

ผลของปริมาณความชื้นต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันและคุณภาพทางเคมีของน้ำมันจิ้งหรีดทองคำ
ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการบีบอัดแบบสกรู

Effect of Moisture Content on Oil Extraction Efficiency and Chemical Quality of
Field Cricket (*Gryllus bimaculatus*) Oil Extracted by Screw Pressing

อรัญศิญา กิกสันเทียะ¹ เดือนเพ็ญ วงศ์สอน¹ นุจรี สอนสะอาด² อรรถนพ ทศนอุดม³ และ เขียวพา ความหมั่น^{1*}

Aransiya Kiksanthia¹ Duanpen Wongsorn¹ Nootjaree Sonsa-ard² Unnop Tassanaudom³ and Yaowapa Kwamman^{1*}

¹คณะนวัตกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

²คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

³คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

¹Faculty of Agricultural Innovation and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima

²Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus

³Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanulok

*E-mail: yaowapa.kw@rmuti.ac.th

Received: Aug 09, 2023

Revised: Dec 04, 2023

Accepted: Dec 12, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณความชื้นต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำมัน และคุณภาพทางเคมีของน้ำมันจิ้งหรีดทองคำที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการบีบอัดแบบสกรู โดยทำการอบตัวอย่างจิ้งหรีดทองคำในตู้อบลมร้อนแบบภาคที่อุณหภูมิ 50±5 องศาเซลเซียส และสุ่มตัวอย่างที่ระยะเวลาต่างกัน คือ 0, 3, 5, 7 และ 9 ชั่วโมงหลังการอบ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณความชื้น และทำการบีบน้ำมันที่อุณหภูมิ 100±5 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบของสกรูในการบีบ 48 รอบต่อนาที จากนั้นคำนวณร้อยละของผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ (% oil yield) และร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้จากน้ำมันทั้งหมด (% oil recovery) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการสกัดน้ำมัน รวมทั้งวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำมัน ซึ่งได้แก่ ค่าเพอร์ออกไซด์ และค่ากรด จากผลการทดลองพบว่าระยะเวลาในการอบจิ้งหรีดทองคำมีผลต่อค่าความชื้นของจิ้งหรีดทองคำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยจิ้งหรีดทองคำมีความชื้นเริ่มต้น (0 ชั่วโมง) ร้อยละ 62-63 และลดลงเหลือร้อยละ 3-4 หลังจากอบเป็นเวลานาน 9 ชั่วโมง จากการบีบน้ำมันจากจิ้งหรีดทองคำพบว่าความชื้นของตัวอย่างจิ้งหรีดทองคำมีผลต่อ % oil yield และ % oil recovery อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าตัวอย่างจิ้งหรีดทองคำที่มีความชื้นต่ำกว่ามีแนวโน้มที่จะให้ % oil yield และ % oil recovery ที่สูงกว่า และตัวอย่างจิ้งหรีดทองคำที่มีความชื้นตั้งแต่ร้อยละ 28 ขึ้นไปไม่สามารถบีบน้ำมันออกมาได้ ค่า % oil yield และ % oil recovery สูงสุดพบได้จากการสกัดน้ำมันจากตัวอย่างจิ้งหรีดทองคำที่อบไล่ความชื้นเป็นเวลานาน 7 ชั่วโมง จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำมันที่สกัดได้ พบว่า น้ำมันจิ้งหรีดทองคำจากทุกชุดการทดลองมีค่าเพอร์ออกไซด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีค่ากรดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อระยะเวลาในการอบตัวอย่างนานขึ้น อย่างไรก็ตามค่าเพอร์ออกไซด์และค่ากรดของน้ำมันจิ้งหรีดทองคำจากทุกชุดการทดลองยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของน้ำมันและไขมันสำหรับการบริโภค (มอก. 47-2561)

คำสำคัญ: น้ำมันจิ้งหรีดทองคำ ปริมาณความชื้น การสกัดน้ำมัน การบีบอัดแบบสกรู

Abstract

The objective of this research was to study the effect of moisture content on oil extraction efficiency and chemical quality of field cricket (*Gryllus bimaculatus*) oil extracted by screw pressing. The field cricket samples were dried in a tray dryer at $50\pm 5^{\circ}\text{C}$ and randomly selected at different times of 0, 3, 5, 7 and 9 h after drying to analyze the moisture content. The dried field cricket samples of each experiment were subjected to oil extraction by screw pressing at $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ using a compression speed of 48 rpm. The percentage of oil yield (% oil yield) and percentage of oil recovery (% oil recovery), indicating oil extraction efficiency, were determined. Chemical quality of the field cricket oils including peroxide value and acid value were also analyzed. The results revealed that the drying time had a statistically significant effect on the moisture content of the field crickets ($p < 0.05$). The initial moisture content of the field crickets (0 h) was 62-63% and decreased to 3-4% after drying for 9 h. From the field cricket oil extraction, it was found that the moisture content of the field cricket samples had a statistically significant effect on % oil yield and % oil recovery ($p < 0.05$). The field cricket samples with lower moisture content tended to give higher % oil yield and % oil recovery. Oil could not be extracted from the field cricket samples with moisture content of 28% and above. The highest % oil yield and % oil recovery were obtained from oil extraction of the field cricket samples being dried for 7 h. From the chemical quality analysis of the extracted oils, it was found that the peroxide values of the field cricket oils from all treatments were not significantly different ($p > 0.05$) but their acid values increased significantly ($p < 0.05$) proportional to drying time. However, peroxide values and acid values of the field cricket oils from all treatments were still within the standards for edible fats and oils (Tis no. 47-2561).

Keywords: Field cricket oil, Moisture content, Oil extraction, Screw pressing

1. บทนำ

แมลงกินได้ (edible insects) จัดเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งถูกจัดเป็นอาหารฟังก์ชัน (functional foods) จากการรายงานวิจัยเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในรูปของน้ำหนักแห้ง พบว่ามีปริมาณโปรตีนและปริมาณไขมันเฉลี่ยถึงร้อยละ 13-77 และ 10-68 ตามลำดับ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของแมลง [1] จากการรายงานพบว่าแมลงยังเป็นแหล่งของไขมันที่ดีที่เหมาะสมแก่การนำมาบริโภค จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของแมลงที่บริโภคได้ในจังหวัดกาฬสินธุ์ คือ แมลงสะตัง (house cricket) จิ้งหรีดทองดำ (field cricket) แมลงกินูน (scarab beetle) แมลงตับเต่า (true water beetles) แมลงกระซอน (mole cricket) แม่เป้ง (red ant queen) แมลงดานา (giant water bug) มดแดง (red ant worker) แมลงแคง (stink bugs) และดักแด้ไหม (silkworm pupae) พบว่า ปริมาณไขมันของแมลงมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 6.4-29.6 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งแมลงทุกชนิดมีกรดไขมันที่จำเป็น (linoleic acid และ α -linolenic acid) โดยพบว่าจิ้งหรีดทองดำมีปริมาณไขมันร้อยละ 25 โดยมีปริมาณกรดไขมัน α -linolenic acid (18:3

