http://journal.rmutp.ac.th/

เทคนิคการสกัดน้ำมันและการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดกระบก

จุฑาภรณ์ ชนะถาวร[1]* ปวีณา สมเสาร์[2] อาทิตยา มาอิ่นแก้ว[3] และ อดิศักดิ์ ปัตติยะ[4]

[1,2,3] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[4] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[1,2,3] 63 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[4] 41/20 ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

รับบทความ 25 พฤษภาคม 2561 แก้ไขบทความ 16 ตุลาคม 2561 ตอบรับบทความ 5 พฤศจิกายน 2561

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลของการทดลองการสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระบกด้วยวิธีการทางกลและทางเคมีเพื่อมุ่งหาผลได้ของปริมาณน้ำมันหลังการสกัด และผลของการหาสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตไบโอดีเซลผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของเมทานอลและน้ำมันเมล็ดกระบกที่สกัดได้ โดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลจากการทดลองในส่วนของการสกัดน้ำมันพบว่า วิธีการสกัดทางเคมีเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากสำหรับการสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระบก สภาวะที่เหมาะสมของการสกัดทางเคมีด้วยวิธีการกลั่นอย่างง่าย คือ การใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายปริมาตร 140 มิลลิลิตร อุณหภูมิในการสกัด 70 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 20 นาที ให้ปริมาณร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้ เท่ากับ 43.11±0.98 และสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตไบโอดีเซลที่ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 ควบคุมอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการทำปฏิกิริยา 60 นาที สามารถเปลี่ยนน้ำมันเมล็ดกระบกเป็นไบโอดีเซลซึ่งอยู่ในรูปของเมทิลเอสเทอร์สูงสุดร้อยละ 83.20±1.11 นอกจากนี้จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพพื้นฐานพบว่า สมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้โดยรวมอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงมาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงาน

คำสำคัญ : เมล็ดกระบก; โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์; ตัวเร่งปฏิกิริยา; ไบโอดีเซล; ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร.: +669 8748 5459, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: winchana.jc@gmail.com*

http://journal.rmutp.ac.th/

Technical Aspects of Oil Extraction and Biodiesel Production from Wild Almond Seeds

Jutaporn Chanathaworn[1]* Paweena Somsao[2] Artidtaya Mainkaew[3] and Adisak Pattiya[4]

[1,2,3] School of Renewable Energy, Maejo University

[4] Faculty of Engineering, Mahasarakham University

[1,2,3] 63 Nong Han, Sansai, Chiang Mai, 50290

[4] 41/20 Kamriang, Kantarawichai, Mahasarakham, 44150

Received 25 May 2018; Revised 16 October 2018; Accepted 5 November 2018

Abstract

This paper presents the experimental results of the oil extraction process from wild almond seeds by mechanical and chemical methods. The optimum conditions for the biodiesel production from the extracted oil via transesterification reaction using methanol and potassium hydroxide (KOH) are reported. Chemical extraction was found to be an effective technique for wild almond oil extraction. Simple distillation was used as oil extraction unit applying 140 ml of n-hexane as solvent at 70°C for 20 min. The oil yield was 43.11±0.98%. This extracted oil was used as raw material for biodiesel production with the maximum yield of 83.20±1.11%. The optimum conditions for biodiesel production were the catalyst loading of 0.5 wt% and 9:1 molar ratio of methanol to oil in a controlled reaction temperature of 70°C for 60 min. Finally, the properties of biodiesel were analyzed and most properties met the requirements of the department of energy business standard.

