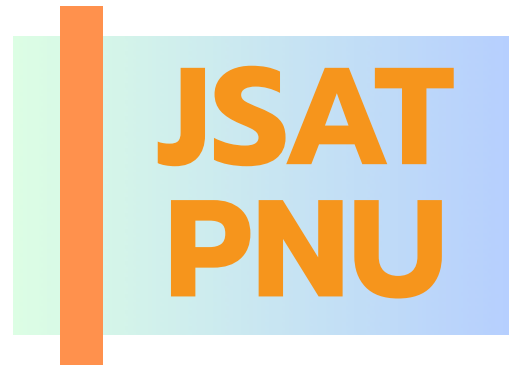




PNU | PRINCESS OF
NARADHIWAS
UNIVERSITY
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์



วารสาร

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี
Journal of Life Science Agriculture and Technology

ISSN 3088-2222 (Online)

มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1

มกราคม - มิถุนายน 2569



วารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี

Journal of Life Science Agriculture and Technology

บทความวิจัย

- ผลของอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ต่อคุณภาพไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่แบบปล่อย
- การศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมันหอมระเหยของใบหมีเหม็น (*Litsea glutinosa*) จากจังหวัดนราธิวาส
- การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการแปรรูปก้านเห็ดเหลือทิ้งจากโรงงานเป็นขนมขบเคี้ยวเพื่อพัฒนาผู้ประกอบการ
- การพัฒนาแปรงผสมจากมันสำปะหลังหมักร่วมกับผงข้าวกล้องงอกและแป้งข้าว: คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สมบัติเชิงหน้าที่และคุณภาพทางจุลชีววิทยา
- ผลของฮอร์โมน Buserelin (Suprefact E) ต่อลักษณะทางกายภาพของถุงน้ำเชื้อ ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และปริมาณน้ำเชื้อของปลาตุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*) เพศผู้

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2569

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2569

วารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี รับพิจารณาตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการ ประเภท บทความวิจัย บทความวิชาการ ทั้งนี้บทความต้องไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารอื่นใดมาก่อนนับจากวันที่ ผู้เขียนได้ส่งบทความต้นฉบับนี้มายังกองบรรณาธิการ

วัตถุประสงค์ การจัดทำวารสารวิชาการมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ถือเป็นภารกิจสำคัญของมหาวิทยาลัยในการส่งเสริมให้บุคลากรทั้งภายในและภายนอกหน่วยงานได้เผยแพร่ผลงานวิชาการสู่หน่วยงานภายนอกและความก้าวหน้าทางวิชาการในสาขาต่างๆ ของมหาวิทยาลัย และยังเป็นการสร้างเครือข่ายเผยแพร่ข้อมูลทางวิชาการ ตลอดจนถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลงานทางวิชาการในรูปแบบสื่อออนไลน์ โดยรับพิจารณาตีพิมพ์บทความวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ เกษตร และเทคโนโลยี โดยนำเสนอเป็นบทความวิชาการหรือบทความวิจัยที่เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ และกำหนดตีพิมพ์ปีละ 2 ฉบับ (มกราคม – มิถุนายน และ กรกฎาคม – ธันวาคม)

สำนักงาน กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
เลขที่ 99 ม.8 ต.โคกเคียน อ.เมือง จ.นราธิวาส 96000
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 09-9416-9355
<https://li04.tci-thaijo.org/index.php/psj>
E-mail: journal_sci@pnu.ac.th

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2569

ที่ปรึกษา	กองบรรณาธิการ	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรงค์ พลาศัย	กรรมการภายนอก	
รองศาสตราจารย์ ดร.รสสุคนธ์ แสงมณี	ศาสตราจารย์ เกียรติคุณ ดร.ชาญวิทย์ วัยรพุกก์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา สะแลแม	ศาสตราจารย์ ดร.สมปอง เตชะโต	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริพันธุ์ ศิริพันธุ์	ศาสตราจารย์ ดร.ประนอม จันทร์โณทัย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ ดร.อาสลิ นิล	ศาสตราจารย์ ดร.นฤมล แสงประดับ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์มารียะ ปุเต๊ะ	ศาสตราจารย์ ดร.ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	รองศาสตราจารย์ ดร.สรพงศ์ เบญจศรี	มหาวิทยาลัยทักษิณ
บรรณาธิการ	รองศาสตราจารย์ ดร.กนกพร สังขรักษ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรารัตน์ วัฒนาพันธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.วสุ ปฐมอารีย์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	รองศาสตราจารย์ ดร.ชุกรี หะยีสาแม	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยบรรณาธิการ	รองศาสตราจารย์เสาวนิต คูประเสริฐ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนเสฏฐ์ ทองโสเกลี้ยง	กรรมการภายใน	
อาจารย์ ดร.นุรอมาลี ดินามอ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวดี ศรีมีเทียน	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุไลมาน เจ๊ะอาบู	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
	อาจารย์ ดร.เปลื้อง บุญแก้ว	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
	อาจารย์ ดร.ต๋นนิม สมวงศ์	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
	อาจารย์ ดร.กรวินทร์ สนิท	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
	อาจารย์ ดร.ฐิตินันท์ ไสระบุตร	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
กองจัดการ		
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เดชดนัย จุ้ยชุม	นางสาวชมชัยะห์ เจ๊ะสาแม๊ะ	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราฮีม่า วาแมตชีซา	นางปิยนุช วัจนศิริ	
อาจารย์ ดร. อิบรอฮีม ซาโยะ	นางสาวสุรตนา เทพแข	
อาจารย์มุสลิม รอกา	นางสาวอาภรณ์ นงรัตน์	
นางสาวนฤมล รัตนธานี		
เจ้าของ		
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์		
กำหนดออก		
ปีละ 2 ฉบับ ดังนี้		
ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน		

ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม

วารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์ เป็นวารสารที่มีผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเนื้อหาบทความเพื่อลงตีพิมพ์จำนวน 3 ท่านต่อบทความ และ บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ที่ปรากฏในวารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยีเป็นวรรณกรรมของผู้เขียน บรรณาธิการหรือมหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2569

สารจากอธิการบดี

วารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ นับเป็นสื่อกลางหนึ่งทางวิชาการที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ด้านวิชาการ และงานวิจัย โดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อเผยแพร่งานวิจัยและนวัตกรรม วิทยาศาสตร์ เกษตรศาสตร์ และเทคโนโลยี การพัฒนาต่อยอดองค์ความรู้ ทำให้เกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Life-long Learning) เป็นพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบุคลากรทางการศึกษา ครู อาจารย์ นักวิทยาศาสตร์หรือนักวิจัย นักเรียน นักศึกษา อันจะนำมาสู่การสร้างองค์ความรู้ใหม่หรือนวัตกรรม

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิประจำกองบรรณาธิการ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้การสนับสนุนและเสียสละเวลาให้คำปรึกษาและพิจารณาบทความ รวมทั้งกองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ที่มุ่งมั่นทุ่มเทร่างกายแรงใจในการทำงาน อีกทั้งนักวิจัยที่ให้ความสำคัญในการพัฒนางานวิชาการ และท้ายสุดนี้ หวังว่าวารสารฉบับนี้จะทำหน้าที่ในการเป็นแหล่งพัฒนา ด้านวิชาการและงานวิจัยอย่างยั่งยืน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา สะแลแม
อธิการบดีมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2569

สารจากบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ เป็นวารสารที่จัดทำขึ้นตีพิมพ์ฉบับประจำเดือนมกราคม - มิถุนายน พ.ศ. 2568 โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อเผยแพร่ผลงานวิชาการ งานวิจัย และนวัตกรรม ด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ (Life Science) สู่หน่วยงานภายนอก และยังเป็นการสร้างเครือข่ายเผยแพร่ข้อมูลวิชาการตลอดจนถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลงานวิชาการในรูปแบบสื่อออนไลน์ โดยในฉบับนี้ มีผู้สนใจส่งบทความเพื่อเผยแพร่เป็นจำนวน 5 เรื่อง

บรรณาธิการใคร่ขอขอบพระคุณผู้สนับสนุนทุกท่านที่ให้ความสนใจส่งผลงานมาตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ขอขอบพระคุณอธิการบดี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ตลอดจนผู้บริหารที่สนับสนุนให้มีการจัดทำวารสารขึ้น ขอขอบพระคุณที่ปรึกษาวารสารที่ช่วยให้คำแนะนำในการจัดทำวารสาร ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ช่วยประเมินคุณภาพของบทความ และขอขอบคุณกองบรรณาธิการทุกท่านที่ร่วมดำเนินการเพื่อให้วารสารสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์จะเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัย นักวิชาการ ผู้อ่านและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรารัตน์ วัฒนาพันธ์

บรรณาธิการ

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2569

สารบัญ...

บทความวิจัย	หน้าที่ Page	Research Article
ผลของอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ต่อคุณภาพไข่ ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่แบบปล่อย กนก เขาวภาชี อิกรอม เปาะจิ รุสลัน อาแซ ฮาฟิด ดือมาลี ฮูมัยเดน หะยิมูซอ อารยา เจียรมาศ นิรันดร์ หนักแดง	1	Effects of Temperature and Storage Duration on the Quality of Eggs Produced by Free-Range Laying Hens Wijitra Choedchim Kanok Chaovapasee Aikrom Pakjik Ruslan Asae Afis Dmealee Humaiden Hajimusa Arraya Jeanmas Nirandorn Nakdaeng
การศึกษาวีธีการและสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมัน หอมระเหยของใบหมีเหม็น (<i>Litsea glutinosa</i>) จากจังหวัด นราธิวาส นุรีย์ยะ นิจี พงษ์พันธ์ สุขสุพันธ์ ศุภลักษณ์ กาสาวพัตร์ สุภาภรณ์ เทศวิเชียร	15	Optimization for <i>Litsea glutinosa</i> Leaves Essential Oil Extraction from Narathiwat Province Nureeyah Nicha Pongpan Suksupan Supaluk Kasawapat Suphaporn Tesvichian
การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการแปรรูปก้านเห็ดเหลือทิ้งจาก โรงงานเป็นขนมขบเคี้ยวเพื่อพัฒนาผู้ประกอบการ รักชนก ภูวพัฒน์	29	Optimization of Formulation Ratios for Snack Production from Mushroom Stem By-Products to Support Entrepreneurial Development Rugchanok Puwaphut
การพัฒนาแป้งผสมจากมันสำปะหลังหมักร่วมกับผงข้าวกล้องงอก และแป้งข้าว: คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี สารออกฤทธิ์ทาง ชีวภาพ สมบัติเชิงหน้าที่ และคุณภาพทางจุลชีววิทยา ธีรวัฒน์ อ่อนลมุล ฐิตินันท์ บุญเข้มชู สัณห์ศัน สันจรรณศักดิ์	39	Development of Fermented Cassava Composite Flour with Germinated Brown Rice Powder and Rice Flours: Physicochemical Properties, Bioactive Compounds, Functional Properties and Microbiological Qualities Theerawat Onlamool Thitinan Bunchaemchoo Santat Sinjaroonsak

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2569

สารบัญ...(ต่อ)

บทความวิจัย	หน้าที่ Page	Research Article
ผลของฮอร์โมน Buserelin (Suprefact E) ต่อลักษณะทางกายภาพของถุงน้ำเชื้อ ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และปริมาณน้ำเชื้อของปลาดุกรัสเซีย (<i>Clarias gariepinus</i>) เพศผู้ ธีรรัตน์ ภูเบญญาพงศ์ ดาวฟีก หะยีหมัด ประจักษ์ เทพคุณ ภัทราวดี ศรีมีเทียน มาหามะรอบีย สะบูดิง	63	Effects of Buserelin (Suprefact E) Hormone on Seminal Vesicle Physical Characteristics, Gonadosomatic Index and Semen Volume in Male Catfish (<i>Clarias gariepinus</i>) Teerat Phubenyapong Taufik Hayimad Prajak Thepkun Pattarawadee Srimeetian Mahama-Robee Sabuding

ผลของอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ต่อคุณภาพไข่ไก่ ที่ได้จากการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อย

Effects of Temperature and Storage Duration on the Quality of Eggs Produced by Free-Range Laying Hens

กนก เชาวภาชี¹, อิกรอม เปาะจิ¹, รุสลัน อาแซ¹, อาฟิต ดีอมาลี¹, ฮูมัยเดน หะยิมูซอ¹ อารยา เจียรมา²
และนิรันดร์ นกแดง^{1*}

Kanok Chaovapasee¹, Aikrom Pakjik¹, Ruslan Asae¹, Afis Dmealee¹, Humaiden Hajimusa¹, Arraya
Jeanmas², and Nirandorn Nakdaeng^{1*}

(Received: 30 November 2025; Revised: 24 March 2026; Accepted: 12 May 2026)

บทคัดย่อ

อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดอายุการเก็บรักษา การศึกษา
นี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่ และระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่
ต่อคุณภาพไข่ไก่ที่เลี้ยงในสภาพแวดล้อมการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อย โดยใช้ไข่ไก่สายพันธุ์ทางการค้า
ในการศึกษานี้ใช้การทดลองแบบ 2 x 8 แฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยปัจจัยแรก คือ
อิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่ และปัจจัยที่สอง คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ ซึ่งประกอบด้วย
5 ชั่วโมงที่อุณหภูมิแตกต่างกัน โดยทำการเก็บข้อมูลลักษณะน้ำหนักรูปร่างของไข่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย
น้ำหนัก รูปร่างของไข่ และคุณภาพไข่ ผลการทดลองพบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่ และระยะเวลาในการ
เก็บรักษาไข่มีผลต่อค่าความสูงของไข่แดง เส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดง และดัชนีของไข่แดง อย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($P < 0.05$) อิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไข่ ความ
สูงของไข่ขาว ฮอกยูนิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่อิทธิพลของระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่
มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไข่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การทดลองชี้ให้เห็นว่าการเก็บ
รักษาไข่ไก่จากการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อยในอุณหภูมิห้องมีผลทำให้คุณภาพของไข่ไก่เสื่อมถอยช้าลงกว่าการ
เก็บรักษาไข่ที่อุณหภูมิห้องในสภาพจริง

¹ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์ ประเทศไทย

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ประเทศไทย

¹ Faculty of Agriculture, Princess of Naradhiwas University, Thailand

² Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: nirandorn.n@pnu.ac.th

คำสำคัญ: อุณหภูมิ ระยะเวลา คุณภาพไข่ ไก่ไข่

Abstract

Temperature and egg storage duration play an important role in determining the shelf life of eggs. This study aimed to investigate the effects of egg storage temperature and egg storage duration on the quality of eggs produced by commercial laying hens raised under free-range conditions. This study employed a 2×8 factorial experiments arranged in a completely randomized design. The first factor was egg storage temperature, and the second factor was egg storage duration. There were five replications for each treatment combination. Data were collected on egg weight, percentage weight loss, egg shape, and egg quality. The results showed that the interaction between egg storage temperature and egg storage duration significantly affected yolk height, yolk diameter, and yolk index ($P < 0.05$). Egg storage temperature significantly affected percentage egg weight loss, albumen height, and Haugh unit ($P < 0.05$), whereas egg storage duration significantly affected percentage egg weight loss ($P < 0.05$). These findings indicate that refrigerated storage slowed the deterioration of egg quality in eggs produced by free-range laying hens more effectively than storage at room temperature under actual conditions.

Keywords: Temperatures, Duration, Egg Quality, Laying Hen

บทนำ

ไข่ไก่ นับเป็นอาหารที่มีประโยชน์ และมีความสำคัญต่อคนไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากไข่ไก่เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และสามารถรับประทานได้ทุกเพศทุกวัย ซึ่งในปัจจุบันนี้ ไข่ไก่ที่วางขายตามท้องตลาดมีรูปแบบการเลี้ยงหลากหลายวิธี เช่น การเลี้ยงแบบกรงตับ (conventional battery cage) และการเลี้ยงแบบปล่อย (free-range) ซึ่งในอุตสาหกรรมที่เน้นการผลิตไข่ไก่เป็นหลักในสมัยก่อน จะนิยมการเลี้ยงแบบกรงตับเพื่อประหยัดพื้นที่และเพิ่มปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น มีผลทำให้ไข่ไก่ถูกจำกัดพฤติกรรมการแสดงออก จึงเป็นสาเหตุให้ผู้บริโภคในสมัยปัจจุบันมีความสนใจในสวัสดิภาพของไข่ไก่มากขึ้น ส่งผลให้ปัจจุบันนี้การเลี้ยงไข่ไก่แบบปล่อยจึงมีความนิยมเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จึงได้มีการเริ่มการเลี้ยงไข่ไก่แบบปล่อยเพื่อตอบโจทย์ของผู้บริโภคแต่อย่างไรก็ตามคณะเกษตรศาสตร์ เพิ่งเริ่มต้นมีการเลี้ยงไข่ไก่แบบปล่อยจึงทำให้มีจำนวนไข่ไก่ที่ไม่มากนัก จึงทำให้เก็บไข่วันละ 1 ครั้ง (เวลาเก็บไข่ประมาณ 15.00 น.) และไข่ไก่ที่เก็บประสบปัญหาการแตกร้าว

ของฟองไข่และการปนเปื้อนมูลไก่บนฟองไข่ที่มากกว่าปกติเมื่อเปรียบเทียบกับฟองไข่ที่เลี้ยงไก่บนกรงระดับ โดยที่มีวิธีการจัดการที่เหมือนกัน ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของไข่ไก่และระยะเวลาการเก็บรักษาของไข่ไก่

การประเมินคุณภาพของไข่ไก่จะประเมินทั้งลักษณะภายนอกของไข่ และลักษณะภายในของฟองไข่ ได้แก่ ความสะอาดของเปลือกไข่ ผิวสัมผัส รูปร่าง และน้ำหนัก ในขณะที่ปัจจัยภายในของฟองไข่ ได้แก่ ความสูงของไข่ขาว ดัชนีไข่แดง และค่าฮอกยูนิต (haugh unit) ซึ่งเป็นการวัดคุณภาพความสดของไข่ โดยคุณภาพของไข่ไก่จะขึ้นกับหลายปัจจัย ได้แก่ พันธุ์ อายุ อาหาร อุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษา (Boonkusol et al., 2022; Chaovapasee & Nakdaeng, 2021; Drabik et al., 2021; Erek & Matur, 2024; Ikusika et al., 2025) โดย Drabik et al. (2021) รายงานว่าอิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บไข่มีผลต่อน้ำหนักไข่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไข่ ความสูงช่องอากาศ และค่าฮอกยูนิต ภายใต้การเก็บรักษาไข่ในกล่องกระดาษ นอกจากนี้ Ikusika et al. (2025) รายงานว่า อิทธิพลของอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บไข่ มีผลต่อน้ำหนักไข่ ความหนาของเปลือกไข่ ความเป็นกรดต่างในไข่แดง ความเป็นกรดต่างในไข่ขาว สีไข่แดง เส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดง เส้นผ่านศูนย์กลางไข่ขาว ความสูงไข่แดง ความสูงไข่ขาว เส้นผ่านศูนย์กลางช่องอากาศ ความสูงช่องอากาศ และค่าฮอกยูนิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งตามมาตรฐาน United States Department of Agriculture (USDA) ได้ระบุว่า การคัดเกรดคุณภาพจะพิจารณาทั้งปัจจัยภายนอก และปัจจัยภายใน (USDA., 2000) และมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) ได้ระบุว่า มาตรฐานคุณภาพไข่ไก่ ประกอบด้วย รูปทรงไข่ สีเปลือกไข่ กลิ่น ความแข็งของเปลือกไข่ ช่องอากาศ ลักษณะไข่ขาว และลักษณะไข่แดง (Thai Agricultural Commodity and Food Standard, 2010) สำหรับมาตรฐานที่นิยมใช้ตามหลักสากลแล้ว นิยมใช้ค่าฮอกยูนิต (haugh unit) ในการวัดคุณภาพความสดของไข่ ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณจากน้ำหนักไข่ไก่ และความสูงของไข่ขาวชั้น (albumen) เพื่อใช้แบ่งคุณภาพของไข่ไก่ ประกอบด้วย ระดับ AA (ค่าฮอกยูนิตมีค่ามากกว่า 72) ระดับ A (ค่าฮอกยูนิตมีค่าอยู่ในช่วง 60 ถึง 71) และ ระดับ B (ค่าฮอกยูนิตมีค่าต่ำกว่า 60) (USDA., 2000) โดยสภาพในการเก็บรักษาไข่ภายใต้สภาพอุณหภูมิห้องที่สูง และเก็บไว้เป็นระยะเวลานานจะมีความสัมพันธ์กับการเกิดไข่ขาวที่เหลวมากขึ้น และความสูงของไข่แดงที่ลดลง ซึ่งมีผลต่อความสดและการใช้ประโยชน์ของไข่ในการแปรรูปที่ลดลง (Ikusika et al., 2025) ด้วยข้อจำกัดดังกล่าวข้างต้นการศึกษามูลของอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ต่อคุณภาพไข่ไก่ สายพันธุ์ทางการค้าที่ได้จากการเลี้ยงไก่แบบปล่อย จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้สามารถแนะนำต่อลูกค้าของคณะกรรมการถึงแนวทางและวิธีการเก็บรักษาไข่เพื่อคงคุณภาพไข่ไว้

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ต่อคุณภาพไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่แบบปล่อย

วิธีการวิจัย

1) สวัสดิภาพสัตว์ทดลอง

การทดลองในงานวิจัยนี้ได้รับการเห็นชอบโดยคณะกรรมการจรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ โดยมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ (PNU.AE-2025/01.010) โดยเห็นว่าไม่ขัดต่อแนวทางสากลและประเทศในการปฏิบัติเกี่ยวกับการเลี้ยงสัตว์และการดำเนินงานต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์

2) หน่วยทดลอง

รวบรวมไข่ไก่จำนวน 80 ฟอง โดยมีน้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน (ประมาณ 60 กรัม โดยวัดด้วยเครื่องวัดคุณภาพไข่รุ่น det6500 (NABEL CO., LTD)) จากไข่สายพันธุ์ทางการค้า จำนวน 100 ตัว ที่เลี้ยงแบบปล่อย (free-range) ในฟาร์มคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ โดยไม่ใช้สารเคมี ยาปฏิชีวนะ ไข่ทุกฟองจะถูกเก็บพร้อมกันเวลา 15.00 น. นำไข่ที่ได้มาสุ่มใส่ ทรिटเมนต์ผสมจำนวน 16 ทรिटเมนต์ ๆ ละ 5 ซ้ำ ๆ ละ 1 ฟอง โดยปัจจัยแรก คือ อิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่ (อุณหภูมิห้องในสภาพจริง และอุณหภูมิในตู้เย็น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 26 ถึง 30 องศาเซลเซียส และ 6 ถึง 8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ) และปัจจัยที่สอง คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ (0 3 6 9 12 15 18 และ 21 วัน)

3) การวัดคุณภาพไข่

ข้อมูลคุณภาพภายนอกของไข่ โดยเก็บข้อมูลน้ำหนักไข่ไก่ ด้วยเครื่องวัดคุณภาพไข่รุ่น det6500 (NABEL CO., LTD) เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไข่ และวัดข้อมูลลักษณะรูปร่างของฟองไข่ โดยวัดความกว้างของฟองไข่ไก่ (มิลลิเมตร) ความยาวของไข่ไก่ (มิลลิเมตร) ด้วย vernier caliper เพื่อคำนวณหาดัชนีรูปร่างของไข่ โดยมีสมการหาค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไข่ และดัชนีรูปร่างของไข่ ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไข่} = \frac{\text{น้ำหนักไข่ ณ วันที่ 0} - \text{น้ำหนักไข่ ณ วันที่ } i}{\text{น้ำหนักไข่ ณ วันที่ 0}} \times 100$$

โดย $i = 0 \ 3 \ 6 \ 9 \ 12 \ 15 \ 18$ และ 21

$$\text{ดัชนีรูปร่างของไข่} = \frac{\text{ความกว้าง}}{\text{ความยาว}} \times 100$$

ข้อมูลคุณภาพภายในของไข่ ได้แก่ ค่าความแข็งของเปลือกไข่ (กิโลกรัมแรง) ค่าความหนาของเปลือกไข่ (มิลลิเมตร) ค่าความสูงของไข่ขาว (มิลลิเมตร) ค่าความสูงของไข่แดง (มิลลิเมตร) ค่าฮอกยูนิตสีของไข่แดง เส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดง (มิลลิเมตร) และดัชนีของไข่แดง ด้วยเครื่องวัดคุณภาพไข่รุ่น det6500 (NABEL CO., LTD)

4) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลน้ำหนักไขไก่ก่อนเริ่มการทดลอง เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไข ความกว้างของฟองไข่ ความยาวของไข่ ดัชนีรูปร่างของไข่ ความแข็งของเปลือกไข่ ความหนาของเปลือกไข่ ความสูงของไข่ขาว ความสูงของไข่แดง ค่าฮอกยูนิต สีของไข่แดง เส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดง และดัชนีของไข่แดงนำมาเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนในการทดลองแบบแฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วย PROC GLM (เนื่องจากจำนวนซ้ำในบางทรีตเมนต์ของแต่ละลักษณะอาจไม่เท่ากัน) โปรแกรมสำเร็จรูป SAS OnDemand for Academics (SAS OnDemand for Academics, Cary, NC, U.S.) ในกรณีที่อิทธิพลร่วมมีผลต่อลักษณะที่ทำการศึกษาก็จะใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ผสมโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วย PROC GLM (เนื่องจากจำนวนซ้ำในบางทรีตเมนต์ของแต่ละลักษณะอาจไม่เท่ากัน) โปรแกรมสำเร็จรูป SAS OnDemand for Academics (SAS OnDemand for Academics, Cary, NC, U.S.)

ผลการวิจัย

คุณภาพภายนอกของไขไก่ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไข ความกว้างของฟองไข่ ความยาวของฟองไข่ ดัชนีรูปร่างของไข่ ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษาและระยะเวลาในการเก็บรักษา ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาพบว่า การเก็บรักษาไขในตู้เย็นมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเก็บไขในอุณหภูมิห้องในสภาพจริง ($P<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.93 และ 2.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ในขณะที่ ระยะเวลาที่เก็บรักษาที่นานมีผลทำให้ไขไก่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไขเพิ่มสูงขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ณ วันที่ 0 3 6 9 12 15 18 21 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00 0.32 0.93 1.39 1.69 3.24 2.60 และ 4.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) แสดงให้เห็นว่า การเก็บไขในสภาพแวดล้อมแบบใดก็ตาม ส่งผลทำให้ไขสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

อิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข และระยะเวลาไม่มีผลต่อความกว้างของฟองไขอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าค่าเฉลี่ยความกว้างของฟองไขในอิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาไขในอุณหภูมิห้องในสภาพจริง และอุณหภูมิห้องในตู้เย็น และระยะเวลา ณ วันที่ 0 3 6 9 12 15 18 และ 21 มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน มีค่าเท่ากับ 42.97 และ 43.16 มิลลิเมตร และ 42.85 43.04 43.08 43.01 43.02 42.98 43.16 และ 43.37 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

อิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข และอิทธิพลของระยะเวลาในการเก็บรักษาไขไม่มีผลต่อความยาวของฟองไขอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าค่าเฉลี่ยความยาวของฟองไขในอิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาไขในอุณหภูมิห้องในสภาพจริง และอุณหภูมิห้องในตู้เย็น และระยะเวลา ณ วันที่ 0 3

6 9 12 15 18 และ 21 มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันเช่นเดียวกับลักษณะความกว้างของฟองไข่ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.66 และ 56.26 มิลลิเมตร และ 56.64 56.14 56.86 56.41 56.51 56.62 56.28 และ 56.20 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

อิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่ และอิทธิพลของระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ไม่มีผลต่อดัชนีรูปร่างของไข่ ($P>0.05$) เนื่องจากดัชนีรูปร่างของไข่เป็นอัตราส่วนระหว่างความกว้างของฟองไข่และความยาวของฟองไข่ เพื่อเป็นเกณฑ์ใช้วัดรูปร่างของไข่ จากผลการทดลองพบว่าไข่ของไก่ไข่ที่เลี้ยงในสภาพการเลี้ยงแบบปล่อย มีรูปทรงวงรีแบบค่อนข้างทรงกลมเล็กน้อย (มีค่าเฉลี่ยมากกว่า 76 เปอร์เซนต์)

ตารางที่ 1 อิทธิพลของอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อภายนอกของไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อย

พารามิเตอร์	พารามิเตอร์	น้ำหนักไข่ไก่ ก่อนเริ่มการ ทดลอง (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การ สูญเสียน้ำหนักไข่ (เปอร์เซ็นต์)	ความกว้าง ของฟองไข่ (มิลลิเมตร)	ความยาว ของฟองไข่ (มิลลิเมตร)	ดัชนีรูปร่าง ของไข่ (เปอร์เซ็นต์)
อุณหภูมิ	ในสภาพจริง	60.15	2.78 ^y	42.97	56.66	76.46
	ในตู้เย็น	60.65	0.93 ^z	43.16	56.26	76.25
ระยะเวลา (วัน)	0	60.52	0.00 ^d	42.85	56.64	75.68
	3	60.30	0.32 ^d	43.04	56.14	76.83
	6	60.32	0.93 ^{cd}	43.08	56.86	75.88
	9	60.26	1.39 ^{bcd}	43.01	56.41	76.29
	12	60.44	1.69 ^{bcd}	43.02	56.51	76.18
	15	60.38	3.24 ^{ab}	42.98	56.62	75.95
	18	60.46	2.60 ^{bc}	43.16	56.28	76.77
	21	60.50	4.65 ^a	43.37	56.20	77.25
SEM		0.56	0.23	0.15	0.26	0.32
P-Value อุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่		0.65	<0.01	0.51	0.44	0.74
P-Value ระยะเวลา		1.00	<0.01	1.00	1.00	0.92
P-Value วิธีการระยะเวลา		1.00	0.06	0.97	0.80	0.38

^{a, b, c, d} อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในอิทธิพลของระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่

^{y, z} อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในอิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่

อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษาและระยะเวลาในการเก็บรักษา ไม่ส่งผลต่อความหนาของเปลือกไข่ ความแข็งของเปลือกไข่ ความสูงของไข่ขาว และค่าฮอกยูนิต ($P>0.05$) การศึกษาครั้งนี้ไม่พบว่า

อิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่ มีผลต่อความแข็งแรงของเปลือกไข่ และความหนาของเปลือกไข่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.62 และ 3.72 กิโลกรัมแรง และ 0.47 และ 0.46 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) และอิทธิพลของระยะเวลาในการเก็บรักษา ไม่มีผลต่อความแข็งแรงของเปลือกไข่ และความหนาของเปลือกไข่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.06 4.47 3.41 3.42 4.15 3.65 3.54 และ 3.86 กิโลกรัมแรง และ 0.45 0.49 0.47 0.47 0.48 0.47 0.47 และ 0.46 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

อิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา มีผลต่อความสูงของไข่ขาว และค่าฮอกยูนิต โดยพบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาส่งผลต่อการคงสภาพของไข่ขาวขึ้นเป็นอย่างมากอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ดังนั้นอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพไข่ขาวขึ้นเป็นไข่ขาวเหลว โดยค่าเฉลี่ยของความสูงไข่ขาวในสภาพการเก็บรักษาไข่ในอุณหภูมิห้องในสภาพจริง และในตู้เย็น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.74 และ 5.23 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าฮอกยูนิต ที่พบว่าการเก็บรักษาไข่ในตู้เย็น (70.02) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าวิธีการเก็บรักษาไข่ในอุณหภูมิห้องในสภาพจริง (54.32) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของอิทธิพลของระยะเวลาต่อความสูงไข่ขาว และค่าฮอกยูนิต

ตารางที่ 2 อิทธิพลของอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเปลือกไข่ และคุณภาพของไข่ขาวของไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อย

พารามิเตอร์		ความแข็งแรงของเปลือกไข่ (กิโลกรัมแรง)	ความหนาของเปลือกไข่ (มิลลิเมตร)	ความสูงของไข่ขาว (มิลลิเมตร)	ฮอกยูนิต
อุณหภูมิ	ในสภาพจริง	3.62	0.47	3.74 ^z	54.32 ^z
	ในตู้เย็น	3.78	0.46	5.23 ^y	70.02 ^y
ระยะเวลา (วัน)	0	3.06	0.45	4.76	66.36
	3	4.47	0.49	4.70	64.88
	6	3.41	0.47	5.21	67.35
	9	3.42	0.47	5.33	69.91
	12	4.15	0.48	3.93	57.30
	15	3.65	0.47	3.84	55.41
	18	3.54	0.47	4.08	58.18
	21	3.86	0.46	4.62	64.00
SEM		0.13	0.004	0.14	1.36
P-Value อุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่		0.55	0.33	<0.01	<0.01
P-Value ระยะเวลา		0.20	0.24	0.16	0.18
P-Value วิธีการxระยะเวลา		0.24	0.19	0.29	0.57

^{y, z} อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในอิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่

การศึกษาครั้งนี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษาและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อสีของไข่แดง ($P>0.05$) โดยสีของไข่แดงมีค่าคงที่ตลอดทั้งการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 12.74 ถึง 13.61 (ตารางที่ 3) แต่พบอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่และระยะเวลาต่อความสูงของไข่แดง เส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดง และดัชนีของไข่แดง ($P<0.05$) (ตารางที่ 3) แต่เมื่อพิจารณาอิทธิพลของทรีตเมนต์ผสม (ตารางที่ 4) พบว่าไข่ที่เก็บภายใต้อุณหภูมิในตู้เย็นไม่พบความแตกต่างของความสูงของไข่แดง เส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดง และดัชนีของไข่แดง ($P>0.05$) ในขณะที่ไข่ที่เก็บที่อุณหภูมิในสภาพจริงเริ่มพบความแตกต่างตั้งแต่วันที่ 3 หลังการเก็บรักษาสำหรับความสูงของไข่ และดัชนีของไข่แดง โดยมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิในสภาพจริง ซึ่งสวนทางกับเส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดงที่มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นโดยพบความแตกต่างตั้งแต่วันที่ 9 หลังการเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิในสภาพจริง นั่นคือการเก็บไข่ในตู้เย็นมีผลทำให้ไข่แดงมีสภาพการคงตัวที่ดีกว่าวิธีการเก็บรักษาไข่ในอุณหภูมิห้องในสภาพจริงเมื่อมีระยะเวลาในการเก็บที่นานขึ้น

ตารางที่ 3 อิทธิพลของอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของไข่แดงของไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อย

ทรีตเมนต์		ความสูงของไข่แดง (มิลลิเมตร)	สีของไข่แดง	เส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดง (มิลลิเมตร)	ดัชนีของไข่แดง
อุณหภูมิ	ในสภาพจริง	11.67 ^b	13.31	46.13 ^y	0.26 ^z
	ในตู้เย็น	16.35 ^a	13.08	41.63 ^z	0.39 ^y
ระยะเวลา (วัน)	0	16.31 ^a	13.14	40.44 ^c	0.40 ^a
	3	15.88 ^{ab}	12.99	41.83 ^c	0.38 ^a
	6	14.88 ^b	12.74	43.10 ^{bc}	0.35 ^b
	9	15.31 ^{ab}	13.18	44.86 ^{ab}	0.35 ^b
	12	13.04 ^c	13.29	45.17 ^{ab}	0.29 ^c
	15	11.44 ^d	13.21	42.82 ^{bc}	0.28 ^c
	18	13.09 ^c	13.42	46.69 ^a	0.29 ^c
	21	13.56 ^c	13.61	45.38 ^{ab}	0.31 ^c
SEM		0.16	0.08	0.34	0.003
P-Value อุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่		<0.01	0.09	<0.01	<0.01
P-Value ระยะเวลา		<0.01	0.24	<0.01	<0.01
P-Value วิธีการxระยะเวลา		<0.01	0.09	0.01	<0.01

a, b, c, d อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในอิทธิพลของระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่

^{y, z} อักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในอิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่

ตารางที่ 4 อิทธิพลผสมของอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ต่อความสูงของไข่แดง เส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดง และดัชนีของไข่แดง

ทรีตเมนต์		ความสูงของไข่แดง	เส้นผ่าศูนย์กลางของไข่แดง	ดัชนีของไข่แดง
อุณหภูมิ	ระยะเวลา (วัน)	(มิลลิเมตร)	(มิลลิเมตร)	
อุณหภูมิในสภาพจริง	0	16.72 ^a	41.62 ^{de}	0.40 ^{ab}
	3	14.50 ^{bc}	43.08 ^{de}	0.34 ^{cd}
	6	13.20 ^{cd}	44.26 ^{cd}	0.30 ^d
	9	11.95 ^{de}	51.00 ^{ab}	0.23 ^e
	12	10.08 ^{ef}	47.72 ^{bc}	0.21 ^{ef}
	15	6.72 ^g	43.78 ^{cde}	0.18 ^{fg}
	18	9.60 ^f	52.53 ^a	0.16 ^g
	21	10.05 ^{ef}	49.23 ^{ab}	0.20 ^{ef}
อุณหภูมิในตู้เย็น	0	15.90 ^{ab}	39.26 ^e	0.41 ^{ab}
	3	17.26 ^a	40.58 ^e	0.43 ^a
	6	16.56 ^{ab}	41.94 ^{de}	0.40 ^{ab}
	9	16.66 ^a	42.40 ^{de}	0.39 ^{ab}
	12	16.00 ^{ab}	42.62 ^{de}	0.38 ^{abc}
	15	16.16 ^{ab}	42.06 ^{de}	0.38 ^{abc}
	18	15.88 ^{ab}	42.02 ^{de}	0.38 ^{abc}
	21	16.36 ^{ab}	42.14 ^{de}	0.39 ^{ab}
SEM		0.16	0.34	0.003
P-Value		<0.01	<0.01	<0.01

