PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index

บทความวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลง

เปรมประชา ดรชัย[1] รจนา ภูสมตา[2] อรปรียา ปะตาทะโย[2] และ พรพิษณุ ธรรมปัทม์[2*]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000

[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 21 กุมภาพันธ์ 2566

แก้ไข: 23 มีนาคม 2566

ตอบรับการตีพิมพ์: 26 มีนาคม 2566

ตีพิมพ์ออนไลน์: 18 เมษายน 2566

คำสำคัญ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์

ผลผลิตทางการเกษตร

จิ้งหรีด

ขนมขบเคี้ยว

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลง โดยทำการศึกษาสัดส่วนของส่วนผสม 3 ชนิด ได้แก่ ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง (300-500 กรัม) ผงจิ้งหรีด (200-400 กรัม) และมันเทศ (300-500 กรัม) ต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ วางแผนการทดลองแบบ mixture design เพื่อศึกษาสัดส่วนของปริมาณแป้งมันสำปะหลัง ผงจิ้งหรีด และมันเทศ ต่อความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ คือ การใช้แป้งมันสำปะหลัง ผงจิ้งหรีด และมันเทศ ปริมาณ 428, 200 และ 372 กรัม ตามลำดับ ทำให้ได้ค่าความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สูงสุดเท่ากับ 7.87 สำหรับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงสูตรที่ดีที่สุดมีองค์ประกอบทางเคมีในด้านโปรตีน ใยอาหาร และแร่ธาตุสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบทางการค้า (ข้าวเกรียบกุ้งและข้าวเกรียบปลา) ส่วนอัตราการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีค่าไม่แตกต่างจากข้าวเกรียบกุ้ง แต่มีค่าสูงกว่าข้าวเกรียบปลา ($p \leq 0.05$)

บทนำ

การขับเคลื่อนสินค้าเกษตร อาหาร และพลังงานทดแทนจากสินค้าเกษตร เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่รัฐบาลให้ความสำคัญ โดยมุ่งเน้นสร้างความเข้มแข็งและความสมดุลของภาคการเกษตร เพื่อให้การขับเคลื่อนสินค้าเกษตร อาหาร และพลังงานทดแทนจากสินค้าเกษตรของพืชเศรษฐกิจให้เกิดความสมดุลเข้มแข็งและมั่นคง รวมทั้งมีขีดความสามารถในการแข่งขันที่ยั่งยืน อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศได้ในภาพรวม ขณะที่ความผันผวนของราคาสินค้าเกษตรนับเป็นอีกสาเหตุหลักของความเสี่ยงในภาคการเกษตร โดยเฉพาะราคาสินค้าเกษตรในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ มีราคาผันผวนหรือราคาตกต่ำจนเกิดการชุมนุมเรียกร้องจากเกษตรให้ภาครัฐเข้ามามีมาตรการดำเนินการช่วยเหลือเกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้องกับภาคสินค้าเกษตร เพื่อให้สินค้าเกษตรมีเสถียรภาพด้านราคา ส่งเสริมให้สินค้าเกษตรได้รับผลตอบแทนที่เหมาะสม สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรสามารถขายสินค้าเกษตรได้ในราคาที่เป็นธรรม และสร้างความเข้มแข็งและยั่งยืนให้กับภาคการเกษตร ซึ่งสาเหตุของการผันผวนราคาสินค้าเกษตรพืชเศรษฐกิจมีผลสำคัญมาจากสภาพปัญหาผลผลิตล้นตลาด ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยวพืชเศรษฐกิจนั้น และสภาพปัญหาผลกระทบจากราคาผลผลิตนั้น ๆ ในตลาดต่างประเทศตกต่ำ ประกอบกับสภาพปัญหาอื่น ๆ ได้แก่ ผลผลิตต่อพื้นที่ต่ำ ปัจจัยการผลิตมีราคาสูงและส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง Promphakping & Wongon, 2020; Office of Agricultural Economics, 2022)

จากการประเมินเกี่ยวกับการปลูกมันเทศ (*Ipomoea batatas* L.) พบว่าเป็นที่ต้องการของตลาด เนื่องจากมีรสชาติ และเนื้อสัมผัสที่ดี โดยมันเทศที่นิยมปลูกมีหลากหลายสายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เกษตร พันธุ์กะปิแท้ พันธุ์กะปิเทียม พันธุ์สีม่วง และพันธุ์เหลืองไข่ ซึ่งมีทั้งนำต้นพันธุ์มาจากแหล่งอื่นเพื่อปลูกและผลิตต้นพันธุ์เอง ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 3,000-4,000 กิโลกรัมต่อไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่จำหน่ายผลผลิตให้กับพ่อค้าคนกลางในท้องถิ่น ซึ่งจะรับซื้อไปขายส่งที่ตลาดในจังหวัด ตลาดไท ตลาดสี่มุมเมือง และตลาดอื่น ๆ ซึ่งเป็นแหล่งซื้อขาย

