

การผลิตไบโอดีเซลจากกรดไขมันปาล์มด้วยกระบวนการเอสเทอริฟิเคชันร่วมกับ

สภาวะเมทานอลเหนือจุดวิกฤต

Biodiesel Production from Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) Using Esterification with Supercritical Methanol

เจษฎา สุขสัมพันธ์^{1*} อภาภรณ์ สกุลการเวก² วิทยา ปันสุวรรณ³ และชนากานต์ เพิ่มฉลาด⁴

Jessada Suksumrit^{1*}, Aparporn Sakulkalavek², Vittaya Punsuvon³ and Chanakan Puemchalad⁴

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำกรดไขมันปาล์มที่มีค่ากรดไขมันอิสระสูงมาเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซลด้วยสภาวะเมทานอลเหนือจุดวิกฤต โดยลดค่ากรดไขมันอิสระด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันให้เหลือต่ำกว่า 5% แล้วใช้ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันภายใต้สภาวะเมทานอลเหนือจุดวิกฤตทำปฏิกิริยา เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ (%FAMES) และค่าความเป็นกรด ตัวแปรที่ใช้คือ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลกับกรดไขมันปาล์ม 1:1 ถึง 12:1 เวลาทำปฏิกิริยาจาก 10 ถึง 60 นาที และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 240 ถึง 320 °C เงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทดลองคือ อัตราส่วนโดยโมลระหว่าง เมทานอลกับกรดไขมันปาล์ม 9:1 เวลา 60 นาที และอุณหภูมิ 300 °C ได้เมทิลเอสเทอร์ ร้อยละ 97.942% สามารถลดค่าความเป็นกรดเหลือ 2.232 mgKOH/g จากการทดลองพบว่าสภาวะเมทานอลเหนือจุดวิกฤตสามารถใช้เป็นวิธีสำหรับการผลิตไบโอดีเซลจากกรดไขมันปาล์มได้

คำสำคัญ: กรดไขมันปาล์ม ไบโอดีเซล สภาวะเมทานอลเหนือจุดวิกฤต กรดไขมันอิสระสูง

Abstract

In this study, Palm fatty acid distillate with a high free fatty acid was used as feedstock for biodiesel production. Palm fatty acid distillate was reduced free fatty acids by esterification reaction less than 5%, and then it was reacted under supercritical methanol. This research was studied an influence of variables that affects fatty acid methyl ester and acid value. Variables are used to consider as molar ratio of methanol to oil was from 1:1 to 12:1, reaction time was from 10 to 60 minutes and temperature was from 240 to 320 °C. Optimum reaction conditions are molar ratio of methanol to oil as 9:1 at 60 minutes and 300 °C and it can be obtained the highest percent yield of methyl ester, 97.942%, then it can be reduced acid value to 2.232 mgKOH/g. This experiment was found that supercritical methanol can be used as a method for the production of biodiesel from palm fatty acid distillate.

Keywords: Palm Fatty Acid Distillate, Biodiesel, Supercritical Methanol, High Free Fatty Acid

¹ นิสิตบัณฑิตศึกษา สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

² อ.ดร., สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

³ รศ., ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

⁴ ฝ่ายเทคโนโลยีพลังงาน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ปทุมธานี 12120

* Corresponding author : e-mail :jsuksumrit@gmail.com Tel. 084-669-6397

บทนำ

ไบโอดีเซลหรือ Fatty acid methyl ester เป็นพลังงานทดแทนที่ได้รับความนิยมและเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถหาได้ในประเทศ นอกจากนี้ไบโอดีเซลยังมีสมบัติย่อยสลายได้เองตามกระบวนการทางชีวภาพ ไม่มีพิษ ผลิตจากแหล่งพลังงานที่ไม่มีวันหมด (น้ำมันพืช น้ำมันจากเมล็ดและไขมันสัตว์) ไม่มีสารประกอบซัลเฟตและสารประกอบอะโรมาติก และมีการลดการปล่อยแก๊สจากเครื่องยนต์ดีเซล [1] นอกจากนั้นเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลยังมีสมรรถนะและความทนทานของเครื่องยนต์เทียบเท่ากับเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมและยังมีคุณสมบัติ การไหล (ค่าความหนืดและความหนาแน่น) คล้ายกับน้ำมันดีเซล ทำให้ไบโอดีเซลได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในหลายประเทศทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทยด้วย

