การสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันละหุ่งโดยใช้แคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยแครง

Castor oil biodiesel synthesis using calcium oxide derived from cockle shell

ชัชวาลย์ สุขมั่น

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

Email address: chatchawan.s@rmutk.ac.th, james2517@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันละหุ่งกับเมทานอลโดยใช้แคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยแครงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดำเนินการที่อุณหภูมิ 63 ± 2 ^{O}C ความเร็วรอบในการกวน 500 รอบต่อนาที มีการศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์ ได้แก่ ปริมาณแคลเซียมออกไซด์โดยเทียบเป็นร้อยละโดยน้ำหนักกับน้ำมันละหุ่งในช่วง 0.2 – 1.4 อัตราส่วนเชิงโมลของเมทานอลต่อน้ำมันละหุ่งที่ 6:1, 9:1 และ 12:1 และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาในช่วง 10 - 60 นาที ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้ถูกตรวจสอบด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทรกราฟ พบว่า การใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.6% โดยน้ำหนัก ในอัตราส่วนเชิงโมลของเมทานอลกับน้ำมันที่ 9 : 1 ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที ให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์สูงสุดร้อยละ 96.07 ไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้มีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล เช่น ค่าความหนืดจลน์ที่ 40^{O}C ค่าความถ่วงจำเพาะ API จุดหมอก จุดไหลเท และจุดวาบไฟ ซึ่งวัดตามมาตรฐาน ASTM ที่ D445, D1298-99, D2500, D97/6749 และ D93-02a

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน แคลเซียมออกไซด์ เปลือกหอยแครง

Abstract

This research studied the transesterification reaction of castor oil with methanol by using calcium oxide as catalyst. The reaction was operated under temperature of 63 ± 2 ^{O}C, the rotational speed of the impeller at 500 rpm. The variables that effected on methyl esters yield were to investigated, 0.2-1.4 wt% calcium oxide based on castor oil, methanol to oil molar ratio (6:1, 9:1 and 12:1), and reaction time in range 10-60 min. The obtained methyl esters was examined by gas chromatograph technique. The result was founded that the maximum methyl esters yield of 96.07% was obtained at 0.6 wt% calcium oxide and methanol to oil molar ratio of 9:1 for 30 min. The properties of received methyl esters were similar to diesel property such as kinematical viscosity at 40 ^{O}C, specific gravity API, cloud point, pour point and flash point which are measured as ASTM series of D445, D1298-99, D2500, D97/6749 และ D93-02a.

