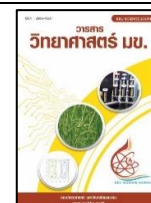




KKU SCIENCE JOURNAL

Journal Home Page : <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/KKUSciJ>

Published by the Faculty of Science, Khon Kaen University, Thailand



การพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจากผงจิ้งโกร่ง Development of Protein-enriched Dried Noodles from Giant Cricket (*Brachytrupes portentosus*) Powder

ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา¹ ขนิษฐา ศรีนวล¹ ชุรินทร์ ศรีจันทวงศ์¹ กฤติกา บุรณโชติไพศาล¹
ธนาวรรณ สุขเกษม² และ วิลาสินี ดีปัญญา^{1*}

Kwanjit Anukulwattana¹, Khanittha Srinual¹, Chachurat Srichantawong¹,
Kritika Buranachokpaisan¹, Tanawan Sukkasem² and Wilasinee Deepanya^{1*}

¹สาขาเทคโนโลยีอาหารและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

²สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

¹Department of Food Technology and Product Development, Faculty of Science and Technology,
Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, 67000, Thailand

²Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, 67000, Thailand

บทคัดย่อ

จิ้งโกร่งเป็นแมลงกินได้ที่ได้รับความนิยม และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจากผงจิ้งโกร่ง โดยผงจิ้งโกร่งมีร้อยละโปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และความชื้น เท่ากับ 60.13 24.49 5.47 5.98 และ 3.93 ตามลำดับ การศึกษาปริมาณผงจิ้งโกร่งที่เหมาะสมในการผลิตบะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนผงจิ้งโกร่ง ได้ทำการศึกษาปริมาณผงจิ้งโกร่ง 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) 5 10 และ 15 โดยการแทนที่ปริมาณแป้งสาลี พบว่าจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบของบะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนผงจิ้งโกร่งร้อยละ 10 มากที่สุด โดยมีค่าคะแนนความชอบทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส เท่ากับ 7.53 6.17 6.67 และ 6.47 ตามลำดับ มีคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.47 ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) กับบะหมี่ชุดควบคุมที่ไม่มีการผสมผงจิ้งโกร่ง บะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่งร้อยละ 10 มีค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองลดลง แต่มีค่าสีแดงเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับบะหมี่อบแห้งชุดควบคุม มีร้อยละโปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และความชื้น เท่ากับ 18.90 6.51 1.56 62.23 และ 10.80 ตามลำดับ ให้พลังงาน 369.71 kcal/100 g โดยมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และพลังงานมากกว่าบะหมี่ชุดควบคุม การเพิ่มขึ้นของค่าคุณภาพเหล่านี้เป็นผลมาจากผงจิ้งโกร่งที่เติมเข้าไป บะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่งร้อยละ 10 จากการวิจัยนี้ มีคุณภาพทางเคมีของเส้นบะหมี่ตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์บะหมี่สำเร็จรูป (มอก. 271-2563) คือ มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12.5 โปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 และผลิตภัณฑ์นี้ยังสามารถกล่าวอ้างว่า เป็นแหล่งของโปรตีนได้ เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าร้อยละ 10 ของค่าอ้างอิงสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทย (Thai RDIs)

*Corresponding Author, E-mail: wilasinee.dee@pcru.ac.th

Received date: 25 February 2025 | Revised date: 25 May 2025 | Accepted date: 30 July 2025

doi: 10.14456/kkuscij.2025.36

ABSTRACT

The giant cricket is an edible insect that is widely consumed and rich in nutritional value. This study aimed to develop high-protein dried noodles fortified with giant cricket powder. Giant cricket powder contained the percentages of protein, fat, ash, carbohydrate and moisture of 60.13, 24.49, 5.47, 5.98 and 3.93, respectively. To determine the optimal level of giant cricket powder supplementation, four substitution levels including 0% (as the control), 5%, 10% and 15% were tested by replacing wheat flour with giant cricket powder. Sensory evaluation results indicated that the dried noodles with 10% giant cricket powder received the highest overall acceptability score. The sensory evaluation scores for color, aroma, taste and texture were 7.53, 6.17, 6.67 and 6.47 respectively, resulting in an overall acceptability score of 6.47, which was categorized within the 'slightly liked' to 'moderately liked' range. These scores were not significantly different ($p > 0.05$) from the control noodles without giant cricket powder. The addition of 10% giant cricket powder reduced lightness and yellowness while increasing redness compared to the control noodles. The percentages of protein, fat, ash, carbohydrate and moisture were 18.90, 6.51, 1.56, 62.23 and 10.80, respectively, yielding an energy value of 369.71 kcal/100 g. These noodles exhibited higher protein, fat, ash, and energy content than the control noodles due to the giant cricket powder supplementation. The 10% giant cricket fortified dried noodles met the chemical quality standards for instant noodles set by the Thai Industrial Standard Institute (TISI 271-2563), which require a moisture content of no more than 12.5% and a minimum protein content of 10%. Furthermore, this product can be regarded as a source of protein, as their protein content exceeded 10% of the Thai Recommended Daily Intake (RDI).