Keywords : Wild Almond Seed; Potassium Hydroxide; Catalyst; Biodiesel; Transesterification

** Corresponding Author. Tel.: +669 8748 5459, E-mail Address: winchana.jc@gmail.com*

1. บทนำ

การขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทำให้ความต้องการพลังงานทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากพลังงานที่ใช้อยู่ส่วนใหญ่เป็นพลังงานสิ้นเปลืองหรือพลังงานฟอสซิลที่มีอยู่อย่างจำกัดและปริมาณสำรองที่มีอยู่ค่อยๆ ลดลงไปเรื่อยๆ และมีแนวโน้มที่จะหมดไปในอนาคต ทำให้หลายประเทศเริ่มมีความตื่นตัวทางด้านพลังงาน และมองหาแหล่งพลังงานใหม่ ใช้ทดแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิล ประเทศไทยประสบกับปัญหาการขาดดุลทางด้านพลังงาน เพราะต้องพึ่งพาพลังงานนำเข้าในปริมาณที่สูงในแต่ละปี ต้องสูญเสียเงินเป็นจำนวนมากเพื่อนำเข้าเชื้อเพลิงโดยเฉพาะเชื้อเพลิงประเภทน้ำมัน และการไม่คงที่ของราคาน้ำมันของโลกส่งผลโดยตรงต่อราคาน้ำมันในประเทศไทย และส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจในภาพรวมของประเทศ ดังนั้นทางภาครัฐจึงมีการวางนโยบายเพื่อบรรเทาปัญหาทางด้านพลังงานดังกล่าว โดยการสนับสนุนให้มีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ภายในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางด้านพลังงาน จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ลิกโนเซลลูโลสหรือชีวมวลที่มีอยู่ในปริมาณมากในประเทศ สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตพลังงาน ทดแทนการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลได้ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนรูปคาร์โบไฮเดรสให้อยู่ในรูปของพลังงาน แทนการใช้สารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [1] ชีวมวลสามารถแปรรูปเป็นพลังงานทดแทนได้หลายรูปแบบ เช่น เอทานอล ก๊าซชีวภาพ แก๊สชีวมวล และไบโอดีเซล [2], [3] โดยเฉพาะไบโอดีเซลกำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนประเภทดีเซลที่มาจากธรรมชาติ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด ไม่มีปัญหากับเครื่องยนต์ในขณะใช้งาน และยังช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ดีเซลได้อีกด้วย

ไบโอดีเซล (Biodiesel) เป็นสารประกอบชนิดโมโนอัลคิลเอสเทอร์ (Mono Alkyl Ester) ได้จากกระบวนการทางเคมี ที่เรียกว่า ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) ของน้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ (Alcohol) เช่น เมทานอล (Methanol) หรือเอทานอล (Ethanol) และมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบส เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) จะได้ผลผลิตในรูปของเอสเทอร์ (Ester) ซึ่งก็คือน้ำมันไบโอดีเซล มีกลีเซอรอล (Glycerol) เป็นผลพลอยได้ โดยจะเรียกชนิดของไบโอดีเซลแบบ เอสเทอร์นี้ตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา และเพื่อสนับสนุนให้มีการใช้พลังงานทดแทนในรูปแบบของไบโอดีเซลทดแทนการใช้ดีเซลมากขึ้น ภาครัฐจึงได้มีนโยบายในการพัฒนาพลังงานทดแทน เป็นพลังงานหลักของประเทศ โดยการจัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนขึ้น เพื่อสนับสนุนให้มีการผลิต ไบโอดีเซลมาใช้เพิ่มมากขึ้น ลดการนำเข้าน้ำมัน ซึ่งปัจจุบันสูงถึงร้อยละ 80 ของปริมาณการใช้น้ำมันทั้งหมดภายในประเทศ อีกทั้งไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นเชื้อเพลิงสะอาดที่ผลิตได้จากพืชหรือน้ำมันสัตว์ แต่การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากพืชส่วนใหญ่นั้นได้มาจากพืชที่ให้น้ำมัน เช่น มะพร้าว หรือผลปาล์มน้ำมันและพืชที่ให้น้ำมันอื่นๆ ซึ่งพืชน้ำมันดังที่กล่าวมาข้างต้นต้องใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกค่อนข้างมาก โดยเฉพาะปาล์มน้ำมัน ส่วนใหญ่เพาะปลูกในพื้นที่ภาคใต้ จากปัญหาทางด้านสภาพภูมิอากาศทำให้ในบางฤดูกาลปาล์มน้ำมันไม่สามารถให้ผลผลิตตามต้องการได้ อีกทั้งยังเป็นพืชอาหารทำให้การนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารและยังเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการหาแหล่งน้ำมันจากพืชน้ำมันชนิดอื่นมาเพื่อใช้ทดแทนพืชอาหาร จากกรณีดังกล่าวพืชน้ำมันจากท้องถิ่นจึงเข้ามามีบทบาทเพิ่มขึ้นในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล [2], [3] และการนำพืชท้องถิ่นมาแปรรูป

