระหว่างเนื้อหาที่เป็นตัวอักษร ภาพนิ่ง วิดีโอ เสียง เป็นต้น โดยคำนึงถึงหลักการออกแบบให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย

1.4) องค์ประกอบที่ 4 เนื้อหา (Content) เป็นเนื้อหาเรื่องการปลูกบัวดิน ที่เหมาะกับกลุ่มเป้าหมาย คือนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี และระยะเวลาในการใช้สำหรับจัดการเรียนการสอน

1.5) องค์ประกอบที่ 5 ห้องเรียนออนไลน์ (Online Classroom) เป็นพื้นที่ในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ สำหรับแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และรายงานความก้าวหน้าในการเรียน และการทดลองปลูกบัวดิน โดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1.5.1) ขั้นก่อนเรียน (The Pre-Learning Phase) สร้างแรงจูงใจในการเรียนเรื่องการปลูกบัวดิน โดยใช้คำถามสถานการณ์ หรือกิจกรรมอื่นๆ พร้อมทั้งให้ความรู้เนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องการปลูกบัวดินเบื้องต้น และสอนวิธีการใช้หนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน ในขั้นก่อนเริ่มการเรียนซึ่งเกี่ยวข้องกับประสบการณ์ของผู้เรียนและเนื้อหาการปลูกบัวดิน

1.5.2) ขั้นระหว่างเรียน (The During Learning Phase) ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนแบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ โดยผู้สอนกำหนดเวลา 30 นาที อ่านเนื้อหาบทเรียนเรื่องการปลูกบัวดินทั้ง 3 ตอนที่กำหนด โดยเชื่อมโยงประสบการณ์ สร้างการมีส่วนร่วมในการเรียน ซึ่งผู้สอนนำเสนอประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปลูกบัวดิน

1.5.3) ขั้นหลังเรียน (The Post- Learning Phase) ผู้สอนสรุปสาระสำคัญ พร้อมให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนเรียนรู้ตามประสบการณ์ที่แตกต่างกันในชั้นเรียน และทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ โดยผู้สอนกำหนดเวลา 30 นาที

1.5.4) ขั้นทดลองปลูก (The Planting Phase) เมื่อผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาบทเรียน ผู้สอนจึงกำหนดช่วงเวลา มอบอุปกรณ์ และวัสดุปลูก ให้นำกลับไปทดลองปลูกบัวดินเป็นเวลา 5 สัปดาห์ พร้อมติดตามความก้าวหน้าและรายงานผลการทดลองตามระยะการเจริญเติบโตของบัวดิน ผ่านห้องเรียนออนไลน์ Google Classroom (LMS) โดยผู้เรียนต้องรายงานผล ทุก 1 สัปดาห์

สรุปผลการศึกษา

ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนสามารถเข้าใจและใช้งานรูปแบบการพัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรีได้ดี โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน $\bar{X} = 19.93$ (S.D. = 5.22) และมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน $\bar{X} = 13.90$ (S.D. = 3.53) สามารถปลูกบัวดินได้ ซึ่งบัวดินมีการแทงใบออกมา จำนวน 3 - 5 ใบต่อหัว มีความยาว 7 - 25 เซนติเมตร และแทงรากออกจากหัวบัวดิน แต่ยังไม่ออกดอก คิดเป็นร้อยละ 80 ของผู้เรียนจำนวน 51 คน ซึ่งสาเหตุที่หัวบัวดินไม่ออกดอกนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต 2 ปัจจัยคือ 1) อุณหภูมิ 2) ความชื้นแสง มีความพึงพอใจต่อรูปแบบอยู่ในระดับมากที่สุดมีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 4.58$ (S.D. = 0.52) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ระดับมากที่สุด โดยผู้เรียนให้ความพึงพอใจระดับมากที่สุด 3 อันดับแรกคือด้านลักษณะทั่วไปของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ มีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 4.72$ (S.D. = 0.44) ด้านภาพประกอบ สัญลักษณ์ สี มีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 4.58$ (S.D. = 0.51) และด้านสื่อมัลติมีเดียมีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 4.56$ (S.D. = 0.62)

ผลการประเมินรับรองรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและด้านไม้ดอกไม้ประดับ จำนวน 3 ท่าน พบว่า รูปแบบมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.5$, S.D. = 0.5) ซึ่งรูปแบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) องค์ประกอบด้านการเชื่อมโยงหลายมิติ 2) องค์ประกอบด้านโครงสร้างของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 3) องค์ประกอบด้านมัลติมีเดีย 4) องค์ประกอบด้านเนื้อหา 5) องค์ประกอบด้านห้องเรียนออนไลน์

จากการศึกษา วิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลจากตำรา เอกสาร งานวิจัยที่ การศึกษาผลของการใช้รูปแบบ และข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยจึงอภิปรายผลการวิจัยการพัฒนาแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี ดังนี้

การพัฒนาแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี ผลที่ได้มีดังนี้ รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ฯ ประกอบไปด้วยเนื้อหาการปลูกบัวดิน 3 ตอน ตอนที่ 1 ทำความรู้จักบัวดิน ตอนที่ 2 วิธีการปลูก การดูแลรักษา และวัสดุอุปกรณ์ และตอนที่ 3 องค์ประกอบของหัวบัวดิน โดยภายในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ฯ มีองค์ประกอบ 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) องค์ประกอบด้านการเชื่อมโยงหลายมิติ 2) องค์ประกอบด้านโครงสร้างของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 3) องค์ประกอบด้านมัลติมีเดีย 4) องค์ประกอบด้านเนื้อหา และ 5) องค์ประกอบด้านห้องเรียนออนไลน์ ในองค์ประกอบที่ 5 มีการแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นก่อนเรียน (The Pre-Learning Phase) 2) ขั้นระหว่างเรียน (The During Learning Phase) 3) ขั้นหลังเรียน (The Post- Learning Phase) และ 4) ขั้นทดลองปลูก (The Planting Phase) ซึ่งตรงกับวัตถุประสงค์ในข้อที่ 1 เพื่อพัฒนารูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ฯ ผลการใช้รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ฯ พบว่าค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ฯ ที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมผู้เรียนให้มีความสามารถเข้าใจเนื้อหา และปลูกบัวดินจนออกดอกได้ ด้วยองค์ประกอบ 5 องค์ประกอบของรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ฯ ที่ออกแบบให้ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้ได้อย่างเป็นระบบ โดยเริ่มจากการให้ผู้เรียนได้ศึกษาเนื้อหาเบื้องต้นของบัวดินในแต่ละสัปดาห์ โดยผู้สอนสร้างแรงจูงใจในการเรียนเรื่องการปลูกบัวดิน โดยใช้คำถาม สถานการณ์ หรือกิจกรรม ซึ่งเป็นการปูพื้นฐานก่อนให้ผู้เรียนได้ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมและเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ เมื่อผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาบทเรียน ผู้สอนจึงกำหนดช่วงเวลา มอบอุปกรณ์ และวัสดุปลูก ให้นำกลับไปทดลองปลูกบัวดินเป็นเวลา 5 สัปดาห์ พร้อมติดตาม

ความก้าวหน้า ซึ่งผู้เรียนสามารถปลูกจนออกดอกได้ คิดเป็นร้อยละ 80 ของผู้เรียนจำนวน 51 คน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Phadung and Dueramae, 2018) ซึ่งได้พัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์เพื่อการเรียนรู้ภาษาไทยสำหรับนักเรียนที่ใช้ภาษามลายูถิ่นเป็นภาษาแม่ในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้หนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์เพื่อการเรียนรู้ภาษาไทย ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้น เป็นสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยดึงดูดผู้เรียนให้จดจ่ออยู่กับบทเรียนได้เป็นอย่างดี และสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Wannawat et al., 2024) ซึ่งการพัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการอ่าน เรื่อง วรรณยุกต์ไทย สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งผู้เรียนและผู้สอนปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอน และได้ออกแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์ให้มีความน่าสนใจทั้งรูปภาพประกอบ พื้นหลัง และเรียบเรียงเนื้อหาให้เหมาะสมกับผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนรู้

