



บทความวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โบรมะเขือแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากแมลง

พรพิชญ ธรรมปัทม^{1*} นวลอนงค์ องค์กรนาม¹ อนุศาสน์ โยธะวงษ์¹ ศรารุฒ รักษาาราช²

และ ชูทวีป ปาละกะวงค์ ณ ออยุธยา¹

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

²สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
Article history	
รับ: 1 สิงหาคม 2564	งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โบรมะเขือแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากแมลง โดยทำการศึกษาสัดส่วนของส่วนผสม 3 ชนิด ได้แก่ ปริมาณโบรมะเขือ (<i>Solanum melongena</i> L.; 30 – 50%) จิ้งหรีดทองแดงลาย (<i>Acheta domestica</i> ; 30 – 50%) และสารยัดเกาะ (แป้งมันสำปะหลัง; 20 – 40%) ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โบรมะเขือแผ่นอบกรอบ วางแผนการทดลองแบบ mixture design เพื่อศึกษาปริมาณของโบรมะเขือ จิ้งหรีดทองแดงลายและสารยัดเกาะต่อความชอบรวมของผลิตภัณฑ์โบรมะเขือแผ่นอบกรอบ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์โบรมะเขือแผ่นอบกรอบ คือ การใช้ปริมาณโบรมะเขือ จิ้งหรีดทองแดงลาย และสารยัดเกาะ ร้อยละ 50.00, 30.00 และ 20.00 ตามลำดับ ทำให้ได้ค่าความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สูงสุดเท่ากับ 7.70 สำหรับผลิตภัณฑ์โบรมะเขือแผ่นอบกรอบที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะสีเขียว โดยมีค่า L^* a^* b^* เท่ากับ 22.82 – 3.21 และ 11.53 ตามลำดับ มีปริมาณโปรตีน ไขมัน แคล ความชื้น ไนอาอาหาร และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 16.24, 7.13, 4.07, 5.89, 6.79 และ 59.88 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging assay เท่ากับ 64.82%
แก้ไข: 17 กันยายน 2564	
ตอบรับการตีพิมพ์: 24 กันยายน 2564	
ตีพิมพ์ออนไลน์: 24 ธันวาคม 2564	
คำสำคัญ	
ขนมขบเคี้ยว	
แมลง	
การพัฒนาผลิตภัณฑ์	
จิ้งหรีดทองแดงลาย	
มะเขือกินใบ	

บทนำ

ปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเปลี่ยนแปลงอย่างไม่หยุดยั้ง สังคมเต็มไปด้วยการแข่งขัน ทำให้ชีวิตต้องตกอยู่ในความเร่งรีบจนลืมนึกถึงสุขภาพตนเอง ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ รวมทั้งปัญหาที่เข้ามารุมเร้า ความเครียดสูง ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของบุคคลนั้น ๆ เป็นอย่างมาก อาหารเป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิต การพัฒนาทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจและสติปัญญาให้มีศักยภาพ การที่คนเรามีพฤติกรรมบริโภคที่เหมาะสม จะส่งผลให้มีภาวะโภชนาการที่ดีจึงนับได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่จะนำไปสู่สุขภาพที่สมบูรณ์ ซึ่งจะเกิดผลดีต่อการดำรงชีวิตทั้งต่อตนเอง ครอบครัวและประเทศชาติ ทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม

(Thai Health Promotion Foundation, 2014) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า การมีสุขภาพที่สมบูรณ์ของคนไทยคือการสร้างทรัพยากรที่มีคุณค่ายิ่งใหญ่เหนือทรัพยากรอื่นใด และเป็นการเพิ่มทุนอันมีค่ามหาศาลให้สังคมไทยแบบยั่งยืน

ปัจจุบันพบว่าเด็กไทยนิยมบริโภคขนมขบเคี้ยวเพิ่มขึ้นมีมูลค่าเป็นตัวเลขถึง 170,000 ล้านบาทต่อปี (The national food institute, 2019) การที่เด็กได้รับประทานของขบเคี้ยวมากเกินไปทำให้ทานอาหารมื้อหลักได้น้อย หรืออาจถึงขั้นปฏิเสธอาหารมื้อหลักทำให้เกิดภาวะขาดสารอาหารส่งผลต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย นอกจากนี้ยังมีการบริโภคขนมขบเคี้ยวเพิ่มขึ้นในประชาชนทุกกลุ่ม การบริโภคขนมที่มีแป้งและน้ำตาลเกินจำเป็นมีความเสี่ยงทำให้เกิดโรคอ้วนได้ ปัจจุบันประเทศไทยกำลังเผชิญปัญหาทุพโภชนาการ

* Corresponding author

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

Online print: 24 December 2021 Copyright © 2021. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University.

