



KKU SCIENCE JOURNAL

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

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



ผลของกรรมวิธีการสกัดที่แตกต่างกันต่อคุณลักษณะของผงจิ้งหรีดทองดำ (*Gryllus bimaculatus*)

Effect of Different Extraction Methods on the Characteristics of Field Cricket (*Gryllus bimaculatus*) Powder

ณัฐชา ศิริวาริน^{1*}, ปราณต์ ปิ่นทอง¹, มณฑกานต์ เอี่ยมแก้ว¹, พิมพร พลายจันทร์¹ และนพวรรณ กลัดหวาด¹Nattacha Siriwarin^{1*}, Pran Pinthong¹, Montakan Aimkaew¹, Pimporn Plaichan¹and Noppawan Kladward¹¹สถาบันวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีชุมชน กรมวิทยาศาสตร์บริการ กรุงเทพมหานคร 10400¹Institute of Community Science and Technology, Department of Science Service, Bangkok, 10400, Thailand

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของผงจิ้งหรีดจากการสกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธีของจิ้งหรีดทองดำ (*Gryllus bimaculatus* (De Geer, 1773)) ที่นิยมเลี้ยงเพื่อจำหน่ายทางการค้าของประเทศไทย ผลการทดลองพบว่า ภายหลังจากการสกัด 3 วิธี ได้แก่ การสกัดด้วยเอนไซม์โปรติเอสร้อยละ 3 การสกัดด้วยสารละลายเบส (0.5 M โซเดียมไฮดรอกไซด์) และการสกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 99.5 ให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 50.8 43.0 และ 42.7 ตามลำดับ อีกทั้งการสกัดด้วยเอนไซม์โปรติเอส มีปริมาณไขมันลดลงเท่ากับ 11.3 กรัม จาก 18.2 กรัม/100 กรัม น้ำหนักสดอย่างเห็นได้ชัด และมีความสามารถในการละลายสูงที่สุดเท่ากับ 93.55 ± 0.12 กรัม/ลิตร อย่างไรก็ตาม ร้อยละผลผลิตหลังการสกัดของผงจิ้งหรีดจากการสกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 85.32 ± 0.12 รองลงมาได้แก่ผงจิ้งหรีดจากการสกัดด้วยสารละลายเบสและเอนไซม์ (76.24 ± 0.34 และ 52.15 ± 0.45) การศึกษาคุณลักษณะด้วยสีพบว่าผงจิ้งหรีดจากการสกัดด้วยเอทานอลมีความสว่างมากที่สุดเท่ากับ 45.25 ± 0.21 ในขณะที่ผงจิ้งหรีดจากการสกัดด้วยสารละลายเบสมีความสว่างน้อยที่สุด (18.80 ± 0.06) เนื่องจากเอทานอลจัดเป็นสารละลายกลุ่มไม่มีขั้วที่มีความสามารถในการเป็นตัวทำละลายรงควัตถุในแมลงได้ จึงทำให้รงควัตถุละลายออกมาขึ้นในระหว่างการสกัดที่ใช้ระยะเวลาถึง 1 ชั่วโมง ดังนั้นการสกัดผงจิ้งหรีดด้วยเอนไซม์โปรติเอสร้อยละ 3 นอกจากให้ปริมาณโปรตีนหลังการสกัดที่สูงแล้วยังมีความสามารถในการละลายสูงและมีความสามารถในการดูดซับไขมันค่อนข้างต่ำ

ABSTRACT

The objective of this research was to study the physicochemical characteristics of cricket powder using three different extraction methods from commercially field crickets (*Gryllus bimaculatus*) in Thailand. The results from the three extraction methods using 3% of protease enzyme extraction, 0.5 M of sodium hydroxide extraction, and 99.5% of ethanol extraction showed that the protein content increased by 50.8,

*Corresponding Author, E-mail: snwr.nc@gmail.com

Received date: 13 January 2025 | Revised date: 19 March 2025 | Accepted date: 8 April 2025

doi : 10.14456/kkuscij.2025.8

43.0, and 42.7%, respectively. In addition, the fat content of protease enzyme extraction obviously decreased by 11.3 g from 18.2 g/100 g fresh weight and showed the highest solubility of 93.55 ± 0.12 g/L. However, the percentage of yield from ethanol extraction was the highest at $85.32 \pm 0.12\%$, followed by extracted cricket powder with base solution and enzyme (76.24 ± 0.34 and 52.15 ± 0.45). The color characterization found that extracted cricket powder with ethanol had the highest brightness at 45.25 ± 0.21 , while extracted cricket powder with base solution had the lowest brightness (18.80 ± 0.06). Since ethanol is a non-polar solution that has the ability to dissolve insect pigments, more pigments were dissolved during the extraction period of up to 1 hour. Therefore, the extraction of cricket powder with 3% protease enzyme not only provided high protein content, but also had high solubility and relatively low fat absorption capacity.

คำสำคัญ: ผงจิ้งหรีด, การสกัด, จิ้งหรีดทองดำ, สมบัติทางเคมีกายภาพ

Keywords: Cricket Power, Extraction, *Gryllus bimaculatus*, Physicochemical Properties

บทนำ

จิ้งหรีดทองดำ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Gryllus bimaculatus* เป็นแมลงกินได้ที่นิยมเลี้ยงเพื่อการบริโภคและแปรรูปในประเทศไทย มีวงจรชีวิตสั้น เลี้ยงง่าย และใช้เวลาเพาะเลี้ยงประมาณ 31 - 43 วัน (ลีลาและจาริก, 2545) จึงทำให้เป็นที่นิยมในการสร้างอาชีพให้กับกลุ่มเกษตรกร เนื่องจากสามารถสร้างรายได้ในครอบครัวด้วยระยะเวลาที่รวดเร็ว อีกทั้งจิ้งหรีดถือว่าเป็นอาหารโปรตีนสูง ซึ่งมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 21.5 มีกรดอะมิโนที่สำคัญ ได้แก่ กรดกลูตามิก ฟีนอลอะลานีน ลูซีน วาลีน และอื่น ๆ โดยมีกรดอะมิโนจำเป็น 392 มิลลิกรัม ต่อ 1 กรัมโปรตีน (Yi et al., 2013) ทำให้ในปัจจุบันองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) มีการรณรงค์ให้ประชาชนหันมาบริโภค แมลงเป็นอาหารในช่วงภาวะขาดแคลนอาหารของโลกที่มนุษย์กำลังเผชิญ อันเนื่องจากสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลง ส่งผลให้สินค้าทางการเกษตรไม่แน่นอนและไม่เพียงพอต่ออัตราการเพิ่มขึ้นของประชากร แมลงจึงเป็นแหล่งของพลังงานที่สำคัญเพื่อทดแทนอาหารที่ขาดแคลนไป (Gahukar, 2011) เนื่องจากร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 20 ร่างกายจึงต้องได้รับปริมาณโปรตีนที่เพียงพอต่อความต้องการในแต่ละช่วงวัย ซึ่งแหล่งของโปรตีนสามารถหาได้จากทั้งโปรตีนจากพืชและสัตว์