เป็นพลังงานสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้ กระบกเป็นพืชท้องถิ่นของประเทศไทยที่มีน้ำมันอยู่ในส่วนของเมล็ด สามารถเติบโตในสภาพดินทุกชนิด พบมากในภาคเหนือและภาคอีสาน ชื่อสามัญ คือ Wild Almond ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Irvingia malayana Oliv. ex A.W.Benn.* จัดอยู่ในวงศ์ Irvingiaceae มีชื่อท้องถิ่นแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับแต่ละท้องถิ่น กระบกเป็นพืชท้องถิ่นที่พบมากในป่าบริเวณภาคเหนือที่ยังไม่มีการศึกษามากนักและยังไม่มีข้อมูลผลผลิตต่อไร่ต่อปี ส่วนของผลหรือลูกกระบก มีลักษณะรูปกลมรีหรือค่อนข้างเป็นรูปไข่ แบนเล็กน้อย ในผลมีเมล็ด เป็นเมล็ดเดี่ยวมีเปลือกแข็ง เนื้อในเมล็ด มีลักษณะเป็นเนื้อแป้งสีขาวอัดแน่นอยู่ในส่วนของเปลือกหุ้ม เนื้อในเมล็ดสามารถสกัดออกมาให้อยู่ในรูปของน้ำมัน โดยประกอบไปด้วย กรดไขมันอิ่มตัว ได้แก่ กรดไลโนเลอิก (Linoleic Acid) ร้อยละ 0.04 กรดโอเลอิก (Oleic Acid; C_{18}) ร้อยละ 3 และกรดปาล์มมิติก (Palmitic Acid) ร้อยละ 3.2 น้ำมันเมล็ดกระบกเป็นพวกไตรกลีเซอไรด์ จึงสามารถนำน้ำมันมาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตไบโอดีเซลได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดกระบก ผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยการศึกษากระบวนการสกัด ด้วยวิธีการสกัดทางกลและวิธีการทางเคมี เพื่อหากระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมันเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล จากนั้นหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซล และวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของน้ำมันไบโอดีเซลหลังทำปฏิกิริยา เพื่อนำผลการทดลองมาใช้เป็นทางเลือกให้กับประเทศในการผลิตพลังงานทดแทนในรูปของพลังงานสะอาดในอนาคต

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 การศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระบก

นำผลกระบกมากะเทาะเอาเฉพาะส่วนของเมล็ด แสดงดังรูปที่ 1 เมล็ดที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะเป็นรูปไข่มีเปลือกแข็งสีน้ำตาลเข้ม เนื้อในเมล็ดมีสีขาวขุ่น นำเมล็ดมาตากให้แห้งด้วยแสงแดด จากนั้นวิเคราะห์ความชื้นเริ่มต้นในฐานน้ำหนักแห้ง (Dry Basis) บรรจุในถุงที่บรรจุด้วยถุงเม็ดซิลิกาเจลเพื่อป้องกันความชื้นก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนการสกัดน้ำมันต่อไป

