

สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเสาวรส เพื่อประยุกต์ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล

OPTIMIZATION CONDITIONS FOR OIL EXTRACTION FROM PASSION FRUIT SEEDS USED FOR BIODIESEL PRODUCTION APPLICATION

สาลิณี ผลมาตย์^{1*}, สุกัญญา จันทร์แดง¹, รุจิรัตน์ กิจเลิศพรไพโรจน์², ลิขิต น้อยจ่ายสิน¹
และ จักรพันธ์ นานูม¹

Salinee Phonmat^{1*}, Sukanya Chandaeng¹, Rujirat Kitleartpornpiroat², Likhit Noichaisin¹,
and Jakkaphun Nanaum¹

¹สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

²ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

¹Natural Resources and Environment Program, Faculty of Science and Social Sciences, Burapha University Sa kaeo Campus

²The Center for Scientific and Technological Equipment, Suranaree University of Technology

*corresponding author e-mail: salinee@buu.ac.th

(Received: 9 August 2023; Revised: 26 September 2023; Accepted: 30 September 2023)

บทคัดย่อ

เมล็ดเสาวรสเป็นของเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำผลไม้ ซึ่งอุดมไปด้วยสารชีวโมเลกุลชนิดต่างๆ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมันและไฟเบอร์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเสาวรสด้วยตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (50/60 เฮิร์ตซ์) และตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่สกัดได้ เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซล โดยศึกษาชนิดของตัวทำละลาย ได้แก่ เอทิล อะซิเตท เฮกเซน ปีโตรเลียมอีเทอร์ เอทานอล คลอโรฟอร์มและเมทานอล อัตราส่วนของเมล็ดเสาวรสต่อตัวทำละลาย ได้แก่ 1 : 4 1 : 5 1 : 6 1 : 8 1 : 10 และ 1 : 12 ระยะเวลาในการสกัด ได้แก่ 10 15 20 25 และ 30 นาที และอุณหภูมิในการสกัด ได้แก่ 30 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่า เอทิล อะซิเตท เป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเสาวรสที่อัตราส่วน 1 : 12 ระยะเวลา 25 นาที และอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันสูงสุดร้อยละ 23.37 โดยน้ำหนักแห้ง และน้ำมันเมล็ดเสาวรสมีความหนืด 53.60 ตารางเมตรต่อวินาที ความหนาแน่น 0.92 กิโลกรัมต่อลิตร และกรดไขมันอิสระร้อยละ 0.54 โดยน้ำหนักแห้ง

น้ำมันเมล็ดเสาวรสมีคุณสมบัติและมีศักยภาพพอที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซลได้

คำสำคัญ: น้ำมันเมล็ดเสาวรส ตัวทำละลาย คลื่นเสียงความถี่สูง วัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล

Abstract

Passion fruit seeds are a waste of industrial production of passion fruit juice which are a source of several biomolecules such as carbohydrate protein lipid and fiber. The aim of this research was to investigate the optimal conditions of oil extraction from the passion fruit seeds by solvent and ultrasound-assisted extraction (50/60 Hz) and to assess of oil properties for biodiesel production feedstock. The experiment was performed to examine the type of solvent as ethyl acetate, hexane, petroleum ether, chloroform, ethanol and methanol, passion fruit seed to solvent ratio as 1 : 4, 1 : 5, 1 : 6, 1 : 8, 1 : 10, and 1 : 12, extraction time as 10, 15, 20, 25, and 30 min and extraction temperature as 30, 40 50 and 60 °C. The optimal conditions were ethyl acetate, passion fruit seed to solvent ratio of 1 : 12, extraction time of 25 min and extraction temperature at 30°C, and the highest extracted oil yield was 23.36 % (wt./wt.), and kinetic viscosity of 53.60 mm² s⁻¹, density of 0.92 kg l⁻¹ and free fatty acid of 0.54%. The passion fruit seed oil has enough qualification and a potential to be used as biodiesel feedstock.

Keywords: Passion fruit seed oil, Solvent, Ultrasound, Biodiesel production feedstock

บทนำ

จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 และกระแสการรักษาสุขภาพของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน ทำให้ผู้บริโภคให้ความสนใจและหันมารับประทานอาหารและเครื่องดื่มเพื่อเสริมสร้างภูมิคุ้มกันทางสุขภาพมากขึ้น น้ำผลไม้เป็นเครื่องดื่มที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญและเลือกบริโภคเพื่อเสริมสร้างภูมิคุ้มกันทางสุขภาพเป็นอันดับต้นๆ เนื่องจากสะดวกและหาซื้อได้ง่าย และจากความต้องการของผู้บริโภคทำให้อุตสาหกรรมน้ำผลไม้เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว (โพสท์ทูเดย์, 2565) เปลือกและเมล็ดจำนวนมากกลายเป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากการเติบโตของอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ อุตสาหกรรมน้ำเสาวรสเป็นอีกหนึ่งอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ที่ผลิตของเสียจำนวนมากเช่นกันโดยเฉพาะเมล็ด ของเสียที่เกิดขึ้นอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้หากมีการจัดการที่ไม่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล จากงานวิจัยของ Foncesca et al. (2022) รายงานว่า