อย่างไรก็ตาม โปรตีนจากพืชส่วนมากจะเป็นโปรตีนไม่สมบูรณ์ กล่าวคือขาดกรดอะมิโนจำเป็นบางชนิดหรืออาจจะมีการขาดปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย (สุปีย์, 2563) อีกทั้งยังขาดสารอาหาร เช่น วิตามินบี 12 ซึ่งพบมากในเนื้อสัตว์ ปลา และนม (Pawlak et al., 2014) จากคุณค่าทางโภชนาการของจิ้งหรีดจึงมีการนำจิ้งหรีดผงจากกรรมวิธีการทำแห้ง โดยการอบแห้งด้วยลมร้อน (oven drying) หรือการทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง (freeze drying) แล้วบดเป็นผงสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนเสริมในอาหารต่าง ๆ (Mishyna et al., 2019) เช่น ขนมปัง เครื่องดื่มเสริมโปรตีน ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว มีรายงานว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ขนมปังที่มีส่วนผสมของจิ้งหรีดผงร้อยละ 10 อีกทั้งเมื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบว่า องค์ประกอบของกรดไขมัน ปริมาณโปรตีน และกรดอะมิโนที่จำเป็นมีค่าสูงขึ้น (Osimani et al., 2018) อีกทั้งมีการศึกษาผลของจิ้งหรีดผง โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและแซนแทนกัมในคุกกี้แบ่งข้าวเจ้าพบว่า เมื่อทดแทนแบ่งข้าวเจ้าด้วยจิ้งหรีดผงร้อยละ 25 โปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 35 และไม่ต้องใส่แซนแทนกัมเพื่อเพิ่มความคงตัวนั้นเป็นสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ (พงศ์พิพัฒน์และกมลวรรณ, 2563) นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยการเสริมโปรตีนจิ้งหรีดในแบ่งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำเพื่อทดแทนการใช้แบ่งสาลิในผลิตภัณฑ์คุกกี้เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เมื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบว่า ปริมาณผงจิ้งหรีดที่เพิ่มขึ้นร่วมกับการลดแบ่งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำ (แบ่งข้าว กข 43) ทำให้ปริมาณ

ความชื้น โปรตีน และเส้นใยอาหารในคูกักมีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ความสว่าง (L^*) และความแข็งมีค่าลดลง โดยการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำเสริมจึงให้ผลในปริมาณร้อยละ 70:20 ของน้ำหนักแป้งสาลีเป็นร้อยละที่เหมาะสมในการเพิ่มโปรตีนในผลิตภัณฑ์คูกัก (สุตาและคณะ, 2567)

นอกเหนือจากการนำจิ้งหรีดมาเป็นส่วนประกอบเสริมในอาหารแล้ว ยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับการสกัดโปรตีนเข้มข้นหรือทำให้บริสุทธิ์เพื่อนำมาจำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูป ซึ่งการสกัดโปรตีนสามารถทำได้หลากหลายวิธี ได้แก่ การสกัดด้วยตัวทำละลาย เช่น เอทานอล เพื่อแยกโปรตีนออกจากไขมันและสารปนเปื้อนอื่น ๆ ทำให้ได้โปรตีนที่มีความเข้มข้น (Zhao *et al.*, 2016) การสกัดด้วยเอนไซม์ เช่น โปรติเอส (protease) กระบวนการนี้ช่วยให้โปรตีนที่ได้มีคุณสมบัติดีขึ้น เช่น การย่อยง่ายและสามารถปรับแต่งน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนให้เหมาะสมกับการใช้งานในอาหารต่าง ๆ (Yi *et al.*, 2013) อย่างไรก็ตามก่อนเข้าสู่กระบวนการสกัดโปรตีนจำเป็นต้องมีการกำจัดไขมัน (defatting) ก่อน เนื่องจากจิ้งหรีดมีปริมาณไขมันสูงซึ่งพบว่า จิ้งหรีดทองดำ ทองแดง และทองแดงลาย มีปริมาณไขมันเฉลี่ยร้อยละ 13 - 20 ของน้ำหนักแห้ง (Rumpold and Schlüter, 2013; Yi *et al.*, 2013) จึงจำเป็นต้องแยกไขมันออกก่อนการสกัดโปรตีน โดยใช้วิธีการแยกไขมันจากการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เฮกเซน (hexane) หรือการปั่นแยก (centrifugation) หลังจากการแยกไขมันแล้ว จะได้โปรตีนที่มีความเข้มข้นและบริสุทธิ์มากขึ้น การสกัดโปรตีนจากแมลงให้อยู่ในรูปโปรตีนชนิดไฮโดรไลเซต สามารถเลือกใช้เอนไซม์ได้หลายชนิด อาทิ papain pancreatin dispase I pepsin protease (จาก *Bacillus licheniformis*) bromelain หรือ trypsin โดยระดับการย่อย (Degree of hydrolysis หรือ DH) ที่ได้ ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขและชนิดของเอนไซม์ โดยจิ้งหรีดชนิด *Gryllos sigillatus* มี DH เพิ่มขึ้นร้อยละ 26 - 52 เมื่อใช้เอนไซม์ Alcalase เปรียบเทียบกับการไม่ได้ใช้เอนไซม์ จะมี DH เพียงร้อยละ 5 (Hall *et al.*, 2017)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของกรรมวิธีการสกัดที่แตกต่างกันต่อคุณลักษณะของผงจิ้งหรีดทองดำ เพื่อให้สามารถทราบถึงความเข้มข้นและคุณลักษณะของผงจิ้งหรีดจากกรรมวิธีการสกัดที่แตกต่างกัน อีกทั้งงานวิจัยนี้ยังสามารถกำจัดปริมาณไขมันในจิ้งหรีด เพิ่มความสามารถในการละลายของผงจิ้งหรีด และยังสามารถนำผลการศึกษาไปพัฒนาวิธีการสกัดโปรตีนจิ้งหรีดในรูปแบบอื่น ๆ ได้อีกด้วย

