

ผลของการทดแทนเนื้อมากุ้งด้วยผงจิ้งหรีดที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพเคมี และประสาทสัมผัสของแพตตี้เบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea* L.)

วัชร เทพโยธิน* อรทัย บุญทะวงศ์ สุรพล ใจวงศ์ษา และ เกรียงศักดิ์ ลือชัย

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง
200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

รับบทความ 28 ตุลาคม 2567 แก้ไขบทความ 24 สิงหาคม 2568 ตอรับบทความ 10 กันยายน 2568

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาไส้เบอร์เกอร์หรือแพตตี้เบอร์เกอร์ด้วยโปรตีนทางเลือกจากผงจิ้งหรีดเพื่อทดแทนเนื้อมากุ้ง ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ข้าวเหนียวดอกอัญชันที่ใช้ข้าวเหนียวย้อมสีธรรมชาติด้วยสารสกัดดอกอัญชันแทนขนมปังสำหรับเบอร์เกอร์ โดยการนำข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ย้อมสีด้วยสารสกัดดอกอัญชันร้อยละ 2 นำไปนึ่งสุก ขึ้นรูปเป็นแผ่น ประกอบกับแพตตี้ทดแทนเนื้อมากุ้งด้วยผงจิ้งหรีด 3 ระดับ คือ ร้อยละ 30 60 และ 90 ของน้ำหนักเนื้อมากุ้ง พบว่า การทดแทนเนื้อมากุ้งด้วยผงจิ้งหรีดร้อยละ 60 ให้ผลดีที่สุด มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 17.12 ความชื้นร้อยละ 38.14 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) 0.90 ความแข็ง 19.27 นิวตัน และพลังงาน 274.34 กิโลแคลอรีต่อ 150 กรัม แอโนโทไซยานิน 0.36 ไมโครกรัมต่อกรัม มีปริมาณฟีนอลทั้งหมด 11.11 มิลลิกรัม กรดแกลลิกต่อ 100 มิลลิกรัมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH ร้อยละ 37.56 และ ABTS ร้อยละ 5.31 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยคะแนนความชอบ โดยวิธี 9 point hedonic scale พบว่าผู้บริโภคมีความชอบมาก (คะแนน 8.50 - 8.67) บรรจุผลิตภัณฑ์ในถุง PET/PE ขนาด 150 กรัม จำหน่ายในราคา 35 บาทต่อชิ้น ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคร้อยละ 94 และตัดสินใจซื้อร้อยละ 88 ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

คำสำคัญ : ผงจิ้งหรีด; เบอร์เกอร์ข้าวเหนียว; สารสกัดดอกอัญชัน; แอโนโทไซยานิน; โปรตีนทางเลือก

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +668 1472 3916, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: tapyotin@rmutl.ac.th

Effects of Chicken Breast Replacement with Cricket Powder on Physical, Chemical, and Sensory Quality of Sticky Rice Patty Burger dyed with Butterfly Pea Flower (*Clitoria ternatea* L.)

Watcharee Thepyothin* Orathai Bunthawong Suraphon Chaiwongsar and Kriangsuk Luechai

Faculty of Science and Agriculture Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang
200 Moo 17, Pichai, Mueang, Lampang, 52000

Received 28 October 2024; Revised 24 August 2025; Accepted 10 September 2025

Abstract

This study aimed to develop burger patties made from cricket powder as an alternative protein source to replace chicken breast in butterfly pea flower sticky rice burgers, which use naturally dyed sticky rice with butterfly pea flower extract instead of bread. The experiment employed RD 6 sticky rice that had been dyed with 2% extract from butterfly pea flowers. It was steamed, shaped into burger buns, and paired with patties that replaced chicken breast with cricket powder at three different levels: 30%, 60%, and 90% of the weight of chicken breast. It was found that replacing chicken breast with 60% cricket powder yielded the best results. This patty had a protein content of 17.12%, a moisture content of 38.14%, a water activity (aw) of 0.90, a hardness of 19.27 Newtons, and an energy content of 274.34 kilocalories per 150 grams. It contained 0.36 micrograms of anthocyanins per gram, 11.11 milligrams of phenolic compounds (based on gallic acid) per 100 milliliters, and showed 37.56% antioxidant activity in DPPH tests and 5.31% in ABTS tests. Sensory quality evaluation using a 9-point hedonic scale showed high consumer preference (scores of 8.50 - 8.67). The product, packaged in 150-gram PET/PE bags and sold at 35 baht each, received 94% consumer acceptance and 88% purchase intent. This study demonstrates the potential to develop a new food product with nutritional value that is popular among consumers.

Keywords : Cricket powder; Sticky rice burger; Butterfly pea extract; Anthocyanins; Alternative protein

* Corresponding Author. Tel.: +668 1472 3916, E-mail Address: tapyotin@rmutl.ac.th

1. บทนำ

ความต้องการแหล่งโปรตีนทางเลือกที่มีความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากจำนวนประชากรโลกจะขยายเข้าสู่ 9.7 พันล้านคน ภายในปี 2050 ผลิตภัณฑ์ประเภทเบอร์เกอร์จากพืชหรือแมลงจึงได้รับความสนใจในงานวิจัยและอุตสาหกรรมอาหาร [1]-[3] แพตตี้เบอร์เกอร์ที่ปรับปรุงโดยผสมโปรตีนผงแมลง (*insect protein powder*) และแป้งอื่นๆ ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้ใกล้เคียงทั้งด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการกับเบอร์เกอร์เนื้อสัตว์ [1], [4], [5]

ข้าวเหนียวจัดเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับความนิยมในอาหารไทยและมีคุณสมบัติในการจับตัวดี จึงเหมาะสำหรับใช้เป็น “ฐาน” ในการทำแพตตี้ ซึ่งให้เนื้อสัมผัสนุ่มและเหนียวพอดี การเสริมโปรตีนจากแมลง เช่น ผงจิ้งหรีด (*Acheta domesticus*) หรือหนอนกะล่อน (*Tenebrio molitor*), ร่วมกับวัตถุดิบเพื่อสุขภาพ เช่น ถั่วเหลืองหรือเห็ด สามารถยกระดับคุณค่าทางโภชนาการได้ [1], [6] นอกจากนี้ การย้อมสีข้าวเหนียวด้วยสารสกัดจากดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea*) ยังช่วยเพิ่มความสวยงามและคุณค่าทางสุขภาพให้กับผลิตภัณฑ์ โดยสารแอนโทไซยานินในดอกอัญชันมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและทนต่อความร้อน จึงเหมาะกับการแปรรูปในรูปแบบอาหารพร้อมรับประทาน [7], [8]

