การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดกระทิงด้วยกระบวนการแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน

Biodiesel Production from Krating Oil Via Two Stage Catalytic Process

ชื่นขวัญ ทิพจันทร์[1] สมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม[2*]

[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[*]ksomja@kku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดกระทิงด้วยกระบวนการแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน โดยเน้น ศึกษาตัวแปรของปฏิกิริยาในขั้นตอนที่ 2 ที่มีผลต่อร้อยละเมทิลเอสเทอร์และสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ ได้แก่ อัตราส่วนโดยโมล ของน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอล ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา KOH และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่ผลิตได้จะถูกนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงและวิเคราะห์หาร้อยละเมทิลเอสเทอร์ ตามมาตรฐาน EN14214 ด้วยวิธีแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปกโทสโคป (GC-MS) ผลจากการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่ได้มีค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุด 94.04 เมื่อสภาวะในขั้นตอนที่ 1 คือปริมาณกรดซัลฟิวริกร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอล 1:9 อุณหภูมิ 50°C เวลาในการทำปฏิกิริยา 180 นาที สามารถลดค่าความเป็นกรดในน้ำมันเมล็ดกระทิงจาก 29 mgKOH/g เป็น 0.79 mgKOH/g และในขั้นตอนที่ 2 ใช้ปริมาณโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอล 1:12 อุณหภูมิ 50°C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล น้ำมันเมล็ดกระทิง ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน กระบวนการแบบ 2 ขั้นตอน

Abstract

This research work was conducted to produce biodiesel from Krating oil using two-stage catalytic process. Variables of the second stage reaction that influence the percentage of methyl ester and property of biodiesel such as molar ratio of Krating oil:methanol, concentration of KOH catalyst and reaction temperature were emphasized. Biodiesel products obtained from the second stage reaction were characterized for theirs fuel property and percentage of methyl ester with the standard method EN14214 by using GC-MS. The results show that the highest methyl ester yield of 94.04% could be produced via two-stage process. This was occurred when using H_2SO_4 2.0 wt%, molar ratio of methanol:oil 1:9, temperature of 50°C, reaction time of 180 min in the first stage reaction and utilizing KOH 1.5 wt%, molar ratio of methanol:oil 1:12, temperature of 50°C, reaction time of 60 min for the second stage reaction. The acid value of Krating oil was reduced from 29 mgKOH/g to 0.79 mgKOH/g during the first stage reaction period.

Keywords : Biodiesel, Krating seed oil, Transesterification, 2-stage process

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

จากภาวะวิกฤติของความต้องการการใช้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้น และการลดลงของแหล่งพลังงานฟอสซิลอย่างต่อเนื่องในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาทำให้นักวิจัยหันมาให้ความสนใจและพยายามที่จะหาแหล่งพลังงานทางเลือกอย่างจริงจังเพื่อช่วยลดภาวะวิกฤติดังกล่าว ประกอบกับผลของภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นผลจากการใช้พลังงานจากปิโตรเลียมของมนุษย์ จึงทำให้มนุษย์เริ่มตระหนักถึงการใช้พลังงานอย่างประหยัดและพยายามที่จะลดการใช้พลังงานจากฟอสซิล [1] ในขณะเดียวกันนักวิจัยก็พยายามพัฒนาพลังงานทางเลือกเพื่อให้สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานจากฟอสซิล ไบโอดีเซลถือว่าเป็นพลังงานทางเลือกที่สำคัญชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากไบโอดีเซลผลิตได้จากน้ำมันพืชโดยผ่านกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ไม่ซับซ้อน [2] ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