การผลิตไบโอดีเซลเป็นแหล่งพลังงานทางเลือก แม้จะได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน แต่ยังพบปัญหาการผลิตไบโอดีเซลในเรื่องของต้นทุนของน้ำมันในการใช้ผลิต แต่เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีพืชน้ำมันหลายชนิดเป็นผลผลิตสำคัญของประเทศ จากรายงานพบว่าน้ำมันปาล์มเป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซลมากที่สุด โดยประเทศไทยมีความสามารถในการผลิตปาล์มน้ำมันเพื่อใช้สำหรับกลั่นเป็นน้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ตั้งแต่ปี 2553-2557 ประมาณ 11,154,384 ตันต่อปี [2] โดยในกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มดิบทางกายภาพเพื่อให้ได้น้ำมันสำหรับบริโภคมีผลพลอยได้จากกระบวนการการผลิตน้ำมันอยู่ 2 ส่วน นั่นคือ น้ำมันที่มีสีเหลืองกับของแข็งที่มีสีเหลืองซึ่งมีส่วนประกอบกรดไขมันอิสระ เรียกว่า กรดไขมันปาล์ม (Palm fatty acid distillate) โดยมีปริมาณร้อยละ 5-7 ของปริมาณน้ำมันดิบที่เข้าสู่กระบวนการ [3] จากการสำรวจข้อมูลผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ [4] พบว่าราคาน้ำมันปาล์มถูกกำหนดให้ขึ้นกับราคาขายส่งน้ำมันปาล์มดิบในตลาดขายส่งที่กรุงเทพมหานครเป็นหลัก โดยกรดไขมันปาล์มจะมีราคาต่ำกว่าราคาน้ำมันปาล์มดิบ ดังนั้นการใช้กรดไขมันปาล์มเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตไบโอดีเซลจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะได้วัตถุดิบที่มีราคาต่ำลง

ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมในการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งเป็นกระบวนการทำปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์และให้น้ำมันในรูปของเมทิลเอสเทอร์ โดยสามารถใช้วิธีการแบบที่ใช้และไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้มีทั้งชนิดที่เป็นกรด เบสและเอนไซม์ การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นกรดจะต้องการเวลาในการทำปฏิกิริยาที่นาน ในขณะที่ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นเบสมีข้อเสียคือเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระในน้ำมันจะเกิดปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชัน (saponification) [5] ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการและทั้งสองกรณียังต้องการการล้างน้ำเพื่อที่จะล้างสารเร่งปฏิกิริยาออกจากไบโอดีเซลที่เป็นผลิตภัณฑ์ ฉะนั้นจึงเกิดน้ำเสียเป็นจำนวนมาก และตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเอนไซม์ซึ่งเป็นวิธีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่มีราคาที่สูงมากจึงทำให้ไม่ได้รับความนิยมในระดับการผลิตแบบโรงงาน

ฉะนั้นจึงได้มีการคิดค้นการผลิตไบโอดีเซลแบบไม่ใช้สารเร่งปฏิกิริยา โดยเป็นวิธีการใช้สภาวะเหนือจุดวิกฤตของแอลกอฮอล์ โดย Saka และคณะ [6] ได้นำเสนอวิธีการผลิตไบโอดีเซลแบบไม่ใช้สารเร่งปฏิกิริยา คือการใช้สภาวะเหนือจุดวิกฤตของเมทานอลทำปฏิกิริยากับน้ำมันพืช ซึ่งจากปฏิกิริยาพบว่าสามารถผลิตไบโอดีเซลได้ในเวลาที่สั้นเมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตแบบใช้สารเร่งปฏิกิริยา และวิธีการนี้ยังสามารถแก้ปัญหาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันที่มีค่าความเป็นกรดและปริมาณน้ำที่สูงได้ และความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ยังปกติมากและวิธีการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยทำจึงได้มีความสนใจที่จะศึกษาการผลิตไบโอดีเซลด้วยสภาวะเมทานอลเหนือจุดวิกฤตจากกรดไขมันปาล์ม โดยศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปฏิกิริยาให้กลายเป็นไบโอดีเซล ได้แก่ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลกับกรดไขมันปาล์มตั้งแต่ 1:1 ถึง 12:1 ระยะเวลาทำปฏิกิริยาจาก 10 ถึง 60 นาที และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 240 ถึง 320 °C แล้วทำการวิเคราะห์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำ ไบโอดีเซลที่ได้ไปใช้เป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงในอนาคต

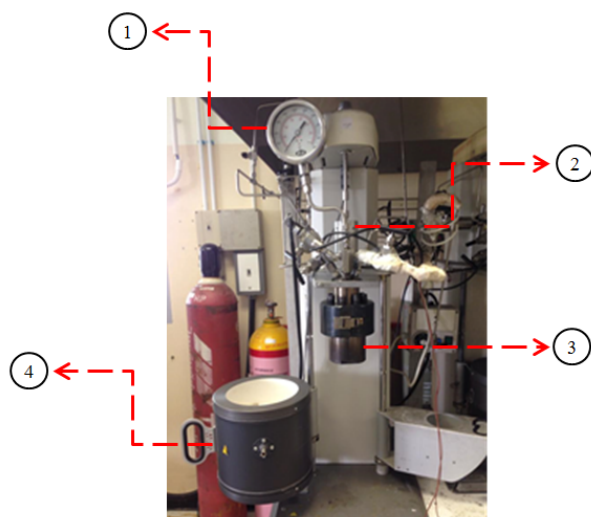
วัตถุดิบและอุปกรณ์

วัตถุดิบและสารเคมี

กรดไขมันปาล์ม(กรดไขมันอิสระ 89.3% ที่เหลือเป็นไขมัน 10.7% บริษัทน้ำมันพืชปทุม จำกัด) กรดซัลฟิวริก (ความบริสุทธิ์ 98% บริษัท QRec) เมทานอล (ความบริสุทธิ์ 99.9% บริษัท Lab Scan) Methyl Heptadecanoate (ความบริสุทธิ์ 99% บริษัท Fluka) n-Heptane (ความบริสุทธิ์ 99.5% บริษัท Lab Scan) Ethyl alcohol Phenolphthalein indicator solution และสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 N

อุปกรณ์

ในการทำปฏิกิริยาเพื่อผลิตไบโอดีเซลด้วยสภาวะแอลกอฮอล์เหนือจุดวิกฤตต้องใช้เครื่องปฏิกรณ์ทนความดันและอุณหภูมิสูงแสดงดังภาพที่ 1 โดยเครื่องปฏิกรณ์มีความจุปริมาตร 250 มิลลิลิตร ทำด้วยสแตนเลสกล้าสามารถทนอุณหภูมิได้สูงสุด 430 °C และความดัน 300 bar ประกอบด้วยชุดควบคุมที่สามารถควบคุมความเร็วของใบพัดกับชุดควบคุมอุณหภูมิ



ภาพที่ 1 เครื่องปฏิกรณ์ทนความดันและอุณหภูมิสูงขนาด 250 mL รุ่น 4848

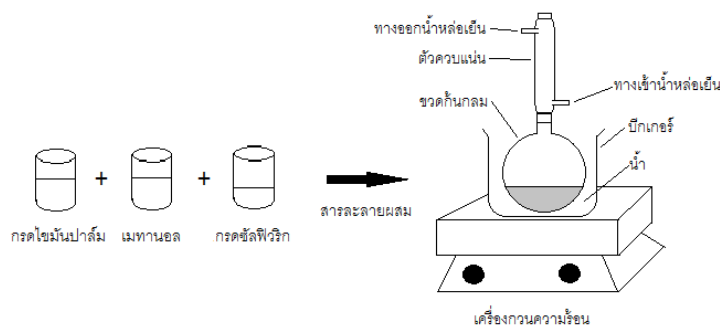
(1) Pressure gauge (2) Agitator (3) Reactor (4) Heater