^{a-g} อักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

อภิปรายผล

อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาไข่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไข่ ความกว้างของฟองไข่ ความยาวของฟองไข่ ดัชนีรูปร่างของไข่ ความหนาของเปลือกไข่ ความแข็งของเปลือก ความสูงของไข่ขาว ค่าฮอกยูนิต และสีของไข่แดง แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่ และอิทธิพลของระยะเวลาการเก็บรักษาไข่จะมีอิทธิพลที่เป็นอิสระแยกออกจากกัน ไม่มีผลร่วมกันต่อค่าสังเกตของลักษณะนั้น ๆ ส่วนความสูงของไข่แดง เส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดง และดัชนีของไข่แดง พบว่า

อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่ และระยะเวลาการเก็บรักษาไข่มีผลต่อค่าดังกล่าว ดังนั้นสามารถอธิบายได้ว่าอิทธิพลของวิธีการเก็บรักษาไข่ มีผลต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ และมีผลกับค่าสังเกตของทั้ง 3 ลักษณะ

อุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่ในตู้เย็นมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเก็บไข่ในอุณหภูมิห้องในสภาพจริง ($P < 0.05$) ในขณะที่ระยะเวลาที่เก็บรักษาไข่ที่นานมีผลทำให้ไข่ไก่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไข่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่ของไก่ไข่ลูกผสมเชิงการค้าที่ 0 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 0 10 20 และ 30 วัน โดยพบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ และอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่มีผลทำให้ไข่มีน้ำหนักที่ลดลงเมื่อเก็บไข่ในอุณหภูมิที่สูงขึ้น และเก็บไข่ในระยะเวลาที่มากขึ้น ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำผ่านทางรูของเปลือกไข่จึงมีผลทำให้ไข่มีน้ำหนักที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษาไข่ (Ikusika et al., 2025) ซึ่งการสูญเสียน้ำหนักไข่ไก่จะมีผลต่อมูลค่าของไข่ไก่โดยมูลค่าของไข่ไก่จะคัดแยกจากน้ำหนักของฟองไข่เป็นหลัก นอกจากนี้ยังมีรายงานก่อนหน้านี้ที่ทดสอบการเก็บไข่ที่อุณหภูมิห้องในสภาพจริง (21 องศาเซลเซียส) เปรียบเทียบกับการเก็บที่อุณหภูมิในตู้เย็น (5 องศาเซลเซียส) พบว่าการเก็บไข่ที่อุณหภูมิห้องในสภาพจริงมีอัตราการสูญเสียน้ำที่มากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิในตู้เย็น และน้ำหนักของไข่จะลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ที่เพิ่มมากขึ้น (Drabik et al., 2021) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมในการเก็บไข่มีผลต่อคุณภาพไข่เป็นอย่างมาก ซึ่งสามารถยืนยันได้จากการทดลองที่นำไข่มาใส่ในกล่องบรรจุภัณฑ์ที่เป็นพลาสติกและวางไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิห้องในสภาพจริง (21 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิในตู้เย็น (5 องศาเซลเซียส) กลับพบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างทั้ง 2 วิธีการเก็บรักษาภายใต้ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เท่ากัน เพราะการเก็บไข่ใส่ในกล่องบรรจุภัณฑ์ที่เป็นพลาสติกเป็นการจำกัดความสามารถในการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างสภาพแวดล้อมภายนอกฟองไข่กับฟองไข่ จึงทำให้น้ำหนักไข่ในทั้งสองวิธีการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกัน (Drabik et al., 2021) ในส่วนลักษณะความกว้างของฟองไข่ ลักษณะความยาวของฟองไข่ และลักษณะดัชนีรูปร่างของไข่ โดยดัชนีรูปร่างของไข่จะแบ่งออกเป็น 3 แบบตามหลักทฤษฎีของ Duman et al. (2016) คือ แบบที่ 1 ไข่ทรงวงรี (ดัชนีรูปร่างของไข่น้อยกว่า 72 เปอร์เซ็นต์) แบบที่ 2 ไข่ทรงปกติ (ดัชนีรูปร่างของไข่มีค่าอยู่ระหว่าง 72 ถึง 76 เปอร์เซ็นต์) และ แบบที่ 3 ไข่ทรงกลม (ดัชนีรูปร่างของไข่มากกว่า 76 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ไข่ที่ใช้จะค่อนข้างไปทางทรงกลม โดยรูปร่างของไข่จะมีความเกี่ยวข้องกับการจัดเกรดของไข่ตามมาตรฐาน USDA โดยระบุว่าไข่ที่มีมาตรฐานในระดับ AA ต้องมีรูปร่างแบบปกติ (USDA., 2000; Maggonage et al., 2024) และในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบไข่ที่มีรูปร่างผิดปกติ

อุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ ในการศึกษานี้ไม่มีผลต่อความแข็งแรงของเปลือกไข่ และความหนาของเปลือกไข่ โดยค่าเฉลี่ยของลักษณะความหนาของเปลือกไข่ ในการทดลองครั้งนี้ สูงกว่าค่ามาตรฐานของเปลือกไข่ที่ระบุว่าต้องมีความหนาของเปลือกไข่มากกว่า 0.33 มิลลิเมตร (Maggonage et al., 2024) แต่อย่างไรก็ตามในการทดลองก่อนหน้านี้ที่มีการวัดความหนาของเปลือกไข่ในความละเอียดระดับไมโครเมตรพบว่า อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาไข่ที่ 0 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 0 10 20 และ 30 วัน กลับมีผลต่อความหนาของเปลือกไข่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอุณหภูมิที่ใช้

เก็บรักษาไข่ และระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ จะส่งผลทำให้เปลือกไข่มีความบางลงเพียงเล็กน้อย โดยจะค่อยๆบางลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยเป็นผลเนื่องมาจากเปลือกไข่ที่มีโครงสร้างการเชื่อมต่อกันเป็นร่างเหมือนการเชื่อมสภาพลง มีผลทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซของฟองไข่กับสภาพแวดล้อมภายนอกเกิดขึ้นได้มากขึ้น (Ikusika et al., 2025) โดยความหนาของเปลือกไข่จะมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเปลือกไข่ ซึ่งเปลือกไข่ที่หนาจะช่วยให้ไข่ไก่เกิดการสูญเสียที่ยากขึ้น (Maggonage et al., 2024; Ikusika et al., 2025)

ระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ ไม่มีผลต่อความสูงของไข่ขาว และค่าฮอกยูนิต ในขณะที่อุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่มีผลต่อความสูงของไข่ขาว และค่าฮอกยูนิต ซึ่งแตกต่างจากงานทดลองที่มีการรายงานมาก่อนหน้านี้ที่รายงานว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ลักษณะความสูงไข่ขาวลดลง และค่าฮอกยูนิตที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Drabik et al., 2021; Maggonage et al., 2024; Ikusika et al., 2025) การทดลองนี้จะพบว่าค่าความสูงของไข่ขาว และค่าฮอกยูนิต จะเพิ่มสูงขึ้น ณ วันที่ 18 และ 21 เนื่องมาจากการเก็บไข่ที่อุณหภูมิห้องในสภาพจริง ณ วันที่ 18 และ 21 มีผลทำให้เยื่อหุ้มไข่แดงเกิดการเสื่อมสภาพ และไข่แดงเหลวไหลรวมไปกับไข่ขาว จึงทำให้ไม่สามารถวัดค่าได้ในบางฟอง (วันที่ 18 จำนวน 1 ฟอง และวันที่ 21 จำนวน 2 ฟอง) ซึ่งมีผลทำให้ความสูงของไข่ขาว และค่าฮอกยูนิต มีค่าเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบปล่อยในการทดลองครั้งนี้ ที่อุณหภูมิห้องในสภาพจริง ณ วันที่ 18 และ 21 พบว่ามีกลิ่นและเกิดการเน่าเสียขณะทำการดองไข่ ดังนั้นในการศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ ในอุณหภูมิห้องในสภาพจริงต่อคุณภาพไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบปล่อย ไม่ควรเก็บไข่เกินกว่า 15 วัน นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การเก็บไข่ในอุณหภูมิที่สูง (20 ถึง 30 องศาเซลเซียส) จะส่งผลต่อการเร่งกระบวนการทางชีวเคมีของฟองไข่ให้เกิดเร็วขึ้นนอกเหนือจากการระเหยของก๊าซ โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกผ่านทางรูบนเปลือกไข่ โดยผ่านทางระบบบัฟเฟอร์ไบคาร์บอเนต ซึ่งจะส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของไข่ขาวชั้นมีค่าเพิ่มขึ้น (ปกติแล้วค่าความเป็นกรดต่างในไข่ขาวชั้นที่ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ภายใน มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของไข่ และละลายอยู่ในไข่ในรูปของกรดคาร์บอนิก และเกลือไบคาร์บอเนต ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 7.6 ถึง 8.0) จึงทำให้พันธะระหว่างโปรตีนโอโวลูมินและโปรตีนไลโซโซมอ่อนแอลง ซึ่งจะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้โปรตีนในไข่ขาวชั้นสูญเสียสภาพการคงตัวมากขึ้นตามอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ (Drabik et al., 2021; Maggonage et al., 2024; Ikusika et al., 2025)

อุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่ และระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ ในการศึกษานี้ไม่มีผลต่อสีของไข่แดงเช่นเดียวกับการรายงานการทดลองก่อนหน้านี้ (Maggonage et al., 2024) ทั้งนี้เนื่องจากสีของไข่แดงจะได้รับอิทธิพลจากพันธุสัตว์ และอาหารสัตว์เป็นหลัก ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่และอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่จะมีผลน้อยมาก (Drabik et al., 2021; Ikusika et al., 2025) ความสูงของไข่แดง เส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดง และดัชนีของไข่แดงในการทดลองพบอิทธิพลระหว่างอุณหภูมิในการเก็บไข่ และระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองอื่นๆ ก่อนหน้านี้ที่รายงานว่า พบอิทธิพลระหว่างอุณหภูมิในการเก็บไข่ และระยะเวลาในการเก็บรักษาไข่เช่นกัน (Drabik et al., 2021; Maggonage et al.,

2024; Ikusika et al., 2025) โดยสาเหตุที่อุณหภูมิในการเก็บไข่และระยะเวลาที่มีผลร่วมกันอันเนื่องมาจากการเก็บรักษาไข่ที่อุณหภูมิสูง (30 องศาเซลเซียส) จะส่งผลทำให้กระบวนการชีวเคมีเกิดขึ้นไวกว่าการเก็บรักษาไข่ที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะส่งผลทำให้ค่าความเป็นด่างอ่อน ๆ ในไข่ขาว เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยจะมีค่าความเป็นกรดต่างเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้เก็บรักษา ในขณะที่การเก็บรักษาไข่ที่อุณหภูมิต่ำจะไปชะลอการเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีดังกล่าวให้ช้าลง และเมื่อค่าความเป็นกรดต่างในไข่ขาวเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ค่าความเป็นกรดต่างในไข่แดงค่อนข้างที่จะเป็นกลาง (6.0 ถึง 6.2) น้ำที่อยู่ในไข่ขาวที่โปรตีนไข่ขาวได้เสียสภาพไปบางส่วน นอกเหนือจากการระเหยออกจากไข่ จะเคลื่อนเข้ามาอยู่ในไข่แดง ซึ่งมีผลทำให้สารในไข่แดงมีความเจือจางลง นอกจากนี้การเก็บรักษาไข่ในอุณหภูมิสูงมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์ และการเสียสภาพของโปรตีนไข่แดง เช่น ลิโปวิทลีน และฟอสฟอรีน ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซแอมโมเนีย และสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ ที่มีผลทำให้ค่า pH ของไข่แดงสูง ในขณะที่การเก็บไข่ในอุณหภูมิต่ำจะลดการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวและทำให้การเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นกรดต่างในไข่แดงน้อยกว่าการเก็บไข่ในอุณหภูมิสูง นอกจากนี้การเก็บไข่ในอุณหภูมิที่สูง และระยะเวลาที่นานส่งผลต่อเยื่อหุ้มไข่แดงที่มีการเสื่อมสภาพลงซึ่งส่งผลทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดงเพิ่มขึ้น ความสูงของไข่แดงและดัชนีของไข่แดงลดลง (Drabik et al, 2021; Ikusika et al., 2025)

สรุป

อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาไข่มีผลต่อความสูงของไข่แดง เส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดง และดัชนีของไข่แดง ($P < 0.05$) การเก็บรักษาไข่ในตู้เย็นมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเก็บไข่ในอุณหภูมิห้องในสภาพจริง ($P < 0.05$) ในทางกลับกันการเก็บรักษาไข่ในตู้เย็นมีความสูงของไข่ขาว และค่าฮอกยูนิตสูงกว่าการเก็บไข่ในอุณหภูมิห้องในสภาพจริง ($P < 0.05$) ในขณะที่ระยะเวลามีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไข่เพิ่มตามทีระยะเวลากการเก็บรักษาไข่มากขึ้น ($P < 0.05$) ไข่ที่เก็บภายใต้อุณหภูมิในตู้เย็นไม่พบความแตกต่างของความสูงของไข่แดง เส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดง และดัชนีของไข่แดง ($P > 0.05$) ในขณะที่ไข่ที่เก็บที่อุณหภูมิในสภาพจริงเริ่มพบความแตกต่างตั้งแต่วันที่ 3 หลังการเก็บรักษาสำหรับความสูงของไข่ และดัชนีของไข่แดง โดยมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิในสภาพจริง ($P < 0.05$) ซึ่งสวนทางกับเส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดงที่มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นโดยพบความแตกต่างตั้งแต่วันที่ 9 หลังการเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิในสภาพจริง ($P < 0.05$) การทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเก็บไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบปล่อยในอุณหภูมิห้องในสภาพจริงไม่ควรเก็บเกิน 15 วัน

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการเปรียบเทียบการจำกัดสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาไข่ เช่น ชนิดของบรรจุภัณฑ์ว่าจะช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาไข่ไก่หรือไม่

รายการอ้างอิง

- Boonkusol, D., Champathong, M., & Wisetphakdee, A. (2022). Dietary Supplementation of Turmeric (*Curcuma Longa*) Rhizome and Garlic (*Allium Sativum*) Powder in Laying Hen to Promote Egg Production and Quality. *Journal of Science and Technology Phetchabun Rajabhat University*, 2(2), 58-68. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jstpcru/article/view/261184>
- Chaovapasee, K., & Nakdaeng, N. (2021). Effect of Storage Period Fertile Chicken Egg in Refrigerator on Mortality Rate, and Hatchability Rate. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 13(3), 358-365. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pnujr/article/view/250088>
- Drabik, A., Próchniak, T., Spustek, D., Wengerska, K., & Batkowska, J. (2021). The Impact of Package Type and Temperature on the Changes in Quality and Fatty Acids Profile of Table Eggs During Their Storage. *Foods*, 10, 2047. <https://doi.org/10.3390/foods10092047>
- Duman, M., Sekeroglu, A., Yildirim, A., Eleroglu, H., & Camcı, O. (2016). Relation Between Egg Shape Index and Egg Quality Characteristics. *Europ Poult Sci*, 80, 1-9. <https://doi.org/10.1399/eps.2016.117>
- Erek, M., & Matur, E. (2024). Effects of Housing Systems on Production Performance, Egg Quality, Tonic Immobility and Feather Score in Laying Hens. *Veterinary Medicine and Science*, 10(6), e70112. [10.1002/vms3.70112](https://doi.org/10.1002/vms3.70112)
- Ikusika, O. O., Dwakasa, H., Luphuzi, S., Akinmoladun, O. F., & Mpendulo, C. T. (2025). Assessment of Egg Quality Across Seasons, Storage Durations, and Temperatures in Commercial Laying Hens. *Applied Sciences*, 15(19), 10344. <https://doi.org/10.3390/app151910344>
- Maggonage, H. U. M., Kuruppu, M. R. S., Jeevunjee, Z., & Edirisingha, D. N. S. A. (2024). Impact of Room Temperature on Quality Parameters and Grading of Eggs Collected from the Hens Reared in Battery Cage Systems. *Food Science and Preservation*, 31(6), 947-956. <https://doi.org/10.11002/fsp.2024.31.6.947>
- Thai Agricultural Commodity and Food Standard. (2010). *Thai agricultural standard TAS 6702-2010 : Hen Egg*. Bangkok: Thai Agricultural Commodity and Food Standard.

USDA. (2000). *Egg-grading manual. Agricultural handbook*. Washington, DC: United States Department.

สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมันหอมระเหยของใบหมีเหม็น

(*Litsea glutinosa*) จากจังหวัดนราธิวาส

Optimization for *Litsea glutinosa* Leaves Essential Oil Extraction

from Narathiwat Province

นุรีย์ยะ นิจี¹, พงษ์พันธ์ สุขสุพันธ์¹, ศุภลักษณ์ กาสาวพัตร์² และสุภาภรณ์ เทศวิเชียร์^{1*}

Nureeyah Nicha¹, Pongpan Suksupan¹, Supaluk Kasawapat² and Suphaporn Tesvichian^{1*}

(Received: 6 January 2026; Revised: 12 May 2026; Accepted: 13 June 2026)

บทคัดย่อ

ต้นหมีเหม็นเป็นพืชในท้องถิ่นที่พบในภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทย น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดมีสรรพคุณทางยาแต่มีราคาค่อนข้างสูง เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการนำเข้าน้ำมันหอมระเหยและเป็นการลดต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยของใบหมีเหม็นที่ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยวิธีการที่แตกต่างกันประกอบด้วย วิธีการแช่ในเอทานอล 95% (Ethanol Extraction) วิธีการใช้เครื่องสกัดแบบใช้ตัวเร่ง (Accelerated Solvent Extraction) วิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam Distillation) และวิธีการต้มกลั่นแบบใช้น้ำ (Hydro Distillation) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยของใบหมีเหม็นโดยวิธี Hydro Distillation ในอัตราส่วนของใบหมีเหม็นแบบแห้งที่ปริมาณ 500 กรัม ต่อน้ำกลั่นปริมาตร 3,500 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ได้ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยที่ 1 มิลลิลิตร คิดเป็นผลผลิตของน้ำมันหอมระเหย 0.2 เปอร์เซ็นต์ วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้ต้นทุนต่ำ เหมาะกับการนำไปใช้ประโยชน์ในทางด้านอุตสาหกรรมเพื่อสุขภาพและผิวกายต่อไป

คำสำคัญ: หมีเหม็น (*Litsea glutinosa*) น้ำมันหอมระเหย สภาวะที่เหมาะสมในการสกัด

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

¹ Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University.

² สาขาวิชา การเป็นผู้ประกอบการท่องเที่ยวและบริการดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหาดใหญ่

² Program in Digital Tourism and Hospitality Entrepreneurship, Hatyai Business School, Hatyai University

*Corresponding Author: Suphaporn.t@pnu.ac.th

ABSTRACT

Litsea glutinosa (Lour.) is a local plant found in the lower southern region of Thailand. Essential oil derived from *L. glutinosa* possesses medicinal properties but is relatively expensive. In order to reduce the cost of importing essential oils and to lower production costs, this research aimed to investigate the most suitable method for extracting essential oil from *Litsea* leaves with the highest efficiency. Four different extraction methods were compared: Ethanol Extraction (soaking in 95% ethanol), Accelerated Solvent Extraction, Steam Distillation, and Hydro Distillation. The results showed that the most optimal condition was Hydro Distillation of *L. glutinosa*, using a ratio of 500 grams of dried *L. glutinosa* leaves to 3,500 milliliters of distilled water, for a duration of 3 hours. This yielded 1 milliliter of essential oil, representing an essential oil yield of 0.2% (v/w). This method is low-cost and well-suited for further application in the health and personal care industry.

Keywords: *Litsea glutinosa*, essential oil, extraction optimization

บทนำ

หมีเหม็น (*Litsea glutinosa*) เป็นไม้ยืนต้นในวงศ์อบเชย (*Lauraceae*) ที่พบกระจายทั่วไปในประเทศไทยและมีชื่อท้องถิ่นหลากหลายตามแต่ละภูมิภาค (พรรณี เตนรุ่งเรือง, 2550; Natcha et al., 2025) พืชชนิดนี้มีลักษณะเด่นคือเปลือกและใบมีกลิ่น ใบเดี่ยวเรียงสลับ ดอกแยกเพศอยู่คนละต้น และให้ผลสดสีม่วงเข้มเมื่อสุก ตำรายาสมุนไพรไทยรายงานว่าหมีเหม็นมีสรรพคุณเป็นยาฆ่าพยาธิและช่วยแก้ไอเสบ นอกจากนี้ยังมีศักยภาพในการยับยั้งการอักเสบและกระตุ้นการเจริญของเซลล์ (พงศ์ปณต ร่วมแก้ว และคณะ 2559; Sethunga et al., 2022) พืชในวงศ์อบเชยมักมีเมือกเหนียวและมีกลิ่นหอม จึงมีประโยชน์ทางเศรษฐกิจและการแพทย์พื้นบ้าน หมีเหม็นสามารถเจริญได้ดีในป่าเบญจพรรณ ป่าดิบแล้ง และป่าดงดิบ โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ เช่น จังหวัดนราธิวาส (Khatun et al., 2014)

หมีเหม็นมีสรรพคุณทางยาและประโยชน์จากหลายส่วนของพืช โดยรากใช้แก้ฝี หนอง ท้องอืด ท้องร่วง และยังใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเส้นใย เชือก และเยื่อกระดาษ เปลือกใช้ต้มดื่มแก้ปวดมดลูก แก้ก้นคัน ปวดฟัน ปากเหม็น และใช้ย้อมผ้า รวมถึงทำธูปไล่แมลง ใบใช้รักษาโรคผิวหนัง แก้ท้องเสีย ท้องอืด ฆ่าเหา ใช้บ่มกล้วย และใบอ่อนใช้เป็นอาหารสัตว์ (Devib & Meeraa, 2010; ปิลันธนา เลิศสิทธิธนกร และคณะ, 2555) ผลสุกมีรสหวานรับประทานได้ และใช้ทาแก้โรคผิวหนัง ส่วนลำต้นใช้สร้างบ้าน ทำเฟอร์นิเจอร์ และให้ร่มเงา มีรายงานการใช้น้ำมันหอมระเหยจากใบและเมล็ดรักษาอาการปวดข้อ และสารสกัดจากเปลือกและใบช่วยสมานแผล แก้บิด และท้องร่วง (Pradeepa et al., 2013) สารสกัดจากใบหมีเหม็นมีความเป็นพิษต่ำ และมี

ฤทธิ์ด้านเชื้อแบคทีเรีย จึงมีความสำคัญต่อการอนุรักษ์และพัฒนาการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ต่อไป (Khatun et al., 2014; Haque et al., 2014)

สารพฤกษเคมี (Phytochemicals) คือสารประกอบอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นตามธรรมชาติ มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของพืช (จงกลณี จงอร่ามเรือง และวาทีนิ เสงส์ราษฎร์, 2559) สารพฤกษเคมีที่พบทั่วไป ได้แก่ อัลคาลอยด์ (Alkaloids) ไกลโคไซด์ (Glycosides) ไอโซฟลาโวนอยด์ (Isoflavonoids) เทอร์ปีนอยด์ (Terpenoids) และน้ำมันหอมระเหย สารเหล่านี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สารปฐมภูมิ ซึ่งได้จากการบวนการสังเคราะห์แสง เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน กรดอะมิโนและสารทุติยภูมิ ซึ่งเป็นสารเฉพาะของพืชแต่ละชนิด เกิดจากการบวนการชีวสังเคราะห์ และมักมีฤทธิ์ทางชีวภาพต่อมนุษย์และสัตว์ สารทุติยภูมิสามารถใช้เป็นยาสมุนไพร ยาฆ่าแมลง หรือสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา แต่บางชนิดอาจเป็นพิษได้ (จงกลณี จงอร่ามเรือง และวาทีนิ เสงส์ราษฎร์, 2559) สำหรับต้นหมี่หมื่น พบสารทุติยภูมิสำคัญในใบและเปลือก เช่น ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) สเตียรอยด์ (Steroids) และน้ำมันหอมระเหย ซึ่งได้รับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC/MS (Haque et al., 2014)

น้ำมันหอมระเหย (Essential Oil) เป็นสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นและสะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ดอก ใบ เปลือก เมล็ด ราก เป็นต้น ทำหน้าที่ป้องกันตัวเองและช่วยในการฟื้นฟูพืช (คมสัน หุตะแพทย์, 2546) เป็นของเหลวที่สามารถระเหยได้และละลายได้ดีในไขมันหรือตัวทำละลายอินทรีย์ มีกลิ่นเฉพาะตัว การใช้ประโยชน์นิยมใช้โดยการสูดดมและการสัมผัสทางผิวหนัง ซึ่งส่งผลต่อระบบประสาทและระบบต่าง ๆ ของร่างกาย น้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์ด้านจุลชีพ ด้านการอักเสบ ฆ่าเชื้อรา ผ่อนคลายความเครียด และใช้ไล่แมลงหรือแต่งกลิ่นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ (ภัสจันท์ หิรัญ และคณะ, 2553; Tiep Khac et al., 2025)

วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยมีหลายวิธี เช่น การกลั่นด้วยน้ำ (Hydro Distillation) การกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam Distillation) และการสกัดด้วยตัวทำละลาย (Distillation) การสกัดเย็นหรือการควบแน่น (Cold-press) (De Sousa et al., 2023) ซึ่งให้คุณภาพและปริมาณแตกต่างกัน คุณภาพของน้ำมันหอมระเหยขึ้นอยู่กับชนิดพืช ส่วนที่ใช้สกัด วิธีการสกัด และสภาพแวดล้อม โดยถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมยา เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (พิชญดา ฉายแสง, 2552; Devib & Meeraa, 2010)

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีพืชสมุนไพรที่หลากหลายชนิด พบตามธรรมชาติและกระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ และในภาคใต้พบพืชพรรณที่หลากหลายชนิดที่นิยมอุปโภคและบริโภค โดยพืชแต่ละชนิดมีสรรพคุณและคุณสมบัติแตกต่างกัน ปัจจุบันประเทศไทยมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ ทำให้มีความต้องการสมุนไพรมากยิ่งขึ้น

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยให้มีความหลากหลายมากขึ้นมีบทบาทอย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรมการผลิตยาและเครื่องสำอาง ทำให้มีแนวคิดที่จะพัฒนาและนำพืชสมุนไพรที่พบตามท้องถิ่นมาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น โดยเลือกตัวอย่างพืชที่มีสรรพคุณสมุนไพรเหล่านั้นมาทำให้เกิดประโยชน์ให้แก่ผู้คนในชุมชนหรือท้องถิ่นรวมถึงผู้ที่สนใจนำมาใช้ประโยชน์จากพืชที่มีอยู่ในชุมชนโดยเลือกวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบหมี่หมื่น อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนในการผลิต

ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ การศึกษาได้โดยไม่ต้องส่งน้ำมันหอมระเหยจากที่อื่นเข้ามา (Chowdhury and Bhuiyan, 2008)

ดังนั้นต้นหมี่เหม็นจึงจัดเป็นพืชในท้องถิ่นของจังหวัดนราธิวาสที่มีความน่าสนใจ เนื่องจากมีสรรพคุณทางยา หาได้ง่ายและยังสามารถใช้ประโยชน์ได้ในทุกฤดูกาล คาดว่าจะได้วิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยของใบหมี่เหม็น โดยนำชิ้นส่วนใบมาสกัดด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้น้ำมันหอมระเหย และเป็นแนวทางในการพัฒนาและต่อยอดผลิตภัณฑ์และเพิ่มมูลค่าของหมี่เหม็นให้สูงขึ้น

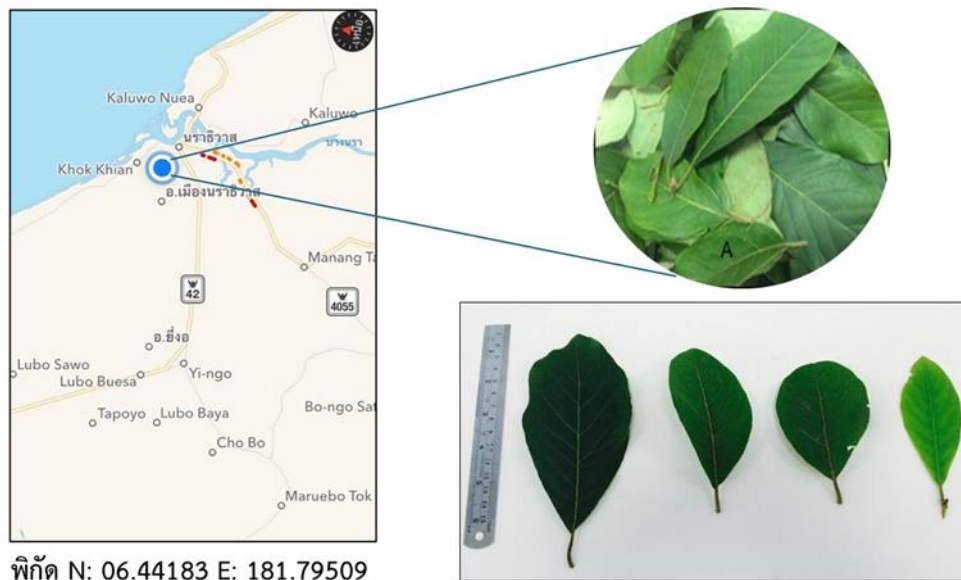
วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยของใบหมี่เหม็น จากตำบลโคกเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส

วิธีการวิจัย

1. วิธีการเก็บใบหมี่เหม็น

เก็บตัวอย่างจากบริเวณเส้นทาง ตำบลโคกเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส ที่ระดับความสูงของน้ำทะเล 3 เมตร พิกัด N: 06.44183 E: 181.79509 ดังรูปที่ 3.1 โดยแยกใบออกจากกิ่ง เลือกใบที่มีขนาดความกว้าง 6-12 เซนติเมตร มีขนาดความยาว 9-18 เซนติเมตร ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 พิกัดการเก็บตัวอย่าง (ซ้าย) ลักษณะใบของตัวอย่าง (ขวา)

2. การเตรียมตัวอย่าง

นำใบหมีเหม็นที่ได้จากข้อ 1 มาชั่งน้ำหนักและล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำมาหั่นให้มีขนาด 0.5-1 เซนติเมตร โดยแบ่งเป็นการเตรียมตัวอย่างแบบสดและแบบแห้ง

- การเตรียมตัวอย่างแบบสด นำตัวอย่างที่หั่นแล้วไปสกัดน้ำมันหอมระเหยต่อไป
- การเตรียมตัวอย่างแบบแห้งจะนำตัวอย่างที่หั่น ไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปบดด้วยเครื่องบดละเอียดเพื่อนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหยต่อไป

3. การสกัดน้ำมันหอมระเหย

3.1 วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยแช่เอทานอล 95% ใช้ตัวอย่างใบแห้งที่ปริมาณ 100 กรัม แช่ในเอทานอลความเข้มข้น 95% ปริมาตร 800 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ (Flask) ขนาด 1 ลิตร ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน (72 ชม.) และ 14 วัน (366 ชม.) โดยเขย่าเป็นครั้งคราว เมื่อครบกำหนดนำมากรองตะกอนและเศษพืชออกด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 เพื่อแยกตะกอนและเศษพืชออก สารละลายที่กรองได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหย แบบลดความดันภายใต้สุญญากาศ (Rotary Evaporator) จนกระทั่งตัวทำละลายระเหยหมด จากนั้นบรรจุสารละลายที่ได้ใส่ขวดแก้วที่เป็นภาชนะปิดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อคงคุณภาพของสารสกัด (สุภาพร พงษ์มณี และกัญญาณัฐ สนามพล, 2550; Chowdhury and Bhuiyan, 2008)

3.2 วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบหมีเหม็นโดยเครื่องสกัดแบบใช้ตัวเร่ง ใช้ตัวอย่างใบแห้งที่ 24 กรัม ต่อการสกัด 1 เซลล์ จำนวน 6 เซลล์ ใช้น้ำกลั่นและเอทานอล 95% เป็นตัวทำละลายปริมาตร 200 มิลลิลิตร จากนั้นทำการสกัดโดยเครื่องสกัดแบบใช้ตัวเร่ง (Accelerated Solvent Extraction) โดยตั้งค่าอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 1,165 PSI/bar (Chowdhury and Bhuiyan, 2008)

3.3 วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบหมีเหม็นโดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam Distillation) ใช้ตัวอย่างใบสดที่ 500 กรัม ต่อน้ำกลั่นที่ปริมาตร 3,000 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดเวลา 3 ชั่วโมง บรรจุพืชตัวอย่างในเครื่องกลั่นด้วยไอน้ำ โดยไอน้ำร้อนนี้จะถูกส่งผ่านทางท่อไปยังตัวอย่างพืช จากนั้นไอน้ำเป็นตัวพาเอาน้ำมันหอมระเหยออกจากพืช เมื่อถูกความเย็นจะควบแน่นกลับมาเป็นหยดน้ำและน้ำมันหอมระเหยตกลงสู่ภาชนะรองรับ จากนั้นบรรจุหยดน้ำที่ได้ใส่ขวดแก้วที่เป็นภาชนะปิดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Chowdhury and Bhuiyan, 2008)

3.4 วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบหมีเหม็นโดยวิธีการต้มกลั่นแบบใช้น้ำ (Hydro Distillation) นำตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างแบบสดและแบบแห้งที่ปริมาณ 500 กรัม ต่อน้ำกลั่นที่ปริมาตร 3,500 มิลลิลิตร ต้มน้ำให้เดือดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อให้ความร้อนจนได้ไอน้ำร้อนจากการเดือดและจะควบแน่นด้วยความเย็นจนมาเป็นหยดน้ำ และน้ำมันหอมระเหยตกลงสู่ภาชนะรองรับ จากนั้นบรรจุหยดน้ำที่ได้ใส่ขวดแก้วที่เป็นภาชนะปิดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Chowdhury and Bhuiyan, 2008; คมสัน หตะแพทย์, 2546)

4. การตรวจสอบในคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำมันหอมระเหย

การตรวจสอบคุณสมบัติและลักษณะทั่วไป สังเกตได้ด้วยการตรวจดูลักษณะทั่วไป เช่น สี ความใส หรือความขุ่น กลิ่น ตะกอนแขวนลอย เป็นต้น จากนั้นใช้วิธีการแยกสารละลายที่ได้ด้วย กรวยแยกใส่ขวดแก้ว ที่เป็นภาชนะปิดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (พิชญดา ฉายแสง, 2552; วทันยา ลิ้มปยะยอม และคณะ 2557; ภัสนันท์ หิรัญ และคณะ 2553; Chowdhury and Bhuiyan, 2008)

5. การหาปริมาณผลผลิตของน้ำมันหอมระเหย (% Yield)

เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ที่แสดงปริมาณผลผลิตที่ได้จริงเมื่อเทียบกับวัตถุดิบที่ใช้ คำนวณได้จากสูตร

$$\% \text{ Yield} = \text{ปริมาตรน้ำมัน (มิลลิลิตร)} / \text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)} \times 100$$