รูปที่ 1 เมล็ดกระบก

2.1.1 ขั้นตอนการสกัดด้วยวิธีการทางกล

ทำการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดกระบกด้วยวิธีการทางกลโดยการหีบสกัดด้วยเครื่องอัดแบบไฮดรอลิค นำเมล็ดกระบกมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำมาใส่กระบอกอัดไฮดรอลิค แสดงดังรูปที่ 2 ปริมาณของเมล็ดตัวอย่าง 500 กรัม อัดด้วยความดัน 800-2,000 นิวตันต่อตารางเมตร ทำการหีบที่อุณหภูมิแวดล้อม 32-34 องศาเซลเซียส นำน้ำมันที่ได้มากรองแยกตะกอนด้วยผ้าขาวบาง ทำการวิเคราะห์ร้อยละผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ (%yield)

รูปที่ 2 ก) เครื่องหีบแบบไฮดรอลิค ข) กระบอกอัด

2.1.2 ขั้นตอนการสกัดด้วยวิธีการทางเคมี

ทำการศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระบกด้วยวิธีการทางเคมีด้วยตัวทำละลายเฮกเซน (n-hexane) โดยใช้เมล็ดกระบกที่ผ่านการบดละเอียด 20 กรัม ทำการศึกษาปริมาณของตัวทำละลายที่

แตกต่างกันที่ปริมาตร 100, 120, 140 และ 160 มิลลิลิตร ทดลองในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ใช้อะลูมิเนียมฟอยล์และพลาสติกใสปิดปากขวด แช่ทิ้งไว้ค้างคืน ณ อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำสารผสมที่ผ่านการแช่ไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า (Shaker) ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อให้ตัวทำละลายสัมผัสตัวอย่างทั่วถึง ทำการกรองเพื่อแยกกากออกจากสารละลาย และกลั่นแยกตัวทำละลายออกจากน้ำมันด้วยเครื่องกลั่นอย่างง่าย แสดงดังรูปที่ 3 ควบคุมอุณหภูมิในการกลั่น 70 องศาเซลเซียส เวลาในการกลั่น 20 นาที นำน้ำมันที่ได้จากการกลั่นไปให้ความร้อนด้วยเตาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เพื่อระเหยน้ำและตัวทำละลายที่หลงเหลืออยู่ออกจนหมด จากนั้นชั่งน้ำหนักน้ำมันเมล็ดกระบกเพื่อหาค่าร้อยละผลผลิตน้ำมันที่ได้

รูปที่ 3 เครื่องสกัดอย่างง่าย

2.2 ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดกระบกด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

ทำการทดลองการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดกระบกในระดับห้องปฏิบัติการ โดยการนำน้ำมันที่ผ่านการสกัดมาให้ความร้อนเพื่อไล่ความชื้น ควบคุมอุณหภูมิในการให้ความร้อนประมาณ 100-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน (มีมวลโมเลกุล 220 กรัมต่อโมล) ที่อัตราส่วน 6:1, 9:1 และ 12:1 ศึกษาปริมาณของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ร้อยละ 0.25, 0.5, 1 2 และ 3 โดยน้ำหนัก ผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยการนำน้ำมันเมล็ดกระบก 50 กรัม ให้ความร้อนบนเครื่องกวนสารละลายพร้อมเตาให้ความร้อน ควบคุมอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส ผสมเมทานอลตามอัตราส่วนและเติมตัวเร่งปฏิกิริยาตามปริมาณที่ทำการศึกษา กวนผสมด้วยความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ทำปฏิกิริยา 60 นาที นำสารผสมที่ได้ลงกรวยแยก ทิ้งให้แยกชั้นเป็นเวลา 60 นาที เมื่อสารผสมแยกออกเป็น 2 ชั้น ไขแยกชั้นกลีเซอรอลออกให้เหลือเฉพาะชั้นบนที่เป็นน้ำมันไบโอดีเซล ล้างด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 3-4 ครั้ง หรือจนกว่าน้ำล้างจะใส นำน้ำมันไบโอดีเซลมาให้ความร้อนเพื่อไล่น้ำที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส [4] จากนั้นทำการหาค่าร้อยละผลผลิตไบโอดีเซล และวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพพื้นฐาน

