

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นเฟลกส์ผสมผงจิ้งหรีด และการประยุกต์ในกราโนล่าบอล

Product Development of Flakes with Cricket Powder and Its Application in Granola Ball

ปาไลตา ไม้ประเสริฐ¹ ชนกานต์ พยัคณพันธ์¹ ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์^{1*} พรราวดา จันทโร²
ปัทมา หิรัญโยภาส³ และ ดวงกมล แสงธีรกิจ⁴

Palita Maiprasert¹, Chanakarn Payackpunth¹, Parisut Chalermchaiwat^{1*}, Prawta Chantaro²

Patthama Hirunyophat³ and Duangkamon Sangteerakij⁴

Received: 5 March 2023, Revised: 12 July 2023, Accepted: 26 July 2023

บทคัดย่อ

ผงจิ้งหรีดเป็นแหล่งของโปรตีนทางเลือกใหม่ที่มีศักยภาพที่สำคัญในอนาคต งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นเฟลกส์ผสมผงจิ้งหรีดเพื่อให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น และประยุกต์ในผลิตภัณฑ์กราโนล่าบอล จากการศึกษาอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงจิ้งหรีด 3 ระดับ คือ 90:10, 80:20 และ 70:30 เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (แผ่นเฟลกส์ที่ไม่มีผงจิ้งหรีด) วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดในแผ่นเฟลกส์ ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงจิ้งหรีดที่เหมาะสมต่อการผลิตแผ่นเฟลกส์ คือ 70:30 และเมื่อนำแผ่นเฟลกส์มาประยุกต์ในผลิตภัณฑ์กราโนล่าบอล โดยการศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างแผ่นเฟลกส์ เกล็ดมะพร้าว และข้าวโอ๊ตที่อัตราส่วน 70:10:20, 60:10:30, 50:20:30, 60:20:20 และ 60:15:25 ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า สูตรที่มีอัตราส่วน 60:15:25 ได้รับคะแนนความชอบในทุกด้านมากที่สุด กราโนล่าบอลที่พัฒนาได้นี้จัดเป็นแหล่งของโปรตีน (ร้อยละ 10.48) และเส้นใยหยาบ (ร้อยละ 8.58) มีพลังงานทั้งหมด เท่ากับ 4.36 กิโลแคลอรีต่อกรัม

คำสำคัญ: ผงจิ้งหรีด, เฟลกส์, กราโนล่าบอล, โปรตีน

¹ สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

¹ Food and Nutrition Program, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand.

² สาขานวัตกรรมอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84100

² Food Innovation and Nutrition Program, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University, Muang, Surat Thani 84100, Thailand.

³ สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

³ Home Economics Program, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Dusit, Bangkok 10300, Thailand.

⁴ สาขาวิชาการจัดการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

⁴ Food Management Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Muang, Nakhon Pathom 73000, Thailand.

* ผู้พิมพ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): fagrpsch@ku.ac.th

ABSTRACT

Cricket powder is an important potential source of alternative protein in the future. This research aims to develop flakes mixed with cricket powder to increase nutritional value and its application in granola ball product. The ratio of wheat flour to cricket powder was studied at 3 levels 90:10, 80:20, and 70:30 compared with the control formula (flakes without cricket powder). The result of physical, chemical quality, and sensory evaluation found that increasing the amount of cricket powder in the flakes increased the protein content, whereas the water activity (a_w) was significantly lower ($p \leq 0.05$). The optimum ratio of wheat flour to cricket powder for flakes production was 70:30. Flakes were applied in granola ball products, and the effect of the ratio of flakes, coconut flakes, and oats at ratios of 70:10:20, 60:10:30, 50:20:30, 60:20:20, and 60:15:25 on product qualities was studied. It was found that formulas with a ratio of 60:15:25 gained the highest liking scores in all attributes. The developed granola balls were considered a source of protein (10.48%) and crude fiber (8.58%). The total energy was 4.36 kcal/g.

Key words: cricket powder, flakes, granola ball, protein

บทนำ

ข้อมูลจากองค์การอาหารและการเกษตรระบุว่าในอนาคตการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกจะมากถึง 9,000 ล้านคน ในปี ค.ศ. 2050 ซึ่งคาดการณ์ว่าแหล่งอาหารและโปรตีนจะมีอย่างจำกัด แหล่งอาหารทดแทนจึงเข้ามาแทนที่อาหารหลัก เพราะประชากรที่เพิ่มขึ้นอาหารจึงไม่เพียงพอ การเลี้ยงแมลงจึงเป็นอาหารใหม่ (Novel Food) (Huis *et al.*, 2013; Vibultanakul, 2021) โดยปัจจุบันมีผู้บริโภคมแมลงมากถึง 2.5 พันล้านคนทั่วโลก ทั้งในแถบเอเชีย ยุโรป แอฟริกา และอเมริกา (Huis *et al.*, 2013) ซึ่งมูลค่าตลาดของแมลงกินได้ทั่วโลกในปี ค.ศ. 2021 เท่ากับ 3.2 ล้านดอลลาร์สหรัฐ และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นถึง 17.6 พันล้านดอลลาร์สหรัฐภายในปี ค.ศ. 2032 (Shahbandeh, 2022) สำหรับประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตพืชผลทางการเกษตรมีระบบนิเวศอันสมบูรณ์จึงเป็นเป้าหมายของทางเลือกผู้บริโภคมทั่วโลก ขณะเดียวกันถือเป็นโอกาสของเกษตรกรไทยรวมถึงผู้ประกอบการสามารถเพิ่มช่องทางตลาดนวัตกรรม