เมล็ดเสาวรสมีปริมาณไขมันร้อยละ 14.90–30.10 โดยน้ำหนักแห้ง ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 69.90 โดยน้ำหนักแห้ง และโปรตีนร้อยละ 12.20–13.20 โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ น้ำมันเมล็ดเสาวรสยังอุดมไปด้วยวิตามินอี แร่ธาตุและกรดไขมันชนิดต่างๆ เช่น กรดลิโนอิก ร้อยละ 74.30 กรดโอเลอิก ร้อยละ 13.10 กรดปาล์มมิติก ร้อยละ 9.80 กรดสเตียริก ร้อยละ 2.00 และ กรดแอลฟาไลโนเลอิก ร้อยละ 0.60 และมีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำมันเมล็ดฝ้ายและน้ำมันเมล็ดองุ่น (พงษ์ศิริ และวารุณี, 2550) ซึ่งน้ำมันเมล็ดเสาวรสสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอางและยาได้ (Oliveira et al., 2013)

โดยทั่วไปการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชส่วนใหญ่ใช้วิธีการบีบอัดหรือการสกัดด้วย ตัวทำละลาย ซึ่งการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันจำนวนมากจะนิยมใช้วิธีการ สกัดด้วยตัวทำละลาย (วรัญญา และกิตติชัย, 2559) แต่การสกัดด้วยตัวทำละลายพบข้อจำกัด หลายประการ เช่น การใช้ตัวทำละลายปริมาณมาก ระยะเวลาในการสกัดยาวนาน ผู้ปฏิบัติงาน มีความเสี่ยงจากตัวทำละลาย ผลเสียต่อคุณภาพอากาศและผลของคุณภาพน้ำมันที่สกัดได้ เป็นต้น (Castejon, Luna & Senorans, 2018; Stevanato & Silva, 2019) ดังนั้นการพัฒนานวิธีการ สกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชเพื่อให้มีประสิทธิภาพต่อคุณภาพน้ำมันที่สกัดได้ ลดปริมาณและ ความเป็นพิษของตัวทำละลายที่ใช้ต่อผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อมและลดการใช้พลังงาน ในกระบวนการสกัด จึงเป็นเรื่องที่ได้รับความสนใจในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมา (Kerton & Marriott, 2013) ซึ่งการใช้เทคนิคการสกัดขั้นสูงร่วมกับตัวทำละลายน่าจะเป็นทางเลือกที่สามารถนำมา ทดแทนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชแบบดั้งเดิมอย่างการสกัดด้วยชอกเลต (Soxhlet extraction) การสกัดด้วยวิธีของ Folch หรือวิธีของ Blight & Dyer (Senorans & Luna, 2012) ได้ เนื่องจาก สามารถลดระยะเวลาในการสกัด ลดปริมาณการใช้ตัวทำละลาย ลดการใช้พลังงานและยังเป็น มิตรผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ตัวอย่างการสกัดน้ำมันพืชด้วยเทคนิคการสกัดขั้นสูง ได้แก่ การสกัดด้วยของไหลความดันสูง (Pressurized liquid extraction; PLE) การสกัดด้วยไมโครเวฟ (Microwave assisted extraction; MAE) และการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasound assisted extraction; UAE) เป็นต้น (Stevanato & Silva, 2019)

การสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชด้วยตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงเป็นการประยุกต์ใช้ คลื่นอัลตราซาวด์ (Ultrasound) หรือคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonics) ในการสกัด ซึ่งคลื่นความถี่สูงนี้ จะเข้าไปช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการสกัด โดยปรากฏการณ์คาวิเทชัน (Cavitation phenomenon) เป็นการอัดและการขยายตัวของคลื่น ขณะที่คลื่นความถี่สูงเกิดการขยายตัวและเคลื่อนที่ผ่าน ตัวทำละลายจะทำให้เกิดฟอง (Bubble) ของตัวทำละลายขนาดเล็กจำนวนมาก และเมื่อฟองเหล่านี้ ได้รับแรงจากคลื่นในช่วงอัดจะทำให้ฟองแตกออกและเกิดเป็นคลื่นกระแทกขนาดเล็ก (Microjet) ที่มีความแรงมากจนทำให้พื้นผิวบริเวณผนังเซลล์และภายในเซลล์ของเมล็ดพืชถูกทำลาย และ

ส่งเสริมให้การแพร่ผ่านของตัวทำละลายเข้าสู่ผนังเซลล์และการชะลาลำค้าออกจากเซลล์ เมล็ดพืชได้ดีขึ้น (Sicaire et al., 2016)

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ด เสาวรสดด้วยตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง โดยศึกษาชนิดของตัวทำละลาย อัตราส่วนของ เมล็ดเสาวรสดต่อตัวทำละลาย ระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัด และตรวจสอบ คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำมันที่สกัดได้ เพื่อประเมินถึงความเป็นไปได้ ที่จะนำน้ำมันเมล็ดเสาวรสไปใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งข้อมูลที่ได้จาก การศึกษาสามารถนำไปต่อยอดและพัฒนาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเสาวรสดต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างเมล็ดเสาวรส