Keywords : Biodiesel; Transesterification reaction; calcium oxide, cockle shell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาทางด้านเชื้อเพลิงและพลังงานกำลังเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างยิ่งของประเทศ ทั้งนี้เนื่องจากว่าประเทศไทยไม่มีแหล่งปิโตรเลียมมากพอต่อต่อความต้องการของประชาชนภายในประเทศ คาดว่าน้ำมันปิโตรเลียมจะหมดไปจากโลกในขณะที่อัตราการใช้เชื้อเพลิงและพลังงานของโลกมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี [1] การแสวงหาแหล่งเชื้อเพลิงและพลังงานจากทรัพยากรแหล่งใหม่ที่มีอยู่เพื่อทดแทนน้ำมันปิโตรเลียมจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องเร่งดำเนินการ ปัจจุบันได้มีการศึกษาถึงการนำเอาพลังงานทดแทนมาใช้ในรูปแบบต่างๆกัน ซึ่งพลังงานทดแทนที่น่าสนใจและมีความเป็นไปได้คือการผลิตเชื้อเพลิงจากผลิตผลทางการเกษตร [2] โดยการนำเอาผลผลิตทางการเกษตรที่มีอยู่แล้วมาแปรรูปเป็น ไบโอดีเซล (Biodiesel) ซึ่งเชื้อเพลิงที่ได้จากน้ำมันพืช[3] หรือไขมันสัตว์ [4, 5] ที่ผ่านกระบวนการทางเคมี เกิดเป็นสารที่เรียกว่า เมทิลเอสเทอร์หรือเอทิลเอสเทอร์ ซึ่งมีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลที่กลั่นจากปิโตรเลียม สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้ดี โดยไม่ต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีแหล่งวัตถุดิบที่ใช้ในการทำไบโอดีเซล เช่น มะพร้าว ปาล์ม เมล็ดทานตะวัน ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ละหุ่ง งา สบู่ดำและเมล็ดยางพารา [6-8] อยู่เป็นจำนวนมาก นอกจากนั้นยังมีการนำน้ำมันพืชใช้แล้วมาสังเคราะห์ไบโอดีเซลอีกด้วย [9] แต่ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชที่มีศักยภาพสูงสุดในการผลิตไบโอดีเซล [10] เนื่องจากเป็นพืชที่ปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดี และให้ผลผลิตน้ำมันต่อพื้นที่ในแต่ละปีสูง แต่เนื่องจากวิกฤตการณ์ขาดแคลนน้ำมันพืชในปี 2554 ทำให้เกิดการถกเถียงว่ามีความเหมาะสมแค่ไหนในการนำน้ำมันปาล์มมาผลิตไบโอดีเซล เพราะเป็นพืชน้ำมันที่เป็นอาหาร การหาพืชน้ำมันชนิดอื่นที่มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของคนน้อยที่สุดถูกนำมาพิจารณาเป็นทางเลือก และมีงานวิจัยเผยแพร่ออกมาอย่างหลากหลาย ปกติการผลิตไบโอดีเซลผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน [11,12]โดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะให้ผลผลิตสูงกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่น ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นที่นิยมใช้มากที่สุด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) โซเดียมเมทอกไซด์ ($NaOCH_3$) เนื่องจากมีความเป็นเบสสูง ส่วนแอลกอฮอล์มีการใช้ทั้งเมทานอลและเอทานอล [13] ในงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมาย นำแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยมาช่วยเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันละหุ่งผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ทางผู้วิจัยคาดหวังว่าจะได้ร้อยละผลได้ของเมทิลเอสเทอร์ในปริมาณสูง นอกจากนั้นยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกหอยแครงซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งชีวภาพอีกทางหนึ่ง

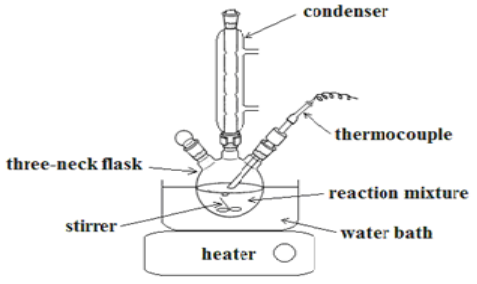
2. การทดลอง

2.1 การสังเคราะห์แคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยแครงด้วยวิธีแคลไซน์

งานวิจัยนี้ใช้เปลือกหอยแครงจากฟาร์มหอยแครงในจังหวัดสมุทรปราการ ล้างให้แห้ง ตาก และบดละเอียด แล้วนำไปแคลไซน์ที่ 650°C ภายใต้บรรยากาศของอากาศ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำการคัดขนาดอนุภาคที่ได้โดยเลือกเฉพาะอนุภาคที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 80 Mesh ตามมาตรฐาน ASTM E11 อนุภาคที่ผ่านการแคลไซน์ถูกตรวจสอบด้วย XRD (รุ่น X' Pert Pro PW 3040/60) และ เครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุ (XRF รุ่น HORIBA MESA-500 W) และการดูดซับทางกายภาพของไนโตรเจน (BET รุ่น Autosorb–1 Quantachrome)

2.2 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันละหุ่ง

เตรียมน้ำมันละหุ่ง 30 กรัม แล้วนำไปให้ความร้อนเบื้องต้น (preheat) ที่อุณหภูมิประมาณ 70°C เตรียมตัวเร่ง