*Corresponding author

E-mail address: Thammapat.p@gmail.com (P. Thammapat)

Online print: 18 April 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. https://doi.org/10.14456/paj.2023.2

วัตถุดิบทางการเกษตรที่สำคัญ การกำหนดราคาผลผลิตขึ้นกับการกำหนดราคาของพ่อค้าคนกลาง ราคาประมาณ 6-15 บาท จากการสัมภาษณ์ผู้ปลูกมันเทศ พบว่ามีผลผลิตที่ไม่ได้ขนาดคัดทิ้งประมาณร้อยละ 10 ของผลผลิตทั้งหมด ซึ่งบางส่วนจะทิ้งในแหล่งน้ำชุมชน ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ ทำให้เกิดปัญหามลพิษ น้ำเน่าเสีย และเกษตรกรสูญเสียรายได้ (Department of Agricultural Extension, 2020)

จิ้งหรีดทองแดงลาย (*Acheta domestica*) เป็นจิ้งหรีดขนาดเล็ก มีลำตัวสีน้ำตาล ตัวเมียมีปีกคู่หน้าสั้นครึ่งลำตัว ไม่ชอบบิน เคลื่อนไหวไม่รวดเร็วเท่าจิ้งหรีดชนิดอื่น ๆ มีการแพร่กระจายพันธุ์ตั้งแต่ยุโรปเอเชียตะวันตกเฉียงใต้จนถึงเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียตะวันออก (Fernandez-Cassi et al., 2019) ซึ่งเป็นจิ้งหรีดอีกชนิดหนึ่งที่นิยมเลี้ยงเป็นสัตว์เลี้ยง และเป็นชนิดที่มีการเลี้ยงเป็นสัตว์เศรษฐกิจมากที่สุด โปรตีนของแมลงกินได้มีคุณภาพสูงเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนจากพืชและสัตว์นอกจากมีปริมาณโปรตีนสูงแล้วยังมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนสำหรับมนุษย์ดังนั้นการนำแมลงไปใช้สำหรับเป็นอาหารจึงน่าจะสามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารได้อีกทางหนึ่ง แมลงกินได้มีคุณค่าทางโภชนาการที่ค่อนข้างหลากหลายเนื่องจากแมลงมีมากมายหลายชนิด นอกจากนี้สภาพแวดล้อม อาหาร และช่วงวัยที่แตกต่างกันของแมลงยังส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกันไปด้วย อย่างไรก็ตามสารอาหารที่พบปริมาณในแมลงได้แก่ โปรตีน ไขมัน วิตามิน และเกลือแร่ เช่น เหล็ก ทองแดง แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส ซีลิเนียม และสังกะสีซึ่งแสดงให้เห็นว่าแมลงอุดมไปด้วยสารอาหารสำคัญที่ส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการที่ดี (Siriamornpun & Thammapat, 2008)

ข้าวเกรียบเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่นิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบเอเชีย ซึ่งเป็นอาหารว่างชนิดหนึ่งที่ทำจากแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก อาจมีส่วนประกอบของเนื้อสัตว์ ผัก หรือผลไม้ เช่น ปลากุ้ง ฟักทอง เผือก งาดำ งาขาว เป็นต้น ทำบดผสมให้เข้ากับเครื่องปรุงรส แล้วทำให้เป็นรูปทรงตามต้องการ นึ่งให้สุก ตัดให้เป็นแผ่นบาง ๆ นำไปทำให้แห้งด้วยแสงแดดหรือวิธีอื่นที่เหมาะสมอาจทอดก่อนบรรจุหรือไม่ก็ได้ ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบโดยทั่วไปมีปริมาณโปรตีนค่อนข้างต่ำกว่าร้อยละ 5 เช่น ข้าวเกรียบถั่วแปจ่อ (Suriya et al., 2011) ข้าวเกรียบปรุงรสเสริมน้ำสกัดจากใบขลู่ (Thanakate, 2016) เป็นต้น ดังนั้นการหาแหล่งของโปรตีนที่ราคาถูกในการเสริมโปรตีนในข้าวเกรียบจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับผู้บริโภค ซึ่งแมลงเป็นวัตถุดิบแหล่งของโปรตีนทางเลือกที่มีคุณภาพสูง (Sihamala et al., 2018)

การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้เพื่อแก้ปัญหาชุมชน จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการลดการสูญเสียผลผลิต ด้วยการนำมาพัฒนาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นการเพิ่มมูลค่า ลดการสูญเสีย และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกด้วย คณะผู้วิจัยจึงเห็นว่าแนวทางหนึ่งที่จะทำให้เกษตรกรมีความเสี่ยงต่อการขาดทุนน้อยลงภายใต้ความเปลี่ยนแปลงของราคามันเทศ ซึ่งเป็นภาวะที่ควบคุมไม่ได้นั้น คือ การเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์มันเทศจึงเป็นที่มาของการวางแผนวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากมันเทศเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและเป็นขนมขบเคี้ยวที่มีประโยชน์ต่อผู้บริโภค ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับผู้บริโภคในการรับประทานขนมขบเคี้ยวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพต่อไป นอกจากนั้นยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับมันเทศและแมลงของไทยให้สามารถแข่งขันในตลาดทั้งในและต่างประเทศได้

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ มันเทศและจิ้งหรีดทองแดงลาย ได้จากตลาดในท้องถิ่น อ.เมือง จ.มหาสารคาม

การเตรียมวัตถุดิบ

1. การเตรียมมันเทศ

1.1 นำมันเทศที่ซื้อมาจากตลาดในท้องถิ่น อ.เมือง จ.มหาสารคาม ทำการตัดแต่งและล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา

1.2 ทำการนึ่งด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที

1.3 นำมันเทศที่ผ่านการนึ่ง มาทำการบดหรือปั่นให้ละเอียด เพื่อเตรียมสำหรับเป็นส่วนผสมต่อไป

2. การเตรียมจิ้งหรีดทองแดงลาย

2.1 นำจิ้งหรีดทองแดงลายที่ซื้อมาจากตลาดในท้องถิ่น อ.เมือง จ.มหาสารคาม ทำการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที เพื่อให้แมลงสลบ ล้างด้วยน้ำประปาและทำความสะอาด

2.2 นำจิ้งหรีดทองแดงลายมาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง หรือจนกว่าจิ้งหรีดทองแดงลายจะมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 มาตรฐานน้ำหนักแห้ง (Thammapat et al., 2021)

2.3 ทำการบดจิ้งหรีดทองแดงลายที่ผ่านการอบให้ละเอียดด้วยเครื่องบด (TY-1000) และร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 150 mesh เพื่อเตรียมสำหรับเป็นส่วนผสมต่อไป

การหาสูตรผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงจาก 3 ปัจจัย คือ ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง (X_1) 300 – 500 กรัม ปริมาณจิ้งหรีดทองแดงลาย (X_2) 200 – 400 กรัม และปริมาณของมันเทศ (X_3) 300 – 500 กรัม ตามลำดับ โดยกำหนดสูตรพื้นฐานส่วนประกอบอื่น ๆ (Table 1) จัดกรรมวิธีการทดลอง

แบบ Mixture design (Table 2) หลังจากนั้นทำการผสมและนวดจนส่วนผสมเข้ากัน ทำการแบ่งน้ำหนักก้อนละ 100 กรัม แล้วนำไปปั้นเป็นแท่งกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ทำการนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปแช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 6-8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ทำการหั่นเป็นชิ้นบางที่ความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง

Table 1 The basic formula for developing rice crispy fortified with sweet potato and protein from insect

Ingredient	Amount (g)
Glutinous rice flour	60
Garlic	10
Sugar	10
Salt	5
Ground pepper	5

Table 2 Variables (factors) used for mixture design of product

Coded variable levels			Natural variable levels		
Z_1	Z_2	Z_3	X_1 (Tapioca, g)	X_2 (Cricket, g)	X_3 (Sweet potato, g)
0.00	0.50	0.50	300.00	300.00	400.00
1.00	0.00	0.00	500.00	200.00	300.00
0.00	0.00	1.00	300.00	200.00	500.00
0.67	0.17	0.17	433.00	234.00	334.00
0.50	0.00	0.50	400.00	200.00	400.00
0.17	0.17	0.67	334.00	234.00	333.00
0.33	0.33	0.33	367.00	266.00	367.00
1.00	0.00	0.00	500.00	200.00	300.00
0.00	0.00	1.00	300.00	200.00	500.00
0.50	0.50	0.00	400.00	300.00	300.00
0.00	1.00	0.00	300.00	400.00	300.00
0.00	0.50	0.50	300.00	400.00	500.00
0.17	0.67	0.17	333.00	334.00	333.00
0.00	1.00	0.00	300.00	400.00	300.00

การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส (Organoleptic test) โดยศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคเพื่อหาสูตรที่ดีที่สุด โดยใช้วิธีค่าคะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลง ใช้ผู้บริโภคทั่วไปอายุตั้งแต่ 18 – 60 ปี จำนวน 100 คน วัดค่าคะแนนความชอบคุณลักษณะ ต่าง ๆ ได้แก่ สี กลิ่น ลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ดังนี้ (Nicolas et al., 2010)