คำสำคัญ: บะหมี่อบแห้ง โปรตีนสูง ผงจิ้งหรีด ผงจิ้งโกร่ง

Keywords: Dried Noodles, High-protein, Cricket Powder, Giant Cricket Powder

บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำจากแมลงมีวางจำหน่ายทั่วโลก ทั้งที่เป็นผลิตภัณฑ์อาหารมื้อหลัก และของว่างทานเล่น เช่น แสมเบอร์เกอร์ไส้แมลง ซูชิแมลง แมลงชุบแป้งทอด แมลงทอดในกระป๋อง แมลงอบแห้งบรรจุถุง แป้งที่ทำจากแมลง และลูกกวาดสอดไส้แมลง เป็นต้น แมลงเป็นอาหารทางเลือกใหม่ที่ต้องการอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO) แนะนำให้เป็นอาหารสำหรับประชากรในอนาคต หลังจาก FAO คาดการณ์ว่า จากปี ค.ศ. 2016-2050 ประชากรโลกจะเพิ่มมากขึ้นจากประมาณ 7,400 ล้านคน เป็น 9,000 ล้านคน ส่งผลให้ความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์ของโลกซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 ตลาดแมลงรับประทานได้ทั่วโลกมีอัตราขยายตัวร้อยละ 23.8 ระหว่างปี 2018 - 2023 และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (สุวรรณ, 2564)

จิ้งโกร่ง (*Brachytrupes portentosus*) เป็นชื่อท้องถิ่นของแมลงชนิดหนึ่งที่อยู่ในวงศ์จิ้งหรีด (Gryllidae) ถือเป็นจิ้งหรีดที่มีขนาดใหญ่ มีสีน้ำตาล รูปร่างอ้วน หัวโต เป็นแมลงกินได้ที่ยอมรับกัน เนื่องจากมีเนื้อนุ่ม มีส่วนที่กินได้สูงถึงร้อยละ 91 ของน้ำหนักตัว มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (อรดาพร, 2545) เป็นแหล่งโปรตีนที่มีประสิทธิภาพ มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยมากกว่าเนื้อสุกร และไข่ (อุ้งและคณะ, 2544) มีการดอมมีโนจำเป็น ได้แก่ ทรีโอนีน ไทโรซีน วาลีน เมไทโอนีน และไลซีน (Osimani *et al.*, 2018) ไคติน และไคโตซานที่มีมากในจิ้งหรีดสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในลำไส้ได้ (Liu *et al.*, 2010) การเลี้ยงจิ้งหรีดไม่ใช้สารปฏิชีวนะ (Antibiotic) และสารเร่งการเติบโต (Growth Hormone) เหมือนการเลี้ยงเพื่อบริโภคในสัตว์อื่น ๆ (Magara *et al.*, 2021) จึงมีต้นทุนในการผลิตต่ำ นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงยังใช้

ทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ที่ดิน น้ำ และพลังงานน้อยกว่าการผลิตปศุสัตว์ประเภทอื่น ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกและมลพิษน้อยกว่า (Andrea, 2022) การแปรรูปจิ้งโกร่งส่วนใหญ่ในประเทศไทยยังคงอยู่ในรูปของจิ้งโกร่งทั้งตัวทอด และแช่แข็ง การคงรูปร่างของแมลงไว้นี้ ทำให้ผู้บริโภคบางส่วนเกิดความกังวลและไม่มั่นใจในการรับประทาน (ชนาภูมิและสุทัศน์, 2564) การนำผงจิ้งโกร่งมาพัฒนาเป็นส่วนประกอบในบะหมี่ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมการบริโภคแมลงกินได้ โดยผสานเข้ากับผลิตภัณฑ์อาหารที่คนไทยนิยมบริโภคอยู่แล้ว บะหมี่ถือเป็นอาหารที่สะดวก รับประทานง่าย มีราคาถูก และแพร่หลายในทุกช่วงวัย แต่โดยทั่วไปมักมีปริมาณโปรตีนค่อนข้างต่ำ และมีคุณค่าทางโภชนาการจำกัด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจากผงจิ้งโกร่ง เพื่อเป็นอาหารทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค เป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหาร และเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตร

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การวิเคราะห์คุณภาพของจิ้งโกร่งสดและผงจิ้งโกร่ง