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

จิ้งหรีดทองดำเลี้ยงแบบเต็มตัวแช่เยือกแข็ง จากวันทนมลฟาร์ม อำเภอมือง จังหวัดร้อยเอ็ด โซเดียมไฮดรอกไซด์ จากบริษัทเคมีภัณฑ์ จำกัด เอนไซม์โปรติเอส (Alkaline Protease) จากบริษัท แวลู อินดัสเตรียล โปรดักส์ จำกัด เอทานอล ร้อยละ 99.5 จากองค์การสุรา ประเทศไทย

2. การสกัดไขมันจิ้งหรีด

นำจิ้งหรีดหนึ่งแบบเต็มตัวแช่เยือกแข็ง มาทำละลายโดยการอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (Binder รุ่น ED56 ประเทศเยอรมนี) เป็นระยะเวลา 16 - 18 ชั่วโมง จากนั้นนำมาตั้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที และบดด้วยเครื่องบดแบบละเอียด (JING GONG YI รุ่น JGY-2005B ประเทศจีน) เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้เกิดประสิทธิภาพในการสกัดให้มากขึ้น หลังจากนั้นกำจัดไขมันโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 99.5 ในอัตราส่วนของผงจิ้งหรีดต่อเอทานอลเท่ากับ 3 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที (ดัดแปลงจาก Zhao *et al.*, 2016) ทำการสกัด 2 รอบ แยกสารละลายแอลกอฮอล์ที่มีไขมันผสมอยู่กับผงจิ้งหรีดที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วออกจากกัน ทำการระเหยเอทานอลในผงจิ้งหรีดที่ผ่านการสกัดไขมันที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้งเป็นผงละเอียด และบรรจุลงถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิทแบบซิปล็อก เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อเก็บไว้ใช้งานสำหรับขั้นตอนการสกัดผงจิ้งหรีดในหัวข้อ 3.1 และ 3.2 ต่อไป

3. การสกัดผงจิ้งหรีด

กรรมวิธีการสกัดผงจิ้งหรีด แบ่งออกเป็น 3 วิธี ดังนี้

3.1 การสกัดด้วยสารละลายเบส นำผงจิ้งหรีดที่ผ่านการสกัดไขมันจากข้อ 2 จำนวน 100 กรัม ผสมกับสารละลาย 0.5M NaOH ในอัตราส่วน 1:6 (w/v) คนผสมให้เข้ากัน จากนั้นให้ความร้อนสารละลายด้วยเครื่องเขย่าสารชนิดควบคุมอุณหภูมิ (water bath) (Boekel Scientific รุ่น 290400-2 ประเทศสหรัฐอเมริกา) กำหนดอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงและคนสารละลายทุก ๆ 15 นาที จากนั้นนำสารละลายเข้าเครื่อง centrifuge ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 3,500 x g เป็นเวลา 20 นาที เพื่อแยกสารละลายส่วนเหนือตะกอนและตะกอนออกจากกัน แยกตะกอนเก็บไว้ และนำสารละลายส่วนเหนือตะกอนไปปรับ pH ด้วย 2M HCl ที่ pH 4.3 - 4.5 นำสารละลายเข้าเครื่อง centrifuge อีกครั้งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 2,500 x g เป็นเวลา 15 นาที นำตะกอนมาล้างด้วยน้ำกลั่นและปั่นเหวี่ยงอีกครั้ง จากนั้นนำตะกอนไประเหยความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน (Binder รุ่น FED 115 ประเทศเยอรมนี) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5 เก็บรักษาผลผลิตในถุงอะลูมิเนียมแบบซีปล็อกปิดสนิท ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์คุณลักษณะด้านเคมีกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีต่อไป (ดัดแปลงจาก Cunha *et al.*, 2025)

3.2 การสกัดด้วยเอนไซม์ นำผงจิ้งหรีดที่ผ่านการสกัดไขมันจากข้อ 2 จำนวน 500 กรัม ผสมกับน้ำกรอง ในอัตราส่วน 1:2 (w/v) คนผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสมเป็นเวลา 2 นาทีที่ความเร็วระดับปานกลาง จากนั้นให้ความร้อนสารละลายด้วยเครื่องเขย่าสารชนิดควบคุมอุณหภูมิ (water bath) (Boekel Scientific รุ่น 290400-2 ประเทศสหรัฐอเมริกา) กำหนดอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ปรับ pH ให้เท่ากับ 8.0 ด้วย NaOH 8 M ลดอุณหภูมิสารละลายลงเท่ากับ 50 องศาเซลเซียสและใส่เอนไซม์โปรติเอสในปริมาณร้อยละ 3 (weight of protein content in the substance) จับเวลาเวลาต่ออีก 30 นาที ทำการยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 15 นาที จากนั้นนำสารละลายเข้าเครื่อง centrifuge ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 2,690 x g เป็นเวลา 15 นาที เพื่อแยกสารละลายส่วนเหนือตะกอน (โปรตีนไฮโดรไลเซท) และตะกอนออกจากกัน นำส่วนเหนือตะกอน (โปรตีนไฮโดรไลเซท) อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5 เก็บรักษาผลผลิตในถุงอะลูมิเนียมแบบซีปล็อกปิดสนิทที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำไปวิเคราะห์คุณลักษณะด้านเคมีกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีต่อไป (ดัดแปลงจาก Hall *et al.*, 2017)

3.3 การสกัดด้วยเอทานอล โดยการนำผงจิ้งหรีดที่ผ่านการอบในตู้อบลมร้อนและบดด้วยเครื่องบดแบบละเอียดจำนวน 500 กรัม มาทำจัดไขมันโดยการเติมตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 99.5 ในสัดส่วนผงต่อตัวทำละลาย 1:2 คนให้เข้ากันด้วย magnetic stirrer ที่ความเร็วเบอร์ 2 เป็นเวลา 30 นาที พักไว้ 15 นาทีและคนให้สารละลายเข้ากันอีกครั้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นตั้งไว้เพื่อให้เกิดการแยกชั้นระหว่างตะกอนกับของเหลว เป็นเวลา 30 นาที แยกของเหลวและตะกอนออกจากกัน นำตะกอนกลับมาสกัดซ้ำด้วยวิธีการเดิมอีกครั้ง นำผงจิ้งหรีดหลังการสกัดที่ได้มาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5 เก็บรักษาผลผลิตในถุงอะลูมิเนียมแบบซีปล็อกปิดสนิท ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำไปวิเคราะห์คุณลักษณะด้านเคมีกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีต่อไป