อาหารใหม่ โดยเฉพาะจิ้งหรีดเป็นหนึ่งในแมลงที่ได้รับความนิยมในการเลี้ยงมากที่สุด เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ 19.6-21.8) ไขมัน (ร้อยละ 23.6-29.1 ของน้ำหนักแห้ง) โปรตีน (ร้อยละ 42.0-45.8 ของน้ำหนักแห้ง) และแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่ ทองแดง แมงกานีส และสังกะสี เท่ากับ 2.33-4.51, 4.1-12.5 และ 12.8-21.8 มิลลิกรัม/100 กรัม (Montowska *et al.*, 2019) นอกจากนั้นยังเป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณภาพ (ประมาณร้อยละ 13-77 ของน้ำหนักแห้ง) (Sanom and Jangchud, 2020) อีกทั้งยังเป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential amino acid) คิดเป็นร้อยละ 50.60 ของกรดอะมิโนทั้งหมด (Osimani *et al.*, 2018; Pantoa, 2020; Chuchot, 2021) ทำให้มีการนำผงจิ้งหรีดไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เช่น คุกกี้ (Sanom and Jangchud, 2020) ขนมปัง (Andrea *et al.*, 2018) และมัฟฟิน (Paulina *et al.*, 2018) เป็นต้น

เฟลกส์ (flakes) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการแปรรูปจากธัญพืชหลายชนิด เช่น ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวโอ๊ต และข้าวบาร์เลย์ เป็นต้น มีลักษณะเป็นชิ้นเล็ก กรอบ และบาง (Collins English Dictionary, n.d.) ถูกนำมานำมาใช้ในเชิงพาณิชย์เพื่อผลิตอาหารได้อย่างหลากหลาย เช่น อาหารพร้อมรับประทาน ธัญชาติอาหารเช้า ขนมขบเคี้ยวอาหาร ขบเคี้ยวชนิดแท่ง และกราโนล่าบอล เป็นต้น (Bepary *et al.*, 2022) สำหรับกราโนล่า (granola) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารอบกรอบที่เป็นกลุ่มของธัญชาติอาหารเช้ามีส่วนผสมจากธรรมชาติ เช่น ข้าวโอ๊ต แผ่นเฟลกส์ ข้าวพอง ธัญพืชต่าง ๆ เมล็ดถั่ว และผลไม้แห้งผ่านกระบวนการปรุงด้วยน้ำผึ้งและน้ำมัน นำไปอบแห้งแล้วขึ้นรูปเป็นแท่ง (bar) และทรงกลม (ball) ซึ่งเป็นที่นิยมของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ (Pathare *et al.*, 2012) โดยแนวโน้มของการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพในกลุ่มอาหารว่างนิยมเดิมโปรตีนลงในอาหาร โดยเฉพาะแหล่งโปรตีนจากจิ้งหรีด ได้แก่ ขนมหึ่ง บิสกิต มัฟฟิน และคุกกี้ เป็นต้น เนื่องจากโปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย มีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างกล้ามเนื้อให้แข็งแรง และเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายให้ทำงานได้เป็นปกติ (Osimani *et al.*, 2018) อีกทั้งด้วยสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด-19 ที่ผ่านมามีทำให้ผู้คนตระหนักในการดูแลสุขภาพของตนเองมากขึ้น ดังนั้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนสูง

โดยใช้ผงจิ้งหรีดเป็นแหล่งโปรตีน จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน และกราโนล่าบอลเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นที่นิยม เนื่องจากรับประทานง่าย และมีความสะดวกในช่วงเวลาเร่งรีบ จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับผู้รักสุขภาพ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นเฟลกส์ผสมผงจิ้งหรีด จากนั้นนำมาประยุกต์ในผลิตภัณฑ์กราโนล่าบอล เพื่อให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น และสะดวกต่อการบริโภคเป็นอาหารว่างเพื่อสุขภาพ อีกทั้งยังเป็นการสร้างความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากจิ้งหรีด และช่วยเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบการเกษตรของไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงจิ้งหรีดที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นเฟลกส์ผสมผงจิ้งหรีด

เตรียมแผ่นเฟลกส์โดยใช้อัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงจิ้งหรีด 4 ระดับ คือ 100:0, 90:10, 80:20 และ 70:30 ซึ่งสูตรของแผ่นเฟลกส์คัดแปลงมาจาก Theppradit (2002) โดยมีส่วนผสมต่าง ๆ แสดงดัง Table 1 ผงจิ้งหรีดที่ใช้ผลิตจากจิ้งหรีดพันธุ์ทองคำจากฟาร์มเปี่ยมสุข จังหวัดชัยนาท แป้งข้าวเหนียวด่างอก และผงโปรตีนข้าว ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทเมดิฟู้ดส์ (ประเทศไทย)