9	หมายถึง	ชอบมากที่สุด
8	หมายถึง	ชอบมาก
7	หมายถึง	ชอบปานกลาง
6	หมายถึง	ชอบเล็กน้อย
5	หมายถึง	เฉย ๆ
4	หมายถึง	ไม่ชอบเล็กน้อย
3	หมายถึง	ไม่ชอบปานกลาง
2	หมายถึง	ไม่ชอบมาก
1	หมายถึง	ไม่ชอบมากที่สุด

สร้างสมการถดถอย Quadratic canonical polynomial แบบ Scheffe ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Design expert version 6 จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยสร้างกราฟ Contour plot ของค่าความชอบทางประสาทสัมผัสโดยเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดของผลิตภัณฑ์

การหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุดเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

การหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุดเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด โดยทำการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งและข้าวเกรียบปลาทางการค้าอย่างละ 1 ตราสินค้า วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติโดย Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ค่าสถิติ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมด ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร และปริมาณความชื้น (AOAC, 2002)

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

2.1 การวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter lab รุ่น CQXE/SAV-2 ตามระบบสีแบบ CIE system โดยแสดงค่าเป็น L* a* และ b* โดยทำการสุ่มตัวอย่างมา 3 ซ้ำ และทำการวิเคราะห์ค่าสีแผ่นละ 3 ตำแหน่ง (Pathare et al., 2013) ดังนี้

L* แสดงค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว)

a* แสดงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว

ค่า a เป็นบวกจะแสดงค่าสีแดง

ค่า a เป็นลบจะแสดงค่าสีเขียว

b* แสดงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน

ค่า b เป็นบวกจะแสดงค่าสีเหลือง

ค่า b เป็นลบจะแสดงค่าสีน้ำเงิน

2.2 อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบ

อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบ (Yu et al., 1981) ทำการวัดขนาดของข้าวเกรียบก่อนทอดและหลังทอด โดยการใช้เวอร์เนียวัดความหนาของแผ่นข้าวเกรียบ ซึ่งทำการทอดด้วยน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 10 วินาที (Mekarat et al., 2018) ตักขึ้นพักให้สะเด็ดน้ำมัน พักไว้ให้เย็นเก็บใส่ภาชนะที่มีฝาปิดก่อนนำไปวิเคราะห์ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบจากสูตรคำนวณได้จากสมการที่ 1

อัตราการพองตัว (ร้อยละ) = $[(\mathbf{W_2} - \mathbf{W_1})/\mathbf{W_1})] \times 100$ .....(1)

โดย $\mathbf{W_2}$ คือ ความหนาของแผ่นข้าวเกรียบหลังทอด

$\mathbf{W_1}$ คือ ความหนาของแผ่นข้าวเกรียบก่อนทอด

2.3 ร้อยละการดูดซับน้ำมัน (Oil absorption)

ร้อยละการดูดซับน้ำมันของข้าวเกรียบหลังทอดหาได้จากสมการที่ 2 โดยทำการหักค่าปริมาณความชื้น (AOAC, 2002) ออกหลังจากการทอด

ร้อยละการดูดซับน้ำมัน (ร้อยละ) = $[(\mathbf{W_2} - \mathbf{W_1})/\mathbf{W_1})] \times 100$ .....(2)

โดย $\mathbf{W_2}$ คือ น้ำหนักของข้าวเกรียบหลังทอดที่ปราศจากความชื้น

$\mathbf{W_1}$ คือ น้ำหนักของข้าวเกรียบก่อนทอดที่ปราศจากความชื้น

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลง

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลง โดยศึกษาส่วนประกอบจาก 3 ปัจจัย ประกอบด้วยปริมาณแป้งมันสำปะหลัง (X_1) 300 – 500 กรัม ปริมาณจิ้งหรีดทองแดงลาย (X_2) 200 – 400 กรัม และปริมาณของมันเทศ (X_3) 300 – 500 กรัม ตามลำดับ ผลการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสแสดงดังกราฟ Contour plot (Figure 1)