ไบโอดีเซลผลิตจากการนำน้ำมันพืช หรือน้ำมันสัตว์ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์เกิดปฏิกิริยาเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ ได้ผลผลิตเป็นโมโนอัลคิลเอสเทอร์ของสายโซ่กรดไขมัน หรือที่เรียกว่า ไบโอดีเซล นั่นเอง สำหรับน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิสระต่ำกว่าร้อยละ 3 สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลได้ด้วยวิธีการที่ง่ายที่สุดคือผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา [3] สำหรับน้ำมันพืชที่บริโภคไม่ได้โดยทั่วไปจะมีปริมาณกรดไขมันอิสระค่อนข้างสูง ซึ่งกรดไขมันอิสระจะก่อให้เกิดปัญหาคือจะทำปฏิกิริยากับตัวเร่งปฏิกิริยาเบสทำให้เกิดสบู่ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการแปรผัน (Conversion) ในการเกิดผลผลิตไบโอดีเซลลดลง [3] ดังนั้นในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acids, FFAs) สูงๆมักจะใช้วิธีปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน ที่ประกอบด้วยขั้นตอนที่ 1 คือ ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและขั้นตอนที่ 2 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การที่ใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในขั้นตอนแรกเพราะว่าตัวเร่งปฏิกิริยากรดช่วยให้ปฏิกิริยาการเปลี่ยนกรดไขมันอิสระให้เป็นอัลคิลเอสเทอร์ได้ค่อนข้างเร็ว จากนั้นเมื่อปริมาณกรดไขมันอิสระลดลงแล้วการเติมเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในขั้นตอนที่ 2 จะช่วยในการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันให้เป็นอัลคิลเอสเทอร์

ต้นกระทิงมีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Calophyllum inophyllum* Linn. เป็นไม้ยืนต้น ให้ผลตลอดทั้งปี เกิดกระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ เนื้อในของผลแห้งมีน้ำมันเป็นส่วนประกอบค่อนข้างสูงประมาณร้อยละ 75 [4] ในน้ำมันมีกรดไขมันอิสระอิ่มตัว (Palmitic และ Stearic) ร้อยละ 24.96 และกรดไขมันอิสระไม่อิ่มตัว (Oleic, Linoleic และ Linolenic) ร้อยละ 72.65 [5] มีค่าความเป็นกรด (Acid Value) ค่อนข้างสูง คือประมาณ 39.6 mgKOH/g หรือคิดเป็นปริมาณ FFAs ร้อยละ 19.8 [6] เนื่องจากเมล็ดกระทิงมีน้ำมันเป็นส่วนประกอบค่อนข้างสูงและเป็นน้ำมันที่บริโภคไม่ได้จึงน่าสนใจที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล แต่เนื่องจากน้ำมันกระทิงมีปริมาณ FFAs ค่อนข้างสูงจึงต้องใช้กระบวนการแบบ 2 ขั้นตอนในการเปลี่ยนน้ำมันเมล็ดกระทิงให้เป็นไบโอดีเซล

จากการค้นคว้าพบว่างานวิจัยในต่างประเทศที่นำเมล็ดกระทิงมาผลิตไบโอดีเซลยังมีไม่มากนัก มีการศึกษานำน้ำมันเมล็ดกระทิงที่ผ่านการทำบริสุทธิ์แล้วมาผลิตเป็นไบโอดีเซลด้วยกระบวนการแบบ 2 ขั้นตอน [4] มีการศึกษาการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็ง แทนกรดซัลฟิวริก[7] นอกจากนี้ก็มีการศึกษาเปรียบเทียบค่าเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากน้ำมันเมล็ดกระทิงกับน้ำมันพืชชนิดต่างๆ [8] ในขณะที่ Sahoo และคณะ มุ่งเน้นศึกษานำไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันเมล็ดกระทิงไปทดสอบการใช้งานกับเครื่องยนต์การเกษตร [5][9][10] สำหรับประเทศไทยยังไม่พบผลงานวิจัยที่นำน้ำมันเมล็ดกระทิงมาผลิตไบโอดีเซลเลย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำน้ำมันจากเมล็ดกระทิงที่ไม่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ก่อนมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล โดยใช้กระบวนการแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน โดยมุ่งเน้นศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ของปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉพาะในขั้นตอนที่ 2 ได้แก่ อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอล ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาที่มีผลต่อสมบัติทางเชื้อเพลิงและร้อยละเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันที่ผลิตได้ในขั้นตอนที่ 2

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 สารเคมีที่ใช้

เมทานอล เอทานอล และโพรพานอล ความบริสุทธิ์ 99.9% และกรดซัลฟิวริกความบริสุทธิ์ 98% จากบริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ความบริสุทธิ์ 99% และโซเดียมไฮดรอกไซด์ความบริสุทธิ์ 98% จากบริษัท J.T.Baker ประเทศมาเลเซีย นอร์มอลเฮปเทน (เกรด HPLC บริษัท Labscan Asia ประเทศไทย) และ สารมาตรฐานเมทิลเอสเทอร์ จากบริษัท Sigma Aldrich, USA. เมทิล เฮปตะเดคคาโนเอท จากบริษัท Fluka, Switzerland