1.1 การเตรียมผงจิ้งโกร่ง

การวิจัยนี้ ใช้วัตถุดิบจิ้งโกร่ง (*Brachytrupes portentosus*) จากกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีด ตำบลเข็กน้อย อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดนครราชสีมา โดยนำจิ้งโกร่งมาล้างทำความสะอาด นึ่งด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที จากนั้นหั่นจิ้งโกร่งให้เป็นชิ้นขนาดเล็ก อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 8 ชั่วโมง นำไปบดเป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบดแห้ง ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช บรรจุถุงสุญญากาศปิดสนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

1.2 การวิเคราะห์คุณภาพของจิ้งโกร่งสด และผงจิ้งโกร่ง

ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method ($N \times 6.25$) ไขมัน เถ้า ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2019) การวิเคราะห์ค่าสี L^* a^* b^* ด้วยเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CM-600D โดย L^* คือค่าความสว่าง (0 = สีดำ 100 = สีขาว) ค่า a^* ($+a^*$ = สีแดง $-a^*$ = สีเขียว) ค่า b^* ($+b^*$ = สีเหลือง $-b^*$ = สีนํ้าเงิน) และวัดปริมาณน้ำอิสระ (aw) ด้วยเครื่อง water activity meter (AquaLab Lite, Decagon Devices Inc, USA)

2. การศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดที่เหมาะสมในการผลิตบะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งหรีด

ในการวิจัยนี้ ทำการศึกษาปริมาณผงจิ้งโกร่ง 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 5 10 และ 15 โดยการแทนที่ปริมาณแป้งสาลีเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการผลิตบะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่ง โดยชั่งส่วนผสมแป้งสาลี ไข่ไก่ เกลือ น้ำ และผงจิ้งโกร่งในปริมาณต่าง ๆ ตาม Table 1 นวดให้เข้ากัน และทำการพักโด 10 นาที นำมารีดเป็นแผ่นบาง ๆ และตัดเป็นเส้น นำเส้นที่ได้จัดใส่บล็อกเพื่อขึ้นรูป นึ่งด้วยไอน้ำ นำไปอบลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พักให้เย็น บรรจุใส่ถุง

Table 1 Ingredients of dried noodle with various amount of giant cricket powder

Ingredients	Formulas (g)			
	0% (Control)	5%	10%	15%
Wheat flour	65	60	55	50
Giant Cricket Powder	0	5	10	15
Egg	24	24	24	24
Salt	1	1	1	1
Water	10	10	10	10

นำบะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่งที่ปริมาณต่าง ๆ มาต้มในน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) ให้คะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบไม่ฝึกฝนจำนวน 50 คน เพื่อคัดเลือกบะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่งที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุด เอกสารรับรองโครงการวิจัยของคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์เลขที่ 2568/164(17)

3. ศึกษาคุณภาพของบะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่ง

ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method (Nx6.25) ไขมัน เถ้า ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2019) การวิเคราะห์ค่าสี L^* a^* b^* ด้วยเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CM-600D โดย L^* คือค่าความสว่าง (0 = สีดำ 100 = สีขาว) ค่า a^* ($+a^*$ = สีแดง $-a^*$ = สีเขียว) ค่า b^* ($+b^*$ = สีเหลือง $-b^*$ = สีน้ำเงิน) วัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่อง water activity meter (AquaLab Lite, Decagon Devices Inc, USA) และ ค่าพลังงาน ตามวิธีของ Darryl and Donald (1993)

4. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) และ t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของจิ้งโกร่งสด และผงจิ้งโกร่ง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของจิ้งโกร่งสดและผงจิ้งโกร่ง แสดงดัง Table 2 พบว่า การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทำให้ผลิตภัณฑ์ผงจิ้งโกร่งมีค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองลดลงเมื่อเทียบกับจิ้งโกร่งสด ปริมาณน้ำอิสระ และร้อยละความชื้นลดลงเหลือ 0.22 และ 3.93 ตามลำดับ ทำให้ผลิตภัณฑ์ผงจิ้งโกร่งเป็นผลิตภัณฑ์แห้งสามารถเก็บรักษาได้นาน ลดการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาชีวเคมี และกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ (Shaviklo *et al.*, 2015) และจากความชื้นที่ลดลงนี้ ทำให้ผงจิ้งโกร่งมีร้อยละโปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเพิ่มมากขึ้นกว่าจิ้งโกร่งสด