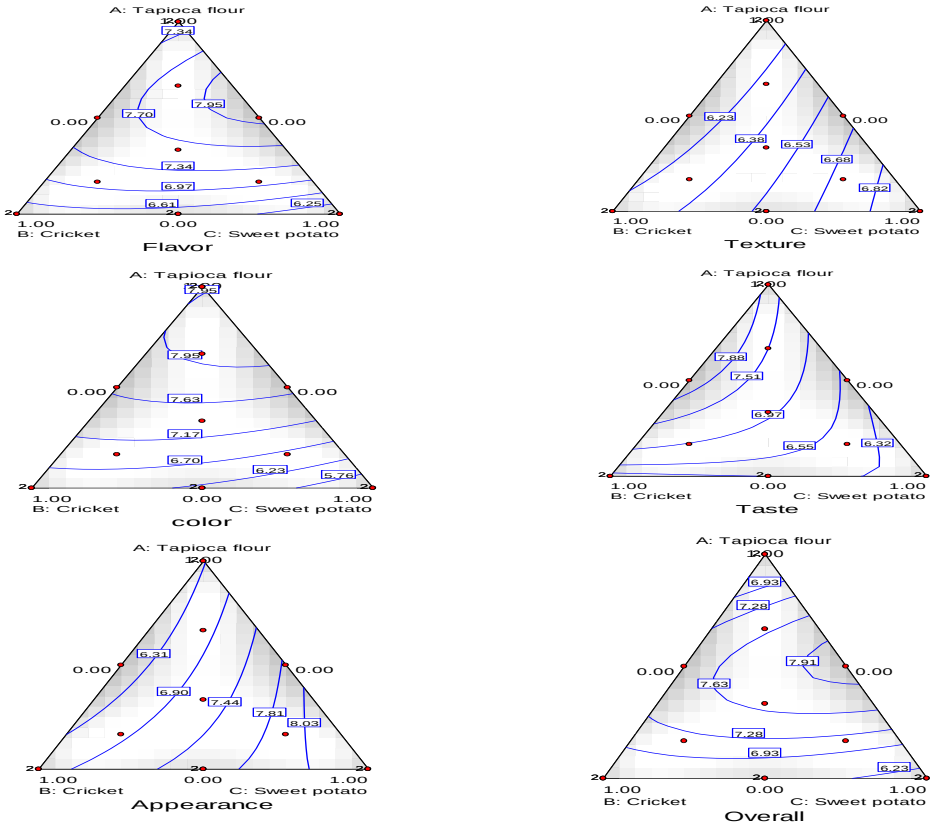

Figure 1 Contour plot of organoleptic test of rice crispy fortified with sweet potato and protein from insect

โดยการเพิ่มปริมาณแมลงและมันเทศส่งผลให้ลักษณะทางประสาทในด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส สี ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมลดลง อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกริยาสีน้ำตาล (Maillard reaction) ของกรดอะมิโนและน้ำตาล จากการที่มันเทศมีปริมาณน้ำตาลค่อนข้างสูง (Boonyaputthipong, 2001) การหาสัดส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลง จากการทดลองใช้ 3 ปัจจัย (องค์ประกอบ 3 ชนิด) ในการหาพื้นผิวตอบสนองของสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงสูงสุด ภายใต้จุดสูงสุดของแกนในการทำนายค่าสูงสุดค่าความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงได้สูงสุดเท่ากับ 7.87 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโมเดลที่ใช้ในการทำนายมีความเหมาะสม เนื่องจากผลที่ได้จากสมการทำนายสูตรที่ดีที่สุดและผลจากการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบสูตรที่ดีที่สุดมีค่าใกล้เคียงกัน (Table 3) รวมถึงสามารถนำไปใช้ในการทำนายสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงสูงสุด (Table 4) เมื่อพิจารณาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลง โดยการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสใช้วิธี 9-point hedonic scale ในการพิจารณาสูตรที่เหมาะสมเพื่อนำไปผลิตต่อไป ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 428 กรัม ปริมาณจิ้งหรีดทองแดงลาย 200 กรัม และปริมาณของมันเทศ 372 ตามลำดับ จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.87

Table 3 Predicted and observed values for response variables of the suitable formula of rice crispy fortified with sweet potato and protein from insect

Response variable	Critical values of independent variables			Stationary point	Predicted value	Observed value[a]
	X_1 (Tapioca flour, g)	X_2 (Cricket, g)	X_3 (Sweet potato, g)			
Overall	428	200	372	Maximum	7.87	7.80 ± 0.76

Note: [a] Data is shown as mean values ± standard deviation and was obtained from one hundred panelists.

Table 4 Regression coefficients of predicted polynomial model for response variable

Organoleptic test	Equation	R^2
Flavor	Y = 7.12Z1 + 6.40Z2 + 5.89Z3 + 3.04Z1Z2 + 5.96Z1Z3 + 0.21Z2Z3 - 0.28Z1Z2Z3	0.9597
Texture	Y = 6.08Z1 + 6.27Z2 + 6.97Z3 – 0.08Z1Z2 + 0.49Z1Z3 – 0.18Z2Z3 – 1.84Z1Z2Z3	0.9560
Color	Y = 7.92Z1 + 6.34Z2 + 5.30Z3 + 1.80Z1Z2 + 4.01Z1Z3 + 1.09Z2Z3 + 7.24Z1Z2Z3	0.9753
Taste	Y = 7.75Z1 + 6.22Z2 + 6.29Z3 + 4.27Z1Z2 – 2.32Z1Z3 + 0.19Z2Z3 + 2.25Z1Z2Z3	0.9528
Appearance	Y = 6.28Z1 + 6.66Z2 + 8.14Z3 – 2.29Z1Z2 + 2.36Z1Z3 + 0.93Z2Z3 + 4.11Z1Z2Z3	0.9551
Overall	Y = 6.13Z1 + 6.39Z2 + 5.87Z3 + 4.93Z1Z2 + 8.04Z1Z3 + 1.38Z2Z3 – 2.30Z1Z2Z3	0.9399

Note: Z1 (Tapioca flour), Z2 (Cricket), Z3 (Sweet potato).

ผลการหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุดเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

1. คุณภาพทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงสูตรที่ดีที่สุดเปรียบกับข้าวเกรียบกุ้งและข้าวเกรียบปลา (Table 5) จาก Table 5 พบว่าข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีปริมาณเถ้า โปรตีน และใยอาหารสูงสุดเท่ากับ 3.94, 9.94 และ 3.98 กรัมต่อ 100 กรัม แต่ปริมาณความชื้นและคาร์โบไฮเดรตต่ำสุดเท่ากับ 9.67 และ 70.34 กรัมต่อ 100 กรัม จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเสริมมันเทศและแมลงทำให้มีปริมาณแร่ธาตุ โปรตีน และใยอาหารสูงกว่าข้าวเกรียบเชิงการค้าทั้งสองชนิด ซึ่งจิ้งหรีดทองแดงลายมีปริมาณโปรตีนสูงถึง 66.83 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (Jino et al., 2021) ทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่พัฒนาขึ้นมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวเกรียบทางการค้าทั้งสองชนิด การเสริมโปรตีนจากจิ้งหรีดทองแดงลายทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่พัฒนาขึ้นมีปริมาณไขมันสูงกว่าข้าวเกรียบกุ้ง ($p \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากข้าวเกรียบปลา ซึ่งไขมันจากจิ้งหรีดทองแดงลายนั้นเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพสูงถึงร้อยละ 37.04 (Sihamala et al., 2018) นอกจากนั้นยังเป็นแหล่งของแร่ธาตุที่สำคัญอีกหลายชนิด (Siriamornpun & Thammapat, 2008) เมื่อทำการเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบถั่วแปจ่อ (Suriya et al., 2011) และข้าวเกรียบปรุงรสเสริมน้ำสกัดจากใบขลู่ (Thanakate, 2016) พบว่าผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวเกรียบทั้งสองชนิด

2. คุณภาพทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งและข้าวเกรียบปลาทางการค้าหลังการทอด (Table 6)

การวิเคราะห์ค่าสีในระบบ L* a* b* พบว่าข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีค่าความสว่าง (L*) สูงกว่าข้าวเกรียบกุ้ง

และข้าวเกรียบปลาอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีความสว่างสูงสุด ในขณะที่ค่าสีเขียว-แดง (a*) ของข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิด มีสีออกไปทางสีแดง โดยข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงและข้าวเกรียบปลามีค่าสีแดงไม่แตกต่างจากข้าวเกรียบกุ้งและข้าวเกรียบปลา ตามลำดับ ส่วนค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) และการดูดซับน้ำมันของข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิด ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ข้าวเกรียบกุ้งและข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีอัตราการพองตัวสูงกว่าข้าวเกรียบปลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการพองตัวของข้าวเกรียบเกิดขึ้นในขณะที่แป้งมีความชื้นต่ำ เป็นการสร้างไอน้ำและทำให้แก๊สขยายตัวในก้อนแป้งสุก ไอน้ำและอากาศจะถูกกักเก็บอยู่ภายในจนเกิดแรงดันที่สูงมาก เมื่อแผ่นแป้งอ่อนตัวลงไอน้ำและแก๊สจะระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการขยายตัวและเหลือเป็นโครงสร้างรูพรุนไว้ การพองตัวของข้าวเกรียบเกิดขึ้นได้ 2 แบบคือ แบบแรกเกิดจากการใช้เครื่องมือ Extruder การพองตัวแบบนี้เกิดขึ้นเมื่อมีความชื้นค่อนข้างสูง โดยนำส่วนผสมของแป้งไปปรับความชื้นให้เหมาะสมใส่เข้าเครื่อง Extruder ขณะที่อยู่ใน Extruder แป้งจะถูกอัดอยู่ในช่วงที่จำกัดและขยายตัว การพองตัวแบบที่สองเป็นการพองตัวที่เกิดขึ้นในขณะที่แป้งมีความชื้นต่ำ มีหลักการที่แตกต่างไปจากการพองตัวแบบแรก คือ เป็นการสร้างไอน้ำและทำให้แก๊สขยายตัวภายในก้อนแป้งสุก ไอน้ำและอากาศถูกกักเก็บอยู่ภายในจนเกิดแรงดันที่สูงมากเมื่อแผ่นแป้งอ่อนตัวลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการขยายตัวและเหลือเป็นโครงสร้างรูพรุนไว้ ถ้าต้องการให้ข้าวเกรียบพองตัวทั้งแผ่นจะต้องใช้เวลานานขึ้น ซึ่งจะทำให้ข้าวเกรียบไหม้ (Mohamed et al., 1989; Prikboonchan, 2002)

