ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
248074

การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว
โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเฮเทอโรเจนัสชนิดแข็ง

นายวีรภัทร บุรพกุลเศรษฐี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2554

b00253182

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
248074

การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำโดยใช้สภาวะแอลกอฮอล์เหนือจุดวิกฤต

นายจีรภัทร บุรพกุศลศรี วศ.บ. (ปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2554

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ผศ. ดร. ศิรินุช จินดารักษ์)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผศ. ดร. รัตนชัย ไพรินทร์)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ดร. เก้ากันยา สุดประเสริฐ)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ดร. ชนากานต์ อาษาสุจริต)

..... กรรมการ
(รศ. ดร. ศิริชัย เทพา)

..... กรรมการ
(ผศ. ดร. กรณ์กนก อายุสุข)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำโดยใช้สภาวะแอลกอฮอล์เหนือจุดวิกฤต
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นายจีรภัทร บุรพกุศลศรี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร. รัตนชัย ไพรินทร์
	ดร. ชนากานต์ อาษาสุจริต
	ดร. เก้ากันยา สุดประเสริฐ
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีพลังงาน
สายวิชา	เทคโนโลยีพลังงาน
คณะ	พลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
พ.ศ.	2554

บทคัดย่อ

248074

น้ำมันไบโอดีเซลจัดเป็นพลังงานหมุนเวียนเพราะสามารถผลิตได้จากพืชที่พบเห็นได้ทั่วไปในท้องถิ่น เช่น ปาล์ม ถั่วเหลือง มะพร้าว หรือแม้แต่เมล็ดสบู่ดำ ซึ่งเป็นพืชน้ำมันที่สามารถปลูกได้ทั้งในสภาพที่แห้งแล้งหรือฝนตกชุก อีกทั้งยังเป็นพืชที่มีอายุยาวนานถึง 20 ปี และให้ผลผลิตค่อนข้างคงที่ นอกจากนี้ ยังไม่ส่งผลกระทบต่อพืชบริโภคหรือพืชเศรษฐกิจอื่นๆ เพราะไม่สามารถนำมาใช้บริโภคได้ โดยในงานวิจัยนี้ได้นำน้ำมันเมล็ดสบู่ดำมาผลิตไบโอดีเซลที่สภาวะเหนือวิกฤตโดยเน้นการศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อร้อยละของผลผลิต (%Yield) ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ (%FAMEs) และสมบัติของไบโอดีเซลที่ได้ โดยตัวแปรที่เลือกมาพิจารณาในการผลิตประกอบด้วย 4 ตัวแปร คือ อัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันสบู่ดำ อุณหภูมิ เวลาในการทำปฏิกิริยา และความบริสุทธิ์ของแอลกอฮอล์โดยมีขอบเขตของตัวแปรดังนี้ คือ อัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์ต่อน้ำมันอยู่ที่ 30 ถึง 60 ต่อ 1 อุณหภูมิในเตาปฏิกรณ์ 250 ถึง 350°C ระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา 30 ถึง 120 นาที และความบริสุทธิ์ของแอลกอฮอล์ร้อยละ 85 ถึง 99 จากนั้นนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้มาตรวจสอบความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ผลการทดลองพบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของแอลกอฮอล์ต่อน้ำมัน สามารถเพิ่มผลผลิตของน้ำมันไบโอดีเซลให้มากขึ้นได้ เนื่องจากสมดุลของปฏิกิริยาเลื่อนไปข้างหน้า นอกจากนี้ทั้งการเพิ่มอุณหภูมิที่ช่วยเพิ่มพลังงานในระบบทำให้เกิดโอกาสการสร้างพันธะ รวมถึงการเพิ่มเวลาจะทำให้ปฏิกิริยาของไบโอดีเซลเกิดสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และทำให้ได้ผลิตผลไบโอดีเซลเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยในกระบวนการผลิตได้สภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ อัตราส่วนแอลกอฮอล์ต่อน้ำมัน 30:1 อุณหภูมิที่ใช้ในเตาปฏิกรณ์ 300°C

248074

และใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 120 นาที สามารถผลิตไบโอดีเซลได้มากที่สุดถึงร้อยละ 95 นอกจากนี้ ยังศึกษาผลของความบริสุทธิ์ของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาพบว่าในแอลกอฮอล์ที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 85 ถึง 95 สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ผลผลิตสูงถึงร้อยละ 90 และเมื่อตรวจสอบสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ พบว่ามีมาตรฐานผ่านค่ามาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซลชุมชน และมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์ตามกรมธุรกิจพลังงาน จึงสามารถแก้ปัญหาในด้านวัตถุดิบและกระบวนการผลิตได้ นอกจากนั้นน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ยังสามารถนำไปใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล หรือผสมกับน้ำมันดีเซลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: น้ำมันสบู่ดำ/ปฏิกิริยาที่ไม่ใช้ตัวเร่ง/ปฏิกิริยาที่ไม่มีของเสีย/เมทานอลและความบริสุทธิ์ของเมทานอล/ความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซล/แอลกอฮอล์ในสภาวะเหนือวิกฤต