n-3: โอเมกา-3) สูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 1537.99 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง และมีปริมาณกรดไขมัน α -linolenic acid และ linoleic acid รวมกันเท่ากับ 3,288.02 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โดยคิดเป็นร้อยละ 39.11 โดยมีอัตราส่วน n-3/n-6 เท่ากับ 0.88 [2] ซึ่งอัตราส่วนระหว่าง n-3/n-6 มีค่าสูงนั้นจะเป็นประโยชน์ในการชะลอหรือลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ลดการอักเสบทั้งหลาย [3] รวมทั้งลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งชนิดต่าง ๆ [4] ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าแมลงเป็นแหล่งน้ำมันที่ดีและมีศักยภาพที่สามารถผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

การสกัดน้ำมันมีหลายวิธี โดยแต่ละวิธีให้ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมัน และคุณภาพของน้ำมันแตกต่างกัน วิธีการบีบอัดแบบสกรู (screw pressing) เป็นอีกวิธีหนึ่งในการสกัดน้ำมันที่ได้รับความนิยมซึ่งเหมาะกับวัตถุดิบน้ำมัน โดยเฉพาะกลุ่มเมล็ดพืชไขมัน เนื่องจากมีข้อดีคือน้ำมันที่สกัดได้สามารถนำไปบริโภคได้โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ (oil refining) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าข้อจำกัดของการบีบอัดแบบสกรูคือตัวอย่างที่จะบีบน้ำมันจำเป็นต้องมีปริมาณความชื้นที่เหมาะสมจึงจะสามารถใช้วิธีการดังกล่าวได้ จากการรายงาน

ผลการทดลองของ Martinez et al. [5] พบว่า ความชื้นของเมล็ดงาที่ใช้สกัดน้ำมันเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเมล็ดงามีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 12 พบว่าให้ประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันได้สูง และมีประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันลดลง เมื่อความชื้นตัวอย่างเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 17 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ Martinez et al. [6] ซึ่งทำการสกัดน้ำมันด้วยวิธีการบีบน้ำมันจากเมล็ดวอลนัท (walnut) และเมล็ดอัลมอนด์ (almond) พบว่าความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมัน (% oil yield) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเพิ่มความชื้นในเมล็ดอัลมอนด์จากร้อยละ 9 และ 10 เป็นร้อยละ 11 ปริมาณผลผลิตน้ำมันมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จากร้อยละ 68-70 เป็นร้อยละ 61 ในขณะที่การสกัดน้ำมันจากเมล็ดวอลนัท พบว่าเมล็ดวอลนัทที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.50 สามารถสกัดน้ำมันได้ปริมาณผลผลิตน้อยกว่าเมล็ดวอลนัทที่มีปริมาณความชื้น 7.75 แต่เมื่อเมล็ดวอลนัทมีความชื้นร้อยละ 10 พบว่าปริมาณผลผลิตลดลง ($p < 0.05$) จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าความชื้นเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ โดยวัตถุดิบแต่ละชนิดมีปริมาณความชื้นที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันด้วยวิธีการบีบอัดแบบสกรูที่แตกต่างกัน สำหรับประสิทธิภาพการสกัดน้ำมัน (oil extraction efficiency) สามารถพิจารณาได้จากค่าร้อยละของผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ (% oil yield) และร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้จากน้ำมันทั้งหมด (% oil recovery) เมื่อวิธีการการสกัดน้ำมันใดมีค่า % oil yield และ % oil recovery สูง แสดงว่าวิธีการสกัดน้ำมันนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีในการสกัดน้ำมัน โดย % oil yield คำนวณได้จากปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากตัวอย่างเทียบกับปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ในการสกัดคูณด้วย 100 สำหรับค่า % oil recovery คำนวณได้จากปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากตัวอย่างเทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดที่มีอยู่ในตัวอย่างเริ่มต้นคูณด้วย 100 [7]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณความชื้นของตัวอย่างจิ้งหรีดทองดำ (*Gryllus bimaculatus*) ที่ผ่านการอบที่ระยะเวลาต่างกัน (0, 3, 5, 7 และ 9 ชั่วโมง) ต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำมัน (% oil yield และ % oil recovery) และคุณภาพทางเคมีของน้ำมันจิ้งหรีดทองดำที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการบีบอัดแบบสกรู โดยคุณภาพทางเคมีของน้ำมันจิ้งหรีดทองดำในการศึกษานี้พิจารณาจากค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value) และค่ากรด (acid value)

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของจิ้งหรีดทองดำ

การเตรียมตัวอย่างจิ้งหรีดทองดำ ก่อนนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ทำโดยนำตัวอย่างจิ้งหรีดทองดำแช่แข็ง (ซื้อจากธนาบ้านสวนฟาร์ม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดนครราชสีมา) มาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง (นาน 2-3 ชั่วโมง) ทิ้งให้สะเด็ดน้ำและให้อุณหภูมิห้องเท่ากับอุณหภูมิห้อง (33 ± 3) จากนั้นอบจิ้งหรีดด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (tray dryer) ที่อุณหภูมิ 50 ± 5 องศาเซลเซียส นาน 7 ชั่วโมง และทำการบดตัวอย่างให้ละเอียดด้วยเครื่องบดแห้งก่อนนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต โดยองค์ประกอบทางเคมีรายงานเป็นร้อยละค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ

2.1.1. ปริมาณความชื้น

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีของ Association Official Analytical Chemists (AOAC) [8] ทำโดยชั่งตัวอย่างจิ้งหรีดทองดำ 1 กรัม ใส่ในถ้วยหาคความชื้นที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นนำตัวอย่างอบในตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างใส่โถดูดความชื้น (desiccator) นาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนัก จากนั้นนำตัวอย่างเข้าอบอีกรอบ ทำซ้ำจนน้ำหนักตัวอย่างคงที่ นำน้ำหนักที่ชั่งได้มาคำนวณตามสมการดังนี้