Table 1 The ratio of wheat flour to cricket powder in flakes production

Ingredient (g)	Wheat flour : Cricket powder (percentage by weight)			
	100:0 (A)	90:10 (B)	80:20 (C)	70:30 (D)
Wheat flour	22	19.8	17.6	15.4
Cricket powder (<i>Gryllus bimaculatus</i>)	-	2.2	4.4	6.6

Table 1 (Continuous)

Ingredient (g)	Wheat flour: Cricket powder (percentage by weight)			
	100:0 (A)	90:10 (B)	80:20 (C)	70:30 (D)
Germinated black glutinous rice flour	12	12	12	12
Rice flour	7	7	7	7
Honey	43	43	43	43
Milk powder	10	10	10	10
Rice protein powder	5	5	5	5
Salt	1	1	1	1

1.1 วิธีการเตรียมแผ่นเพลกส์ผสมผงจิ้งหรีด
นำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมกับน้ำ 10 มิลลิลิตร นวดให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นด้วยไม้นวดแบ่งให้มีขนาดหนา 1 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปนึ่งด้วยไอน้ำ 15 นาที ตัดให้ชิ้นมีขนาด 0.5 x 0.5 เซนติเมตร นำไปอบแห้งโดยใช้เตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที (ความชื้นไม่เกินร้อยละ 3.5) จากนั้นนำออกมาบรรจุใส่ถุงซิปล็อค ชนิดโพลีเอทิลีนเพื่อรอการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และการประเมินทางประสาทสัมผัสต่อไป

1.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1.2.1 ปริมาณโปรตีน ใช้วิธีของ Kjeldahl Method ตามวิธีการของ AOAC (2019) โดยนำตัวอย่างใส่ลงใน Kjeldalh flask เติม catalyst และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น แล้วนำตัวอย่างไปย่อยบนเตาร้อน (รุ่น Kjeldatherm KB, ยี่ห้อ Gerhardt, ประเทศเยอรมนี) จนได้สารละลายใส จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มิลลิลิตร แล้วนำสารละลายที่ได้มาเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 แล้วนำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่น (รุ่น Vapodest 20, ยี่ห้อ Gerhardt, ประเทศเยอรมนี) จากนั้นไตเตรทด้วยสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น

0.1 นอร์มอล โดยวิธีนี้จะคำนวณหาปริมาณโปรตีนได้จาก ร้อยละโปรตีน = ร้อยละไนโตรเจน x Kjeldahl factor (6.25) วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

1.2.2 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (รุ่น Rotronic ag, ยี่ห้อ Hydro lab, ประเทศเยอรมนี) วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

1.3 การประเมินทางประสาทสัมผัส

การประเมินทางประสาทสัมผัส โดยใช้กลุ่มผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนอายุระหว่าง 20-60 ปี ซึ่งเป็นนิสิตและบุคลากรในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 30 คน มีเกณฑ์การคัดเลือก คือ ผู้ทดสอบชิมสามารถรับประทานแมลงได้ และไม่มีอาการแพ้จากส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตแผ่นเพลกส์ผสมผงจิ้งหรีด จากนั้นให้คะแนนความชอบแบบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ในด้านสี กลิ่นรส รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม

2. ผลการศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์กราโนล่าบอล

ศึกษาปริมาณของแผ่นเพลกส์ผสมผงจิ้งหรีด เกล็ดมะพร้าวอบแห้ง และข้าวโอ๊ตที่เหมาะสมในการผลิต กราโนล่าบอล โดยวางแผนการทดลองแบบผสม ทดลองแบบผสม (Mixture Design) ทำการศึกษา 3 ปัจจัย คือ ปริมาณแผ่นเพลกส์

ผสมผงจิ้งหรีดร้อยละ 50-70 ปริมาณเกล็ดมะพร้าว
อบแห้งร้อยละ 10-20 และปริมาณข้าวโอ๊ตร้อยละ

20-30 (Figure 1) ได้สูตรการทดลองแตกต่างกัน
ทั้งหมด 5 สูตร แสดงดัง Table 2

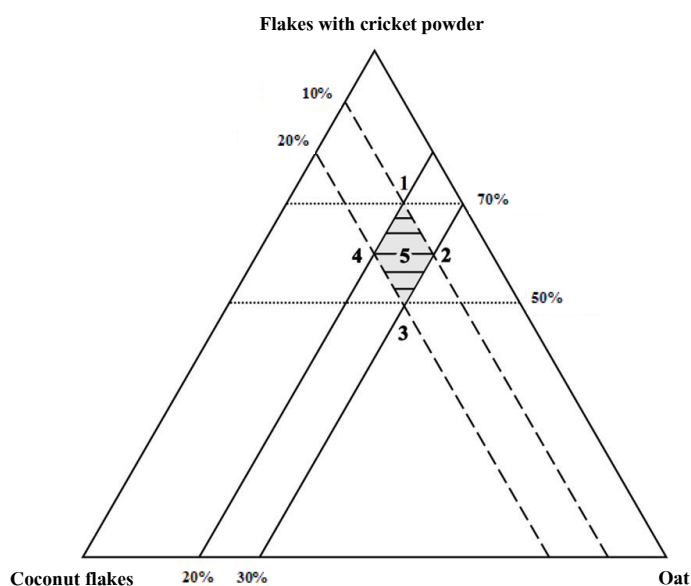


Figure 1 Mixture design showing the overlap of flakes with cricket powder, coconut flakes and oat to produce granola ball

