การสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระทิงเพื่อผลิตไบโอดีเซล

Extraction of Alexandrian Laurel (*Calophyllum inophyllum* L.) Seed Oil for Biodiesel Production.

รวินิภา ศรีมูล[1*] พรสิณี ดาราพงษ์[1] และ วิทยา คณาวงษ์[1]

Rawinipa Srimoon,[1*] Pornsinee Darapong[1] and Vittaya Kanavong[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดกระทิง (*Calophyllum inophyllum* L.) จากการหาชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมัน พบว่า เฮกเซน สามารถสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระทิงได้มากที่สุด ร้อยละ 73.53 ± 0.64 เมื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันที่สกัดได้ พบว่า มีความชื้นร้อยละ 3.57 ± 0.15 ความหนืด 47.03 ± 0.12 เซนติสโตก ค่าสะพอนิฟิเคชันเท่ากับ 211.56 ± 0.66 ค่าไอโอดีนเท่ากับ 66.82 ± 2.53 กรัม I_2/100 กรัม ความเป็นกรด 7.07 ± 0.07 มิลลิกรัม KOH/กรัม และค่าเปอร์ออกไซด์ 9.86 ± 1.34 เมื่อนำน้ำมันที่ได้ไปผลิตเป็นไบโอดีเซลโดยการทำปฏิกิริยากับเมทานอล ร้อยละ 25 โดยปริมาตร และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยมวลต่อปริมาตรเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ได้น้ำมันไบโอดีเซลร้อยละ 74.67 ± 1.86 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้ พบว่า มีจุดวาบไฟ 195.0 ± 3.6 องศาเซลเซียส จุดไหลเท -0.66 ± 0.02 องศาเซลเซียส ความหนืด 6.8 ± 0.2 เซนติสโตก และความถ่วงจำเพาะ 0.86 ± 0.01 กรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามข้อกำหนดของกรมธุรกิจพลังงานปี พ.ศ. 2552 แล้ว พบว่า น้ำมันไบโอดีเซลที่ได้มีสมบัติใกล้เคียงกับมาตรฐานที่กำหนด แต่เนื่องจากน้ำมันจากเมล็ดกระทิงที่ได้มีความเป็นกรดค่อนข้างสูง จึงควรใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรดเพื่อเปลี่ยนกรดไขมันอิสระให้เป็นอัลคิลเอสเทอร์ก่อน จะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลสูงขึ้น

คำสำคัญ : เมล็ดกระทิง ไบโอดีเซล การสกัดด้วยตัวทำละลาย

Abstract

This research purposed to study the biodiesel production from the Alexandrian Laurel (*Calophyllum inophyllum* L.) seed oil. The results from the extraction showed that hexane was the appropriated solvent which yielded at 73.53 ± 0.64%. From the physical and chemical properties, the moisture content was 3.57 ± 0.15%, the viscosity was 47.03 ± 0.12 cSt, the saponification value was 211.56 ± 0.66, the iodine value was 66.82 ± 2.53 g

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี 22210

[1] Department of Applied Science and Biotechnology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-OK, Chanthaburi Campus, Chanthaburi, 22210

* Corresponding author. E-mail: rawinipa.srimoon@gmail.com

I_2/100 g, the acidity was 7.07 ± 0.07 mg KOH/g and the peroxide was 9.86 ± 1.34. To produce biodiesel, extracted oil had reacted with the methanol (25% v/v of oil) at 60 ^{0}C in 30 minutes and NaOH (0.5% w/v of oil) was used as the catalyst. The yield of biodiesel under the optimized conditions was 74.67 ± 1.86 %. The results from the physical test of biodiesel, the flash point was 195.0 ± 3.6 ^{0}C, the pour point was -0.65 ± 0.02 ^{0}C, the viscosity was 6.8 + 0.2 cSt and the specific gravity was 0.86 ± 0.01 g/mL.. Additionally, the properties of biodiesel on the Alexandrian Laurel seed oil were closed to the standard value of the Department of Energy Business standard in 2009. However, the acidity of the extracted oil was too high; thereforethe acid catalyst was used to convert free fatty acids to alkyl ester in order togain the higher yield of biodiesel.