จิ้งหรีดสายพันธุ์ *Acheta domesticus* เป็นหนึ่งในแมลงกินได้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และได้รับการส่งเสริมให้เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกในอนาคต โดยสามารถให้โปรตีนสูงถึงร้อยละ 46.76–70.00 ของน้ำหนักแห้ง [9] นอกจากนี้ยังอุดมด้วยกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน มีกรดไขมันโอเมกา-3 และแร่ธาตุ เช่น ธาตุเหล็กและสังกะสี ในปริมาณที่สูงกว่าเนื้อวัวหรือเนื้อไก่ในปริมาณที่เท่ากัน [10] โดยจิ้งหรีด 100 กรัม ให้โปรตีนประมาณ 63 กรัม พลังงาน 447 กิโลแคลอรี โอเมกา-3 ประมาณ 0.25 กรัม และธาตุเหล็กประมาณ

5.0 มิลลิกรัม ขณะที่เนื้อวัวและเนื้อไก่ให้โปรตีนน้อยกว่าและมีปริมาณธาตุเหล็กต่ำกว่าตามลำดับ [11]

นอกจากนี้ การเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการเลี้ยงปศุสัตว์ โดยสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากถึง 100 เท่าเมื่อเทียบกับการผลิตเนื้อสัตว์จากวัวหรือสุกร [12] ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว ทำให้จิ้งหรีดได้รับความสนใจในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทโปรตีนสูง รวมถึงผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ทางเลือก เช่น แพตตี้เบอร์เกอร์จากพืชหรือจากแหล่งโปรตีนทางเลือก [13]

การศึกษาการเติมผงแมลงในเบอร์เกอร์ถั่วเหลืองร้อยละ 5 มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น pH สี และไขมันเล็กน้อย โดยไม่มีผลเสียต่อปริมาณโปรตีนหรือผลผลิตหลังปรุงสุก [1], [2] นอกจากนี้ การปรับสมดุลระหว่างส่วนผสมยังช่วยให้เนื้อเบอร์เกอร์มีความยอมรับทางประสาทสัมผัสสูง โดยเฉพาะรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงเบอร์เกอร์เนื้อ [2], [3], [6] การผสมผงจิ้งหรีด (*cricket powder*) ลงในเนื้อแพตตี้ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อเทียบกับเนื้อแดง [14], [15] งานทดลองในระดับอุตสาหกรรม เช่น การพัฒนา *Cricket One* และ *Ento* พบว่าแป้งจิ้งหรีดช่วยให้เนื้อแพตตี้มีรสชาติ สี และเนื้อสัมผัสใกล้เคียงเบอร์เกอร์เนื้อ โดยผู้บริโภคในตลาดเอเชีย “ไม่สามารถแยกความแตกต่างจากเนื้อวัวได้” [16], [17] แต่อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดด้านทัศนคติของผู้บริโภคที่ไม่เคยบริโภคแมลงอาจจะไม่คุ้นเคยกับสีและกลิ่นของจิ้งหรีด และมีความกลัวแมลง ผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคว่าผลิตภัณฑ์จากแมลงมีคุณประโยชน์ สะอาด ปลอดภัย และมีรสชาติดี [18] ในด้านแนวโน้มตลาด ผู้บริโภคในปัจจุบันให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์อาหารทางเลือกที่มีความสะดวกในการบริโภค มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และใช้วัตถุดิบธรรมชาติ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ประเภท “เบอร์เกอร์ข้าวเหนียว” ที่เริ่มมีการวางจำหน่ายในตลาดเอเชีย เช่น ญี่ปุ่นและเกาหลีใต้ ซึ่งได้รับการตอบ

รับที่ดีจากกลุ่มผู้บริโภควัยทำงาน [19] ข้อมูลจาก Euromonitor (2023) ระบุว่าตลาดอาหารพร้อมรับประทานในประเทศไทยมีอัตราเติบโตเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 6 ต่อปี และมีแนวโน้มเติบโตต่อเนื่องในกลุ่มสินค้าโปรตีนทางเลือกและอาหารยั่งยืน [20] ดังนั้นการนำจึงเห็ดมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารจึงควรพิจารณาถึงความเข้ากันได้ของผลิตภัณฑ์และการยอมรับของผู้บริโภคเป็นสำคัญ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นพัฒนาแพตตี้ที่มีส่วนผสมของผงเห็ดและเบอร์เกอร์ที่ทำจากข้าวเหนียว ซึ่งให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเฉพาะตัว โดยให้ความสำคัญกับการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี โภชนาการ และความยอมรับทางประสาทสัมผัส เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์โปรตีนทางเลือกที่ตอบโจทย์ทั้งด้านโภชนาการ ความยั่งยืน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเหมาะกับผู้บริโภคชาวไทย

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 วัตถุดิบ

ผงเห็ดฟันธุ์ทองแดงลาย หรือ เห็ดหิวดขาว และดอกอัญชันอบแห้ง จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนต้นน้ำวัง อำเภอดำรงเหนือ จังหวัดลำปาง เนื้ออกไก่ จากร้านหมูอินเตอร์ และหอมหัวใหญ่ ตลาดต้นยาง อำเภอมะเมือง จังหวัดลำปาง น้ำมันรำข้าว ตราคิง เกลือปนตราปรุททิพย์ พริกไทยและเม็ดผักชี ตรารัทธิพิย์ น้ำตาลทราย ตรามิตรผล ผงปรุงรส ตราคอนอร์

2.2 การเตรียมเบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสี สารสกัดดอกอัญชัน และแพตตี้ทดแทนเนื้ออกไก่ด้วยผงเห็ด

การเตรียมเบอร์เกอร์ข้าวเหนียว โดยนำข้าวเหนียวพันธุ์ กข. 6 ล้างน้ำ 3 รอบ แช่ข้าวในน้ำสกัดดอกอัญชันแห้งร้อยละ 2 นาน 12 ชั่วโมง นึ่งสุก นาน 45 นาที ทำให้เย็น ชั่งน้ำหนักข้าวเหนียวก่อนละ 50 กรัม กดลงพิมพ์ทรงกลมสูง 1 เซนติเมตร