Table 2 Granola ball formulation with different ratios of flakes with cricket powder, coconut flakes and oat

Formula	Flakes with cricket powder (%)	Coconut flakes (%)	Oat (%)
1	70	10	20
2	60	10	30
3	50	20	30
4	60	20	20
5	60	15	25

2.1 การเตรียมกรานอล่าบอล

นำข้าวโอ๊ต เกล็ดมะพร้าว และอัลมอนต์มา
อบไล่ความชื้นด้วยเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 150 องศา
เซลเซียส เป็นเวลา 10, 10 และ 35 นาที ตามลำดับ
จากนั้นนำส่วนผสมแห้งมาผสมให้เข้ากัน พักไว้แล้ว
เตรียมส่วนของน้ำเชื่อม โดยนำน้ำผึ้งร้อยละ 70
แบริ่ง ร้อยละ 15 และไอโซมอลต์ผสมน้ำ
(อัตราส่วนระหว่างไอโซมอลต์ต่อน้ำเท่ากับ 1:1)

ร้อยละ 15 มาผสมกัน ตั้งไฟอ่อนเป็นเวลา 1 นาที นำ
ส่วนผสมแห้งมาใส่ลงไปในน้ำเชื่อม (อัตราส่วนของ
แห้งต่อน้ำเชื่อมเท่ากับ 1:1.8) คลุกเคล้าให้เข้ากัน
พักไว้ให้เย็น จากนั้นนำมาปั้นเป็นก้อนกลม ขนาด
เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร น้ำหนักลูกละ 5 กรัม
นำไปอบด้วยตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 องศา
เซลเซียส นาน 40 นาที จากนั้นนำไปบรรจุในถุง

ชิปลีดโคโพลิเอทิลีนโรวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กราโนล่าบอล

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

วัดคุณภาพทางเนื้อสัมผัสด้วยด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) (รุ่น TA.XT.Plus, สหราชอาณาจักร) ประเมินค่าความแข็ง (hardness) โดยใช้หัววัดแบบ Blade set with knife ระยะการกดสูงจากผิวหน้าตัวอย่างลงมา 15 มิลลิเมตร pre-test speed 2 mm/s; test speed 2 mm/s; post-test speed 10 mm/s วัดค่าตัวอย่างละ 10 ซ้ำ

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ตามวิธีการข้อที่ 1.2.2

2.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตามวิธีการข้อที่ 1.3

3. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์กราโนล่าบอล

นำผลิตภัณฑ์กราโนล่าบอลที่พัฒนาได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณและพลังงานที่ได้รับจากการบริโภค ดังนี้

3.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ

3.1.1 ปริมาณโปรตีน ใช้วิธีของ Kjeldahl Method (AOAC, 2019) ตามวิธีการข้อ 1.2.1

3.1.2 ปริมาณไขมัน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (รุ่น E-816 Soxhlet, ยี่ห้อ BUCHI, ประเทศสวิสเซอร์แลนด์) คัดแปลงจาก AOAC (2019) โดยนำตัวอย่างที่ผ่านการอบไล่ความชื้นใส่ลงในกระดวยกรอง ห่อให้เรียบร้อยนำไปใส่ในทิมเบอร์ นำทิมเบอร์และขวดกลั่นกลมที่มีปิโตรเลียมอีเทอร์ใส่ในชุดกลั่นซอห์กเลท เปิดเครื่องทำน้ำหล่อเย็นและเปิดเตาหลุมให้ความร้อนและทำการสกัดไขมัน เมื่อครบกำหนดเวลานำขวดกลั่นกลมอบต่อในตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าจากนั้นจึง

ชั่งน้ำหนัก และคำนวณปริมาณไขมันเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวอย่างวัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.1.3 ปริมาณความชื้น โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างสดที่บดละเอียด ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมแล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อน (รุ่น FD-115, ยี่ห้อ Binder, ประเทศสวิสเซอร์แลนด์) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนกระทั่งตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ และคำนวณปริมาณความชื้นเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวอย่าง (AOAC, 2019) วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.1.4 ปริมาณเถ้า โดยใช้ตัวอย่างลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบ (crucible) ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำตัวอย่างไปเผาด้วยไฟอ่อน ๆ จนหมดควัน จากนั้นนำไปใส่เตาเผาไฟฟ้า (รุ่น EF 11/8, ยี่ห้อ Lenton, สหราชอาณาจักร) ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว และคำนวณปริมาณเถ้าเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวอย่าง (AOAC, 2019) วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.1.5 ปริมาณเส้นใยหยาบ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยหยาบ (รุ่น FT12, ยี่ห้อ Gerhardt, ประเทศเยอรมนี) ตามวิธีการของ AOAC 962.09 method (AOAC, 2019) ทำโดยวิธีการย่อยตัวอย่างด้วยสารละลายกรดและด่าง จากนั้นนำส่วนที่เหลือจากการย่อยไปอบและเผา เพื่อหาส่วนที่หายไปหลังจากการเผา ซึ่งก็คือปริมาณเส้นใยหยาบ วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.1.6 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต หาได้จากการนำร้อยละ 100 หักลบขององค์ประกอบอื่น ๆ จนได้เป็นปริมาณคาร์โบไฮเดรต