วิธีการวิจัย

ในขบวนการทดลองนี้จะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันเพื่อลดปริมาณกรดไขมันอิสระให้น้อยกว่า 5% ขึ้นต่อมาน้ำมันที่ได้ไปเข้าสภาวะเมทานอลเหนือจุดวิกฤต แล้วทำการศึกษาเงื่อนไขในการผลิตไบโอดีเซลด้วยสภาวะเมทานอลเหนือจุดวิกฤต โดยมีการทดลองดังนี้

1. การทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน

นำกรดไขมันปาล์มไปอุ่นที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 30 นาที เพื่อทำการละลายกรดไขมันปาล์มที่แข็งตัวก่อน แล้วเตรียม เมทานอล และกรดซัลฟิวริกตามอัตราส่วนโดยโมล โดยเตรียมเมทานอลที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อกรดไขมันปาล์ม 8:1 และกรดซัลฟิวริกที่ 1.834 wt% โดยทำปฏิกิริยาที่ 70 °C เป็นเวลา 60 นาทีและใช้อัตราเร็วของใบกวนประมาณ 300 รอบต่อนาที เมื่อทำปฏิกิริยาเสร็จ นำกรดไขมันปาล์มที่ทำปฏิกิริยาไประเหยเมทานอลออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศเป็นเวลา 60 นาที แล้วนำไปล้างน้ำเพื่อชำระล้างตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรดออก หลังจากนั้นนำกรดไขมันปาล์มที่ผ่านปฏิกิริยาไปเก็บรวบรวมเพื่อเตรียมไปทำปฏิกิริยาที่สภาวะเมทานอลเหนือจุดวิกฤต [7]



ภาพที่ 2 แผนภาพอุปกรณ์การทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน

2. การทำปฏิกิริยาที่สภาวะเมทานอลเหนือจุดวิกฤต

เตรียมน้ำมันที่ผ่านปฏิกิริยาแล้วกับเมทานอลตามอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน โดยให้ปริมาณเมทานอลกับน้ำมันรวมกันได้ 65% ของเตาปฏิกรณ์ โดยจะศึกษาอิทธิพลต่อการทำปฏิกิริยาทั้งหมด 3 ตัวแปร คือ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน เวลาในการทำปฏิกิริยา และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา ดังนี้

2.1 อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อกรดไขมันปาล์ม

หาอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อกรดไขมันปาล์มที่เหมาะสมที่สุดในการเกิดปฏิกิริยาโดยการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 300 °C ระยะเวลาทำปฏิกิริยาที่ 60 นาที และทำการปรับอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อกรดไขมันปาล์มเป็น 1:1, 3:1, 6:1, 9:1, 12:1 และวิเคราะห์หาอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อกรดไขมันปาล์มที่ดีที่สุดแล้วนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

2.2 ระยะเวลาทำปฏิกิริยา

หาระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมที่สุดด้วยการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ที่ 300 °C และใช้อัตราส่วน โดยโมลระหว่างเมทานอลต่อกรดไขมันปาล์มที่เหมาะสมที่สุดจากข้อ 2.1 และทำการทดลองโดยเปลี่ยนระยะในการทำปฏิกิริยาดังแต่ 10 ถึง 60 นาที แล้ววิเคราะห์หาระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไบโอดีเซล

2.3 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา

หาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดโดยการกำหนดตัวแปรที่ดีที่สุด คือ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อกรดไขมันปาล์มและระยะเวลาที่ได้จากการทดลองในข้อ 2.1 และ 2.2 แล้วทดลองปรับอุณหภูมิในการทดลองเป็น 240, 260, 280, 300 และ 320 °C และวิเคราะห์หาอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับทำปฏิกิริยา

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติของไบโอดีเซล

3.1 การวิเคราะห์หาเมทิลเอสเทอร์และไตรกลีเซอไรด์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