การเตรียมสูตรพื้นฐานแพตตี้หรือสูตรควบคุม จากศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์เชียงใหม่ [21] จากนั้นทดแทนเนื้ออกไก่ด้วยผงเห็ดจำนวน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 30 60 และ 90 ของน้ำหนักเนื้ออกไก่ (ตารางที่ 1) บดส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน ชั่งน้ำหนักแพตตี้ก่อนละ 50 กรัม กดลงพิมพ์ทรงกลมสูง 1 เซนติเมตร ทำให้สุกด้วยการอบในเตาไมโครเวฟ ด้านละ 1 นาที นำแพตตี้มาประกบกับเบอร์เกอร์ข้าวเหนียว บรรจุในถุงพลาสติกแบบประกบ 2 ชั้น คือ การประกอบชั้นของ PET/PE (Polypropylene Terephthalate/Polyethylene) หน้าใสหลังขาว ขนาด 11×15 เซนติเมตร ปิดผนึก ดังภาพที่ 1 ทำการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพเคมี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตามวิธีข้อ 2.3 และคืนรูปด้วยไมโครเวฟก่อนการบริโภค

ตารางที่ 1 ปริมาณส่วนผสมของสูตรแพตตี้ทดแทนเนื้ออกไก่ด้วยผงเห็ด

ส่วนผสม	น้ำหนักส่วนผสม (ร้อยละ)			
	สูตรควบคุม	สูตร A	สูตร B	สูตร C
เนื้ออกไก่	86.52	60.56	34.61	8.65
ผงเห็ด	0	25.96	51.91	77.87
น้ำเปล่า	4.74	4.74	4.74	4.74
หอมหัวใหญ่	4.30	4.30	4.30	4.30
น้ำมันรำข้าว	2.15	2.15	2.15	2.15
เกลือปน	1.08	1.08	1.08	1.08
พริกไทย	0.43	0.43	0.43	0.43
เม็ดผักชี	0.43	0.43	0.43	0.43
น้ำตาลทราย	0.26	0.26	0.26	0.26
ผงปรุงรส	0.09	0.09	0.09	0.09

หมายเหตุ น้ำหนักส่วนผสมคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักทั้งหมด; สูตร A ทดแทนเนื้ออกไก่ด้วยผงเห็ดร้อยละ 30 สูตร B ทดแทนเนื้ออกไก่ด้วยผงเห็ดร้อยละ 60 สูตร C ทดแทนเนื้ออกไก่ด้วยผงเห็ดร้อยละ 90



ภาพที่ 1 ลักษณะของการประกบแพตตี้เบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชันทดแทนเนื้อมีผงจิ้งหรีด และบรรจุในถุงประกบ 2 ชั้น (PET/PE)

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพของแพตตี้เบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชันทดแทนเนื้อมีผงจิ้งหรีด

2.3.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

วิเคราะห์ค่าสีของเบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชัน และแพตตี้ทดแทนเนื้อมีผงจิ้งหรีด (วัดค่า 3 ค่า) ระบบ CIE L* a* และ b* ด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) รุ่น Ultar Scan PRO ยี่ห้อ Hunter Lab ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 โดยค่าความสว่าง (L*) มีค่า 0-100 โดย 0 หมายถึงวัตถุสีเข้ม, 100 หมายถึง วัตถุสีขาว ค่าสี a* คือวัตถุสีแดง (+) วัตถุสีเขียว (-) และค่าสี b* คือ วัตถุสีเหลือง (+) วัตถุสีน้ำเงิน (-) เพื่อเปรียบเทียบสีของแพตตี้ทดแทนเนื้อมีผงจิ้งหรีดแต่ละสูตร

วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของแพตตี้ทดแทนเนื้อมีผงจิ้งหรีด ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) รุ่น TA-XT Plus ยี่ห้อ stable Micro System, USA วัดโดยใช้โปรแกรม Texture profile Analysis (TPA) วัดค่าความแข็ง (Hardness) ค่าการเกาะติด (Cohesiveness) และค่าความหนานการเคี้ยว (Chewiness) ทำการทดสอบค่าละ 5 ซ้ำ ด้วยหัววัด Cylinder p/36 ด้วยแรงกด 20 กรัม ความเร็วก่อนทดสอบ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหลังการทดสอบ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที และความเร็วระหว่างการทดสอบ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที

[22] (วัดค่า 10 ซ้ำ) หาค่าเฉลี่ยของแรงกดสูงสุดที่ได้เพื่อเปรียบเทียบลักษณะเนื้อสัมผัสของแพตตี้ทดแทนเนื้อมีผงจิ้งหรีดแต่ละสูตร

2.3.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

1. ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี รุ่น GBX: FA-st/1 ประเทศฝรั่งเศส นำตัวอย่างแพตตี้เบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชันทดแทนเนื้อมีผงจิ้งหรีดแต่ละสูตร บรรจุไม่น้อยกว่าครึ่งลงในภาชนะใส่ตัวอย่าง และนำตัวอย่างลงในช่องใส่ตัวอย่าง ปิดฝาครอบ กดปุ่มอ่านเครื่องหมุน เพื่ออ่านค่า รอกระทั่งเครื่องทำงานเสร็จ จะมีเสียงเตือน จากนั้นจดบันทึกค่าที่ได้ (จำนวน 5 ซ้ำ) เพื่อเปรียบเทียบค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) แต่ละสูตร

2. ปริมาณความชื้น ด้วยการชั่งตัวอย่างแพตตี้เบอร์เกอร์ข้าวเหนียวทดแทนเนื้อมีผงจิ้งหรีด 5 กรัม ใส่ในกระป๋องอลูมิเนียมที่อบและชั่งน้ำหนักไว้แล้ว นำไปอบในตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Memmert ประเทศเยอรมัน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง กระทั่งน้ำหนักคงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งติดต่อกันไม่เกินร้อยละ 0.1) นำไปคำนวณหาปริมาณความชื้น (จำนวน 5 ซ้ำ) [23] ดังสมการ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (5 กรัม)}} \times 100$$

2.3.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำแพตตี้เบอร์เกอร์ย้อมสีดอกอัญชันทดแทนเนื้อมีผงจิ้งหรีด ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point Hedonic Scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นของผงจิ้งหรีด รสชาติคือรวมรสหวาน เค็ม และอูมามิ เนื้อสัมผัสคือความนุ่ม และความชอบโดยรวม [24] ให้คะแนน 1-9 โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9

หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยผู้ทดสอบจะทดสอบตัวอย่างทีละ 1 ตัวอย่าง ระหว่างการทดสอบให้ผู้ทดสอบดื่มน้ำล้างปาก ก่อนการทดสอบตัวอย่างถัดไป ใช้ผู้ทดสอบทั่วไป จำนวน 50 คน มีอายุอยู่ในช่วง 20-45 ปี [25]