โดยผงจิ้งโกร่งมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 60.13 ถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณโปรตีนสูงมากเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ เช่น กุ้งแห้ง ไข่ปลากระบอก เนื้อไก่ เนื้อหมู และปลาแชลมอน มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 46 42 23 20 และ 20 ตามลำดับ ถั่วเมล็ดต่าง ๆ เช่น ถั่วเหลือง ถั่วพู ถั่วเขียว อัลมอนต์ และ ถั่วลูกไก่ ที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 36 30 24 22 และ 19 ตามลำดับ นมและผลิตภัณฑ์นม เช่น นมผง นมข้นหวาน และนมสด มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 26 8 และ 3 ตามลำดับ (ททยา, 2554; พชรพล, 2554; เบญจวรรณ, 2563) จากงานวิจัยของ ธนาภูมิและสุทัศน์ (2564) ที่ทำการศึกษาริมาณโปรตีนของจิ้งหรีดทองแดงลาย จิ้งโกร่ง และจิ้งหรีดทองมาเลย์ พบว่า จิ้งโกร่งมีปริมาณโปรตีนมากที่สุด คือ ร้อยละ 68.97 และมีปริมาณไขมันน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 16.12 Murugu *et al.* (2021) ได้ทำการศึกษาริมาณโปรตีนของจิ้งหรีด *Scapsipedus icipe* และ *Gryllus bimaculatus* ซึ่งเป็นที่นิยมบริโภคในแอฟริกา พบว่า มีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกันคือ ร้อยละ 56.8 และ 56.9 ตามลำดับ สุภาภรณ์และคณะ (2563) ทำการศึกษาริมาณองค์ประกอบทางเคมีของจิ้งหรีดทองแดงลายและจิ้งหรีดทองดำ โดยนำมาฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 40 นาที อบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 8 - 10 ชั่วโมง พบว่า จิ้งหรีดทองแดงลาย มีปริมาณโปรตีน ไขมัน โยอาหาร และเถ้า ร้อยละ 63.52 16.41 8.68 และ 3.79 ตามลำดับ จิ้งหรีดทองดำ มีปริมาณโปรตีน ไขมัน โยอาหาร และเถ้า ร้อยละ 56.76 20.30 6.85 และ 3.67 ตามลำดับ ทั้งนี้องค์ประกอบทางเคมีของจิ้งหรีดอาจมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย

ทั้งชนิด อาหาร และสภาพแวดล้อมในระหว่างการเลี้ยง (Ramos-Bueno *et al.*, 2016) สำหรับงานวิจัยของ Murugu *et al.* (2021) พบว่า ปริมาณเส้นใยของจิ้งหรีด มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของไคติน ซึ่งอยู่ที่เปลือกแข็งด้านนอกของจิ้งหรีด โดยไคตินเป็นใยอาหารชนิดหนึ่งที่ไม่ละลายน้ำ เป็นพรีไบโอติกช่วยส่งเสริมการเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ และยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค เสริมภูมิคุ้มกัน ด้านเนื้ออก และด้านการแข็งตัวของเลือด (Finke, 2007)

Table 2 Physicochemical properties of fresh giant crickets and giant cricket powder

Qualities	Fresh Giant Cricket	Giant Cricket Powder
L*	37.20 ± 3.14 ^a	33.09 ± 4.08 ^b
a*	2.74 ± 0.67 ^a	2.66 ± 0.69 ^a
b*	9.08 ± 1.92 ^a	5.79 ± 2.48 ^b
a _w	0.99 ± 0.05 ^a	0.22 ± 0.01 ^b
Chemical composition (g/100 g sample)		
Protein	21.30 ± 0.37	60.13 ± 0.34
Fat	8.60 ± 0.16	24.49 ± 0.07
Ash	1.94 ± 0.10	5.47 ± 0.10
Total Carbohydrate (Include Fiber)	2.12 ± 0.18	5.98 ± 0.25
Moisture	66.04 ± 0.80	3.93 ± 0.16

Values with different superscript within the same row are significantly different ($p \leq 0.05$)

2. ผลการศึกษาปริมาณผงจิ้งโกร่งที่เหมาะสมในการผลิตบะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่ง

นำบะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่งที่ปริมาณต่าง ๆ 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 5 10 และ 15 มาต้มให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที แล้วนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยให้คะแนนความชอบ พบว่า ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบด้านสีของบะหมี่เสริมโปรตีนจิ้งโกร่งร้อยละ 0 5 และ 10 ไม่แตกต่างกัน โดยบะหมี่เสริมโปรตีนจิ้งโกร่งร้อยละ 15 ได้คะแนนความชอบด้านสีน้อยที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cheng *et al.* (2022) ที่ทำการผสมผงจิ้งหรีดในขนมอบแผ่นที่ปริมาณต่าง ๆ คือ ร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 พบว่า ขนมอบแผ่นที่ผสมผงจิ้งหรีดในปริมาณน้อย มีค่าคะแนนความชอบไม่แตกต่าง ($p > 0.05$) จากสูตรควบคุม และขนมอบแผ่นที่ผสมผงจิ้งหรีดในปริมาณมากขึ้น คือ ร้อยละ 15 และ 20 มีค่าคะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ผสมผงจิ้งหรีดในปริมาณมากขึ้น จะมีสีเข้มมากขึ้น ค่าความสว่างลดลง ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูหมอง และไม่น่ารับประทาน (Iko *et al.*, 2018) สำหรับคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นพบว่า บะหมี่เสริมโปรตีนจิ้งโกร่งในทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) สำหรับคะแนนความชอบด้านรสชาติพบว่า บะหมี่เสริมโปรตีนจิ้งโกร่งร้อยละ 10 ได้คะแนนความชอบมากที่สุด เนื่องจากบะหมี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติอ่อน บะหมี่สูตรควบคุมจึงได้รับคะแนนความชอบน้อย เมื่อผสมผงจิ้งโกร่งในปริมาณร้อยละ 5 และ 10 ทำให้บะหมี่มีกลิ่นรสเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผงจิ้งโกร่งมีรสชาติของดินและถั่วอ่อน ๆ สามารถช่วยเพิ่มโปรไฟล์กลิ่นรสในอาหารได้ (Cavalheiro *et al.*, 2023; Cheng *et al.*, 2022) ในทางตรงกันข้ามเมื่อผสมผงจิ้งโกร่งในปริมาณที่มากขึ้น คือ ร้อยละ 15 คะแนนความชอบทางด้านรสชาติลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เพราะผู้ทดสอบรายงานว่าได้รสชาติขมและรู้สึกฝาดในคอ สำหรับคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสพบว่า บะหมี่เสริมโปรตีนจิ้งโกร่งที่มีปริมาณผงจิ้งโกร่งเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลง เนื่องจากการผสมผงจิ้งโกร่ง ทำให้มีปริมาณโปรตีนแทรกอยู่ในโครงสร้างแป้งมากขึ้น ปริมาณกลูเตนน้อยลง การดูดซึมน้ำลดลง ส่งผลให้แป้งเกิดการพองตัว และการเจลลิตีในซัลลดลง ทำให้ความเหนียว และความยืดหยุ่นของเส้นบะหมี่ลดลงตามไปด้วย แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับแหล่งโปรตีนเป็นสำคัญอีกปัจจัยหนึ่ง

เนื่องจากชนิดของโปรตีน และองค์ประกอบของกรดอะมิโนมีผลต่อคุณสมบัติของแป้งอย่างมีนัยสำคัญ (Cheng *et al.*, 2022; Amanda *et al.*, 2020) สำหรับคะแนนความชอบโดยรวมพบว่า บะหมี่เสริมโปรตีนจิ้งโกร่งที่ร้อยละ 10 ได้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 6.47 ± 0.60 ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) กับบะหมี่ชุดควบคุมที่ไม่มีการผสมผงจิ้งโกร่ง

Table 3 Sensory acceptance scores of noodle fortified with giant cricket powder

Attributes	Giant Cricket Powder (%)			
	0 (Control)	5	10	15
Colour	7.37 ± 0.97^a	7.23 ± 0.37^a	7.53 ± 0.29^a	6.03 ± 0.69^b
Odor ^{ns}	6.27 ± 1.08	6.30 ± 0.46	6.17 ± 0.91	6.07 ± 0.57
Taste	5.83 ± 0.56^b	6.37 ± 0.38^a	6.67 ± 0.69^a	5.79 ± 0.54^b
Texture	6.73 ± 0.44^a	6.47 ± 0.31^b	6.47 ± 0.42^b	5.63 ± 0.43^c
Overall liking	6.43 ± 0.67^a	6.03 ± 0.56^b	6.47 ± 0.60^a	5.73 ± 0.34^c

Values with different superscript within the same row are significantly different ($p \leq 0.05$)

^{ns} mean not significant difference ($p > 0.05$)

3. ผลการศึกษาคุณภาพของบะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่ง

นำบะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่งชุดควบคุม และบะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่งร้อยละ 10 ที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่าง ๆ ได้ผลดังแสดงใน Table 4 พบว่า บะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่งร้อยละ 10 มีความสว่างและค่าสีเหลืองน้อยกว่า แต่มีค่าสีแดงมากกว่าเพื่อเทียบกับบะหมี่อบแห้งชุดควบคุม เนื่องจากอิทธิพลสีของผงจิ้งโกร่งที่ผสมลงไป บะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่งชุดควบคุม และบะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่งร้อยละ 10 มีค่าปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) คือ 0.44 และ 0.43 ตามลำดับ โดยอาหารที่มีปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.6 และมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 15 ถือเป็นอาหารแห้ง สามารถเก็บรักษาได้นาน เพราะปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำเป็นการชะลอการทำงานของเอนไซม์ และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหาร และจุลินทรีย์ก่อโรค แต่อย่างไรก็ตาม การลดปริมาณน้ำอิสระเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ ควรมีการควบคุมความปลอดภัยด้านอาหารอื่นร่วมด้วย เช่น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ การบรรจุแบบสุญญากาศ เป็นต้น เพื่อให้แน่ใจถึงความปลอดภัยของอาหารนั้น ๆ (Bimal *et al.*, 2019)

บะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่งร้อยละ 10 มีปริมาณร้อยละโปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และความชื้นเท่ากับ 18.90 6.51 1.56 62.23 และ 10.80 ตามลำดับ ให้พลังงาน 369.71 kcal/100 g โดยมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น และพลังงานมากกว่าบะหมี่ชุดควบคุม การเพิ่มขึ้นของค่าคุณภาพเหล่านี้เป็นผลมาจากผงจิ้งโกร่งที่เติมเข้าไป สอดคล้องกับงานวิจัยของ Osimani *et al.* (2018) และ Burt *et al.* (2019) ที่พบว่าการผสมผงจิ้งโกร่งในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ควบคุมที่เตรียมจากแป้งเนกประสงค์เท่านั้น โดยโปรตีนในบะหมี่ชุดควบคุมเป็นโปรตีนจากแป้งสาลี และไข่ ซึ่งแป้งสาลีที่เป็นองค์ประกอบหลักในการทำบะหมี่ มีโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนในสัดส่วนที่ไม่เหมาะสม โดยโปรตีนจากแป้งสาลีจะบกพร่องกรดอะมิโนไลซีน ทรีโอนีน และ เมไทโอนีน (Anjum *et al.*, 2005) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น Cheng *et al.* (2022) รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมผงจิ้งโกร่ง เป็นการเพิ่มขึ้นของกรดอะมิโนจำเป็นทั้ง 9 ชนิดที่มีอยู่ในผงจิ้งโกร่ง เช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณไขมันในบะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่งเมื่อเทียบกับบะหมี่ชุดควบคุม โดย Aimen *et al.* (2024) รายงานว่า ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการเติมจิ้งโกร่งจะมีปริมาณกรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก

ซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็น และกรดพาล์มิติกเพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณเถ้าที่เพิ่มขึ้นของบะหมี่เสริมโปรตีนจิ้งโกร่ง แสดงให้เห็นว่า บะหมี่เสริมโปรตีนจิ้งโกร่งมีปริมาณแร่ธาตุเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Duda *et al.* (2019) ที่ทำการวิเคราะห์ ปริมาณแร่ธาตุที่มีในจิ้งหรีด พบว่า จิ้งหรีดมีแร่ธาตุหลายชนิด ได้แก่ แคลเซียม โพแทสเซียม สังกะสี และเหล็ก ดังนั้น ผลิตภัณฑ์บะหมี่อบแห้งที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งโกร่ง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีนจำเป็น ไขมันจำเป็น และ แร่ธาตุอาหารที่สำคัญเพิ่มขึ้น

จากงานวิจัยนี้ บะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่งร้อยละ 10 มีคุณภาพทางเคมีของเส้นบะหมี่ตรงตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป (มอก. 271-2563) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2563) คือ มีความชื้นไม่เกิน ร้อยละ 12.5 โปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 และยังสามารถกล่าวอ้างได้ว่าเป็นแหล่งของโปรตีน เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าร้อยละ 10 ของค่าอ้างอิงสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทย (กองอาหาร, 2566) โดยสารอาหารโปรตีน มีค่าปริมาณที่แนะนำต่อวัน (Thai RDIs) เท่ากับ 50 กรัม และบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปมีปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคเท่ากับ 50 กรัม

Table 4 Physicochemical properties of control and 10% giant cricket powder dried noodle

Qualities	Control (0%)	10% giant cricket powder dried noodle
L*	60.80 ± 4.38 ^a	48.99 ± 3.38 ^b
a*	2.74 ± 0.47 ^b	3.119 ± 0.36 ^a
b*	20.28 ± 3.40 ^a	13.78 ± 1.90 ^b
a _w	0.44 ± 0.01 ^a	0.43 ± 0.01 ^a
Energy (kcal/100 g)	357 ± 2.24	369.71 ± 3.51
Chemical composition (g/100 g)		
Protein	12.39 ± 0.13	18.90 ± 0.30
Fat	3.96 ± 0.59	6.51 ± 0.21
Ash	0.92 ± 0.05	1.56 ± 0.04
Carbohydrate (Include Fiber)	72.75 ± 0.19	62.23 ± 0.26
Moisture	9.98 ± 0.24	10.80 ± 0.50

Values with different superscript within the same row are significantly different ($p \leq 0.05$).