เสาวรสปันธ์ส้มม่วง (*Passiflora edulis* f. *edulis*) จากตลาดสดเขาฉกรรจ์ อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว ประเทศไทย นำมาแยกส่วนเมล็ดออกจากส่วนน้ำ ล้างเมล็ดเสาวรสที่แยกได้ ด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง เพื่อลอกเอาเยื่อใยที่ติดเมล็ดออกให้หมด โดยให้เหลือเฉพาะส่วนที่เป็นเมล็ดมีวุ้นใสๆ หุ้มอยู่ภายนอก ใช้กระชอนช้อนแยกให้พอหมดและนำเมล็ดเสาวรสที่ได้ใส่ ถาดอะลูมิเนียมที่รองด้านล่างด้วยผ้าขาวบางไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ความชื้น ล้างตัวอย่างเมล็ดเสาวรสออกมาหาความชื้น จนกระทั่งความชื้นคงที่ (ความชื้น ไม่เกินร้อยละ 10) (พงษ์ศิริ และวารุณี, 2550) จากนั้นนำเมล็ดเสาวรสแห้งมาบดและร่อนด้วย ตะแกรกร่อนเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.71 มิลลิเมตร (Mesh No.25) (Oliveira, Barros & Gimenes, 2013) ตัวอย่างเมล็ดเสาวรสในการศึกษาเตรียมครั้งเดียวและใช้ตลอดการทดลอง

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสดด้วยตัวทำละลาย ร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง

ซึ่งตัวอย่างเมล็ดเสาวรสที่ผ่านการเตรียมจากข้อ 1 จำนวน 1 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง ฝาเกลียว ขนาด 25x150 มิลลิเมตร (ปริมาตร 55 มิลลิเมตร) เติมตัวทำละลาย ดังนี้ เอทิล อะซิเตท เฮกเซน ปีโตรเลียม อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เอทานอล และเมทานอลปริมาตร 10 มิลลิเมตร เพื่อให้ อัตราส่วนระหว่างเมล็ดเสาวรสดต่อตัวทำละลาย เท่ากับ 1 : 10 (Castejón, Luna & Senorans, 2018) ปิดฝาผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร (Vortex mixer) รุ่น Vortex Mixer Genie 2 ยี่ห้อ Scientific Industries และนำไปใส่ในอ่างส่งคลื่นเสียงความถี่สูง (Sonicator bath) รุ่น Elmasnic S60/H ยี่ห้อ Elma ที่ 50/60 เฮิร์ตซ์ (Hz) อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที ปรับอัตราส่วนระหว่าง เมล็ดเสาวรสดต่อตัวทำละลายเป็น 1 : 4 (เมล็ดเสาวรส 1 กรัม ต่อตัวทำละลาย 4 มิลลิเมตร) 1 : 5 (เมล็ดเสาวรส 1 กรัม ต่อตัวทำละลาย 5 มิลลิเมตร) (สาลีณี และคณะ, 2562) 1 : 6 (เมล็ดเสาวรส

1 กรัม ต่อตัวทำละลาย 6 มิลลิลิตร) 1 : 8 (เมล็ดเสาวรส 1 กรัม ต่อตัวทำละลาย 8 มิลลิลิตร) (ศิริวรรณ, 2551) 1 : 10 (เมล็ดเสาวรส 1 กรัม ต่อตัวทำละลาย 10 มิลลิลิตร) (Castejón, Luna & Senorans, 2018) 1 : 12 (เมล็ดเสาวรส 1 กรัม ต่อตัวทำละลาย 12 มิลลิลิตร) (Liu et al., 2017) ปรับระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมัน ดังนี้ 10 15 20 25 และ 30 นาที และปรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมัน ดังนี้ 30 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำสารละลายเมล็ดเสาวรสมากรองด้วยกระดาษกรอง W. & R. Balston Ltd. Genuine Whatman No.1 นำสารละลายที่ผ่านการกรองไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 104 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อระเหยตัวทำละลายและน้ำที่ยังคงเหลืออยู่ (Rocha et al., 2014) ชั่งน้ำหนัก บันทึกรายการปริมาณน้ำมันสกัดได้และคำนวณหาปริมาณน้ำมัน ตามสูตรการคำนวณของ Liu et al. (2017) ดังสมการที่ 1

$$\text{ร้อยละน้ำมันที่สกัดได้} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำมันที่สกัดได้}}{\text{น้ำหนักเมล็ดเสาวรสก่อนการสกัด}} \times 100 \quad (1)$$

3. การวิเคราะห์

3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบของเมล็ดเสาวรสแห้ง

นำเมล็ดเสาวรสแห้งที่ผ่านการเตรียมจากข้อ 1 มาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (Moisture) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างเมล็ดเสาวรส 1–3 กรัม ใส่ลงในภาชนะที่ทราบน้ำหนักและนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4–5 ชั่วโมง จากนั้นนำออกจากตู้อบลมร้อนใส่ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักและนำไปอบและชั่งน้ำหนักจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ คำนวณหาปริมาณความชื้น ดังสมการที่ 2 (AOAC, 2011)

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{\text{ผลต่างน้ำหนักตัวอย่างเมล็ดเสาวรสก่อนอบและหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเมล็ดเสาวรส (กรัม)}} \times 100 \quad (2)$$

วิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Crude fat) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างเมล็ดเสาวรส 3–5 กรัม บนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ห่อให้มีดชิดแล้วใส่ลงในหลอดทดลอง นำหลอดทดลองตัวอย่างเมล็ดเสาวรสใส่ลงในซอกซ์ເລັດ (Soxhlet) เติมน้ำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ลงในขวดกั่นกลมสำหรับหาปริมาณไขมันในตัวอย่างเมล็ดเสาวรสที่ทราบน้ำหนัก และประกอบอุปกรณ์ชุดกลั่น แล้วนำไปกลั่นจนครบ 6 ชั่วโมง จากนั้นนำขวดกั่นกลมมาระเหยตัวทำละลายออกและนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปอบและชั่งน้ำหนักจนกว่าน้ำหนักจะคงที่และคำนวณหาปริมาณไขมัน ดังสมการที่ 3 (AOAC, 2011)

$$\text{ร้อยละไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักขวดก้นกลมหลังอบ}}{\text{น้ำหนักขวดก้นกลมก่อนอบ}} \times 100 \quad (3)$$

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Crude protein) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างเมล็ดเสาวรส 2–5 กรัม ใส่ลงในขวดเจลดาลท์ (Kjeldahl flask) เติมสารเร่งปฏิกิริยาผสม (Mixed catalyst) ระหว่าง คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) 0.1 กรัม โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) 2 กรัม และสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) 25 มิลลิลิตร นำไปย่อยด้วยความร้อนโดยค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิจนถึง 400 องศาเซลเซียส ย่อยจนกระทั่งสารละลายใส ทิ้งให้เย็น นำไปเติมน้ำกลั่น 10–15 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาตร 40–50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปกลั่นโดยให้สารละลายไหลลงสู่ Receiving flask ที่มีสารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 20–25 มิลลิลิตร และอินดิเคเตอร์ และนำไปไตเตรทด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.10 นอร์มัล (N) แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณโปรตีน ดังสมการที่ 4

$$\text{ร้อยละโปรตีน} = \frac{(A-B) \times N \times 1.4007 \times F}{W} \quad (4)$$

เมื่อ A คือ ปริมาณกรดที่ใช้ในการไตเตรทกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาณกรดที่ใช้ในการไตเตรทกับแบลนด์ (มิลลิลิตร)

N คือ ความเข้มข้นของกรด (นอร์มัล)

F คือ แฟคเตอร์ (5.85)

W คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

วิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Ash) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างเมล็ดเสาวรสประมาณ 2 กรัม ลงในถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักและนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างออกและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปอบและชั่งน้ำหนักจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ แล้วคำนวณหาปริมาณเถ้า ดังสมการที่ 5 (AOAC, 2011)

วิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย (Crude fiber) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างเมล็ดเสาวรสที่ผ่านการสกัดไขมันลงในปีกเกอร์และเติมสารละลายกรดซัลฟูริก ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือดนาน 30 นาที กรองตัวอย่างเมล็ดเสาวรสขณะร้อนด้วยกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ล้างด้วยน้ำร้อนจนกระทั่งหมดความเป็นกรด ถ่ายกากที่ได้ลงในปีกเกอร์และเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปต้มนาน 30 นาที กรองตัวอย่างเมล็ดเสาวรสขณะร้อน ล้างด้วยน้ำร้อนจนกระทั่งหมดความเป็นด่าง จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ซึ่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปอบและชั่งน้ำหนักจนกว่าน้ำหนักจะคงที่และคำนวณหาปริมาณเยื่อใย ดังสมการที่ 6 (AOAC, 2011) และวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต (Crude carbohydrate) โดยการนำ 100 ลบด้วยผลรวมระหว่างปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้าและเยื่อใย (AOAC, 2011)

$$\text{ร้อยละเถ้า} = \frac{\text{ผลต่างน้ำหนักตัวอย่างเมล็ดสวารสกอนอบและหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเมล็ดสวารส (กรัม)}} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{ร้อยละเยื่อใย} = \frac{\text{ผลต่างน้ำหนักตัวอย่างเมล็ดสวารสกอนเผาและหลังเผา (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเมล็ดสวารส (กรัม)}} \times 100 \quad (6)$$

3.2 ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำมันเมล็ดสวารส

นำน้ำมันเมล็ดสวารสที่สกัดได้มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนืด (Viscosity) โดยใช้เครื่อง Brookfield Viscometer ดัชนีหักเหที่ 30 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์ความหนาแน่น (Density) ด้วยขวดพิคโนมิเตอร์ที่มีปริมาตร 10 มิลลิลิตร ซึ่งน้ำหนักที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (เบญจรัก และคณะ, 2548) และวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid; FFA) ตามวิธีของ AOAC Ca 5a-40 (AOAC, 2013) ดังนี้ ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างน้ำมันเมล็ดสวารส 1-10 กรัม เติมน้ำละลายแอลกอฮอล์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และหยดสารละลายอินดิเคเตอร์ฟีนอล์ฟทาลีน 3-5 หยด นำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูถาวร และนำปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไปคำนวณหาร้อยละกรดไขมันอิสระดังสมการที่ 7