สองด้าน โดยเฉพาะคนไทยที่มีภาวะโภชนาการเกินและเป็นโรคอ้วนมากขึ้น ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งยังมีปัญหาขาดสารอาหารในรูปแบบต่ำกว่าเกณฑ์ เพื่อป้องกันปัญหาทั้ง 2 ด้าน ดังนั้นเด็กต้องได้รับการดูแลจากครอบครัวให้ได้รับอาหารที่มีคุณค่าโภชนาการครบถ้วนและปริมาณเหมาะสมตามวัย เพื่อให้มีพื้นฐานทางชีวภาพพร้อมที่จะพัฒนาด้านสติปัญญาได้เต็มศักยภาพ ภายใต้การสนับสนุนจากนโยบายของรัฐ เพื่อสร้างปัจจัยแวดล้อมที่เอื้อให้ครอบครัวสามารถทำหน้าที่ดังกล่าวได้สมบูรณ์ เด็กไทยในอนาคตจึงจะเป็นเด็กที่พึงประสงค์ เติบโตแข็งแรงมีสุขภาพดีและมีเขavnปัญญาที่พร้อมจะเรียนรู้ ฝึกฝนทักษะ สะสมประสบการณ์ และพัฒนาศักยภาพของตนเองเพื่อเติบโตเป็นผู้ใหญ่ที่มีคุณภาพ เป็นพลังขับเคลื่อนสร้างสรรค์สังคมไทยให้เจริญก้าวหน้าต่อไป (Bureau of Nutrition, 2014) ซึ่งโปรตีนมีส่วนสำคัญอย่างมากในการเจริญเติบโตของวัยเด็กและวัยรุ่น ดังนั้นการเสริมโปรตีนในผลิตภัณฑ์อาหารจึงเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกในการบริโภคขนมขบเคี้ยวที่มีปริมาณสูงได้

มะเขือกินใบ (*Solanum melongena* L.) เป็นพืชพื้นเมืองของประเทศบราซิล นิยมปลูกมากทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น โดยเฉพาะในประเทศไทยที่สามารถปลูกได้ทุกภาค แต่มีการปลูกมากในบริเวณภาคใต้ของไทย มะเขือกินใบอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น เส้นใย โปรตีน โฟเลต แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และวิตามินซี นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลและสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย ทำปฏิกิริยาขจัดสารพิษที่เกิดในร่างกาย และช่วยต้านมะเร็งได้เป็นอย่างดี สารประกอบฟีนอลที่พบในมะเขือกินใบประกอบด้วยหลายชนิด เช่น กรดฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ กลูตาไธโอน แทนนิน และอื่น ๆ (Nadeeshani et al., 2021) สารเหล่านี้มีความสำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์ (Knapp et al., 2013) ปัจจุบันทั่วโลกให้การยอมรับการใช้สารประกอบฟีนอลในธรรมชาติเพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Gutiérrez-Grijalva et al., 2016) ซึ่งมะเขือกินใบอุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลและสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่าง ๆ

จิ้งหรีดทองแดงลาย (*Acheta domestica*) จัดเป็นแมลงชนิดหนึ่งที่พบได้ในทุกภูมิภาคของโลก โดยเฉพาะในเขตร้อนอย่างประเทศไทย กินพืชเป็นอาหารได้หลายชนิดวงจรชีวิตจากไข่ถึงตัวเต็มวัยใช้เวลาสั้น ๆ คนไทยนิยมบริโภคจิ้งหรีดทองแดงลายเป็นอาหาร เพราะมีโปรตีนสูง ราคาถูก สามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย (Department of Livestock Development, 2012) ปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงในลักษณะเกษตรแปลงใหญ่ สามารถส่งจำหน่ายทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งทำการศึกษาค้นคว้าพัฒนาผลิตภัณฑ์มะเขือกินใบแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากแมลง ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่หาง่ายและราคาถูก เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับเด็ก

และผู้บริโภคในการรับประทานขนมขบเคี้ยวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพต่อไป