2.4 การวิเคราะห์ค่าคุณภาพของแพตตี้เบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชันทดแทนเนื้อมะเขือเทศด้วยผงขมิ้น

นำแพตตี้เบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชันทดแทนเนื้อมะเขือเทศด้วยผงขมิ้นร้อยละ 60 (สูตร B) ที่ผ่านการคัดเลือก วิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ปริมาณความชื้น [23]
2. วิเคราะห์หาปริมาณเถ้า [23]
3. วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ด้วยเครื่องวิเคราะห์โปรตีนแบบอัตโนมัติ ยี่ห้อ Gerhardt KB8S ประเทศเยอรมนี
4. วิเคราะห์ปริมาณไขมัน ด้วยเครื่องวิเคราะห์ไขมันแบบอัตโนมัติ ยี่ห้อ Gerhardt S306 AK ประเทศเยอรมนี
5. วิเคราะห์หาเส้นใย ด้วยเครื่องวิเคราะห์แบบอัตโนมัติ ยี่ห้อ Gerhardt FT12 ประเทศเยอรมนี
6. การคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต
7. การคำนวณปริมาณพลังงาน
8. วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric assays [26]
9. วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน [27]
10. วิเคราะห์ค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) โดยวิธี DPPH ใช้หลักการวิเคราะห์เทียบกับอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS [28], [29]

2.5 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แพตตี้เบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชันทดแทนเนื้อมะเขือเทศด้วยผงขมิ้น ด้านคุณภาพทางกายภาพเคมี วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design, (CRD) [30] และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design, (RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ย และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ผลการวัดค่าสีของแพตตี้เบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชันที่ระดับสารสกัดร้อยละ 2 (ตารางที่ 2) พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 24.58 ซึ่งจัดอยู่ในช่วงค่าต่ำ บ่งชี้ถึงลักษณะสีเข้มคล้ำของผลิตภัณฑ์ อันเป็นผลจากแอนโทไซยานินชนิด tematin ที่มีอยู่ในดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea* L.) ซึ่งให้เฉดสีฟ้าถึงน้ำเงินในสภาวะที่เป็นกลางถึงเบสอ่อน [27], [31] ค่า a^* เฉลี่ยที่ -3.98 และ b^* เฉลี่ยที่ -8.88 ยังแสดงลักษณะโทนสีเขียวและน้ำเงิน สอดคล้องกับรายงานของ Kungsuwan., et al. [32] ที่พบว่าสารสกัดจากดอกอัญชันให้สีฟ้าหรือเขียวอ่อนในค่าพีเอชดังกล่าว ลักษณะสีเหล่านี้แม้จะผิดไปจากผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ทั่วไป แต่กลับมีความน่าสนใจในกลุ่มผลิตภัณฑ์ทางเลือกหรือกลุ่ม "plant-based" ซึ่งเน้นความเป็นธรรมชาติ และใช้สีจากพืชอย่างปลอดภัย โดยงานของ Yang et al. [33] และ Choo et al. [34] ยืนยันว่าค่าสี L^* ต่ำ และ b^* เป็นลบในผลิตภัณฑ์ที่มีแอนโทไซยานินนั้นไม่ส่งผลเสียต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัส หากยังคงไว้ซึ่งรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดี

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแพตตีเบอร์เกอร์ข้าวเหนียวทั้ง 4 สูตร (ตารางที่ 3) พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสูตรควบคุมซึ่งไม่มีการเติมผงจิ้งหรีดมีความสว่างสูงที่สุด (72.09) ขณะที่สูตร C ซึ่งมีการทดแทนเนื้อออกไปด้วยผงจิ้งหรีดในระดับสูงสุด มีความสว่างต่ำที่สุด (31.73) แสดงให้เห็นว่าการเติมผงจิ้งหรีดส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นตามปริมาณที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Osimani et al. [35] และ Sogari et al. [36] ที่รายงานว่าผงโปรตีนจากแมลงมีแนวโน้มทำให้สีผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น เนื่องจากมีเม็ดสีจากสารฮิโมลิพท์และเมลานินในตัวแมลง ความเป็นสีแดง (a^*) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสูตรที่มีผงจิ้งหรีดให้ค่า a^* สูงกว่า แสดงถึงสีแดงเด่นชัดมากขึ้น ในขณะที่ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีค่าลดลงอย่างชัดเจน ตามปริมาณผงจิ้งหรีดที่เพิ่มขึ้น สะท้อนถึงผลของการทดแทนต่อโทนสีโดยรวม ซึ่งผลนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zielińska et al. [37] ที่ชี้ว่าการใช้ผงแมลงในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างและค่าสีระบบ CIE LAB อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์โปรตีนสูงที่ผ่านการแปรรูป

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (a_w) ของแพตตีเบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชันที่ทดแทนเนื้อออกไปด้วยผงจิ้งหรีดทั้ง 4 สูตร (ตารางที่ 4) พบว่า สูตรควบคุมมีปริมาณความชื้นสูงที่สุดร้อยละ 43.96 และค่าวอเตอร์แอคทิวิตีสูงสุด 0.95 ขณะที่สูตร C ซึ่งมีการทดแทนเนื้อออกไปด้วยผงจิ้งหรีดในระดับสูงสุด มีปริมาณความชื้นและค่า a_w น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 37.25 และ 0.88 ตามลำดับ ทั้งนี้การลดลงของปริมาณความชื้นอาจสัมพันธ์กับคุณสมบัติในการดูดซับน้ำของผงจิ้งหรีดที่ต่ำกว่าเนื้อออกไป ส่งผลให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์เก็บน้ำไว้ได้น้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Zielińska et al. [37] และ Bawa et al. [38] ที่ชี้ว่าการใช้ผงแมลงสามารถลดค่าความชื้นและค่า a_w ใน

ผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ จากลักษณะโครงสร้างโปรตีนและเส้นใยที่แตกต่างกัน สำหรับค่า a_w ที่อยู่ในช่วง 0.88–0.95 นั้น ยังถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ที่ปรุงสุกและเก็บในภาชนะปิดสนิท ซึ่งค่าที่เหมาะสมต่อการชะลอการเจริญของจุลินทรีย์และการเสื่อมคุณภาพทางเคมีมักอยู่ในช่วง 0.60–0.90 [35] โดยสูตร C ที่มีค่า a_w ต่ำที่สุด จึงมีแนวโน้มว่าผลิตภัณฑ์จะมีความอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าสูตรอื่น