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

2.1.2. ไขมัน

การวิเคราะห์ไขมันตามวิธีของ AOAC [8] ทำโดยชั่งตัวอย่างจิ้งหรีดทองดำ 1 กรัม ใส่ในทริมเบล (thimble) จากนั้นนำตัวอย่างใส่ในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน เติมเฮกเซน (hexane) ทำการสกัดน้ำมัน นาน 4 ชั่วโมง จากนั้นทำการระเหยเฮกเซนออก และนำหลอดตัวอย่างตัวอย่างที่มีน้ำมันอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อหาน้ำหนักคงที่ จากนั้นคำนวณตามสมการดังนี้

$$\text{ไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{M_2}{M_1} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ M_1 = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)
 M_2 = น้ำหนักน้ำมัน (กรัม)

2.1.3. โปรตีน

การวิเคราะห์โปรตีนใช้วิธี Kjeldahl method [8] ซึ่งทำโดยชั่งตัวอย่างจึงหรีดทองคำ 1 กรัม ใส่ในหลอดย่อยโปรตีน เติมสารเร่งปฏิกิริยาและกรดซัลฟิวริก (sulfuric acid) นำเข้าเครื่องย่อยโปรตีนที่อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียสย่อยจนสมบูรณ์ จากนั้นนำเข้าเครื่องกลั่นและนำไปตัวอย่างไปไทเตรต (titration) กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) ความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล (N) จนถึงจุดยุติ จากนั้นทำการคำนวณปริมาณไนโตรเจนตามสมการดังนี้

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ)} = \frac{(a-b) \times N \times 14.007}{W} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ a = ปริมาณของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเตรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
 b = ปริมาณของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเตรตแบลนค์ (blank) (มิลลิลิตร)
 N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (นอร์มอล)
 W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

เมื่อได้ปริมาณไนโตรเจนแล้วให้นำมาคำนวณปริมาณโปรตีนตามสมการดังนี้

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน} \times 5.09 \quad (4)$$

เมื่อ 0.59 = conversion factor สำหรับจึงหรีดทองคำ (อ้างอิงจากการทดลองของ Ritvanen et al. [9])

2.1.4. เถ้า

การวิเคราะห์เถ้าตามวิธีของ AOAC [8] ทำโดยชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ลงในถ้วยกระเบื้อง (crucible) ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำไปเผาบนเตาไฟฟ้าไร้ควันจนหมด จากนั้นนำไปเผาต่อในเตาเผา (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 ชั่วโมง ปิดเตาเผา ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณตามสมการดังนี้

$$\text{เถ้า (ร้อยละ)} = \frac{M_2}{M_1} \times 100 \quad (5)$$

เมื่อ M_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)
 M_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

2.1.5. เยื่อใย

การวิเคราะห์เยื่อใยตามวิธีของ AOAC [8] ทำโดยชั่งตัวอย่างจึงหรีดที่สกัดน้ำมันออกแล้ว 1 กรัม จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยหยาบ (crude fiber) โดยวิธีการย่อยตัวอย่างด้วยสารละลายกรดและด่างตามสภาวะที่กำหนด จากนั้นนำส่วนที่เหลือจากการย่อยไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง และทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนัก นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง และทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก และนำน้ำหนักของตัวอย่างที่เหลืออยู่ คำนวณตามสมการที่ 6 เพื่อหาส่วนที่หายไปหลังจากการเผา ซึ่งก็คือปริมาณเยื่อใยหยาบ

$$\text{เยื่อใย (ร้อยละ)} = \frac{F_2 - F_3}{F_1} \times 100 \quad (6)$$

เมื่อ F_1 = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)
 F_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)
 F_3 = น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

2.1.6. คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตสามารถคำนวณได้ตามสมการ ดังนี้

$$\text{คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)} = 100 - (\text{ความชื้น} + \text{โปรตีน} + \text{ไขมัน} + \text{เถ้า} + \text{เยื่อใย}) \quad (7)$$

2.2. การเตรียมตัวอย่างจึงหรีดทองคำอบแห้งก่อนการสกัดน้ำมัน

นำตัวอย่างจึงหรีดทองคำแช่แข็งมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง (นาน 2-3 ชั่วโมง) ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ และให้อุณหภูมิจึงหรีดเท่ากับอุณหภูมิห้อง (33 ± 3) จากนั้นอบจึงหรีดด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 ± 5 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างที่ชั่วโมงที่ 0, 3, 5, 7 และ 9 ชั่วโมง หลังจากการอบ (Table 1) เพื่อวัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด (Sartorius MA160 Infrared Moisture Balance, ประเทศเยอรมัน)

Table 1 Drying times of field crickets used in this study

Treatment	Drying temperature (°C)	Drying time (h)
1	50±5	0
2	50±5	3
3	50±5	5
4	50±5	7
5	50±5	9

2.3. การสกัดน้ำมันจากจิ้งหรีดทองคำอบแห้งด้วยเครื่องบีบอัดแบบสกรู

นำตัวอย่างจิ้งหรีดทองคำที่ผ่านการอบแห้งแล้วของแต่ละชุดการทดลองปริมาณ 100 กรัม มาสกัดน้ำมันด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรู (Screw pressing รุ่น X1, ประเทศจีน) ที่อุณหภูมิ 100±5 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบของสกรูในการบีบ 48 รอบต่อนาที โดยตัวอย่างถูกสกัดน้ำมันจำนวน 2 รอบ จากนั้นชั่งตัวอย่างน้ำมันจิ้งหรีดทองคำที่ได้ เพื่อนำไปคำนวณค่าร้อยละของผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ (% oil yield) และค่าร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้จากน้ำมันทั้งหมด (% oil recovery) จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำมันจิ้งหรีดในขวดสีชา โดยบรรจุน้ำมันให้มีช่องว่างภายในขวดน้อยที่สุด เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างอากาศกับน้ำมันจิ้งหรีด และเก็บรักษาไว้ในตู้แช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส ในระหว่างรอการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

2.4. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันจิ้งหรีด

ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันจิ้งหรีดพิจารณาได้จากค่าร้อยละของผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ (% oil yield) และร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้จากน้ำมันทั้งหมด (% oil recovery) ซึ่งคำนวณได้ตามสมการที่ (8) และ (9) ตามลำดับ โดยรายงานเป็นร้อยละค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ

$$\% \text{ oil yield} = \frac{\text{EO}}{W} \times 100 \quad (8)$$

เมื่อ EO = ปริมาณน้ำมันจิ้งหรีดทองคำที่สกัดได้ (กรัม)

W = ปริมาณน้ำหนักจิ้งหรีดทองคำที่ใช้ในการสกัด (กรัม)

$$\% \text{ oil recovery} = \frac{\text{EO}}{\text{TO}} \times 100 \quad (9)$$

เมื่อ EO = ปริมาณน้ำมันจิ้งหรีดทองคำที่สกัดได้ (กรัม)