สรุปผลการวิจัย

การเสริมโปรตีนจิ้งโกร่งในผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์ โดยบะหมี่อบแห้งเสริมโปรตีนจิ้งโกร่งร้อยละ 10 มีคุณภาพทางเคมีของเส้นบะหมี่ตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป (มอก. 271-2563) และสามารถกล่าวอ้างว่าเป็นแหล่งของโปรตีน ได้ ถือเป็นผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค การวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ และเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่เกี่ยวข้องกับจิ้งหรีดเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตร และสนับสนุนความยั่งยืนทางด้านอาหารต่อไป สำหรับข้อเสนอแนะงานวิจัย อาจทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ การศึกษาคุณภาพของโปรตีนจากจิ้งหรีด การวิเคราะห์ กรดอะมิโนจำเป็นในผลิตภัณฑ์ และการประยุกต์ใช้จิ้งหรีดในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่สนับสนุนทุนวิจัย กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีด จังหวัดเพชรบูรณ์ที่ให้ความรู้ และอนุเคราะห์วัตถุดิบจิ้งหรีด สาขาเทคโนโลยีอาหารและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ให้ความอนุเคราะห์ อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัย และขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้คำปรึกษาจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กองอาหาร. (2566). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 445 พ.ศ. 2566 เรื่องฉลากโภชนาการ. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข, แหล่งข้อมูล: <https://food.fda.moph.go.th/food-law/announ-moph-445>. ค้นเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2568.
- ทัทยา อนุสร. (2554). มังสโภชนา สารพัดเนื้อเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มติชน 320 หน้า.
- ธนวุฒิ จิโน และสุทัศน์ สุระวัง. (2564). องค์ประกอบทางเคมีและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนเข้มข้นจากจิ้งหรีดทางการค้า. *Thai Journal of Science and Technology* 9(1): 64 - 73.
- เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม. (2563). ถั่วเกษตร. เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 316 หน้า.
- พัชรพล อุดมผล. (2554). เรื่องน่ารู้ การดูและโภชนาการบำรุง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ Feel Good 288 หน้า.
- พงษ์วิน ศักดิ์อัครวิน. (2563). จิ้งหรีดโปรตีนแห่งอนาคต วัตถุดิบใหม่ในการผลิตอาหารยุคปัจจุบัน. สำนักข่าวคมชัดลึก, แหล่งข้อมูล: <https://www.komchadluek.net/news/434462>. ค้นเมื่อวันที่ 28 พฤษภาคม 2565.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2563). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป (มอก. 271-2563). กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สุภาภรณ์ พรหมจันทร์, สุกัญญา สายธิ และชนิษฐา วงศ์บาสก์. (2563). ผลของสภาวะอบแห้งและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จิ้งหรีดอบกรอบ. *แก่นเกษตร* 48(1): 1 - 12.
- สุวรรณิ กาญจนภูสิต. (2564). กรมปศุสัตว์ยกระดับมาตรฐานส่งออกจิ้งหรีด แมลงเศรษฐกิจ มุ่งไทยเป็นฮับแมลงโลก แหล่งโปรตีนไทยส่งออกทั่วโลกใน 3 ขั้นตอนจบ. แหล่งข้อมูล: <https://dld.go.th/th/index.php/th/newsflash/354-hotnews-cat/23747-3>. ค้นเมื่อวันที่ 28 พฤษภาคม 2565.
- องุ่น ลีวานิช, ยงยุทธ ไวกุล, อาจันต์ รัตนพันธุ์ และยุพา หาญบุญทรง. (2544). การสำรวจแมลงกินได้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *แก่นเกษตร* 29(1): 35 - 44.
- อรดาพร กองแสง. (2545). ชีววิทยาและอาหารที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีด (*Brachytrupes portentosus* Lichtenstein). *บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่*. doi: 10.14457/CMU.the.2002.355.
- Andrea, M.L. (2022). Edible insects, a valuable protein source from ancient to modern times. *Advances in Food and Nutrition Research* 101: 129 - 152.
- Anjum, F.M., Ahmad, I., Butt, M.S., Sheikh, M.A. and Pasha, I. (2005). Amino acid composition of spring wheats and losses of lysine during chapati baking. *Journal of Food Composition and Analysis* 18: 523 - 532.
- AOAC. (2019). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International. 21st edition. Washington DC.