การวิเคราะห์หาเมทิลเอสเทอร์และไตรกลีเซอไรด์โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีของ shimadzu corporation (Japan) รุ่น GC-2010 คอลัมน์ DH5-HT column (15m x 0.32mm x 0.10 μ m) มีแก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สตัวพา ที่ความดัน 11.49 psi อัตราการไหลเริ่มต้นและความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 1.59 mL/s และ 40 cm/s อุณหภูมิคอลัมน์ถูกควบคุมที่ 50 °C เป็นเวลา 1 นาทีและจากนั้นเพิ่มขึ้นเป็นครั้งแรกถึง 100 °C ที่อัตรา 10 °C/min แล้วถึง 110 °C ที่ 5 °C/min , 160 °C ที่ 10 °C/min , 280 °C ที่ 5 °C/min , และในที่สุดก็ถึง 380 °C ที่ 10 °C/min แล้วจึงทำการฉีดสารตัวอย่างในปริมาณ 1 ไมโครลิตร โดยผลโครมาโทแกรมที่ได้จะนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์และองค์ประกอบไขมัน

3.2 การวิเคราะห์กรดไขมันอิสระและค่าความเป็นกรด

ทำการหากรดไขมันอิสระและค่าความเป็นกรดด้วยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 N ดังสมการที่ 1 และ 2

$$FFA(\%wt.) = \frac{(V_{NaOH} - V_{blank}) \times C_{NaOH} \times 25.6}{w} \quad (1)$$

เมื่อ V_{NaOH} คือปริมาณ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตจากสารตัวอย่าง
 V_{blank} คือปริมาณ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตจากสารละลายแบล็ก
 C_{NaOH} คือความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน NaOH
 w คือน้ำหนักของตัวอย่าง
 25.6 คือน้ำหนักของกรดปาล์มดิก

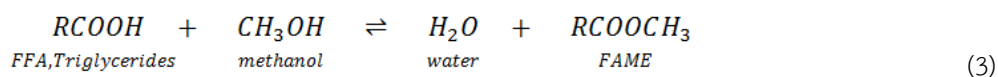
$$FFA = \frac{Acid\ value}{2.19} \quad (2)$$

FFA คือ กรดไขมันอิสระ (Free fatty acid)
 Acid value คือ ค่ากรดไขมัน
 2.19 คือ น้ำหนักของกรดปาล์มดิก

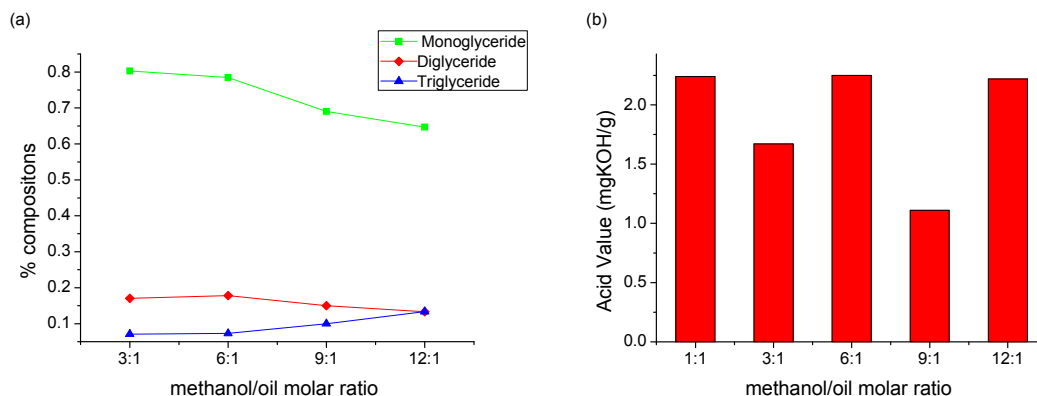
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลของอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลกับกรดไขมันปาล์มที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาการเกิดไบโอดีเซล

จากการทดลองทำการปรับอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อกรดไขมันปาล์มตั้งแต่ 1:1 ถึง 12:1 ควบคุมอุณหภูมิของเตาปฏิกรณ์ที่ 300 °C ระยะเวลาทำปฏิกิริยาที่ 60 นาที จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันแสดงในสมการที่ 3 [8]



ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ การเกิดปฏิกิริยาใช้แอลกอฮอล์ 1 โมลกับกรดไขมันอิสระ 1 โมลเพื่อผลิต 1 โมลสำหรับไบโอดีเซล และน้ำ โดยปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีเมื่อมีจำนวนแอลกอฮอล์เพียงพอต่อการเปลี่ยนองค์ประกอบของกรดไขมันให้กลายเป็นเมทิลเอสเทอร์ โดยจากผลการทดลองที่แสดงในภาพที่ 3(a) และ 3(b) แสดงผลการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบไขมันต่ออัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลกับน้ำมัน และการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดต่ออัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลกับน้ำมันตามลำดับ จากผลการทดลองจากภาพที่ 3(a) เมื่อใช้อัตราส่วนโดยโมลตั้งแต่ 6:1 ขึ้นไป ไบโอดีเซลที่ได้มีค่าโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ผ่านมาตรฐานแล้วตามที่กรมธุรกิจพลังงานเป็นผู้กำหนดด้วยวิธีทดสอบที่ EN 14105 [9] แต่จากภาพ 3(b) ที่แสดงถึงค่าความเป็นกรดที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อกรดไขมันปาล์ม ที่อัตราส่วน โดยโมล 9:1 ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่ดีที่สุดสามารถลดค่าความเป็นกรดจากกรดไขมันปาล์มที่ผ่านกระบวนการเอสเทอร์ฟิเคชันจากค่าความเป็นกรด 5.858 mg KOH/g ลงมาได้มากที่สุดถึง 1.11 mg KOH/g ซึ่งถ้าทำการเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อกรดไขมันปาล์มจะเป็นการสร้างโอกาสให้มีการปนเปื้อนของน้ำ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงเมทิลเอสเทอร์ให้กลับไปเป็นกรดไขมันอิสระได้ [10] และจากเงื่อนไขที่ได้มาสามารถผลิตไบโอดีเซลได้ 98.086%

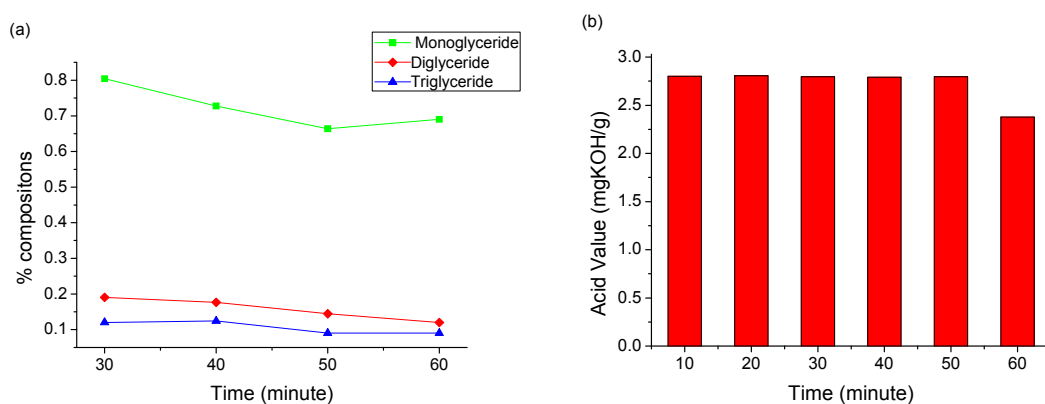


ภาพที่ 3 ผลการทดลองของอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อกรดไขมันปาล์ม ที่อุณหภูมิ = 300 °C, เวลา 60 นาที

(a) องค์ประกอบน้ำมันต่ออัตราส่วนโดยโมล (b) ค่าความเป็นกรดต่ออัตราส่วนโดยโมล

ผลของระยะเวลาทำปฏิกิริยาที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาการเกิดไบโอดีเซล

ทำการทดลองโดยใช้อัตราส่วนโดยโมลที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองครั้งที่แล้ว คือ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อกรดไขมันปาล์ม 9:1 แล้วควบคุมอุณหภูมิการทำปฏิกิริยาที่ 300 °C และศึกษาระยะเวลาทำปฏิกิริยาตั้งแต่ 10 ถึง 60 นาที จากเงื่อนไขระยะเวลาทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองสามารถได้ค่าเมทิลเอสเทอร์อยู่ที่ 98.086 % ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4(a) และ 4(b)