TO = ปริมาณน้ำมันทั้งหมดในจิ้งหรีดทองคำ (กรัม)

2.5. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำมันจิ้งหรีด

ในการศึกษาใช้ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) และค่ากรด (acid value) ในการพิจารณาคุณภาพทางเคมีของน้ำมันจิ้งหรีดทองคำ

2.5.1. การหาค่าเปอร์ออกไซด์

การหาค่าเปอร์ออกไซด์ตามวิธีของ American Oil Chemists' Society (AOCS) [10] ทำโดยชั่งน้ำมันจิ้งหรีด 1 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) จากนั้นเติมคลอโรฟอร์ม (chloroform) 10 มิลลิลิตร (mL) ใส่ในขวดรูปชมพู่ทำการเขย่า และเติมกรดอะซิติก (acetic acid) 15 มิลลิลิตร และทำการเขย่า และเติมโพแทสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide) 1 มิลลิลิตร เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่นแช่เย็น 75 มิลลิลิตรและหยดน้ำแป้ง 2 มิลลิลิตร เป็นจุดยุติและนำไปไทเตรต (titration) โดยใช้โซเดียมไทโอซัลเฟต (sodium thiosulfate) ความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล แล้วคำนวณเปรียบเทียบกับค่าเปอร์ออกไซด์ ตามสมการ

$$\text{PV} = \frac{100tv}{m} \times 100 \quad (10)$$

เมื่อ v = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ลบด้วยแบลนค์ (Blank) แล้ว

t = ความเข้มข้นเป็นนอร์มอลของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต

m = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

รายงานผลในรูปค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในหน่วยมิลลิลิสมมูลเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมันหรือไขมัน 1 กิโลกรัม (meq peroxide/kg oil)

2.5.2. การหาค่ากรด

การหาค่ากรดตามวิธีของ AOCS [10] ทำโดยชั่งน้ำมันจิ้งหรีด 1 กรัม (g) ใส่ในขวดรูปชมพู่ จากนั้นเติม 150 มิลลิลิตร 95% เอทิลแอลกอฮอล์ (95% ethyl alcohol) และไดเอทิลอีเทอร์ (diethyl ether) อัตราส่วน 1:1 และหยดฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) 0.1 มิลลิลิตร จากนั้นไทเตรต (titration) ด้วย 0.01 นอร์มอล โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide) แล้วคำนวณเปรียบเทียบกับค่ากรด ตามสมการ

$$\text{AV} = \frac{56.1tv}{m} \times 100 \quad (11)$$

เมื่อ 56.1 = น้ำหนักโมเลกุลของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

v = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

t = ความเข้มข้น (N) ของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

m = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

รายงานผลในรูปค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในหน่วยมิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหรือไขมัน 1 กรัม (mg KOH/g oil)

2.6. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Random Design; CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำผลจากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

3.1. องค์ประกอบทางเคมีของจิ้งหรีดทองคำ

ผลการทดลองวิเคราะห์องค์ประกอบพื้นฐานเคมีของจิ้งหรีดทองคำ ดังแสดงใน Table 2 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างจิ้งหรีดทองคำที่มีปริมาณสูงที่สุด คือ โปรตีน รองลงมาคือ ไขมัน ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 55.83 \pm 0.96 และ 29.52 \pm 3.22 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ โดยให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ Sihamala et al. [2] ซึ่งทำการสุ่มตัวอย่างจิ้งหรีดทองคำที่บริโภคในจังหวัดกาฬสินธุ์มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าจิ้งหรีดทองคำมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และ คาร์โบไฮเดรต เท่ากับ ร้อยละ 53.4 \pm 0.04, 25.4 \pm 0.2, 3.8 \pm 0.2 และ 17.4 \pm 0.1 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ นอกจากนี้จากรายงานการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของจิ้งหรีดทองคำ โดย Udomsil et al. [11] พบว่าจิ้งหรีดทองคำมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ ร้อยละ 60.7 \pm 0.4, 23.4 \pm 0.1, 2.8 \pm 0.06, 10.0 \pm 0.3 และ 0.1 \pm 0.01 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ และจากการรายงานของ Amarender et al. [1] พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของจิ้งหรีด (*Gryllidae*) ประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน เถ้า และ คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 63.43, 20.86, 4.65 และ 7.56 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

Table 2 Chemical composition of field crickets

Chemical composition	% Dry weight
Carbohydrate	0.59 \pm 0.44
Ash	4.89 \pm 0.27
Crude fiber	9.17 \pm 0.45
Crude fat	29.52 \pm 3.22
Crude protein	55.83 \pm 0.96

Results are expressed as mean \pm standard deviation (n=3).

3.2. ผลของระยะเวลาการอบต่อปริมาณความชื้นของจิ้งหรีดทองคำ

จากการทดลองอบตัวอย่างจิ้งหรีดทองคำที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานานแตกต่างกัน คือ 0, 3, 5, 7 และ 9 ชั่วโมง พบว่าความชื้นของตัวอย่างมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยจิ้งหรีดทองคำมีความชื้นเริ่มต้นก่อนการอบแห้งร้อยละ 62-63 และหลังการอบแห้งนาน 7 ชั่วโมง ความชื้นของตัวอย่างจิ้งหรีดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับความชื้นในตัวอย่างจิ้งหรีดทองคำที่อบนาน 9 ชั่วโมง ซึ่งมีความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 3-5 (Figure 1) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหลังระยะเวลาในการอบ 7 ชั่วโมง ความชื้นของตัวอย่างเข้าสู่ค่าความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content) ซึ่งเป็นความชื้นต่ำสุด อัตราการทำแห้งเป็นศูนย์ น้ำในอาหารไม่สามารถระเหยออกมาได้อีก [12] อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการอบแห้งเพื่อลดปริมาณความชื้นของตัวอย่างมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ ชนิดหรือปริมาณความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่าง ขนาดชิ้นของตัวอย่าง และอัตราเร็วของลมร้อนภายในตู้อบ เป็นต้น จากการทดลองของ Trukhanova et al. [13] ในการอบแห้งหนอนนก (*Tenebrio molitor*) ด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 40 ใช้ระยะเวลา 40 ชั่วโมง ในการอบตัวอย่างที่มีความชื้นเริ่มต้นในช่วงร้อยละ 58-63 ให้มีปริมาณความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 5 และเมื่ออบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าใช้ระยะเวลานาน 19 ชั่วโมง ในการอบตัวอย่างหนอนนกให้มีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 5 เมื่อตัวอย่างหนอนนกถูกเตรียมด้วยการลวก (blanching) ก่อนทำการอบแห้ง โดยอัตราการทำให้แห้ง (drying rate) จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 19-20 ชั่วโมงแรก ซึ่งอัตราการทำให้แห้งเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจาก

กระบวนการลวกทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ของตัวอย่างถูกทำลาย โดยความร้อนไปทำให้โปรตีนมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง เช่น การสูญเสียสภาพทางธรรมชาติ (denaturation) และทำให้เกิดอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างโปรตีนกับไขมัน (lipids) ซึ่งทำให้ส่วนที่ชอบน้ำ

(polar side chains) ลดลง เป็นผลให้น้ำในตัวอย่างสามารถระเหยได้ง่ายและเร็วขึ้น [13]

Figure 2 แสดงลักษณะของจิ้งหรีดทอดดำหลังผ่านการอบไล่ความชื้นที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน คือ 0, 3, 5, 7 และ 9 ชั่วโมง

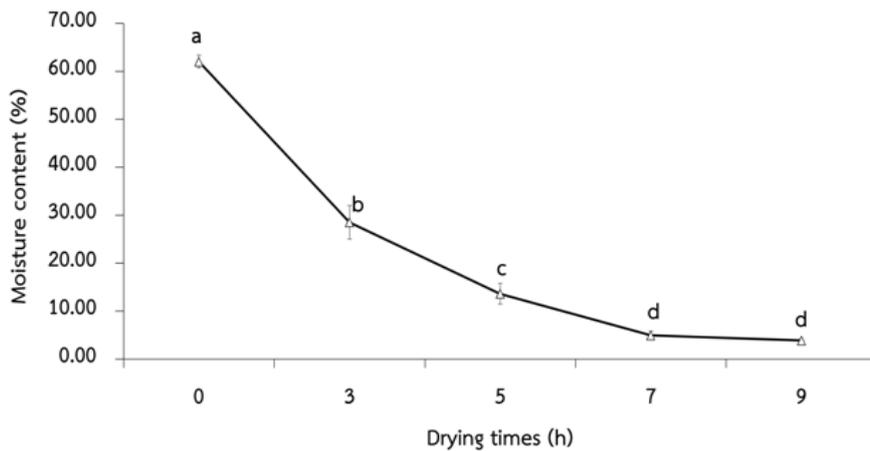


Figure 1 Moisture content of field crickets dried at different drying times
Values with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

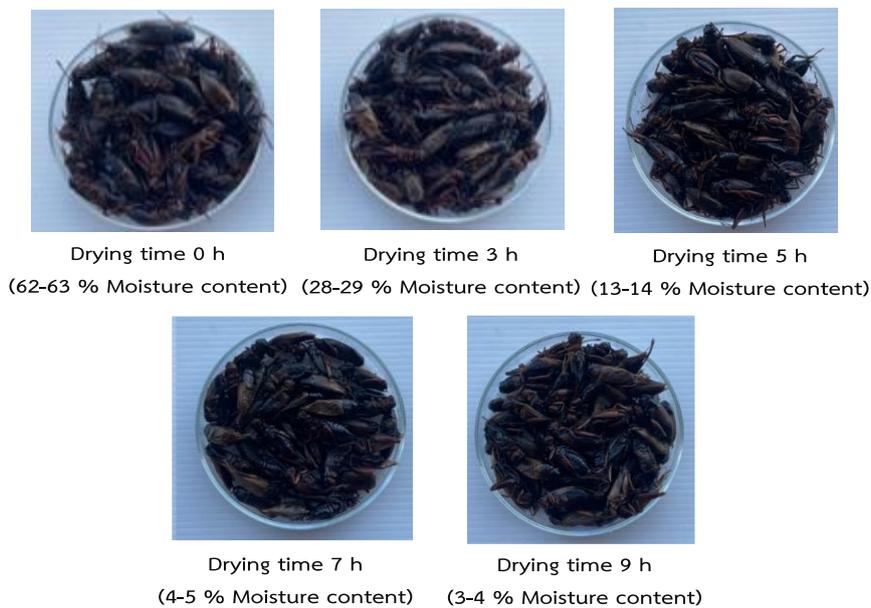


Figure 2 Appearance and moisture content of field crickets dried at different drying times

3.3. ผลของปริมาณความชื้นต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันจิ้งหรีดทองคำ

ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันพิจารณาได้จากค่าร้อยละของผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ (% oil yield) และค่าร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้จากน้ำมันทั้งหมด (% oil recovery)

จากผลการทดลองเมื่อนำตัวอย่างจิ้งหรีดทองคำที่ได้จากการอบที่ระยะเวลาต่าง ๆ (0, 3, 5, 7 และ 9 ชั่วโมง) มาทำการบีบน้ำมันด้วยเครื่องบีบน้ำมันที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่าได้ % oil yield แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Figure 3) โดยตัวอย่างที่อบเป็นระยะเวลานาน 3 ชั่วโมง ไม่สามารถบีบน้ำมันออกมาได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในตัวอย่งจิ้งหรีดยังมีปริมาณความชื้นค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 28-29 (Figure 1) ซึ่งความชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญในการสกัดน้ำมันออกจากวัตถุดิบด้วยวิธีการบีบ [14], [15] จากการตรวจสอบลักษณะกากจิ้งหรีด (ของเหลือ) หลังผ่านการสกัดน้ำมัน ดังแสดงใน Figure 4 พบว่ากากจิ้งหรีดจากตัวอย่างที่ใช้เวลาอบจิ้งหรีดนาน 3 ชั่วโมง (ความชื้นร้อยละ 28-29) ซึ่งไม่สามารถสกัดน้ำมันออกได้มีลักษณะแตกต่างไปจากตัวอย่างอื่น ๆ โดยพบว่าลักษณะของกากจิ้งหรีดของตัวอย่างที่สกัดน้ำมันออกแล้วจะแห้งและเป็นแผ่น (flake) ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างการบีบน้ำมัน ตัวอย่างจิ้งหรีดจะถูกดันและอัดผ่านเกลียว (สกรู) ความชื้นในตัวอย่งจะเกิดการระเหย และในขณะเดียวกันน้ำมันในตัวอย่งก็จะถูกบีบอัดออกมา ทำให้กากจิ้งหรีดที่เหลือถูกอัดเป็นแผ่นและดันออกมาในระหว่างการหมุนของสกรู เมื่อตัวอย่งมีปริมาณน้ำสูง น้ำซึ่งสามารถทำให้แรงกด (compression) ลดลง อาจไปทำให้ไม่มีแรงกดเพียงพอที่จะทำให้น้ำมันออกจากตัวอย่งได้ นอกจากนี้ปริมาณความชื้นสูงทำให้ตัวอย่งได้รับความร้อนไม่เพียงพอที่จะทำให้โครงสร้างเซลล์ที่ห่อหุ้มน้ำมันแตกออก หรือทำให้โปรตีนเกิดการตกตะกอน (coagulation) จึงไม่ทำให้น้ำมันถูกบีบออกมา [13], [16]