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละกรดไขมันอิสระ} &= \text{ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (มิลลิลิตร)} \times \\ &\quad \text{ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มัล)} \\ &\quad \times 25.6 / \text{น้ำหนักตัวอย่างน้ำมันเมล็ดสวารส} \end{aligned} \quad (7)$$

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการทดลองทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และนำข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองในแต่ละพารามิเตอร์ด้วยวิธีดีคีย์ (Turkey's Honestly Significant Difference; HSD)

ผลการวิจัย

1. องค์ประกอบของเมล็ดเสาวรส

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของเมล็ดเสาวรส ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต สามารถแสดงผลการทดลอง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของเมล็ดเสาวรสแห้งพันธุ์สีม่วง

องค์ประกอบ	
ความชื้น (moisture) (%wt./wt.)	0.20±0.01
ไขมัน (crude fat) (%wt./wt.)	24.53±0.09
โปรตีน (crude protein) (%wt./wt.)	12.53±0.08
เถ้า (ash) (%wt./wt.)	0.18±0.06
เยื่อใย (crude fiber) (%wt./wt.)	32.14±0.27
คาร์โบไฮเดรต (total carbohydrate) (%wt./wt.)	40.36±0.14

2. สภาพที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสด้วยตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง

จากผลการทดลองดังตารางที่ 2 เป็นการศึกษาสภาพที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสด้วยตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง พบว่า การใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกัน มีผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดเสาวรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเอทิลอะซิเตทเป็นตัวทำละลายที่สกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสได้สูงสุด ร้อยละ 22.43 โดยน้ำหนักแห้ง รองลงมา คือ บิโตรเลียม อีเทอร์ (ร้อยละ 21.76 โดยน้ำหนักแห้ง) เฮกเซน (ร้อยละ 20.22 โดยน้ำหนักแห้ง) เอทานอล (ร้อยละ 16.51 โดยน้ำหนักแห้ง) คลอโรฟอร์ม (ร้อยละ 11.58 โดยน้ำหนักแห้ง) และเมทานอล (ร้อยละ 7.82 โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

การใช้อัตราส่วนเมล็ดเสาวรสต่อเอทิล อะซิเตทต่างกันมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดเสาวรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ปริมาณน้ำมันจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนระหว่างเมล็ดเสาวรสต่อเอทิล อะซิเตทเพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วน 1 : 12 เป็นอัตราส่วนที่สกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสได้สูงสุดร้อยละ 23.21 โดยน้ำหนักแห้ง รองลงมา คือ 1 : 10 (ร้อยละ 22.24 โดยน้ำหนักแห้ง) 1 : 8 (ร้อยละ 20.33 โดยน้ำหนักแห้ง) 1 : 6 (ร้อยละ 17.94 โดยน้ำหนักแห้ง) 1 : 5 (ร้อยละ 14.54 โดยน้ำหนักแห้ง) และ 1 : 4 (ร้อยละ 12.31 โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

การใช้ระยะเวลาในการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสด้วยเอทิล อะซิเตท (1 : 12) ร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงต่างกันมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดเสาวรสอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ระยะเวลา 25 นาที เป็นระยะเวลาที่สกัดน้ำมันได้สูงสุดร้อยละ 23.32 โดยน้ำหนักแห้ง รองลงมา คือ 30 นาที (ร้อยละ 23.21 โดยน้ำหนักแห้ง) 20 นาที (ร้อยละ 20.41 โดยน้ำหนักแห้ง) 15 นาที (ร้อยละ 17.03 โดยน้ำหนักแห้ง) และ 10 นาที สกัดน้ำมันได้น้อยที่สุด (ร้อยละ 13.77 โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

การใช้อุณหภูมิต่างกันในการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสด้วยเอทิล อะซิเตท (1 : 12) ร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง ระยะเวลา 25 นาที ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดเสาวรส ($P \geq 0.05$) โดยอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สกัดน้ำมันได้สูงสุดร้อยละ 23.36 โดยน้ำหนักแห้ง รองลงมา คือ 50 (ร้อยละ 23.47 โดยน้ำหนักแห้ง) 60 องศาเซลเซียส (ร้อยละ 23.19 โดยน้ำหนักแห้ง) และ 40 องศาเซลเซียส (ร้อยละ 23.11 โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 สภาวะที่ใช้ในการสกัดน้ำมันและร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดเสาวรส

สภาวะ	ร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้	
ชนิดของตัวทำละลาย	เอทิล อะซิเตท	22.43±0.07 ^a
	เฮกเซน	20.22±0.09 ^c
	ปิโตรเลียม อีเทอร์	21.76±0.05 ^b
	เอทานอล	16.51±0.06 ^d
	คลอโรฟอร์ม	11.58±0.06 ^e
	เมทานอล	7.82±0.11 ^f
อัตราส่วน	1:4	12.31±0.13 ^f
	1:5	14.54±0.10 ^e
	1:6	17.97±0.09 ^d
	1:8	20.33±0.11 ^c
	1:10	22.24±0.08 ^b
	1:12	23.21±0.05 ^a
ระยะเวลา (นาที)	10	13.77±0.06 ^d
	15	17.03±0.10 ^c
	20	20.41±0.03 ^b
	25	23.32±0.05 ^a
	30	23.21±0.07 ^a
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	30	23.37±0.02 ^a
	40	23.21±0.09 ^a
	50	23.22±0.10 ^a
	60	23.19±0.06 ^a

a, b, c, d, e และ f หมายถึง ค่าเฉลี่ยคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

3. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำมันเมล็ดเสาวรส

จากการนำน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่สกัดด้วยเอทิล อะซิเตทร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (50/60 เฮิร์ตซ์) ที่อัตราส่วน 1 : 12 ระยะเวลา 25 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มาตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการ พบว่า น้ำมันเมล็ดเสาวรสมีความหนืด 53.6 ตารางเมตรต่อวินาที ความหนาแน่น 0.92 กิโลกรัมต่อลิตร และกรดไขมันอิสระร้อยละ 0.54 โดยน้ำหนักแห้ง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำมันเมล็ดเสาวรส

ชนิด	วิธีการสกัด	ร้อยละน้ำมัน (wt/wt)	ความหนืด (mm ² s ⁻¹)	ความหนาแน่น (kg l ⁻¹)	กรดไขมันอิสระ (wt%)	อ้างอิง
เมล็ดเสาวร	เอทิล อะซิเตท ร่วมกับ UAE	23.37	53.6	0.92	0.54	การวิจัยครั้งนี้
เมล็ดเสาวร	เฮกเซน	26.88	–	0.89	0.90	เบญจรัก และคณะ (2548)
เมล็ดเสาวร	ปิ๊บอัด	20.66	80.1	–	0.38	พงษ์ศิริ และวารุณี (2550)
เมล็ดเสาวร	เฮกเซน	23.56	61.4	–	0.61	พงษ์ศิริ และวารุณี (2550)
เมล็ดเสาวร	ปิโตรเลียมอีเทอร์	24.43	55.2	–	0.51	พงษ์ศิริ และวารุณี (2550)
เมล็ดเสาวร	ปิ๊บอัดแบบเย็น		31.8*	0.92	–	Silva et al. (2015)
เมล็ดเสาวร	อะซิโตน ร่วมกับ UAE	23.80	–	–	–	Oliveira, Barros & Gimenes (2013)
เมล็ดเสาวร	ปิ๊บอัด		–	0.91	–	Leão et al. (2022)
ปาล์ม	–	–	33.9	0.91	–	Barnwal & Sharma (2005)
ดีเซล	–	–	3.06	0.86	–	Barnwal & Sharma (2005)

อภิปรายผล

การวิเคราะห์องค์ประกอบของเมล็ดเสาวรพันธุ์สีม่วงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ พบปริมาณความชื้น ร้อยละ 0.20 โดยน้ำหนักแห้ง ไขมัน ร้อยละ 24.53 โดยน้ำหนักแห้ง โปรตีน ร้อยละ 12.53 โดยน้ำหนักแห้ง เถ้า ร้อยละ 0.18 โดยน้ำหนักแห้ง เยื่อใย ร้อยละ 32.14 โดยน้ำหนักแห้ง และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 40.36 โดยน้ำหนักแห้ง สอดคล้องกับการรายงานของ Fonseca et al. (2022) ที่รายงานว่า เมล็ดเสาวรพันธุ์สีม่วงมีปริมาณไขมัน ร้อยละ 14.9–30.10 โดยน้ำหนักแห้ง โปรตีน ร้อยละ 12.20–13.20 โดยน้ำหนักแห้ง เถ้า ร้อยละ 0.14–0.19 โดยน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ 69.90 โดยน้ำหนักแห้ง) สูงกว่าเยื่อใย (ร้อยละ 43.80–55.10 โดยน้ำหนักแห้ง)

ผลจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเสาวรด้วยตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง เพื่อประเมินศักยภาพการเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล โดยศึกษาชนิดของตัวทำละลาย อัตราส่วนของเมล็ดเสาวรต่อตัวทำละลาย ระยะเวลา และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวร พบว่า ชนิดตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรต่างกันมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเอทิล อะซิเตท เป็นตัวทำละลายที่สกัดน้ำมันได้สูงสุดเนื่องจากเอทิล อะซิเตท เป็นตัวทำละลายในกลุ่มสารที่ไม่มีขั้ว (Non-polar solvent) สามารถใช้สกัดสารที่ไม่มีขั้วหรือไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) ได้ และเมื่อพิจารณาสภาพขั้วของตัวทำละลายที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า เอทิล อะซิเตทมีสภาพขั้วสูงกว่าเฮกเซน ปีโตรเลียม อีเทอร์ และคลอโรฟอร์ม (ตัวทำละลาย, 2563) ทำให้เอทิล อะซิเตทสามารถละลายส่วนที่มีขั้วและที่ไม่มีขั้วหรือที่เรียกว่าแอมฟิไฟล์ (Amphiphile) ของลิพิด (สุภัทรา, 2562) ในเมล็ดเสาวรได้ นอกจากนี้คลื่นเสียงความถี่สูงยังทำให้เอทิล อะซิเตทสามารถแทรกตัวและสร้างแรงยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลของเมล็ดเสาวร เรียกว่า “แรงแวนเดอร์วาลส์ หรือ Van der Waals force” (Rocha et al., 2014) ได้ดีกว่าและส่งผลให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดเสาวรมีค่าสูงกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น