3.4 การศึกษาผลผลิตหลังการสกัด

ผลผลิตหลังการสกัดคือ สัดส่วนของปริมาณผงจิ้งหรีดแห้งภายหลังการสกัดเทียบกับปริมาณผงจิ้งหรีดก่อนสกัดสามารถคำนวณเป็นร้อยละโปรตีนที่สกัดได้ตามสมการ ดังนี้

$$\text{ร้อยละผลผลิตที่สกัดได้} = [\text{ผลผลิตภายหลังการสกัด (กรัม)} / \text{ผลผลิตก่อนการสกัด (กรัม)}] \times 100$$

4. การวิเคราะห์ด้านเคมีกายภาพของผงจิ้งหรีด

4.1 การวิเคราะห์ค่าสีของผงจิ้งหรีด

วิเคราะห์ค่าสีของผงจิ้งหรีด (วัดค่า 3 ค่า) ด้วยเครื่อง colorimeter ระบบ CIE (L^* a^* b^*) (Hunterlab รุ่น MiniScanEZ ประเทศสหรัฐอเมริกา) ใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 โดยค่าความสว่าง (L^*) มีค่า 0 – 100 + a^* หมายถึงวัตถุมีสีแดง - a^* หมายถึงวัตถุมีสีเขียว + b^* หมายถึงวัตถุมีสีเหลือง และ - b^* หมายถึงวัตถุมีสีน้ำเงิน

4.2 การวิเคราะห์ค่า Water activity และค่าร้อยละความชื้นฐานเปียก

วิเคราะห์ค่า Water activity ด้วยเครื่องวัด a_w (Novasina รุ่น LabMaster-aw Neo ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) และค่าร้อยละความชื้นฐานเปียกด้วยเครื่อง moisture analyzer (Mettler Toledo รุ่น HC103 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

4.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการละลาย (solubility)

วิเคราะห์ความสามารถในการละลาย (solubility) ดัดแปลงตามวิธีการของ Jia *et al.* (2020) โดยนำผงจิ้งหรีดหลังการสกัด 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร และกวนผสมที่ 700 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ด้วย magnetic stirrer จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปปั่นแยกที่ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ด้วยเครื่อง centrifuge เพื่อแยกสารละลายด้านบนออก และนำตะกอนไปอบให้แห้งที่ 105 องศาเซลเซียสด้วยตู้อบลมร้อน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำหนักแห้งคงที่ บันทึกข้อมูลที่ได้ และคำนวณค่าความสามารถในการละลาย (กรัม/ลิตร) ด้วยสูตร ดังนี้

ความสามารถในการละลาย (กรัม/ลิตร) = น้ำหนักสารละลายหลังอบแห้ง/ปริมาตรน้ำกลั่น

4.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity)

วิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) ดัดแปลงตามวิธีการของ Ndiritu *et al.* (2017) โดยนำผงจิ้งหรีดหลังการสกัด 1 กรัม และน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร เติมน้ำในหลอด centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นจึงทำการปั่นเหวี่ยงที่ 2,060 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้เครื่อง centrifuge บันทึกข้อมูลที่ได้ และคำนวณหาค่า Water holding capacity (mL/g) ด้วยสูตร ดังนี้

Water holding capacity (mL/g) = (ปริมาตรของน้ำกลั่นที่เติม - ปริมาตรของน้ำกลั่นในตัวอย่างหลังปั่นเหวี่ยง)/น้ำหนักตัวอย่าง

4.5 การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับไขมัน (Fat absorption capacity)

วิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับไขมัน ดัดแปลงตามวิธีการของ Ndiritu *et al.* (2017) โดยนำผงจิ้งหรีดหลังการสกัด 0.3 กรัม และน้ำมันถั่วเหลือง 3 มิลลิลิตร เติมน้ำในหลอด centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นจึงทำการปั่นเหวี่ยงที่ 2,060 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้เครื่อง centrifuge จากนั้นเทสารละลายน้ำมันที่ลอยขึ้นด้านบนทิ้ง ซึ่งน้ำหนักส่วนที่เหลือ บันทึกข้อมูลที่ได้ และคำนวณหาค่าร้อยละการดูดซับไขมัน ด้วยสูตร ดังนี้

Fat absorption capacity (%) = $100 \times (\text{น้ำหนักตัวอย่างที่เหลือหลังปั่นเหวี่ยง} / \text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น})$

5. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis)

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด โดยใช้น้ำหนักผงจิ้งหรีดที่ไม่ได้ผ่านการสกัด น้ำหนักผงจิ้งหรีดที่ผ่านการสกัดด้วยเบส เอนไซม์โปรติเอส และเอทานอลเป็นน้ำหนักเริ่มต้น ตามลำดับ ดำเนินการวิเคราะห์โดยกลุ่มอาหารสุขภาพ กองอาหารและวัสดุสัมผัสอาหาร กรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยใช้วิธี Inhouse methods based on AOAC (2023); 934.01 928.08 920.39 900.02

6. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยรายงานเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ไพโรจน์, 2555) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 24

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลผลิตหลังการสกัดและการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีกายภาพของผงจิ้งหรีด

ผงจิ้งหรีดภายหลังการอบแห้งด้วยตู้อบความร้อน แสดงดังรูปที่ 1(a) มีความชื้น (moisture content) เท่ากับ ร้อยละ 3.67 ± 0.22 เมื่อวัดค่าสี ($L^* a^* b^*$) ได้ค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 30.93 ± 0.32 ค่าสีแดง - สีเขียว (a^*) เท่ากับ 2.83 ± 0.01 ค่าสีน้ำเงิน - เหลือง (b^*) เท่ากับ 12.83 ± 0.16 ตามลำดับ มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 35.3 กรัม/100 กรัม และไขมัน 18.2 กรัม/100 กรัม น้ำหนักสด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hanboonsong *et al.* (2001) พบว่า จิ้งหรีดมีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 21.5 (น้ำหนักสด) ซึ่งมากกว่า โปรตีนจากเนื้อสุกรและไข่ ในปริมาณร้อยละ 14.6 และ 13.0 ตามลำดับ อีกทั้ง การศึกษาของ Udomsil *et al.* (2019) พบว่า โปรตีนของจิ้งหรีดทองดำ (*Gryllus bimaculatus*) และสะตัง (*Acheta domesticus* (Linnaeus, 1758)) หรือจิ้งหรีดบ้าน มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 60 - 70 โดยน้ำหนักแห้งและมีปริมาณไขมัน เป็นองค์ประกอบร้อยละ 10 - 23 อย่างไรก็ตาม ปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกันของจิ้งหรีดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย อาทิ ชนิด สภาพแวดล้อมของการเลี้ยง อาหารหลักและอาหารเสริม รวมทั้งการให้น้ำของฟาร์มเลี้ยง