วิธีการวิจัย

1. วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ มะเขือกินใบและจิ้งหรีดทองแดงลาย ได้จากตลาดในท้องถิ่น อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม

2. การเตรียมวัตถุดิบ

2.1 การเตรียมมะเขือกินใบ

2.1.1 นำมะเขือกินใบที่ซื้อมาจากตลาดในท้องถิ่น อำเภอ เมือง จังหวัด มหาสารคาม ทำการตัดแต่งและล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา

2.1.2 ทำการลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที

2.1.3 นำมะเขือกินใบที่ผ่านการลวกแช่น้ำเย็นทันที และทำการปั่นให้ละเอียด เพื่อเตรียมสำหรับเป็นส่วนผสมต่อไป

2.2 การเตรียมโปรตีนจากจิ้งหรีดทองแดงลาย

2.2.1 นำจิ้งหรีดทองแดงลายที่ซื้อมาจากตลาดในท้องถิ่น อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม แช่เย็นที่อุณหภูมิ 6 – 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที ล้างด้วยน้ำประปาและทำความสะอาด

2.2.2 นำจิ้งหรีดทองแดงลายมาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง หรือจนกว่าจิ้งหรีดทองแดงลายจะมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 มาตรฐานน้ำหนักแห้ง

2.2.3 ทำการบดจิ้งหรีดทองแดงลายที่ผ่านการอบให้ละเอียดด้วยเครื่องบด (TY – 1000) และร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 150 mesh เพื่อเตรียมสำหรับเป็นส่วนผสมต่อไป

2.3 การเตรียมสารยึดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัว

2.3.1 สารยึดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัวในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้แป้งมันสำปะหลัง (ตราขนางอ่อน)

2.3.2 ทำการละลายแป้งมันสำปะหลังในน้ำสะอาดที่อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อน้ำที่อัตราส่วน 1 : 3 หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที เพื่อเตรียมสำหรับเป็นส่วนผสมต่อไป

3. การหาสูตรผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ใบมะเขือแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากแมลง จาก 3 ปัจจัยคือ ปริมาณของใบมะเขือร้อยละ 30 – 50 ปริมาณจากจิ้งหรีดทองแดงลายร้อยละ 30 – 50 และปริมาณสารยึดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัว (แป้งมันสำปะหลัง) ร้อยละ 20 – 40 ตามลำดับ

จัดกรรมวิธีการทดลองแบบ Mixture design (Table 1) หลังจากนั้นนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นขนาด 7 x 15 x 0.1 เซนติเมตร และอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง

การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ใบมะเขือแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากแมลงเพื่อหาสูตรที่ดีที่สุด ใช้ผู้บริโภคทั่วไปอายุตั้งแต่ 18 – 60 ปี จำนวน 100 คน โดยใช้ 9-point Hedonic Scale วัดค่าคะแนนความชอบคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ค่าคะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ดังนี้ (Nicolas et al., 2010)

9 หมายถึง	ชอบมากที่สุด
8 หมายถึง	ชอบมาก
7 หมายถึง	ชอบปานกลาง
6 หมายถึง	ชอบเล็กน้อย
5 หมายถึง	เฉยๆ
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

Table 1 Variables (factors) used for mixture design

Coded- variable levels			Natural-variable levels		
Z ₁	Z ₂	Z ₃	X ₁ (Eggplant leave, %)	X ₂ (Cricket, %)	X ₃ (Binder, %)
0.00	0.50	0.50	30.00	40.00	30.00
1.00	0.00	0.00	50.00	30.00	20.00
0.00	0.00	1.00	30.00	30.00	40.00
0.67	0.17	0.17	43.30	33.40	23.40
0.50	0.00	0.50	40.00	30.00	30.00
0.17	0.17	0.67	33.40	33.40	33.40
0.33	0.33	0.33	36.60	36.60	26.60
1.00	0.00	0.00	50.00	30.00	20.00
0.00	0.00	1.00	30.00	30.00	40.00
0.50	0.50	0.00	40.00	40.00	20.00
0.00	1.00	0.00	30.00	50.00	20.00
0.00	0.50	0.50	50.00	40.00	30.00
0.00	0.67	0.17	30.00	43.40	23.40
0.00	1.00	0.00	30.00	50.00	20.00

4. การหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุด

4.1 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical

scavenging assay โดยดูดสารละลาย DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazil) ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร กับสารสกัดจากผลิตภัณฑ์ใบมะเขือแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากแมลงปริมาตร 150 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันและบ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-visible spectrophotometer) ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร (Mokbel Hashinaga, 2005) คำนวณหา % radical scavenging จากสมการ

$$\% \text{ radical scavenging} = [1 - (\text{Asample} / \text{Acontrol})] \times 100$$

เมื่อ Asample คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง
Acontrol คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH

4.2 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter lab รุ่น CQXE/SAV-2 วัดในระบบ CIE L*, a* และ b* ซึ่งค่า L* คือ ค่าความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0 – 100 ค่า +a* คือ ค่าสีแดง ค่า -a* คือ ค่าสีเขียว ค่า +b* คือ ค่าสีเหลือง ค่า -b* คือ ค่าสีน้ำเงิน โดยทำการสุ่มตัวอย่างมา 3 ซ้ำ และทำการวิเคราะห์ค่าสีแผ่นละ 3 ตำแหน่ง (Pathare et al., 2013)

4.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน (Proximate) ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร (AOAC, 2002)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใบมะเขือแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากแมลง สรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ใบมะเขือแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากแมลง

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ใบมะเขือแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากแมลง โดยใช้ใบมะเขือร้อยละ 30 – 50 ปริมาณจากจิ้งหรีดทองแดงลายร้อยละ 30 – 50 และปริมาณสารยัดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัวร้อยละ 20 – 40 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนจากจิ้งหรีดทองแดงลายและลดปริมาณใบมะเขือจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชอบโดยรวมสูงขึ้น ส่วนการเติมปริมาณสารยัดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัวเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชอบเพิ่มขึ้นเห็นได้จากค่าความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสที่มีค่าสูงเมื่อเติมปริมาณสารยัดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัว (Table 2 และ Figure 1) สอดคล้องกับการศึกษาของ Deepunya (2012) ที่ได้ทำการศึกษการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใช้น้ำแผ่น ผลการศึกษาพบว่าเมื่อมีการเติมสารยัดเกาะเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชอบเพิ่มขึ้น

Table 2 Organoleptic test of baked crispy snack of eggplant leaves fortified with protein from insects

Coded-variable levels			Organoleptic test					
			Appearance	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall
0.00	0.50	0.50	6.06 ± 0.84	5.46 ± 0.76	6.33 ± 0.64	5.63 ± 0.90	6.53 ± 0.74	6.63 ± 0.68
1.00	0.00	0.00	7.56 ± 1.02	7.12 ± 0.82	6.98 ± 0.88	7.37 ± 0.66	7.40 ± 0.96	7.65 ± 1.14
0.00	0.00	1.00	6.12 ± 0.96	5.87 ± 0.75	5.93 ± 1.06	5.40 ± 1.04	5.27 ± 0.70	5.73 ± 1.06
0.67	0.17	0.17	7.15 ± 0.72	6.89 ± 0.92	6.98 ± 0.94	6.98 ± 0.80	6.27 ± 0.88	7.45 ± 0.94
0.50	0.00	0.50	6.93 ± 0.80	6.97 ± 0.98	6.63 ± 0.96	6.61 ± 0.72	6.67 ± 0.92	6.78 ± 0.64
0.17	0.17	0.67	6.35 ± 0.78	6.78 ± 0.76	6.94 ± 0.82	6.32 ± 0.98	6.72 ± 0.98	6.65 ± 0.92
0.33	0.33	0.33	7.02 ± 0.90	7.14 ± 0.72	6.94 ± 0.78	7.02 ± 0.88	6.76 ± 1.02	6.83 ± 0.86
1.00	0.00	0.00	7.64 ± 1.10	7.34 ± 0.94	7.34 ± 0.86	7.24 ± 0.76	7.35 ± 0.90	7.72 ± 0.98
0.00	0.00	1.00	5.54 ± 0.64	6.23 ± 0.88	5.85 ± 1.04	5.36 ± 0.82	5.36 ± 0.82	5.87 ± 0.88
0.50	0.50	0.00	6.82 ± 0.85	6.98 ± 1.04	6.82 ± 0.98	7.92 ± 1.12	6.28 ± 0.78	7.15 ± 1.02
0.00	1.00	0.00	6.23 ± 0.70	6.03 ± 0.82	5.83 ± 0.74	5.53 ± 1.04	5.43 ± 0.96	6.82 ± 0.76
0.00	0.50	0.50	6.77 ± 0.98	7.07 ± 0.96	7.06 ± 0.82	7.74 ± 0.96	6.03 ± 1.06	7.12 ± 0.80
0.00	0.67	0.17	6.10 ± 0.90	6.72 ± 0.84	6.67 ± 0.98	6.12 ± 0.78	5.73 ± 0.84	6.93 ± 1.06
0.00	1.00	0.00	6.34 ± 0.86	6.26 ± 1.05	5.94 ± 1.12	5.65 ± 0.98	5.48 ± 0.90	6.12 ± 0.82