รูปที่ 1 ชุดอุปกรณ์รีฟลักซ์สำหรับสังเคราะห์ไบโอดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ร้อยละ 0.2, 0.4 และ 0.6 โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำมันละหุ่ง แล้วนำไปผสมกับเมทานอล 10.5 กรัม จากนั้นผสมน้ำมันละหุ่งกับสารผสมระหว่างแคลเซียมออกไซด์กับเมทานอลในชุดอุปกรณ์รีฟลักซ์ดังรูปที่ 1 กวนด้วยความเร็ว 500 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 63 ± 2 ^{O}C เป็นเวลา 30 นาที นำสารผสมที่ได้เทใส่กรวยแยกตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน เพื่อให้เมทิลเอสเทอร์กับกลีเซอรีนแยกตัวออกจากกัน แยกกลีเซอรีนทิ้ง จากนั้นล้างเมทิลเอสเทอร์ด้วยน้ำอุ่น หลังจากนั้นนำเมทิลเอสเทอร์ที่ได้ไปต้มไล่น้ำ แล้วกรอง และนำไปวิเคราะห์ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่ระบุภาวะการทำงานของเครื่องดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ รุ่น 6890N ยี่ห้อ Agilent Technology Inc. USA Agilent

Injection port	Split
Temperature	250°C
Carrier gas	He
Presssure	9.82 psi
Column flow	0.2 mL/min
Column oven	
Initial temperature	200°C
Equilibration time	3 min
Column name	HP_innowax
	Polyethylene glycol
Film thickness	0.2 μm
Column length	25 m
Inner diameter	0.2 mm ID
Detector	FID
Temperature	250°C
H_2 flow	35 mL/min
Air flow	350 mL/min

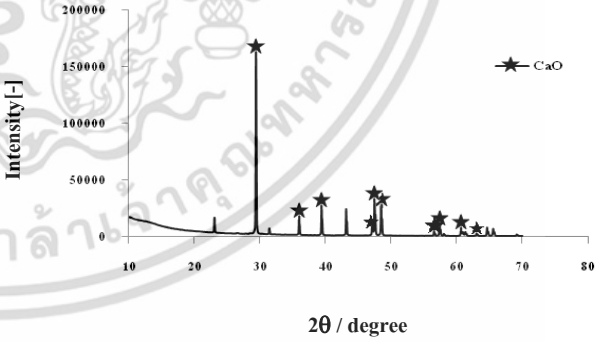
ในการศึกษาผลของอัตราส่วนเชิงโมลของเมทานอลกับน้ำมัน ต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้ ทำโดยการแปรเปลี่ยนอัตราส่วนเชิงโมลของเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 6:1, 9:1 และ 12:1 หลังจากนั้นนำน้ำมันที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ ส่วนการศึกษาผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์ ทำได้โดยการเก็บตัวอย่างน้ำมันที่ผ่านการทำปฏิกิริยาทุกๆ 10 นาที จนกระทั่งครบ 60 นาที และนำน้ำมันที่เก็บได้ในแต่ละช่วงเวลาไปตรวจสอบหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์

2.3 การทดสอบสมบัติเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้

ไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากภาวะที่เหมาะสมที่สุดจากงานวิจัยถูกนำไปตรวจสมบัติทางกายภาพ (ค่าความถ่วง API ที่ 60 ^{O}F และค่าความหนืดจลน์ที่ 40 ^{O}C) สมบัติทางเคมี (ปริมาณกรดไขมันอิสระ) และสมบัติทางเชื้อเพลิง(จุดวาบไฟ จุดไหลเท จุดหมอก สี) ตามวิธีทดสอบมาตรฐานASTM

3. ผลการทดลองและอภิปราย

เปลือกหอยแครงที่ผ่านการแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 650 ºC ภายใต้บรรยากาศของอากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างการแคลไซน์เป็นไปดังสมการที่ (1) เมื่อตรวจสอบด้วยเทคนิค XRD พบพีคแคลเซียมออกไซด์ปรากฏที่ 2θ เท่ากับ29.37, 35.94, 39.41, 47.11, 47.50, 48.47,



รูปที่ 2 สเปกตรัม XRD ของแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากเปลือกหอยแครง

56.56, 57.38, 60.64 และ 63.21 ดังรูปที่ 2

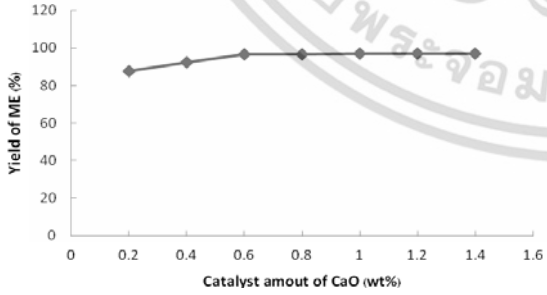
$$CaCO_3(s) \xrightarrow{heat} CaO(s) + CO_2(g) \quad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

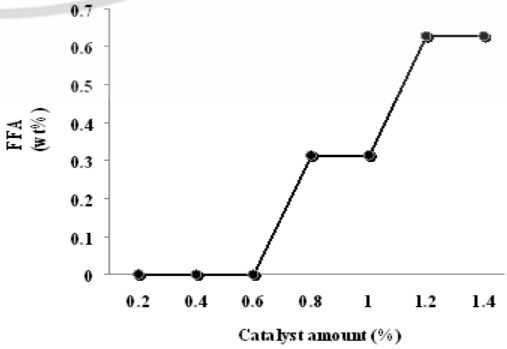
ตารางที่ 2 สมบัติของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้

สมบัติของไบโอดีเซล	วิธีมาตรฐาน	มาตรฐานในไทย (ที่มา: กรมธุรกิจพลังงาน)	ผลการวิเคราะห์
สมบัติทางกายภาพ (Physical properties)			
ความถ่วงจำเพาะเอพีไอ ที่ 60 ^{O}F (API Gravity)	ASTM D 1298-99	0.86 – 0.90	0.87
ค่าความหนืดจลน์ที่ 40°C (Kinematic Viscosity), cSt.	ASTM D 445	3.5 – 5.0	4.5
ค่าความหนาแน่นที่15°C, kg/m^3	ASTM D1298	860-900	ไม่ได้ศึกษา
สมบัติทางเคมี (Chemical properties)			
ร้อยละปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid)	ASTM D 5555	-	0.94
สมบัติทางเชื้อเพลิง (Fuel properties)			
จุดวาบไฟ(Flash Point), °C	ASTM D 93-02a	ไม่ต่ำกว่า 120°C	168°C
จุดไหลเท (Pour Point), °C	ASTMD 97/ ASTM 6749	-	9
จุดหมอก (Cloud Point), °C	ASTM D 2500	-	6
สี (Color)	ASTM D 1500	-	L 0.5

ขณะที่การตรวจวัดด้วยเครื่อง XRF พบปริมาณของแคลเซียมออกไซด์อยู่ร้อยละ 96.8 ขณะที่พื้นที่ผิวเฉลี่ยจากการตรวจสอบด้วยเทคนิค BET มีค่าเท่ากับ 5.51 m^2/g catalyst จากรูปที่ 3 เมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น โดยได้เมทิลเอสเทอร์สูงถึงร้อยละ 96.07 เมื่อใช้ปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักของแคลเซียมออกไซด์ กับน้ำมันละหุ่งที่ 0.6 และ



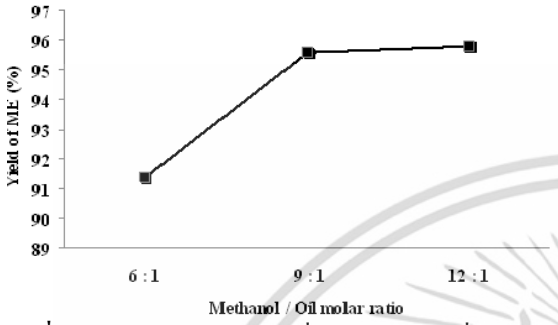
รูปที่ 3 เมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้ เมื่อแปรผันค่าร้อยละของแคลเซียมออกไซด์กับน้ำมันละหุ่งในช่วง 0.2-0.6 wt.% ที่อัตราส่วนเชิงโมลของเมทานอลกับน้ำ มันเท่ากับ 9 : 1 โดยทำการสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 63 ± 2 °C กวนด้วยความเร็วรอบ 500รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที



รูปที่ 4 ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เหลืออยู่จากการทำปฏิกิริยาเมื่อทำการแปรผันปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา

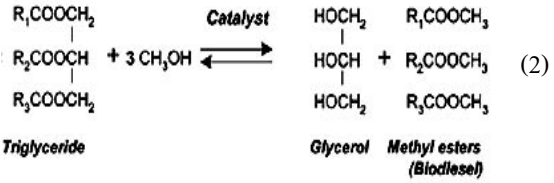
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระที่เหลืออยู่จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้นด้วยแสดงดังรูปที่ 4 สำหรับการแปรผันอัตราส่วนเชิงโมลของเมทานอลต่อน้ำ มันที่สัดส่วนต่างๆ คือ 6 : 1, 9 :1 และ 12 : 1 ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้แสดงในรูปที่ 5 ซึ่งเห็นได้ว่าเมื่อแปรผันอัตราส่วนเชิงโมลของเมทานอลกับน้ำมัน



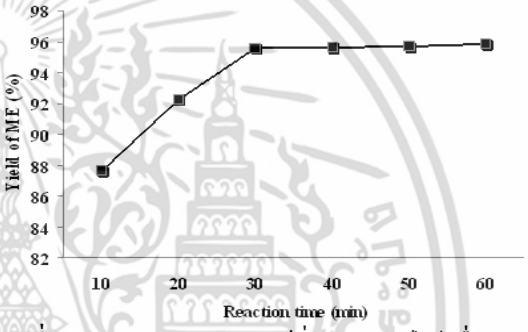
รูปที่ 5 ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้ เมื่อแปรผันค่าอัตราส่วนเชิงโมลของเมทานอลกับน้ำมันละหุ่งที่อัตราส่วนต่างๆ

ที่ 6 : 1, 9 : 1 และ 12 : 1 ปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้จะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนเชิงโมลของเมทานอลต่อน้ำมันที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันจะต้องใช้ปริมาณเมทานอลที่มากเกินพอปฏิกิริยาถึงจะเกิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ซึ่งไตรกลีเซอไรด์จะเปลี่ยนรูปไปเป็นไดกลีเซอไรด์ โมโนกลีเซอไรด์ และสุดท้ายเป็นกลีเซอรีนกับเมทิลเอสเทอร์โดยอัตราส่วนเชิงโมลทางทฤษฎีของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน คือ 3 โมลของเมทานอลต่อ 1 โมลของน้ำมัน ดังสมการที่ 2 อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติต้องใช้อัตราส่วนเชิงโมลของเมทานอลต่อน้ำมันที่สูงกว่านี้เพื่อทำให้ปฏิกิริยาเกิดไปข้างหน้าได้ดี อัตราส่วน



(2)

เชิงโมลของเมทานอลต่อน้ำมันที่ 9:1 ให้ร้อยละผลได้ของเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 96.07% เมื่อใช้อัตราส่วนเชิงโมลของเมทานอลกับน้ำมันเป็น 12:1 ปริมาณของเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 0.2 เมื่อเทียบกับการใช้อัตราส่วนเชิงโมลของเมทานอลต่อน้ำมันที่ 9:1 ทั้งนี้ปริมาณของเมทานอลที่มากเกินไปจะสามารถละลายกลีเซอรีนซึ่งเป็นผลพลอยได้ทำให้เมทิลเอสเทอร์ที่ได้มีกลีเซอรีนปนเปื้อน ในส่วนของการศึกษาผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันต่อเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้ พบว่าในช่วง 30 นาทีแรก เมทิลเอสเทอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา แต่ถ้าพิจารณาในช่วงเวลา 30-60 นาที ค่าร้อยละผลได้ของเมทิลเอสเทอร์ไม่แตกต่างกันมากนัก และแนวโน้มของกราฟเข้าสู่ภาวะคงตัว (steady state) เพราะปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุล ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้ เมื่อทำการแปรผันระยะเวลาใน การทำปฏิกิริยาโดยใช้แคลเซียมออกไซด์ 0.6wt.% ใช้อุณหภูมิในการสังเคราะห์ที่ 63 ± 2 °C กวนด้วยความเร็วรอบ 500 รอบ/นาที กำหนดอัตราส่วนเชิงโมลของเมทานอลกับน้ำมันที่ 9:1

ผลการทดสอบสมบัติของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้เป็นไปดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่ามีสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของไทย สามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้

4. สรุป

ไบโอดีเซลจาก น้ำมันละหุ่ง ที่ผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้ ปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักของแคลเซียมออกไซด์เท่ากับ 0.6 สัดส่วนเชิงโมลของเมทานอลกับน้ำมันเท่ากับ 9:1 กวนด้วยความเร็ว 500 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 63 ± 2°C และใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาทีให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ96.07% ซึ่งภาวะดังกล่าวเป็นภาวะเหมาะสมที่สุดสำหรับการสังเคราะห์ไบโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีเซลจากน้ำมันละหุ่งสำหรับงานวิจัยนี้ นอกจากนั้นพบว่าสมบัติของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไบโอดีเซลของประเทศไทย และจุดเด่นที่พบในงานวิจัย คือ การใช้แคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยแครงเหลือทิ้งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน และลดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเหลือเพียง 30 นาที อีกทั้งยังได้ค่าผลได้ของเมทิลเอสเทอร์สูง เป็นการประหยัดต้นทุนในการสังเคราะห์ไบโอดีเซลอีกทางหนึ่งด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพที่มีส่วนช่วยสนับสนุนให้งานวิจัยสำเร็จลงด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] F. Ma and M. A. Hanna, “Biodiesel production: a review,” Biores Technol., Vol.70; pp.1–15, 1990.

[2] B. K. Barnwal and M. P. Sharma, “ Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India,” Renewable Sustainable Energy Rev., Vol. 90, pp.363–78, 2005.

[3] C. L. Peterson and D. L. Auld, “Technicaloverview of vegetable oil as a transportation fuel,” FACT – vol. 12, Solid fuel conversion for the transportation sector, ASME., 1991.

[4] P. R. Muniyappa, S. C. Brammer and H. Noureddini, “Improved conversion of plant oils and animal fats into biodiesel and co-product,” Biores Technol., Vol.56, pp.19–24, 1996.

[5] F. Ma, L. D. Clements and M. A. Hanna, “The effect of mixing on transesterification of beef tallow,” Biores Technol., Vol. 69, pp. 289-293, 1999.

[6] X. Lang, A. K. Dalai, N. N. Bakhshi, M. J. Reaney and P. B. Hertz, “Preparation and characterization of bio-diesels from various bio-oils,” Biores Technol., Vol. 80, pp.53–62, 2000.

[7] K. Ramezani, S. Rowshanzamir and M. H. Eikani, “Castor oil transesterification reaction: A kinetic study and optimization of parameters” Energy, Vol. 35, pp.4142-4148, 2010.

[8] A. S. Ramadhas, S. Jayaraj and C. Muraleeharan, “Biodiesel production from high FFA rubber seed oil,” Fuel, Vol. 84, pp.335-340, 2005.

[9] R. Alcantra et al., “Catalytic production of biodiesel from soy-bean oil, used frying oil and tallow,” Biomass Bioenergy , Vol. 18, pp.515–27, 2000.

[10] D. Darnoko and M. Cheryan,“Kinetics of palm oil transesterification in a batch reactor,” J Am Oil Chem Soc., Vol. 77, pp.1263-7, 2000.

[11] H. Fukuda, A. Kondo and H. Noda,“Biodiesel fuel production by transesterification of oils,”J Biosci Bioeng., Vol. 92, pp.405-16, 2001.

[12] H. Noureddini and D. Zhu, “Kinetics of transesterification of soybean oil,” J Am Oil Chem Soc., Vol. 74, pp. 1457-63, 1997.

[13] J. M. Encinar, J. F. Gonzalez, A. Rodriguez-Reinares, “Ethanolysis of used frying oil Biodiesel preparation and characterization,” Fuel Processing Technology, Vol. 116, pp.61-66, 2007.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้