ผลการวิจัย

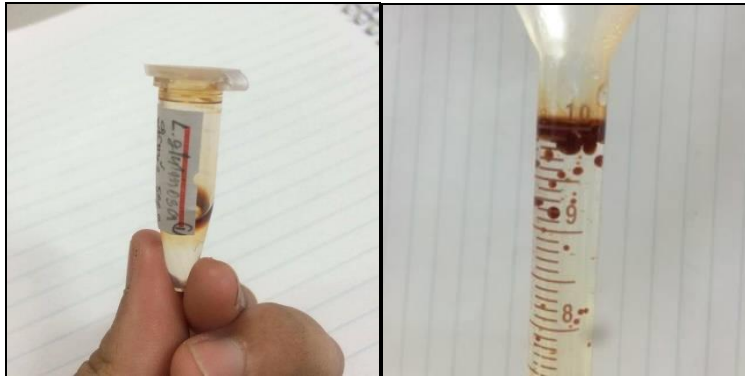
ผลจากการเก็บตัวอย่างใบหมีเหม็น ตำบลโคกเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส ขนาดความกว้าง 6-12 เซนติเมตร มีขนาดความยาว 9-18 เซนติเมตร ลักษณะใบหมีเหม็นแบบสดที่นำมาหั่นให้มีขนาด 0.5-1 เซนติเมตร และการเตรียมตัวอย่างแบบแห้ง ที่ผ่านการล้างมาหั่นให้มีขนาด 0.5-1 เซนติเมตร แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปบดด้วยเครื่องบดละเอียด ดังภาพที่ 2 จากการศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยของใบของต้นหมีเหม็น ด้วยวิธีการสกัดทั้ง 4 วิธี พบว่าปริมาณและลักษณะของสารสกัดที่ได้มีความแตกต่างกันตามสภาวะต่าง ๆ ดังนี้ วิธีที่ 1 การสกัดโดยการแช่เอทานอล 95% เป็นเวลา 3 วัน (72 ชม.) และ 7 วัน (336 ชม.) จากใบพืชอบแห้งให้สารสกัดที่ปริมาตร 20 และ 22 มิลลิลิตรตามลำดับโดยไม่พบน้ำมันหอมระเหยแยกชั้น สารที่ได้มี ลักษณะเป็นสีเขียวเข้ม วิธีที่ 2 การสกัดแบบใช้ตัวเร่งจากใบพืชอบแห้งโดยน้ำกลั่นและเอทานอล 95% ให้สารสกัดปริมาตร 80 และ 120 มิลลิลิตรตามลำดับ โดยไม่พบน้ำมันหอมระเหยแยกชั้น มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลขุ่น วิธีที่ 3 การกลั่นด้วยไอน้ำจากพืชสดให้สารสกัดปริมาตร 250-1,200 มิลลิลิตร แต่ไม่พบน้ำมันหอมระเหยแยกชั้น และวิธีที่ 4 การต้มกลั่นด้วยน้ำจากใบพืชสดและอบแห้งให้สารสกัดปริมาตร 100 และ 95 มิลลิลิตรตามลำดับ โดยพบการแยกชั้นของน้ำมันหอมระเหย ปริมาตร 1 มิลลิลิตรจากใบพืชอบแห้งเท่านั้น มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลดังตารางที่ 1 และภาพที่ 3-4



ภาพที่ 2 ลักษณะตัวอย่างใบหมีเหม็นแบบสด (ซ้าย) และ ลักษณะใบหมีเหม็นแบบแห้ง (ขวา)



ภาพที่ 3 ลักษณะฟองจากการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบหมีเหม็น



ภาพที่ 4 ผลจากการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบหมีเหม็นแบบแห้งโดยวิธีการต้มกลั่นแบบใช้น้ำ
(Hydro Distillation)

ตารางที่ 1 ตารางแสดงวิธีการและผลการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบหมีเหม็นทั้ง 4 วิธีการทดลอง

วิธีการ	เวลา (ชั่วโมง)	ลักษณะ พืช	ชนิดตัวทำ ละลาย	ปริมาณพืช (กรัม)	ปริมาตรตัวทำละลาย (มิลลิลิตร)	ปริมาณสาร สกัดที่ได้ (มิลลิลิตร)	ปริมาตรน้ำมัน (มิลลิลิตร)	% Yield (%)
การสกัดโดยแช่เอทานอล 95%	72	พืชแห้ง	เอทานอล 95%	100	800	20	-	-
	336	พืชแห้ง	เอทานอล 95%	100	800	22	-	-
การสกัดแบบใช้ตัวเร่ง	2	พืชแห้ง	น้ำกลั่น	24	200	80	-	-
	2	พืชแห้ง	เอทานอล 95%	24	200	120	-	-
การกลั่นด้วยไอน้ำ	3	พืชสด	น้ำกลั่น	800	3,000	250-1200	-	-
การต้มกลั่นด้วยน้ำ	3	พืชสด	น้ำกลั่น	500	3,500	100	-	
	2	พืชแห้ง	น้ำกลั่น	500	3,500	95	1	0.2

อภิปรายผล

การศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบหมีเหม็น (*Litsea glutinosa*) พบว่าประสิทธิภาพของการสกัดแตกต่างกันอย่างชัดเจนตามวิธีการที่ใช้ โดยจากวิธีการสกัดทั้งหมด 4 วิธี มีเพียงการต้มกลั่นแบบใช้น้ำเท่านั้นที่สามารถแยกชั้นน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำได้อย่างชัดเจน การใช้อัตราส่วนใบอบแห้ง 500 กรัม ต่อน้ำกลั่น 3,500 มิลลิลิตร และระยะเวลา 3 ชั่วโมง ให้ผลผลิตน้ำมันหอมระเหยปริมาณ 1 มิลลิลิตร คิดเป็นผลผลิตของน้ำมันหอมระเหย 0.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Hien et al (2010) ที่พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบหมีเหม็นให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้ลักษณะของน้ำมันที่ได้มีสีน้ำตาล อาจเกิดจากการมีสารเมือก (Mucilage) ในใบหมีเหม็น ทำให้เกิดฟองและความร้อนสะสม ส่งผลให้เกิดการไหม้ระหว่างการกลั่น จากงานวิจัยครั้งนี้พบว่าตัวอย่างอบแห้งให้ผลที่ดีกว่าแบบสดซึ่งการนำพืชแต่ละชนิดมาสกัดน้ำมันหอมระเหยนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและสารที่สนใจในพืชแต่ละชนิด โดยข้อจำกัดของการสกัดตัวอย่างแบบสด คือ วัตถุดิบมีอายุการเก็บสั้นหากเก็บไม่ดี จะทำให้เกิดเชื้อราและจุลินทรีย์ปนเปื้อนในวัตถุดิบได้ จึงจำเป็นต้องสกัดทันทีหลังจากเก็บเกี่ยว ส่งผลต่อการขนส่งทางไกล อีกทั้งอาจมีข้อจำกัดในการเก็บเกี่ยวโดยขึ้นอยู่กับฤดูกาลด้วย นอกจากนี้ในตัวอย่างอาจทำให้เกิดกระบวนการ Hydrolysis ของ Ester Compounds ในการสกัดแบบ Hydro Distillation ได้ ส่วนตัวอย่างแบบแห้ง มีข้อจำกัด คือ หากใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปในการอบ จะทำให้กลั่นเปลี่ยนไป มีการสูญเสียสารระเหยบางชนิด เช่น Monoterpenes และ Aldehydes และไม่เหมาะสมกับวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ เนื่องจากต้องแช่น้ำก่อนซึ่งอาจทำให้สูญเสียสารบางชนิดไปเช่นกัน (Tian et al., 2020; Nouran et al., 2023; Saeid et al., 2021; Lucia et al., 2022; Ashafa et al., 2008; Vanja et al., 2023) ส่วนข้อจำกัดของวิธีการสกัดทั้ง 4 ได้แก่ การแช่วัตถุดิบในเอทานอลจะได้สารสำคัญออกมาหลายชนิดแต่หากระเหยตัวทำละลายได้ไม่หมด อาจส่งผลเสียต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในทางสุขภาพ โดยเฉพาะในทางด้านผิวหนังและใช้กลั่นบำบัด วิธีการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบใช้ตัวเร่งจำเป็นต้องอาศัยความเชี่ยวชาญในการประกอบเซลล์ในการสกัด การตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่อง รวมถึงมีข้อจำกัดเกี่ยวกับองค์ประกอบของเครื่องมือ หากแก๊สหมดก็ไม่สามารถใช้แก๊สเพื่อเพิ่มแรงดันให้สารสกัดผ่านแผ่นกรองออกมาได้ทำให้วิธีนี้มีค่าใช้จ่ายสูงและต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญกว่าวิธีอื่นๆ ส่วนการกลั่นด้วยไอน้ำและการกลั่นด้วยวิธีต้มกลั่นจะใช้น้ำในการนำพาสารสำคัญออกมา ซึ่งเป็นวิธีการที่ต้นทุนต่ำ สารที่ได้สามารถนำไปใช้ทางการแพทย์ได้เนื่องจากใช้น้ำเป็นสารละลายที่ไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพ แต่การกลั่นด้วยไอน้ำต้องใช้พืชสดเท่านั้นหากใช้พืชแห้งต้องแช่น้ำก่อนทำให้เสียเวลาและสูญเสียสารสำคัญไป ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ส่วนวิธีการต้มกลั่นเหมาะกับทั้งตัวอย่างสดและตัวอย่างแห้ง ต้นทุนต่ำ สารสกัดที่ได้ไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพ จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสม และในการทดลองครั้งนี้ตัวอย่างใบหมีเหม็นแบบแห้งเป็นตัวอย่างที่เหมาะสมในการสกัด ได้น้ำมันหอมระเหยออกมา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ที่บอกว่าตัวอย่างแบบแห้งให้ % yield ที่สูงกว่า แบบสด ใช้ปริมาณวัตถุดิบที่ต่ำกว่า และมีต้นทุนในการขนส่งที่ต่ำกว่าแบบสด เนื่องจากมีน้ำหนักที่เบาและการเก็บรักษาได้ง่าย

กว่า (Vanja et al., 2023; Ofithile and Makhzoum, 2024; S, S., Sah, H., & Joshi, P., 2025) และสอดคล้องกับงานวิจัย ที่รายงานว่าการต้มกลั่นด้วยน้ำเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชในสกุล *Litsea* (Chowdhury and Bhuiyan, 2008; Si et al., 2012) นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการสกัดด้วยเอทานอลเหมาะสำหรับการได้สารสกัดรวมมากกว่าน้ำมันหอมระเหย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่พูดถึงข้อดีของการสกัดด้วยการต้มกลั่นคือไม่ต้องมีการระเหยสารที่ไม่ต้องการออกไป อีกทั้งสารที่ได้เหมาะที่จะนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ได้หลากหลายด้าน (Pradeepa et al., 2013; พงศ์ปณต ร่วมแก้ว และคณะ, 2559)

สรุป

วิธีการและสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดน้ำมันหอมระเหยของใบหมีเหม็นคือวิธีการต้มกลั่นแบบใช้น้ำ ในอัตราส่วนของใบหมีเหม็นแบบแห้งที่ปริมาณ 500 กรัม ต่อน้ำกลั่นปริมาตร 3,500 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ได้ทั้งหมด 1 มิลลิลิตร คิดเป็นผลผลิตของน้ำมันหอมระเหย 0.2 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการเลือกวิธีการสกัดจึงควรพิจารณาตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน และผลการวิจัยครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนากระบวนการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบหมีเหม็นในอนาคตต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. พืชหมีเหม็นเป็นพืชที่มีสารเมือกเหนียวมาก จึงส่งผลต่อการนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหย จึงควรมีการหาวิธีลดปริมาณสารเมือก เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อระบบการกลั่นต่อไป
2. การสกัดน้ำมันหอมระเหยของใบหมีเหม็นยังไม่มีมีการรายงานข้อมูลจากจังหวัดนราธิวาสจึงเป็นพืชที่น่าสนใจและศึกษาเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในท้องถิ่นได้ต่อไป
3. ถึงแม้จะไม่พบน้ำมันหอมระเหยแยกด้วยวิธีการสกัดด้วยเอทานอล การสกัดแบบใช้ตัวเร่ง การกลั่นด้วยไอน้ำ แต่ผลการสกัดน้ำมันหอมระเหยของใบหมีเหม็นที่สกัดได้ในรูปแบบต่าง ๆ ดังกล่าวนี สามารถนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค GC/MS เพื่อให้ทราบองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดที่ได้และนำไปต่อยอดในงานวิจัยด้านต่าง ๆ เช่น การใช้ในการยับยั้งเชื้อก่อโรคที่เป็นประโยชน์ในทางการแพทย์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สนับสนุนและเอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับทำงานวิจัย ส่งผลให้ งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

รายการอ้างอิง (References)

- จงกลณี จงอร่ามเรือง และวาทีนี เสล่อราษฎร์ (2559). การสกัดการตรวจสอบสารพิษจากเคมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และต้านเชื้อแบคทีเรียของทุเรียนเทศ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยบูรพา. <https://buuir.buu.ac.th/handle/1234567890/11447>
- ปิลันธนา เลิศสถิตธนกร, กรองกาญจน์ มนต์รี, จารุวรรณ บรรจง, เบญจวรรณ สำรวล และศิริภา โศตรจันทร์ (2555). ฤทธิ์ต้านจุลชีพของน้ำมันจากเปลือกอบเชยเทศ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2555.
- พงศ์ปนต์ ร่วมแก้ว, นาฏศจี นวลแก้ว และปราโมทย์ มหคุณากร (2559). การศึกษาฤทธิ์ต้านอักเสบและสมานแผลของสารสกัดใบหมี่เหม็น. The national and international graduate research conference 2016. Graduate School Khon Kaen University, Thailand and Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Indonesia. 751 - 761. <https://gsbooks.gs.kku.ac.th/59/ingrc2016/pdf/MMP4.pdf>
- พรณี เค้นรุ่งเรือง (2550). ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเปลือกต้นวงศ์อบเชย (Lauraceae). รายงานผลงานวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2550, สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้. 19-26
- พิชญดา ฉายแสง (2552). การผลิตและการเสริมสร้างมูลค่าของน้ำมันหอมระเหยจากเศษเหลือไม้เทพทาโร [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ภัสจันท์ หิรัญ, อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลากุลจิตต์ (2553). การยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus* spp. โดยน้ำมันหอมระเหยจากพลูและอบเชย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 4(3/1), 21-24. https://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research_id=mf809.
- วทันยา ลิ้มพยอม, ณัฏฐา เลากุลจิตต์, ภรณ์ทิพย์ ดุษฎีลาวัฒน์ และเกษรา วามะศิริ (2557). องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยขิง. วารสารวิจัยและพัฒนา, 37(3), 297 – 312. <https://www.scribd.com/document/521780044/kmuttv37n3-1>

- สุภาพร พงษ์มณี และกัญญาณารักษ์ สนามพล (2550). การสกัดสารจากพืชสมุนไพรเพื่อยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 38(6), 54-57.
https://www.researchgate.net/publication/327688970_karskadsarcakphuchsmunphirpheyabyangbaekhthireiykxrokhnixahar_The_Extraction_of_Medicinal_Herbs_for_Inhibit_Food_Pathogen
- Ashafa, A. O. T., Grierson, D. S., & Afolayan, A. J. (2008). Effects of Drying Methods on the Chemical Composition of Essential Oil from *Felicia muricata* Leaves. *Asian Journal of Plant Sciences*, 7(6), 603-606. DOI: 10.3923/ajps.2008.603.606
- Chowdhury, J.U., & Bhuiyan, N.I. (2008). Aromatic plants of Bangladesh: Essential oils of leaves and fruits of *Litsea glutinosa* (Lour) CB. *Robinson*, 37(1), 81 - 83.
<http://doi.org/10.3329/bjb.v37i1.1568>
- De Sousa, D.P., Damasceno, R.O.S., Amorati, R., Elshabrawy, H.A., De Castro, R.D., BeZerra, D.P., Nunes, V.R.V., Gomes, R.C., & Lima, T.C. (2023). Essential Oils: Chemistry and Pharmacological Activities. *Biomolecules*, 13(7), 1144.
<http://doi.org/10.3390/biom13071144>
- Devib P and Meeraa R. (2010). Study of antioxdant, antiinflammatory and woundhealing activity of extracts of *Litsea glutinosa*. Haque Tahmina, Uddini Mohammad Zashim, Saha Mihir Lal, Mazid MD. Abdul and Hassan MD. Abdul. Propagation, Antibacterial activity and phytochemical profiles of *Litsea glutinosa* (Lour.) C.B. *Robinson*, 23(2), 167 - 171.
<https://www.proquest.com/openview/12bf6e9bf060d7e05d127232950bf94d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=54977>
- Haque, T., Uddini, M.Z., Saha, M.L., Mazid, A., & Hassan, A. (2014). Propagation, Antibacterial activity and phytochemical profiles of *Litsea glutinosa* (Lour.) C.B. *Robinson*, 23(2), 167-171. <http://doi.org/10.3329/dujbs.v23i2.20096>
- Hien, N.T., Thang, T.D., Dai, D.N., & Thai, T.H. (2010). Chemical composition of the leaf oil of *Litsea glutinosa* (Lour.) C.B. Rob. from Ha Tinh province. *VNU Journal of Science, Natural Sciences and Technology*, 26, 161-164.
<https://js.vnu.edu.vn/NST/article/download/1972/1876>

- Khatun, A., Rahman, M., Haque, T., Rahman, M., Akter, M., Akter, S., & Jhumur, A. (2014). Cytotoxicity Potentials of Eleven Bangladeshi Medicinal Plants. *Scientific World Journal*, 913127, <http://doi.org/10.1155/2014/913127>
- Natcha, C., Henrik, B., Ratchuporn, S., Prateep, P., Chunlin, L., Chatchai, N.T., & Angkhana, I. (2025). Essential Oil and Phylogenetic Position of Five Medicinal *Litsea* Species (*Lauraceae*). *Diversity*, 17, 168. <https://doi.org/10.3390/d17030168>
- Nouran, M. F., Shaimaa, F., Abdullahi, I. U., Mohammad, A. S., Abdullah, S. M. A., Ibrahim, M. E., Gaber, E. B., Omayma, A. E., Abdel. N. S., & Gokhan, Z. (2023). Comparative GC-MS Analysis of Fresh and Dried Curcuma Essential Oils with Insights into Their Antioxidant and Enzyme Inhibitory Activities. *Plants*, 12(9), 1785 <https://doi.org/10.3390/plants12091785>
- Lucia, C., Giuseppe, A., Pietro, D. B., Laura, D. M., Francesco, M., Filomena, N., Vincenzo, D. F., & Anna, A. B. (2022). Impact of Drying Methods on the Yield and Chemistry of *Origanum vulgare* L. Essential Oil. *Scientific Reports*, 12, 3845 <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07841-w>
- Ofithile and Makhzoum. (2024). Impact of Hydrodistillation and steam Distillation on the Yield and Chemical Composition of Essential Oils and Their Comparison with Modern Isolation Techniques. *Journal of Essential Oil Research*, 36(2). <https://doi.org/10.1080/10412905.2024.2320350>
- Pradeepa, K., Krishna, V., Venkatesh, S.K., & Girish, K.K. (2013). Antinociceptive property of leaves extreact of *Litsea glutinosa*. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 6, 182 – 184. https://www.researchgate.net/publication/282766802_Antinociceptive_property_of_leaves_extract_of_Litsea_glutinosa
- Saeid, H., Kazem, L., Mostafa, G., & Mohammad T. E. (2021). A Comparative Study: Influence of Various Drying Methods on Essential Oil Components and Biological Properties of *Stachys lavandulifolia*. *Food Science & Nutrition*, <https://doi.org/10.1002/fsn3.2218>Digital Object Identifier (DOI)
- S.S., Sah, H., & Joshi, P. (2025). Conventional Techniques for Extracting Essential Oil: Steam

- Distillation and Hydrodistillation. *Springer Nature*, 21-41. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-4634-2_2.
- Si Linlin, Chen Yicun, Han Xiaojiao, Zhan Zhiyong, Tain Shengping, Cui Qinqin and Wang Yangdong. (2012). Chemical Composition of Essential Oils of *Litsea cubeba* Harvested from Its Distribution Areas in China. *Molecules*.17(6), 7057-7066.
- Tian, M., Wu, X., Hong, Y., Wang, H., Deng, G., & Zhou, Y. (2020). Comparison of Chemical Composition and Bioactivities of Essential Oils from Fresh and Dry Rhizome of Zingiber zerumbet (L.) Smith. *BioMed Research International*.
<https://doi.org/10.1155/2020/9641284>
- Tiep, N.K., Linh, T.T., Nguyen, T.H., & Phung, T.H. (2025). Acetylcholinesterase and α -glucosidase inhibitory activity of essential oils from *Litsea cubeba* and *Litsea glutinosa* in Vietnam. *Journal of Pharmaceutical Research Drug Information*, 22. <https://doi.org/10.59882/1859-364X/292>.
- Vanja, T., Mijat B., Filippo, S., Roberta, A., Milan, M., Maria, C. Z., Fabiana, D. B., Francesca, B., Caterina, F., Silvia, V., Anna, B., Stefano, M. & Rino, R. (2023). Chemical Composition and Anti-Candida Activity of *Mentha suaveolens* Ehrh. Essential Oils Obtained by Different Distillation Processes. *Molecules*, 28(19), 6934. doi: 10.3390/molecules28196934

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการแปรรูปก้านเห็ดเหลือทิ้งจากโรงงาน เป็นขนมขบเคี้ยวเพื่อพัฒนาผู้ประกอบการ

Optimization of Formulation Ratios for Snack Production from Mushroom Stem By-Products to Support Entrepreneurial Development

รักชนก ภูวพัฒน์^{1*}

Rugchanok Puwaphut^{1*}

(Received: 6 January 2026; Revised: 28 June 2026; Accepted: 28 June 2026)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการแปรรูปก้านเห็ดนางฟ้า ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงาน ให้เป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว (snack) เพื่อเพิ่มมูลค่าและสนับสนุนการพัฒนาผู้ประกอบการ โดยทำการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์จำนวน 4 ชุด โดยมีอัตราส่วนของก้านเห็ดนางฟ้าและมันฝรั่งต่าง ๆ กัน และประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน รวมถึงการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ผลการศึกษาพบว่า สูตรชุดที่ 3 ได้รับการยอมรับสูงสุด โดยผู้ทดสอบมีความชอบจำนวน 25 คน จาก 30 คน เนื่องจากมีรสชาติกลืน และเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในปริมาณสุทธิ 30 กรัม พบว่า ให้พลังงาน 110 กิโลแคลอรี มีโปรตีน 3 กรัม ไขมันทั้งหมด 2.5 กรัม และโซเดียม 150 มิลลิกรัม ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ก้านเห็ดนางฟ้ามีศักยภาพในการนำมาแปรรูปเป็นขนมขบเคี้ยวที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นทางเลือกเพื่อสุขภาพ อีกทั้งยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และนำไปต่อยอดเชิงพาณิชย์เพื่อพัฒนาผู้ประกอบการได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ก้านเห็ดนางฟ้า ขนมขบเคี้ยว วัสดุเหลือทิ้ง ผู้ประกอบการ

¹ มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์

¹ Princess of Naradhiwas University

*Corresponding Author, E-mail: Rugchanok.p@pnu.ac.th

Abstract

This research aimed to determine the optimal formulation ratios for processing oyster mushroom stems, a by-product from mushroom processing factories, into snack products to add value and support entrepreneurial development. Four snack formulations were developed and evaluated through sensory analysis conducted by 30 panelists. The nutritional compositions of each formulation was also analyzed. The results indicated that formulation 3 achieved the highest consumer acceptance, with 25 out of 30 panelists expressing a preference for it due to its favorable taste, aroma, and texture. Nutritional analysis of a 30 g serving revealed an energy content of 110 kcal, a protein content of 3 g, a total fat content of 2.5 g, and a sodium content of 150 mg. These findings demonstrate that oyster mushroom stems have strong potential as a functional ingredient in snack production, offering nutritional benefits and serving as a healthier snack alternative. In addition, the utilization of mushroom stem by-products contributes to agricultural waste valorization and creates opportunities for sustainable entrepreneurial development.

Keywords: oyster mushroom stem, snack product, by-products, entrepreneurship

บทนำ

อุตสาหกรรมอาหารเพาะเลี้ยงเห็ดนับเป็นภาคการเกษตรที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจฐานรากของประเทศไทย โดยเฉพาะในระดับวิสาหกิจชุมชนและผู้ประกอบการรายย่อย เห็ดเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงอุดมไปด้วยโปรตีน เส้นใยอาหาร วิตามิน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการแปรรูปและการบริโภคเห็ดสด มักเกิดเศษเหลือทิ้งในรูปของก้านเห็ดเป็นจำนวนมาก ซึ่งโดยทั่วไปถูกนำไปใช้ประโยชน์ในระดับต่ำ เช่น เป็นอาหารสัตว์หรือถูกกำจัดเป็นของเสีย ส่งผลให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรชีวภาพที่ยังมีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์เชิงมูลค่าเพิ่ม ก้านเห็ดมีองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการที่ใกล้เคียงกับส่วนดอกเห็ด โดยเฉพาะปริมาณเส้นใยอาหารและโพลีแซ็กคาไรด์ (Heleno, S. A. et al., 2015) ซึ่งมีคุณสมบัติในการส่งเสริมสุขภาพ อีกทั้งยังมีโครงสร้างเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปประเภทขนมขบเคี้ยวซึ่งเป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการเติบโตสูงและเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้บริโภคทุกช่วงวัย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพที่เน้นวัตถุดิบจากธรรมชาติและการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม การ

นำก้านเห็ดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ขนมอบเคี้ยวจำเป็นต้องอาศัยการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต เช่น วิธีการเตรียมวัตถุดิบ สภาวะการให้ความร้อน อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบหรือทอด การปรุงรส และการลดความชื้น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสที่เหมาะสม รวมถึงมีความปลอดภัยต่อการบริโภคและสามารถเก็บรักษาได้ในระยะเวลาที่เหมาะสม หากขาดการศึกษาทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ อาจทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอหรือไม่สามารถแข่งขันในเชิงพาณิชย์ได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีความสำคัญในการศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการแปรรูปก้านเห็ดให้เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบเคี้ยวโดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภค นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสามารถนำไปใช้เป็นองค์ความรู้ต้นแบบในการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ผู้ประกอบการรายย่อย วิสาหกิจชุมชน และผู้ประกอบการธุรกิจนวัตกรรมอาหาร ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ลดของเสียในกระบวนการผลิต และส่งเสริมการพัฒนาผู้ประกอบการตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และการพัฒนาอย่างยั่งยืนในระยะยาว

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำขนมอบเคี้ยวจากก้านเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง
2. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของขนมอบเคี้ยวจากก้านเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

วิธีการวิจัย

1. การเก็บก้านเห็ด

ก้านเห็ดที่ใช้ในการศึกษานี้ได้มาจากโรงงานแปรรูปเห็ดนางฟ้าเชิงพาณิชย์ในพื้นที่ อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี ซึ่งดำเนินการผลิตเห็ดทอดเพื่อจำหน่ายในตลาดและอุตสาหกรรมอาหาร โดยก้านเห็ดเกิดจากกระบวนการตัดแต่งดอกเห็ดก่อนบรรจุจำหน่าย ซึ่งจัดเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตตามปกติของโรงงาน ก้านเห็ดถูกคัดเลือก จะเป็นก้านเห็ดที่เหลือจากการตัดแต่งในวันเดียวกัน ไม่ผ่านการล้างสารเคมีหรือการปรุงแต่งใด ๆ ไม่มีลักษณะเน่าเสีย มีสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสปกติ และไม่มีการปนเปื้อนของสิ่งแปลกปลอม เช่น ดิน ทราย หรือเศษพลาสติก ส่วนก้านเห็ดที่ไม่ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวจะถูกคัดออกทันที

2. การเก็บรวบรวมตัวอย่าง

ก้านเห็ดถูกเก็บรวบรวมจากสายการผลิตหลังขั้นตอนการตัดแต่งดอกเห็ด โดยใช้ภาชนะพลาสติกเกรดอาหาร (food-grade plastic) ที่สะอาดและผ่านการฆ่าเชื้อเบื้องต้น ภาชนะบรรจุถูกปิดฝาอย่างมิดชิด และติดฉลากระบุวันที่ เวลา และแหล่งที่มาอย่างชัดเจนในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง จะสุ่มเก็บก้านเห็ดในปริมาณ

ประมาณ 10 กิโลกรัมต่อรอบการผลิต ในระหว่างการเก็บก้นเห็ด ผู้ปฏิบัติงานสวมถุงมือ หน้ากากอนามัย และหมวกคลุมผมตามหลักสุขาภิบาลอาหาร (Good Hygiene Practices: GHP) เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม หลังจากการเก็บรวบรวม ก้นเห็ดถูกขนส่งไปยังห้องปฏิบัติการภายในระยะเวลาไม่เกิน 2 ชั่วโมง โดยบรรจุในภาชนะที่ควบคุมอุณหภูมิ (4 ± 2 องศาเซลเซียส) เพื่อลดการเสื่อมสภาพและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เมื่อถึงห้องปฏิบัติการ ก้นเห็ดถูกนำมาตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ กลิ่น และการปนเปื้อน จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดไหลผ่าน และสะเด็ดน้ำ ก่อนนำไปใช้ในกระบวนการทดลองเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวต่อไป

3.วิธีการแปรรูป

น้ำมันฝรั่งและก้นเห็ด มาล้างให้สะอาด แล้วหั่นเป็นชิ้นเล็ก นึ่งให้สุก บดทุกอย่างให้ละเอียด จากนั้นเติมเกลือป่น แป้งสาลี และแป้งมันสำปะหลัง คลุกให้เข้ากันจนกว่าแป้งจะเนียน นวดไม่ติดมือ โดยแบ่งการศึกษาสิ่งทดลองออกเป็น 4 สิ่งการทดลอง ได้แก่

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบของชุดการทดลอง

องค์ประกอบ	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	ชุดการทดลองที่ 4
ก้นเห็ดนางฟ้า	80	75	65	55
มันฝรั่ง	10	10	20	30
เกลือป่น	2	2	2	2
แป้งมันสำปะหลัง	5	7.5	7.5	7.5
แป้งสาลี	5	7.5	7.5	7.5

นำไปทำเป็นแผ่นบางขนาด 8 มิลลิเมตร บนถาดพลาสติก (ถุงร้อน) โดยประกบถาดพลาสติกทั้งบนและล่างของส่วนผสม บ่มด้วย Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 นาที นำพลาสติกแผ่นบนออก แล้วนำมามบ่มต่อที่สภาวะเดิมอีก 3 ชั่วโมง ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ลอกพลาสติกด้านล่างออก จากนั้นบ่มต่อที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้กรอบด้วยเครื่อง Microwave ที่ 500 วัตต์ เป็นเวลา 60 วินาที

4. วิธีการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ (Nutritional Analysis)

4.1 การเตรียมตัวอย่าง (Sample Preparation) ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากก้นเห็ดนางฟ้าสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจากการทดสอบด้านประสาทสัมผัส ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ โดยทำการบดตัวอย่างให้ละเอียดและเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นบรรจุในภาชนะปิดสนิทและเก็บรักษาในอุณหภูมิห้องที่แห้งและมีด เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของสารอาหารก่อนการวิเคราะห์

4.2 การวิเคราะห์พลังงาน (Energy Content) ค่าพลังงานของตัวอย่างถูกคำนวณจากปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต โดยใช้ปัจจัยการคำนวณพลังงานตามมาตรฐาน Atwater system และอ้างอิงวิธีการทดสอบตาม AOAC (1993)

4.3 การวิเคราะห์ไขมันทั้งหมดและไขมันอิ่มตัว (Total Fat and Saturated Fat) ปริมาณไขมันทั้งหมดของตัวอย่างถูกวิเคราะห์โดยใช้วิธีการสกัดไขมันตามมาตรฐาน AOAC (2023) ส่วนปริมาณไขมันอิ่มตัวทำการวิเคราะห์โดยวิธีภายในห้องปฏิบัติการ (In-house method) ที่พัฒนาจาก AOAC (2023)

4.4 การวิเคราะห์โปรตีน (Protein Content) ปริมาณโปรตีนถูกวิเคราะห์โดยใช้วิธี Kjeldahl method เพื่อหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และคำนวณเป็นโปรตีน

4.5 การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตและน้ำตาล (Total Carbohydrate and Total Sugars) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดถูกคำนวณโดยวิธี difference method ขณะที่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดวิเคราะห์ตาม AOAC (2023)

4.6 การวิเคราะห์คอเลสเตอรอล (Cholesterol Content) การวิเคราะห์คอเลสเตอรอลดำเนินการโดยใช้วิธีภายในห้องปฏิบัติการที่พัฒนาจาก AOAC (2023) เพื่อประเมินความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ในเชิงสุขภาพ

4.7 การวิเคราะห์แร่ธาตุ (Mineral Analysis) ปริมาณโซเดียมและโพแทสเซียมในตัวอย่างถูกวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) หรือเทคนิคที่เทียบเท่า ตามวิธีภายในห้องปฏิบัติการที่อ้างอิง AOAC (2023)

4.8 การวิเคราะห์ความชื้นและเถ้า (Moisture and Ash Content) ความชื้นของตัวอย่างวิเคราะห์โดยวิธีอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ส่วนปริมาณเถ้าวิเคราะห์โดยการเผาตัวอย่างในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสตาม AOAC (2023)

ผลการวิจัย

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากก้านเห็ดทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่าคุณลักษณะด้านรสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบของผู้บริโภคมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน (ตารางที่ 2) ดังนั้น ชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 ได้รับการประเมินว่ามีรสชาติเห็ดเข้มข้นและรสชาติเห็ดเข้มข้นตามลำดับ มีกลิ่นเห็ดแรงมากและแรง อีกทั้งมีเนื้อสัมผัสไม่นุ่มเย็น ส่งผลให้ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับต่ำ โดยมีผู้ชอบเพียง 2 และ 3 คน จากผู้ทดสอบทั้งหมด 30 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 และ 10.00 ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ 3 ได้รับการประเมินว่ามีรสชาติดีมาก กลิ่นอยู่ในระดับพอดี และมีเนื้อสัมผัสดี ส่งผลให้ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด โดยมีผู้ชอบจำนวน 25 คน จากทั้งหมด 30 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 ขณะที่ไม่มีผู้ไม่

ชอบเพียง 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ส่วนชุดการทดลองที่ 4 แม้จะได้รับการประเมินว่ามีรสชาติดี กลิ่นน้อย และเนื้อสัมผัสดี แต่มีจำนวนผู้ชอบลดลงเหลือ 20 คน จากทั้งหมด 30 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 และมีผู้ไม่ชอบ 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ชุดการทดลองที่ 3 เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจากมีความสมดุลระหว่างรสชาติ กลิ่น และเนื้อสัมผัส ส่งผลให้มีคะแนนความชอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น จึงเหมาะสมสำหรับการคัดเลือกเป็นสูตรต้นแบบเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

ตารางที่ 2 ผลของส่วนประกอบและปริมาณของขนมขบเคี้ยวจากก้านเห็ดต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชุดการทดลอง	ลักษณะรสชาติ	ลักษณะกลิ่น	เนื้อสัมผัส	จำนวนผู้ชิม (คน)	ชอบ (คน)	ไม่ชอบ (คน)
ชุดที่ 1	รสชาติเห็ดเข้มข้นมาก	แรงมาก	ไม่เนียน	30	2	28
ชุดที่ 2	รสชาติเห็ดเข้มข้น	แรง	ไม่เนียน	30	3	27
ชุดที่ 3	รสชาติดีมาก	พอดี	ดี	30	25	5
ชุดที่ 4	รสชาติดี	น้อย	ดี	30	20	10

นำชุดการทดลองที่ 3 ซึ่งเป็นชุดที่มีผลดีที่สุดต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส จากการทดสอบกับจำนวน 30 คน ได้ผลตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการของชุดการทดลองที่ 3 ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม)

รายการทดสอบ	ต่อ 100 กรัม	ต่อ 1 หน่วยบริโภค (30 กรัม)	%RDI*	วิธีทดสอบอ้างอิง
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	385.90	110	-	AOAC (1993)
ไขมันทั้งหมด (กรัม)	9.10	2.5	4	AOAC (2023)
ไขมันอิ่มตัว (กรัม)	6.34	2.0	10	In-house method TE-CH-208 based on AOAC (2023)
คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	1.55	0	0	In-house method TE-CH-143 based on AOAC (2023)
โปรตีน (กรัม) (%N × 6.25)	9.49	3.0	-	In-house method TE-CH-042 based on AOAC (2023)
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (กรัม)	66.51	20	7	AOAC (1993)
น้ำตาลทั้งหมด (กรัม)	1.85	<1	-	AOAC (2023)
โซเดียม (มิลลิกรัม)	487.15	150	8	AOAC (2023)
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	384.95	115	3	AOAC (2023)
เส้นใย (กรัม)	2.42	-	-	AOAC (2023)
ความชื้น (กรัม)	12.48	-	-	AOAC (2023)

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของขนมขบเคี้ยวจากก้านเห็ดสูตรที่ 3 พบว่า ผลิตภัณฑ์มีพลังงาน 385.90 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม หรือให้พลังงานประมาณ 110 กิโลแคลอรีต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) ซึ่งจัดเป็นอาหารว่างที่ให้พลังงานในระดับปานกลาง ด้านไขมัน พบว่ามีไขมันทั้งหมด 9.10 กรัมต่อ 100 กรัม หรือ 2.5 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค คิดเป็นร้อยละ 4 ของปริมาณสารอาหารอ้างอิงต่อวัน (%RDI) โดยในจำนวนนี้เป็นไขมันอิ่มตัว 2.0 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค คิดเป็นร้อยละ 10 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน ขณะที่ปริมาณคอเลสเตอรอลเท่ากับ 0 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ไม่มีคอเลสเตอรอล ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ดีต่อผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ ในส่วนของโปรตีน ผลิตภัณฑ์มีโปรตีน 9.49 กรัมต่อ 100 กรัม หรือ 3.0 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค สะท้อนให้เห็นว่าก้านเห็ดสามารถเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ได้ ด้านคาร์โบไฮเดรต พบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 66.51 กรัมต่อ 100 กรัม หรือ 20 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค คิดเป็นร้อยละ 7 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน ขณะที่มีน้ำตาลทั้งหมดน้อยกว่า 1 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำตาลต่ำ สำหรับแร่ธาตุ พบว่ามีโซเดียม 150 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค คิดเป็นร้อยละ 8 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน และมีโพแทสเซียม 115 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค คิดเป็นร้อยละ 3 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อการทำงานของ