ผลความพึงพอใจของผู้เรียน มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ระดับมากที่สุด โดยผู้เรียนให้ความพึงพอใจระดับมากที่สุด 3 อันดับแรกคือด้านลักษณะทั่วไปของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์มีความแปลกใหม่ ทันสมัย และน่าสนใจ (ค่าเฉลี่ย = 4.72) ด้านภาพประกอบ สัญลักษณ์ สี ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น (ค่าเฉลี่ย = 4.58) และด้านสื่อมัลติมีเดีย ผู้เรียน (ค่าเฉลี่ย = 4.56) เนื่องจากหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์เป็นสื่อที่ผู้เรียนนั้นสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งประกอบไปด้วย ภาพ เสียง วิดีโอ เลือกหัวข้อเนื้อหาที่สนใจ และสามารถกลับมาทบทวนบทเรียนซ้ำได้ จึงทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ สนใจ สนุกกับบทเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Sanguanpunyasiri, 2020) ได้วิจัยเกี่ยวกับผลการใช้หนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องระบบนิเวศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่าคุณภาพหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์โดยภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.76 ได้มีการศึกษาจุดประสงค์ของเนื้อหา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำเสนอเนื้อหาให้มีความสอดคล้องและเข้าใจง่าย สั้นกระชับตรงตามบทเรียน มีการออกแบบบทเรียนให้เกิดความน่าสนใจ เป็นรูปแบบที่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างบทเรียนและผู้เรียน สามารถตอบโต้กับบทเรียนได้และกลับมาทบทวนบทเรียนซ้ำได้ตามความต้องการของผู้เรียน ซึ่งเนื้อหาในแต่ละบทเรียนประกอบไปด้วยข้อความ เสียงบรรยาย ภาพประกอบและวิดีโอ สิ่งนี้จะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้มากยิ่งขึ้น และความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ โดยภาพรวมความพึงพอใจระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ซึ่งสามารถนำหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ไปใช้ในการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Kumnuasin, 2013) ได้วิจัยเรื่องการพัฒนาารูปแบบหนังสือวรรณคดีไทยอิเล็กทรอนิกส์แบบเชื่อมโยงร่วมกับโซเชียลมีเดียตามทฤษฎีการตอบสนองของผู้อ่านเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการอ่านของนักเรียนประถมศึกษา พบว่าความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ฯ ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน ซึ่งหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ฯ ทำให้ผู้เรียนพึงพอใจในการเรียน เกิดการเรียนรู้ และความเข้าใจในการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่า รูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์แบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องการปลูกบัวดิน สำหรับนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี สามารถส่งเสริมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: กฤตกร ทำดี. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการ ออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: กฤตกร ทำดี. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: กฤตกร ทำดี. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: กฤตกร ทำดี. การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: กฤตกร ทำดี, รัตตมา รัตนวงศา. การให้การสนับสนุนเครื่องมือ: กฤตกร ทำดี.

เอกสารอ้างอิง

- Hirumi, A. (2006). **Analysing and Designing E-learning Interactions**. Master's Thesis. University of Central Florida.
- Ministry of Education. (2003). **National Education Act B.E. 2542 (1999) and its Second Amendment B.E. 2545 (2002)**. Ministry of Education.
- Khaemani, T. (2011). **Didactics Knowledge for Organizing an Effective Elearning Process**. Chulalongkorn University Press. (in Thai).
- Khlaisang, J. (2012). **Destop Publishing to E-book**. Chulalongkorn University Press. (in Thai).
- Kumnuasin, J. (2013). **Development of a Model of Thai Literature Hypermedia Electronic Books with Social Media Based on The Reader-response Theory to Enhance Reading Comprehension of Elementary School Students**. Master's Thesis. Chulalongkorn University. (in Thai).
- Kittithanawat, S. (2020). **Situation and Direction of Flower and Ornamental Plants in Thailand in 2020**. Retrieved from: <http://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2020/03/>. (in Thai).
- Phadung, M., & Dueramae, S. (2018). A development of interactive e-book for Thai language learning of students using malay dialect as a mother tongue in three southern border provinces. **Journal of Yale Rajabhat University**, 14(3), 326. (in Thai).
- Phuyodying, T., & Timthong, D. (2020). **Method on Bulb Quality and Flower Production of Rain Lily**. Highland Research and Development Institute. (in Thai).
- Wannawat, P., Supalak, S., & Jirachai, P. (2024). The development of interactive electronic books in collaboration with gps learning management to improve the reading ability of Thai tone marks for grade 1 students. **T.L.A. Bulletin**, 68(1), 159. (in Thai).
- Sanguanpunyasiri, N. (2020). **The Effects of Using Interactive E-book in Ecosystem of Mattayomsuksa 3 Students**. Master's Thesis. Silpakorn University. (in Thai).
- Seangpongsanon, N., (2011). Development of the electronic book (e-book) on the process of the earth surface of science substance for Mathayom Suksa 5. **Journal of Curriculum and Instruction**, 3(8), 17-24. (in Thai).
- Wannakraioj, S. (2022). **Ornamental Plant Breeding Technique**. The Book House. (in Thai).