2. ผลการวิเคราะห์ด้านองค์ประกอบทางเคมีของผงจิ้งหรีด

2.1 ด้านเคมีกายภาพ

จากการสกัดผงจิ้งหรีดด้วยวิธีการสกัดแตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ การสกัดด้วยสารละลายเบส (0.5 M โซเดียมไฮดรอกไซด์) การสกัดด้วยเอนไซม์โปรติเอส และการสกัดด้วยเอทานอล (ความเข้มข้นร้อยละ 99.5) พบว่า ร้อยละผลผลิตหลังการสกัดมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังผลแสดงในตารางที่ 1 โดยการสกัดด้วยเอทานอล ให้ปริมาณ ร้อยละผลผลิตหลังการสกัดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 85.32 ± 0.12 อาจเนื่องจากการสกัดด้วยเอนไซม์และสารละลายเบส (0.5M NaOH) ใช้กระบวนการกำจัดไขมันของจิ้งหรีดทองดำด้วยวิธีเดียวกัน ซึ่งเริ่มจากการกำจัดไขมันแล้วทำการอบแห้ง จนกลายเป็นผงละเอียด จากนั้นนำส่วนผงมาสกัดโปรตีนต่อไป ซึ่งแตกต่างจากวิธีการสกัดโดยใช้เอทานอลที่สกัดไขมันออกไป อยู่ในส่วนของเหลวด้านบนและเก็บตะกอนทั้งหมดมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่า ในส่วน ตะกอนทั้งหมด นอกจากโปรตีนแล้วยังคงมีไขมันหรือส่วนประกอบทางเคมีอื่น ๆ หลงเหลืออยู่ในปริมาณมาก จึงทำให้ได้ ปริมาณร้อยละผลผลิตหลังการสกัดสูงสุด รองลงมาได้แก่ ผงจิ้งหรีดจากการสกัดด้วยสารละลายเบสและการสกัดด้วยเอนไซม์ โปรติเอสเท่ากับร้อยละ 76.24 ± 0.34 และ 52.15 ± 0.45 ตามลำดับ จะเห็นว่า การสกัดด้วยเอนไซม์โปรติเอสเก็บผลผลิต ในส่วนเหนือตะกอนจึงให้ร้อยละผลผลิตน้อยที่สุด วิธีการสกัดด้วยเอนไซม์โปรติเอสที่เลือกใช้ในการทดลองนั้นให้ผลผลิต สุดท้ายเป็นโปรตีนชนิดไฮโดรไลเซต ซึ่งเป็นโปรตีนที่ได้ผ่านการตัดพันธะเปปไทด์ของโปรตีนที่ต่อกันเป็นสายยาว ได้เป็น สายเปปไทด์ที่สั้นลง ซึ่งเกิดจากการควบคุมพีเอชหรือปริมาณเอนไซม์ต่อสารตั้งต้นเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาที่เหมาะสมต่อการย่อย โปรตีน สายเปปไทด์ที่สั้นลงจะสามารถเพิ่มสมบัติการละลายมากขึ้น (Sillero *et al.*, 2018) สอดคล้องกับผลการทดลอง ความสามารถในการละลาย (ตารางที่ 2) ผงจิ้งหรีดจากการสกัดด้วยเอนไซม์โปรติเอสให้ค่าความสามารถในการละลายมากที่สุด คือ 93.55 ± 0.12 กรัม/ลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับผงจิ้งหรีดที่ไม่ผ่านการสกัดและผ่านการสกัดด้วยวิธีอื่น ๆ ในส่วนการสกัด ด้วยสารละลายเบสที่ให้ร้อยละผลผลิตหลังการสกัดอยู่ในระดับค่อนข้างสูง (ร้อยละ 76.24) อาจเนื่องจากการสกัดนี้ มีอัตราส่วน NaOH ต่อผงจิ้งหรีด อุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมกับการสกัดในการทดลองนี้ จากการศึกษาของ Zhao *et al.* (2016) รายงานว่า เมื่อระดับความเข้มข้นของสารละลาย NaOH ต่ำ ๆ ร้อยละผลผลิตหลังการสกัดโปรตีนหนอนนก (Yellow mealworm) ก็น้อยตาม แต่เมื่ออัตราส่วนของสารละลาย NaOH ต่อผงจิ้งหรีด NaOH อุณหภูมิ และเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แนวโน้มของร้อยละผลผลิตเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ยิ่งที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย NaOH สูงขึ้น กำหนด อัตราส่วนของสารละลาย NaOH ต่อผงจิ้งหรีด NaOH อุณหภูมิ และเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นกลับทำให้ร้อยละผลผลิตน้อยลง

ร้อยละความชื้นของผงจิ้งหรีดหลังการสกัดทั้ง 3 วิธีผ่านการวิเคราะห์โดยเครื่อง moisture analyzer มีความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผงจิ้งหรีดที่ไม่ผ่านการสกัดให้ผลปริมาณความชื้นใกล้เคียงกับผงจิ้งหรีด

ที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอล (ร้อยละ 4.60 - 4.75) ซึ่งมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าผงจิ้งหรีดที่ผ่านการสกัดอีก 2 วิธี ซึ่งให้ค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 8.58 - 9.71 ไม่แตกต่างจากงานวิจัยเรื่องสมบัติเชิงหน้าที่ของผงจิ้งหรีดทองแดงลาย เพื่อใช้เป็น ส่วนผสมอาหารที่มีประสิทธิภาพของเอื้องพลอยและวุฒิชัย (2565) ที่พบว่า จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของไขมันของ จิ้งหรีดทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการสกัดโปรตีน มีปริมาณความชื้นในช่วงร้อยละ 6 - 7 และส่วนประกอบของไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 11 - 20 การที่ผงจิ้งหรีดมีปริมาณความชื้นลดลง นอกจากจะช่วยปรับปรุงด้านอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของสารสกัด แล้ว ยังทำให้ค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบอื่น ๆ ของผงเพิ่มขึ้นด้วย (Hassan *et al.*, 2024) อย่างไรก็ตาม ค่าปริมาณ น้ำอิสระ (a_w) ที่อยู่ในผงจิ้งหรีดทุกสิ่งทดลองมีค่าน้อยกว่า 0.6 ตรงตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่สามารถยืด ระยะเวลาการเก็บรักษาได้นานขึ้น เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระเป็นตัวกำหนดอายุการเก็บรักษาและความปลอดภัยของอาหาร หากมีค่าสูงกว่า 0.6 มีผลทำให้อาหารเสื่อมเสียจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Vibulsresth and Trevanich, 2003)