ร่างกาย นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ยังมีใยอาหาร 2.42 กรัมต่อ 100 กรัม และมีความชื้นร้อยละ 12.48 ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ประเภทขนมขบเคี้ยว ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากก้านเห็ดสูตรที่ 3 เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสม ให้พลังงานในระดับปานกลาง มีโปรตีนจากเห็ด ไม่มีคอเลสเตอรอล มีน้ำตาลต่ำ และมีแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย จึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างเพื่อสุขภาพและเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้จากการเพาะเห็ดได้ต่อไป

อภิปรายผล

ผลการศึกษาด้านประสาทสัมผัสสอดคล้องกับงานวิจัยหลายฉบับที่รายงานว่า การใช้วัตถุดิบจากเห็ดในสัดส่วนที่สูงเกินไปอาจทำให้เกิดกลิ่นเฉพาะ ซึ่งส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (Kalac, 2016; Mattila et al., 2001) โดยสูตรชุดที่ 1 และ 2 มีปริมาณก้านเห็ดสูง ส่งผลให้ผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์ ในขณะที่สูตรชุดที่ 3 ซึ่งมีการปรับสัดส่วนก้านเห็ดให้เหมาะสม แสดงให้เห็นว่าการควบคุมอัตราส่วนของวัตถุดิบมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อเนื้อสัมผัสและรสชาติของขนมขบเคี้ยวซึ่งสอดคล้องกับงานของ Elleuch et al. (2011) ที่รายงานว่า การผสมใยอาหารจากเห็ดในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจำเป็นต้องคำนึงถึงสมดุลระหว่างคุณค่าทางโภชนาการและความยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้านคุณค่าทางโภชนาการ ผลการทดลองพบว่าขนมขบเคี้ยวจากก้านเห็ดมีปริมาณไขมันต่ำ โปรตีนในระดับปานกลาง และโซเดียมไม่สูงเกินเกณฑ์ RDI ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Heleno et al. (2015) ที่ระบุว่าเห็ดเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากมีไขมันต่ำและมีแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์

ผลการเพิ่มขึ้นของใยอาหารในสูตรที่มีก้านเห็ดนางฟ้า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cheung (2013); Heleno et al. (2015) ที่รายงานว่าโครงสร้างผนังเซลล์ของเห็ดประกอบด้วย β -glucan และ polysaccharides ซึ่งเป็นแหล่งใยอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพระบบทางเดินอาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ใช้มันฝรั่งเป็นวัตถุดิบหลัก พบว่า ไม่สามารถให้ใยอาหารได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Elleuch et al. (2011) ที่ระบุว่าอาหารว่างจากแป้งและหัวพืชผ่านกระบวนการแปรรูปมักสูญเสียใยอาหารตามธรรมชาติ นอกจากนี้ การนำก้านเห็ดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตเห็ดมาใช้ ยังสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) และการพัฒนาอาหารอย่างยั่งยืน ตามที่กล่าวไว้ในงานของ Mirabella et al. (2014); Baiano (2014) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการแปรรูปของเหลือทางการเกษตรเป็นอาหารมูลค่าสูงสามารถเพิ่มรายได้ให้ผู้ประกอบการและลดของเสียได้อย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้น ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า สูตรขนมขบเคี้ยวจากก้านเห็ดนางฟ้าชุดที่ 3 มีศักยภาพทั้งในเชิงคุณค่าทางโภชนาการ การยอมรับของผู้บริโภค และการต่อยอดเชิงธุรกิจสำหรับผู้ประกอบการนวัตกรรมอาหาร

สรุปผลการทดลอง

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการพัฒนาขนมขี้เี่ยวจากก้านเห็ดนางฟ้า โดยเปรียบเทียบสูตรการผลิต 4 ชุด และประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณใยอาหาร (dietary fiber) ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีข้อจำกัดด้านรสชาติ และกลิ่นเห็ดที่แรงเกินไป รวมถึงเนื้อสัมผัสไม่เนียน ส่งผลให้ผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ชุดการทดลองที่ 3 ให้การยอมรับสูงสุด โดยผู้ทดสอบ 30 คน มีความชอบถึง 25 คน เนื่องจากมีรสชาติ กลิ่น และเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม ชุดการทดลองที่ 4 แม้มีการลดกลิ่นเห็ดลง แต่รสชาติไม่เข้มข้นเท่าชุดที่ 3 ทำให้การยอมรับลดลง เมื่อนำชุดการทดลองที่ 3 มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่าขนมขี้เี่ยว ขนาดบริโภค 30 กรัม ให้พลังงาน 110 กิโลแคลอรี มีโปรตีน 3 กรัม ไขมันทั้งหมด 2.5 กรัม โซเดียม 150 มิลลิกรัม และมีโพแทสเซียม 115 มิลลิกรัม แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของผลิตภัณฑ์ในฐานะอาหารว่างทางเลือก

รายการอ้างอิง (References)

- Baiano, A. (2014). Recovery of biomolecules from food wastes – A review. *Molecules*, 19(9), 14821–14842.
- Cheung, P. C. K. (2013). Mini-review on edible mushrooms as source of dietary fiber. *Food Science and Human Wellness*, 2(3–4), 162–166.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. and Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications. *Food Chemistry*, 124(2), 411–421.
- Heleno, S. A., Ferreira, R. C., Antonio A. L., Queiroz, M. R. P., Barros, L. and Ferreira, I. C. F. R. (2015). Nutritional value, bioactive compounds and antioxidant properties of three edible mushrooms. *Food Chemistry*, 173, 274–280.
- Kalac, P. (2016). Edible mushrooms: Chemical composition and nutritional value. *Academic Press*.
- Mattila, P., Konko, K., Euroola, M., Pihlava, J. M., Astola, J., Vahteristo, L., Hietaniemi, V., Kumpulainen, J., Valtonen, M. and Piironen, V. (2001). Contents of vitamins, mineral

elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(5), 2343–2348.

Mirabella, N., Castellani, V., & Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste. *Journal of Cleaner Production*, 65, 28–41.

การพัฒนาแป้งผสมจากมันสำปะหลังหมักร่วมกับผงข้าวกล้องงอกและแป้งข้าว:
คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สมบัติเชิงหน้าที่
และคุณภาพทางจุลชีววิทยา

Development of Fermented Cassava Composite Flour with Germinated
Brown Rice Powder and Rice Flours: Physicochemical Properties,
Bioactive Compounds, Functional Properties
and Microbiological Qualities

ธีรวัฒน์ อ่อนลมูล¹, ฐิตินันท์ บุญแซมชู², และสัณห์สิน สันจรรณศักดิ์^{2*}
Theerawat Onlamool¹, Thitinan Bunchaemchoo² and Santat Sinjaroonsak^{2*}

(Received: 10 June 2026; Revised: 28 June 2026; Accepted: 28 June 2026)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแป้งผสมจากมันสำปะหลังหมักร่วมกับผงข้าวกล้องงอกและผงแป้งข้าว และประเมินคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สมบัติเชิงหน้าที่ องค์ประกอบทางโภชนาการ และคุณภาพทางจุลชีววิทยาของแป้งที่พัฒนาได้ มันสำปะหลังสดถูกเตรียมโดยการล้าง ปอกเปลือก หั่น แขน้ำ ต้ม และหมักด้วยหัวเชื้อ *Rhizopus oligosporus* ร้อยละ 5 (w/w) เป็นเวลา 36 ชั่วโมง จากนั้นอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 3 วัน และบดเป็นผงแป้งมันสำปะหลังหมัก ก่อนนำไปพัฒนาเป็นแป้งผสม 3 สูตร ได้แก่ สูตรผสมกับผงข้าวขาวและผงข้าวกล้องงอก สูตรผสมกับผงข้าวเหนียวและผงข้าวกล้องงอก และสูตรผสมกับผงข้าวขาว ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกล้องงอก โดยเปรียบเทียบกับผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยว แป้งมันสำปะหลังทางการค้า และแป้งสาลีเนกประสงค์ทางการค้า พบว่า แป้งผสมที่พัฒนาขึ้นมีความชื้น 7.75–9.12% ค่า pH 5.31–5.56 และมีปริมาณเถ้าสูงกว่าแป้งทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แป้งสูตรที่พัฒนาได้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง

¹ วิทยาลัยนวัตกรรมการอาหารและอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, เพชรบุรี, ประเทศไทย

¹ College of Food and Hospitality Innovation, Phetchaburi Rajabhat University, Phetchaburi, Thailand

¹ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, นราธิวาส, ประเทศไทย

² Faculty of Agriculture, Princess of Naradhiwas University, Narathiwat, Thailand

*Corresponding Author: santat.s@pnu.ac.th

กว่าแป้งทางการค้า โดยมีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 272.69–293.86 mg/mL และมีปริมาณ GABA 0.717–0.799 mg/g ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการพบว่ามีโปรตีนทั้งหมด 4.59–5.68 g/100 g เส้นใยหยาบ 2.50–3.39 g/100 g และมีแร่ธาตุสำคัญ ได้แก่ ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก และสังกะสี ผลตรวจจุลินทรีย์พบว่าทุกสูตรมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดระดับ 10^3 CFU/g ยีสต์และรา <100/g และไม่พบ *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* อย่างไรก็ตาม แป้งสูตรที่พัฒนาได้มีค่าความสว่างต่ำกว่าแป้งทางการค้า งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าผงแป้งหมักมันสำปะหลังร่วมกับผงข้าวกล้องงอกสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแป้งผสมเชิงหน้าที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นได้

คำสำคัญ: ข้าวกล้องงอก มันสำปะหลังหมัก แป้งผสม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ *Rhizopus oligosporus*

Abstract

This study aimed to develop composite flour from fermented cassava combined with germinated brown rice and rice flours, and to evaluate its physicochemical properties, bioactive compounds, functional properties, proximate composition, mineral content, and microbiological quality. Fresh cassava roots were washed, peeled, cut, soaked, boiled, and fermented with 5% (w/w) *Rhizopus oligosporus* starter culture for 36 h. The fermented cassava was then dried at 60°C for 3 days and milled into fermented cassava flour. The flour was used to formulate three composite flour blends: fermented cassava flour with white rice flour and germinated brown rice powder; fermented cassava flour with glutinous rice flour and germinated brown rice powder; and fermented cassava flour with white rice flour, glutinous rice flour, and germinated brown rice powder. These formulations were compared with fermented cassava flour, commercial cassava flour, and commercial all-purpose wheat flour. The developed composite flours had moisture contents of 7.75–9.12%, pH values of 5.31–5.56, and significantly higher ash contents than the commercial flours ($p < 0.05$). The developed flours showed higher DPPH radical scavenging activity than the commercial flours, with IC_{50} values ranging from 272.69 to 293.86 mg/mL and GABA contents of 0.717–0.799 mg/g. Proximate analysis showed that the developed flours contained 4.59–5.68 g/100 g protein and 2.50–3.39 g/100 g crude fiber, with phosphorus, magnesium, calcium, iron, and zinc as mineral components. Microbiological analysis showed total viable counts at the 10^3 CFU/g level, yeast and mold counts of <100/g,

and no detection of *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus*, or *Bacillus cereus* in all formulations. However, the developed flours had lower lightness values than the commercial flours. These findings indicate that fermented cassava flour combined with germinated brown rice powder incorporation is a promising approach for developing functional composite flour with improved bioactive and nutritional properties.

Keywords: Fermented Cassava, Germinated Brown Rice, Composite Flour, Antioxidant Activity, *Rhizopus Oligosporus*

บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญและเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สามารถแปรรูปเป็นแป้ง ฟลาวัวร์ และผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลาย แป้งมันสำปะหลังมีจุดเด่นด้านปริมาณสตาร์ชสูง การให้พลังงานสูง ความสามารถในการเกิดเจล และความเหมาะสมต่อการใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหาร อย่างไรก็ตาม แป้งมันสำปะหลังทั่วไปมีข้อจำกัดด้านปริมาณโปรตีน ไขมัน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบจากธัญพืชหรือวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ (Nilusha, Jayasinghe, Perera, Perera & Jayasinghe, 2021; Mohidin et al., 2023) การพัฒนาแป้งผสมหรือ composite flour จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งจากพืชหัว โดยงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการผสมแป้งมันสำปะหลังกับวัตถุดิบจากพืชชนิดอื่นสามารถเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน เส้นใย เถ้า สมบัติการเกิดเพสต์ และสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งผสมได้ (Katunzi-Kilewela, Rweyemamu, Kaale, Kibazohi & Fortunatus, 2023; Li et al., 2023)

กระบวนการหมักเป็นเทคโนโลยีชีวภาพที่ใช้เพิ่มมูลค่าและปรับปรุงคุณภาพของวัตถุดิบอาหาร โดยอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอินทรีย์ กลิ่นรส สี และโครงสร้างของวัตถุดิบ รวมทั้งอาจช่วยเพิ่มการปลดปล่อยสารที่ละลายน้ำได้หรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพบางชนิด เชื้อราในสกุล *Rhizopus* โดยเฉพาะ *Rhizopus oligosporus* เป็นจุลินทรีย์สำคัญในกระบวนการหมักแบบ solid-state fermentation และการผลิตเทมเป้ โดยเส้นใยของเชื้อราและเอนไซม์ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักสามารถมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างวัตถุดิบ การย่อยสลายบางส่วนของพอลิเมอร์ และการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติทางโภชนาการและสมบัติเชิงหน้าที่ของวัตถุดิบพืช (Canoy, Wiedenbein, Bredie, Meyer, Wösten & Nielsen, 2024; Gautheron et al., 2024; Zhang et al., 2022) ดังนั้น การใช้ *R. oligosporus* ในการหมัก

มันสำปะหลังจึงมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาแป้งมันสำปะหลังให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ทางอาหารมากขึ้น

ข้าวกล้องงอกเป็นวัตถุดิบที่ได้รับความนิยมในด้านอาหารทางเลือก เนื่องจากกระบวนการงอกสามารถกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเมล็ดข้าว และทำให้เกิดการสะสมของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเฉพาะกรดแกมมา-อะมิโนบิวทิริกหรือ GABA รวมถึงสารประกอบฟีนอลิกและองค์ประกอบทางโภชนาการบางชนิด (Jabeen et al., 2024; Sitanggang, Joshua, Munarko, Kusnandar & Budijanto, 2021; Tsou, Hsu, & Chen, 2024) การนำข้าวกล้องงอกและแป้งข้าวมาใช้ร่วมกับมันสำปะหลังหมักจึงอาจช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และปรับคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งผสมได้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาแป้งผสมจากมันสำปะหลังหมักร่วมกับข้าวกล้องงอกและแป้งข้าว และประเมินคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สมบัติเชิงหน้าที่ องค์ประกอบทางโภชนาการ และคุณภาพทางจุลชีววิทยาของแป้งที่พัฒนา

วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตแป้งมันสำปะหลังหมักด้วยหัวเชื้อ *R. oligosporus* และพัฒนาเป็นแป้งผสมร่วมกับข้าวกล้องงอกและแป้งข้าว ตลอดจนประเมินและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สมบัติเชิงหน้าที่ องค์ประกอบทางโภชนาการโดยประมาณ ปริมาณแร่ธาตุ และคุณภาพทาง จุลชีววิทยาของแป้งสูตรที่พัฒนากับแป้งทางการค้า

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยนี้มีแนวคิดว่าการหมักมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *R. oligosporus* ร่วมกับการผสมข้าวกล้องงอกและแป้งข้าว สามารถปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังซึ่งโดยทั่วไปมีข้อจำกัดด้านโปรตีน สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และสมบัติเชิงหน้าที่บางประการได้ โดยกระบวนการวิจัยเริ่มจากการเตรียมมันสำปะหลังสด หมักด้วยหัวเชื้อ *R. oligosporus* อบแห้ง และบดเป็นผงแป้งมันสำปะหลังหมัก จากนั้นนำไปพัฒนาเป็นแป้งผสมร่วมกับผงข้าวขาว ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกล้องงอกในสูตรต่าง ๆ และเปรียบเทียบกับผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยว แป้งมันสำปะหลังทางการค้า และแป้งสาลีอเนกประสงค์ทางการค้า

แป้งที่พัฒนาได้ถูกประเมินคุณภาพในด้านคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สมบัติเชิงหน้าที่ องค์ประกอบทางโภชนาการ และคุณภาพทางจุลชีววิทยา เพื่อพิจารณาศักยภาพของแป้งผสมจากมันสำปะหลังหมักร่วมกับข้าวกล้องงอกในการใช้เป็นวัตถุดิบอาหารทางเลือกที่มีคุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มขึ้น สำหรับกรอบแนวคิดการวิจัยแสดงในภาพที่ 1



วิธีการวิจัย

1. วัตถุดิบและหัวเชื้อ

มันสำปะหลังสดที่ใช้ในการทดลองซื้อจากตลาดสดในอำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส จากนั้นนำมาคัดเลือกเฉพาะหัวที่มีสภาพสมบูรณ์ ไม่เน่าเสีย และไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อราที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า วัตถุดิบชนิดผง ได้แก่ ผงข้าวหอมมะลิ ผงข้าวกล้องอก ผงข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลังทางการค้า และแป้งสาลีเนกประสงค์ทางการค้า ซื้อจากแหล่งจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารในอำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส หัวเชื้อที่ใช้ในการหมัก คือ หัวเชื้อ *R. oligosporus* ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์บริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วัตถุดิบชนิดผงและหัวเชื้อถูกบรรจุในภาชนะปิดสนิทและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาใช้

2. การเตรียมมันสำปะหลังก่อนการหมัก

นำมันสำปะหลังสดมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก และตัดแยกส่วนที่เสียหรือมีร่องรอยการเน่าเสีย จากนั้นหั่นเป็นชิ้นขนาดประมาณ $1 \times 1 \times 1$ cm ล้างด้วยน้ำสะอาด และแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน เมื่อครบกำหนด ทำการล้างด้วยน้ำสะอาดอีก 4-5 ครั้ง แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที กรองและผึ่งให้สะเด็ดน้ำและเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการหมักในขั้นตอนต่อไป

3. การผลิตผงมันสำปะหลังหมัก

มันสำปะหลังที่ผ่านการต้มและผึ่งให้สะเด็ดน้ำถูกนำมาคลุกผสมกับหัวเชื้อ *R. oligosporus* ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก จนหัวเชื้อกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นบรรจุตัวอย่างลงในถุงพลาสติกสะอาดที่เจาะรู ขนาด 5x10 นิ้ว ถุงละ 300 g กดให้แบนราบเพื่อไล่อากาศและบ่มที่อุณหภูมิห้อง (30–32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 36 ชั่วโมง โดยไม่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ หลังครบกำหนดการหมัก ทำการตัดเป็นชิ้นขนาดเล็กและอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง บดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh เพื่อให้ได้ผงแป้งที่มีลักษณะสม่ำเสมอ ผงมันสำปะหลังหมักที่ได้ถูกเก็บรักษาในภาชนะปิดสนิทที่อุณหภูมิ 4°C จนกว่าจะนำไปใช้ในการพัฒนาแป้งผสม

4. การพัฒนาสูตรแป้งผสม

ผงมันสำปะหลังหมักถูกนำมาพัฒนาเป็นแป้งผสมร่วมกับผงข้าวขาว ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกาลังงอก ตามอัตราส่วนที่กำหนด โดยใช้ผงมันสำปะหลังหมักเป็นองค์ประกอบหลักของสูตร และใช้แป้งมันสำปะหลังทางการค้าและแป้งสาลีอเนกประสงค์ทางการค้าเป็นชุดเปรียบเทียบ การเตรียมแป้งผสมแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่

ชุดการทดลองที่ 1 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวขาว และผงข้าวกาลังงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1

ชุดการทดลองที่ 2 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกาลังงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1

ชุดการทดลองที่ 3 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวขาว ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกาลังงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1:1

ชุดการทดลองที่ 4 ใช้ผงมันสำปะหลังหมักเพียงอย่างเดียว

จากนั้นตัวอย่างแป้งทุกชุดถูกผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน บรรจุในภาชนะปิดสนิท และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์คุณภาพ

5. การวิเคราะห์

5.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้ง

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของตัวอย่างแป้งที่วิเคราะห์ ได้แก่ ค่าความชื้น ค่าน้ำหนักแห้ง ปริมาณเถ้า ค่า pH ค่าสี ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด โดยปริมาณความชื้นของตัวอย่างแป้งวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2005) ทำการชั่งตัวอย่างประมาณ 2.00 g ลงในภาชนะอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนัก จากนั้นอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105°C จนได้น้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น และคำนวณปริมาณความชื้นเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น ส่วนน้ำหนักแห้งคำนวณจาก 100 ลบด้วยค่าความชื้นของตัวอย่าง ปริมาณเถ้าวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2005) โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 2.00 g ลงในถ้วยเผาที่ทราบน้ำหนัก และเผา

ในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 4–6 ชั่วโมง หรือจนได้เถ้าที่มีสีเทาอ่อนและน้ำหนักคงที่ จากนั้นคำนวณปริมาณเถ้าเป็นกรัมต่อ 100 g ตัวอย่าง สำหรับค่า pH เตรียมสารแขวนลอยของแป้งโดยผสมตัวอย่าง 10 g กับน้ำกลั่น 100 ml กวนให้เข้ากันเป็นเวลา 30 นาที และวัดด้วยเครื่อง pH meter

สำหรับค่าสีของตัวอย่างแป้ง ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดสีระบบ CIE L*, a* และ b* โดยสอบเทียบเครื่องด้วยแผ่นมาตรฐานสีขาวก่อนการวัด ตัวอย่างแป้งถูกบรรจุในภาชนะวัดสีให้มีความหนาและผิวหน้าสม่ำเสมอ จากนั้นวัดค่าสีอย่างน้อย 3 ซ้ำต่อหนึ่งตัวอย่าง และรายงานผลเป็นค่า L*, a* และ b* โดยค่า L* แสดงค่าความสว่างจาก 0 ถึง 100 ค่า a* แสดงแกนสีเขียวถึงสีแดง และค่า b* แสดงแกนสีน้ำเงินถึงสีเหลือง (Katunzi-Kilewela et al., 2023; Li et al., 2023)

สำหรับการวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด ทำการทดลองโดยชั่งตัวอย่างแป้ง 1.00 g เติมน้ำกลั่น 20 ml กวนหรือเขย่าที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิที่ความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที และเก็บสารละลายส่วนใสสำหรับการวิเคราะห์ โดยปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี 3,5-dinitrosalicylic acid หรือ DNS ซึ่งดัดแปลงจาก Miller (1959) ทำการผสมสารสกัดตัวอย่างกับสารละลาย DNS ในอัตราส่วน 1:1 ให้ความร้อนในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที ปล่อยให้เย็น และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm ด้วย microplate reader รุ่น MRX A2000 บริษัท KLAB คำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จากกราฟมาตรฐานกลูโคส ส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมดวิเคราะห์ด้วยวิธี phenol-sulfuric acid โดยดัดแปลงจาก Dubois et al. (1956) และ Nielsen (2010) โดยผสมสารสกัดตัวอย่างกับสารละลายฟีนอลร้อยละ 5 และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น บ่มให้เกิดสีที่อุณหภูมิห้องและวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 nm ด้วย microplate reader รุ่น MRX A2000 บริษัท KLAB คำนวณปริมาณน้ำตาลทั้งหมดจากกราฟมาตรฐานกลูโคส และรายงานผลเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง

5.2 การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่วิเคราะห์ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และปริมาณ GABA โดยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างแป้งวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity โดยดัดแปลงจาก Chien et al. (2007) ทำการชั่งตัวอย่างแป้ง 1.00 g เติมน้ำกลั่นความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 10 ml เขย่าหรือกวนให้เข้ากันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในที่มืด จากนั้นนำไปเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิที่ความเร็ว 4,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที และเก็บสารสกัดส่วนใสเพื่อนำไปวิเคราะห์ โดยผสมสารสกัดตัวอย่างกับสารละลาย DPPH ในเมทานอลที่ความเข้มข้น 0.1 mM ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และรายงานเป็นร้อยละการยับยั้งอนุมูล DPPH ตามสมการ

$$\text{ร้อยละการยับยั้ง DPPH} = [(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100$$

โดย A_{control} คือค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีตัวอย่าง และ A_{sample} คือค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ทำปฏิกิริยากับสารสกัดตัวอย่าง ค่า IC_{50} คำนวณจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดตัวอย่างกับร้อยละการยับยั้ง DPPH และรายงานเป็นมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

สำหรับปริมาณกรดแกมมา-อะมิโนบิวทิริก หรือ GABA ทำการวิเคราะห์โดยวิธี colorimetric method โดยดัดแปลงจาก Jiang et al. (2021), Zhang et al. (2014) และ Nguyen et al. (2020) ซึ่งตัวอย่างแบ่ง 2.50 g เติมน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 50 ml จากนั้นสกัดที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้น กรองหรือเหวี่ยงแยกเพื่อเก็บสารสกัดส่วนใส นำสารสกัด 0.50 ml ทำปฏิกิริยากับ boric acid buffer ความเข้มข้น 0.2 mM pH 9.0 ปริมาตร 0.20 ml สารละลาย phenol ความเข้มข้น 6 g ต่อ 100 ml ปริมาตร 1.00 ml และ sodium hypochlorite ที่มี available chlorine ร้อยละ 9 ปริมาตร 0.40 ml จากนั้นให้ความร้อนในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที และทำให้เย็นในอ่างน้ำแข็งเป็นเวลา 20 นาที เติมน้ำกลั่นหรือละลาย 60 ปริมาตร 2.00 ml แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 645 nm ด้วย microplate reader รุ่น MRX A2000 บริษัท KLAB ทำการหาปริมาณ GABA ในตัวอย่างโดยคำนวณจากกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน GABA และรายงานผลเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างแบ่ง

5.3 การวิเคราะห์สมบัติเชิงหน้าที่ของแบ่ง

สมบัติเชิงหน้าที่ของตัวอย่างแบ่งที่วิเคราะห์ ได้แก่ กำลังการพองตัว ความสามารถในการละลาย และความสามารถในการดูดซับน้ำ โดยกำลังการพองตัวและความสามารถในการละลายวิเคราะห์โดยดัดแปลงจากวิธีของ Leach et al. (1959) และ Schoch (1964) ซึ่งตัวอย่างแบ่ง 0.50 g ลงในหลอดเซนต์ริฟวร์ก เติมน้ำกลั่น 20 ml ผสมให้กระจายตัว และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 30, 60, 70, 80 และ 90°C เป็นเวลา 30 นาที ระหว่างการให้ความร้อนเขย่าหรือกลับหลอดเป็นระยะเพื่อให้ตัวอย่างกระจายตัวสม่ำเสมอ จากนั้นทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ส่วนใสถูกนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105°C จนได้น้ำหนักคงที่ เพื่อใช้คำนวณร้อยละความสามารถในการละลาย ส่วนตะกอนที่ได้หลังการเหวี่ยงแยกถูกชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณกำลังการพองตัวของแบ่ง ความสามารถในการละลายคำนวณจากน้ำหนักของของแข็งที่ละลายอยู่ในส่วนใสเทียบกับน้ำหนักแห้งของตัวอย่างเริ่มต้น ส่วนกำลังการพองตัวคำนวณจากน้ำหนักตะกอนเปียกหลังการให้ความร้อนและเหวี่ยงแยกเทียบกับ น้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ไม่ละลาย

ความสามารถในการดูดซับน้ำวิเคราะห์โดยดัดแปลงจาก Anderson and Guraya (2006) โดยซึ่งตัวอย่างแบ่ง 1.00 g เติมน้ำกลั่น 10 ml ผสมให้เข้ากัน และบ่มที่อุณหภูมิที่กำหนดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเหวี่ยงแยกที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เทส่วนใสออก และชั่งน้ำหนักตะกอนที่อุ้มน้ำไว้ ผลการทดลองรายงานเป็นร้อยละของน้ำหนักน้ำที่ตัวอย่างสามารถดูดซับไว้ได้เมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวอย่างแห้งเริ่มต้น

5.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการโดยประมาณและแร่ธาตุ

ตัวอย่างแป้งสูตรที่พัฒนาถูกส่งวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการโดยประมาณและแร่ธาตุ ณ ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการส่งออก คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยใช้วิธีมาตรฐานของห้องปฏิบัติการตามแนวทาง AOAC รายการวิเคราะห์ประกอบด้วยโปรตีนทั้งหมด ไขมัน ความชื้น เถ้า คาร์โบไฮเดรต เส้นใยหยาบ พลังงานทั้งหมด แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และสังกะสี ปริมาณโปรตีนทั้งหมดวิเคราะห์ด้วยวิธี Kjeldahl โดยใช้ค่า protein conversion factor เท่ากับ 6.25 ไขมันวิเคราะห์ด้วยวิธี Soxhlet extraction ความชื้นวิเคราะห์ด้วยวิธี loss on drying ที่อุณหภูมิ 105 ± 3 องศาเซลเซียส เถ้าวิเคราะห์โดยการเผาที่อุณหภูมิ 550–600 องศาเซลเซียส เส้นใยหยาบวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์เส้นใย ANKOM200 คาร์โบไฮเดรตและพลังงานทั้งหมดคำนวณตามวิธีมาตรฐานของห้องปฏิบัติการ ส่วนแร่ธาตุวิเคราะห์ด้วยวิธี in-house method TE-CH-134 ซึ่งอ้างอิงจาก AOAC International (2019) และรายงานผลเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตัวอย่าง

5.5 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

คุณภาพทางจุลชีววิทยาของตัวอย่างแป้งสูตรที่พัฒนาวิเคราะห์โดยใช้วิธีมาตรฐานสำหรับอาหารแห้ง ได้แก่ total viable count, yeast and mold count, *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* โดยเตรียมตัวอย่างด้วยการชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ผสมกับสารละลายเจือจางปลอดเชื้อ และทำการเจือจางแบบลำดับขั้น Total viable count รายงานเป็น CFU/g ส่วน yeast and mold count รายงานเป็น CFU/g สำหรับ *Salmonella* sp., *S. aureus* และ *B. cereus* วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของห้องปฏิบัติการ และรายงานผลเป็นพบหรือไม่พบ หรือจำนวนจุลินทรีย์ต่อกรัมตามลักษณะของการทดสอบ สำหรับการประเมินคุณภาพทางจุลชีววิทยาของแป้งสูตรที่พัฒนาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 พ.ศ. 2563 โดยใช้เกณฑ์ของผลิตภัณฑ์กลุ่มแป้งที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้แก่ แป้งข้าวกล้อง เป็นเกณฑ์อ้างอิงสำหรับ *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* (Ministry of Public Health, 2020) ร่วมกับเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาทั่วไปของอาหารแห้งและแป้งประกอบอาหารสำหรับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์รา (Department of Medical Sciences, 2017)

5.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองดำเนินการจำนวน 3 ซ้ำ ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย one-way analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ โดยใช้โปรแกรม SPSS version 26.0

ผลการทดลอง

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้ง

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งสูตรที่พัฒนาเปรียบเทียบกับผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยว แป้งมันสำปะหลังทางการค้า และแป้งสาลีเนกประสงค์ทางการค้า พบว่าแป้งสูตรที่พัฒนา ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 7.86 ± 0.59 , 9.12 ± 0.64 และ $7.75 \pm 0.11\%$ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ในขณะที่ผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยวมีความชื้น $7.40 \pm 0.95\%$ สำหรับแป้งมันสำปะหลังทางการค้าและแป้งสาลีเนกประสงค์ทางการค้ามีความชื้น 9.84 ± 0.14 และ $11.32 \pm 0.20\%$ ตามลำดับ โดยแป้งสาลีเนกประสงค์ทางการค้ามีความชื้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักแห้งของแป้งสูตรที่พัฒนา พบว่า อยู่ในช่วง $90.88-92.25\%$ โดยชุดการทดลองที่ 1 และ 3 มีค่าน้ำหนักแห้งสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังทางการค้าและแป้งสาลีเนกประสงค์ทางการค้า สำหรับปริมาณเถ้า พบว่าแป้งสูตรที่พัฒนาและผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยวมีค่าอยู่ในช่วง $0.70-0.78$ g/100 g ซึ่งสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังทางการค้าและแป้งสาลีเนกประสงค์ทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขณะที่ค่า pH ของแป้งสูตรที่พัฒนาและผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยวอยู่ในช่วง $5.15-5.56$ ซึ่งต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลังทางการค้าและแป้งสาลีเนกประสงค์ทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดของแป้งในสูตรที่พัฒนา ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าแป้งสูตรที่พัฒนาทั้ง 3 สูตร มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ในช่วง $11.04-13.49$ mg/g และมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอยู่ในช่วง $15.50-19.05$ mg/g โดยชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดสูงที่สุดในกลุ่มแป้งสูตรที่พัฒนา อย่างไรก็ตาม พบว่า ผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยวและแป้งสาลีเนกประสงค์ทางการค้ามีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าแป้งสูตรที่พัฒนา ในขณะที่แป้งมันสำปะหลังทางการค้ามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำที่สุด เท่ากับ 2.44 ± 0.05 mg/g

จากการทดลองทำการวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE L^* , a^* และ b^* พบว่าแป้งสูตรที่พัฒนาและผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยวมีค่า L^* อยู่ในช่วง $31.63-34.92$ (ตารางที่ 1) ซึ่งต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลังทางการค้าและแป้งสาลีเนกประสงค์ทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยแป้งสาลีเนกประสงค์ทางการค้ามีค่า L^* สูงที่สุด เท่ากับ 66.12 ± 1.00 รองลงมาคือแป้งมันสำปะหลังทางการค้า เท่ากับ 61.33 ± 1.22 สำหรับค่า a^* ของแป้งสูตรที่พัฒนาอยู่ในช่วง $3.68-4.14$ แสดงแนวโน้มของสีแดงเล็กน้อย ในขณะที่แป้งทางการค้ามีค่า a^* ใกล้ศูนย์ ส่วนค่า b^* ของแป้งสูตรที่พัฒนาและผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยวอยู่ในช่วง $20.46-24.28$ ซึ่งสูงกว่าแป้งทางการค้า แสดงให้เห็นว่าแป้งที่มีส่วนประกอบของมันสำปะหลังหมักและข้าวกล้องงอกมีแนวโน้มเป็นสีเหลืองถึงเหลืองน้ำตาลมากกว่าแป้งทางการค้า

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแป้ง

จากการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ของแป้งทั้งหมด พบว่าแป้งสูตรที่พัฒนาให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าแป้งทางการค้า (ภาพที่ 2 และตารางที่ 2) โดยเมื่อพิจารณาค่า IC_{50} ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นของตัวอย่างที่ทำให้ค่า DPPH ลดลงร้อยละ 50 พบว่าชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่า IC_{50} เท่ากับ 272.69 ± 8.01 , 293.86 ± 12.12 และ 275.13 ± 15.06 mg/mL ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าไขมัน sapi หลังหมักเดี่ยว แป้ง sapi หลังทางการค้า และแป้งสาธิตเนกประสงค์ทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยแป้ง sapi หลังทางการค้าและแป้งสาธิตเนกประสงค์ทางการค้ามีค่า IC_{50} สูงถึง 722.10 ± 11.01 และ 809.26 ± 20.01 mg/mL ตามลำดับ และเมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณ GABA ของแป้งสูตรที่พัฒนา พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง $0.717 - 0.799$ mg/g โดยชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณ GABA สูงที่สุด เท่ากับ 0.799 ± 0.03 mg/g รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 2 และ 1 ซึ่งมีค่า 0.754 ± 0.04 และ 0.717 ± 0.01 mg/g ตามลำดับ ขณะที่ไขมัน sapi หลังหมักเดี่ยว แป้ง sapi หลังทางการค้า และแป้งสาธิตเนกประสงค์ทางการค้ามีปริมาณ GABA ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง $0.091 - 0.094$ mg/g

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งผสมจากมันสำปะหลังหมักร่วมกับข้าวกล้องงอกและแป้งข้าว