KING MONGKUT'S AGRICULTURAL JOURNAL

Research Articles:

Page

■	Development of Feng Shui-Based Orange Packaging	Punnipa Singbubpha Rattama Rattanawongsa and Kulachai Kultawanich	139
■	The Online Marketing Communication Model of Organic Agricultural Products for Community Enterprises	Sasiporn Taikham Thanawattana Sukwong and Bussarin Chuensilp	149
■	A Model for Forecasting the Export Value of Fresh or Frozen Pineapples in Thailand	Warangkhan Riansut	159
■	Optimization for Stability of Chlorophyll Pigment from <i>Chara corallina</i> Using Response Surface Methodology	Nopparat Mahae Darika Awapak and Donrudee Pichairat	168
■	Development of Instant Khanom Chak Mixed Powder Product	Sirapa Inmasom Soraya Kerdpi boon Pajaree Ingkasupart Pongsert Sriprom Natthaporn Chotigavin and Tongchai Puttongsiri	180
■	Product Development of Healthy Tea Drink from Cam Leaves (<i>Peristrophe roxburghiana</i>)	Pasuree Rittilert	189
■	The Growth Effect of Miang Tea (<i>Camellia sinensis</i> var. <i>assamica</i>) after Dropping Mycorrhiza at Ban Tavan Nan Province	Sutthida Yotkaew Tanapak Inyod Thanakorn Lattirasuvan Thanapat Toemarrom Teeka Yothapakdee Thanyarat Chuesaard Sirirat Somprakon Kunthaphong Kruama and Alisa Injan	200
■	Efficacy of Biological Products of <i>Bacillus</i> sp. for Controlling Bacterial Wilt Disease of Turmeric Caused by <i>Ralstonia solanacearum</i>	Pornsil Seephueak Patcharaporn Vanichpakorn and Sakulrat Hansuek	210
■	Production and Evaluation of Low-Calorie Aloe Vera (<i>Aloe vera</i> (L.) Burm.f.) Jam Products with Sucralose	Jittarawadee Tanghiranrat Khwunjit Itsarasook Piyanuch Prompamorn Orapin Komutiban Jantharat Wutisatwongkul and Kanlayaporn Chantree	219
■	Substitution of Wheat Flour with Dried Sweet Corn Cake Powder for Butter Cake	Bongkochmas Sopa Saowanee Fudsiri and Juthamas Kongphapa	230
■	Communication of Thai Desserts Identity on Facebook for Business: Case Study of Lod Chong Ngam-Yuan, Kanchanadit Sub-District, Surat-Thani Province	Pannarut Sappachaiwet and Runkunenarniht Kunhalung	243
■	Brand Image, Brand Expectation, and Brand Loyalty Influenced Consumer's Purchase Decision on Water Sedge Bag: Chaksam	Pongsatorn Piewthong and Runkunenarniht Kunhalung	253
■	The Needs and Factors Relating to Using Seamless Learning to Enhance Creativity and Innovation Skills by Using Wisdom Knowledge based of Local Entrepreneurs	Patthanan Bootchuy and Thanathnuth Chatpakkarattana	262
■	Effect of BAP Combine with Shoot Tip Cutting on Propagation of <i>Philodendron</i> In Vitro	Nopparat Intha Mongkon Sirijan and Nuchanat Phakdee	272
■	Extension for Off-season Longan Production according to Good Agricultural Practice for Food Crop of Farmers in Pong Nam Ron District, Chanthaburi Province	Montree Suwapech Patcharavadee Sriboonruang and Supattra Srisuwan	279
■	Agricultural Extension Service Needs of Sugarcane Farmers in Bo Phloi District, Kanchanaburi Province	Nunthaka Runangurai Ekkaphon Thongkaew and Sangsuriya Suksaard	288
■	Online Marketing Communications Influences Decision Making on Farm Stay Agritourism of Tourists Living in Bangkok	Siwat Yodkaew and Phatchara Eamkijjarn Sabaijai	296
■	Development of an Interactive E-Book Model on Zephyr Lily Flowers Gardener's for Undergraduate Students	Krittakorn Thamdi and Rattama Rattanawongsa	305