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแพตตีเบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชันร้อยละ 2

ค่าสี	เบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชัน
L^*	24.58±2.21
a^*	-3.98±0.62
b^*	-8.88±0.74

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแพตตีทดแทนเนื้อออกไปด้วยผงจิ้งหรีด

สูตรแพตตีเบอร์เกอร์ข้าวเหนียว	ค่าสี		
	L^*	a^*	b^*
สูตรควบคุม	72.09±0.69 ^a	2.53±0.21 ^b	18.01±0.23 ^a
สูตร A	45.17±0.95 ^b	4.88±0.11 ^a	13.99±0.42 ^b
สูตร B	35.35±0.73 ^c	5.00±0.16 ^a	11.82±0.61 ^c
สูตร C	31.73±0.30 ^d	5.25±0.30 ^a	10.47±0.65 ^d

หมายเหตุ: a, b, c และ d ในแนวดังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (a_w) ของผลิตภัณฑ์แพตตีเบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชันเสริมเนื้อออกไปด้วยผงจิ้งหรีด

สูตรแพตตีเบอร์เกอร์ข้าวเหนียว	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (a_w)
สูตรควบคุม	43.96±1.58 ^a	0.95±0.00 ^a
สูตร A	39.21±1.13 ^b	0.91±0.00 ^b
สูตร B	38.14±0.89 ^b	0.90±0.13 ^b
สูตร C	37.25±1.62 ^b	0.88±0.02 ^b

หมายเหตุ: a และ b ในแนวดังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสของแพตตีเบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชันทดแทนเนื้อมีค่าความแข็ง (Hardness) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสูตร A มีค่าความแข็งสูงสุด (23.80 N) ขณะที่สูตร C มีค่าต่ำที่สุด (13.53 N) แสดงให้เห็นว่าปริมาณผงจิ้งหรีดที่ใช้ทดแทนมีผลต่อโครงสร้างและค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ และมีผลต่อค่าการเกาะติด (Cohesiveness) และค่าความหนานทานการเคี้ยว (Chewiness) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยสูตร A ซึ่งมีการทดแทนผงจิ้งหรีดในปริมาณน้อยที่สุด มีค่าความหนานทานการเคี้ยวสูงที่สุด (7.09 N) สะท้อนถึงความสมดุลของโครงสร้างภายในผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่งผลต่อประสบการณ์การเคี้ยวของผู้บริโภค ทั้งนี้ลักษณะเนื้อสัมผัสดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากองค์ประกอบของโปรตีนในจิ้งหรีดที่สามารถสร้างโครงสร้างเจลร่วมกับโปรตีนจากเนื้อมีค่าความแข็ง ข้าวเหนียวได้ดีในบางระดับของการทดแทน [39], [40] โดยค่าความแข็งและค่าความหนานทานการเคี้ยวที่เหมาะสมมักมีบทบาทสำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์จำพวกเบอร์เกอร์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Joo and Jung. [41] ที่ระบุว่าค่าความแข็งที่สูงเกินไปหรือต่ำเกินไปอาจลดความพึงพอใจของผู้บริโภคได้

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแพตตีเบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชัน

ทดแทนเนื้อมีค่าความแข็งจิ้งหรีดทั้ง 4 สูตร (ตารางที่ 6) โดยใช้แบบประเมิน 9-point Hedonic Scale ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความนุ่ม) และความชอบโดยรวม พบว่าสูตร B ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยของทุกคุณลักษณะที่ทดสอบสูงที่สุด ($P \leq 0.05$) รองลงมาคือสูตร A และสูตรควบคุมตามลำดับ ส่วนสูตร C ที่มีสัดส่วนผงจิ้งหรีดสูงที่สุดได้รับคะแนนต่ำที่สุดในทุกคุณลักษณะที่ทดสอบ โดยเฉพาะในด้านกลิ่นและลักษณะปรากฏ ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลลัพธ์ดังกล่าวบ่งชี้ได้ว่าการทดแทนเนื้อมีค่าความแข็งจิ้งหรีดในระดับที่เหมาะสม (สูตร B) เป็นที่ยอมรับได้ทางประสาทสัมผัส และอาจช่วยเพิ่มมูลค่าโภชนาการได้โดยไม่ลดความพึงพอใจของผู้บริโภค กลับกัน สูตรที่มีปริมาณผงจิ้งหรีดสูงเกินไป (สูตร C) ส่งผลให้กลิ่นและสีของผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ไม่เป็นที่ยอมรับ เช่น กลิ่นเฉพาะของแมลงหรือสีที่เข้มจนผิดธรรมชาติ ซึ่งตรงกับรายงานของ Megido et al. [42] ที่พบว่าแมลงที่มีปริมาณสูงในผลิตภัณฑ์อาจลดคะแนนความชอบหากไม่มีการควบคุมกลิ่นเฉพาะอย่างเหมาะสม ขณะเดียวกัน งานของ Nam et al. [43] และ Kyriakopoulou et al. [44] สนับสนุนว่าการใช้แมลงในระดับปานกลางสามารถรักษาเนื้อสัมผัสและรสชาติที่ดีไว้ได้ และเป็นระดับที่ผู้บริโภคทั่วไปยอมรับได้ โดยเฉพาะกลุ่มที่มีแนวโน้มเปิดรับนวัตกรรมอาหารสูง

ตารางที่ 5 ผลการตรวจวัดค่าเนื้อสัมผัสของแพตตีเบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชันทดแทนเนื้อมีค่าความแข็งจิ้งหรีด

สูตรแพตตีเบอร์เกอร์	ค่าเนื้อสัมผัส			
	ข้าวเหนียว	Hardness (N)	Cohesiveness (N)	Chewiness (N)
สูตรควบคุม		18.012±5.63 ^b	0.39±0.08 ^{ab}	4.33±1.40 ^b
สูตร A		23.80±3.87 ^a	0.46±0.14 ^a	7.09±2.23 ^a
สูตร B		19.24±1.35 ^b	0.44±0.12 ^{ab}	4.99±1.54 ^b
สูตร C		13.53±3.02 ^c	0.32±0.09 ^b	2.48±0.07 ^c

หมายเหตุ: a, b และ c ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แพตตี้เบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชัน ทดแทนเนื้ออกไก่ด้วยผงจิ้งหรีด