ผลการศึกษาลักษณะทั่วไปและค่าสีของผงจิ้งหรีดที่ไม่ผ่านกระบวนการสกัดและผ่านกระบวนการสกัดด้วย สารละลายเบส เอนไซม์ และเอทานอลแสดงดังรูปที่ 1 และตารางที่ 1 พบว่า ผงจิ้งหรีดที่ไม่ผ่านกระบวนการสกัดมีลักษณะ เป็นผงละเอียด สีน้ำตาล เนื่องจากสีโดยธรรมชาติของจิ้งหรีดทองคำที่นำมาทดลองเป็นสีดำทั้งตัว เมื่อผ่านการแช่เยือกแข็ง และอบแห้ง เป็นระยะเวลานานทำให้เกิดการเปลี่ยนสีเนื่องจากความร้อนกระตุ้นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ระหว่างน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugar) กับกรดอะมิโนของตัวจิ้งหรีด ทำให้สีน้ำตาลปรากฏขึ้น และเมื่อพิจารณา ค่าสีที่ได้จากเครื่องวัดสีจะเห็นว่า ผงจิ้งหรีดจากการสกัดทุกสิ่งทดลอง มีค่าความสว่าง (L^*) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผงจิ้งหรีดผ่านการสกัดด้วยเอทานอลมีความสว่างมากที่สุดเท่ากับ 45.25 ± 0.21 ในขณะที่ผงจิ้งหรีดผ่าน การสกัดด้วยสารละลายเบสมีความสว่างน้อยที่สุด (18.80 ± 0.06) อธิบายได้ว่า ผงจิ้งหรีดที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอลมีสี ค่อนข้างสว่างและมีสีที่อ่อนกว่าผงจิ้งหรีดที่สกัดด้วยเบสและเอนไซม์ (ตามรูปที่ 1) สาเหตุเนื่องจากเอทานอลจัดเป็น สารละลายกลุ่มไม่มีขั้วที่มีความสามารถในการเป็นตัวทำละลายรงควัตถุในแมลงได้ (Kim *et al.*, 2021) เมื่อใช้ความเข้มข้นสูง และระยะเวลานานในการสกัดจึงทำให้รงควัตถุต่าง ๆ ละลายออกจากแมลงไปมากในระหว่างกระบวนการสกัดในส่วนของ a^* บ่งบอกถึงค่าสีเขียว - สีแดง จะเห็นได้ชัดเจนว่า เมื่อผ่านกระบวนการสกัด ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผงจิ้งหรีดผ่านการสกัดด้วยเอนไซม์โปรติเอสมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 10.57 ± 0.01 เมื่อเปรียบเทียบกับ การสกัด อีก 2 วิธี อย่างไรก็ตาม ลักษณะสีที่แตกต่างกันนั้นไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลผลิตที่จะนำไปใช้ต่อไป

ผลของความสามารถในการละลายของผงจิ้งหรีดผ่านการสกัดด้วยเอนไซม์โปรติเอสมากที่สุด (93.55 ± 0.12) เนื่องจากการย่อยสลายของพันธะเปปไทด์ในโปรตีนทำให้กรดอะมิโนแสดงความเป็นขั้วลบมากขึ้น ส่งผลให้ความสามารถใน การสร้างพันธะไฮโดรเจนกับกับน้ำได้ดีขึ้น และทำให้ละลายน้ำได้มากขึ้น (Yu *et al.*, 2015) ในขณะที่ผงจิ้งหรีดผ่านการสกัด ด้วยเอทานอลที่ความสามารถในการละลายน้อยที่สุด (7.77 ± 0.20) และมีค่าน้อยกว่าผงจิ้งหรีดที่ไม่ผ่านการสกัด ทั้งนี้ อาจ เนื่องจากกระบวนการสกัดไม่ได้ใช้เครื่องปริมาณไขมันยังคงมีอยู่จำนวนมาก (ตารางที่ 2) ทำให้ไปปิดกั้นความสามารถใน การละลายของโปรตีนให้ลดลง เช่นเดียวกับความสามารถในการดูดซับไขมัน เนื่องจากผงจิ้งหรีดผ่านการสกัดด้วยเอทานอล ยังคงมีองค์ประกอบของไขมันสูงถึง 23.4 กรัม ทำให้สามารถดูดซับไขมันได้ดีมากกว่าวิธีอื่น ๆ เนื่องจากความไม่มีขั้วของกัน และกัน ในส่วนของความสามารถในการอุ้มน้ำของผงจิ้งหรีดมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ไปในทิศทาง เดียวกันกับความสามารถในการละลาย ผงจิ้งหรีดผ่านการสกัดด้วยเอนไซม์โปรติเอสมีความสามารถละลายมากที่สุด จึงมีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยกว่าผงจิ้งหรีดที่ผ่านการสกัดด้วยเบสและเอทานอล



รูปที่ 1 ผงจิ้งหรีดที่ไม่ผ่านกระบวนการสกัด (a) และผ่านกระบวนการสกัดด้วยสารละลายเบส (b) เอนไซม์ (c) และเอทานอล (d)

ตารางที่ 1 คุณภาพทางเคมีกายภาพของผงจิ้งหรีดที่ไม่ผ่านการสกัดและผ่านกระบวนการสกัดที่ต่างกัน

ค่าคุณภาพ	ผงจิ้งหรีดไม่ผ่าน การสกัด	ผงจิ้งหรีดผ่านการสกัด ด้วยสารละลายเบส	ผงจิ้งหรีดผ่านการ สกัดด้วยเอนไซม์ โปรติเอส	ผงจิ้งหรีดผ่านการสกัดด้วย เอทานอล
ร้อยละผลผลิตหลังการสกัด	-	76.24 ± 0.34 ^b	52.15 ± 0.45 ^c	85.32 ± 0.12 ^a
ร้อยละความชื้นฐานเปียก	4.60 ± 0.08 ^c	9.71 ± 0.44 ^a	8.58 ± 0.28 ^b	4.75 ± 0.02 ^c
ปริมาณน้ำอิสระ (a _w)	0.42 ± 0.01 ^b	0.57 ± 0.00 ^a	0.36 ± 0.00 ^c	0.37 ± 0.00 ^c
ความสว่าง (L*)	30.93 ± 0.32 ^c	18.80 ± 0.06 ^d	38.13 ± 0.05 ^b	45.25 ± 0.21 ^a
สีเขียว - สีแดง (a*)	2.83 ± 0.01 ^d	6.07 ± 0.03 ^b	10.57 ± 0.01 ^a	3.04 ± 0.01 ^c
สีน้ำเงิน - สีเหลือง (b*)	12.83 ± 0.16 ^c	15.14 ± 0.29 ^b	32.45 ± 0.23 ^a	15.95 ± 0.06 ^b
ความสามารถในการละลาย	15.78 ± 0.11 ^c	18.10 ± 0.13 ^b	93.55 ± 0.12 ^a	7.77 ± 0.20 ^d
ความสามารถในการอุ้มน้ำ	15.78 ± 0.11 ^a	5.59 ± 0.31 ^b	0.64 ± 0.02 ^c	5.69 ± 0.58 ^b
ความสามารถในการดูดซับไขมัน	219.33 ± 2.28 ^d	319.67 ± 3.68 ^b	253.67 ± 1.34 ^c	352.00 ± 0.47 ^a