ค่าวิเคราะห์	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		ชุดการทดลองที่ 4		แป้งมันสำปะหลังทาง	แป้งสาลีเอนกประสงค์ทาง
	ชุดการทดลองที่ 1						การค้า	การค้า
ความชื้น (%)	7.86 ± 0.59 ^c	9.12 ± 0.64 ^b	7.75 ± 0.11 ^c	7.40 ± 0.95 ^c	9.84 ± 0.14 ^b	11.32 ± 0.20 ^a		
น้ำหนักรีด (%)	92.14 ± 0.59 ^a	90.88 ± 0.64 ^b	92.25 ± 0.11 ^a	92.60 ± 0.95 ^a	90.16 ± 0.14 ^b	88.68 ± 0.20 ^c		
เถ้า (g/100 g)	0.70 ± 0.02 ^a	0.78 ± 0.13 ^a	0.74 ± 0.13 ^a	0.70 ± 0.12 ^a	0.32 ± 0.04 ^b	0.38 ± 0.02 ^b		
pH	5.31 ± 0.02 ^b	5.34 ± 0.02 ^b	5.56 ± 0.09 ^b	5.15 ± 0.09 ^b	6.83 ± 0.03 ^a	6.64 ± 0.04 ^a		
น้ำตาลรีดิวซ์ (mg/g)	11.04 ± 0.50 ^c	12.58 ± 0.46 ^c	13.49 ± 0.25 ^c	21.79 ± 2.21 ^b	2.44 ± 0.05 ^d	29.88 ± 1.75 ^a		
น้ำตาลทั้งหมด (mg/g)	15.50 ± 0.94 ^c	16.16 ± 0.79 ^c	19.05 ± 0.96 ^b	33.07 ± 3.88 ^a	12.77 ± 0.20 ^d	34.16 ± 1.28 ^a		
L*	31.63 ± 0.72 ^b	32.67 ± 0.53 ^b	34.92 ± 0.79 ^b	32.87 ± 1.04 ^b	61.33 ± 1.22 ^a	66.12 ± 1.00 ^a		
a*	3.68 ± 0.38 ^a	4.08 ± 0.07 ^a	4.14 ± 0.12 ^a	3.19 ± 0.01 ^a	-0.06 ± 0.05 ^b	-0.02 ± 0.00 ^b		
b*	20.46 ± 0.56 ^a	21.28 ± 0.25 ^a	22.38 ± 0.24 ^a	24.28 ± 0.24 ^a	10.31 ± 0.26 ^b	9.52 ± 0.01 ^b		

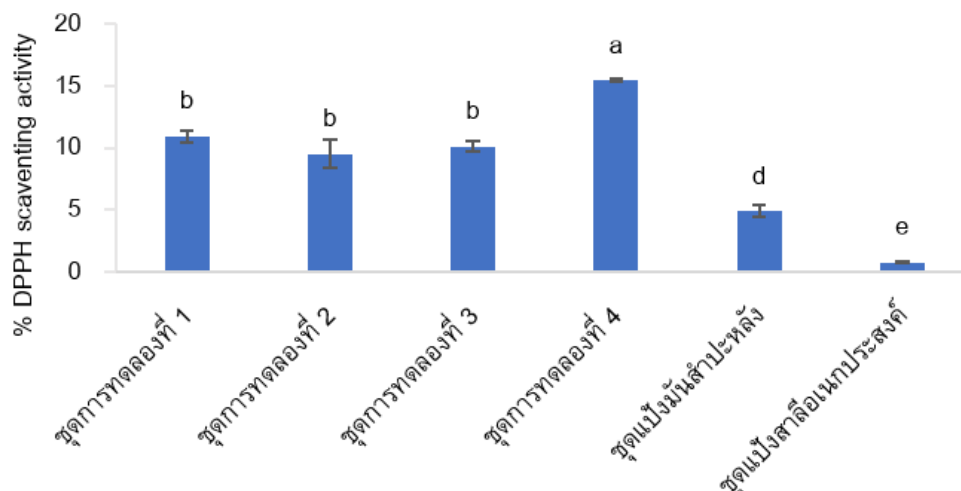
หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; ตัวอักษรต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

ชุดการทดลองที่ 1 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวขาว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1

ชุดการทดลองที่ 2 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1

ชุดการทดลองที่ 3 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวขาว ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1:1

ชุดการทดลองที่ 4 ใช้ผงมันสำปะหลังหมักเพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 2 แสดงค่าสารต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างแป้งสูตรต่าง ๆ เปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังทางการค้า แป้งเอนกประสงค์ทางการค้า (ชุดการทดลองที่ 1 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวขาว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1; ชุดการทดลองที่ 2 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1; ชุดการทดลองที่ 3 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวขาว ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1:1; ชุดการทดลองที่ 4 ใช้ผงมันสำปะหลังหมักเพียงอย่างเดียว)

ตารางที่ 2 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแป้งผสมจากมันสำปะหลังหมักร่วมกับข้าวกล้องงอกและแป้งข้าว

ชุดการทดลอง	ค่า IC ₅₀ (mg/mL)	GABA (mg/g)
ชุดการทดลองที่ 1	272.69±8.01 ^a	0.717±0.01 ^a
ชุดการทดลองที่ 2	293.86±12.12 ^a	0.754±0.04 ^a
ชุดการทดลองที่ 3	275.13±15.06 ^a	0.799±0.03 ^a
ชุดการทดลองที่ 4	334.53±9.41 ^b	0.091±0.01 ^b
ชุดแบ่งมันสำปะหลังทางการค้า	722.10±11.01 ^c	0.094±0.00 ^b
ชุดแบ่งสาลิอนกประสงค์ทางการค้า	809.26±20.01 ^c	0.091±0.01 ^b

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ในแต่ละค่าการทดลอง

ชุดการทดลองที่ 1 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวขาว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1

ชุดการทดลองที่ 2 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1

ชุดการทดลองที่ 3 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวขาว ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1:1

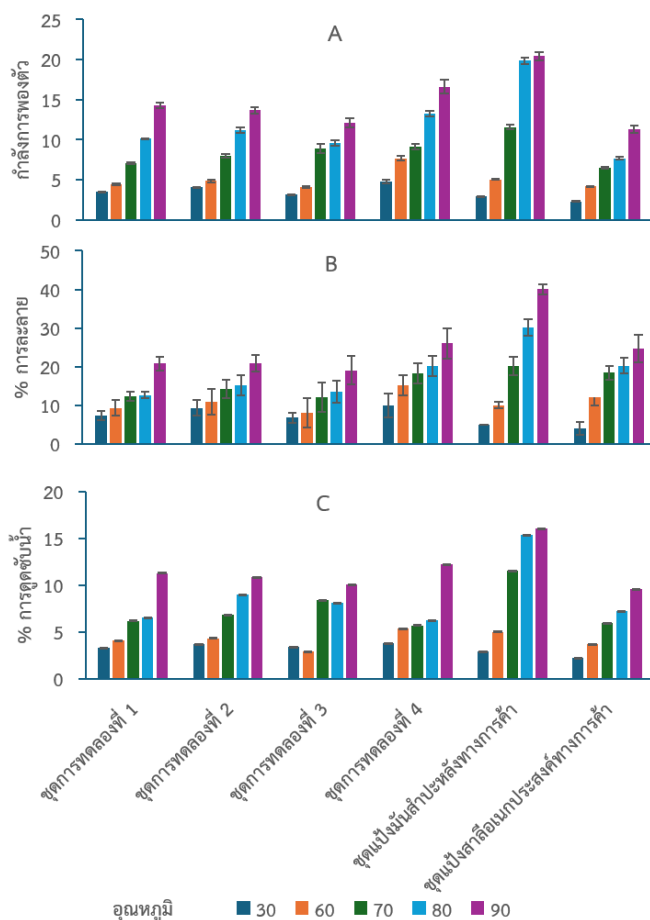
ชุดการทดลองที่ 4 ใช้ผงมันสำปะหลังหมักเพียงอย่างเดียว

สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้ง

เมื่อทำการวิเคราะห์สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้ง ได้แก่ กำลังการพองตัว ความสามารถในการละลาย และความสามารถในการดูดซับน้ำ ที่อุณหภูมิ 30, 60, 70, 80 และ 90°C ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่า กำลังการพองตัวของแป้งทุกชุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 80–90°C แสดงให้เห็นว่าความร้อนมีผลต่อการดูดน้ำและการพองตัวของเม็ดแป้งอย่างชัดเจน โดยแป้งมันสำปะหลัง ทางการค้ามีแนวโน้มให้ค่ากำลังการพองตัวสูงกว่าแป้งสูตรที่พัฒนาและผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยวในช่วง อุณหภูมิสูง ขณะที่แป้งสูตรที่พัฒนาให้ค่ากำลังการพองตัวต่ำกว่า ซึ่งอาจสัมพันธ์กับการเป็นแป้งผสมที่มีองค์ประกอบจากมันสำปะหลังหมัก ผงข้าว และข้าวกล้องงอก เมื่อทำการวิเคราะห์ความสามารถในการละลายของแป้ง พบว่า ความสามารถในการละลายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นเช่นเดียวกันกับค่ากำลังการพองตัว โดยค่าการละลายเพิ่มขึ้นเด่นชัดในช่วงอุณหภูมิ 70–90°C แสดงถึงการหลุดออกขององค์ประกอบที่ละลายน้ำได้จากเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อน ส่วนความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งแต่ละชุดเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ โดยเฉพาะในช่วงอุณหภูมิสูง ซึ่งสะท้อนความสามารถของแป้งในการอุ้มน้ำหลังได้รับความร้อน ทั้งนี้ แป้งสูตรที่พัฒนาแสดงสมบัติเชิงหน้าที่แตกต่างจากแป้งมันสำปะหลังทางการค้าและแป้งสาลีอเนกประสงค์ทางการค้า โดยเฉพาะด้านการพองตัวและการละลาย

องค์ประกอบทางโภชนาการโดยประมาณและแร่ธาตุของแป้งสูตรที่พัฒนา

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการโดยประมาณและแร่ธาตุของแป้งสูตรที่พัฒนาและผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยว พบว่าแป้งสูตรที่พัฒนา ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณโปรตีนทั้งหมดเท่ากับ 5.68 ± 0.10 , 4.59 ± 0.18 และ 5.59 ± 0.21 g/100 g ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ขณะที่ผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยว มีปริมาณโปรตีนทั้งหมด 6.12 ± 0.28 g/100 g ปริมาณไขมันของตัวอย่างอยู่ในช่วง 0.84–1.02 g/100 g และความชื้นอยู่ในช่วง 7.54–7.60 g/100 g พบว่า ปริมาณเถ้าของแป้งสูตรที่พัฒนาและผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยวอยู่ในช่วง 0.76–0.81 g/100 g ส่วนคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 85.18–87.13 g/100 g และเส้นใยหยาบอยู่ในช่วง 2.50–3.39 g/100 g โดยชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณเส้นใยหยาบสูงที่สุด เท่ากับ 3.39 ± 0.12 g/100 g พลังงานทั้งหมดของตัวอย่างอยู่ในช่วง 362.50–375.52 kcal/100 g เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบแร่ธาตุของแป้งสูตรที่พัฒนา พบว่า ตัวอย่างแป้งสูตรที่พัฒนาและผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยวมีฟอสฟอรัสเป็นแร่ธาตุที่พบในปริมาณสูงที่สุด โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1130.14–1401.95 mg/kg รองลงมาคือแมกนีเซียม ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 423.05–532.05 mg/kg และแคลเซียม ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 285.23–316.23 mg/kg นอกจากนี้ยังตรวจพบเหล็กในช่วง 6.433–8.487 mg/kg และสังกะสีในช่วง 10.143–13.775 mg/kg โดยชุดการทดลองที่ 2 มีแคลเซียม เหล็ก และสังกะสีสูงที่สุดในกลุ่มตัวอย่างที่วิเคราะห์



ภาพที่ 3 สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งผสมจากมันสำปะหลังหมักร่วมกับข้าวกล้องงอกและแป้งข้าวที่อุณหภูมิต่าง ๆ (A: กำลังการพองตัว; B: % การละลาย; C: % การดูดซับน้ำ และ ชุดการทดลองที่ 1 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผง ข้าวขาว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1; ชุดการทดลองที่ 2 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผง ข้าวเหนียว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1; ชุดการทดลองที่ 3 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผง ข้าวขาว ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1:1; ชุดการทดลองที่ 4 ใช้ผงมัน สำปะหลังหมักเพียงอย่างเดียว)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางโภชนาการโดยประมาณและปริมาณแร่ธาตุของแป้งสูตรที่พัฒนา

ค่าวิเคราะห์	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	ชุดการทดลองที่ 4
Protein (g/100g)	5.68 ± 0.10 ^b	4.59 ± 0.18 ^c	5.59 ± 0.21 ^b	6.12 ± 0.28 ^a
Fat (g/100g)	0.84 ± 0.14 ^b	1.00 ± 0.00 ^a	1.01 ± 0.00 ^a	1.02 ± 0.01 ^a
Moisture (g/100g)	7.54 ± 0.06	7.54 ± 0.05	7.54 ± 0.08	7.60 ± 0.11
Ash (g/100g)	0.76 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.81 ± 0.09
Crude fiber (g/100g)	2.50 ± 0.09 ^b	3.29 ± 0.11 ^a	3.39 ± 0.12 ^a	3.19 ± 0.05 ^a
Carbohydrates (g/100g)	85.18	86.08	87.13	86.03
Total energy (Kcal/100g)	370.99	371.70	375.52	362.50
Calcium (mg/kg)	290.49	316.23	313.33	285.23
Iron (mg/kg)	7.504	8.487	8.223	6.433
Magnesium (mg/kg)	528.81	530.00	532.05	423.05
Phosphorus (mg/kg)	1401.95	1351.10	1361.18	1130.14
Zinc (mg/kg)	12.414	13.775	12.834	10.143

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ในแต่ละค่าการทดลอง

ชุดการทดลองที่ 1 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวขาว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1

ชุดการทดลองที่ 2 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1

ชุดการทดลองที่ 3 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวขาว ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1:1

ชุดการทดลองที่ 4 ใช้ผงมันสำปะหลังหมักเพียงอย่างเดียว

คุณภาพทางจุลชีววิทยาของแป้งสูตรที่พัฒนา

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของแป้งสูตรที่พัฒนาและผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยว พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ $8.01 \pm 0.12 \times 10^3$, $7.81 \pm 0.18 \times 10^3$, $7.22 \pm 0.22 \times 10^3$ และ $8.91 \pm 0.02 \times 10^3$ CFU/g ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคือน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.0×10^4 CFU/g (Department of Medical Sciences, 2017) ขณะที่จำนวนยีสต์และราของ

ทุกชุดการทดลองมีค่าน้อยกว่า 100 CFU/g เมื่อทำการตรวจหาจุลินทรีย์ก่อโรค พบว่า ไม่พบเชื้อ *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* ในตัวอย่างทุกชุดการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์กลุ่มแป้งและอาหารแห้ง พบว่าตัวอย่างแป้งสูตรที่พัฒนาและผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยวอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (Ministry of Public Health, 2020) แสดงให้เห็นว่ากระบวนการหมัก อบแห้ง บด และเก็บรักษาภายใต้เงื่อนไขการทดลองนี้ให้ผลิตภัณฑ์แป้งที่มีคุณภาพทางจุลชีววิทยาเหมาะสมในระดับเบื้องต้น

ตารางที่ 4 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของแป้งสูตรที่พัฒนาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ชุดตัวอย่าง	Total viable count (CFU/g)*	Yeast/mold count (CFU/g)	<i>Salmonella</i> sp. (/25g)**	<i>S. aureus</i> (CFU/g)**	<i>B. cereus</i> (CFU/g)**	หมายเหตุ
ชุดการทดลองที่ 1	$8.01 \pm 0.12 \times 10^3$	<100	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด
ชุดการทดลองที่ 2	$7.81 \pm 0.18 \times 10^3$	<100	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด
ชุดการทดลองที่ 3	$7.22 \pm 0.22 \times 10^3$	<100	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด
ชุดการทดลองที่ 4	$8.91 \pm 0.02 \times 10^3$	<100	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

หมายเหตุ: *ใช้เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาทั่วไปของอาหารแห้ง/แป้งประกอบอาหาร (Department of Medical Sciences, 2017); **ใช้เกณฑ์จุลินทรีย์ก่อโรคของผลิตภัณฑ์กลุ่มแป้งที่มีลักษณะใกล้เคียงกันตาม Ministry of Public Health (2020)

ชุดการทดลองที่ 1 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวขาว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1

ชุดการทดลองที่ 2 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1

ชุดการทดลองที่ 3 ผสมผงมันสำปะหลังหมัก ผงข้าวขาว ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกล้องงอก ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 5:1:1:1

ชุดการทดลองที่ 4 ใช้ผงมันสำปะหลังหมักเพียงอย่างเดียว

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากระบวนการหมักมันสำปะหลังด้วยหัวเชื้อ *R. oligosporus* ร่วมกับการผสมข้าวกล้องงอกและแป้งข้าวสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังได้หลายมิติ ทั้งด้านเคมี กายภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สมบัติเชิงหน้าที่ องค์ประกอบทางโภชนาการ และคุณภาพทางจุลชีววิทยา โดยผลดังกล่าวสอดคล้องกับกรอบแนวคิดของการวิจัยที่ต้องการใช้กระบวนการหมักและการทำแป้งผสมเพื่อเพิ่มศักยภาพของมันสำปะหลังซึ่งโดยทั่วไปมีข้อจำกัดด้านโปรตีนและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ แป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบที่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลัก แต่มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบจากธัญพืชบางชนิด (Nilusha et al., 2021; Mohidin et al., 2023) ดังนั้น การนำข้าวกล้องงอกและแป้งข้าวมาใช้ร่วมกับมันสำปะหลังหมักจึงเป็นแนวทางที่ช่วยเสริมองค์ประกอบบางส่วนที่มันสำปะหลังมีอยู่น้อย และทำให้แป้งผสมที่ได้มีคุณสมบัติแตกต่างจากแป้งมันสำปะหลังทางการค้า

เมื่อพิจารณาค่าความชื้นของแป้งสูตรที่พัฒนา พบว่า อยู่ในระดับต่ำและใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์แป้งแห้งทั่วไป แสดงว่ากระบวนการอบแห้งที่ใช้ในการศึกษานี้สามารถลดความชื้นของตัวอย่างให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาเบื้องต้นได้ อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของค่าความชื้นระหว่างตัวอย่างอาจสัมพันธ์กับองค์ประกอบของแป้งผสม เช่น ชนิดของแป้งข้าว ปริมาณเส้นใย และโครงสร้างของเม็ดแป้ง ซึ่งมีผลต่อความสามารถในการยึดจับน้ำของแป้งแต่ละสูตร การที่แป้งสูตรที่พัฒนาและผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยมีค่า pH ต่ำกว่าแป้งทางการค้า อาจเนื่องมาจากการแช่และการหมัก ซึ่งอาจทำให้เกิดกรดอินทรีย์หรือสารเมแทบอลิต์ที่มีความเป็นกรดในระหว่างกระบวนการหมัก (Canoy et al., 2024; Gautheron et al., 2024) และเมื่อพิจารณาค่าสี พบว่า แป้งสูตรที่พัฒนาและผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยมีค่าความสว่างต่ำกว่าแป้งทางการค้า และมีค่า b^* สูงกว่า แสดงถึงแนวโน้มของสีเหลืองถึงเหลืองน้ำตาล อาจเกิดจากสีตามธรรมชาติของวัตถุดิบ ได้แก่ ข้าวกล้องงอกและผลิตภัณฑ์จากการหมัก รวมทั้งผลของการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน ซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลหรือการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบบางชนิดในวัตถุดิบ สอดคล้องกับรายงานของ Li et al. (2023) ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนสัดส่วนของแป้งมันสำปะหลังในแป้งผสมมีผลต่อสีและคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งและโด

สำหรับปริมาณเถ้า พบว่า ในแป้งสูตรที่พัฒนามีค่าสูงกว่าแป้งทางการค้า อาจเนื่องมาจากการเติมข้าวกล้องงอกและแป้งข้าว ซึ่งเป็นแหล่งของสารอินทรีย์และแร่ธาตุบางชนิด โดยเฉพาะฟอสฟอรัส แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก และสังกะสี สอดคล้องกับรายงานของ Katunzi-Kilewela et al. (2023) ซึ่งพบว่าการทำแป้งผสมจากมันสำปะหลังร่วมกับวัตถุดิบพืชอื่นสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีน เส้นใย ไขมัน และเถ้าได้เมื่อเทียบกับแป้งมันสำปะหลังเดี่ยว นอกจากนี้ การที่แป้งสูตรที่พัฒนามีปริมาณเส้นใยหยาบและโปรตีนทั้งหมดในระดับสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังทั่วไป อาจเกิดจากการใช้วัตถุดิบร่วมกับกระบวนการหมักโดยเชื้อราในสกุล *Rhizopus* ซึ่งสามารถ

เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบโปรตีน การย่อยสลายโครงสร้างพอลิเมอร์บางส่วน และเพิ่มองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพทางโภชนาการของวัตถุดิบได้ (Canoy et al., 2024; Zhang et al., 2022)

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด พบว่าแป้งสูตรที่พัฒนามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังทางการค้า แต่ต่ำกว่าผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยว แสดงให้เห็นว่ากระบวนการหมักมันสำปะหลังด้วย *R. oligosporus* อาจมีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนบางส่วนไปเป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็กหรือสารประกอบที่ละลายน้ำได้มากขึ้น โดยเฉพาะในระหว่างการแช่ การต้ม และการหมัก ซึ่งอาจทำให้โครงสร้างของสตาร์ชและพอลิแซ็กคาไรด์บางส่วนเกิดการคลายตัวหรือถูกย่อยบางส่วนด้วยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ กระบวนการหมักแบบ solid-state fermentation โดยใช้ราในสกุล *Rhizopus* มีรายงานว่าสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างวัตถุดิบพืชและปลดปล่อยเอนไซม์หลายชนิด เช่น α -amylase, cellulase, lipase และ protease ซึ่งเกี่ยวข้องกับการย่อยองค์ประกอบโมเลกุลใหญ่ในวัตถุดิบอาหารให้มีขนาดเล็กลง (Miskiewicz et al., 2003; Miskiewicz et al., 2004; Zhang et al., 2022) ดังนั้น การที่ผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยวมีค่าน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังทางการค้า จึงอาจเกิดจากผลของกระบวนการหมักที่ช่วยเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้หรือสารที่มีสมบัติรีดิวซ์ในตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม เมื่อนำผงมันสำปะหลังหมักไปพัฒนาเป็นแป้งผสมร่วมกับผงข้าวขาว ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกล้องงอก พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดของแป้งสูตรที่พัฒนาลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผงมันสำปะหลังหมักเดี่ยว อาจเกิดจากผลของการเจือจางองค์ประกอบของผงมันสำปะหลังหมักด้วยวัตถุดิบจากข้าว รวมทั้งความแตกต่างขององค์ประกอบคาร์โบไฮเดรต โปรตีน เส้นใย และสารที่ไม่ใช่สตาร์ชในแป้งผสมแต่ละสูตร การเติมวัตถุดิบพืชชนิดอื่นลงในแป้งมันสำปะหลังสามารถเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งได้อย่างมีนัยสำคัญ (Katunzi-Kilewela et al., 2023; Li et al., 2023) ในการศึกษาขั้น ชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดสูงที่สุดในกลุ่มแป้งสูตรที่พัฒนา อาจเนื่องมาจากสูตรดังกล่าวมีองค์ประกอบรวมจากผงข้าวขาว ผงข้าวเหนียว และผงข้าวกล้องงอก ซึ่งอาจเพิ่มสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้หรือองค์ประกอบที่สามารถเกิดปฏิกิริยาในการวิเคราะห์น้ำตาลได้มากกว่าสูตรอื่น

จากการวิเคราะห์ค่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่าแป้งสูตรที่พัฒนามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าแป้งทางการค้าอย่างชัดเจน โดยมีค่า IC_{50} ที่ต่ำกว่า อาจเกิดจากหลายปัจจัยร่วมกัน เช่น การมีข้าวกล้องงอกเป็นส่วนประกอบ การมีสารประกอบฟีนอลิกหรือสารต้านอนุมูลอิสระบางชนิดในวัตถุดิบจากข้าว และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบระหว่างกระบวนการหมัก อันเนื่องมาจากกระบวนการงอกของข้าวสามารถเพิ่ม GABA สารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวได้ (Sitanggang et al., 2021; Tsou et al., 2024)

เมื่อพิจารณาสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งที่พัฒนา ได้แก่ กำลังการพองตัว ความสามารถในการละลาย และความสามารถในการดูดซับน้ำ พบว่า ค่าที่ได้มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ โดยค่าที่สูงขึ้นในช่วงอุณหภูมิสูง

เกิดจากการดูดน้ำ การพองตัว และการหลุดออกขององค์ประกอบที่ละลายน้ำได้จากเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อน เมื่อเม็ดแป้งที่โครงสร้างภายในถูกทำให้คลายตัวส่งผลให้น้ำสามารถแทรกเข้าสู่โครงสร้างของเม็ดแป้งได้มากขึ้น และเกิดการพองตัวหรือการละลายขององค์ประกอบบางส่วน (Leach et al., 1959) อย่างไรก็ตาม แป้งสูตรที่พัฒนาเป็นแป้งผสมที่มีองค์ประกอบจากมันสำปะหลังหมัก แป้งข้าว และข้าวกล้องงอก จึงอาจมีปริมาณโปรตีน เส้นใย และองค์ประกอบที่ไม่ใช่สตาร์ชเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจรบกวนการพองตัวของเม็ดแป้งหรือเปลี่ยนความสามารถในการดูดซับน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังทางการค้า (Katunzi-Kilewela et al., 2023; Li et al., 2023)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของแป้งสูตรที่พัฒนา พบว่า อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด โดยจำนวน จุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำ ยีสต์และราอยู่ในระดับต่ำ และไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรคที่ทดสอบ ได้แก่ *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* เนื่องจากกระบวนการต้ม หมัก อบแห้ง และเก็บรักษาสามารถควบคุมคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์แป้งได้ แม้ว่ากระบวนการหมักจะเกี่ยวข้องกับ การเจริญของจุลินทรีย์ แต่การอบแห้งจนความชื้นต่ำและการเก็บรักษาในภาชนะปิดสนิทจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเจริญของจุลินทรีย์ไม่พึงประสงค์ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ด้านจุลินทรีย์ก่อโรคของผลิตภัณฑ์กลุ่มแป้งที่มี ลักษณะใกล้เคียงกันตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416 พ.ศ. 2563 และเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ของอาหารแห้ง พบว่าแป้งที่พัฒนาได้มีคุณภาพทางจุลชีววิทยาเหมาะสมตามเกณฑ์อ้างอิงที่เกี่ยวข้อง (Department of Medical Sciences, 2017; Ministry of Public Health, 2020)

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าผงแป้งมันสำปะหลังหมักด้วยหัวเชื้อ *R. oligosporus* สามารถนำมาพัฒนา เป็นแป้งผสมร่วมกับข้าวกล้องงอกและแป้งข้าวได้ โดยแป้งสูตรที่พัฒนาแสดงคุณสมบัติทางเคมีกายภาพแตกต่าง จากแป้งทางการค้า มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และมีปริมาณ GABA สูงกว่าแป้งทางการค้า นอกจากนี้ แป้งสูตรที่พัฒนายังมีโปรตีน เส้นใยหยาบ และแร่ธาตุบางชนิดเป็นองค์ประกอบ และมีคุณภาพทางจุลชีววิทยาอยู่ ในเกณฑ์มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น แป้งผสมจากมันสำปะหลังหมักร่วมกับข้าวกล้องงอกและแป้งข้าวจึงมี ศักยภาพในการใช้เป็นวัตถุดิบอาหารทางเลือกที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาการประยุกต์ใช้แป้งสูตรที่พัฒนาในผลิตภัณฑ์อาหารจริง เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบ คุกกี้ หรือ ผลิตภัณฑ์แป้งทางเลือก เพื่อประเมินความเหมาะสมด้านโครงสร้าง เนื้อสัมผัส สี และคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลัง

การแปรรูป

2. ควรศึกษาแนวทางปรับปรุงกระบวนการอบแห้งหรือการผลิตผงแป้ง เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงสีและเพิ่มค่าความสว่างของแป้ง โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสีอ่อนหรือสีขาว
3. ควรประเมินการยอมรับของผู้บริโภคและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งสูตรที่พัฒนา ภายใต้กระบวนการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เพื่อยืนยันศักยภาพในการนำไปใช้ในเชิงผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป
4. ควรเพิ่มเติมในส่วนของการทดสอบอายุการเก็บรักษา

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ที่ให้การสนับสนุนสถานที่และเครื่องมือในการดำเนินการทดลอง ขอขอบคุณศูนย์บริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์หั่วเชื้อ *R. oligosporus* และขอขอบคุณศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการส่งออก คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้บริการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการโดยประมาณและแร่ธาตุของตัวอย่างแป้งในการศึกษาครั้งนี้

รายการอ้างอิง (References)

- Anderson, A. K., & Guraya, H. S. (2006). Effects of Microwave Heat-Moisture Treatment on Properties of Waxy and Non-Waxy Rice Starches. *Food Chemistry*, 97(2), 318–323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.025>
- AOAC International. (2005). *Official methods of analysis of AOAC International* (18th ed.). AOAC International.
- AOAC International. (2019). Official Method 984.27: Calcium, copper, iron, magnesium, manganese, phosphorus, potassium, sodium, and zinc in infant formula. In G. W. Latimer Jr. (Ed.), *Official methods of analysis of AOAC International* (21st ed.). AOAC International.
- Canoy, T. S., Wiedenbein, E. S., Bredie, W. L. P., Meyer, A. S., Wösten, H. A. B., & Nielsen, D. S. (2024). Solid-State Fermented Plant Foods as New Protein Sources. *Annual Review of Food Science and Technology*, 15, 189–210. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-060721-013526>

- Chien, P.-J., Sheu, F., Huang, W.-T., & Su, M.-S. (2007). Effect of Molecular Weight of Chitosans on Their Antioxidative Activities in Apple Juice. *Food Chemistry*, 102(4), 1192–1198. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.07.007>
- Department of Medical Sciences. (2017). *Microbiological quality criteria for foods and food contact containers* (3rd ed.). Ministry of Public Health. (in Thai)
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956). Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350–356. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>
- Gautheron, O., Nyhan, L., Torreiro, M. G., Tlais, A. Z. A., Cappello, C., Gobetti, M., ..., & Sahin, A. W. (2024). Exploring the Impact of Solid-state Fermentation on Fava Bean Flour: A comparative Study of *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oligosporus*. *Foods*, 13(18), 1-27. <https://doi.org/10.3390/foods13182922>
- Jabeen, R., Jan, N., Naseer, B., Sarangi, P. K., Sridhar, K., Dikkala, P. K., ..., & Inbaraj, B. S. (2024). Development of Germinated-Brown-Rice-Based Novel Functional Beverage Enriched with γ -Aminobutyric Acid: Nutritional and Bio-Functional Characterization. *Foods*, 13(8), 1-14. <https://doi.org/10.3390/foods13081282>
- Jiang, X., Xu, Q., Zhang, A., Liu, Y., Zhao, L., Gu, L., ..., & Zhang, D. (2021). Optimization of γ -Aminobutyric Acid (GABA) Accumulation in Germinating Adzuki Beans (*Vigna angularis*) by Vacuum Treatment and Monosodium Glutamate, and the Molecular Mechanisms. *Frontiers in Nutrition*, 8, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.693862>
- Katunzi-Kilewela, A., Rweyemamu, L. M. P., Kaale, L. D., Kibazohi, O., & Fortunatus, R. M. (2023). Proximate Composition, Pasting and Functional Properties of Composite Flour Blends from Cassava and Chia Seeds Flour. *Food Science and Technology International*, 29(3), 217–227. <https://doi.org/10.1177/10820132211069471>
- Leach, H. W., McCowen, L. D., & Schoch, T. J. (1959). Structure of the Starch Granule. I. Swelling and Solubility Patterns of Various Starches. *Cereal Chemistry*, 36, 534–544.
- Li, M., Zhang, Y., You, X., Wang, Y., Zhou, K., Wei, P., & Wei, L. (2023). Assessment of Functional Properties of Wheat–Cassava Composite Flour. *Foods*, 12(19), 1-15. <https://doi.org/10.3390/foods12193585>

- Martins, S. I. F. S., Jongen, W. M. F., & van Boekel, M. A. J. S. (2000). A Review of Maillard Reaction in Food and Implications to Kinetic Modelling. *Trends in Food Science & Technology*, 11(9–10), 364–373. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00022-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00022-X)
- Miller, G. L. (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry*, 31(3), 426–428. <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>
- Ministry of Public Health. (2020). Notification of the Ministry of Public Health (No. 416) B.E. 2563 (2020) issued by virtue of the Food Act B.E. 2522: Prescribing the quality or standard, principles, conditions and methods of analysis for pathogenic microorganisms in foods. *Government Gazette*, 137(Special Part 237 Ngor), 9 October 2020. (in Thai)
- Miszkiewicz, H., Bizukojc, M., Rozwandowicz, A., & Bielecki, S. (2003). Physiological Properties and Enzymatic Activities of *Rhizopus oligosporus* in Solid State Fermentations. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 68(2), 313–316.
- Miszkiewicz, H., Rozwandowicz, A., & Bielecki, S. (2004). Physiological and Enzymatic Activities of *Rhizopus oligosporus* in Swing Solid-State Reactor. *Chemical Papers*, 58(6), 407–412.
- Mohidin, S. R. N. S. P., Moshawih, S., Hermansyah, A., Asmuni, M. I., Shafqat, N., & Ming, L. C. (2023). Cassava (*Manihot esculenta* Crantz): A Systematic Review for the Pharmacological Activities, Traditional Uses, Nutritional Values, and Phytochemistry. *Journal of Evidence-Based Integrative Medicine*, 28, 1-26. <https://doi.org/10.1177/2515690X231206227>
- Nguyen, B. C. Q., Shahinozzaman, M., Tien, N. T. K., Thach, T. N., & Tawata, S. (2020). Effect of Sucrose on Antioxidant Activities and Other Health-Related Micronutrients in Gamma-Aminobutyric Acid (GABA)-Enriched Sprouting Southern Vietnam Brown Rice. *Journal of Cereal Science*, 93, 102985. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102985>
- Nielsen, S. S. (2010). Phenol-Sulfuric Acid Method for Total Carbohydrates. In S. S. Nielsen (Ed.), *Food analysis laboratory manual* (2nd ed.). Springer.
- Nilusha, R. A. T., Jayasinghe, J. M. J. K., Perera, O. D. A. N., Perera, P. I. P., & Jayasinghe, C. V. L. (2021). Proximate Composition, Physicochemical, Functional, and Antioxidant Properties of Flours from Selected Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Varieties. *International Journal of Food Science*, 2021, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2021/6064545>
- Schoch, T. J. (1964). Swelling Power and Solubility of Granular Starches. In R. L. Whistler (Ed.), *Methods in carbohydrate chemistry: Vol. 4. Starch* (pp. 106–108). Academic Press.