ผลจากการศึกษาอัตราส่วนของเมล็ดเสาวรต่อตัวทำละลายต่างกันมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดเสาวรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยอัตราส่วนของเมล็ดเสาวรต่อเอทิล อะซิเตท 1 : 12 ให้ปริมาณน้ำมันสูงสุด รองลงมา คือ อัตราส่วน 1 : 10 1 : 8 1 : 6 1 : 5 และ 1 : 4 ตามลำดับ อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อของแข็งถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพในกระบวนการสกัด (Pinelo et al., 2005) การเพิ่มปริมาณเอทิล อะซิเตทให้มีปริมาณมากพอจะสามารถสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรได้มากกว่า ซึ่งปริมาณตัวทำละลายที่มากจะสามารถแพร่เข้าไปในของแข็งได้ง่ายขึ้นและละลายเอาตัวถูกละลายออกมาได้มากขึ้น (Goula, 2013) สอดคล้องกับการรายงานของ วรัญญา และกิตติชัย (2559) ที่รายงานว่าปริมาณ

น้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยเฮกเซนเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายและผงเมล็ดองุ่นที่เพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับการรายงานของ สาลินี และคณะ (2562) พบว่า ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากกากกาแฟเพิ่มสูงขึ้นตามอัตราส่วนระหว่างกากกาแฟต่อเฮกเซน ซึ่งการเพิ่มตัวทำละลายทำให้น้ำมันจากเมล็ดเสาวรสละลายในตัวทำละลายได้มากขึ้น และการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงเป็นการเพิ่มการละลายของน้ำมันจากเมล็ดเสาวรสได้อีกทางหนึ่ง เนื่องจากเมล็ดเสาวรสถูกทำลายโครงสร้างโดยปรากฏการณ์คาวิเทชัน (Cavitation phenomenon) (Rocha et al., 2014) จากผลการศึกษาครั้งนี้ อัตราส่วนของเมล็ดเสาวรสต่อเอทิล อะซิเตท 1 : 12 น่าจะเกิดการสกัดน้ำมันได้อย่างสมบูรณ์

ผลจากการศึกษาระยะเวลาในการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสต่างกันมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดเสาวรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ระยะเวลา 25 นาที ในการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสให้ปริมาณน้ำมันสูงสุด รองลงมา คือ ระยะเวลา 30 นาที 20 นาที และ 15 นาที และ 10 นาที ตามลำดับ การเพิ่มระยะเวลาในการสกัดน้ำมัน ทำให้สกัดน้ำมันได้ในปริมาณสูงขึ้น สอดคล้องกับการรายงานของ วรัญญา และกิตติชัย (2559) พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นจะทำให้ปริมาณน้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเวลาที่ใช้ในการสกัดจะต้องใช้เวลาที่เหมาะสม เพื่อให้ตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันออกมาให้ได้มากที่สุด ผลการจากการศึกษาครั้งนี้ ระยะเวลาในการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่ 25 และ 30 นาที ให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ไม่ต่างกัน ($P > 0.05$) ดังนั้นระยะเวลา 25 นาที จึงเป็นระยะเวลาสกัดที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสด้วยเอทิล อะซิเตท และผลจากการศึกษาอุณหภูมิในการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ ($P > 0.05$) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สกัดได้น้ำมันสูงสุด รองลงมา คือ 60 องศาเซลเซียส 50 องศาเซลเซียส และ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้ตัวทำละลายระเหย ส่งผลให้อัตราส่วนระหว่างเมล็ดเสาวรสต่อเอทิล อะซิเตทเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดมีค่าไม่ต่างกัน นอกจากนี้อุณหภูมิในการสกัดที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความสามารถของคลื่นเสียงความถี่สูงทำงานได้ลดลง (Rocha et al., 2014)

สำหรับผลของคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่สกัดด้วยเอทิล อะซิเตทรวมกับคลื่นเสียงความถี่สูงที่เหมาะสม พบว่าน้ำมันเมล็ดเสาวรสมีความหนืด ความหนาแน่นและกรดไขมันอิสระใกล้เคียงกับผลการรายงานของ พงษ์ศิริ และวารุณี (2550); เบ็ญจรัก และคณะ (2548); Leão et al. (2014); Silva et al. (2015) ดังตารางที่ 3 และเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันปาล์มและดีเซลแล้ว พบว่า น้ำมันเมล็ดเสาวรสมีคุณสมบัติคล้ายคลึงและน่าที่จะสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซลต่อไปได้ โดยต้องผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