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากผลการทดลองการสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระบกโดยวิธีการทางกลและทางเคมีและการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันในระดับห้องปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสกัดที่เหมาะสม และเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันในการผลิตไบโอดีเซล ทำการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ ผลการทดลองมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ผลของการสกัดแยกน้ำมันออกจากเมล็ดกระบก

3.1.1 ผลของการหีบสกัดน้ำมันเมล็ดกระบกด้วยวิธีการทางกล

เมล็ดกระบกก่อนการทดลองมีค่าความชื้นน้ำหนักฐานแห้งร้อยละ 3.12±0.09 ผลของการหีบสกัดทางกลด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิค ให้ปริมาณน้ำมัน (Total

Lipid) ร้อยละ 27.24 ± 0.21 ลักษณะของน้ำมันที่สกัดได้มีสีน้ำตาลเข้ม เมื่อวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิแวดล้อม พบว่าน้ำมันเกิดการแข็งตัวเป็นไขดังรูปที่ 4ก)

3.1.2 ผลของการสกัดน้ำมันเมล็ดกระบกด้วยวิธีการทางเคมีด้วยตัวทำละลายเฮกเซน

ผลจากการทดลองการสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระบกด้วยวิธีการทางเคมีโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซนปริมาตร 100-160 มิลลิลิตรพบว่า การใช้ตัวทำละลายเฮกเซนในปริมาตร 160 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักเมล็ดกระบก 20 กรัม ให้ปริมาณน้ำมัน (Total Lipid) สูงสุดร้อยละ 44.53±1.12 ดังตารางที่ 1 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ตัวทำละลายในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณน้ำมันผลได้มากขึ้นเช่นกัน เนื่องจากปริมาณตัวทำละลายมากจะสามารถเข้าแทรกซึมตัวอย่างได้อย่างทั่วถึง สอดคล้องกับการทดลองที่มีการใช้ตัวทำละลายปริมาตร 100 มิลลิลิตร ให้ปริมาณน้ำมันผลได้น้อยที่สุดคือ ร้อยละ 25.89±1.52 และในส่วนผลของการใช้ปริมาณเฮกเซน 140 มิลลิลิตร ให้ปริมาณน้ำมันร้อยละ 43.11±0.98 ซึ่งให้ปริมาณน้ำมันใกล้เคียงกับการใช้เฮกเซน 160 มิลลิลิตร ดังนั้นเฮกเซน 140 มิลลิลิตร จึงเป็นปริมาณตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้เป็นตัวทำละลายในการสกัดน้ำมัน เนื่องจากตัวทำละลาย 160 มิลลิลิตร เป็นปริมาณที่มากเกินพอและสิ้นเปลืองสารเคมี ทำให้ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันกระบกที่สกัดได้มีสีเหลืองใสดังรูปที่ 4 ข) มีค่า pH 5.98±0.11 ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันร้อยละ 3.47±0.12 สามารถนำมาผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันได้ [3]

รูปที่ 4 ลักษณะของน้ำมันที่ได้จากการสกัด ก) วิธีการทางกล ข) วิธีการทางเคมี

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ด้วยวิธีการทางกลและทางเคมี

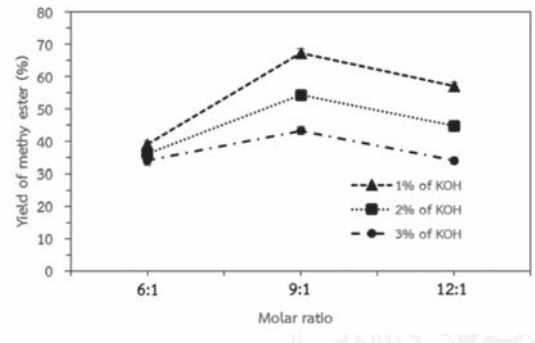
n-haxane (mL)	Sample (g)	Oil (g)	Yield (%)
1. Physical extraction			
-	500.0	136.2	27.24±0.21
2. Chemical extraction			
100	20.1	5.20	25.89±1.52
120	20.2	6.89	34.12±1.09
140	20.0	8.62	43.11±0.98
160	20.0	8.91	44.53±1.12