2.2 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดกระทิงด้วยกระบวนการผลิตแบบสองขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนการลดกรดไขมันอิสระในน้ำมันดิบเมล็ดกระทิง ด้วยการทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้สภาวะที่เหมาะสม (ซึ่งสภาวะนี้เป็นผลที่ได้จากการศึกษามาก่อนหน้านี้แล้วไม่ได้แสดงข้อมูลในที่นี้) ดังนี้ อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอล 1:9 ปริมาณกรดซัลฟิวริกร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักน้ำมัน อุณหภูมิ 50°C เวลาในการทำปฏิกิริยา 180 นาที จากนั้นนำผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ไปวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด และค่าปริมาณกรดไขมันอิสระ

ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้ KOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยนำเอสเทอร์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 อุ่นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50°C เตรียมอัตราส่วนโดยโมลน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอลที่ 1:12 เติมตัวเร่งปฏิกิริยา KOH ร้อยละ 1.5โดยน้ำหนัก เทผสมในเอสเทอร์ที่เตรียมไว้ ณ อุณหภูมิ 50°C ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที หลังจากสิ้นสุดปฏิกิริยา ให้เทส่วนผสมทั้งหมดลงในกรวยแยก ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น โดยส่วนของชั้นบนคือน้ำมันไบโอดีเซล และส่วนของชั้นล่างคือ กลีเซอรอล จากนั้นแยกเอาส่วนของไบโอดีเซลที่ได้ไประเหยเมทานอลออกด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน แล้วล้างด้วยน้ำอุ่น 2 – 3 ครั้ง เพื่อทำให้ค่า pH เป็นกลาง และอุ่นไล่ความชื้นอีกครั้งที่อุณหภูมิ 110°C สุดท้ายนำผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ และสมบัติอื่นๆตามมาตรฐานไบโอดีเซล ในขั้นตอนที่ 2 นี้ได้ทำการเปลี่ยนค่าอัตราส่วนโดยโมลน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอล 4 ค่าคือ 1:6, 1:9, 1:12 และ 1:15 ปริมาณ KOH ร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70°C และเวลาในการทำปฏิกิริยาคงที่ที่ 60 นาที เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของการทำปฏิกิริยาในขั้นตอนที่ 2

2.3 การวิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบน้ำมันเมล็ดกระทิงและผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอดีเซล

น้ำมันเมล็ดกระทิงที่หีบได้และผ่านการกรองแยกกากของแข็งออกแล้ว และน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จะถูกนำไปวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ดังนี้ ความหนืดจลน์ ความหนาแน่นที่ 15°C ค่าความร้อน ค่าความเป็นกรด และค่าไอโอดีน ตามมาตรฐาน ASTM D445 ASTM D1298 ASTM D240 ASTM D664 และ EN14111 ตามลำดับ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้ในขั้นตอนที่ 2 จะถูกนำไปวิเคราะห์หาค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทมิเตอร์ (Shimudzu, GCMS-QP2610) ตามมาตรฐาน EN 14214 โดยสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์ คือ ใช้คาลปิลารีคอลัมน์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตรความยาว 3 เมตร เคลือบด้วยสาร Rtx-5ms (Rextex) ที่มีความหนา 0.25 ไมโครเมตร ใช้เฟลมไอออไนเซชันเป็นตัวตรวจวัด และใช้ เมทิล เฮปตะเดคคาโนเอทเป็นสารละลายมาตรฐานภายใน ฉีดสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ 1 ไมโครลิตร โดยตั้งค่า split/column flow ratio 24:1 ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สตัวพา ด้วยอัตราการไหล 1 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิที่ตำแหน่งฉีดสาร (Injector) 250°C ตั้งอุณหภูมิของ oven

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้ที่ 250°C โดยตั้งโปรแกรมการทำงานดังนี้ เริ่มต้นที่อุณหภูมิ 120°C แล้วให้แช่ไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงค่อยๆเพิ่มอุณหภูมิไปจนถึงอุณหภูมิสุดท้าย 250°C ด้วยอัตรา 3°C/นาที

3. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

3.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติสารตั้งต้นน้ำมันเมล็ดกระทิงและผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล

ผลการวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของวัตถุดิบน้ำมันเมล็ดกระทิงและผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบสมบัติของ น้ำมันเมล็ดกระทิง น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้และมาตรฐานไบโอดีเซล

คุณลักษณะ	น้ำมันเมล็ดกระทิง	ไบโอดีเซล 2 ขั้นตอน	มาตรฐานไบโอดีเซล EN14214
ค่าความเป็นกรด (Acid Value) (mgKOH/g)	29	0.79	≤0.5
ปริมาณกรดไขมันอิสระ (FFAs) (%wt)	14.5	0.39	nd
ค่าไอโอดีน (Iodine Number) (mgI_2/ 100 g of oil)	98	107	nd
ค่าความหนืดจลน์ (Kinematic Viscosity @ 40° C) (cSt)	74.56	4.64	3.5 - 5.0
ค่าความร้อน (Heating Value) (J/g)	37,857	37,652	nd
ค่าจุดวาบไฟ (Flash Point) (° C)	nd	210	≥120
ค่าความหนาแน่น (Density value @ 15 °C)	887	890	860 – 900

nd=not detected

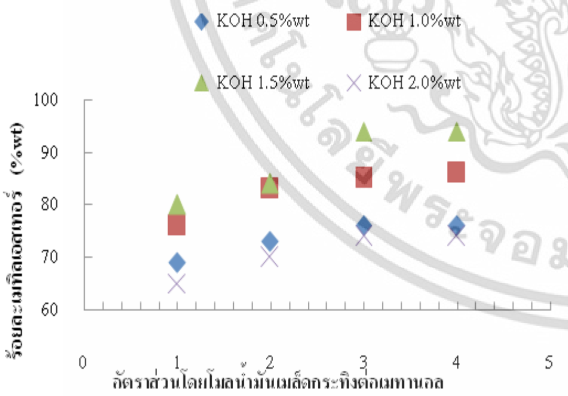
จะเห็นได้ว่าน้ำมันเมล็ดกระทิงมีปริมาณกรดไขมันอิสระเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูงมาก ซึ่งหากนำน้ำมันนี้ไปผลิตไบโอดีเซลโดยผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันแบบขั้นตอนเดียวที่ใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำให้กรดไขมันอิสระที่มีมากในสารตั้งต้นจะเข้าทำปฏิกิริยากับตัวเร่งปฏิกิริยาเบสได้ง่าย ทำให้เกิดสบู่ในผลิตภัณฑ์ จากตารางที่ 1 พบว่าค่าความเป็นกรดและปริมาณ FFAs ของน้ำมันเมล็ดกระทิงลดลงค่อนข้างมากหลังจากผ่านกระบวนการ 2 ขั้นตอนแล้ว กล่าวคือ ค่าความเป็นกรดลดลงจาก 29 mgKOH/g เป็น 0.79 mgKOH/g และปริมาณ FFAs ลดลงจากร้อยละ 14.5 เป็นร้อยละ 0.39 ค่าความหนืดจลน์ของน้ำมันเมล็ดกระทิงลดลงจาก 74.56 cSt เป็น 4.64 cSt ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไบโอดีเซล ส่วนค่าความหนาแน่นของน้ำมันเมล็ดกระทิงและไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีค่าไม่ต่างกันมากและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไบโอดีเซล ค่าไอโอดีนบอกให้ทราบถึงการมีพันธะคู่อยู่ในสายโซ่โมเลกุลของน้ำมันหรือบอกถึงความไม่อิ่มตัวของน้ำมัน (Unsaturated oil) นั่นเอง น้ำมันที่มีค่าไอโอดีนต่ำจะเป็นน้ำมันที่มีความอิ่มตัวสูงจะค่อนข้างเสถียร เกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ยาก (High Oxidation Stability) ไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีค่าไอโอดีนสูงดังนั้นจึงเหมาะกับการใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงเพราะมีพันธะคู่ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ไวต่อปฏิกิริยาที่สามารถจะทำปฏิกิริยาเผาไหม้กับออกซิเจนได้ดี ค่าความร้อนเป็นค่าที่บอกถึงพลังงานการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง โดยทั่วไปน้ำมันพืชมีค่าความร้อนประมาณร้อยละ 83-85 ของน้ำมันดีเซล (น้ำมันดีเซลมีค่าความร้อนเท่ากับ 46,000 J/g) ค่าความร้อนของไบโอดีเซลที่ผลิตได้และของน้ำมันเมล็ดกระทิงมีค่าใกล้เคียงกัน ค่าความร้อนของไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีค่าประมาณร้อยละ 81 ของน้ำมันดีเซล ส่วนจุดวาบไฟของไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีค่าเท่ากับ 210°C ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐานไบโอดีเซล การมีจุดวาบไฟสูงเป็นข้อดีในแง่ความปลอดภัยในการกักเก็บและการขนส่งไบโอดีเซล