- Sitanggang, A. B., Joshua, M., Munarko, H., Kusnandar, F., & Budijanto, S. (2021). Increased γ -Aminobutyric Acid Content of Germinated Brown Rice Produced in Membrane Reactor. *Food Technology and Biotechnology*, 59(3), 295–305. <https://doi.org/10.17113/ftb.59.03.21.6846>
- Tsou, S.-F., Hsu, H.-Y., & Chen, S.-D. (2024). Effects of Different Pretreatments on the GABA Content and Antioxidant Activity of Germinated Brown Rice. *Applied Sciences*, 14(13), 1-13. <https://doi.org/10.3390/app14135771>
- Zhang, Q., Xiang, J., Zhang, L., Zhu, X., Evers, J. B., van der Werf, W., & Duan, L. (2014). Optimizing Soaking and Germination Conditions to Improve Gamma-Aminobutyric Acid Content in Japonica and Indica Germinated Brown rice. *Journal of Functional Foods*, 10, 283–291. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.06.009>
- Zhang, Y., Wei, R., Azi, F., Jiao, L., Wang, H., He, T., ..., & Lu, B. (2022). Solid-State Fermentation with *Rhizopus oligosporus* RT-3 Enhanced the Nutritional Properties of Soybeans. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1-14. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.972860>

ผลของฮอร์โมน Buserelin (Suprefact E) ต่อลักษณะทางกายภาพ
ของถุงน้ำเชื้อ ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และปริมาณน้ำเชื้อ
ของปลาดุกกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*) เพศผู้
Effects of Buserelin (Suprefact E) Hormone on
Seminal Vesicle Physical Characteristics, Gonadosomatic Index and
Semen Volume in Male Catfish (*Clarias gariepinus*)

ธีรัตน์ ภูเบญญาพงศ์¹, ตาวฟิก หะยีหมัด^{2*}, ประจักษ์ เทพคุณ¹, ภัทราวดี ศรีมีเทียน^{1,2} และมาหามะรอเบีย สะบูดิง³
Teerat Phubenyapong¹, Taufik Hayimad^{2*}, Prajak Thepkun¹, Pattarawadee Srimeetian^{1,2} and Mahama-
Robee Sabuding³

(Received: 7 May 2026; Revised: 29 June 2026; Accepted: 29 June 2026)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของฮอร์โมน Buserelin (Suprefact E) ที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของระบบสืบพันธุ์ในปลาดุกกรัสเซียเพศผู้ โดยทำการทดลองในปลาดุกกรัสเซียเพศผู้วัยเจริญพันธุ์ แบ่งเป็น 3 กลุ่มทดลอง ได้แก่ 1) แบบไม่ฉีดฮอร์โมน 2) แบบฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ Suprefact E โดยไม่ผสมยาเสริมฤทธิ์ 3) แบบฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ Suprefact E โดยผสมยาเสริมฤทธิ์ ฮอร์โมนถูกฉีดเข้ากล้ามเนื้อและติดตามผลเป็นระยะเวลา 12-15 ชั่วโมง พบว่าค่าเฉลี่ย GSI (Gonadosomatic Index) ดัชนีความสมบูรณ์เพศ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.54 ± 0.14 , 0.51 ± 0.15 และ 0.92 ± 0.22 % พบว่า ชุดการทดลองที่ 3 มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) การศึกษาลักษณะทางกายภาพของถุงน้ำเชื้อพบว่าสีและลักษณะของถุงน้ำเชื้อ ของการทดลองที่ 1 มีสีขาวใสเป็นส่วนมาก และมีลักษณะเรียวยาวเป็นส่วนมาก ชุดการทดลองที่ 2 พบว่ามีสีขาวใสเป็นส่วนมาก และมีลักษณะยาวเรียวยาวเป็นส่วนมาก ชุดการทดลองที่ 3 พบว่ามีสี

¹วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครราชสีมา มหาวิทยาลัยนครราชสีมาชนครินทร์

Narathiwat College of Agriculture and Technology, Princess of Naradhiwas University

²คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครราชสีมาชนครินทร์

Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya

³คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

*Corresponding Author, E-mail: taufik.h@pnu.ac.th

ขาวขุ่นเป็นส่วนมาก และมีลักษณะอวบใหญ่เป็นส่วนมาก การศึกษาค่าเฉลี่ยของความยาวถุงน้ำเชื้อ พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.35 ± 0.5 , 6.03 ± 1.1 และ 6.21 ± 0.77 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยทั้ง 3 ชุดการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และการศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำเชื้อโดยหาค่าเฉลี่ยพบว่าปริมาณน้ำเชื้อเท่ากับ 1.53 ± 0.5 , 1.81 ± 0.57 และ 3.21 ± 0.35 มิลลิลิตร ตามลำดับ พบว่าชุดการทดลองที่ 3 มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) การศึกษาลักษณะสีและปริมาณของน้ำเชื้อ พบว่า ชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณและสีของน้ำเชื้อเข้าเกณฑ์มาตรฐานเหมาะสมแก่การสืบพันธุ์ที่สุด เนื่องด้วยมีลักษณะที่มีสีขาวขุ่น และปริมาณน้ำเชื้อมากที่สุด ส่วนชุดการทดลองอื่นๆ มีสีขาวใส และน้ำเขื่อน้อย ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ฮอร์โมน Buserelin (Suprefact E) ในปลาตุกรัสเซียเพศผู้สามารถทำได้ อันอาจเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะพันธุ์เชิงพาณิชย์ ในอนาคต

คำสำคัญ: ฮอร์โมน ปลาตุกรัสเซีย ยาเสริมฤทธิ์ น้ำเชื้อ Suprefact E

Abstract

This research aims to study the efficacy of the Buserelin (Suprefact E) hormone on the physical characteristics of the reproductive system in male African catfish. The experiment was conducted on mature male African catfish, which were divided into 3 experimental groups: 1) No hormone injection, 2) Injection of the synthetic hormone Suprefact E without a synergist, and 3) Injection of the synthetic hormone Suprefact E with a synergist. The hormone was injected intramuscularly, and the results were monitored over a period of 12-15 hours. The results revealed that the average Gonadosomatic Index (GSI) values were 0.54 ± 0.14^a , 0.51 ± 0.15 , and 0.92 ± 0.22 %, respectively. It was found that experimental group 3 showed a highly significant statistical difference compared to groups 1 and 2 ($P \leq 0.01$). The study of the physical characteristics of the seminal vesicles showed that the color and appearance in experimental group 1 were predominantly clear white and slender. Group 2 was predominantly clear white and long-slender. Group 3 was predominantly cloudy white and plump. The average lengths of the seminal vesicles were 5.35 ± 0.50 , 6.03 ± 1.10 , and 6.21 ± 0.77 centimeters, respectively. There was no statistically significant difference among the 3 experimental groups ($P > 0.05$). Additionally, the study on the physical characteristics of the semen revealed average semen volumes of 1.53 ± 0.50 , 1.81 ± 0.57 , and 3.21 ± 0.35 cc, respectively. Experimental group 3

showed a highly significant statistical difference compared to groups 1 and 2 ($P \leq 0.01$). Regarding semen color and quantity, the third treatment showed significantly different in both aspects with milky and creamy color and highest quantity of semen which indicate that the semen is matured whereas the others treatment showed relatively clear and small amount of semen. The findings of this study demonstrate that the application of the Buserelin (Suprefact E) hormone in male African catfish is viable, which could serve as an important approach to enhancing commercial breeding efficiency in the future.

Keywords: Hormone, Catfish, Motilium, Semen, Suprefact E

บทนำ

ปลาดุกจัดเป็นปลาน้ำจืดที่นิยมรับประทานและเป็นที่ต้องการของตลาดมาก เนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว กินอาหารได้เกือบทุกชนิด และจัดเป็นปลาที่มีความอดทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดีเป็นพิเศษ จึงทำให้มีผู้สนใจที่จะเลี้ยงปลาดุกมากขึ้น (กลุ่มบัณฑิตเกษตรก้าวหน้า, 2553) โดยสายพันธุ์ปลาดุกที่เลี้ยงในประเทศไทยมีหลายชนิด เช่น ปลาดุกด้าน ปลาดุกอูย ปลาดุกรัสเซีย และปลาดุกบิ๊กอุย โดยเฉพาะปลาดุกบิ๊กอุยเป็นการพัฒนาปลาดุกลูกผสมที่ให้ประโยชน์ 2 อย่าง คือ 1) ลดระยะเวลาการเลี้ยง ลดปัญหาการเกิดโรค 2) ปลาดุกอูยเป็นปลาเนื้อที่มีสีเหลืองเป็นที่นิยมของคนไทย ลักษณะเนื้อมีมันแทรกทำให้เป็นที่นิยมบริโภค ส่วนปลาดุกรัสเซียสายพันธุ์แท้ ราคาในประเทศมักจะต่ำกว่าปลาดุกบิ๊กอุย ประมาณ 5-10 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ เพราะสีของเนื้อปลาเป็นขาวและเนื้อนุ่มไม่ค่อยเป็นที่นิยม (นิวัติ, 2566) การพัฒนาปลาดุกลูกผสมเป็นปลาดุกบิ๊กอุยเกิดจากปลาดุกอูยเพศเมียและปลาดุกรัสเซียเพศผู้ ซึ่งการใช้แม่ปลาดุกรัสเซียและพ่อปลาดุกอูยจะได้ลูกปลาที่ไม่แข็งแรงเท่าปลาดุกรัสเซียสายพันธุ์แท้ (นิวัติ, 2566) ในการพัฒนาสายพันธุ์ปลาดุกใช้วิธีการผสมเทียมโดยการใช้ออร์โมนสังเคราะห์ที่นิยมใช้กันมากที่จำหน่ายในท้องตลาดมีชื่อทางการค้าว่า Suprefact ซึ่งมีฮอร์โมนที่เรียกว่า Buserelin acetate (Bus) ซึ่งเป็นฮอร์โมน Luteinizing Hormone-releasing Hormone analogue (LHRHa) หรือ Gonadotropin Releasing hormone analogue (GnRHa) มักใช้ร่วมกับ Domperidone (DOM) ซึ่งเป็น Dopamine Antagonist (Rottmann et al., 1991) ในการผสมเทียมปลาดุกบิ๊กอุยพบว่าหลายครั้งที่พ่อพันธุ์มีน้ำเชื้อที่น้อยมาก ทำให้ต้องใช้พ่อพันธุ์หลายตัวในการผสมแต่ละครั้ง ทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการใช้ Buserelin acetate (Bus) ในการกระตุ้นการสร้างน้ำเชื้อในพ่อพันธุ์ปลาดุก เพื่อใช้ในการพัฒนาเทคนิคผสมเทียมปลาดุกบิ๊กอุยต่อไป ปัจจุบันการใช้ Bus เป็นที่แพร่หลายเฉพาะในการใช้ผสมเทียมในเพศเมียเท่านั้น ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางการทดลองใช้ Bus ในเพศผู้ และพัฒนาเทคนิคการผสมเทียมในปลาดุกรัสเซียต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของฮอร์โมน Buserelin (Suprefact E) ต่อลักษณะทางกายภาพของกุ้งน้ำจืด ด้านนี้ความสมบูรณ์เพศ และน้ำเชื้อของปลาดุกรัสเซียเพศผู้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. แผนการทดลอง

การวางแผนการทดลองแบบสุ่ม (Completely randomized design, CRD) ประกอบด้วย 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ตัว ($n=2$) ซึ่งประกอบด้วยชุดทดลองดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 แบบไม่ฉีดฮอร์โมน

ชุดการทดลองที่ 2 แบบฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ Suprefact E

ชุดการทดลองที่ 3 แบบฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ Suprefact E + ยาเสริมฤทธิ์ (Motilium)

2. ขั้นตอนการวิจัย

2.1 การคัดเลือกพ่อพันธุ์ปลาดุก

การคัดเลือกพ่อพันธุ์ปลาดุก จากการสังเกตจากลักษณะภายนอกของปลาที่สมบูรณ์ปราศจากเชื้อโรค และบาดแผล และมีความสมบูรณ์เพศสังเกตได้จากสีของอวัยวะเพศจะมีสีแดงเรื่อๆ โดยมีน้ำหนักตั้งแต่ 800 -1,000 กรัม โดยแต่ละชุดการทดลอง น้ำหนักพ่อพันธุ์จะมีขนาดใกล้เคียงกัน

2.2 การใช้ฮอร์โมน

ชั่งน้ำหนักพ่อพันธุ์ปลา โดยเลือกพ่อพันธุ์ปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกัน และคำนวณปริมาณสารละลายฮอร์โมน ดังนี้ น้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม ใช้สารละลายฮอร์โมน 1 ซีซี , Suprefact E 20 มิลลิกรัม / น้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม , Motilium 5 มิลลิกรัม (ครึ่งเม็ด) / น้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม (ชุดการทดลองที่ 2 และ 3) และ ฉีดใต้กล้ามเนื้อบริเวณครีบหลัง

ชุดการทดลองที่ 1 นำพ่อพันธุ์ที่ไม่ฉีดฮอร์โมนมาผ่าท้องเพื่อนำถุงน้ำเชื้อของปลาดุกมาคำนวณค่า GSI , ดูลักษณะทางกายภาพของถุงน้ำเชื้อ และลักษณะทางกายภาพของน้ำเชื้อ

ชุดการทดลองที่ 2 นำพ่อพันธุ์ปลาดุกมาคำนวณ Suprefact E โดยไม่ผสม Motilium มาฉีดบริเวณครีบหลังของพ่อพันธุ์ปลาดุก จากนั้นรอประมาณ 12-15 ชั่วโมง ผ่าท้องเพื่อนำถุงน้ำเชื้อของปลาดุกมาคำนวณค่า GSI ดูลักษณะทางกายภาพของถุงน้ำเชื้อ และลักษณะทางกายภาพของน้ำเชื้อ

ชุดการทดลองที่ 3 นำพ่อพันธุ์ปลาอุมาจำนวน Suprefact E ที่คำนวณโดยผสม Motilium นีดบริเวณ ครีบหลังของพ่อพันธุ์ปลาอุมา จากนั้นรอประมาณ 12-15 ชั่วโมงแล้วผ่าท้องปลาอุมาเพื่อสังเกต ถุงน้ำเชื้อของปลา อุมา ดูค่า GSI, ดูลักษณะทางกายภาพของถุงน้ำเชื้อ และลักษณะทางกายภาพของน้ำเชื้อ

3. การเก็บข้อมูล

$$3.1 \text{ วัดค่า GSI (Gonadosomatic Index)} = \frac{\text{น้ำหนักถุงน้ำเชื้อ}}{\text{น้ำหนักปลา}} \times 100$$

$$3.2 \text{ ลักษณะทางกายภาพของถุงน้ำเชื้อ} = \text{สี} / \text{รูปร่าง} / \text{ขนาดความยาว}$$

$$3.3 \text{ ลักษณะทางกายภาพของน้ำเชื้อ} = \text{สี} / \text{ปริมาณ}$$

โดยวิธีการเก็บข้อมูลทั้งหมดอ้างอิงตามการศึกษาของ Singh al. (2021) และ Ali et al. (2022)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียวของข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง (One-way analysis of variance: One-Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพของฮอร์โมน Buserelin (Suprefact E) ที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของระบบสืบพันธุ์ปลาอุมากรัสเซียเพศผู้ โดยทำการศึกษารวบรวม GSI (Gonadosomatic Index) ศึกษาลักษณะทางกายภาพของถุงน้ำเชื้อปลาอุมา ลักษณะทางกายภาพของปลาอุมา ผลของการทดลอง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลของประสิทธิภาพของฮอร์โมน Buserelin (Suprefact E) ที่มีผลต่อดัชนีความสมบูรณ์เพศ Gonadosomatic Index (GSI)

ชุดการทดลอง	จำนวนซ้ำ (%)						ค่าเฉลี่ย (% ±SD)
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	
ชุดการทดลองที่ 1	0.31	0.57	0.74	0.51	0.6	0.53	0.54±0.13
ชุดการทดลองที่ 2	0.57	0.48	0.28	0.6	0.71	0.42	0.51±0.14
ชุดการทดลองที่ 3	0.6	1.23	0.89	1.1	0.81	0.91	0.92±0.20

จากตารางพบว่าผลของค่าเฉลี่ย GSI ในชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 3 เท่ากับ 0.54 0.51 และ 0.92 % ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลของประสิทธิภาพของฮอร์โมน Buserelin (Suprefact E) ที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของ
ถุงน้ำเชื้อ

ชุดการทดลอง	ลักษณะทางกายภาพ ของถุงน้ำเชื้อ	จำนวนไข่						ค่าเฉลี่ย±SD
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
ชุดการทดลองที่ 1	สี	ขาวใส	ขาวขุ่น	ขาวใส	ขาวใส	ขาวใส	ขาวขุ่น	ขาวใส ส่วนมาก
	รูปร่าง	เรียวยาว	เรียวยาว	อวบใหญ่	เรียวยาว	เรียวยาว	เรียวยาว	เรียวยาว ส่วนมาก
		ยาว	ยาว		ยาว	ยาว	ยาว	
	ความยาว (cm)	4.55	5.6	5.75	5.3	5.9	5.0	5.30±0.46
ชุดการทดลองที่ 2	สี	ขาวขุ่น	ขาวใส	ขาวใส	ขาวใส	ขาวขุ่น	ขาวใส	ขาวใสเป็น ส่วนมาก
	รูปร่าง	เรียวยาว	อวบใหญ่	เรียวยาว	เรียวยาว	อวบใหญ่	เรียวยาว	เรียวยาวเป็น ส่วนมาก
		ยาว		ยาว	ยาว		ยาว	
	ความยาว (c.m.)	7.0	6.95	4.4	5.0	6.3	6.5	6.12±0.98
ชุดการทดลองที่ 3	สี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	ขาวใส	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	ขาวขุ่นเป็น ส่วนมาก
	รูปร่าง	เรียวยาว	อวบใหญ่	อวบใหญ่	เรียวยาว	อวบใหญ่	อวบใหญ่	อวบใหญ่เป็น ส่วนมาก
		ยาว			ยาว			
	ความยาว (c.m.)	4.9	7.1	6.73	5.8	6.24	6.5	6.24±0.71

จากตารางที่ 2 พบว่า ลักษณะทางกายภาพของถุงน้ำเชื้อ แบ่งออกเป็น สี รูปร่าง และความยาว เป็นดังนี้
สีของถุงน้ำเชื้อ ในชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และ ชุดการทดลองที่ 3 คือ สีขาวใสเป็น
ส่วนมาก สีขาวใสเป็นส่วนมาก และสีขาวขุ่นเป็นส่วนมาก ตามลำดับ

ส่วนรูปร่างของถุงน้ำเชื้อ ในชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และ ชุดการทดลองที่ 3 คือ เรียวยาว
เป็นส่วนมาก เรียวยาวเป็นส่วนมาก และอวบใหญ่เป็นส่วนมาก ตามลำดับ

ความยาวของถุงน้ำเชื้อ ในชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 3 คือ 5.3 6.12 และ 6.24 เซนติเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลของประสิทธิภาพของฮอร์โมน Buserelin (Suprefact E) ที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพปลาตก ลักษณะทางกายภาพของน้ำเชื้อปลาตก

ชุดการทดลอง	ลักษณะทางกายภาพของน้ำเชื้อ	จำนวนไข่						ค่าเฉลี่ย
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
ชุดการทดลองที่ 1	สี	ขาวขุ่น	ขาวใส	ขาวใส	ขาวใส	ขาวขุ่น	ขาวใส	ขาวใสเป็นส่วนใหญ่
	ปริมาณ (cc.)	1.5	1.0	2.33	1.8	1.6	1.0	1.53±0.46
ชุดการทดลองที่ 2	สี	ขาวขุ่น	ขาวใส	ขาวใส	ขาวใส	ขาวขุ่น	ขาวใส	ขาวใสเป็นส่วนใหญ่
	ปริมาณ (cc.)	1.8	2.3	1.1	2.0	2.5	1.2	1.81±0.52
ชุดการทดลองที่ 3	สี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	ขาวใส	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	ขาวขุ่นเป็นส่วนใหญ่
	ปริมาณ (cc.)	3.0	3.8	2.9	3.5	3.0	3.1	3.21±0.32

จากตารางที่ 3 พบว่า ลักษณะทางกายภาพของอันทะแบ่งออกเป็น สี และปริมาณของน้ำเชื้อ เป็นดังนี้ สีของถุงน้ำเชื้อ ในชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 3 คือ สีขาวใสเป็นส่วนใหญ่ สีขาวใสเป็นส่วนใหญ่และ สีขาวขุ่นเป็นส่วนใหญ่ ตามลำดับ ปริมาณน้ำเชื้อในชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 3 คือ 1.53, 1.81 และ 3.21 ซีซี ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียวของข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง (One-way analysis of variance: One-Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความแปรปรวนค่า Gonadosomatic Index (GSI) ดัชนีความสมบูรณ์เพศ ความยาวถุงน้ำเชื้อ และ ปริมาณน้ำเชื้อ

ข้อมูล	ชุดการทดลอง			P-value
	T1	T2	T3	
GSI (%)	0.54±0.14 ^a	0.51±0.15 ^a	0.92±0.22 ^b	0.001
ความยาว (cm)	5.35±0.5 ^a	6.03±1.1 ^a	6.21±0.77 ^a	0.195
ปริมาณ (cc)	1.53±0.5 ^a	1.81±0.57 ^a	3.21±0.35 ^b	0.0001

จากตารางพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ย GSI (Gonadosomatic Index) ดัชนี ความสมบูรณ์เพศ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.54±0.14, 0.51±0.15 และ 0.92±0.22 % พบว่าชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนชุดการทดลองที่ 3 มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) การศึกษาค่าเฉลี่ยของความยาวถุงน้ำเชื้อ พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.35±0.5, 6.03±1.1 และ 6.21±0.77 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยทั้ง 3 ชุดการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และ การศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำเชื้อโดยหา ค่าเฉลี่ยพบว่าปริมาณน้ำเชื้อเท่ากับ 1.53±0.5, 1.81±0.57 และ 3.21±0.35 ซีซี ตามลำดับ พบว่าชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนชุดการทดลองที่ 3 มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

อภิปรายผล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของฮอร์โมน Buserelin (Suprefact E) ต่อดัชนีความสมบูรณ์เพศ (GSI) ลักษณะทางกายภาพของถุงน้ำเชื้อ และคุณภาพน้ำเชื้อของปลาดุกรัสเซียเพศผู้ ผลการทดลองชี้ชัดว่าฮอร์โมนมีผลต่อการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ในระดับต่าง ๆ ดังนี้

1. ผลต่อค่า GSI และลักษณะทางกายภาพของถุงน้ำเชื้อ โดยทั่วไปค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ (GSI) ของปลาดุก อยู่ระหว่าง 0.21 - 0.96% โดยที่ค่า GSI ที่มีมากกว่า 0.50% ถือว่ามีความสมบูรณ์เพศสามารถสืบพันธุ์ได้ (Singh et al., 2021) ในการศึกษาครั้งนี้จะเห็นได้ว่าทุกชุดการทดลองมีค่า GSI มากกว่า 0.50% และชุดการทดลองที่ 3 สูงกว่าชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) แสดงให้เห็นว่าการให้ฮอร์โมน Buserelin ในระดับที่เหมาะสมช่วยกระตุ้นการพัฒนาถุงน้ำเชื้อได้ดีกว่า ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะถุงน้ำเชื้อที่พบในชุดการทดลองที่ 3 มีสีขาวขุ่นและมีลักษณะอวบใหญ่มากกว่าอีกสองชุด แสดงถึงความสมบูรณ์ของเนื้อเยื่อสืบพันธุ์ และอาจมีการเพิ่มจำนวนเซลล์สเปิร์มในท่อสร้างเซลล์สุจิ (seminiferous tubules) ในขณะที่ชุดการ

ทดลองที่ 1 และ 2 มีทั้งค่า GSI และลักษณะถุงน้ำเชื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งลักษณะถุงน้ำเชื้อส่วนใหญ่เป็นสีขาวใสและเรียวยาว แสดงว่าอาจมีการตอบสนองต่อฮอร์โมนได้เพียงบางส่วน หรือความเข้มข้นของฮอร์โมนยังไม่เพียงพอที่จะเร่งการสร้างเซลล์สุจิอย่างเต็มที่ซึ่งสอดคล้องกับ การศึกษาของ Ali et al. (2022) อย่างไรก็ตามความยาวเฉลี่ยของถุงน้ำเชื้อในทั้ง 3 ชุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่การศึกษารั้งนี้ความยาวเฉลี่ยอยู่ที่ 5.35- 6.21 เซนติเมตร ซึ่งมีความยาวมากกว่าการศึกษาของ Ali et al. (2022) ซึ่งอยู่ที่ 5.27- 5.73 เซนติเมตร แสดงว่าฮอร์โมนส่งผลต่อ “คุณภาพเนื้อเยื่อถุงน้ำเชื้อ” มากกว่า “ขนาดภายนอก”

2. ผลต่อปริมาณและสีของน้ำเชื้อ ผลการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำเชื้อของชุดที่ 3 สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะน้ำเชื้อที่มีสีขุ่นมากกว่า บ่งชี้ถึงความเข้มข้นของสเปิร์มที่สูงขึ้น การตอบสนองนี้เป็นผลจากฤทธิ์ของ Buserelin ที่กระตุ้นแกนควบคุมฮอร์โมนสืบพันธุ์ (Hypothalamus–Pituitary–Gonadal axis) เพิ่มการหลั่งของฮอร์โมน LH และ FSH ส่งผลให้กระบวนการสร้างอสุจิ (Spermatogenesis) มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในทางตรงกันข้าม น้ำเชื้อของชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มี สีใสถึงขาวใส และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในด้านปริมาณ บ่งบอกว่า การตอบสนองต่อฮอร์โมนระดับต่ำยังไม่เพียงพอที่จะเพิ่มการสร้างอสุจิอย่างเด่นชัด Ali et al. (2022) และณรงค์ กิ่งเพชร (2553) ได้ระบุว่าน้ำเชื้อปลาดุกเทศผู้ที่สมบูรณ์ควรจะมีปริมาณ 3.0-3.6 ซีซีต่อตัว และมีสีครีมขุ่น จะเห็นได้ว่าการศึกษาในครั้งนี้มีเพียงชุดการทดลองที่ 3 เท่านั้นที่มีปริมาณและสีของน้ำเชื้อที่เข้าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนความยาวของผลการศึกษารั้งนี้นั้นมีขนาดใกล้เคียงกันกับทั้งสองการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น คือ 5.35- 6.32 เซนติเมตร

ผลการวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า Buserelin สามารถ เพิ่มค่า GSI และปริมาณน้ำเชื้อได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้ในระดับที่เหมาะสม ชุดการทดลองที่ 3 จึงมีศักยภาพสูงในการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะการเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำเชื้อ และเพิ่มโอกาสประสบความสำเร็จในการผสมเทียมหรือเพาะพันธุ์ในระบบฟาร์ม นอกจากนี้ยังช่วยลดความเสี่ยงเรื่องคุณภาพน้ำเชื้อไม่สม่ำเสมอในฤดูเพาะพันธุ์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเลือกโปรแกรมการกระตุ้นฮอร์โมนให้มีความเหมาะสมที่สุดในอนาคต

สรุปผล

จากการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ย GSI (Gonadosomatic Index) ดัชนีความสมบูรณ์เพศ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.54 ± 0.14 , 0.51 ± 0.15 และ 0.92 ± 0.22 % พบว่าชุดการทดลองที่ 3 มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) การศึกษาลักษณะทางกายภาพของถุงน้ำเชื้อ พบว่าค่าสีและลักษณะของถุงน้ำเชื้อของการทดลองที่ 1 มีสีขาวใสเป็นส่วนมาก และมีลักษณะเรียวยาวเป็นส่วนมาก ชุดการทดลองที่ 2 พบว่ามีสีขาวใสเป็นส่วนมาก และมีลักษณะยาวเรียวยาวเป็นส่วนมาก ชุดการทดลองที่ 3 พบว่ามีสีขาวขุ่นเป็นส่วนมาก และ มี

ลักษณะอวบใหญ่เป็นส่วนใหญ่ การศึกษาค่าเฉลี่ยของความยาวถุงน้ำเชื้อพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และ การศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำเชื้อโดยหาค่าเฉลี่ยพบว่า ค่าเฉลี่ย ปริมาณน้ำเชื้อเท่ากับ 1.53 ± 0.5 , 1.81 ± 0.57 และ 3.21 ± 0.35 ตามลำดับ พบว่าชุดการทดลองที่ 3 มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) การศึกษาลักษณะสีของน้ำเชื้อพบว่า การทดลองที่ 1 มีสีขาวใส เป็นส่วนมาก ชุดการทดลองที่ 2 พบว่ามีสีใสเป็นส่วนมาก ชุดการทดลองที่ 3 พบว่ามีสีขุ่นเป็นส่วนมาก

ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ฮอร์โมน Buserelin (Suprefact E) และยาเสริมฤทธิ์ ในปลา ดุกรัสเซียเพศผู้มีผลต่อ ค่า GSI และ ปริมาณน้ำเชื้อ อันอาจเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการ เพาะพันธุ์เชิงพาณิชย์

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาทดลองระดับของฮอร์โมนที่เหมาะสมที่ใช้กับพ่อพันธุ์ปลาดุกรัสเซีย ควรมีการตรวจสอบ ข้อมูลเชิงลึกของน้ำเชื้อ เช่น การเคลื่อนที่ของสเปิร์ม (motility) ความสมบูรณ์ของเซลล์ (viability) และความ เข้มข้น (density) เพื่อยืนยันคุณภาพน้ำเชื้อเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ และ เพื่อให้ผลการทดลองมีความเชื่อมั่น มากขึ้นควรเพิ่มจำนวนตัวอย่าง (sample size) เพื่อลดโอกาสของความคลาดเคลื่อนของข้อมูล

อ้างอิง

- กลุ่มบัณฑิตเกษตรก้าวหน้า. (2553). เทคนิคและวิธีการเพาะเลี้ยงปลาดุก. กรุงเทพมหานคร: รุ่งเรืองสาส์นการ พิมพ์.
- ณรงค์กิ่งเพชร เปาป่า. (2553). การเพิ่มคุณภาพของเนื้อและไข่ปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus* Bruchell) ที่ เลี้ยงด้วยสาหร่ายสีเขียว [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- นิวัติ สุธีมีชัยกุล. (2566). เห็นสิ่งน่ารู้ เล่าสู่กันฟัง อนาคตการเลี้ยงปลาดุกของประเทศไทย. วารสารการประมง อีเล็กทรอนิกส์, 6(2), 125-126.
- Ali, R. I., Asuku, S. O., Bamanga, U. M., Ali, A., Waziri, M. A. and Bukar, M. M. (2022). Reproductive Tract Morphometry and Evaluation of Fresh Wild African Catfish (*Clarias gariepinus*) Milt from Lake Alau, Maiduguri, Nigeria. Sahel Journal of Veterinary Sciences, Vol. 19 (3), 1-7.
- Rottmann, R. W., Shireman, J. V., & Chapman, F. A. (1991). Hormonal control of reproduction in fish for induced spawning. SRAC Publication, 424, 1-4.

Singh, A. K., Abubakar, A. and Srivastava, S. C. 2021. Morpho-meristics, maturity stages, GSI and gonadal hormone plasticity of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) that invaded into the Ganga River, India. The Journal of Basic and Applied Zoology, 82 (30), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s41936-021-00>

คำแนะนำการเตรียมและส่งต้นฉบับ

วารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

วารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี เป็นวารสารที่รับตีพิมพ์เผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการ ที่เกี่ยวข้องกับวารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี ด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ (Life science) โดยบทความที่จะตีพิมพ์เผยแพร่ ต้องเป็นผลงานวิจัยที่แล้วเสร็จไม่เกิน 5 ปี ไม่เคยตีพิมพ์หรืออยู่ในระหว่างพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารอื่น เมื่อได้รับการตอบรับให้ตีพิมพ์ ถ้าเป็นบทความวิจัยที่เป็นหรือเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์/ดุษฎีนิพนธ์ต้องมีหนังสือรับรองและลงนามทั้งอาจารย์ที่ปรึกษาหลักและนักศึกษาผู้ทำวิทยานิพนธ์/ดุษฎีนิพนธ์ กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการแก้ไขต้นฉบับเพื่อความเหมาะสมและเป็นไปตามเกณฑ์ที่กองบรรณาธิการกำหนด โดยบทความที่จะตีพิมพ์เผยแพร่ ต้องผ่านการพิจารณากลั่นกรอง ตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) ที่มีความรู้ ความชำนาญ มีประสบการณ์ ในด้านที่เกี่ยวข้องในการประเมินบทความ เพื่อให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ที่เป็นประโยชน์ก่อนการตีพิมพ์เผยแพร่จำนวนอย่างน้อย 2 ท่าน โดยจะไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้เขียนและผู้ประเมินบทความ (Double blinded peer review)

ประเภทของบทความ

1. บทความวิจัย
2. บทความวิชาการ
3. บทความปริทัศน์ บทความพิเศษ และปกิณกะ

การเตรียมบทความต้นฉบับ

1. ต้นฉบับพิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป MS Word 97/03 for Windows แบบอักษร TH SARABUN PSK ขนาดตัวอักษร 16 อักษรปกติ พิมพ์หน้าเดียวบนกระดาษ A4 ระยะขอบกระดาษ ด้านบน-ด้านล่าง 2.54 ซม. ด้านใน 2.54 ซม. ด้านนอก 2.54 ซม. และจำนวนหน้าของบทความไม่ควรเกิน 20 หน้า รวมตาราง รูปภาพ และเอกสารอ้างอิง
2. ชื่อเรื่อง ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พิมพ์ไว้หน้าแรกตรงกลางขนาดตัวอักษร 20 ตัวหนา
3. ชื่อผู้เขียน ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ อยู่ใต้ชื่อเรื่องโดยชิดขอบกระดาษด้านขวา ขนาด ตัวอักษร 14 อักษรปกติและให้ระบุตัวเลขเป็นตัวยกท้ายชื่อผู้เขียน เพื่อแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับสถานที่ทำงานของผู้เขียนบทความทุกคนไว้ที่เชิงอรรถในหน้าแรก

4. ชื่อหน่วยงานของผู้เขียน ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ อยู่ส่วนล่างสุดที่เชิงอรรถในหน้าแรก ขนาดตัวอักษร 12 หน้า ระบุหน่วยงานรองและหน่วยงานหลัก และระบุตัวเลขเป็นตัวยกหน้าชื่อหน่วยงานผู้เขียนทุกท่าน และ E-mail Address ของผู้เขียนหลักเพื่อเป็น Corresponding Author

5. บทคัดย่อ (Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 300 คำ

6. คำสำคัญ (Key words) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ (จำนวน 3-5 คำ)

7. การพิมพ์หัวข้อ หัวข้อใหญ่สุด ให้ขีดขอบด้านซ้าย หัวข้อย่อยเว้นห่างจากหัวข้อใหญ่ 4 ตัวอักษร และหัวข้อย่อยขนาดเดียวกัน ต้องพิมพ์ให้ตรงกัน เมื่อขึ้นหัวข้อใหญ่ควรเว้นระยะพิมพ์หนึ่งบรรทัด

8. การใช้ตัวเลขคำย่อ และวงเล็บควรใช้เลขอารบิกทั้งหมด ใช้คำย่อ ที่เป็นสากลเท่านั้น (ระบุคำเต็ม ไว้ในครั้งแรก) การวงเล็บภาษาอังกฤษ ควรใช้ดังนี้ (Student centered learning)

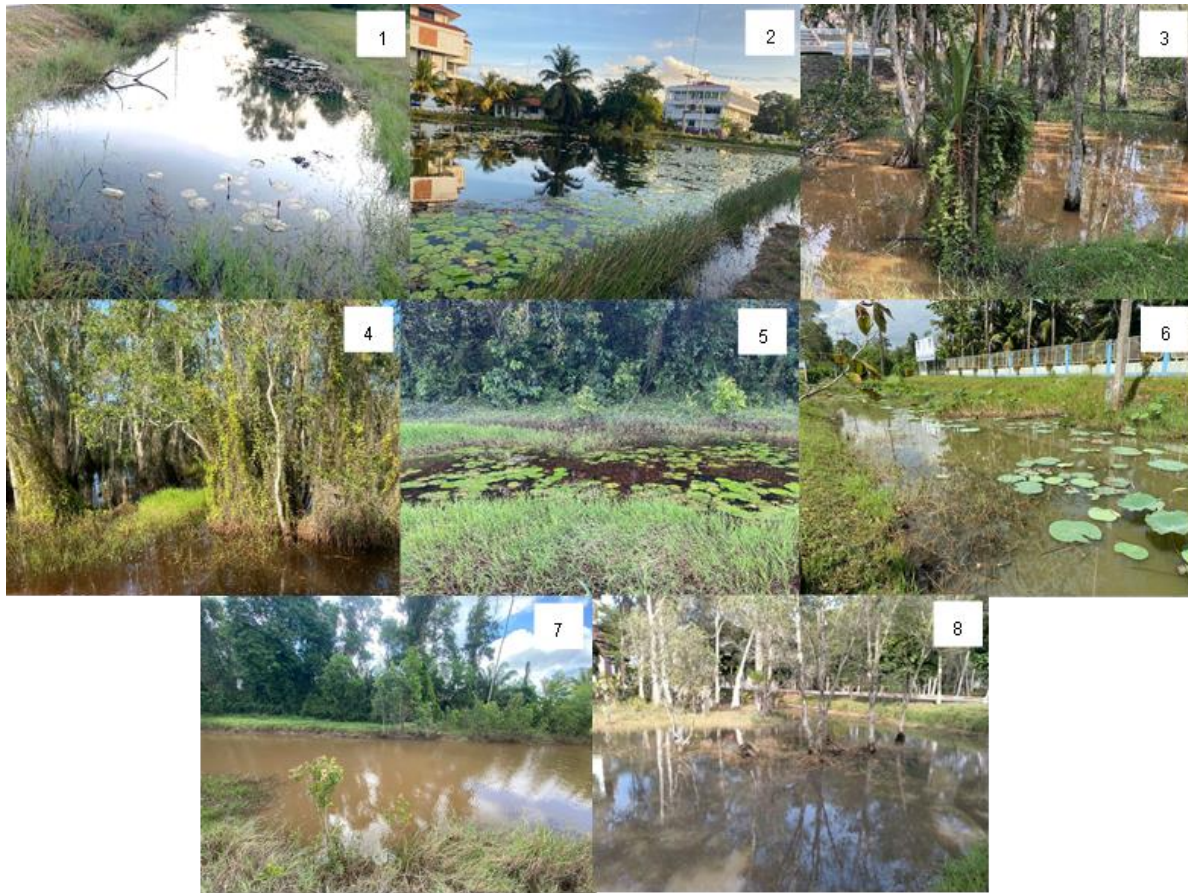
9. กรณีมีรูปภาพบันทึกเป็นไฟล์ที่มีนามสกุล JPEGs หรือ Tiffs นำใช้ประกอบในงาน ได้แก่ กราฟ แผนผัง แผนภูมิ แผนที่ ภาพวาด และภาพถ่าย ข้อมูลของรูปภาพที่นำมาประกอบในเนื้อหาของงาน ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

9.1 เลขที่ของรูปภาพ ใช้คำว่า **ภาพที่** หรือ **Figure** กำกับไว้ด้านล่างและจัดให้อยู่กึ่งกลางของภาพ ตามด้วยลำดับที่ของภาพในแต่ละบท พิมพ์ด้วย**ตัวพิมพ์หนา** เช่น **ภาพที่ 1** หรือ **Figure 1**

9.2 ชื่อภาพ อยู่ถัดจากเลขที่ของภาพ พิมพ์ด้วย**ตัวพิมพ์ปกติ**

9.3 รูปภาพ ภาพต้องชัดเจน พิมพ์ตัวอักษรปกติใช้ขนาดเดียวกันทั้งภาพ และกำหนดสัดส่วนของภาพให้เหมาะสม

9.4 การอธิบายเพิ่มเติมด้านล่างภาพที่พิมพ์ขึ้นโดยไม่ได้อ้างอิงจากแหล่งที่มาอื่นและที่อ้างอิงจากแหล่งที่มาอื่นหรือมีหมายเหตุใต้รูปภาพให้เขียนด้วยตัวปกติไว้ในบรรทัดถัดจากชื่อ ภาพที่ หรือ Figure 1 ดังตัวอย่าง



ภาพที่ 1 แหล่งน้ำที่ศึกษา (ปัจจุบันแหล่งน้ำที่ 1 และ 4 ได้มีการพัฒนาเป็นพื้นที่เป็นถนนสาธารณะประโยชน์)

* หมายเหตุ แหล่งน้ำที่ 1-3 และ 5 ถ่ายภาพเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2566 แหล่งน้ำที่ 6-7 ถ่ายภาพเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2566
แหล่งน้ำที่ 4 และ 8 ถ่ายภาพเมื่อ 27 มีนาคม 2566

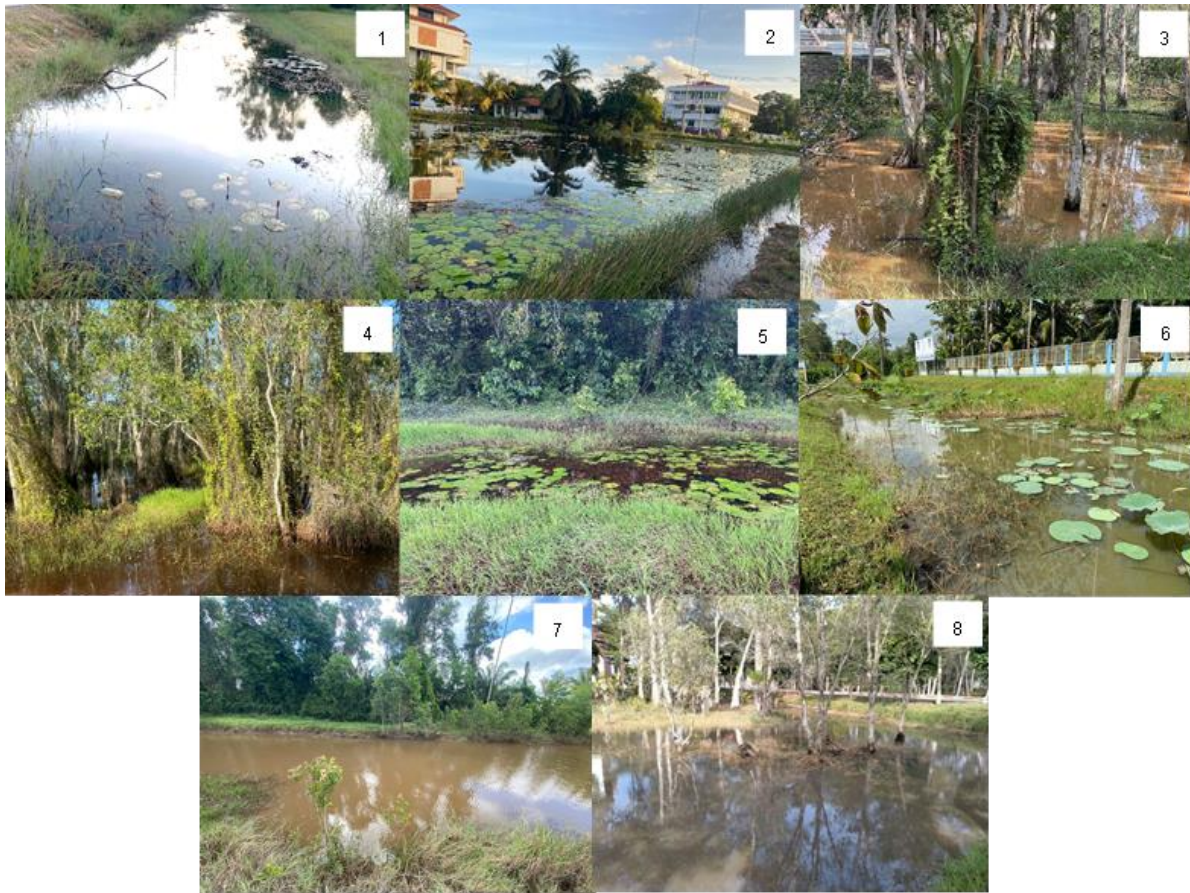


Figure 1 The studied water bodies (at present, water bodies 1 and 4 have been developed into public roads).