3.2 ผลของปัจจัยที่มีต่อผลผลิตไบโอดีเซล

3.2.1 อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอล

จากการทดลองการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดกระบก เมื่อผ่านการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน นำสารผสมที่ได้ใส่กรวยแยก วางทิ้งไว้อุณหภูมิห้องจะเกิดการแยกเป็นสองชั้น ชั้นบนเป็นไบโอดีเซลในรูปของเมทิลเอสเทอร์ และในส่วนของชั้นล่างเป็นกลีเซอรอลกับสิ่งเจือปน และเนื่องจากปริมาณของกรดไขมันอิสระในน้ำมันมีผลต่อการทำปฏิกิริยาทรานส์-เอสเทอริฟิเคชัน อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันส่งผลต่อปริมาณผลได้ของไบโอดีเซล ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเมทานอลต่อน้ำมัน จากผลการทดลองสามารถ

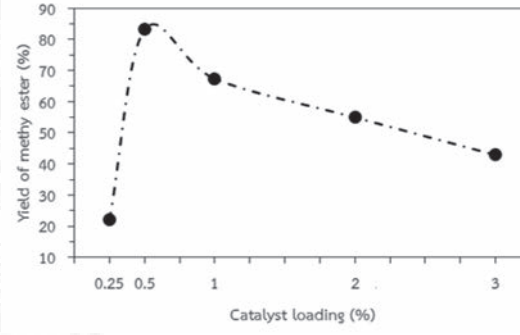
วิเคราะห์แนวโน้มของความสัมพันธ์ในแต่ละอัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันที่อัตราส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 5 จากการศึกษาอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันที่ 3:1 6:1 และ 9:1 โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1, 2 และ 3 โดยน้ำหนักพบว่าปริมาณเมทานอลที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีปริมาณผลได้ที่เป็นผลิตภัณฑ์สูงขึ้น โดยที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันที่ 9:1 ให้ร้อยละผลได้สูงสุด 67.14±1.41 แต่อย่างไรก็ตามร้อยละผลได้ลดลงเมื่ออัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมันมากกว่า 9:1 เนื่องจากการมีปริมาณเมทานอลที่มากเกินพอส่งผลให้ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาลดลง ส่งผลให้ผลผลิตลดลง ดังนั้นการควบคุมอัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นในกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน



รูปที่ 5 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันเมล็ดกระบก

3.2.2 ร้อยละโดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา

สำหรับกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นปัจจัยที่สำคัญในการช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น [5] จากการศึกษาผลของปริมาณน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา จากการศึกษาปริมาณของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในช่วงร้อยละ 0.25-3.0 โดยน้ำหนัก ที่อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดของการทดลองที่ผ่านมา ระยะเวลาการทำปฏิกิริยา 60 นาที ควบคุมอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 6 พบว่าปริมาณผลได้หรือไบโอดีเซลสูงขึ้นเมื่อปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น เนื่องจากการมีตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาสูงขึ้นทำให้ได้ปริมาณของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น โดยปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก ให้ปริมาณร้อยละผลได้สูงสุด 83.20±1.11 อย่างไรก็ตามการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มากกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักมีแนวโน้มให้ผลผลิตไบโอดีเซลที่ลดลง เนื่องจากปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้นและให้ปริมาณผลได้ของเอสเทอร์สูงขึ้น อย่างไรก็ตามทุกๆ ปฏิกิริยามีปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมแตกต่างกันถึงจุดหนึ่ง หากการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มากกว่าจุดนี้คือการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มากเกินไปส่งผลให้ตัวเร่งปฏิกิริยาไปมีส่วนร่วมกับการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสบู่ (Saponification) โดยตัวเร่งปฏิกิริยาไปทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์เกิดเป็นสบู่และน้ำ ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณผลได้ของไบโอดีเซลลดลง [6]