หมายเหตุ ^{a-d} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.2 ด้านองค์ประกอบทางเคมี

นำผงจิ้งหรีดที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการสกัดที่ต่างกันไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการตามวิธีข้อ 3.4 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า เมื่อผ่านกระบวนการสกัดด้วยวิธีต่าง ๆ พบว่า มีปริมาณโปรตีนมากขึ้นกว่าผงจิ้งหรีดที่ไม่ผ่านการสกัด โดยผงจิ้งหรีดที่ผ่านการสกัดด้วยเอนไซม์โปรติเอสมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นร้อยละ 43.91 ผงจิ้งหรีดผ่านการสกัดด้วยสารละลายเบสและเอทานอลมีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกันคือ เพิ่มขึ้นร้อยละ 21 - 22 เทียบกับการไม่ผ่านการสกัด อย่างไรก็ตาม ปริมาณโปรตีนที่รายงานนั้นอาจมีส่วนประกอบของปริมาณโปรตีนจาก alkaline protease รวมอยู่บ้าง เนื่องจากผู้วิจัยยังไม่ได้มีการพิสูจน์ให้แน่ชัดว่าความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส 15 นาที สามารถทำให้ alkaline protease ตกตะกอนไปพร้อมกับส่วนผงจิ้งหรีดที่เหลือจากการย่อยได้ และอาจจะต้องมีวิธีการทดลองในส่วนนี้เพิ่มเติมเพื่อให้นักวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ในส่วนของปริมาณความชื้นของผงจิ้งหรีดที่ผ่านกระบวนการสกัด วิเคราะห์โดยวิธี In-house methods based on AOAC (2023); 934.01 พบว่าอยู่ในช่วงร้อยละ 5.97 - 10.20 ค่าที่ต่างกันอาจเนื่องมาจากสารเคมีและวิธีการสกัดที่แตกต่าง สอดคล้องกับการศึกษาการสกัดโปรตีนและไขมันจิ้งหรีด (*Gryllidae* (Laicharting, 1781)) ของ Amarender *et al.* (2020) ที่สกัดไขมันโดยใช้เอทานอลและนำมาสกัดโปรตีนต่อโดยใช้ NaOH เปรียบเทียบกับ Ascorbic acid ที่พบว่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 3.1 - 11.6 อีกทั้ง อาจเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างกระบวนการสกัด

อาทิ ความสามารถในการทำละลายแร่ธาตุ ความสามารถในการตัดพันธะเปปไทด์ของเอนไซม์ เป็นต้น จึงทำให้องค์ประกอบทางเคมีของผงจิ้งหรีดเปลี่ยนแปลงไป

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของผงจิ้งหรีดที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการสกัดที่แตกต่างกัน

รายการวิเคราะห์ (ปริมาณต่อ 100 กรัมน้ำหนัก เปียก)	ผงจิ้งหรีดไม่ผ่าน กระบวนการสกัด	ผงจิ้งหรีดผ่านการ สกัดด้วยสารละลายเบส	ผงจิ้งหรีดผ่านการสกัด ด้วยเอนไซม์โปรติเอส	ผงจิ้งหรีดผ่านการสกัด ด้วยเอทานอล
ความชื้น (กรัม) ^{1(d)}	3.36	8.33	10.20	5.97
ไขมัน (กรัม) ^{1(b)}	18.20	18.40	11.30	23.40
โปรตีน (N x 4.76) ^{1(c)} (กรัม)	35.30	43.00	50.80	42.70
เถ้า (กรัม) ^{1(a)}	3.12	2.15	4.98	14.10
ร้อยละโปรตีนที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ การไม่ผ่านกระบวนการสกัด	-	21.81	43.91	20.96

หมายเหตุ ผลการวิเคราะห์ทดสอบรายงานจากกลุ่มอาหารสุขภาพ กองอาหารและวัสดุสัมผัสอาหาร กรมวิทยาศาสตร์บริการ

วิธีทดสอบ 1. Inhouse methods based on AOAC (2023) 900.02^(a), 920.39^(b), 928.08^(c) and 934.01^(d)

2. ใช้ค่า Factor จาก Hirsch *et al.* (2019) ในการแปลงค่าไนโตรเจนเป็นโปรตีน (Protein = N x 4.76)

สรุปผลการวิจัย

การสกัดผงจิ้งหรีดด้วยกรรมวิธีการสกัดที่แตกต่างกันทำให้ทราบถึงความเข้มข้น องค์ประกอบทางเคมี และคุณลักษณะของผงจิ้งหรีด ซึ่งการสกัดผงจิ้งหรีดเป็นการดัดแปรสมบัติเชิงหน้าที่และคุณลักษณะของผงจิ้งหรีด ทำให้สามารถเพิ่มคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของผง ได้แก่ ความสามารถในการละลายและคุณสมบัติด้านสีที่ดีขึ้น อีกทั้งผลิตภัณฑ์น้ำมันจิ้งหรีด (By product) ที่ถูกกำจัดออกยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภคเป็นส่วนประกอบของอาหารหรือการประยุกต์ใช้เป็นองค์ประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อันเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากจิ้งหรีดในเชิงพาณิชย์ อย่างไรก็ตามงานวิจัยชิ้นนี้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการพิสูจน์ที่ว่าสามารถกำจัด alkaline protease ออกไปอย่างสมบูรณ์ภายหลังจากกระบวนการสกัดด้วยเอนไซม์และได้โปรตีนชนิดไฮโดรไลเซตที่แท้จริง เพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซึมของโปรตีนในร่างกายที่ดีหากนำไปเป็นส่วนประกอบของอาหารต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณกรมวิทยาศาสตร์บริการที่ให้การสนับสนุนงบประมาณงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- พงศ์พิพัฒน์ สนม และกมลวรรณ แจ่มชัด. (2563). ผลของจิ้งหรีดผง โปรตีนถั่วเหลืองสกัด และแซนแทนกัมที่มีต่อคุณภาพคุกกี้แบ่งข้าวเจ้า. วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร 14(2): 72 - 84.
- ลีลา กัญญกานนท์ และจารึก ศักดิ์วัฒนกำจร. (2545). ชีวิตวิทยาจิ้งหรีดเพื่อพัฒนาจัดการเพาะเลี้ยง. รายงานการประชุมวิชาการ ป่าไม้ประจำปี 2545. 341 - 349.
- สุนีย์ สหัสโพธิ์. (2563). โปรตีนจากพืชหรือโปรตีนจากสัตว์ที่ดีต่อสุขภาพ. วารสารเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 2(2): 97 - 101.
- สุดา ชูถิ่น, กาญจนา เหลืองสุวาลัย และอังสุมา แก้วคต. (2567). ผลของการใช้ผงจิ้งหรีดและแบ่งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำทดแทนแป้งสาลีต่อคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของคุกกี้เนยกระเทียม. วารสารวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเกษตร 55(2): 122 - 136.