Note: Photographs of water bodies 1–3 and 5 were taken on 13 February 2023, those of water bodies 6–7 on 8 February 2023, and those of water bodies 4 and 8 on 27 March 2023

10. บทความวิจัย ให้เรียงลำดับสาระ ดังนี้

10.1 บทคัดย่อ (Abstract)

10.2 บทนำ ระบุความสำคัญของปัญหาการวิจัย กรอบแนวคิด สมมุติฐาน การ ทบทวนหรือ อ้างอิงเอกสาร/ทฤษฎี/งานวิจัย ที่นำไปสู่กรอบแนวคิดหรือวัตถุประสงค์การวิจัย

10.3 วัตถุประสงค์การวิจัย

10.4 กรอบแนวคิดการวิจัย

10.5 วิธีการวิจัย (Research methodology) ระบุแบบแผนการวิจัยการได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่าง และการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การหาคุณภาพเครื่องมือ วิธีการ เก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

10.6 ผลการวิจัย (Results) เสนอผลที่พบตามวัตถุประสงค์การวิจัยตามลำดับอย่างชัดเจน ควรเสนอในรูปตารางหรือแผนภูมิ

10.7 อภิปรายผล (Discussion) เสนอเป็นความเรียง ชี้ให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของผลการวิจัยกับกรอบแนวคิด และงานวิจัยที่ผ่านมา ไม่ควรอภิปรายเป็นข้อ ๆ แต่ชี้ให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของตัวแปรที่ศึกษาทั้งหมด

10.8 สรุป (Conclusions) ระบุข้อสรุปที่สำคัญ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่

10.9 ข้อเสนอแนะ (Suggestion) ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ และสำหรับการวิจัยต่อไป

10.10 รายการอ้างอิง (References) ต้องเป็นรายการที่มีการอ้างอิงไว้ในเนื้อหาเท่านั้น รายการอ้างอิงที่นำมาอ้างอิงต้องมีความทันสมัย ทันต่อเหตุการณ์ และควรตีพิมพ์เผยแพร่ไม่เกิน 5 ปีย้อนหลัง และให้เขียนเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด

11. บทความวิชาการ ประกอบด้วย

11.1 บทคัดย่อ (Abstract)

11.2 บทนำ (Introduction)

11.3 เนื้อเรื่อง (Content) แสดงสาระสำคัญที่ต้องการนำเสนอตามลำดับ

11.4 บทสรุป (Conclusion)

11.5 ข้อเสนอแนะ (Suggestion)

11.6 รายการอ้างอิง (References)

12. การพิมพ์เอกสารอ้างอิง ให้ใช้ APA Formatted References, 7th edition ดังรายละเอียดท้ายเล่ม

13. การเขียนตาราง เขียนด้วยตัวหนา ขีดขอบซ้ายเส้นตารางให้มีเฉพาะแนวนอนตรงหัวและท้ายตารางเท่านั้น กรณีที่มีหมายเหตุใต้ตารางให้เขียนด้วยตัวปกติ ดังตัวอย่าง

ตารางที่ 3 จำนวนรากของยอดดาวเรืองที่วางเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 3 สัปดาห์

สูตรอาหาร	ปริมาณรากที่เกิดขึ้น
MS + 150 ml/l CW	++++
MS + 150 ml/l CW + 1 mg/l BA	+++
MS + 150 ml/l CW + 3 mg/l BA	++
MS + 150 ml/l CW + 5 mg/l BA	+

หมายเหตุ	เครื่องหมาย (-)	= ไม่เกิดราก
	เครื่องหมาย (+)	= 1-5 ราก
	เครื่องหมาย (++)	= 6-10 ราก
	เครื่องหมาย (+++)	= 11-15 ราก
	เครื่องหมาย (++++)	= 16-20 ราก

ตัวอย่างการเขียนเอกสารอ้างอิง

1. การอ้างอิงในเนื้อหา

ใช้ระบบนาม-ปี (Author's last name – year of Publication) กรณีนบทความวิจัย(paper) และเอกสารสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ(proceeding) ตัวอย่างเช่น

ผู้เขียน 1 คน: (Siripan, 2016)

ผู้เขียน 2 คน: (Siripan & Kaewchai, 2016)

ผู้เขียน 3-5 คน: การอ้างครั้งแรกให้ใส่ชื่อสกุลของทุกคน และการอ้างครั้งต่อไปให้ใส่เฉพาะชื่อสกุลของคนแรก แล้วตามด้วย et al. ตัวอย่างเช่น

(Seeley, VanPutte, Regan, & Russo, 2016) ในการอ้างครั้งแรก

และ (Seeley et al., 2016) ในการอ้างครั้งต่อไป

ผู้เขียนตั้งแต่ 6 คนขึ้นไป: อ้างครั้งแรกและครั้งต่อไป ให้ใส่เฉพาะชื่อสกุลของคนแรก แล้วตามด้วย et al. เช่น

(Chongchareon et al., 2016)

2. การอ้างอิงในรายการอ้างอิง

2.1 การอ้างอิงทั่วไป

1) ถ้าผู้เขียนไม่เกิน 7 คน ใส่ชื่อผู้เขียนทุกคน ถ้าผู้เขียนตั้งแต่ 8 คนขึ้นไป ให้ใส่ชื่อ 6 คนแรกและตาม ด้วย...และชื่อผู้เขียนคนสุดท้าย

2) ถ้าแหล่งอ้างอิงมาจากหนังสือ หนังสือออนไลน์ หรือ ebook ให้เอียงชื่อหนังสือ

3) ถ้าแหล่งอ้างอิงมาจากวารสาร ให้เอียงชื่อวารสาร

4) ถ้าแหล่งอ้างอิงเป็นเอกสารสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ ให้เอียงชื่อการประชุม

5) กรณีบทความวิจัย (paper) และ เอกสารสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ (proceeding) ที่รายการอ้างอิง ไม่มีภาษาอังกฤษให้แปลเป็นภาษาอังกฤษ และให้วงเล็บ (in Thai) ตัวอย่างเช่น

Oliveira, L.F., Correa, J.L.G., Tosato P.G., Borges S.V., Alves J.G.L.F., & Fonseca, B.E. (2011).

Sugarcane Bagasse Drying in a Cyclone: Influence of Device Geometry and Operational Parameters. *Drying Technology*, 29, 946-952.

Grimm, A., Elustondob, D., Mäkelä, M., Segerström M., Kalén, G., Fraikin L., Larsson, H. S. (2017).

Drying recycled fiber rejects in a bench-scale cyclone: Influence of device geometry and operational parameters on drying mechanisms. *Fuel Processing Technology*, 167, 631-640.

Suriyawongpaisarn, P., Srithamrongsawat, S., Hempisut, P., Aueasiriwon, B., Pholpark,

A., & Wannasri. A. (2013). *The Emergency Management System of the Regional Emergency Medical System*. Health Insurance System. Research Office (HISRO). Health System Research Institute (HSRI). (in Thai).

2.2 ผู้เขียนเป็นหน่วยงาน ตัวอย่างเช่น

National Institute of Emergency Medicine. (2014). *The gap of Thai Emergency Medicine: Report Emergency Medical Service System 2013*. (1st ed.) Bangkok. NP Press.

Muangjunburee, P. (2012). *Welding Engineering*. Songkhla: Educational Technology,

Faculty of Engineering, Prince of Songkhla University.

2.3 การอ้างอิงเฉพาะบทในหนังสือ ตัวอย่างเช่น

Sahieam, C. (2014). Nurse case management for clients with diabetes mellitus. In Sindhu S, Wongrod P. (editor). *Case management for clients with diabetes mellitus and hypertension* (2nd ed.) (pp.9-46). Bangkok: Wattanakanpim Printting.

Benedyk, J. (2010). Aluminum alloys for lightweight automotive structures. *Materials, Design and Manufacturing for Lightweight Vehicles, Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering*, 79-113.

2.4 การอ้างอิงเอกสารจากอินเทอร์เน็ต ตัวอย่างเช่น

Inada, K. A. (1995). Buddhist response to the nature of human rights. *Journal of Buddhist Ethics*
Retrieved May 21, from <http://www.psu.edu/jbe.html>

2.5 วิทยานิพนธ์ตัวอย่างเช่น

Siriphan, S. (2011). *Development of an Instructional Model Emphasizing Cultural Competency of Nursing Students*. A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Doctor of Philosophy School of Educational Studies Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai).

2.6 บทความในวารสาร

Sangnimitchaikul, W. (2012). Student-centered learning: A case study of Instructional model in the nursing care of children and adolescents course at the faculty of Nursing, Thammasat University. *Journal of Nursing and Education*, 5(2), 64-76.

ข้อแนะนำในการส่งต้นฉบับ

เมื่อผู้เขียนเตรียมไฟล์ต้นฉบับตามการเตรียมต้นฉบับบทความวิจัย/บทความวิชาการแล้ว สามารถส่งไฟล์ต้นฉบับทาง E-mail: journal_sci@pnu.ac.th

ข้อแนะนำการส่งเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ผู้เขียนศึกษา ตรวจสอบขั้นตอนการส่งบทความวิจัย/วิชาการ และดาวน์โหลดเอกสารที่เกี่ยวข้อง ที่
เว็บไซต์ <https://lsc.tci-thaijo.org/index.php/psj> หลังจากนั้นส่งเอกสารที่เกี่ยวข้องและบทความต้นฉบับ
จำนวน 1 ชุด ทางไปรษณีย์ ส่งมาที่

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

เลขที่ 99 หมู่ 8 ตำบลโคกเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส 96000

การเขียนอ้างอิง APA ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 7

การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา (Citing References in Text)

การเขียนอ้างอิงแหล่งที่มาของสารสนเทศที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าและวิจัย ซึ่งนำมาอ้างอิงไว้ในเนื้อหาวิทยานิพนธ์ทั้งที่เป็นการสรุปแนวคิดหรือเป็นการคัดลอกข้อความหรือแนวคิดมาใช้ โดยตรง ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์จะต้องระบุแหล่งที่มาหรืออ้างอิงถึงสารสนเทศให้ถูกต้องชัดเจนและครบถ้วน โดยการใช้ระบบนาม-ปี (Author-Date Citation System) ประกอบด้วย ข้อมูลชื่อผู้แต่ง และปีพิมพ์

รูปแบบการอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหาที่วางข้อมูลนาม-ปี มีหลักเกณฑ์ดังนี้

1. ข้อมูลนาม-ปี ไว้หน้าข้อความและท้ายข้อความ

1.1 กรณีชื่อผู้แต่งปรากฏในเนื้อหาแล้ว ให้ใส่ปีพิมพ์อยู่ในเครื่องหมายวงเล็บ วางไว้ หน้าข้อความที่อ้างอิง

ผู้แต่ง (ปีพิมพ์)

รสสุคนธ์ แสงมณี (2560) ได้วิจัยเรื่อง การใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นร่วมกับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้...

In this article, Campbell (2021) recounts his research into the literacy experiences of eight junior high students...

1.2 กรณีชื่อผู้แต่งไม่ปรากฏในเนื้อหา ให้ใส่ชื่อผู้แต่ง ตามด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) และปีพิมพ์ อยู่ในเครื่องหมายวงเล็บ วางต่อท้ายข้อความที่อ้างอิง

(ผู้แต่ง, ปีพิมพ์)

มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ เป็นมหาวิทยาลัยที่เกิดจากการหลอมรวมของสถาบันการศึกษาในจังหวัดนราธิวาส 4 สถาบัน... (จงรัก พลาคัย, 2557)

Digitalization in education, arranging educational content using technological opportunities and applying gamification in education becomes important in terms of the effectiveness of education. (Arisoy, 2012)

2. การลงชื่อผู้แต่ง

2.1 คำนำหน้าชื่อ

ไม่ใส่คำนำหน้าชื่อ ได้แก่ นาย นาง หรือนางสาว

2.2 ไม่ใส่ยศทหาร ตำรวจ มีตำแหน่งทางวิชาการ หรือมีคำเรียกทางวิชาชีพ ให้ใส่เฉพาะชื่อ ผู้แต่ง

พล.อ. เปรม ติณสูลานนท์	ลงชื่อผู้แต่งเป็น เปรม ติณสูลานนท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุฮัมมัด อุมูดี	ลงชื่อผู้แต่งเป็น มุฮัมมัด อุมูดี
ทันตแพทย์หญิงลีนา กิรติวุฒิ	ลงชื่อผู้แต่งเป็น ลีนา กิรติวุฒิ
Professor Dr. Rossukon Sangmanee	ลงชื่อผู้แต่งเป็น Rossukon Sangmanee

2.3 ผู้แต่งชาวไทย

ให้ใส่ชื่อ ตามด้วยชื่อสกุลผู้แต่ง โดยไม่มีเครื่องหมายคัน

รัตน์ะ บัวสนธิ์	ลงชื่อผู้แต่งเป็น รัตน์ะ บัวสนธิ์
นงนภัส คู่วรัญญู เทียงกมล	ลงชื่อผู้แต่งเป็น นงนภัส คู่วรัญญู เทียงกมล

2.4 ผู้แต่งชาวต่างประเทศ

ให้ใส่เฉพาะชื่อสกุลผู้แต่ง

Ahmad Asmuni	ลงชื่อผู้แต่งเป็น Asmuni
John W. Creswell	ลงชื่อผู้แต่งเป็น Creswell
Harrison Michael Campbell	ลงชื่อผู้แต่งเป็น Campbell

2.5 ผู้แต่งที่มีฐานันดรศักดิ์หรือบรรดาศักดิ์

ให้ใส่ชื่อผู้แต่ง และชื่อสกุลผู้แต่ง คันด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) และฐานันดรศักดิ์หรือ ตัวย่อของฐานันดรศักดิ์

หม่อมราชวงศ์คึกฤทธิ์ ปราโมช	ลงชื่อผู้แต่งเป็น คึกฤทธิ์ ปราโมช, ม.ร.ว.
คุณหญิงศศิมา ศรีวิกรม์	ลงชื่อผู้แต่งเป็น ศศิมา ศรีวิกรม์, คุณหญิง
His Majesty King Maha	ลงชื่อผู้แต่งเป็น Maha Vajiralongkorn Phra
Vajiralongkorn Phra	Vajiraklaochaoyuhua, His
Vajiraklaochaoyuhua	Majesty King

2.6 ผู้แต่งที่มีสมณศักดิ์

ให้ใส่ชื่อสมณศักดิ์ หรือนามแฝงตามข้อมูลที่ปรากฏ

พระมหาจุฑาชัย วชิรเมธี	ลงชื่อผู้แต่งเป็น พระมหาจุฑาชัย วชิรเมธี
พระธรรมโกศาจารย์	ลงชื่อผู้แต่งเป็น พระธรรมโกศาจารย์
พระครูปลัดราชันย์ อริโย	ลงชื่อผู้แต่งเป็น พระครูปลัดราชันย์ อริโย
Phra Buddhacara Toh	ลงชื่อผู้แต่งเป็น Phra Buddhacara Toh
Phramarangsi	Phramarangsi

2.7 ผู้แต่งที่ใช้นามแฝง

ให้ใส่นามแฝงตามที่ปรากฏ

นิ้วกลม	ลงชื่อผู้แต่งเป็น นิ้วกลม
Robert Galbraith	ลงชื่อผู้แต่งเป็น Robert Galbraith

3. การลงชื่อผู้แต่งในการอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหา

3.1 ผู้แต่ง 1 คน

กรณีผู้แต่งชาวไทย ให้ใส่ชื่อ ตามด้วยชื่อสกุลผู้แต่ง โดยไม่มีเครื่องหมายค้น

กรณีผู้แต่งชาวต่างประเทศ ให้ใส่เฉพาะชื่อสกุล

การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา หน้าข้อความ	การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา ท้ายข้อความ
กฤติยา อ่องวุฒิวัฒน์ (2560)	(กฤติยา อ่องวุฒิวัฒน์, 2560)
Brickman (2021)	(Brickman, 2021)

3.2 ผู้แต่งหลายคน

3.2.1 ผู้แต่ง 2 คน

กรณีผู้แต่งชาวไทย ให้ใส่ชื่อและชื่อสกุลผู้แต่งทั้ง 2 คน ใช้คำว่า และ คั่น ระหว่าง ผู้แต่งคนที่ 1 และคนที่ 2

กรณีผู้แต่งชาวต่างประเทศ ให้ใส่ชื่อสกุลผู้แต่งทั้ง 2 คน ใช้คำว่า **and** คั่นระหว่าง ผู้แต่งคนที่ 1 และคนที่ 2 หากชื่อสกุลผู้แต่งอยู่ในเครื่องหมายวงเล็บ ให้ใส่เครื่องหมาย **&**

การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา หน้าข้อความ	การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา ท้ายข้อความ
กาญจนา โกทียะ และศิริพันธุ์ ศิริพันธุ์ (2559) Sutter and Jue (2021)	(กาญจนา โกทียะ และศิริพันธุ์ ศิริพันธุ์, 2559) (Sutter & Jue, 2021)

3.2.2 ผู้แต่ง 3 คน หรือ 3 คน ขึ้นไป

กรณีผู้แต่งชาวไทย และผู้แต่งชาวต่างประเทศ ให้ใส่เฉพาะชื่อผู้แต่งคนแรก ตามด้วยคำว่า **และคณะ** หรือคำว่า **et al.**

การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา หน้าข้อความ	การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา ท้ายข้อความ
เครือวัลย์ ห้วนกั๋ง และคณะ (2565) Sayoh et al. (2020)	(เครือวัลย์ ห้วนกั๋ง และคณะ, 2565) (Sayoh et al., 2020)

3.3 ผู้แต่งเป็นหน่วยงาน

3.3.1 ให้ใส่ชื่อหน่วยงาน สถาบัน สมาคม หรือบริษัท แทนชื่อผู้แต่ง สำหรับการอ้างอิงครั้งแรก ให้ใส่ชื่อเต็มของหน่วยงาน ตามด้วยอักษรย่อ ในเครื่องหมายวงเล็บเหลี่ยม [] และการอ้างอิงครั้งต่อไป ให้ใช้เฉพาะอักษรย่อ หากอักษรย่อบางหน่วยงานซ้ำกัน ให้ใส่ชื่อเต็มของหน่วยงานในการอ้างอิงทุกครั้ง

การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา หน้าข้อความ (ครั้งแรก)	การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา หน้าข้อความ (ครั้งต่อมา)
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช., 2560) World Health Organization (WHO, 2020)	วช. (2560) WHO (2020)

การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา ท้ายข้อความ (ครั้งแรก)	การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา ท้ายข้อความ (ครั้งต่อมา)
(สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ [วช.], 2560) (World Health Organization [WHO], 2020)	(วช., 2560) (WHO, 2020)

3.3.2 กรณีที่มีทั้งชื่อหน่วยงานใหญ่และหน่วยงานย่อย เฉพาะต่างประเทศ ให้ใส่ชื่อหน่วยงานใหญ่ คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) ตามด้วยชื่อหน่วยงานย่อย

การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา หน้าข้อความ	การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา ท้ายข้อความ
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ คณะ แพทยศาสตร์ (2561) University of Southampton, Faculty of Health Sciences (2021)	(มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ คณะ แพทยศาสตร์, 2561) (University of Southampton, Faculty of Health Sciences, 2021)

3.4 การอ้างอิงเอกสารมากกว่าหนึ่งงานจากผู้แต่งคนเดียว ปีพิมพ์ต่างกัน

ให้ใส่ชื่อผู้แต่ง และลงเฉพาะปีพิมพ์ โดยเรียงลำดับตามปีพิมพ์ คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) หากเอกสารอยู่ระหว่างการจัดพิมพ์ ให้ใส่คำว่า กำลังจัดพิมพ์ หรือ in press ต่อจากปีพิมพ์ คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,)

(ยุทธ ไกยวรรณ, 2556, 2557, 2559)
(เดชดนัย จุ้ยชุม และคณะ, 2564, 2565, กำลังจัดพิมพ์)
(Stufflebeam, 2000, 2004, 2007)
(Gogel, 1996, 2006, in press)

3.5 การอ้างอิงเอกสารมากกว่าหนึ่งงานจากผู้แต่งคนเดียว ปีพิมพ์ซ้ำกัน

ให้ใส่ชื่อผู้แต่ง และลงปีพิมพ์โดยเรียงลำดับปีพิมพ์ด้วยการใส่ตัวอักษร ก, ข, ค, ง,... หรือ a, b, c, d,... ท้ายปีพิมพ์แต่ละปีคั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,)

(ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561ก, 2561ข)
(Danielson, 1997a, 1997b)

3.6 การอ้างอิงเอกสารมากกว่าหนึ่งงานที่ผู้แต่งต่างกัน

ให้ใส่ชื่อผู้แต่ง โดยเรียงตามลำดับอักษร แยกแต่ละรายการอ้างอิง โดยคั่นด้วยเครื่องหมายอัฒภาค (;) หากมีทั้งงานภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ให้เรียงรายการอ้างอิงภาษาไทยก่อน

(กิตติพิศ ทูปิยะ, 2560; โชติมา วัฒนะ, 2563)

(Knecht, et al., 2000; Moskal, 2000; Schrock, 2000)

3.7 การอ้างอิงเอกสารทุติยภูมิ (Secondary source)

การอ้างอิงเอกสารที่ไม่ได้ศึกษาจากเอกสารต้นฉบับ (Primary source) โดยตรง ให้ระบุชื่อผู้แต่ง และปีพิมพ์ของเอกสารต้นฉบับก่อน ให้ใส่คำว่า อ้างถึงใน หรือ as cited in และตามด้วยชื่อผู้แต่ง และปีพิมพ์ของเอกสารทุติยภูมิ

การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา หน้าข้อความ	การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา ท้ายข้อความ
สุมิตรา อังวัฒนกุล (2540, อ้างถึงใน อัจฉรา ภาบุตร และถนอมวรรณ ประเสริฐเจริญสุข, 2556)	(สุมิตรา อังวัฒนกุล, 2540 อ้างถึงใน อัจฉรา ภาบุตร และถนอมวรรณ ประเสริฐเจริญสุข, 2556)
Arnett (2000, as cited in Claiborne & Drewery, 2010)	(Arnett, 2000 as cited in Claiborne & Drewery, 2010)

3.8 การอ้างอิงจากการสื่อสารส่วนบุคคล (Personal communication)

การสื่อสารทางจดหมาย การสื่อสารทางอิเล็กทรอนิกส์ อีเมล กระดานข่าว การสนทนาทางโทรศัพท์ การสัมภาษณ์ หรือการสนทนากลุ่ม กรณีไม่มีการเผยแพร่ข้อมูล ให้ระบุเฉพาะอ้างอิงแทรกในเนื้อหาเท่านั้น โดยไม่ต้องใส่รายการอ้างอิงท้ายเล่ม

การอ้างอิงภาษาไทย

ชื่อผู้สื่อสาร (การสื่อสารส่วนบุคคล, วัน เดือน ปี)

(ชื่อผู้สื่อสาร, การสื่อสารส่วนบุคคล, วัน เดือน ปี)

การอ้างอิงภาษาต่างประเทศ

อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อกลาง. ชื่อสกุลผู้สื่อสาร (personal communication, เดือน วัน, ปี)

(อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อกลาง. ชื่อสกุลผู้สื่อสาร, personal communication, เดือน วัน, ปี)

การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา หน้าข้อความ	การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา ท้ายข้อความ
พัชรินทร์ บินเจ๊ะมิง (การสื่อสารส่วนบุคคล, 10	(พัชรินทร์ บินเจ๊ะมิง, การสื่อสารส่วนบุคคล,

กุมภาพันธ์ 2563) S. Nomnian. (personal communication, September 15, 2022)	8 กันยายน 2564) (S. Nomnian, personal communication, September 15, 2022)
---	--

3.9 การอ้างอิง ตาราง (Table) และรูปภาพ (Figures)

3.10.1 ตาราง ข้อมูลของตารางที่นำมาประกอบในเนื้อหาของงาน ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

1) เลขที่ของตาราง ใช้คำว่า **ตารางที่** หรือ **Table** กำกับไว้ด้านบนของตาราง ตามด้วยลำดับที่ของตารางในแต่ละบท พิมพ์ด้วยตัวพิมพ์หนา เช่น **ตารางที่ 3.1** หรือ **Table 3.1**

2) ชื่อตาราง อยู่ถัดจากเลขที่ของตาราง พิมพ์ด้วยตัวพิมพ์ปกติชื่อตารางควรกระชับและชัดเจน ในภาษาต่างประเทศ อักษรตัวแรกของแต่ละคำ ให้ใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ ยกเว้นคำบุพบท และคำสันธาน

3) ตัวตาราง ระบุข้อความและตัวเลขในตารางเป็นรูปแบบคอลัมน์และแถวให้เหมาะสม โดยใช้รูปแบบเดียวกันทั้งเล่ม

4) การอธิบายเพิ่มเติมด้านล่างตารางที่พิมพ์ขึ้นเองโดยไม่ได้อ้างอิงจากแหล่งที่มาอื่นและที่อ้างอิงจากแหล่งที่มาอื่น

3.10.2 รูปภาพ ที่นำใช้ประกอบในงาน ได้แก่ กราฟ แผนผัง แผนภูมิ แผนที่ ภาพวาด และภาพถ่าย ข้อมูลของรูปภาพที่นำมาประกอบในเนื้อหาของงาน ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

1) เลขที่ของรูปภาพ ใช้คำว่า **ภาพที่** หรือ **Figure** กำกับไว้ด้านล่างของภาพ ตามด้วยลำดับที่ของภาพในแต่ละบท พิมพ์ด้วยตัวพิมพ์หนา เช่น **ภาพที่ 2.1** หรือ **Figure 2.1**

2) ชื่อภาพ อยู่ถัดจากเลขที่ของภาพ พิมพ์ด้วยตัวพิมพ์ปกติ

3) รูปภาพ ภาพต้องชัดเจน พิมพ์ตัวอักษรปกติใช้ขนาดเดียวกันทั้งภาพ และกำหนดสัดส่วนของภาพให้เหมาะสม

4) การอธิบายเพิ่มเติมด้านล่างภาพที่พิมพ์ขึ้นโดยไม่ได้อ้างอิงจากแหล่งที่มาอื่นและที่อ้างอิงจากแหล่งที่มาอื่น

ตัวอย่างการอ้างอิง ตาราง และรูปภาพ

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ตัวแปรปัจจัยส่วนบุคคลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แหล่งสารสนเทศ

บุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

	B	S.E.	Wald	Sig.	Exp(B)
เพศ	-.799	.798	1.002	.317	.450
ชั้นปี	.815	.836	.951	.330	2.258
คณะ (แพทยศาสตร์) (Ref.)			10.461	.005**	
(ศิลปศาสตร์)	1.942	.805	5.815	.016*	6.972
(เกษตรศาสตร์)	-1.265	1.178	1.152	.283	.282
(วิทยาการจัดการ)	3.207	1.146	7.830	.005**	4.694
ค่าคงที่	1.236	1.985	.388	.534	3.441
Nagelkerke R Square = .203, Observes= 89.0					

*p<0.05, **p<0.01

ที่มา: รจเรช กำแพงกิจ (2564)

Table 4.2 *Acanthamoeba* spp. from soil in Narathiwat province, Thailand identified under Microscope and PCR technique

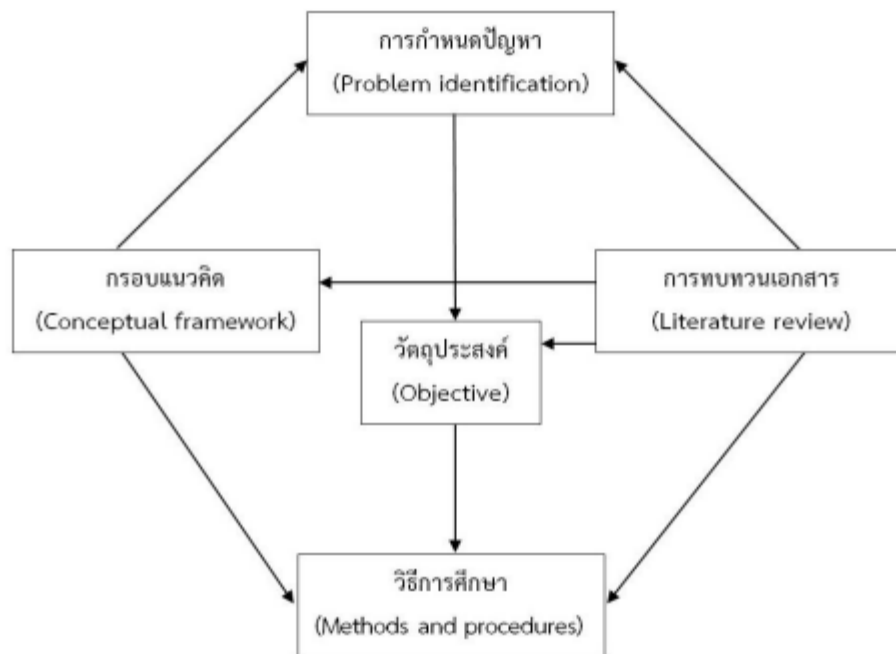
Sampling area	Sample Total	Microscopic	PCR technique
Bacho District	20	13	1
Yi-ngo District	20	16	5
Ra-ngae District	20	15	9
Total	60	44	15

Source: Hounkong et al. (2022)

Table 4.3 The Experts' Attitude to the Main Theories of Media Education/Media Literacy

N	The main theories of media education/media literacy	The number of the experts, preferring to base on the Given theory:
1	Critical Thinking/Critical Autonomy/Critical Democratic Approach	22(84, 61%)
2	Cultural Studies Approach	18(69, 23%)
3	Sociocultural Approach	17(65, 38%)
4	Semiotic Approach	15(57, 69%)
5	Practical/Hands-On Production Approach	13(50, 00%)
6	Aesthetical/Media as Popular Arts Approach	12(46, 15%)
7	Ideological Approach	10(38, 46%)
8	Uses an Gratifications Approach	8(30, 77%)
9	Inoculatory/Protectionist/Hypodermic Needle/Civil Defense Approach	4(15, 38%)

Source: Fedorov (2007)



ภาพที่ 2.1 ความเชื่อมโยงของส่วนประกอบสำคัญในข้อเสนอโครงการวิจัย
ที่มา: วรัญญา ภัทรสุข (2557)

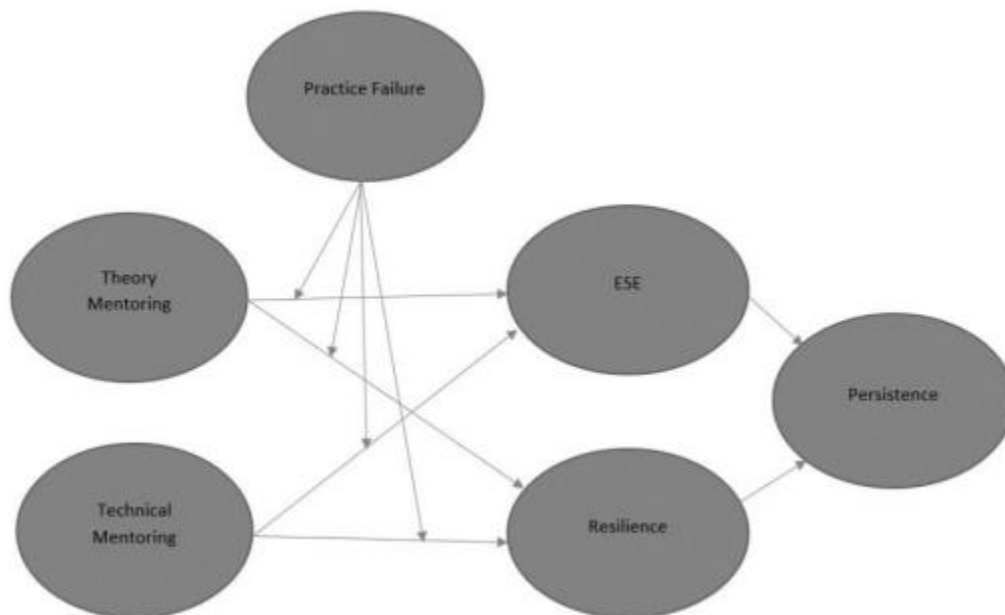


Figure 2.2 Supporting Theoretical Model

Source: Karriker and Mayo (2021)

รายการอ้างอิงหรือบรรณานุกรม (References)

รายการอ้างอิงหรือบรรณานุกรมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของการเขียนงานวิชาการ ซึ่งรวบรวมรายการอ้างอิงทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษา ค้นคว้าและวิจัย การเขียนรายการอ้างอิงแต่ละรายการจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับแหล่งข้อมูลแต่ละประเภท จึงควรศึกษาและเขียนรายการอ้างอิงให้ถูกต้องตามรูปแบบแต่ละประเภท มีหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. การลงชื่อผู้แต่ง

1.1 ผู้แต่ง 1 คน

กรณีผู้แต่งชาวไทย ให้ใส่ชื่อ ตามด้วยชื่อสกุลผู้แต่ง โดยไม่มีเครื่องหมายใด ๆ คั่น

กรณีผู้แต่งชาวต่างประเทศ ให้ใส่ชื่อสกุล คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) ตามด้วย อักษรย่อชื่อต้น และอักษรย่อชื่อกลาง (ถ้ามี)

ผู้แต่งชาวไทย

รัตนะ บัวสนธ์

ลงชื่อผู้แต่งเป็น รัตนะ บัวสนธ์

นงนภัส คู่ขวัญ เที่ยงกมล

ลงชื่อผู้แต่งเป็น นงนภัส คู่ขวัญ เที่ยงกมล

ผู้แต่งชาวต่างประเทศ

Ahmad Asmuni

ลงชื่อผู้แต่งเป็น Asmuni, A.