จากการรายงานของ Sayasoonthorn et al. [17] พบว่ารูปทรงหรือลักษณะของเศษเหลือจากกระบวนการบีบน้ำมันด้วยวิธีการบีบอัดแบบสกรูของรำข้าวขึ้นอยู่กับ % oil recovery เมื่อรำข้าวถูกสกัดน้ำมันออกในปริมาณที่ต่างกัน จะให้ลักษณะของเศษเหลือรำข้าว (rice bran press cake) แตกต่างกัน โดยเมื่อรำข้าวถูกสกัดน้ำมันออกในปริมาณสูง ลักษณะของรำข้าวที่เหลือจะมีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ แห้งแข็งและกรอบ ในขณะที่รำข้าวที่ถูกสกัดออกในปริมาณน้อย เศษเหลือรำข้าวที่เหลือจะมีลักษณะนิ่ม (soft) และเป็นชิ้นเล็ก ๆ

นอกจากนี้ยังพบว่า % oil recovery ขึ้นอยู่กับความเร็วในการหมุนของสกรู (screw press speed) โดยพบว่าเมื่อใช้ความเร็วรอบต่ำกว่า สามารถสกัดน้ำมันได้มากกว่าการใช้ความเร็วรอบของสกรูสูง อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้เครื่องสกัดน้ำมันเป็นเครื่องขนาดเล็ก ซึ่งไม่สามารถปรับความเร็วรอบของสกรูขณะบีบได้ จึงอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันจิ้งหรีดทองคำ

เมื่อพิจารณาร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้จากน้ำมันทั้งหมด (% oil recovery) พบว่าตัวอย่างที่มีปริมาณความชื้นต่ำจะสามารถบีบน้ำมันออกมาได้ในปริมาณที่สูง ตัวอย่างจิ้งหรีดทองคำที่อบนาน 7 ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 4.92 ให้ค่า % oil recovery สูงที่สุด ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่น ๆ โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 45.16 ± 5.37 อย่างไรก็ตามพบว่าตัวอย่างจิ้งหรีดทองคำที่อบนาน 9 ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.86 สามารถบีบน้ำมันได้น้อยกว่าตัวอย่างจิ้งหรีดทองคำที่อบนาน 7 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่ทำการบีบตัวอย่างจิ้งหรีดทองคำที่อบนาน 9 ชั่วโมง เกิดการไหม้ในขณะการบีบน้ำมัน จึงทำให้ได้ปริมาณน้ำมันออกมาน้อย เหตุการณ์นี้อาจเกิดเนื่องจากที่สภาวะการบีบน้ำมันที่อุณหภูมิ (100 องศาเซลเซียส) และความเร็วรอบเดียวกัน (48 รอบต่อนาที) ตัวอย่างจิ้งหรีดที่อบนาน 9 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นน้อยกว่าตัวอย่างที่อบนาน 7 ชั่วโมง จึงทำให้ตัวอย่งมีความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในขณะที่ความเร็วรอบในการหมุนของสกรูเท่ากัน ดังนั้นในระหว่างกระบวนการบีบน้ำมันจึงทำให้โครงสร้างของตัวอย่งเกิดการไหม้ ทำให้น้ำมันไม่สามารถออกจากโครงสร้างของตัวอย่งได้ ซึ่งในระหว่างบีบน้ำมันภายในสกรูจะกดตัวอย่างจิ้งหรีดให้สัมผัสกับพื้นผิวภายในเครื่อง โดยในช่วงแรกของการบีบอัดจะยังไม่มีน้ำมันไหลออกมา เมื่อมีการบีบอัดนานขึ้นจะทำให้โครงสร้างของตัวอย่งเสียหายและแตก น้ำมันจึงสามารถไหลออกมาพร้อม ๆ กับการระเหยของน้ำในตัวอย่ง อันเนื่องมาจากการสัมผัสความร้อนที่ให้อุณหภูมิบีบน้ำมัน [18] ดังนั้นตัวอย่างที่มีความชื้นเหมาะสมจะทำให้สามารถสกัดน้ำมันออกมาได้ดี โดยลักษณะน้ำมันจิ้งหรีดทองคำที่ได้จากการบีบอัดแบบสกรูมีสีออกโทนเหลือง-น้ำตาล ดังแสดงใน Figure 5

นอกจากนี้จากการทดลองของ Matthaus et al. [19] ในการสกัดน้ำมันจากหนอนแมลงวันลาย (black soldier fly) ด้วยวิธีการบีบอัดแบบสกรู โดยเตรียมตัวอย่างหนอนแมลงวันลายก่อนสกัดน้ำมันด้วยการอบแห้งให้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 8.7 จากความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 66 และ

ทำการสกัดน้ำมันที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส พบว่าหลังการสกัดน้ำมันด้วยวิธีการบีบอัดแบบสกรู ยังคงมีน้ำมันเหลืออยู่ในกากแมลงวันลายร้อยละ 8-10 จากปริมาณน้ำมันเริ่มต้น

ร้อยละ 33.7 โดย Matthaues [20] ได้รายงานว่าการสกัดน้ำมันด้วยวิธีการบีบอัดแบบสกรู โดยทั่วไปมักมีน้ำมันเหลือตกค้างภายในวัตถุดิบร้อยละ 10-15

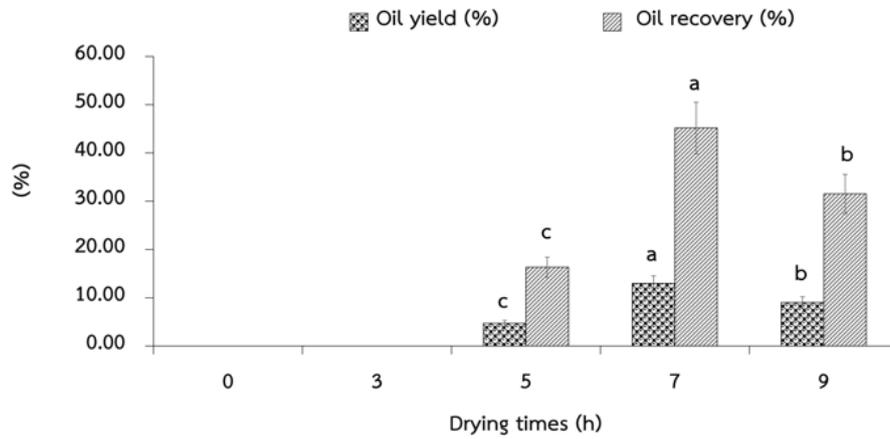


Figure 3 Oil yield and oil recovery of oil extraction from field crickets dried at different drying times
Values with different letters (for each property) are significantly different ($p < 0.05$).