- Amarender, R.V., Bhargava, K., Dossey, A.T. and Gamagedara, S. (2020). Lipid and protein extraction from edible insects – Crickets (*Gryllidae*). LWT- Food Science and Technology 125: 109222. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109222
- AOAC International. (2023). Official methods of analysis of AOAC INTERNATIONAL. (22nd ed). Maryland, U.S.A.
- Cunha, N., Andrade, V., Macedo, A., Ruivo, P. and Lima, G. (2025). Methods of Protein Extraction from House Crickets (*Acheta domesticus*) for Food Purposes. Foods 14(7): 1164.
- De Geer, C. (1773). In Mémoires pour servir à l'histoire des insectes. Pierre Hesselberg, Stockholm 696(3): 44.
- Gahukar, R.T. (2011). Entomophagy and human food security. International Journal of Tropical Insect Science 31(3): 129 – 144.
- Hall, F.G., Jones, O.G., O’Haire, M.E. and Liceaga, A.M. (2017). Functional properties of tropical banded cricket (*Gryllodes sigillatus*) protein hydrolysates. Food Chemistry 224: 414 – 422 doi: 10.1016/j.foodchem.2016.11.138.
- Hanboonsong, Y., Rattanapan, A. Waikakul, Y. and Liwavanich, A. (2001). Edible Insect Survey in Northeastern Thailand. Khon Kaen Agriculture Journal 29(1): 35 - 44.
- Hassan, S.A., Altemimi, A.B., Hashmi, A.A., Shahzadi, S., Mujahid, W., Ali, A., Bhat, Z.F., Naz, S., Nawaz, A., Abdi, G. and Aadil, R.M. (2024). Edible crickets, as a possible way to curb protein-energy malnutrition: Nutritional status, food applications, and safety concerns. Food Chemistry: X 23: 101533. doi: 10.1016/j.fochx.2024.101533.
- Hirsch, A., Cho, Y.H., Kim, Y.H.B. and Jones, O.G. (2019). Contributions of protein and milled chitin extracted from domestic cricket powder to emulsion stabilization. Current Research in Food Science 1: 17 - 23. doi: 10.1016/j.crfs.2019.09.002.
- Jia, C., Cao, D., Ji, S., Lin, W., Zhang, X. and Muhoza, B. (2020). Whey protein isolate conjugated with xylooligosaccharides via maillard reaction: Characterization, antioxidant capacity, and application for lycopene microencapsulation. LWT- Food Science and Technology 118: 108837. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108837.
- Kim, T.K., Yong, H.I., Kim, Y.B., Jung, S., Kim, H.W. and Choi, Y.S. (2021). Effects of organic solvent on functional properties of defatted proteins extracted from *Protaetia brevitarsis* larvae. Food Chemistry 336: 127679. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127679.
- Laicharting, J.N.E. (1781). Verzeichniß und Beschreibung der Tyroler-Insecten I Theil Käferartige Insecten I Band. In SUB Göttinger Digitalisierungszentrum (online). Source: <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/reference?id=2081>. Retrieved date 19 April 2025.
- Linnaeus, C.N. (1758). In Systema Naturae per Regna tria naturae (10th ed.). Holmiae. 1: 824.
- Mishyna, M., Chen, J., and Benjamin, O. (2019). Sensory attributes of edible insects: A comprehensive review, trends and future prospects. Food Research International 126: 108672.
- Ndiritu, A.K., Kinyuru, J.N., Kenji, G.M. and Gichuhi, P.N. (2017). Extraction technique influences the Physico-chemical characteristics and functional properties of edible crickets (*Acheta domesticus*) protein concentrate. Journal of Food Measurement and Characterization 11(4): 2013 – 2021.

- Osimani, A., Milanovic, 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 and Emerging Technologies* 48: 150 – 163. doi: 10.1016/j.ifset.2018.06.007.
- Pawlak, R., Lester, S.E. and Babatunde, T. (2014). The prevalence of cobalamin deficiency among vegetarians assessed by serum vitamin B12: a review of literature. *European Journal of Clinical Nutrition* 68: 541 - 548. doi: 10.1038/ejcn.2014.46.
- Rumpold, B.A. and Schlüter, O.K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research* 57(5): 802 - 823. doi: 10.1002/mnfr.201200735.
- Sillero, J., Gharsallaoui, A. and Prentice, C. (2018). Peptides from Fish By-product Protein Hydrolysates and Its Functional Properties: an Overview. *Marine Biotechnology* 20: 118 - 130.
- Udomsil N., Imsoonthornruksa, S., Gosalawit, C. and Ketudat-Cairns, M. (2019). Nutritional Values and Functional Properties of House Cricket (*Acheta domesticus*) and Field Cricket (*Gryllus bimaculatus*). *Food Science and Technology Research* 25(4): 597 - 605. doi: 10.3136/fstr.25.597.
- Vibulsresth P., and Trevanich S. (2003). Microorganism in Food. In. *Food Science and Technology*. Bangkok: Kasetsart University Publishing. 48 - 64.
- Yi, L., Lakemond, C. M. M., Sagis, L. M. C., Eisner-Schadler, V., van Huis, A., and van Boekel, M. A. J. S. (2013). Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chemistry* 141(4): 3341 -3348. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.05.115.
- Yu, L., Yang, W., Sun, J., Zhang, C., Bi, J. and Yang, Q. (2015). Preparation, Characterization and Physicochemical Properties of the Phosphate Modified Peanut Protein Obtained from *Arachin Conarachin* L. *Food Chemistry* 170: 169 - 179. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.08.047.
- Zhao, X., Vázquez-Gutiérrez, J.L., Johansson, D.P., Landberg, R., and Langton, M. (2016). Yellow Mealworm Protein for Food Purposes - Extraction and Functional Properties. *PLoS ONE* 11(2): e0147791. doi: 10.1371/journal.pone.0147791.