3.2 ค่าพลังงานทั้งหมดในอาหาร โดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter (รุ่น 6100, ยี่ห้อ PARR, ประเทศสหรัฐอเมริกา) รายงานหน่วยเป็นกิโลแคลต่อกรัมตัวอย่าง วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ใน การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นเพลกส์ และวางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) ในการพัฒนาสูตรกราโนล่าบอล และวางแผนการ ทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) สำหรับการประเมิน ทางประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความ แปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสูตร ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Trial Version ของ โปรแกรม IBM SPSS Statistics version 28

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษาอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงจิ้งหรีดที่ เหมาะสมในการผลิตแผ่นเพลกส์ผสมผงจิ้งหรีด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของ การศึกษาอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงจิ้งหรีด ที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นเพลกส์ แสดงดัง Table 3 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีด ส่งผลให้แผ่นเพลกส์ มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองคำที่นำมาใช้ เป็นวัตถุดิบในการทดลองมีปริมาณโปรตีนร้อยละ

57.30 (โดยน้ำหนักเปียก) และแผ่นเพลกส์ผสม ผงจิ้งหรีดสูตร D (70:30) และสูตร C (80:20) มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด โดยทั้ง 2 สูตรนี้มีปริมาณ โปรตีนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zielinska *et al.* (2015) ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของจิ้งหรีด ชนิด *Gryllobates sigillatus* (adult) พบว่ามีปริมาณ สูงสุดถึงร้อยละ 70 ซึ่งเมื่อวิเคราะห์คุณภาพของ โปรตีน โดยประเมินจากชนิดของกรดอะมิโนที่มีอยู่ใน อาหาร พบว่ามีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อ ร่างกาย โดยเฉพาะทรีโอนีน (threonine) วาลีน (valine) และ ฮิสทีดีน (histidine) มีปริมาณเพียงพอ ตามที่ The Food and Agriculture Organization (2013) แนะนำให้บริโภคต่อวัน เมื่อวิเคราะห์ปริมาณ น้ำอิสระ พบว่าเมื่อปริมาณผงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้นจะทำให้ แผ่นเพลกส์มีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ลดลงอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีปริมาณน้ำอิสระ อยู่ ในช่วง 0.31-0.42 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ต่ำ (0.1-0.4) ทำให้อาหารปลอดภัยต่อการบริโภค (Bordoloi and Ganguly, 2014) ซึ่งการที่ปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ลดลงเนื่องจากโปรตีนกลูเตนินในแป้งสาลี มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ดังนั้นเมื่อลดปริมาณของ แป้งสาลีและทดแทนด้วยผงจิ้งหรีด ซึ่งมีลักษณะเป็นของแห้ง ทำให้ปริมาณความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ ลดลง จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระลดลงตามไปด้วย (Schopf and Scherf, 2021)

Table 3 Protein contents and water activity of flakes with different ratios of cricket powder

Formula	Protein content (%wet weight basis)	Water activity (a_w)
A (100:0)	13.55 ± 2.26^c	0.305 ± 0.006^d
B (90:10)	17.13 ± 0.04^b	0.419 ± 0.003^a
C (80:20)	19.49 ± 0.41^a	0.374 ± 0.009^b
D (70:30)	20.59 ± 0.10^a	0.351 ± 0.004^c

Mean $\pm$ SD with different lowercase superscripts in each column are significantly ($p \leq 0.05$) different.

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น กลิ่นรส และความชอบโดยรวมของแผ่นเพลกส์ผสมผงจิ้งหรีดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ให้คะแนนความชอบในด้านรสชาติและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยแผ่นเพลกส์สูตร A (100:0) ได้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และกลิ่นรสมากที่สุด ในขณะที่คะแนนของแผ่นเพลกส์ผสมผงจิ้งหรีดสูตร D (70:30) และ B (90:10) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามแผ่นเพลกส์สูตร C (80:20) ได้คะแนนความชอบด้านความกรอบมากที่สุด (Table 4) เนื่องจากปริมาณของผงจิ้งหรีดที่สูงเกินไปอาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มขึ้น และความกรอบลดลง

แผ่นเพลกส์ผสมผงจิ้งหรีดสูตร C และสูตร D มีปริมาณโปรตีน (ร้อยละ 19.49-20.59) มากที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