Table 5 Proximate analysis of rice crispy (Developed formula) compared with commercial crispy

Sample	Moisture	Ash	Lipid	Protein	Fiber	Carbohydrate
Shrimp crispy	10.36 ± 0.15^{b}	3.17 ± 0.17^{b}	1.46 ± 0.06^{b}	4.88 ± 0.30^{c}	1.74 ± 0.26^{b}	78.37 ± 0.68^{a}
Fish crispy	11.05 ± 0.04^{a}	3.52 ± 0.08^{a}	2.17 ± 0.08^{a}	6.10 ± 0.38^{b}	2.01 ± 0.20^{b}	75.12 ± 0.41^{b}
Rice crispy (Developed formula)	9.67 ± 0.11^{c}	3.94 ± 0.02^{a}	2.13 ± 0.16^{a}	9.94 ± 0.24^{a}	3.98 ± 0.26^{a}	70.34 ± 0.79^{c}

Note: Mean values ± standard deviation of determinations for triplicate samples. Values with the different superscript in each column are significantly different ($P \leq 0.05$).

Table 6 Physical property of rice crispy (Developed formula) compared with commercial crispy

Sample	L*	a*	b*	Expansion ratio (%)	Oil absorption (%)^{ns}
Shrimp crispy	43.09 ± 0.91^{b}	6.82 ± 0.86^{a}	21.40 ± 1.24	50.30 ± 2.93^{a}	21.74 ± 1.33
Fish crispy	43.46 ± 1.60^{b}	4.67 ± 0.96^{b}	20.75 ± 1.61	45.31 ± 1.50^{b}	19.33 ± 2.34
Rice crispy (Developed formula)	47.16 ± 0.28^{a}	5.73 ± 0.15^{ab}	21.13 ± 0.25	49.32 ± 1.57^{a}	21.70 ± 2.54

Note: Mean values ± standard deviation of determinations for triplicate samples. Values with the different superscript in each column are significantly different ($P \leq 0.05$). ^{ns} = not significant ($p > 0.05$).

สรุปผลการวิจัย

ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงสูตรที่ดีที่สุดที่ผู้บริโภคให้การยอมรับคือ เมื่อใช้ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 428 กรัม ปริมาณจิ้งหรีดทองแดงลาย 200 กรัม และปริมาณของมันเทศ 372 กรัม ตามลำดับ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.87 คะแนน ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงเปรียบกับข้าวเกรียบกุ้งและข้าวเกรียบปลามีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีปริมาณเถ้า โปรตีน และ ใยอาหารสูงสุดเท่ากับ 3.94, 9.94 และ 3.98 กรัมต่อ 100 กรัม แต่ปริมาณความชื้นและคาร์โบไฮเดรตต่ำสุดเท่ากับ 9.67 และ 70.34 กรัมต่อ 100 กรัม ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีค่าความสว่างสูงสุด ในขณะที่อัตราการพองตัวไม่แตกต่างจากข้าวเกรียบกุ้งแต่สูงกว่าข้าวเกรียบปลา จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาข้าวเกรียบโดยการเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงสามารถผลิตจำหน่ายได้ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตรของไทย

References

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2002). *Official methods of analysis of AOAC International* (17th ed.). Gaithersburg, Maryland: AOAC International.

Boonyaputthipong, W. (2001). *Study on physicochemical properties of roots, flour and starch of sweet potatoes from Amphoe Nam Yuen, Ubon Ratchatani Province* (Research report). Ubon Ratchatani: Ubon Ratchatani University. (in Thai)

Department of Agricultural Extension. (2020). *Study on cultivation of five Japanese yam varieties* (Research report). Chiangmai: Office of Agricultural Extension and Development. (in Thai)

Fernandez-Cassi, X., Supeanu, A., Vaga, M., Jansson, A., Boqvist, S., & Vagsholm, I. (2019). The house cricket (*Acheta domesticus*) as a novel food: a risk profile. *Journal of Insects as Food and Feed*, *5*(2), 137-157. doi: org/10.3920/JIFF2018.0021

Jino, T., Surawang, S., & Wachirasiri, K. (2021). Chemical composition and optimum condition of protein concentrate extraction from commercial crickets. *Thai Journal of Science and Technology*, *10*(1), 64-73. doi: org/10.14456/tjst.2021.5

Mekarat, S., Chedoloh, R., Puwaphut, R., & Hilae, A. (2018). The development on formulation of fish cracker supplemented with sacha peanut leaf. *Princess of Naradhiwas University Journal, 11*(1), 125-134.