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

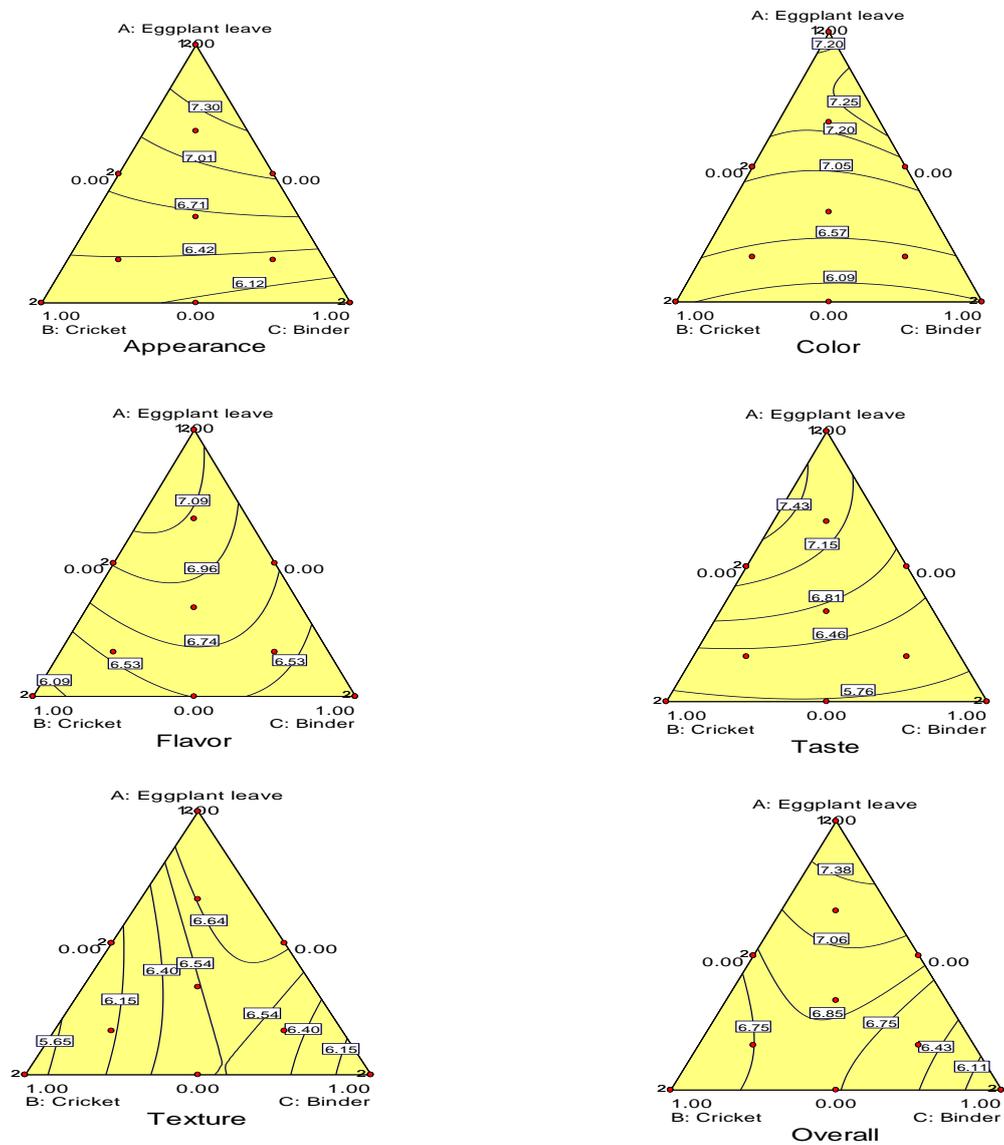


Figure 1 Contour plot of organoleptic test of baked crispy snack of eggplant leaves fortified with protein from insect