แต่เมื่อพิจารณาด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่าสูตร D มีคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น และกลิ่นรสมากกว่าสูตร C อีกทั้งปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของสูตร D ยังมีค่าน้อยกว่าสูตร C ซึ่งส่งผลต่อการเก็บรักษาของแผ่นเพลกส์ผสมผงจิ้งหรีด ดังนั้นได้คัดเลือกแผ่นเพลกส์สูตรที่มีปริมาณโปรตีนสูงร่วมกับคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัส คือ แผ่นเพลกส์สูตรที่มีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อปริมาณผงจิ้งหรีด เท่ากับ 70:30 เพื่อนำไปศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์กราโนล่าบอล แผ่นเพลกส์ผสมผงจิ้งหรีด (Figure 2) มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 20.59 ซึ่งคิดเป็น 6.18 กรัม ต่อแผ่นเพลกส์ผสมผงจิ้งหรีด 30 กรัม หรือ 1 หน่วยบริโภค ดังนั้นแผ่นเพลกส์ผสมผงจิ้งหรีดสูตรนี้สามารถกล่าวอ้างทางโภชนาการได้ว่า “เป็นแหล่งของโปรตีน” เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 10-19 ของปริมาณโปรตีน (50 กรัม) ที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทย ซึ่งคิดเป็น 5.0-9.5 กรัม (Ministry of Public Health, 1998)

Table 4 Sensory evaluation of flakes with different ratios of cricket powder

Formula	Sensory attributes					
	Color	Smell	Flavor	Taste ^{ns}	Crispiness	Overall liking ^{ns}
A (100:0)	6.63±1.54 ^a	6.07±1.53 ^a	6.57±1.38 ^a	6.50±1.43	6.00±1.91 ^b	6.50±1.53
B (90:10)	6.13±1.25 ^b	5.87±1.61 ^{ab}	6.37±1.50 ^{ab}	6.43±1.48	6.10±1.92 ^b	6.50±1.43
C (80:20)	6.17±1.56 ^b	5.53±1.76 ^b	5.70±1.99 ^c	5.97±2.16	6.97±1.83 ^a	6.23±1.96
D (70:30)	6.37±1.40 ^{ab}	5.93±1.39 ^{ab}	5.95±1.64 ^{bc}	6.27±1.72	6.60±1.40 ^{ab}	6.57±1.50

Mean ± SD with different lowercase superscripts in each column are significantly ($p \leq 0.05$) different.

ns = indicates a non-significant effect ($p > 0.05$).



Figure 2 Flakes with cricket powder

2. ผลการศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์กราโนล่าบอล

ผลการศึกษาค่าความแข็งและปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของกราโนล่าบอลแสดงดัง Table 5 พบว่า ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.44-0.54 ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถเจริญได้ เนื่องจากจุลินทรีย์ทุกชนิดจะหยุดการเจริญเมื่ออาหารมีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 (Rattanapanone, 2010) โดยสูตรที่ 2 มีปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุด รองลงมาเป็นสูตรที่ 5 ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำในอาหารต่ำ จะมีความแข็งของผลิตภัณฑ์มาก โดยผลิตภัณฑ์กราโนล่าบอลสูตรที่ 2 และ 4 มีค่าความแข็ง (hardness) เท่ากับ 52.71 และ 45.55 N ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแข็งมากกว่าสูตรที่ 1, 3 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากมีสัดส่วนของเกล็ดมะพร้าวในปริมาณสูง (ร้อยละ 20) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มขึ้น

เมื่อนำกราโนล่าบอลทั้ง 5 สูตร มาประเมินความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี

กลิ่นรส รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมพบว่าผลคะแนนความชอบของกราโนล่าบอล สูตรที่ 4 มีคะแนนความชอบในด้านต่าง ๆ น้อยที่สุด และแตกต่างกับสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสูตรที่ 4 มีสัดส่วนของเกล็ดมะพร้าวสูง (ร้อยละ 20) ซึ่งอาจมีผลในการลดคะแนนความชอบด้านความกรอบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเนื้อสัมผัส โดยสัดส่วนของเกล็ดมะพร้าวที่สูงขึ้น ทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้น ในขณะที่เมื่อสัดส่วนของข้าวโอ๊ตเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 25-30) ทำให้คะแนนความชอบด้านความกรอบเพิ่มขึ้น ผลการทดลองพบว่าสูตรที่ 5 ได้รับความชอบในทุกคุณลักษณะมากที่สุด ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมากที่สุด คือ สูตรที่มีปริมาณแผ่นเพลกส์ผสมผงจิ้งหรีดร้อยละ 60 เกล็ดมะพร้าวร้อยละ 15 และข้าวโอ๊ตร้อยละ 25 ของส่วนผสมหลักมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและพลังงานของผลิตภัณฑ์กราโนล่าบอลที่พัฒนาได้

Table 5 Hardness and water activity of granola ball with different formula

Formula	Flakes with cricket powder (%)	Coconut flakes (%)	Oat (%)	Hardness (N)	Water activity (a_w)
1	70	10	20	25.15 ± 4.83^b	0.54 ± 0.01^a
2	60	10	30	52.71 ± 12.68^a	0.44 ± 0.02^d
3	50	20	30	24.29 ± 4.60^b	0.51 ± 0.01^b
4	60	20	20	45.55 ± 21.61^a	0.50 ± 0.02^{bc}
5	60	15	25	29.63 ± 2.70^b	0.48 ± 0.01^c

Mean $\pm$ SD with different lowercase superscripts in each column are significantly ($p \leq 0.05$) different.