John W. Creswell

ลงชื่อผู้แต่งเป็น Creswell, J. W.

Harrison Michael Campbell

ลงชื่อผู้แต่งเป็น Campbell, H. M.

1.2 ผู้แต่ง 2 คน

กรณีผู้แต่งชาวไทย ให้ใส่ชื่อและชื่อสกุลผู้แต่งทั้ง 2 คน ใช้คำว่า **และ** คั่นระหว่างผู้แต่ง คนที่ 1 และคนที่ 2

กรณีผู้แต่งชาวต่างประเทศ ให้ใส่ชื่อสกุล คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) ตามด้วยอักษรย่อชื่อต้น และอักษรย่อชื่อกลางของผู้แต่งทั้ง 2 คน โดยใส่เครื่องหมายจุลภาคคั่น และตามด้วย **&** หน้าชื่อสกุลผู้แต่งคนที่ 2

กาญจนา โกทิยะ และศิริพันธุ์ ศิริพันธุ์

Sutter, J., & Jue, A.

1.3 ผู้แต่ง 3-20 คน

กรณีผู้แต่งชาวไทย ให้ใส่ชื่อและชื่อสกุลผู้แต่งทุกคน คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) ใช้คำว่า **และ** หน้าชื่อผู้แต่งคนสุดท้าย

กรณีผู้แต่งชาวต่างประเทศ ให้ใส่ชื่อสกุล คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค ตามด้วยอักษรย่อชื่อต้น และอักษรย่อชื่อกลางของผู้แต่งทุกคน โดยใส่เครื่องหมายจุลภาคคั่นระหว่างผู้แต่งทุกคนและตามด้วย **&** หน้าชื่อสกุลผู้แต่งคนสุดท้าย

ปริญญา พานิชย์, ประไพพิศ ถาวรศรี, ทวีศักดิ์ ชัดติยวรรณ, ประทาน ศรีชัย,
พิมพ์ประไพ ไผ่สุข, สุมาลี เรืองหนู, ภรณ์ทิพย์ ศรีหมั่น, อภิญญา บุรีศรี, วุฒิชัย
วัฒนาพันธ์, ณัฐภัทร แก้วบุญ, พิศมัย วิชราทักษิณ, ฉลองรัตน์ วงษ์วรรณ,
ณัฐพงศ์ทองจันทร์ และธิติมา พานิชย์
Fonghoi, W., Tayjasanant, C., & Nomnian, S.

1.4 ผู้แต่ง 21 คน ขึ้นไป

ให้ใส่ชื่อผู้แต่งคนที่ 1 ถึงผู้แต่งคนที่ 19 คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) ระหว่างผู้แต่งทุกคน ตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค 3 จุด (. . .) โดยหน้าและหลังของแต่ละจุด ต้องเว้นวรรค 1 ตัวอักษร และตามด้วยชื่อผู้แต่งคนสุดท้าย

Yagi, K., Sato, Y., Sakaguchi, S., Goda, M., Hamano, H., Aizawa, F.,
Shimizu, M., Inoue-Hamano, A., Nishimori, T., Tagi, M., Kanno, M.,
Matsuoka-Ando, R., Yoshioka, T., Matstubara, Y., Izawa-Ishizawa, Y.,
Shimizu, R., Maruo, A., Kuniki, Y., Sakamoto, Y., . . . Ishizawa, K.

1.5 บรรณาธิการ

ให้ใส่ชื่อบรรณาธิการ ตามด้วยตัวย่อ **บ.ก.** หรือ **Ed.** หากมากกว่า 1 คน ให้ใช้ **Eds.** ไว้ในเครื่องหมายวงเล็บ ()

สรัญณี อุเสินยาง (บ.ก.)
Rayanakorn, K. (Ed.)
Shelley, M., & Sahin, I. (Eds.)

1.6 ผู้แต่งเป็นหน่วยงาน

ให้ใส่ชื่อเต็มของหน่วยงาน กรณีที่มีทั้งชื่อหน่วยงานใหญ่และหน่วยงานย่อย เฉพาะต่างประเทศ ให้ใส่ชื่อหน่วยงานใหญ่ ค้นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) ตามด้วยชื่อหน่วยงานย่อย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ คณะแพทยศาสตร์

World Health Organization

University of Southampton, Faculty of Health Sciences

2. ประเภทรายการอ้างอิง

2.1 วารสาร นิตยสาร หนังสือพิมพ์ และจดหมายข่าว

2.1.1 บทความในวารสาร ฉบับตีพิมพ์

- 1) ชื่อผู้แต่ง ให้ใส่ตามหลักเกณฑ์การลงชื่อผู้แต่ง
- 2) ปีพิมพ์ให้ใส่ไว้ในเครื่องหมายวงเล็บ () สำหรับงานภาษาต่างประเทศ ให้ใช้เป็นปี ค.ศ.
- 3) ชื่อบทความ สำหรับงานภาษาต่างประเทศ ให้พิมพ์ตัวอักษรตัวแรกด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ทุกคำ ยกเว้นคำสันธาน (Conjunction) ได้แก่ for, and, or, but, while, when, after, before, because
- 4) ชื่อวารสาร ให้พิมพ์ตัวอักษรตัวแรกในแต่ละคำด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ และเป็นตัวพิมพ์เอียง
- 5) ปีที่วารสาร พิมพ์ด้วยตัวพิมพ์เอียง
- 6) ฉบับที่ให้ใส่ไว้ในเครื่องหมายวงเล็บ ติดกับปีที่ แต่ไม่ต้องเป็นตัวพิมพ์เอียง
- 7) เลขหน้า

*เครื่องหมาย / หมายถึง เว้นวรรค 1 ตัวอักษร

รูปแบบ

ชื่อ/นามสกุล/(ปีพิมพ์)/ชื่อบทความ/ชื่อวารสาร/ปีที่(ฉบับที่)/เลขหน้า.

นามสกุล/อักษรย่อของชื่อ/(ปีพิมพ์)/ชื่อบทความ/ชื่อวารสาร/ปีที่(ฉบับที่)/เลขหน้า.

กาญจนา โกทัยะ และศิริพันธุ์ ศิริพันธุ์. (2559). การบริหารร่างกายของหญิงตั้งครรภ์เพื่อบรรเทา

อาการปวดหลังส่วนล่าง. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 8(3), 154-167.

U-senyang, S., Trichandhara, K., & Rinthaisong, I. (2017). Antecedents of Organizational Health in Southern Thailand. *International Journal of Behavioral Science*, 12(1), 79-94.

2.1.2 บทความในวารสาร ฉบับที่เผยแพร่ออนไลน์

รูปแบบ

ชื่อ/นามสกุล./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./ปีที่(ฉบับที่)./เลขหน้า./URL

นามสกุล./อักษรย่อของชื่อ./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./ปีที่(ฉบับที่)./เลขหน้า./URL

อาปีเต็ง ฮาวา, ปรีชา สะแลแม, ชูลกีฟลี มามะ และชูลกีฟลี เดมะ. (2565). สมบัติทางกลและโครงสร้างระดับจุลภาคของจีโอพอลิเมอร์ถั่วลยที่ใช้เศษยางรถยนต์เป็นมวลรวมละเอียด. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.*, 45(1), 125-144. https://digital.lib.kmutt.ac.th/journal/loadfile.php?A_ID=1017

Fonghoi, W., Tayjasanant, C., & Nomnian, S. (2019). In-service Secondary School English Language Teachers' Instructional Practices, Challenges, and their Training Needs: A Focus Group Interview Study. *Princess of Naradhiwas University Journal of Humanities and Social Sciences*, 6(2), 152-165. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/pnuhuso/article/view/173972/142226>

2.1.3 บทความในวารสาร ที่มีเลข Digital Object Identifier (DOI)

รูปแบบ

ชื่อ/นามสกุล./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./ปีที่(ฉบับที่)./เลขหน้า./<https://doi.org/>
เลข DOI

นามสกุล./อักษรย่อของชื่อ./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./ปีที่(ฉบับที่)./เลขหน้า./
<https://doi.org/>////////เลข DOI

อับดุลรอมาน อับซี และสร้อยณี อุเสียนยาง. (2565). ภาพผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารองค์กร
ปกครองสวนทองถิ่น. *วารสารสหวิทยาการวิจัยและวิชาการ*, 2(1), 1-16. <https://doi.org/10.14456/iarj.2022.2>

Sayoh, I., Rusling, D. A., Brown, T., & Fox, K. R. (2020). DNA Structural Changes
Induced by Intermolecular Triple Helix Formation. *ACS Omega* 2020, 5,
1679-1687. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b03776>

2.1.4 บทความในนิตยสาร

รูปแบบ

ชื่อ/นามสกุล./ (ปี,/วัน/เดือน)/ชื่อบทความ./ชื่อนิตยสาร,/ปีที่(ฉบับที่),/เลขหน้า.

นามสกุล,/อักษรย่อของชื่อ./ (ปี,/เดือน/วัน)/ชื่อบทความ./ชื่อนิตยสาร,/ปีที่(ฉบับที่),/เลขหน้า.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.). (2563, 10 กรกฎาคม).

MagikTuch ปุ่มกดลิฟต์ไร้สัมผัส นวัตกรรมรับนิวนอร์มอล. *สาระวิทย์*, 88, 8-9.

Walt, V. (2021, May). The Lonely Quest for Ethical Chocolate. *Fortune*, 183(2),
54-58.

2.1.5 บทความในนิตยสารออนไลน์

รูปแบบ

ชื่อ/นามสกุล./ (ปี,/วัน/เดือน)/ชื่อบทความ./ชื่อนิตยสาร,/ปีที่(ฉบับที่),/เลขหน้า./URL

นามสกุล,/อักษรย่อของชื่อ./ (ปี,/เดือน/วัน)/ชื่อบทความ./ชื่อนิตยสาร,/ปีที่(ฉบับที่),/เลขหน้า./
URL

นพพร อภิวัฒนากุล. (2562, มีนาคม). โรคติดเชื้อที่พบบ่อยจากสัตว์เลี้ยง. *นิตยสารวาไรตี้เพื่อ
สุขภาพ @Rama*, 33, 38-39. [https://www.rama.mahidol.ac.th/atrama/issue033/
prevent-protect](https://www.rama.mahidol.ac.th/atrama/issue033/prevent-protect)

Kelleher, K. (2020, February 13). Here are the Biggest Tax Law Changes to Look Out
for this Year. *Time*, 195(3). <https://time.com/5770130/tax-law-changes-2020/>

2.1.6 หนังสือพิมพ์หรือหนังสือพิมพ์ออนไลน์

รูปแบบ

ชื่อ/สกุล./(ปี,/วัน/เดือน)./ชื่อคอลัมน์./ชื่อหนังสือพิมพ์./เลขหน้า./URL

นามสกุล,/อักษรย่อของชื่อ./(ปี,/เดือน/วัน)./ชื่อคอลัมน์./ชื่อหนังสือพิมพ์./เลขหน้า./URL

โคทม อารียา. (2565, 26 ธันวาคม). ผังเมืองนั้นสำคัญไฉน. คอลัมน์สต์. มติชน.

https://www.matichon.co.th/columnists/news_3743376

Wolfe, J, & Moser, W. (2022, December 14). Who are the Never-Covidors?. Science.

The New York Times. <https://www.nytimes.com/2022/12/14/briefing/never-covid.html>

2.2 หนังสือ

1) ชื่อผู้แต่ง ให้ใส่ตามหลักเกณฑ์การลงชื่อผู้แต่ง

2) ปีพิมพ์ให้ใส่ไว้ในเครื่องหมายวงเล็บ () สำหรับงานต่างประเทศ ให้ใช้เป็นปี ค.ศ. กรณีที่ไม่ปรากฏปีพิมพ์ ให้ใส่ (ม.ป.ป.) หรือ (n.d.)

3) ชื่อหนังสือ สำหรับงานภาษาต่างประเทศ ให้พิมพ์ตัวอักษรตัวแรกด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ทุกคำ ยกเว้นคำสันธาน (Conjunction) ได้แก่ for, and, or, but, while, when, after, before, because และเป็นตัวพิมพ์เอียง

4) กรณีหนังสือจัดพิมพ์ครั้งที่ 2 ขึ้นไป ให้ระบุ (พิมพ์ครั้งที่/เลข) ไว้หลังชื่อหนังสือ โดยไม่ต้องคั่นด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.) สำหรับงานต่างประเทศ ให้ใส่ตัวย่อ ed. ไว้หลังครั้งที่พิมพ์

5) สำนักพิมพ์ไม่ใส่คำว่า สำนักพิมพ์ ห้างหุ้นส่วน จำกัด บริษัท จำกัด มหาชน ยกเว้นสำนักพิมพ์ ของสถาบันการศึกษา ให้ใส่ตามข้อมูลที่ปรากฏ เช่น สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นต้น หรือภาษาต่างประเทศ ที่ใช้คำว่า Books หรือ Press

6) กรณีไม่ปรากฏสำนักพิมพ์ ให้ใส่ (ม.ป.พ.) หรือ (n.p.)

7) กรณีที่ชื่อผู้แต่งและสำนักพิมพ์เหมือนกัน ให้ใส่คำว่า ผู้แต่ง หรือ Author แทนตรงสำนักพิมพ์

รูปแบบ

ชื่อ/นามสกุล./ (ปีพิมพ์)/ชื่อหนังสือ./สำนักพิมพ์.

นามสกุล./อักษรย่อของชื่อ./ (ปีพิมพ์)/ชื่อหนังสือ./สำนักพิมพ์.

รัตน์ บัณฑิต. (2552). *การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา*. คำสมัย.

เสริมสุข สลักเพ็ชร์, สุขวัฒน์ จันทรปรณิก และหิรัญ หิรัญประดิษฐ์. (2542). เทคโนโลยีการผลิต
ทุเรียน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Mackey, A. (2007). *Oxford Applied Linguistics: Conversational Interaction in Second
Language Acquisition*. Oxford University Press.

Shelley, M., & Sahin, I. (Eds.). (2022). *Studies on Education, Science, and Technology
2021*. ISTES Organization.

รูปแบบ (ตีพิมพ์ 2 ครั้ง ขึ้นไป)

ชื่อ/นามสกุล./ (ปีพิมพ์)/ชื่อหนังสือ/(พิมพ์ครั้งที่/เลข)/สำนักพิมพ์.

นามสกุล./อักษรย่อของชื่อ./ (ปีพิมพ์)/ชื่อหนังสือ/(พิมพ์ครั้งที่/เลข)/สำนักพิมพ์.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*(พิมพ์ครั้งที่ 2). ชมรมเด็ก.

Feist, J., Feist, G. J., & Roberts, T. (2013). *Theories of Personality* (8th ed.). McGraw
Hill.

รูปแบบ (ไม่ปรากฏสำนักพิมพ์)

ชื่อ/นามสกุล./ (ปีพิมพ์)/ชื่อหนังสือ./ม.ป.พ.

นามสกุล./อักษรย่อของชื่อ./ (ปีพิมพ์)/ชื่อหนังสือ./ม.ป.พ.

สนธยา เรืองหิรัญ. (2551). *การบัญชีชั้นกลาง 1*. ม.ป.พ.

Pelegrin-Genel, E. (1996). *The Office*. n.p.

รูปแบบ (ชื่อผู้แต่งและสำนักพิมพ์เหมือนกัน)

ชื่อ/นามสกุล./ (ปีพิมพ์)/ชื่อหนังสือ./ผู้แต่ง.

นามสกุล./อักษรย่อของชื่อ./ (ปีพิมพ์)/ชื่อหนังสือ./ผู้แต่ง.

มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ คณะศิลปศาสตร์ งานสหกิจศึกษา. (2561). *คู่มือสหกิจศึกษา*.
ผู้แต่ง.

The UNESCO Institute for Lifelong Learning. (2021). *Education in Prison: A Literature Review*. Author.

2.2.1 บทในหนังสือ

รูปแบบ

ชื่อ/สกุล./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทหรือชื่อบทความ./ใน/ชื่อบรรณาธิการ/(บ.ก.),/ชื่อหนังสือ/(น./เลขหน้า).
////////สำนักพิมพ์.
นามสกุล./อักษรย่อของชื่อ./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทหรือชื่อบทความ./In/ชื่อบรรณาธิการ/(Ed. หรือ
////////Eds.),/ชื่อหนังสือ/(p./เลขหน้า)./สำนักพิมพ์.

ธนศ วงศ์ยานนาวา. (2561). การสอดส่องดูแลเด็กกับครอบครัวจิตรกรรมในประเทศไทย: จาก
นามสกุลสู่รักทางอารมณ์. ใน พิพัฒน์ พสุธารชาติ(บ.ก.), *ครอบครัวจิตรกรรม: บทวิพากษ์*
ว่าด้วยชุมชน การปกครอง และรัฐ (น. 33-79). ภาพพิมพ์.

Button, L. (2009). Facing Time: The Evocation of Time in Visual and Literary Forms
of Autobiography. In S. Panja, S. Chakrabarti & C. Devadawson (Eds.), *Word,*
Image, Text: Studies in Literary and Visual Culture (p. 152-160). Orient
BlackSwan.

2.2.2 หนังสืออิเล็กทรอนิกส์

รูปแบบ

ชื่อ/สกุล./ (ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง/(พิมพ์ครั้งที่)/สำนักพิมพ์./URL
นามสกุล./อักษรย่อของชื่อ./ (ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง/(พิมพ์ครั้งที่)/สำนักพิมพ์./URL

พระครูใบฎีกาอำนาจ โอภาโส. (2558). *อยู่กับยี่ม*. กรีน ปัญญาญาณ.[https://www.2ebook.com/
new/ebookReader/index.php](https://www.2ebook.com/new/ebookReader/index.php)

Fedorov, A. (2007). *Media Education: Sociology Surveys*. House.
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED557586.pdf>

รูปแบบ (ที่มีเลข DOI)

ชื่อ/สกุล./ (ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง/(พิมพ์ครั้งที่)./สำนักพิมพ์./https://doi.org/เลข DOI

นามสกุล./อักษรย่อของชื่อ./ (ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง/(พิมพ์ครั้งที่)./สำนักพิมพ์./https://doi.org/เลข DOI

Rosengarten, R. (2022). *Second Chance: My Life in Things. Open Book.*

<https://doi.org/10.11647/OBP.0285>

2.2.3 หนังสือแปล

รูปแบบ

นามสกุล./อักษรย่อของชื่อ./ (ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง/(ชื่อผู้แปล./ผู้แปล)/(พิมพ์ครั้งที่)./สำนักพิมพ์.

เบิร์กแมน, โอลิเวอร์. (2565). *ชีวิตเรามีแค่สี่พันสัปดาห์* (วาดฝัน คุณาวงศ์, ผู้แปล). อมรินทร์ ฮาว ทู.

2.3 วิทยานิพนธ์

- 1) ชื่อผู้แต่ง ให้ใส่ตามหลักเกณฑ์การลงชื่อผู้แต่ง
- 2) ปีที่เผยแพร่ ให้ใส่ไว้ในเครื่องหมายวงเล็บ () สำหรับงานต่างประเทศ ให้ใช้เป็น ปี ค.ศ.
- 3) ชื่อวิทยานิพนธ์สำหรับงานภาษาต่างประเทศ ให้พิมพ์ตัวอักษรตัวแรกด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ทุกคำ ยกเว้นคำสันธาน (Conjunction) ได้แก่ for, and, or, but, while, when, after, before, because และเป็นตัวพิมพ์เอียง
- 4) ให้ใส่คำว่า วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต หรือวิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิตในเครื่องหมายวงเล็บเหลี่ยม [] สำหรับงานภาษาต่างประเทศ ให้ใส่คำว่า Master's thesis หรือ Doctoral dissertation
- 5) ชื่อมหาวิทยาลัย

2.3.1 วิทยานิพนธ์ ฉบับตีพิมพ์

รูปแบบ

ชื่อ/นามสกุล./ (ปีที่เผยแพร่)./ชื่อวิทยานิพนธ์/[วิทยานิพนธ์ปริญญาโทหรือวิทยานิพนธ์
 //...../ปริญญาเอกฉบับพิมพ์]./ชื่อมหาวิทยาลัย.
 นามสกุล./อักษรย่อของชื่อ./ (ปีที่เผยแพร่)./ชื่อวิทยานิพนธ์/[Master's thesis หรือ Doctoral
 //...../dissertation]./ชื่อมหาวิทยาลัย.

อิบรอฮีม ซาโยะ. (2552). *การศึกษาผลของน้ำมะพร้าวอ่อนต่อการสมานแผลในหนูขาวเพศเมีย*
 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทฉบับพิมพ์]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Mayi, L. (2011). *Doing Repair in Native-Non-Native Talk: A Conversation Analytic*
Study of Thai-English Interaction [Master's thesis]. York St John University.

2.3.2 วิทยานิพนธ์ จากฐานข้อมูลออนไลน์

รูปแบบ

ชื่อ/นามสกุล./ (ปีที่เผยแพร่)./ชื่อวิทยานิพนธ์/[วิทยานิพนธ์ปริญญาโทหรือวิทยานิพนธ์
 //...../ปริญญาเอกฉบับพิมพ์]./ชื่อฐานข้อมูล./URL
 นามสกุล./อักษรย่อของชื่อ./ (ปีที่เผยแพร่)./ชื่อวิทยานิพนธ์/[Master's thesis หรือ Doctoral
 //...../dissertation, ชื่อมหาวิทยาลัย]./ชื่อฐานข้อมูล./URL

กฤติยา อ่องจุฑาวัฒน์. (2560). *ผลกระทบของการแทรกผ่านความชื้นในเสื้อผ้าต่อความสบายเชิง*
อุณหภูมิ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทฉบับพิมพ์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์]. TU Digital
 Collections. http://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:141844
 Hounkong, K. (2015). *Coptosapelta Flavescens as a Potential Anti-Entamoeba*
Histolytica and Anti-Giardia Intestinalis [Doctoral dissertation, Prince of
 Songkla University]. PSU Knowledge Bank. [https://kb.psu.ac.th/psukb/
 bitstream/2010/10246/1/404643.pdf](https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2010/10246/1/404643.pdf)

2.4 รายงานการวิจัย

- 1) ชื่อผู้แต่งหรือชื่อหน่วยงาน ให้ใส่ตามหลักเกณฑ์การลงชื่อผู้แต่ง
- 2) ปี ให้ใส่ไว้ในเครื่องหมายวงเล็บ () สำหรับงานต่างประเทศ ให้ใช้เป็นปี ค.ศ.

3) ชื่อเรื่อง สำหรับงานภาษาต่างประเทศ ให้พิมพ์ตัวอักษรตัวแรกด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ทุกคำ ยกเว้น คำสันธาน (Conjunction) ได้แก่ for, and, or, but, while, when, after, before, because และเป็นตัวพิมพ์เอียง

4) สำนักพิมพ์

รูปแบบ

ชื่อ/สกุล./ (ปี)./ชื่อเรื่อง./สำนักพิมพ์./URL (ถ้ามี)

นามสกุล./อักษรย่อชื่อ./ (ปี)./ชื่อเรื่อง./สำนักพิมพ์./URL (ถ้ามี)

นฤมล เนตรวิเชียร. (2560). การพัฒนารูปแบบการให้บริการวิชาการผ่านระบบสารสนเทศ

ออนไลน์(รายงานการวิจัย). มหาวิทยาลัยบูรพา. http://digital_collect.lib.buu.ac.th/research/2564_192.pdf

Rushton, N. (2022). *Register of Change Part 1 2000-2010* (Research Report).

Cambridge University Press & Assessment. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED622104.pdf>

2.5 เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ

1) ชื่อผู้แต่ง ให้ใส่ตามหลักเกณฑ์การลงชื่อผู้แต่ง

2) ปี ให้ใส่ไว้ในเครื่องหมายวงเล็บ () สำหรับงานต่างประเทศ ให้ใช้เป็นปี ค.ศ.

3) ชื่อบทความ สำหรับงานภาษาต่างประเทศ ให้พิมพ์ตัวอักษรตัวแรกด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ทุกคำ ยกเว้น คำสันธาน (Conjunction) ได้แก่ for, and, or, but, while, when, after, before, because และเป็นตัวพิมพ์เอียง

4) ให้ใส่คำว่า ใน หรือ In ตามด้วยชื่อบรรณาธิการหรือชื่อหน่วยงาน หากเป็นบรรณาธิการ ให้ใส่คำว่า บ.ก. หรือ Ed. หรือ Eds. ไว้ในเครื่องหมายวงเล็บ กำกับไว้หลังชื่อบรรณาธิการ

5) ชื่อหัวข้อการประชุม

6) ชื่อการประชุม ให้พิมพ์ตัวอักษรตัวแรกในแต่ละคำด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ และเป็นตัวพิมพ์เอียง จากนั้น ให้ใส่ตัวอักษรย่อ น. หรือ p. ตามด้วยเลขหน้า ไว้ในเครื่องหมายวงเล็บ

รูปแบบ รายงานการประชุมทางวิชาการ (Proceeding)

ชื่อ/สกุล./ (ปี)./ชื่อบทความ./ใน/ชื่อบรรณาธิการ/(บ.ก.)./ชื่อหัวข้อการประชุม./ชื่อการประชุม/

////////(น./เลขหน้า)/ฐานข้อมูล หรือชื่อหน่วยงานจัดการประชุม.

นามสกุล./อักษรย่อชื่อ./ (ปี)./ชื่อบทความ./In/ชื่อบรรณาธิการ/(Ed. หรือ Eds.)./ชื่อหัวข้อการประชุม./

////////ชื่อการประชุม/(p./เลขหน้า)/ฐานข้อมูล หรือชื่อหน่วยงานจัดการประชุม.

รจเรข กำแหงกิจ, เดชดนัย จั๋ยชุม และเกษรา บ่าวเข้มซ้อย. (2564). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการ

ตัดสินใจใช้แหล่งสารสนเทศเพื่อการเขียนงานทางวิชาการของนักศึกษามหาวิทยาลัย

นราธิวาสราชนครินทร์. ใน The Role, importance and challenges of humanities

and social sciences in the disruptive society, การประชุมวิชาการระดับชาติและ

นานาชาติ ด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ครั้งที่ 2 (น. 305-318). คณะมนุษยศาสตร์

และสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยทักษิณ.

Kakinuma, Y. (2022). Catching on to Crypto: Evidence from the Stock Exchange of

Thailand. In Faculty of Management and Tourism, Burapha University,

Business transformation-thriving through changes and turbulences. *The*

International and National Conference on Business Administration and

Accountancy 2022: INCBAA 2022 (p. 4). Faculty of Management and Tourism,

Burapha University.

2.6 สารสนเทศจากเว็บไซต์

1) ชื่อผู้แต่ง ให้ใส่ตามหลักเกณฑ์การลงชื่อผู้แต่ง

2) ปีวัน เดือนที่เผยแพร่ ให้ใส่ไว้ในเครื่องหมายวงเล็บ () สำหรับงานภาษาต่างประเทศ ให้ใส่ ปี เดือน วัน โดยเรียงต่างจากงานภาษาไทย กรณีที่ไม่ปรากฏวัน เดือนที่เผยแพร่ ให้ใส่เฉพาะ พ.ศ. หรือ ค.ศ. เท่านั้น และกรณีที่ไม่ปรากฏปีวัน เดือนที่เผยแพร่ ให้ใส่ (ม.ป.ป.) หรือ (n.d.)

3) ชื่อเรื่อง สำหรับงานภาษาต่างประเทศ ให้พิมพ์ตัวอักษรตัวแรกด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ทุกคำ ยกเว้น คำสันธาน (Conjunction) ได้แก่ for, and, or, but, while, when, after, before, because และเป็นตัวพิมพ์เอียง

4) ชื่อเว็บไซต์กรณีที่ชื่อผู้แต่งและชื่อเว็บไซต์เป็นชื่อเดียวกัน ให้ตัดชื่อเว็บไซต์ออก

5) URL ระบุตำแหน่งที่อยู่ของข้อมูลบนเว็บไซต์ โดยไม่ต้องตามด้วยเครื่องหมายหัพภาค (.) ตรงส่วนท้าย

รูปแบบ

ชื่อ/นามสกุล./(ปี,/วัน/เดือนที่เผยแพร่)./ชื่อเรื่อง./ชื่อเว็บไซต์./URL

นามสกุล,/อักษรย่อของชื่อ./(ปี,/เดือน/วันที่เผยแพร่)./ชื่อเรื่อง./ชื่อเว็บไซต์./URL

อมรา ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. (2563, 4 มีนาคม). *เทคนิคการเขียนบทความวิจัยและบทความวิชาการ*.

มหาวิทยาลัยมหิดล.https://op.mahidol.ac.th/ra/contents/orra_document/MMS04/20200304-1430_02-PROF.AMARA.pdf

Sirisilla, S. (2022, December 19). *Effective Use of Statistics in Research–Methods and Tools for Data Analysis*. Enago Academy. <https://www.enago.com/academy/statistics-in-research-data-analysis/>

2.7 การสัมภาษณ์

รูปแบบ

ชื่อ/นามสกุลผู้ให้สัมภาษณ์./ตำแหน่ง/สถานที่ทำงาน./(ปี,/วัน/เดือนที่สัมภาษณ์)./สัมภาษณ์.

นามสกุล,/อักษรย่อของชื่อผู้ให้สัมภาษณ์./ตำแหน่ง/สถานที่ทำงาน./(ปี,/เดือน/วันที่สัมภาษณ์)./Interview.

พัชรินทร์ บินเจ๊ะมิง. ประธานกลุ่มผลิตภัณฑ์กระจุต บ้านทอนอามาน จังหวัดนราธิวาส. (2563, 10 กุมภาพันธ์). สัมภาษณ์.

Nomnian, S. Associate Professor, Mahidol University. (2022, September 15). Interview.

2.8 ราชกิจจานุเบกษา

รูปแบบ

ชื่อกฎหมาย./(ปี,/วัน/เดือน)./ราชกิจจานุเบกษา./เล่ม/เลขเล่ม/ตอนที่/เลขตอน./หน้า/เลขหน้า.

กฎกระทรวง มาตรฐานการจัดการศึกษาระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2565. (2565, 31 มีนาคม).

ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 139. ตอนที่ 20 ก. หน้า 3-11.

ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง มาตรฐานสถาบันอุดมศึกษา พ.ศ. 2554. (2554, 24 เมษายน).

ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 128. ตอนพิเศษ 47 ง. หน้า 44-46.

พระราชบัญญัติ ระเบียบข้าราชการพลเรือน พ.ศ. 2551. (2551, 25 มกราคม). ราชกิจจานุเบกษา.

เล่ม 125. ตอนที่ 22 ก. หน้า 1-48.

3. การจัดเรียงรายการอ้างอิง

3.1 การเรียงตามลำดับตัวอักษร

การเรียงรายการอ้างอิงภาษาไทย ให้ใช้หลักการเดียวกับเรียงคำในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน โดยเรียงตามรูปพยัญชนะ ก-ฮ ส่วนคำที่มีตัวสะกดให้จัดเรียงตามลำดับ กก-กฮ ไว้ก่อนคำที่มีรูปสระ ดังนี้

อะ อัว อัวะ อา อำ อีอีอีอี อู อุ เอะ เอ เอาะ
เอา เอ็น เอีย เอียะ เอื้อ เอื้อะ แอ แอะ โอ โอะ ไอ ไอ

การเรียงรายการอ้างอิงภาษาอังกฤษ ให้ใช้หลักการเดียวกันกับการเรียงคำใน Dictionary โดยเรียงตามอักษร A-Z กรณีที่มีรายการอ้างอิงทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ให้เรียงรายการอ้างอิงภาษาไทยทุกรายการก่อนรายการอ้างอิงภาษาอังกฤษ

3.2 การเรียงลำดับรายการอ้างอิงที่มีชื่อผู้แต่งคนแรกเหมือนกัน

3.2.1 ชื่อผู้แต่งคนแรกและทุกคนเหมือนกัน ให้จัดเรียงปีพิมพ์ตามลำดับก่อนหลัง

ยุทธ ไถยวรรณ. (2559). *การวางแผนการตลาดสำหรับการวิจัย*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุทธ ไถยวรรณ. (2562). *หลักสถิติวิจัยและการใช้โปรแกรม SPSS* (พิมพ์ครั้งที่ 6). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Crawley, M. J. (2013). *The R Book* (2nd ed.). Wiley.

Crawley, M. J. (2015). *Statistics : An Introduction Using R* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

3.2.2 ชื่อผู้แต่งคนแรกเหมือนกัน แต่มีชื่อผู้แต่งอื่นร่วมแตกต่างกัน ให้จัดเรียงรายการอ้างอิงที่มีชื่อผู้แต่งคนแรกก่อน และตามด้วยรายการอ้างอิงที่มีชื่อผู้แต่งอื่นร่วม โดยเรียงตามลำดับอักษรตัวแรกของชื่อผู้แต่งคนที่สอง และคนที่สามตามลำดับ

สร้อยณี อุเสินยาง. (2559). *สุขภาพองค์การขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเขตพื้นที่ภาคใต้ ประเทศไทย: การพัฒนาโมเดลสมการโครงสร้างและการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลตามบริบทวัฒนธรรมและประเภทขององค์การ* [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สร้อยณี อุเสินยาง. (2562). จริยธรรมทางธุรกิจ: แนวทางในการจัดการธุรกิจสู่ความยั่งยืน. *วารสารอัล-ฮิกมะฮ์ มหาวิทยาลัยฟาฏอนี*, 9(18), 225-235.

Creswell, J. W. (2009). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (3rd ed.). Sage.

Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative Inquiry and Research Design Choosing among Five Approaches* (4th ed.). Sage.

รายการอ้างอิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะครุศาสตร์ ศูนย์นวัตกรรมทางการศึกษา สื่อสิ่งพิมพ์ และสื่อออนไลน์.

(2564). *การอ้างอิงสารสนเทศตาม Publication Manual of the American Psychological Association (7th Edition)*. Online Journal Education (OJED).
<https://so02.tci-thaijo.org/index.php/EDUCU/article/view/153329/111738>

หอสมุดแห่งชาติมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. (2564). *การอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหาตามหลักเกณฑ์ APA (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1)*. ผู้แต่ง. <https://web.tulibs.net/th/academic-support/thesis-templates-manuals>

American Psychological Association. (2020). *Publication Manual of the American Psychological Association* (7th ed.). Author. <https://doi.org/10.1037/0000165-000>

Research Article.

- Effects of Temperature and Storage Duration on the Quality of Eggs Produced by Free-Range Laying Hens
- Optimization for *Litsea glutinosa* Leaves Essential Oil Extraction from Narathiwat Province
- Optimization of Formulation Ratios for Snack Production from Mushroom Stem By-Products to Support Entrepreneurial Development
- Development of Fermented Cassava Composite Flour with Germinated Brown Rice Powder and Rice Flours: Physicochemical Properties, Bioactive Compounds, Functional Properties and Microbiological Qualities
- Effects of Buserelin (Suprefact E) Hormone on Seminal Vesicle Physical Characteristics, Gonadosomatic Index and Semen Volume in Male Catfish (*Clarias gariepinus*)

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การเกษตร และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

เลขที่ 99 หมู่ 8 ตำบลโคกเคียน

อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส 96000

โทรศัพท์เคลื่อนที่. 09-9416-9355

<https://li04.tci-thaijo.org/index.php/psj>

E-mail: journal_sci@pnu.ac.th



**JSAT
PNU**

Princess of Naradhiwas University