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตรแพตตี้เบอร์เกอร์ข้าวเหนียว			
	สูตรควบคุม	สูตร A	สูตร B	สูตร C
ลักษณะปรากฏ	7.83±0.38 ^b	7.83±0.38 ^b	8.67±0.78 ^a	5.67±0.76 ^c
สี	7.00±0.00 ^c	7.83±0.38 ^b	8.67±0.48 ^a	5.67±0.76 ^d
กลิ่น	7.33±0.48 ^c	8.00±0.00 ^b	8.50±0.78 ^a	5.67±1.12 ^d
รสชาติ	7.83±0.38 ^b	8.33±0.76 ^a	8.67±0.48 ^a	5.67±0.76 ^c
ความนุ่ม	6.33±0.48 ^b	8.17±0.91 ^a	8.50±0.78 ^a	4.83±0.91 ^c
ความชอบโดยรวม	7.33±0.48 ^c	7.83±0.38 ^b	8.67±0.48 ^a	5.17±0.38 ^d

หมายเหตุ: a, b, c และ d ในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของแพตตี้เบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชันทดแทนเนื้ออกไก่ด้วยผงจิ้งหรีดสูตร B พบว่า มีค่าความสว่าง (L^*) ที่ 35.35 ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม และค่า a^* , b^* ที่ 5.00 และ 11.82 ตามลำดับสะท้อนถึงเฉดสีน้ำตาลแดงอ่อนที่เกิดจากการผสมของข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชันและผงจิ้งหรีด ซึ่งมีเม็ดสีเมลานินและพอลิฟีนอลที่อาจมีผลต่อสี [35] ด้านเนื้อสัมผัส พบว่าค่าความแข็ง (Hardness) อยู่ที่ 19.23 N, ค่าการเกาะติด (Cohesiveness) 0.44 และค่าความทนทานการเคี้ยว (Chewiness) 4.99 N แสดงถึงโครงสร้างที่สามารถยึดเกาะกันได้ดี และมีลักษณะเหนียวพอดี ไม่แห้งแข็งจนเกินไป [45] ปริมาณโปรตีนของสูตร B เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 12.68 เป็น 17.12 เป็นผลโดยตรงจากการทดแทนเนื้ออกไก่ด้วยผงจิ้งหรีดซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูง เช่นเดียวกับพลังงานที่เพิ่มขึ้นเป็น 252.90 กิโลแคลอรี จากเดิม 226.75 กิโลแคลอรี ปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 38.14 และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) ต่ำกว่า 0.90 (ตารางที่ 4) แสดงให้เห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มจะมีอายุการเก็บรักษาได้นานเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์เกิดการเจริญได้ช้า [46] ขณะที่ปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 17.12 ถือเป็นข้อได้เปรียบหลักจากการเติมผงจิ้งหรีด ซึ่งเป็นแหล่ง

โปรตีนสมบูรณ์ [47] และมีไขมันเพียงร้อยละ 1.46 ทำให้เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ควบคุมไขมันหรือกำลังมองหาโปรตีนทางเลือก ส่วนคาร์โบไฮเดรตอยู่ที่ร้อยละ 48.20 ซึ่งน่าจะเป็นผลจากการใช้ข้าวเหนียวเป็นวัตถุดิบหลักด้านโครงสร้าง สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 11.11 mg GAE/100 ml แอนโทไซยานิน 0.36 $\mu\text{g/g}$ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ร้อยละ 37.56 และ ABTS ร้อยละ 5.31 แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติด้านการต้านอนุมูลอิสระได้จากสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในดอกอัญชัน [48] ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สูตร B จัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพและเป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนทางเลือกที่เน้นคุณค่าทางโภชนาการความปลอดภัย และความเป็นธรรมชาติ

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพเคมีของแพตตี้เบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย้อมสีดอกอัญชัน ทดแทนเนื้ออกไก่ด้วยผงจิ้งหรีดร้อยละ 60 (สูตร B)

คุณภาพทางกายภาพ	ตัวอย่างควบคุม	แพตตี้เบอร์เกอร์ข้าวเหนียว
การวิเคราะห์สี		
L^*	72.09±0.69	35.35±0.73
a^*	2.53±0.21	5.00±0.16
b^*	18.01±0.23	11.82±0.61
ความแข็ง (N.)	18.012±5.63	19.23±1.35

คุณภาพทางกายภาพ	ตัวอย่าง ควบคุม	แพตตีเบอร์เกอร์ ข้าวเหนียว
ค่าการเกาะติด	0.39±0.08	0.44±0.12
ค่าความทนทานการเคี้ยว (N.)	4.33±1.40	4.99±1.55
คุณภาพทางเคมี		
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	43.96±1.58	38.14±0.89
ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	1.04±0.02	1.08±0.41
ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)	12.68±0.25	17.12±0.29
ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)	1.35±0.03	1.46±0.00
ปริมาณเยื่อใย (ร้อยละ)	0.15±0.01	0.72±0.05
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	40.97±1.19	42.82±0.80
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	226.75	252.90
สารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมด (mgGAE/100 ml)	-	11.11±0.38
แอนโทไซยานิน (µg/g)	-	0.36±1.12
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)		
DPPH	-	37.56±1.96
ABTS	-	5.31±1.29

4. สรุป

ผลจากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการทดแทนเนื้อไก่ด้วยผงจิ้งหรีดในปริมาณที่แตกต่างกันในการผลิตแพตตีเบอร์เกอร์ข้าวเหนียวย่อมมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน โดยสูตรที่ใช้ผงจิ้งหรีดในสัดส่วนร้อยละ 60 (สูตร B) มีคุณภาพเหมาะสมที่สุด ทั้งในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ และยังมีสารต้านอนุมูลอิสระจากดอกอัญชัน ผลิตภัณฑ์นี้จึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นอาหารโปรตีนทางเลือกที่ดีต่อสุขภาพ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เหมาะกับผู้บริโภคยุคใหม่ที่ใส่ใจเรื่องโภชนาการและธรรมชาติ

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (มหาชน) และ หน่วยวิจัยและพัฒนาด้านการบริหารเทคโนโลยีและนวัตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณสาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านอุปกรณ์และเครื่องมือในการปฏิบัติการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] A. Krawczyk, J. F.-López, and A. Z.-Korzycka, “Insect protein as a component of meat analogue burger,” *Foods*, vol. 13, no. 12, pp. 1806, Jun. 2024.

[2] A. Krawczyk, J. Fernández-López, and A. Zimoch-Korzycka, “Insect Protein as a Component of Meat Analogue Burger,” *Preprints*, May 07, 2024.