Table 6 Sensory evaluation of granola ball with different formula

Formula	Sensory attributes				
	Color	Flavor	Taste	Crispiness	Overall liking
1	6.60 ± 1.48^a	6.50 ± 1.57^a	6.33 ± 1.71^{ab}	5.57 ± 2.11^a	6.20 ± 1.56^a
2	6.57 ± 1.52^a	6.63 ± 1.45^a	6.67 ± 1.56^{ab}	5.57 ± 2.45^a	6.37 ± 1.81^a
3	6.40 ± 1.50^a	6.57 ± 1.79^a	6.67 ± 1.97^{ab}	5.57 ± 2.37^a	6.37 ± 2.16^a
4	5.67 ± 1.94^b	5.43 ± 1.48^b	6.07 ± 1.36^b	3.63 ± 2.36^b	5.47 ± 1.68^b
5	6.70 ± 1.37^a	7.07 ± 1.39^a	6.87 ± 1.55^a	5.97 ± 2.34^a	6.77 ± 1.63^a

Mean $\pm$ SD with different lowercase superscripts in each column are significantly ($p \leq 0.05$) different.

3. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์กราโนล่าบอลที่พัฒนาได้

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์กราโนล่าบอลที่พัฒนาได้ (Figure 3) ซึ่งมีปริมาณแผ่นฟล็กส์ผสมผงจิ้งหรีดร้อยละ 60 เกล็ดมะพร้าวร้อยละ 15 และข้าวโอ๊ตร้อยละ 25 ของส่วนผสมหลัก ประกอบด้วยปริมาณโปรตีนร้อยละ 10.48 ปริมาณไขมันร้อยละ 7.64 ปริมาณความชื้นร้อยละ 9.77 ปริมาณเถ้าร้อยละ 1.10 ปริมาณเส้นใยหยาบร้อยละ 8.58 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 62.67 และมีพลังงานสะสมในอาหาร 4.36 กิโลแคลอรีต่อกรัม (Table 7) จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

พบว่ากราโนล่าบอลมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 10.48 คิดเป็น 5.76 กรัม ต่อกราโนล่าบอล 55 กรัม หรือ 1 หน่วยบริโภค ดังนั้นแผ่นฟล็กส์ผสมผงจิ้งหรีดสูตรนี้สามารถกล่าวอ้างทางโภชนาการได้ว่า “เป็นแหล่งของโปรตีน” เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 10-19 ของปริมาณโปรตีน (50 กรัม) ที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทย และจากการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบ พบว่ากราโนล่าบอลมีปริมาณเส้นใยหยาบร้อยละ 8.58 คิดเป็น 4.72 กรัม ต่อกราโนล่าบอล 55 กรัม หรือ 1 หน่วยบริโภค ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้จึงเป็นแหล่งของเส้นใยอาหาร ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ (The Ministry of Public Health, 1998)



Figure 3 Developed granola ball

Table 7 Chemical composition of developed granola ball

Chemical composition	Developed granola ball
Protein content (%wet weight basis)	10.48 ± 0.57
Fat (%wet weight basis)	7.64 ± 0.73
Moisture content (%wet weight basis)	9.77 ± 0.06
Ash (%wet weight basis)	1.10 ± 0.03
Crude Fiber (%wet weight basis)	8.58 ± 1.29
Total carbohydrate (%wet weight basis)	62.67 ± 1.67
Energy (Kcal/g)	4.36 ± 0.04

สรุป

จึงจัดเป็นแหล่งอาหารที่สามารถสร้างความยั่งยืน และความมั่นคงทางอาหารได้ เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะเป็นแหล่งของโปรตีนที่สามารถทดแทนเนื้อสัตว์ได้ ซึ่งการใช้ผงจิ้งหรีดเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์แผ่นเฟล็กส์และกราโนล่าบอล พบว่าทำให้มีปริมาณโปรตีนสูงขึ้นโดยสูตรแผ่นเฟล็กส์ผสมผงจิ้งหรีดที่เหมาะสมมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อปริมาณผงจิ้งหรีดเท่ากับ 70:30 และสูตรกราโนล่าบอลที่เหมาะสมคือสูตรที่มีปริมาณแผ่นเฟล็กส์ผสมผงจิ้งหรีด ร้อยละ 60 เกล็ดมะพร้าว ร้อยละ 15 และข้าวโอ๊ตร้อยละ 25 ซึ่งผลิตภัณฑ์กราโนล่าบอลที่พัฒนาได้มีปริมาณโปรตีน และปริมาณเส้นใยหยาบมากถึงร้อยละ 10.84 และ 8.58 ตามลำดับ

จึงจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นแหล่งของโปรตีนและเส้นใยอาหาร เป็นทางเลือกของอาหารสุขภาพให้แก่ผู้บริโภคได้ และยังช่วยส่งเสริมการบริโภคแมลงได้อีกทางหนึ่งด้วย เพื่อการต่อยอดผลจากงานวิจัยนี้ ผู้เชิงพาณิชย์ในอนาคต การศึกษาต่อไปควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์สารฮีสตามีน คุณค่าอาหารตามฉลากโภชนาการ และการทดสอบผู้บริโภคร่วมด้วย เพื่อความสมบูรณ์ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Andrea, O., Vesna, M., Federica, C., Andrea, R., Cristiana, G., Francesca, C., Marina, P., Massimo, M., Roberta, F., Nadia, R., Federica, Z. and Lucia, A. 2018. Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): atecnological, microbiological and nutritional evaluation. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 48: 150-163.
- AOAC. 2019. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International**. 21sted. AOAC, Washington DC.
- Bepary, R.H., Wadikar, D.D. and Semwal, A.D. 2022. Optimization of temperate extrusion-assisted flaking process conditions for the production of ricebean (*Vigna umbellata*) flakes. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 81: 103124.
- Bordoloi, R. and Ganguly, S. 2014. Extrusion technique in food processing and a review on its various technological parameters. **Indian Journal of Scientific Research and Technology** 2(1): 1-3.
- Chuchot, S. 2021. **"Cricket", a new economic animal with a future**. Available Source: <http://secretary.dld.go.th/webnew/index.php/th/news-menu/dld-editorial-menu/7512-11-2564>, July 18, 2021. (in Thai)
- Collins English Dictionary. n.d. **Definition of 'flake'**. Collins. Available source: <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/flake>, October 21, 2021.
- Huis, A. V., Itterbeeck, J. V., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. and Vantomme, P. 2013. **Edible insects future prospects for food and feed security**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Ministry of Public Health. 1998. **Policy - Notification of the Ministry of Public Health (No. 182) B.E.1998 Re: Nutrition Labelling**. Available Source: <https://extranet.who.int/nutrition/gina/en/node/23007>, April 2, 2022.
- Montowska, M., Kowalczewski, P.L., Rybicka, I. and Fornal, E. 2019. Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders. **Food Chemistry** 289: 130-138.
- Osimani, A., Milanović, V., Cardinali, F., Roncolini, A., Garofalo, C., Clementi, F., Pasquini, M., Mozzon, M., Foligni, R., Raffaelli, N., Zamporlini, F. and Aquilanti, L. 2018. Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): A technological, microbiological and nutritional evaluation. **Innovative Food Science & Emerging Technologies** 48: 150-163.
- Pantao, T. 2020. Edible insects: nutrition value and their processing for utilization. **Food Journal** 50(1): 5-12. (in Thai)
- Pathare, P.B., Baş, N., Fitzpatrick, J.J., Cronin, K. and Byrne, E. P. 2012. Production of granola breakfast cereal by fluidized bed granulation. **Food and Bioproducts Processing** 90(3): 549-554.

- Paulina, P. , Maria, R. , Paulina, W. , Sandra, D. , Natalia, G. , Paulina, S. and Przemysław, K.Ł. 2018. Effect if the replacement of wheat flour with cricket powder on the characteristics of muffins. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria** 17(3): 227-233.
- Rattanapanone, N. 2010. **Food Chemistry**. Odeon Store Publishing House, Bangkok. (in Thai)
- Sanom, P. and Jangchud, K. 2020. Effect of cricket (*Acheta Domesticus*) powder, soy protein isolate and xanthan gum on the qualities of rice flour-based cookie. **RMUTP Research Journal** 14(2): 72-84. (in Thai)
- Schopf, M. and Scherf, K.A. 2021. Water absorption capacity determines the functionality of vital gluten related to specific bread volume. **Foods** 10(2): 228.
- Shahbandeh, M. 2022. **Global edible insects market size 2021-2032**. Available Source: <https://www.statista.com/statistics/882321/edible-insects-market-size-global/#:~:text=Global%20edible%20insects%20market%20size%202021%2D2032&text=In%202021%2C%20the%20estimated%20market,billion%20U.S.%20dollars%20by%202032>, June 26, 2023.
- The Food and Agriculture Organization. 2013. **Dietary Protein Quality Evaluation in Human Nutrition**. The Food and Agriculture Organization, Rome.
- The Ministry of Public Health. 1998. **Notification of the Ministry of Public Health (No. 182) 1998 Title: Nutrition Labelling**. Government Gazette vol. 115, part 47 (Ngor). (dated June 11, 1998). (in Thai)
- Thepradit, R. 2002. Development of breakfast ready to eat cereal flake from cake obtained from soy milk production. Master of Science (Agro- Industrial Product Development) , Kasetsart University. (in Thai)
- Vibultanakul, S. 2021. **Insect protein food of the future Thai economic opportunity**. Marketingoops. Available Source: <https://www.marketingoops.com/exclusive/trending-exclusive/edible-bug/> , July 18, 2021. (in Thai)
- Zielinska, E. , Baraniak, B. , Karas, M. , Rybczynska, K. and Akubczyk, A. 2015. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. **Food Research International** 77: 460-466.