Thesis Title	Biodiesel Production from Jatropha Oil by Supercritical Alcohol
Thesis Credits	12
Candidate	Mr. Jeerapat Burapakusolsri
Thesis Advisors	Asst. Prof. Dr. Ratarachai Pairintra
	Dr. Chanakarn Arsasudjarid
	Dr. Kaokanya Sudaprasert
Program	Master of Engineering
Field of Study	Energy Technology
Department	Energy Technology
Faculty	School of Energy, Environment and Materials
B.E.	2554

Abstract

248074

Biodiesel is renewable energy because it can be made from plants, such as palm, soy bean, coconut and even *Jatropha curcas* seeds, which is oily plant that can be grown in both arid and rainy condition. Jatropha curcas seeds last for almost 20 years and constantly yields. Moreover it will not affect the consumption of plants or other crops according from being inedible plants. In this study, Jatropha curcas seeds are produced biodiesel by the supercritical conditions, emphasizing variables that affect the percent of yield (%yield), the percentage of Methyl Ester's (%FAMEs) and properties of biodiesel. Four variables are selected for consideration in the production, the mole ratio of methanol to Jatropha oil, temperature, the reaction time and purity of the alcohol with the scope of the following variables. Molar ratio of alcohol to oil was 30 to 60 per 1, the temperature in the reactor 250°C to 350°C, which takes in the reaction of 30 to 120 minutes, and purity of the alcohol 85 to 99 percent. Then biodiesel production is checked the purity of biodiesel by high performance liquid chromatography (HPLC). It was found that increasing the molar ratio of alcohol to oil will increase more biodiesel production due to the fact that reaction equilibrium moves forward. Besides, raising temperature also increases the energy of system that contributes to chances of forming bond and adding time will make biodiesel's reaction be more completed. All of that makes biodiesel yield be productive. The proper conditions are molar ratio 30:1, 300°C of temperature and 120 minute of reaction time. It was found that biodiesel production maximum is 95% and the purity of FAMEs is 99 to 100%. In addition, to study the result of alcohol, used in 85 to 95% of purity, shows that the

248074

maximum of biodiesel yield is 90%. Furthermore, to check properties of produced biodiesel yield was found that the standard is passed biodiesel community standard and closed biodiesel commercial standard.so this reduces a problem about material and production process. Moreover, produced biodiesel can be used as the alternative energy by replacing or mixing diesel readily.

Keywords: BiodieselPurity/JatrophaOil/Non-Catalyst/No Waste/Methanol/Supercritical Alcohol/

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดาและสมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการศึกษาตลอดมา วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและการช่วยเหลือให้คำแนะนำอย่างดีจากอาจารย์ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร. รัตนชัย ไพรินทร์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ชนากานต์ อาษาสุจริต กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และ ดร. เก้ากันยา สุดประเสริฐ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อีกทั้งคณะกรรมการสอบ คือ ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.ศิรินุช จินดารักษ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกจากมหาวิทยาลัยนเรศวร รองศาตราจารย์ ดร. ศิริชัย เทพา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร. กรณ์กนก อายุสุข กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติมจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นผู้วิจัยจักขอบพระคุณไว้เป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอบพระคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์แห่งชาติภาคพลังงาน (วว.), คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ และคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้การอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ทำการทดลอง

ขอบพระคุณหน่วยงานลงทะเบียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่เอื้อเฟื้อและให้ข้อมูลนักศึกษา

ประโยชน์อันใดที่เกิดจากคู่มือการเขียนและพิมพ์วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษานี้ ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านดังกล่าวข้างต้นขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
รายการตาราง	ญ
รายการรูปประกอบ	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	**1**
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	6
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	6
1.4 แนวทางดำเนินงานวิจัย	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
2.ทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวข้อง	**9**
2.1 สบู่ดำ	10
2.1.1 หลักทั่วไปในการคัดเลือกที่ปลูกสบู่ดำ	11
2.1.2 ประโยชน์จากสบู่ดำ	13
2.1.3 น้ำมันสบู่ดำ	15
2.2 การแยกสารแขวนลอยออกจากน้ำมัน	16
2.2.1 อนุภาคที่ไม่ละลายในไขมัน (Fat – Insoluble Particle)	16
2.2.2 สารแขวนลอย (Colloidal Suspension)	16
2.3 กระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์	17
2.3.1 กระบวนการกำจัดยางเหนียว (Degumming)	17
2.3.2 กระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระ	18