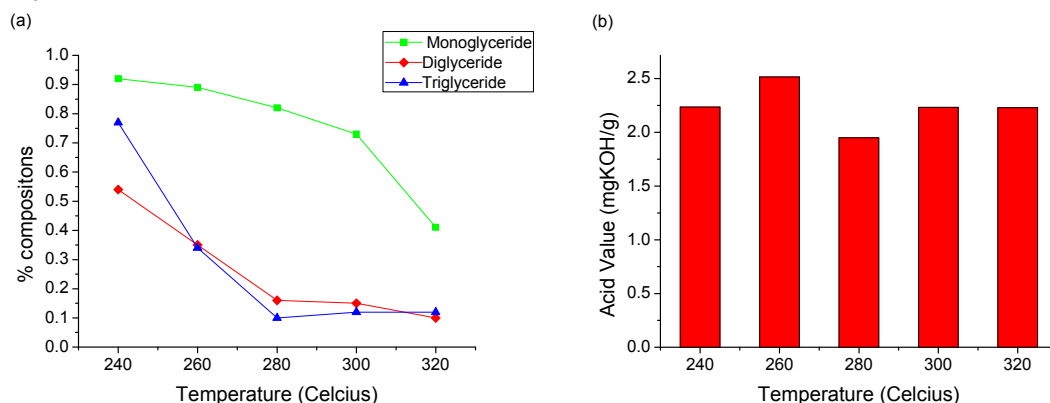
ภาพที่ 4 ผลการทดลองของระยะเวลาทำปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิ = 300 °C, อัตราส่วนโดยโมล 9:1

(a) องค์ประกอบน้ำมันต่อระยะเวลาทำปฏิกิริยา (b) ค่าความเป็นกรดต่อระยะเวลาทำปฏิกิริยา

ไบโอดีเซลที่ผลิตด้วยเงื่อนไขระยะเวลาทำปฏิกิริยาตั้งแต่ 40 นาทีขึ้นไปสามารถลดค่าโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ให้ผ่านมาตรฐานไบโอดีเซลจากกรมธุรกิจพลังงานได้ แต่ค่าความเป็นกรดจากภาพที่ 4(b)ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนใช้เงื่อนไขการทดลองที่ 60 นาที สามารถลดค่าความเป็นกรดจากกรดไขมันปาล์มที่ผ่านกระบวนการ เอสเทอร์ฟิเคชันโดยได้ค่าความเป็นกรด 5.858 mg KOH/g ลงมาอยู่ที่ 2.377 mg KOH/g เนื่องจากการทำปฏิกิริยาดังกล่าวเมทานอลเหนือจุดวิกฤตต้องการพลังงานที่สูงในการสลายพันธะ ทำให้การทำปฏิกิริยาต้องการระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้โอกาสในการเกิดปฏิกิริยาเกิดได้สมบูรณ์ขึ้นและสามารถเปลี่ยนองค์ประกอบทางกรดไขมันให้กลายเป็นไบโอดีเซลได้มากยิ่งขึ้น [11]

ผลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาการเกิดไบโอดีเซล

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการศึกษาอัตราส่วนโดยโมลและระยะเวลาทำปฏิกิริยา คือ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อกรดไขมันปาล์ม 9:1 และระยะเวลาทำปฏิกิริยา 60 นาที และปรับอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาตั้งแต่ 240 °C ถึง 320 °C โดยผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 5(a) และ 5(b)



ภาพที่ 5 ผลการทดลองของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา ที่อัตราส่วนโดยโมล 9:1, เวลา 60 นาที

(a) องค์ประกอบน้ำมันต่ออุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา (b) ค่าความเป็นกรดต่ออุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา

จากภาพที่ 5(a) จากการศึกษาคงของ D. Yujaroen et al. [7] อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ดีที่สุดสำหรับการผลิตไบโอดีเซลด้วยกรดไขมันปาล์มจากสภาวะเมทานอลเหนือจุดวิกฤตคือ 300 °C ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ที่อุณหภูมิทำปฏิกิริยาที่ 300 และ 320 °C สามารถทำให้โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์สามารถผ่านมาตรฐานไบโอดีเซลจากกรมธุรกิจพลังงาน โดยค่าอุณหภูมิทั้ง 2 ค่าสามารถลดค่าความเป็นกรดลงได้ถึง 2.232, 2.229 mg KOH/g จากค่าความเป็นกรดที่ได้จากกรดไขมันปาล์มที่ผ่านกระบวนการเอสเทอริฟิเคชัน ค่าความเป็นกรดอยู่ที่ 5.858 mg KOH/g ซึ่งถือว่าค่าความเป็นกรดทั้ง 2 ค่าแทบไม่มีความแตกต่างกันเนื่องจากพลังงานในระบบเพียงพอต่อการนำไปสลายพันธะ ทำให้ค่าความเป็นกรดไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น หรือเรียกว่าปฏิกิริยาเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุล [12] จากผลการทดลองข้างต้นจึงใช้อุณหภูมิ 300 °C ซึ่งได้เปอร์เซ็นต์ไบโอดีเซลเท่ากับ 97.942% เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตไบโอดีเซลด้วยสภาวะเมทานอลเหนือจุดวิกฤต

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลอง สามารถลดค่าความเป็นกรดโดยใช้ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันที่ทำกับกรดไขมันปาล์มลงมาอยู่ที่ 5.858 mg KOH/g จากค่าความเป็นกรดตั้งต้น 195.59 mgKOH/g และจากการทดลองโดยใช้สภาวะเมทานอลเหนือจุดวิกฤต ได้สภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เงื่อนไขดังนี้ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อกรดไขมันปาล์มเท่ากับ 9:1 ที่ระยะเวลาทำปฏิกิริยา 60 นาที ณ อุณหภูมิ 300 °C สามารถผลิตเมทิลเอสเทอร์ได้สูงที่สุดถึง 97.9423 % และลดค่าความเป็นกรดได้ถึง 2.232 mgKOH/g จากการทดลองพบว่ากระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการเอสเทอริฟิเคชันร่วมกับสภาวะเมทานอลเหนือจุดวิกฤตสามารถใช้เป็นวิธีสำหรับการผลิตไบโอดีเซลจากกรดไขมันปาล์มได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณอาจารย์จากสาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์จากสาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และนักวิจัยจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Diasakou, M. (1998). Kinetics of the non-catalytic transesterification of soybean oil. **Fuel**. 77, 1297-1302.
- [2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นเมื่อ 28 มกราคม 2558, จาก <http://www.oae.go.th/>.
- [3] ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี. สืบค้นเมื่อ 28 มกราคม 2558, จาก <http://www.doa.go.th/palm/index.html>.
- [4] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2551). การพัฒนาเครื่องต้นแบบผลิตไบโอดีเซลจากกรดไขมันปาล์ม (PFAD).
- [5] Eze, C. (2015). "Determination of the kinetics of biodiesel saponification in alcoholic hydroxide solutions", **Fuel**. 140, 724-730.
- [6] Saka, S. (2001). "Biodiesel fuel from rapeseed oil as prepared in supercritical methanol", **Fuel**. 80, 693-698.
- [7] Yujaroen, D. (2009). "Esterification of palm fatty acid distillate (PFAD) in supercritical methanol: Effect of hydrolysis on reaction reactivity", **Fuel**. 88, 2011-2016
- [8] Warabi, Y. (2004). "Reactivity of triglycerides and fatty acids of rapeseed oil in supercritical alcohols. **Bioresource Technology**", 91, 283-287.
- [9] กรมธุรกิจพลังงาน. (2550). ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2550, สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2558, จาก http://www.doeb.go.th/v5/index_t.php.
- [10] Zhang, Y. (2013). "One-step production of biodiesel from rice bran oil catalyzed by chlorosulfonic acid modified zirconia via simultaneous esterification and transesterification", **Bioresource Technology**. 147, 59-64.
- [11] Yin, J.Z. (2008). "Biodiesel from soybean oil in supercritical methanol with co-solvent", **Energy Conversion and Management**. 49, 908-912.
- [12] Imahara, H. (2008). "Thermal stability of biodiesel in supercritical methanol", **Fuel**. 87, 1-6.