Keywords : Alexandrian Laurel seed, Biodiesel, Solvent extraction

บทนำ

วิกฤติทางพลังงานในปัจจุบันเป็นแรงผลักที่สำคัญในการแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนใหม่ๆ ไบโอดีเซล (Biodiesel) เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกสำคัญชนิดหนึ่งที่สามารถทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมซึ่งนับวันจะมีปริมาณน้อยลงและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ไบโอดีเซลผลิตจากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ เช่น ทานตะวัน งา ฝ้าย ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ละหุ่ง สบู่ดำ มะพร้าว ปาล์ม และน้ำมันเหลือใช้หลังการปรุงอาหาร องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันพืชและไขมันสัตว์เป็นไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) เมื่อรวมตัวกับตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดที่เป็นเบส เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassiumhydroxide, KOH) โดยมีแอลกอฮอล์ที่เกินพอ (Excess alcohol) จะทำให้เกิดการรวมพันธะของกรดไขมันและแอลกอฮอล์ เกิดเป็นเมทิลเอสเทอร์หรือเอทิลเอสเทอร์ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนที่เหมาะสมได้โดยไม่เกิดผลกระทบต่อระบบกับเครื่องยนต์ ปฏิกิริยานี้เรียกว่า ทรานส์-เอสเทอริฟิเคชัน (Trans-esterification) และได้กลีเซอรอล (Glycerol) เป็นผลพลอยได้ การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชมักจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 เป็นการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และขั้นตอนที่ 2 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Bona and Vamerall, 1999) นอกจากนี้ การเผาไหม้น้ำมันไบโอดีเซลจะสมบูรณ์กว่าน้ำมันดีเซลและมีปริมาณเขม่าและควันดำน้อยกว่า จึงนับเป็นการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง (ชื่นขวัญ และสมใจ, 2556)

กระทิง (*Calophyllum inophyllum* L.) เป็นไม้-ยืนต้นที่จัดอยู่ในวงศ์ Guttiferae มีชื่อสามัญว่า Alexandrian Laurel หรือ Indian Laurel พบมากทั่วไปในแถบภูมิอากาศร้อนชื้น ในจังหวัดจันทบุรีแถบอำเภอเขาคิชฌกูฏสามารถพบทั่วไป ออกดอกปีละครั้งประมาณเดือนตุลาคม – ธันวาคม และกลายเป็นผลในช่วงเดือนพฤศจิกายน – มกราคม เป็นพืชที่มีน้ำมันในเมล็ดมากถึงประมาณร้อยละ 72.65 (Sahoo *et al.,* 2007) และมีปริมาณกรดไขมันอิสระค่อนข้างสูง คือ ประมาณร้อยละ 19.18 (Ramaraju and Kumar, 2011) แต่ไม่ใช้ในการบริโภค ในสมัยก่อนใช้เมล็ดจุดให้แสงสว่างและความร้อน รวมทั้งใช้เป็นสมุนไพร

แก้ปวดเมื่อยตามข้อและผสมในเครื่องสำอาง แต่ในปัจจุบันยังไม่มีการนำพืชน้ำมันชนิดนี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจแต่อย่างใด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำน้ำมันเมล็ดกระทิงมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซลเพื่อให้เกิดประโยชน์มากขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระทิงโดยใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆ วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันที่สกัดได้ จากนั้นนำน้ำมันมาผลิตเป็นไบโอดีเซล และวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซลที่ได้ จากผลการศึกษาจะเป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดกระทิงเพื่อใช้ในเครื่องจักรกลเกษตร ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรได้ในอนาคต

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมตัวอย่างเมล็ดกระทิง

เก็บเมล็ดกระทิงที่แก่จัด ตากให้เมล็ดด้านนอกแห้ง กะเทาะเปลือกแข็งด้านนอกออก เหลือไว้เฉพาะเนื้อในเมล็ด หั่นเนื้อในเมล็ดเป็นชิ้นเล็กๆ อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น บดให้ละเอียดก่อนนำไปใช้

สำหรับสารเคมีที่ใช้เป็นเกรดวิเคราะห์ (AR grade) เฮกเซน (Hexane, Labscan, Thailand) ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether, Fisher Scientific, UK) เมทานอล (Methanol, Merck, Germany) เอทานอล (Ethanol, Merck, Germany) กรดไฮโดรคลอริก (HCl, Labscan, Thailand) โซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$, Loba Chemie, India) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH, Ajax, Australia) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH, Loba Chemie, India) ส่วนเมทานอลที่ใช้ในการสกัดน้ำมันเมล็ดกระทิงปริมาณมาก ใช้เกรดการค้า (Commercial grade) และ เครื่องวัดความหนืด ยี่ห้อ Brook field รุ่น DV3

2. ศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระทิง

สกัดน้ำมันจากเมล็ดกระทิงด้วยตัวทำละลายดังต่อไปนี้ : เฮกเซน ปิโตรเลียมอีเทอร์ เมทานอลและเอทานอล โดยชั่งเมล็ดกระทิงที่แห้งและบดละเอียดแล้ว 50 กรัม ใส่ในทิมเบิล นำไปสกัดด้วยวิธีซ็อกเลต (Soxhlet extraction) เติมตัวทำละลายลงไป 300 มิลลิลิตร สกัดต่อเนื่องเป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำกากเมล็ดกระทิงไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งตัวทำละลายระเหยออกไปหมด ทิ้งให้เย็นแล้วนำไปชั่ง คำนวณร้อยละของน้ำมันในเมล็ดกระทิง เปรียบเทียบร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้เมื่อใช้ตัวทำละลายแต่ละชนิด

3. การสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระทิง

นำเมล็ดกระทิงที่แห้งและบดละเอียดใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 2 ลิตร เติมเฮกเซนลงไปในอัตราส่วนเมล็ดกระทิง : เฮกเซน = 1 : 4 โดยมวลต่อปริมาตร กวนให้ผสมกันดี แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยกวนเป็นระยะๆ กรองกากเมล็ดกระทิงออก นำไปแช่ด้วยเฮกเซนในอัตราส่วนเดิมอีกครั้ง นำของผสมระหว่างเฮกเซนและน้ำมันที่สกัดได้ทั้งสองครั้งมารวมกัน นำไประเหยเฮกเซนออก แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็น น้ำมันที่ได้จะ

นำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางเคมี และเข้าสู่กระบวนการผลิตไบโอดีเซลต่อไป

4. การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดกระทิง

นำน้ำมันที่สกัดได้ไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางเคมี โดยวิเคราะห์คุณสมบัติดังนี้ : ปริมาณความชื้น (Moisture content) ซึ่งถ้าน้ำมันมีความชื้นมากกว่าร้อยละ 0.05 ให้นำน้ำมันไปกำจัดความชื้นโดยอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ก่อนนำไปทำปฏิกิริยาทรานส์-เอสเทอริฟิเคชันในขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล ความหนืด (Viscosity) วัดด้วยเครื่องวัดความหนืด Brook field รุ่น DV3 ค่าสะพอนิฟิเคชัน (Saponification number) ด้วยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ค่าเลขไอโอดีน (Iodine number) โดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) ค่าความเป็นกรด (Acidity) ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และ ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) โดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต

5. การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดกระทิง

เนื่องจากเมล็ดกระทิงมียางเหนียวเป็นองค์ประกอบอยู่ค่อนข้างมาก จึงต้องนำไปแยกยางเหนียวออกก่อน โดยนำน้ำมันที่สกัดได้มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55 - 70 องศาเซลเซียส เติมน้ำกลั่นลงไปร้อยละ 4 โดยปริมาตรของน้ำมัน กวนให้เข้ากันเป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นอย่างน้อย 2 วัน ยางเหนียวของเมล็ดกระทิงจะตกตะกอนอยู่ด้านล่าง แยกน้ำมันด้านบนไปต้มไล่น้ำออก โดยนำไปอุ่นให้ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นลดอุณหภูมิลงเหลือ 60 องศาเซลเซียส

ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันจะให้น้ำมันทำปฏิกิริยากับเมทานอลโดยมีเบส คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำโดยเตรียมสารละลายผสมของโซเดียมไฮดรอกไซด์กับเมทานอล โซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 0.5 โดยมวลต่อปริมาตรของน้ำมัน ละลายในเมทานอล ร้อยละ 25 โดยปริมาตรของน้ำมัน เทสารละลายผสมนี้ลงในน้ำมันที่อุ่นเตรียมไว้ ปิดปากภาชนะพร้อมทั้งควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ 60 องศาเซลเซียส และกวนด้วยอัตราคงที่ นาน 30 นาที จากนั้นเทลงในกรวยแยก วางทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง จะเกิดการแยกชั้นระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอรีน แยกกลีเซอรีนที่อยู่ชั้นล่างออกไป จากนั้นนำไบโอดีเซลที่ได้ไปล้างด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิ 50 - 55 องศาเซลเซียส เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น ล้างทั้งหมด 3 ครั้ง (หรือจนกว่าน้ำที่ล้างเป็นกลาง) อุ่นไล่น้ำ โดยนำไบโอดีเซลที่ล้างเสร็จแล้วมาให้ความร้อน 110 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที น้ำที่ยังปนอยู่ในไบโอดีเซลเมื่อได้รับความร้อน จะรวมตัวกันเป็นหยดอยู่ก้นกรวยแยก แยกเอาน้ำออกจะได้ไบโอดีเซล วัดปริมาตรผลผลิตที่ได้

6. การทดสอบสมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดกระทิง

ทดสอบสมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันเมล็ดกระทิง โดยวิเคราะห์

คุณสมบัติดังนี้ : จุดวาบไฟ (Flash point ; มาตรฐาน ASTM D93) จุดไหลเท (Pour point ; มาตรฐาน ASTM D97) ความหนืด (Viscosity ; มาตรฐาน ASTM D445) และ ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity ; มาตรฐาน ASTM D1298) เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานไบโอดีเซลตามข้อกำหนดกรมธุรกิจพลังงาน (2552)

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระทิง

จากการสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระทิงด้วยเฮกเซน ปิโตรเลียมอีเทอร์ เมทานอล และเอทานอล ด้วยวิธีซ็อกเลต พบว่า เฮกเซน สามารถสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระทิงได้มากที่สุด ร้อยละ 73.53 ± 0.64 อุณหภูมิของการสกัดอยู่ที่ 65 องศาเซลเซียส รองลงไป คือ เอทานอล เมทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์ ตามลำดับดัง Table 1 ดังนั้นในการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำมันเมล็ดกระทิง จึงใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายเพื่อสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระทิง

Table 1 Percent of extraction of Alexandrian Laurel (*Calophyllum inophyllum* L.) seed oil (number of replication = 3).

Solvents	Temperature (^{o}C)	Percent of Extraction
Hexane	65	73.53 $\pm$ 0.64
Petroleum ether	49	58.27 $\pm$ 2.58
Methanol	62	64.23 $\pm$ 1.09
Ethanol	75	64.37 $\pm$ 1.05

2. ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดกระทิง

เมื่อใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระทิง น้ำมันที่ได้นำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ความหนืด ค่าสะพอนิฟิเคชัน ค่าเลขไอโอดีน ค่าความเป็นกรด และ ค่าเปอร์ออกไซด์ ผลเป็นดัง Table 2

จากผลการศึกษา พบว่า ความชื้นของน้ำมันเมล็ดกระทิงสูงกว่าที่กำหนดสำหรับการนำไปผลิตไบโอดีเซล (ไม่ควรเกินกว่าร้อยละ 0.05) ดังนั้น น้ำมันที่สกัดได้ต้องนำไปกำจัดความชื้นก่อนการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เนื่องจากน้ำที่ปนเปื้อนจะทำให้เกิดสบู่ ทำให้สารละลายผสมมีความหนืดสูงขึ้น ส่งผลให้การแยกกลีเซอรอลจากเมทิลเอสเทอร์ทำได้ยากขึ้น และยังทำให้น้ำมันมีความหนืดสูงตามไปด้วย น้ำมันเมล็ดกระทิงจัดว่ามีความหนืดสูงมากเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลที่มีค่าความหนืดเพียง 3.8 เซนติสโตก อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับน้ำมันพืชอื่นๆ ก็พบว่ามีค่าความหนืดสูงเช่นกัน (อัญชณา, 2545) น้ำมันที่มีความหนืดมากเมื่อนำไปผลิตไบโอดีเซลจะทำให้การฉีดเป็นฝอยไม่ดี ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

ค่าสะพอนิฟิเคชันของน้ำมันเมื่อนำไปคำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของไขมันหรือน้ำมันที่อยู่ในเมล็ดกระทิงได้เท่ากับ 794.1 ใกล้เคียงกับน้ำมันชนิดอื่นๆ สำหรับค่าเลขไอโอดีนซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงปริมาณพันธะคู่ที่มีในโครงสร้างของน้ำมันชนิดนั้นๆ น้ำมันที่มีค่าเลขไอโอดีนสูงหมายความว่า มีปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็น