[3] R. S. D. Albuquerque, Y. A. Bernardo, and C. A. C.-Junior, “Edible insects as an alternative protein source in meat products: advantages, challenges, limitations, and gaps,” *European Food Research and Technology*, vol. 251, pp. 2927-2943, Jun. 2025.

[4] P. Ardila, A. Honrado, P. Marquina, J. A. Beltrán, and J. B. Calanche, “Innovative plant-based burger enriched with *Tenebrio molitor* meal: characterization and shelf-life,” *Foods*, vol. 12, no. 18, pp. 3460, 2023.

- [5] B. Purschke, P. Meinlschmidt, C. Horn, O. Rieder, and H. Jäger, "Improvement of techno-functional properties of edible insect protein from migratory locust by enzymatic hydrolysis," *European Food Research and Technology*, vol. 244, pp. 999–1013, 2018.
- [6] B. F. Locus, D. T. Cunha, J.-B. Luce, and T. Brunner, "Factors influencing insect burger choice in a real-life setting: A study in university restaurants in Switzerland," *Future Foods*, vol. 11, pp. 100602, Jun. 2025.
- [7] L. Handayani, S. Aprilia, N. Arahman, and M. R. Bilad, "Anthocyanin extraction and pH-modulated color alterations in butterfly pea flower (*Clitoria ternatea* L.)," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1359, pp. 1–12, 2024.
- [8] C. Novais, A. K. Molina, R. M. V. Abreu, C. S.-Buelga, I. C. F. R. Ferreira, C. Pereira, and L. Barros, "Natural Food Colorants and Preservatives: A Review, a Demand, and a Challenge," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 70, no. 9, pp. 2789–2805, 2022.
- [9] P. Sukkhown and N. Saisombut, "Development and Texture Improvement of Healthy Meat Analogue Products using Jackfruit Seed Flour," *Journal of Health and Food Creation*, vol. 1, no. 1, pp. 1–19, Jan. – Jun. 2023.
- [10] S. Ghosha, S.-M. Leeb, C. Jungb, and V. B. M.-Rochow, "Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea," *Journal of Asia-Pacific Entomology*, vol. 20, no. 2, pp. 686–694, 2017.
- [11] T. Kueachan, T. Worarat, P. Chalermchaiwat, and D. Sangteerakij, "Effects of Wheat Flour Substitution with Cricket Powder (*Gryllus bimaculatus*) on Physical, Chemical, and Sensory Properties of Brownie Brittle," *Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal*, vol. 16 no. 2, pp. 316–329, May.-Aug. 2024.
- [12] M. Bawa, S. Songsermpong, and C. Kaewtapee, and W. Chanput, "Effect of diet on the growth performance, feed conversion, and nutrient content of the house cricket," *Journal of Insect Science*, vol. 20, no. 2, pp. 1–10, Mar. 2020.
- [13] K. Phesatcha, B. Phesatcha, K. Chunwijittra, and M. Wanapat, "Effect of local feed resources on the production performance and nutritional composition of the cricket (*Gryllus bimaculatus* De Geer)," *Khon Kaen Agriculture Journal*, vol. 50, no. 1, pp. 548–557, Dec. 2021.
- [14] V. Ermolaos, N. Aikaterini, P. Morten, P. S.-Monteiro, F. Michel, S. Evangelia, N. Androniki, and B. Géraldine, "Substituting red meat with insects in burgers: Estimating the public health impact using

- risk-benefit assessment,” *Food and Chemical Toxicology*, vol. 189, 2024.
- [15] S. Aprile, N. Baldino, O. Mileti, F. R. Lupi, and D. Gabriele, “Cricket isolates as ingredients to design protein foods: Functional, structural and interfacial properties,” *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, vol. 102, Jun. 2025.
- [16] Cricket One, “Cricket protein applications and development,” [Online]. <https://www.cricketone.asia>. [Accessed: Mar. 8, 2025].
- [17] G. Rocchetti, G. Leni, A. Rebecchi, R. Dordoni, G. Giuberti, and L. Lucini, “The distinctive effect of different insect powders as meat extenders in beef burgers subjected to cooking and *in vitro* gastrointestinal digestion” *Food Chemistry*, vol. 442, no. 1, Jun. 2024.
- [18] H. Pisetrakul, J. Saetang, P. Chalermchaiwat, and D. Sangteerakij, “Effects of wheat flour substitution with germinated brown rice flour and cricket powder on the chemical, physical, and sensory properties of chocolate muffins,” *VRU Research and Development Journal Science and Technology*. Vol. 20, no. 1, pp. 1-14. Jan.-Apr. 2025.
- [19] A. Chia, Y. Shou, N. M. Y. Wong, D. Cameron-Smith, X. Sim, R. M. Van Dam, and M. F.-F. Chong, “Complexity of consumer acceptance to alternative protein foods in a multiethnic Asian population: A comparison of plant-based meat alternatives, cultured meat, and insect-based products,” *Food Quality and Preference*, vol. 114, p. 105102, May 2024.
- [20] Euromonitor International, “Ready-to-eat meals in Thailand: Market analysis 2023,” [Online]. <https://www.euromonitor.com>. [Accessed: Jun. 24, 2025]
- [21] Chiang Mai Livestock Product Research and Development Centre, “Crickets and cricket farming,” [Online]. <https://product.dld.go.th/webnew/index.php/th/>. [Accessed: Sep. 4, 2022].
- [22] Y. Shen, S. Hong, Z. Du, M. Chao, T. O’Quinn, and Y. Li, “Effect of adding modified pea protein as functional extender on the physical and sensory properties of beef patties,” *LWT- Food Sciences and Technology*, vol. 154, Jan. 2022.
- [23] AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists. 17th ed., Washington, D.C., U.S.A. 2019.
- [24] J. Kanjanarong and V. Plongbunjong, “Product Development of Ice Cream Fiber- Fortified from Pomelo Puree,” *RMUTP Research Journal Science and Technology*, vol. 18, no. 1, pp. 47-56, Jan.-Jun. 2024.
- [25] J. Burakorn, P. Pinthong, S. Kraisit, P. Plaichan, N. Siriwarin, and M. Aimkaew, “Development of Khanom Arlua Product using Wheat Flour Partially Substituted with Tubtim Chumphae Rice Flour,” *KKU Science Journal*, vol. 52, no. 2, pp. 170-181, 2024.