รูปที่ 6 ผลของตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

3.2.3 ผลของการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้

การวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานทางกายภาพของน้ำมันไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากน้ำมันเมล็ดกระบกที่ให้ปริมาณผลได้ไบโอดีเซลสูงสุด ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ

กรมธุรกิจพลังงานพบว่าโดยรวมแล้วน้ำมันไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้มีสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานยกเว้นจุดวาบไฟที่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณเมทานอลที่หลงเหลืออยู่ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการปรับปรุงขั้นตอนการแยกเมทานอล อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ไม่ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลร้อยละกลีเซอรีนทั้งหมดและเมทิลเอสเทอร์ในไบโอดีเซล ซึ่งควรมีการศึกษาเพื่อต่อยอดงานวิจัยนี้ รวมถึงการคำนวณต้นทุนการผลิตเมื่อมีการประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของน้ำมันไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากเมล็ดกระบก

Property	Value	Standard of the Department of Energy Business
Pour point (°C)	6	-
Flash point (°C)	115	>120
Fire point (°C)	121	-
Density (kg/m^3)	890	860-900
Viscosity @40 °C (cSt)	4.8	3.5-5.0
Heating value (MJ/kg)	37.9	-
Acid Value (Mg KOH/g)	0.47	<0.5
Cloud point (°C)	27	-

4. สรุป

งานวิจัยนี้สามารถนำน้ำมันจากเมล็ดกระบกมาใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลได้ โดยวิธีการสกัดทางกลและทางเคมีสามารถนำมาใช้ในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระบกได้ โดยการสกัดทางเคมีให้ปริมาณน้ำมันสูงสุดร้อยละ 44.53±1.12 เมื่อใช้เฮกเซน 160 มิลลิลิตร เป็นตัวทำละลาย สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่าใช้ปริมาณตัวเร่งร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการทำปฏิกิริยา 60 นาที สามารถให้ปริมาณไบโอดีเซลสูงสุดร้อยละ 83.20±1.11 และสมบัติทางกายภาพของน้ำมันไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้โดยรวมแล้วใกล้เคียงค่ามาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงาน

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ในการให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ห้องปฏิบัติการเพื่อทำการทดลองพร้อมอุปกรณ์ในการทดลอง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] L. C. Meher, D. V. Sagar and S. N. Naik, “Technical aspects of biodiesel production by transesterification: A review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 10, pp. 248-268, 2006.

[2] F. A. Dawodu, O. O. Ayodele and T. Bolanle-Ojo, “Biodiesel production from *Sesamum indicum L.* seed oil: An optimization study,” *Egyptian Journal of Petroleum*, vol. 23, pp. 191-199, Jun. 2014.

[3] M. I. AL-Widyan and A. O. AL-Shyaukh, “Experimental evaluation of the transesterification of waste palm oil into biodiesel,” *Bioresource Tecnology*, vol. 85, pp. 253-256, 2002.

[4] A. Pattiya, *Biofuel production technology*, Rajabhat Mahasakham University Press, 2018.

[5] I. M. Atadashi, M. K. Aroua, A. R. Abdul, N. M. N. Sulaiman, "The effects of catalysts in biodiesel production: A review," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 19, pp. 14-26, 2013.

[6] A. B. M. S. Hossain and M. A. Mazen, "Effects of catalyst types and concentrations on biodiesel production from waste soybean oil biomass as renewable energy and environmental recycling process," *Australian Journal of Crop Science*, vol. 4, pp. 550-555, 2010.