องค์ประกอบมาก จะมีผลต่อเสถียรภาพของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำให้ไบโอดีเซลมีอายุการเก็บรักษาสั้น แต่มีแง่ดีในการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้กับออกซิเจนได้ดี จึงเหมาะกับการนำไปเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง (ชื่นขวัญ และ สมใจ, 2556) ค่าเลขไอโอดีนของน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดกระทิง เท่ากับ 66.82 ± 2.53 กรัม I_2/100 กรัม จัดว่าไม่สูงเกินไปเมื่อนำไปผลิตเป็นไบโอดีเซล แต่จากการทดสอบความเป็นกรดของน้ำมัน พบว่า มีค่าความเป็นกรดสูง ซึ่งโดยปกติน้ำมันที่จะนำไปผลิตเป็นไบโอดีเซลควรมีค่าความเป็นกรดประมาณ 4.0 มิลลิกรัม KOH/กรัม แสดงว่าน้ำมันเมล็ดกระทิงมีปริมาณของกรดไขมันสูง ดังนั้น ถ้านำไปทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพียงอย่างเดียว จะทำให้ได้ผลผลิตไบโอดีเซลต่ำ การที่จะเพิ่มผลผลิตของไบโอดีเซลที่ได้ จึงควรมีการทำปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน โดยในขั้นตอนแรกควรใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเปลี่ยนกรดไขมันอิสระให้เป็นอัลคิล-เอสเทอร์ก่อน เมื่อปริมาณกรดไขมันอิสระลดลงแล้วจึงใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในขั้นตอนที่สองจะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลสูงขึ้น (Canakci and Van, 2001)

สำหรับค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันใช้บ่งบอกถึงความยากง่ายของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ถ้าเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายค่าเปอร์ออกไซด์จะสูง น้ำมันจะเกิดการเสื่อมสภาพได้มาก อย่างไรก็ตาม ค่าเปอร์ออกไซด์ก็ยังไม่สามารถบ่งบอกถึงการเกิดออกซิเดชันในไบโอดีเซลได้ทั้งหมด เนื่องจากกรดไขมันเมื่อถูกออกซิไดส์แล้วจะเสื่อมสภาพได้สารพวกไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งไม่เสถียร และจะสลายตัวต่อไปสารจำพวกแอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ คีโตน และกรดคาร์บอกซิลิกที่มีโมเลกุลเล็กลง ซึ่งทำให้น้ำมันเหม็นหืน (อัญชณา, 2545)

Table 2 Properties of extracted oil from Alexandrian Laurel (*Calophyllum inophyllum* L.) seeds (number of replication = 3).

Properties	Value
Moisture content (%)	3.57 ± 0.15
Viscosity (cSt)	47.03 ± 0.12
Saponification number	211.56 ± 0.66
Iodine number (g I_2/100 g)	66.82 ± 2.53
Acidity (mg KOH/g)	7.07 ± 0.07
Peroxide value	9.86 ± 1.34

3. ผลการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดกระทิงและการทดสอบสมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซลที่ผลิตได้

เมื่อนำน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดกระทิงมาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันกับเมทานอล โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในอัตราส่วนเมทานอล ร้อยละ 25 โดยปริมาตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 0.5 โดยมวล ต่อปริมาตรของน้ำมัน ควบคุมอุณหภูมิของปฏิกิริยาไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เมื่อแยกไบโอดีเซลให้ปราศจากน้ำแล้ว พบว่า ได้น้ำมันไบโอดีเซลร้อยละ 74.67 ± 1.86 คิดเป็นปริมาณเมล็ดกระทิง 1 กิโลกรัม ได้ไบโอดีเซลประมาณ 540 กรัม

เมื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ ได้แก่ จุดวาบไฟ (มาตรฐาน ASTM D93) จุดไหลเท (มาตรฐาน ASTM D97) ความหนืด

(มาตรฐาน ASTM D445) และ ความถ่วงจำเพาะ (มาตรฐาน ASTM D1298) เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานไบโอดีเซลตามข้อกำหนดกรมธุรกิจพลังงาน พบว่า น้ำมันไบโอดีเซลที่ได้มีสมบัติใกล้เคียงกับมาตรฐานที่กำหนดโดยกรมธุรกิจพลังงาน (กรมธุรกิจพลังงาน, 2552) แสดงดัง Table 3

จากการทดสอบสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ พบว่า มีจุดวาบไฟสูงกว่าที่ข้อกำหนดของกรมธุรกิจพลังงาน ปี พ.ศ. 2552 ได้กำหนดเอาไว้ ว่าจะต้องมีจุดวาบไฟไม่ต่ำกว่า 120 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าไบโอดีเซลจะมีความปลอดภัยในการขนส่งและการเก็บปริมาณสำรอง แต่ก็มีข้อด้อยคือ เมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์จะต้องใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าในการจุดระเบิด ส่วนจุดไหลเทมีค่าต่ำกว่าข้อกำหนด แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้งานได้ในอุณหภูมิที่ต่ำโดยไม่เกิดการแข็งตัว