- [26] Y. Rbah, K. Belhaj, Y. Taaifi, A. Allay, R. Melhaoui, H. S. Caid, and A. Elamrani, "Nutritional Composition and Functional Properties of 'Beldiya' Hemp Seed and Oil: A Sustainable Local Resource from Northern Morocco for Health and Nutrition," *Journal of Oleo Science*, vol. 74, no. 6, pp. 533-542, 2025.
- [27] T. Rongsuphan and S. Kajorncheappunngam, "Anthocyanin content, antibacterial activity and antioxidant capacity of purple corn cob extract via ultrasonic extraction," *Phranakhon Rajabhat Research Journal: Science and Technology*, vol.14, no.1, pp. 47-61. Jan. – Jun. 2019.
- [28] P. Rueangsuksudand and W. Punngongwa, "Physicochemical Properties and Antioxidant Activity of Japanese Purple Sweet Potato Starch Modified by Acid and Heat Treatments," *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, vol. 24, no 2, pp. 72-80, May.-Aug. 2022.
- [29] E. R. Jeyaraj, Y. Y. Lim, and W. S. Choo, "Antioxidant, cytotoxic, and antibacterial activities of *Clitoria ternatea* flower extracts and anthocyanin-rich fraction," *Scientific Reports*, vol. 12, 2022.
- [30] G. C. V. Gamage, Y. Y. Lim, and W. S. Choo, "Anthocyanins from *Clitoria ternatea* Flower: Biosynthesis, Extraction, Stability, Antioxidant Activity, and Applications," *Frontiers in Plant Science*, vol. 12, pp. 1-17, Dec. 2021.
- [31] X. Fu, Q. Wu, J. Wang, Y. Chen, G. Zhu, and Z. Zhu, "Spectral Characteristic, Storage Stability and Antioxidant Properties of Anthocyanin Extracts from Flowers of Butterfly Pea (*Clitoria ternatea* L.)," *Molecules*, vol. 26, no. 22, pp. 1-12, 2021.
- [32] K. Kungsuwan, K. Singh, S. Phetkao, and N. U.-Ang, "Effects of pH and anthocyanin concentration on color and antioxidant activity of *Clitoria ternatea* extract," *Food and Applied Bioscience Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 31–46, Jan.-Apr. 2014.
- [33] C.-C. Chen, C. Lin, M.-H. Chen, and P.-Y. Chiang, "Stability and Quality of Anthocyanin in Purple Sweet Potato Extracts," *Foods*, vol. 8, no. 9, p. 393, Sep. 2019.
- [34] G. Chandrajith, V. Gamage, Y.Y. Lim, and W. S. Choo, "Anthocyanins from *Clitoria ternatea* flower: biosynthesis, extraction, stability, antioxidant activity, and application," *Frontiers in Plant Science*, vol. 12, Dec. 2021.
- [35] A. Osimani, V. Milanović, C. Garofalo, F. Cardinali, A. Roncolini, R. Sabbatini, F. D. Filippis, D. Ercolini, C. Gabucci, A. Petruzelli, F. Tonucci, F. Clementi, and L. Aquilanti, "Revealing the microbiota of marketed edible insects through PCR-DGGE, metagenomic sequencing and real-time PCR," *International Journal of*

- Food Microbiology*, vol. 276, pp. 54–62, Jul. 2018.
- [36] G. Sogari, D. Menozzi, and C. Mora, “Exploring young foodies’ knowledge and attitude regarding entomophagy: A qualitative study in Italy,” *International Journal of Gastronomy and Food Science*, vol. 7, pp. 16–19, Apr. 2017.
- [37] J. O.-Akullo, B. N. K.-Mokua, D. Nakimbugwe, J. Ng’ang’a, and J. Kinyuru, “Color, pH, microbiological, and sensory quality of crickets (*Gryllus bimaculatus*) flour preserved with ginger and garlic extracts,” *Food Science & Nutrition*, vol. 11, no. 6, pp. 2838–2851, Mar. 2023.
- [38] M. Bawa, S. Songsermpong, C. Kaewtapee, and W. Chanput, “Nutritional, sensory, and texture quality of bread and cookie enriched with house cricket (*Acheta domesticus*) powder,” *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 44, no. 8, pp. 1–10, Jun 2020.
- [39] FAO, “Food drying and dehydration,” in *Food Quality and Safety Systems: A Training Manual on Food Hygiene and the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System*, Rome: FAO, 2003. pp. 152–157.
- [40] H.-M. Kim, J.-N. Kim, J.-S. Kim, M.-Y. Jeong, E.-Y. Yun, J.-S. Hwang, and A.-J. Kim “Quality Characteristics of Patty Prepared with Mealworm Powder. *The Korean Journal of Food and Nutrition*,” vol. 28, no. 5, pp. 813–820, Oct. 2015.
- [41] E. Jung and N. Joo, “Optimization Processing and Quality Characteristics of Pork Patty Prepared with Soybean Oil,” *The Korean Journal of Food and Nutrition*, vol. 27, no. 2, pp. 256–266, Apr. 2014.
- [42] R. C. Megido, L. Sablon, M. Geuens, Y. Brostaux, T. Alabi, C. Blecker, D. Drugmand, E. Haubruge, and F. Francis, “Edible insects acceptance by Belgian consumers: Promising attitude for entomophagy development,” *Journal of Sensory Studies*, vol. 29, no. 1, pp. 14–20, 2014.
- [43] H. K. Nam, T. W. Kang, I.-W. Kim, R.-Y. Choi, H. W. Kim, and H. J. Park, “Physicochemical properties of cricket (*Gryllus bimaculatus*) gel fraction with soy protein isolate for 3D printing-based meat analogue,” *Food Bioscience*, vol. 53, 2023.
- [44] K. Kyriakopoulou, J. K. Keppler, and A. J. Goot, “Functionality of ingredients and additives in plant-based meat analogues,” *Foods*, vol. 10, no. 3, 2021.
- [45] L. Godschalk-Broers, G. Sala, and E. Scholten, “Meat Analogues: Relating Structure to Texture and Sensory Perception,” *Foods*, vol. 11, no. 15, p. 2227, Jul. 2022.
- [46] Y. Jin, J. Tang, and S. S. Sablani, “Food component influence on water activity of low-moisture powders at elevated temperatures in connection with

- pathogen control," *LWT- Food Science and Technology*, vol. 112, pp. 1–7, Sep. 2019.
- [47] K. Nakagawa, R. Chantanuson, P. Boonarsa, N. Seephua, and S. Siriamornpun, "Meat analogue preparation from cricket and rice powder mixtures with controlled textural and nutritional quality by freeze alignment technique," *Food Chemistry: X*, vol. 22, p. 101402, Jun. 2024.
- [48] S. L. Khoo, K. Azlan, A. Tang, and H. Lim, "Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits," *Food Nutritional Research*, vol. 61, no. 1, Aug. 2017.