การทำสัดส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ไบมะเขือแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากแมลง จากการศึกษาทดลองใช้ 3 ปัจจัย (องค์ประกอบ 3 ชนิด) ในการหาส่วนผสมของส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไบมะเขือแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากแมลงสูงสุด (Figure 1) ภายใต้งานสูงสุดของแกนในการทำนายค่าสูงสุดค่าความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ไบมะเขือแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากแมลงได้สูงสุดเท่ากับ 7.70 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโมเดลที่ใช้ในการทำนายมีความเหมาะสม เนื่องจากผลที่ได้จากสมการทำนายสูตรที่ดีที่สุดและผลจากการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบสูตรที่ดีที่สุดมีค่าใกล้เคียงกัน (Table 3) และสามารถนำไปใช้ในการทำนายสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ไบมะเขือแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากแมลงสูงสุด (Table 4) เมื่อพิจารณาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ไบมะเขือแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากแมลง โดยการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสใช้วิธี 9 – point hedonic scale ในการพิจารณาสูตรที่เหมาะสมเพื่อนำไปผลิตต่อไป ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ปริมาณของไบมะเขือร้อยละ 50 ปริมาณโปรตีนจากจิ้งหรีดทองแดงร้อยละ 30 และปริมาณสารยึดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัวร้อยละ 20 ตามลำดับ จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.70

2. คุณภาพของผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุด

ผลิตภัณฑ์ไบมะเขือแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากแมลงจากสูตรที่ดีที่สุด คือ การใช้ปริมาณของไบมะเขือร้อยละ 50 ปริมาณจิ้งหรีดทองแดงร้อยละ 30 และปริมาณสารยึดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัวร้อยละ 20 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ไบมะเขือแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนมีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 22.82 ค่า a* เท่ากับ -3.21 และค่า b* เท่ากับ 11.53 ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีค่อนข้างคล้ำ เนื่องจากสีของจิ้งหรีดทองแดงที่เติมเข้าไป

ไปและการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในระหว่างกระบวนการผลิต (Yu et al., 2018) และผลิตภัณฑ์มีสีออกไปทางสีเขียว – เหลือง ส่วนคุณค่าทางโภชนาการพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น โยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 16.24, 7.13, 4.07, 5.89, 6.79 และ 59.88 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (Table 5) ในขณะที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging เท่ากับ 64.82% ซึ่งสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงกว่า 50% นับว่ามีบทบาทสำคัญในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันทั้งในระบบของอาหาร (food system) และร่างกายมนุษย์ (human body) ในระบบของอาหารนั้นจะช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันในอาหารและลดหรือกำจัดอนุมูลอิสระจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในชั้นหุติยภูมิ ซึ่งจะช่วยรักษาคุณภาพของอาหารด้านต่าง ๆ เช่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการและสีของอาหารในระหว่างการแปรรูปและเก็บรักษา นอกจากนี้ยังช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของโปรตีนและอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างหมู่คาร์บอนิลของอนุพันธ์ลิพิดกับโปรตีน (Elias et al., 2008) สำหรับในร่างกายมนุษย์นั้นจะทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายของเซลล์ต่าง ๆ จากการเกิดออกซิเดชันโดยอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคต่าง ๆ และความแก่ชรา จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุดมีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง (16.24 กรัมต่อ 100 กรัม) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสัตว์ เช่น ปลาเผาจะมีปริมาณโปรตีน 16.54 กรัมต่อ 100 กรัม (Thammapat et al., 2010) เนื้อหมูมีปริมาณโปรตีน 18.10 กรัมต่อ 100 กรัม (Ahmad et al., 2018) เป็นต้น ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณค่อนข้างสูง (59.88 กรัมต่อ 100 กรัม) แต่ยังมีปริมาณต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวในท้องตลาดที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่า 60% เช่น ขนมขบเคี้ยวจากแป้งข้าวสาลีและแป้งข้าวฟ่างดำมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 68 – 87% (Kunna et al., 2018)

Table 3 Predicted and observed values for response variables of the suitable formula of baked crispy snack of eggplant leaves fortified with protein from insects