ในแง่ความหนืดของไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีค่าเกินช่วงมาตรฐาน ดังนั้นเมื่อนำไบโอดีเซลที่ผลิตได้ไปใช้งานจริงจะเกิดความยุ่งยาก เนื่องจากความหนืดจะมีผลต่อระบบการฉีดน้ำมัน เมื่อน้ำมันมีความหนืดมากจะทำให้เกิดการกระจายตัวเป็นฝอยไม่ดี ทำให้เกิดการหล่อลื่นไม่พอ และการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดการเกาะติดของคาร์บอนที่หัวฉีด และการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น แต่สามารถแก้ไขข้อเสียนี้ได้โดยการผสมน้ำมันดีเซลลงไปในไบโอดีเซลก็จะช่วยทำให้ความหนืดลดลงได้ สำหรับความถ่วงจำเพาะของไบโอดีเซลมีค่าอยู่ในช่วงมาตรฐานที่กำหนด

Table 3 Properties of biodiesel from Alexandrian Laurel (*Calophyllum inophyllum* L.) seed oil (number of replication = 3) via trans-esterification with methanol and NaOH.

Properties	ASTM		Tested Value
	Standard No.	Standard Value[1]	
Flash point (^{o}C)	D 93	> 120	195.0 $\pm$ 3.6
Pour point (^{o}C)	D 97	< 10	-0.66 $\pm$ 0.02
Viscosity (cSt)	D 445	3.5 – 5.0	6.8 $\pm$ 0.2
Specific gravity (g/mL)	D 1298	0.86 – 0.89	0.86 $\pm$ 0.01

[1] Standard values of the Department of Energy Business (2009) for Biodiesel (methyl ester of fatty acid type).

สรุป

จากผลการศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดกระทิงเพื่อผลิตไบโอดีเซล พบว่า เฮกเซน เป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมัน และน้ำมันที่ได้เมื่อนำไปผลิตเป็นไบโอดีเซลแล้ว มีคุณภาพใกล้เคียงกับมาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงาน อย่างไรก็ตามน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดกระทิงมีความเป็นกรดค่อนข้างสูง จึงควรใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรดเพื่อเปลี่ยนกรดไขมันอิสระให้เป็นอัลคิลเอสเทอร์ก่อนที่จะทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันต่อไป ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลสูงขึ้น จากผลที่ได้นี้ แสดงให้เห็นว่า เมล็ดกระทิงซึ่ง

เป็นพืชที่มีน้ำมันอยู่ในเมล็ดสูง มีศักยภาพเพียงพอที่จะเป็นพืชพลังงานได้ แต่มีความเหมาะสมที่จะนำไปสกัดน้ำมันเพื่อผลิตไบโอดีเซลเพื่อใช้ในเครื่องจักรกลเกษตรมากกว่าการใช้งานในรถยนต์ดีเซล เนื่องจากไบโอดีเซลที่ได้มีความบริสุทธิ์น้อย ซึ่งเป็นการพัฒนาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดกระทิงเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรได้ในอนาคต

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก และได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการวิจัย จากสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

กรมธุรกิจพลังงาน. 2552. ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2552. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : http://tcsd2.excise.go.th/cs/groups/public/documents/document/mjaw/mdm0/~edisp/webportal16200034483.pdf (25 มิถุนายน 2557).

ชื่นขวัญ ทิพจันทร์ และ สมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม. 2556. การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดกระทิงด้วยกระบวนการแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน. *วิศวสารลาดกระบัง 30* : 73 – 78.

อัญชณา ยอดเรืองวงศ์. 2545. คุณสมบัติของเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพจากน้ำมันพืชดิบโดยกระบวนการทรานส์-เอสเทอริฟิเคชัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

Bona, S., G. and T., Vamerall. 1999. Oil crop for biodiesel production in Italy. *Renewable Energy 16*. 1053 - 1056.

Canakci, M. and G.J. Van. 2001. Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids. *American Society of Agricultural Engineering 44* : 1429 – 1436.

Ramaraju, A. and T.V. Ashok Kumar. 2011. Biodiesel development from high free fatty acid punnakka oil. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences 6* : 1 – 6.

Sahoo, P.K., L.M., Das, M.K.G., Babu and S.N., Naik. 2007. Biodiesel development from high acid value Polanga seed oil and performance evaluation in a CI engine. *Fuel 86* : 448 – 454.