สรุปผลการวิจัย

เมล็ดเสาวรสปันธุ์สีม่วงมีความชื้น ร้อยละ 0.20 ± 0.01 โดยน้ำหนักแห้ง ไขมัน ร้อยละ 24.53 ± 0.09 โดยน้ำหนักแห้ง โปรตีน ร้อยละ 12.53 ± 0.09 โดยน้ำหนักแห้ง เถ้า ร้อยละ 0.18 ± 0.06 โดยน้ำหนักแห้ง เยื่อใย ร้อยละ 32.14 ± 0.27 โดยน้ำหนักแห้ง และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 40.36 ± 0.14 โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อสกัดน้ำมันจากเมล็ดเสาวรสปันธุ์สีม่วงในสภาวะที่เหมาะสมด้วยตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (50/60 เฮิร์ตซ์) ที่อัตราส่วนของเมล็ดเสาวรสปันธุ์สีม่วงต่อเอทิล อะซิเตท เท่ากับ 1 : 12 ระยะเวลาในการสกัด 25 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมัน ร้อยละ 23.37 โดยน้ำหนักแห้ง และเมื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำมันเมล็ดเสาวรสปันธุ์สีม่วง พบว่า มีความหนืด 53.60 ตารางเมตรต่อวินาที ความหนาแน่น 0.92 กิโลกรัมต่อลิตร และกรดไขมันอิสระ ร้อยละ 0.54 โดยน้ำหนักแห้ง น้ำมันเมล็ดเสาวรสปันธุ์สีม่วงมีคุณสมบัติที่สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซลได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ที่เชื้อเชิญสถานที่และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ตัวทำละลาย. (2563). สืบค้นเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2566, จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/ตัวทำละลาย>.
- เบญจรัก วาญภาพ, วราพร ลักษณะม้าย, พฤษชาติ พงศ์พิไลพฤติ, และสืบศักดิ์ สุ่มอิม. (2548). ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดเสาวรสปันธุ์สีม่วง. *Food*, **35**, 303–311.
- พงษ์ศิริ วิณิชย, และวารุณี ธนะแพสย์. (2550). การศึกษาวิธีการสกัดและการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันเมล็ดเสาวรสปันธุ์สีม่วง. ใน *การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45* (น. 664–672) กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรัญญา วงศ์วานิช, และกิตติชัย บรรจง. (2559). ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีการแช่และการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, **34**, 9–21.
- ศิริวรรณ ปริญญาจิตต์. (2551). *สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดสบู่ดำด้วยตัวทำละลาย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, คณะพัฒนาลังคมและสิ่งแวดล้อม.
- สาลินี ศรีวงษ์ชัย, ขวกร ไป๋ชัย, อรพรรณ ใจสมุทร, และรุจิรัตน์ กิจเลิศพรไพโรจน์. (2562). สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากกากกาแฟด้วยตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงเพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซล. *วารสารวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี*, **16**, 1–6.

- สุภัตรา ทรัพย์อุปการ. (2562). **ลิลิต คืออะไร มาทำความรู้จักกันหน่อย**. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2566, จาก <https://uatscimath.ipst.ac.th/2021/article-chemistry/item/10474-2019-07-04-53-44>.
- AOAC. (2011). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. (19th edition). Association of Official Analytical Chemists Inc., Arlington: USA.
- Barnwal, B.K., & Sherma, M.P. (2005). Prospects of biodiesel production from vegetable oil in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **9**, 363–378.
- Castejón, N., Luna, P., & Señoráns, F.J. (2018). Alternative oil extraction methods from *Echium plantagineum* L. seeds using advanced techniques and green solvents. *Food Chemistry*, **244**, 75–82.
- Fonseca, A.M.A., Geraldi, M.V., Junior, M.R.M., Silvestre, A.J.D., & Rocha, S.M. (2022). Purple passion fruit (*Passiflora edulis* f. *edulis*): A comprehensive review on the nutritional value, phytochemical profile and associated health effects. *Food Research International*, **160**, 111665.
- Goula, A.M. (2013). Ultrasound–assisted extraction of pomegranate seed oil–Kinetic model. *Journal of Food Engineering*, **117**, 492–498.
- Leão, K.M.M., Sampaio, K.L., Pagani, A.A.C., & Silva, M.A.A.P. (2022). Odor potency, aroma profile and volatiles composition of cold pressed oil from industrial passion fruit residues. *Industrial Crops & Products*, **58**, 280–286.
- Liu, P., Xu, Y–F., Gao, X–D., Zhu, X–Y., Du, M–Z., Wang, Y–X., Deng, R–X., & Gao, J–Y. (2017). Optimization of ultrasonic–assisted extraction of oil from the seed kernels and isolation of monoterpene glycosides from the oil residue of *Paonia lactiflora* Pall. *Industrial Crops & Products*, **107**, 260–270.
- Oliveira, R.C., Barros, S.T.D., & Gimenes, M.L. (2013). The extraction of passion fruit oil with green solvents. *Journal of Food Engineering*, **117**, 458–463.
- Pinelo, M., Rubilar, M., Jernes, M., Seneiro, J., & Núñez, M.J. (2005). Effect of solvent, temperature, and solvent–to–solid ratio on the total phenolic content and antiradical activity of extracts from different components of grapes pomace. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 2111–2117.
- Rocha, M.V.P., Matos, L. J.B.L., Lima, L.P., Figueiredo, P.M.S., Lucena, L.L., Fernandes, F.A.N., & Gonçalves, L.R.B. (2014). Ultrasound–assisted production of biodiesel and ethanol from spent coffee grounds. *Bioresource Technology*, **167**, 343– 348.
- Silva, M.S., Foletto, E.L., Alves, S.M., Dantas, T.N.C., & Neto, A.A.D. (2015). New hydraulic biolubricants based on passion fruit and moringa oils and their epoxy. *Industrial Crops & Products*, **69**, 362–370.