Response variable	Critical values of independent variables			Stationary point	Predicted value	Observed value ^a
	X ₁ (Eggplant leave, %)	X ₂ (Cricket, %)	X ₃ (Binder, %)			
Overall	50	30	20	Maximum	7.70	7.74 ± 0.68

Note: ^aData 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
Appearance	Y = 7.60X ₁ + 6.24X ₂ + 5.84X ₃ - 0.68X ₁ X ₂ + 0.91X ₁ X ₃ - 0.21X ₂ X ₃ + 0.64X ₁ X ₂ X ₃	0.9243
Color	Y = 7.16X ₁ + 6.17X ₂ + 6.09X ₃ + 1.26X ₁ X ₂ + 1.15X ₁ X ₃ - 2.13X ₂ X ₃ + 16.73X ₁ X ₂ X ₃	0.9111
Flavor	Y = 7.13X ₁ + 5.88X ₂ + 5.94X ₃ + 1.60X ₁ X ₂ + 0.54X ₁ X ₃ + 2.07X ₂ X ₃ + 6.93X ₁ X ₂ X ₃	0.9177
Taste	Y = 7.25X ₁ + 5.55X ₂ + 5.44X ₃ + 5.34X ₁ X ₂ + 1.11X ₁ X ₃ + 0.65X ₂ X ₃ - 2.18X ₁ X ₂ X ₃	0.9566
Texture	Y = 7.30X ₁ + 5.40X ₂ + 5.40X ₃ - 0.89X ₁ X ₂ + 1.35X ₁ X ₃ + 4.76X ₂ X ₃ - 3.06X ₁ X ₂ X ₃	0.9087
Overall	Y = 7.70X ₁ + 6.47X ₂ + 5.81X ₃ - 0.26X ₁ X ₂ + 0.29X ₁ X ₃ + 2.07X ₂ X ₃ - 1.13X ₁ X ₂ X ₃	0.9313

Note: X₁ (eggplant leave), X₂ (Cricket), X₃ (Binder)

Table 5 Physical, chemical and antioxidant properties of the suitable formula of baked crispy snack of eggplant leaves fortified with protein from insects

Physical, chemical and antioxidant properties	Content
Physical properties	
Color	
L	22.82 ± 1.12
a*	-3.21 ± 0.31
b*	11.53 ± 1.30
Chemical properties	
Protein (g/100g)	16.24 ± 0.72
Lipid (g/100g)	7.13 ± 1.45
Ash (g/100g)	4.07 ± 0.76
Moisture (g/100g)	5.89 ± 0.26
Fiber (g/100g)	6.79 ± 1.05
Carbohydrate (g/100g)	59.88 ± 1.36
Antioxidant activity	
DPPH radical scavenging (% inhibition)	64.82±3.61

Note: Data is shown as mean values ± standard deviation and was obtained from triplicate samples

สรุปผลการวิจัย

ผลิตภัณฑ์ใบมะเขือแผ่นกรอบเสริมโปรตีนสูตรที่ดีที่สุดที่ผู้บริโภคให้การยอมรับคือ เมื่อใช้ปริมาณของใบมะเขือร้อยละ 50 ปริมาณจิ้งหรีดทองแดงร้อยละ 30 และปริมาณสารสกัดเกาหรือสารช่วยให้ความคงตัวร้อยละ 20 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.70 โดยมีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 22.82 ค่า a* เท่ากับ -3.21 และค่า b* เท่ากับ 11.53 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน แคลเซียม คาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 16.24, 7.13, 4.07, 5.89, 6.79 และ 59.88 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging assay เท่ากับ 64.82% ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตค่อนข้างสูง ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขั้นต่อไปควรมีการใช้สารสกัดเกาชนิดอื่นที่สามารถลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตลงเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพต่อไป

References

Ahmad, R.S., Imran, A. Hussain, M.B. (2018). *Meat science nutritional*. London: IntechOpen.

AOAC. (2002). *Official methods of analysis of AOAC International*. Maryland: Gaithersburg.

Bureau of Nutrition. (2014). *Approaches to food management for school-age children*. Bangkok: Ministry of Public Health. (in Thai)

Deepunya, W. (2012). *Development of products water meal (Wolffia arrhiza (L.) Wimm.) leather*. Phetchabun: Phetchabun Rajabhat

University. (in Thai).