3.2 ผลของอัตราส่วนโดยโมลน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอล และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา KOH ที่มีต่อค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์

ผลของอัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอล และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา KOH ที่มีผลต่อร้อยละเมทิลเอสเทอร์แสดงในรูปที่ 1 พบว่าอัตราส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอลเพิ่มขึ้นจาก 1:6 เป็น 1:12 ส่งผลให้ค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็น 1:15 พบว่าค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์ลู่เข้าสู่ค่าคงที่ โดยมีแนวโน้มเดียวกัน ไม่ว่าจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา KOH ในปริมาณที่แตกต่างกันก็ตาม ทั้งนี้เพราะว่า ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ และตามสมการมวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารสัมพันธ์ของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันจะใช้อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอล 1:3 เท่านั้น ปฏิกิริยาก็สามารถเกิดได้ แต่ที่ต้องใช้เมทานอลที่มากเกินพอเพื่อทำให้ปฏิกิริยาดำเนินไปข้างหน้าได้มากและสมบูรณ์ขึ้น [4] เมื่อถึงค่าปริมาณเมทานอลที่มากเกินพอที่เหมาะสมก็จะทำให้ปฏิกิริยาลู่เข้าสู่สภาวะสมดุล สังเกตจากค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์ลู่เข้าสู่ค่าคงที่ค่าหนึ่ง เมื่ออัตราส่วนน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอลมากกว่า 1:12 แต่เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอลที่คงที่ พบว่าการเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา KOH จากร้อยละ 0.5 เป็น 1.0 และ 1.5 จะมีผลทำให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้น หลังจากนั้นการเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นร้อยละ 2.0 จะส่งผลทำให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ลดลงที่ทุกอัตราส่วนน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอล ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา KOH ที่มากเกินพอในปฏิกิริยาจะเข้าทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระที่เหลือจากผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนที่ 1 ทำให้เกิดสบู่ในผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดปัญหาของการแยกชั้นของไบโอดีเซลไม่สมบูรณ์ความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ลดลง ค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์จึงลดลงตามไปด้วย [1]

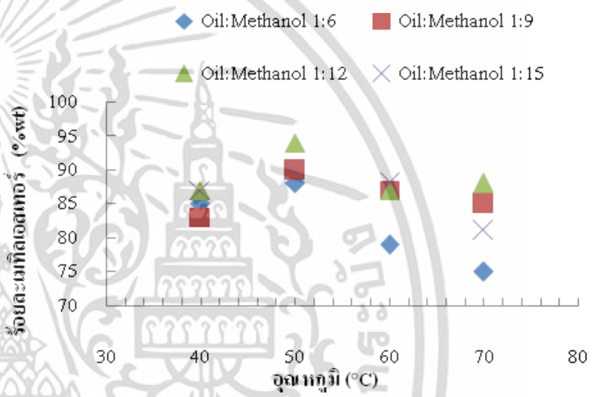


รูปที่ 1 ผลของอัตราส่วนโดยโมลน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอลที่มีต่อค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์ ที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา KOH ต่างๆ ที่อุณหภูมิ 50°C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที

ผลจากการทดลองที่แสดงในรูปที่ 1 สามารถสรุปได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (ปฏิกิริยาในขั้นตอนที่ 2) ให้ได้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุดเท่ากับ 94.04 เกิดขึ้นเมื่อใช้อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอลในการทำปฏิกิริยา 1:12 และใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา KOH ร้อยละ 1.5 ที่อุณหภูมิ 50°C และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที

3.3 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์

การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์ได้ทำการทดลองที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 40, 50, 60 และ 70°C ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์ ที่ค่าอัตราส่วนโดยโมลน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอลต่างๆกัน ที่ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา KOH ร้อยละ 1.5