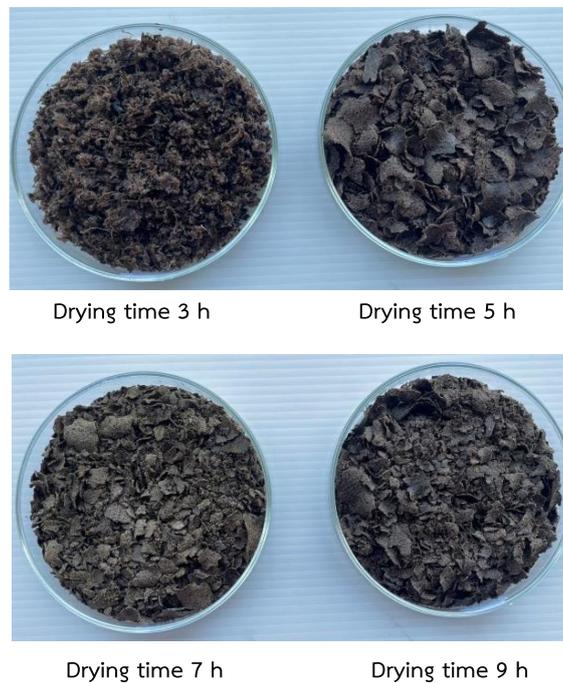


Figure 4 Field cricket residues (by-products) after oil extraction

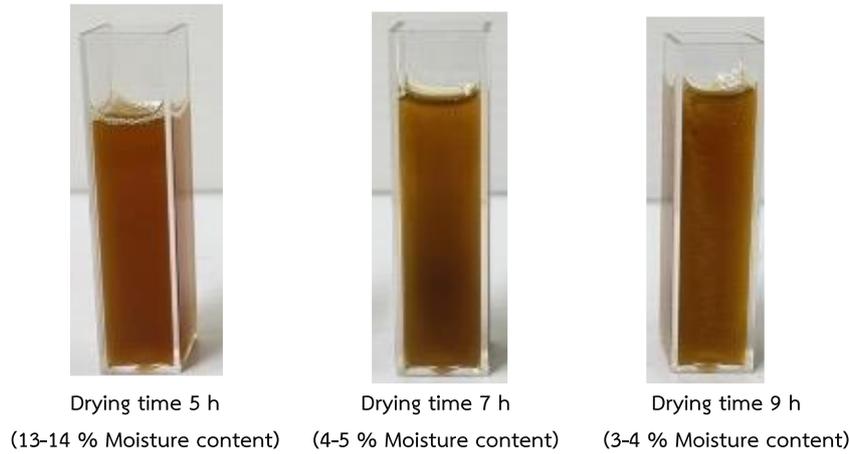


Figure 5 Appearance of oils extracted from field crickets dried at different drying times and having different moisture contents

3.4. ผลของปริมาณความชื้นต่อคุณภาพทางเคมีของน้ำมันจิ้งหรีดทอด

ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่ากรดของน้ำมัน เป็นค่าที่บ่งบอกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ของน้ำมัน เมื่อค่าเปอร์ออกไซด์ และค่ากรดมีค่าสูงแสดงว่ามีการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันสูงเช่นเดียวกัน ซึ่งบ่งบอกได้ว่าน้ำมันนั้นมีความคุณภาพที่ไม่ดี โดยเมื่อค่าทั้ง 2 ดังกล่าวสูง แสดงว่าน้ำมันเสื่อมคุณภาพ และเป็นสาเหตุเริ่มต้นของการเกิดกลิ่นหืน (rancidity) ในน้ำมัน สำหรับงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงค่าทั้ง 2 ดังกล่าว ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของน้ำมันและไขมันสำหรับการบริโภค (มอก.47-2561) “น้ำมันและไขมันธรรมชาติ” เพื่อแสดงให้เห็นว่ากระบวนการเตรียมตัวอย่างก่อนการสกัดน้ำมันและกระบวนการบีบอัดแบบสกรูเหมาะสำหรับการสกัดน้ำมันจิ้งหรีดเพื่อใช้ในการบริโภคหรือไม่ โดย มอก.47-2561 กำหนดไว้ว่า น้ำมันต้องมีค่าเปอร์ออกไซด์ และค่ากรดได้ไม่เกิน 15 มิลลิสมมูลเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม (meq peroxide/kg oil) และไม่เกิน 4 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม (mg KOH/g oil) ตามลำดับ [21]

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำมันจิ้งหรีดทอดที่สกัดได้ พบว่าน้ำมันจากทุกชุดการทดลองมีค่าเปอร์ออกไซด์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเปอร์ออกไซด์อยู่ในช่วง 0.45-0.61 meq peroxide/kg oil (Table 3) แต่พบว่าค่ากรดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยตัวอย่างน้ำมันจิ้งหรีดที่บีบจากตัวอย่างที่ผ่านการอบเป็นระยะเวลา 9 ชั่วโมง มีค่ากรดสูงสุด คือ 0.74 mg KOH/g oil (Table 3) อย่างไรก็ตามทั้งค่าเปอร์ออกไซด์

และค่ากรดของน้ำมันจิ้งหรีดทอดดำเนินการทดสอบยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของน้ำมันและไขมันสำหรับการบริโภค (มอก. 47-2561) [21]

จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างจิ้งหรีดทอดด้วยการอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5, 7 และ 9 ชั่วโมง ก่อนการสกัดน้ำมันรวมถึงขั้นตอนในการสกัดน้ำมันด้วยวิธีการบีบอัดแบบสกรูที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบในการสกัด 48 รอบต่อนาที ไม่มีผลทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่ากรดเกินมาตรฐานของน้ำมันและไขมันสำหรับการบริโภค (มอก. 47-2561) ดังนั้นจึงสามารถใช้กระบวนการดังกล่าวข้างต้นมาประยุกต์ใช้ในการสกัดน้ำมันจากแมลงเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการสกัดสูงสุด และได้คุณภาพของน้ำมันที่ดีเหมาะสำหรับการบริโภค