Department of Livestock Development. (2012). *Cricket farming guide for citizens*. Bangkok: Livestock Promotion Development Division. (in Thai)

Elias, R.J., Kellerby, S.S. Decker, E.A. (2008). *Antioxidant activity of proteins peptides*. Crit Rev Food Sci Nutr, 48, 430–41.

Gutiérrez-Grijalva, E.P., Ambriz-Pérez, D.L., Leyva-López, N., Castillo-López, R.I. Heredia, J.B. (2016). *Review: dietary phenolic compounds, health benefits bioaccessibility*. Arch Latinoam Nutr, 66(2), 87–100.

Knapp, S., Vorontsova, M.S. Prohens, J. (2013). *Wild relatives of the eggplant (Solanum melongena L.: Solanaceae): New understanding of species names in a complex group*. PLOS One, 8(2), 1–12.

Kunna, N., Chalermchaiwat, P., Siriwong, N. Chanput, W. (2018). *Nutritional, physical properties sensory acceptance of snack affected by different Ratios of sinlek rice flour to black sorghum flour*. Thai Sci Tech, 28(3), 419–428. (in Thai).

Mokbel, M.S. Hashinaga, F. (2005). *Antibacterial Antioxidant Activities of Banana (Musa, AAA cv. Cavendish) Fruits Pee*. Am. J. Biochem. Biotechnol, 1(3), 125–131.

Nadeeshani, H., Samarasinghe, G., Wimalasiri, S., Silva, R., Hunter, D. Madhujith, T. (2021). *Comparative analysis of the nutritional profiles of selected Solanum species grown in Sri Lanka*. J Food Compost Anal, 99, 1–6.

Nicolas, L., Marquilly, C. O'Mahony, M. (2010). *The 9-point hedonic scale: Are words numbers compatible?*. Food Qual Prefer, 21, 1008–1015.

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

Thai Health Promotion Foundation. (2014). *Knowledge food consumption behavior of Phasi Charoen district*. Bangkok: Thai Health. (in Thai)

Thammapat, P., Raviyan, P. Siriamornpun, S. (2010). *Proximate fatty acids composition of the muscles viscera of Asiancatfish (Pangasius bocourti)*. Food Chem, 122, 223–227.

The national food institute. (2019). *Marketing of snacks in Thailand*. Bangkok: Food intelligence center. (in Thai)

Yu, M., He, S., Tang, M., Zhang, Z., Zhu, Y. Sun, H. (2018). *Antioxidant activity sensory characteristics of Maillard reaction products derived from different peptide fractions of soybean meal hydrolysate*. Food Chem, 243, 248–257.

Research article

Development of baked crispy snack of eggplant leaves fortified with protein from insects

Pornpisanu Thammapat^{1*} Nuan-anong Ongnarm¹ Anusart Yothawong¹
Sarawut Raksarad² and Choothaweep Palakawong Na Ayudhya¹

¹ Faculty of Food Technology Rajabhat Maha Sarakham University Mueang Maha sarakham 44000

² Faculty of Agricultural Technology Rajabhat Maha Sarakham University Mueang Maha sarakham 44000

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 1 August 2021

Revised: 17 September 2021

Accepted: 24 September 2021

Online published: 24 December 2021

Keyword

Snack

Insect

Product development

House cricket

Solanum melongena L.

ABSTRACT

The aim of this study was to develop the baked crispy edible eggplant leaves fortified with protein from insects. The effects of 3 ingredient ratios including edible eggplant leaves (*Solanum melongena* L.; 30–50%), crickets (*Acheta domestica*; 30–50%) and a binder (Tapioca flour; 20–40%) on the qualities of baked crispy edible eggplant leave product were studied. A mixture design was applied to examine the amount of edible eggplant leaves, crickets and the binder on the overall preference of baked crispy edible eggplant leaves. The results showed that the appropriate ratio for the production of baked crispy edible eggplant leaves was the mixture of edible eggplant leaves, cricket and binder at 50.00:30.00:20.00 ratio, respectively. This ratio gave the highest overall preference with the value of 7.70. The final product, baked crispy edible eggplant leaves showed the greenish color with L* a* b* value of 22.82, – 3.21 and 11.53, respectively. The protein, fat, ash, moisture, fiber, and carbohydrate content in the product were 16.24, 7.13, 4.07, 5.89, 6.79, and 59.88 g/100g, respectively. The antioxidant activity measured by DPPH radical scavenging assay was 64.82%.

*Corresponding author

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

Online print: 24 December 2021 Copyright © 2021. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University