พบว่าเมื่อให้อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอลคงที่ แล้วทำการเพิ่มอุณหภูมิของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน จาก 40 เป็น 50°C จะมีผลทำให้ค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้น หลังจากนั้นการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงกว่า 50°C จะส่งผลให้ค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์ลดลง อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อร้อยละเมทิลเอสเทอร์ที่สภาวะอัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอลที่อัตราส่วนอื่นๆ ก็มีแนวโน้มในทำนองเดียวกัน ทั้งนี้เพราะว่า อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม จะขึ้นอยู่กับชนิดของของน้ำมันที่ใช้เป็นวัตถุดิบ และชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา และจากงานวิจัยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านมา [11] พบว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันเมล็ดยางพารา (ซึ่งมีปริมาณ FFAs สูงเช่นเดียวกับน้ำมันเมล็ดกระทิง) อยู่ในช่วง 45 ± 5°C และพบว่าปริมาณของเมทิลเอสเทอร์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิในการทำปฏิกิริยามากกว่า 50°C ซึ่งก็ให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยปัจจุบัน

4. สรุปผลการวิจัย

เมล็ดกระทิงเป็นพืชพลังงานทางเลือกชนิดใหม่ที่ควรให้การสนับสนุนการศึกษาวิจัย สามารถผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันดิบเมล็ดกระทิงที่ไม่ได้ผ่านการทำบริสุทธิ์ด้วยวิธีทางเคมีได้ด้วยกระบวนการทำปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน โดยสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันในขั้นตอนที่ 2 ที่ทำให้ได้ค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุด 94.04 คือ ใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันเมล็ดกระทิงต่อเมทานอล 1:12 ที่อุณหภูมิ 50°C ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา KOH ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก เวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที ไบโอดีเซลที่ผลิตได้นี้มีสมบัติส่วนใหญ่สอดคล้องกับมาตรฐานไบโอดีเซล ยกเว้นค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์ที่ยังต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งสามารถเพิ่มค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์นี้ได้หลายวิธี โดยการนำน้ำมันไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้ไปผ่านกระบวนทำบริสุทธิ์ในขั้นตอนต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] L.C. Meher, D. Vidya Sagar, S.N. Naik, "Technical aspects of biodiesel production by transesterification-A review," Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.10, No.3, pp.248-268, 2006.

[2] G.J. Van, "Biodiesel processing and production," Fuel Processing Technology, Vol.86, pp.1097-1107, 2005.

[3] M. Canakci and G.J Van, "Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids," Trans ASAE, Vol.44, 2001.

[4] B.K. Venkanna and C. Venkataramana Reddy, "Biodiesel production and optimization from *Calophyllum inophyllum* linn oil (hone oil) - A Three stage method," Bioresource Technology, Vol.100, pp. 5122–5125, 2009.

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

[6] A. Ramaraju and T.V. Ashok Kumar, "Biodiesel development from high free fatty acid punnakka oil," ARPN journal of engineering and applied sciences, Vol.6, No.(4), pp.1-6, 2011.

[7] V.S. Selvabala, D.K. Selvaraj, J. Kalimuthu, P.M. Periyaraman, S. Subramanian, "Two-step biodiesel production from Calophyllum inophyllum oil: Optimization of modified β - zeolite catalyzed pre-treatment," Bioresouece Technology, 2010.

[8] P.K. Sahoo and L.M. Das, "Process optimization for biodiesel production from Jatropha, karanja and Polanga oils," Fuel, Vol.88, pp.1588-1594, 2009.

[9] P.K Sahoo, L.M. Das, M.K.G. Babu, P. Arora, V.P Singh, N.R. Kumar, T.S. Varyani, "Comparative evaluation of performance and emission characteristics of jatropha, karanja and polanga based biodiesel as fuel in a tractor engine," Fuel, Vol.88, pp.1698-1707, 2009.

[10] P.K. Sahoo, L.M. Das, "Combustion analysis of Jatropha, Karanja and Polanga based biodiesel as fuel in a diesel engine," Fuel, Vol.88, pp.994-999, 2009.

[11] A.S., Ramadhas, S. Jayaraj, C Maraleedharan, "Biodiesel production from high FFA rubber seed oil," Fuel, Vol.84, pp.335-340, 2005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้