4. บทสรุป

จากการศึกษาผลของปริมาณความชื้นต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำมัน และคุณภาพทางเคมีของน้ำมันจิ้งหรีดทอดที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการบีบอัดแบบสกรู โดยใช้ตัวอย่างจิ้งหรีดทอดที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0, 3, 5, 7 และ 9 ชั่วโมง พบว่าเมื่อระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณความชื้นในตัวอย่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 62-63 เหลือความชื้นเฉลี่ยอยู่ประมาณร้อยละ 3-4 หลังจากการอบเป็นเวลา 9 ชั่วโมง ซึ่งมีผลทำให้ % oil yield และ % oil recovery มีแนวโน้มที่สูงขึ้น โดย % oil yield และ % oil recovery มีค่าสูงสุด เมื่อใช้ตัวอย่างจิ้งหรีดทอด

ที่มีความชื้นร้อยละ 4-5 และจากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำมันจิ้งหรีดทองคำที่สกัดได้ พบว่าค่าเปอร์ออกไซด์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่พบว่าคุณค่ากรดของน้ำมันจิ้งหรีดทองคำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่ากรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการอบตัวอย่างจิ้งหรีดทองคำนานขึ้น แต่ทั้งค่าเปอร์ออกไซด์และค่ากรดของน้ำมันจิ้งหรีดจากทุกชุดการทดลองยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของน้ำมันและไขมันสำหรับการบริโภค (มอก. 47-2561) ดังนั้นปริมาณความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมันจิ้งหรีดทองคำด้วยวิธีบีบอัดแบบสกรูที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดและคุณภาพทางเคมีของน้ำมันที่ดีควรควบคุมให้อยู่ในช่วงร้อยละ 4-5 (ระยะเวลาใน

การอบ 7 ชั่วโมง) ซึ่งสามารถนำกระบวนการในการเตรียมตัวอย่าง และการสกัดด้วยวิธีการบีบอัดแบบสกรูไปประยุกต์ใช้กับการสกัดน้ำมันจากแมลงอื่น ๆ ได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อการขับเคลื่อนการวิจัยและนวัตกรรมด้านเศรษฐกิจ: จิ้งหรีด ประจำปีงบประมาณ 2564 จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อุทัย กลิ่นเกษร ที่ปรึกษาโครงการวิจัย และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่สนับสนุนเครื่องมือในการทำวิจัย

Table 3 Peroxide values and acid values of oils extracted from field crickets dried at different drying times

Drying time (h)	Peroxide value (meq peroxide/kg oil)	Acid value (mg KOH/g oil)
0	-	-
3	-	-
5	0.58±0.12 ^{ns}	0.33±0.00 ^b
7	0.49±0.03 ^{ns}	0.45±0.20 ^{ab}
9	0.61±0.15 ^{ns}	0.74±0.03 ^a

Results are expressed as mean ± standard deviation (n=3).

Values in a column followed by different superscript letters are significantly different ($p<0.05$).

Values in a column followed by the superscript ns are not significantly different ($p>0.05$).

6. References

- [1] Amarendera, R.V. and et al. 2020. Lipid and protein extraction from edible insects-Crickets (*Gryllidae*). *LWT-Food Science and Technology*. 125 (109222): 1-4.
- [2] Sihamala, O. and et al. 2018. Nutritional value of edible insects in Kalasin province. *King Mongkut's Agricultural Journal*. 36 (2): 98-105. (in Thai)
- [3] Ziboh, V.A., Miller, C.C. and Cho, Y. 2000. Metabolism of polyunsaturated fatty acids by skin epidermal enzymes generation of anti-inflammatory and antiproliferative metabolites. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 71: S361-S366.
- [4] Sauer, L.A., Dauchy, R.T. and Blask, D.E. 2000. Mechanism for the antitumor and anticachectic effects of n-3 fatty acids. *Cancer Research*. 60: 5289-5295.
- [5] Martinez, M.L. and et al. 2017. Optimization of sesame oil extraction by screw-pressing at low temperature. *Food Bioprocess Technology*. 10: 1113-1121.
- [6] Martinez, M.L. and et al. 2017. Walnut and almond oil screw-press extraction at industrial scale: Effects of process parameters on oil yield and quality. *Grasas y Aceites*. 68(4): 1-9.
- [7] Yusuf, A.K. 2018. A review of methods used for seed oil extraction. *International Journal of Science and Research*. 7(12): 233-237.

- [8] Association Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th edition.** Gaithersburg, MD: AOAC International.
- [9] Ritvanen, T. and et al. 2020. The nitrogen-to-protein conversion factor of two cricket species- *Acheta domesticus* and *Gryllus bimaculatus*. **Agricultural and Food Science. 29:** 1-5.
- [10] American Oil Chemists' Society (AOCS). 2004. **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society.** Urbana, IL: AOCS.
- [11] Udomsil, N. and et al. 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.
- [12] Rattanapanone, N. and Pornchaloempong, P. **Drying rate.** <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0663/drying-rate>. Accessed 2 December 2023. (in Thai)
- [13] Trukhanova, K.A. and et al. 2022. Influence of drying and pretreatment methods on certain parameters of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). **Theory and Practice of Meat Processing. 7(4):** 247-257.
- [14] Singh, K.K. and et al. 2002. Influence of moisture content and cooking on screw pressing of crambe seed. **Journal of the American Oil Chemist's Society. 79(2):** 165-170.
- [15] Fantino, V.M. and et al. 2020. Effect of screw-press extraction process parameters on the recovery and quality of pistachio oil. **Grasas y Aceites. 71(2):** 1-12.
- [16] Singh, J. and Bargale, P.C. 1990. Mechanical expression of oil from Linseed (*Linum usitatissimum* L.). **Journal of Oilseeds Research. 7:** 106-110.
- [17] Sayasoonthorn, S., Kaewrueng, S. and Patharasathapornkul, P. 2012. Bran oil extraction by screw press method: Optimum operating settings, oil extraction level and press cake appearance. **Rice Science. 19(1):** 75-78.
- [18] Sindermann, D. and et al. 2021. Industrial processing technologies for insect larvae. **Journal of Insects as Food and Feed. 7(5):** 857-875.
- [19] Matthaus, B. and et al. 2018. Renewable resources from insects: exploitation, properties, and refining of fat obtained by cold-pressing from *Hermetia illucens* (Black soldier fly) larvae. **European Journal of Lipid Science Technology. 121:** 1800376.
- [20] Matthaus, B. 2012. Oil technology. In: Gupta, S.K. (ed.) **Technological Innovations in Major World Oil Crops. volume 2.** New York: Springer.
- [21] Thai Industrial Standards Institute, Ministry of Industry. 2019. **Edible fats and oils (Tis no. 47-2561).** <https://service.tisi.go.th/standard-shop/web/index.php?r=site/view&tis=2600>. Accessed 12 June 2023 (in Thai)