Mohamed, S., Abdullah, N., & Muthu, M. K. (1989). Physical properties of keropok (fried crisps) in relation to the amylopectin content of starch flour. *ournal of the Science of Food and Agriculture*, *49*(3), 369-378. doi: org/10.1002/jsfa.2740490312

Nicolas, L., Marquilly, C., & O'Mahony, M. (2010). The 9-point hedonic scale: Are words and numbers compatible?. *Food Quality and Preference*, *21*(8), 1008-1015.

Office of Agricultural Economics. (2 022). *Situation of important agricultural products and trends in 2023*. Bangkok: Bureau of Agricultural Economics Research. (in Thai)

Pathare, P. B., Opara, U. L., & Said, F. A. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, *6*, 36-60.

Prikboonchan, S. (2002). *Quality development of fish cracker* (Research report). Phitsanulok: Pibulsongkram Rajabhat University. (in Thai)

Promphakping, B., & Wongon, M. (2020). Agriculture and food: Old problem in the new research and development agendas. *Journal of Humanities and Social Sciences*, *9*(1), 1-18. doi:10.14456/connexion.2020

Sihamala, O., Saraboot, N., Chunthanom, P., & Bhulaidok, S. (2018). Nutritional value of edible insects in Kalasin province. *King Mongkut's Agriculture Journal, 36*(2), 98- 105.

Siriamornpun, S., & Thammapat., P (2008). Insects as a delicacy and a nutritious food in Thailand. Accessed February 20, 2023. Retrieved from https://www.academia.edu/7657158/Insects_as_a_Delicacy_and_a_Nutritious_Food_in_Thailand

Suriya, P., Thamaragsa, N., Kaewtein, S., Pocarat, R., & Arkanit, K. (2011). Product development of Burma bean chip. *Proceedings of the 2nd MJU-Phrae national research conference* (pp. 276-283). Phrae: Maejo University Phrae Campus. (in Thai)

Thammapat, P., Ongnarm, N., Yothawong, A., Raksarad, S., & Palakawong Na Ayudhya, C. (2021). Development of baked crispy snack of eggplant leaves fortified with protein from insects. *Prawarun Agricultural Journal*, *18(2)*, 80-86. (in Thai)

Thanakate, S. (2016). *Development of seasoned tapioca crackers (Thai snack) fortified with khlu leaf extract* (Research report). Bangkok: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (in Thai)

Yu, S. Y., Mitchell, J. R., & Abdullah, A. (1981). Production and acceptability testing of fish cracker ('keropok') prepared by the extrusion method. *Journal of Food Technology*, *16*(1), 51-58. doi::org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb00995.

Research article

Development of rice crispy fortified with sweet potato and protein from insect

Prempracha Dornchai[1] Rotchana Phusoomta[2] Onpreeya Patatayo[2] and Pornpisanu Thammapat[2*]

[1]*Program in Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajabhat Maha Sarakham University, Mahasarakham, 44000, Thailand*
[2]*Program in Food Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Mahasarakham, 44000, Thailand*

ARTICLE INFO

Article history
Received: 21 February 2023
Revised: 23 March 2023
Accepted: 26 March 2023
Online published: 18 April 2023

Keyword
Product development
Agricultural products
Cricket
Snack

ABSTRACT

This investigation aims to develop a recipe for rice crispy with sweet potato and protein from the insects supplements. In this investigation, the ration of three (3) ingredients, namely tapioca flour (300-500g), cricket powder (200-400g) and sweet potato (300-500g), and the sensory evaluation of rice crispy products were studied. A mixture design was applied to examine the ratio of tapioca flour, cricket powder, and sweet potato on the overall preference for rice crispy products. The results displayed that the appropriate ratio for the production of rice crispy products were the mixture of tapioca flour, cricket powder and sweet potato at 428, 200 and 372 g, consequentially. This ratio gave the highest overall preference with a value of preference score of 7.87. For the final product, the proximate composition of developed rice crispy with sweet potato and protein from the insects supplementation were showed the highest protein, fiber and minerals when compared to commercial crispy (shrimp and fish crispy). The expansion ratio value of rice crispy with sweet potato and protein from the insects supplemented barely differ from shrimp crispy, but noticeably higher than fish crispy ($p \leq 0.05$).

[*]Corresponding author
E–mail address: Thammapat.p@gmail.com (P.Thammapat)
Online print: 18 April 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. https://doi.org/10.14456/paj.2023.2