- Burt, K.G., Kotao, T., Lopez, I., Koepfel, J., Goldstein, A., Samuel, L. and Stopler, M. (2019). Acceptance of using cricket flour as a low carbohydrate, high protein, sustainable substitute for all-purpose flour in muffins. *Journal of Culinary Science & Technology* 18(3): 201 - 213.
- Cavalheiro, C.P., Ruiz-Capillas, C., Herrero, A.M., Pintado, T., Cruz, T. da M.P. and da Silva, M.C. (2023). Cricket flour as meat replacer in frankfurters: Nutritional, technological, structural, and sensory characteristics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 83: 103245.
- Cheng, K.M., Leong, K.N. and Chan, S.W. (2022). Cricket as an alternative source of protein in the development of nutritious baked chips. *Food Research* 6(Suppl.2): 74 - 82. doi: 10.26656/fr.2017.6(S2).018
- Chitrakar, B., Zhang, M. and Adhikari, B. (2019). Dehydrated foods: Are they microbiologically safe?. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59(17): 2734 - 2745. doi: 10.1080/10408398.2018.1466265.
- Darryl, M.S. and Donald, E.C. (1993). *Methods of Analysis for Nutrition Labeling*. Chapter 6: 105 - 107.
- Duda, A., Adamczak, J., Chelminska, P., Juskiewicz, J. and Kowalczewski, P. (2019). Quality and Nutritional/Textural Properties of Durum Wheat Pasta Enriched with Cricket Powder. *Foods* 8(2): 46. doi: 10.3390/foods8020046.
- Nogueira, A.C., de Oliveira, R.A. and Steel, C.J. (2020). Protein enrichment of wheat flour doughs: empirical rheology using protein hydrolysates. *Food Science and Technology* 40: 97 - 105.
- Finke, M.D. (2007). Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology* 26: 93 - 104.
- Iko-Ojo, Dignity, E.S., John, O.O., Awodi, Y.P. and Aminat, Y. (2018). Production and evaluation of the physicochemical and sensory properties of biscuit from wheat and cricket flours. *Acta Scientific Nutritional Health* 2(1): 3 - 7.
- Liu, P., Piao, X.S., Thacker, P.A., Zeng, Z.K., Wang, P.F. and Kim, S.W. (2010). Chitooligosaccharide reduces diarrhea incidence and attenuates the immune response of weaned pigs challenged with *Escherichia coli* K881. *Journal of Animal Science* 88: 3871 - 3879. doi: 10.2527/jas.2009-2771.
- Murugu, D.K., Onyango, A.N., Ndiritu, A.K., Osuga, I.M., Xavier, C., Nakimbugwe, D. and Tanga, C.M. (2021). From Farm to Fork: Crickets as Alternative Source of Protein, Minerals, and Vitamins. *Frontiers in Nutrition* 8: 704002. doi: 10.3389/fnut.2021.704002.
- Magara, H.J.O., Niassy, S., Ayieko, M.A., Mukundamago, M., Egonyu, J.P., Tanga, C.M., Kimathi, E., Ongere, J.O., Fiaboe, K.K.M., Hugel, S., Orinda, M.A., Roos, N. and Ekesi, S. (2021). Edible Crickets (Orthoptera) Around the World: Distribution, Nutritional Value, and Other Benefits-A Review. *Frontiers in Nutrition* 7: 537915. doi: 10.3389/fnut.2020.537915.
- Osimani, A., Milmanovic, V., Cardinali, F., Roncolini, A., Garofalo, C., Clementi, F., Pasquini, M., Mozzon, M., Foligni, R., Raffaelli, N., Zamporlini, F. and Lucia, A. (2018). Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): A technological, microbiological and nutritional evaluation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 48: 150 - 163. doi: 10.1016/j.ifset.2018.06.007.

- Ramos-Bueno, R.P., González-Fernández, M.J., Sánchez-Muros-Lozano, M.J., García-Barroso, F. and Guil-Guerrero, J.L. (2016). Fatty acid profiles and cholesterol content of seven insect species assessed by several extraction systems. *European Food Research and Technology* 242(9): 1471 - 1477. doi: 10.1007/s00217-016-2647-7.
- Shaviklo, A.R., Azaribeh, M., Moradi, Y. and Zangeneh, P. (2015). Formula optimization and storage stability of extruded puffed corn-shrimp snacks. *LWT - Food Science and Technology* 63: 307 - 314. doi: 10.1016/j.lwt.2015.03.093
- Zafar, A., Shaheen, M., Tahir, A.B., da Silva, A.P.G., Manzoor, H.Y. and Zia, S. (2024). Unraveling the nutritional, biofunctional, and sustainable food application of edible crickets: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology* 143: 104254.