หน้า

2.4 ไบโอดีเซล 18
2.4.1 ความหมายไบโอดีเซล 16
2.4.2 ข้อดีข้อด้อยของไบโอดีเซล 19
2.4.3 แอลกอฮอล์ 20
2.4.4 ตัวเร่งปฏิกิริยา 21
2.4.5 วิธีการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืช 24
2.4.6 เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซล 27
2.4.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไบโอดีเซลปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันสภาวะเหนือจุดวิกฤต 36
2.4.8 สมบัติทางเชื้อเพลิงของไบโอดีเซล 38
2.4.9 มาตรฐานไบโอดีเซล 41
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 45
2.5.1 งานวิจัยที่เกียวข้องกับไบโอดีเซล 45
2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวของกับสบู่ดำ 48
2.5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไบโอดีเซลจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันในสภาวะเหนือวิกฤต 49

3 วิธีดำเนินการวิจัย **54**

3.1 วัสดุ 55
3.1.1 วัตถุดิบ 55
3.1.2 สารเคมี 55
3.1.3 อุปกรณ์ 55
3.2 การสกัดน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำ 56
3.3 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย 56
3.3.1 ตรวจสอบค่าความเป็นกรดของน้ำมันสบู่ดำดิบหลังจากหีบออกมาด้วยเครื่องวิเคราะห์ความเป็นกรด 56
3.3.2 การวัดปริมาณน้ำในน้ำมันสบู่ดำดิบ 57

หน้า

3.3.3 การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยไม่มีตัวเร่งในปฏิกิริยาในสภาวะที่เมทานอลอยู่เหนือจุดวิกฤต 58
3.4 การตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำมัน 60
3.4.1 การหาค่าความหนืดของไบโอดีเซล 60
3.4.2 การวิเคราะห์กรดไขมันและเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซล 60
3.4.3 การคำนวณค่าสปอนิฟิเคชัน 61
3.4.4 การคำนวณหาค่าไอโอดีน 62
3.4.5 การคำนวณค่าดัชนีซีเทน 63
3.4.6 การคำนวณค่าความร้อนจากการเผาไหม้เมทิลเอสเทอร์ของน้ำมัน 63
3.4.7 การหาค่าความร้อนจากการเผาไหม้ของน้ำมัน 63
4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง **64**
4.1 ผลการทดสอบน้ำมันสบู่ดำดิบ 64
4.2 ผลการทดสอบการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยไม่มีตัวเร่งในปฏิกิริยาในสภาวะที่เมทานอลอยู่เหนือจุดวิกฤต 69
4.2.1 ผลของแอลกอฮอล์ต่อน้ำมันที่เปลี่ยนแปลงไปต่อการเกิดปฏิกิริยาไบโอดีเซล 69
4.2.2 ผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปต่อการเกิดปฏิกิริยาไบโอดีเซล 80
4.2.3 ผลของน้ำที่อยู่ในแอลกอฮอล์ต่อปฏิกิริยาเมื่อใช้เมทานอลที่ความบริสุทธิ์แตกต่าง 82
4.3 สมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ 84
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ **89**
5.1 สรุปผลการทดลอง 89
5.2 ข้อเสนอแนะ 92
เอกสารอ้างอิง **95**
ภาคผนวก **103**
กวิธีการคำนวณค่าดัชนีซีเทนและค่าความร้อนจากการเผาไหม้ 103
ข รายงานวิจัยนำเสนอ ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร ณ วันที่ 29 กรกฎาคม 2554 105
ประวัติผู้วิจัย **125**

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	ตารางเปรียบเทียบกระบวนการผลิตไบโอดีเซล	2
1.2	สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสบู่ดำ และน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ	4
1.3	อุณหภูมิและความดันเหนือจุดวิกฤตของแอลกอฮอล์แต่ละชนิด	6
2.1	ระยะปลูกและจำนวนต้นต่อพื้นที่ตามสภาพพื้นที่	12
2.2	เปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลจากสบู่ดำและค่ามาตรฐานของยุโรป	16
2.3	การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการบีบน้ำมันจากเมล็ดพืช	26
2.4	สรุปข้อดีและข้อเสียของการใช้น้ำมันพืชเสมือนเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล	27
2.5	อุณหภูมิ ณ จุดวิกฤต (T_c) และความดัน ณ จุดวิกฤต (P_c) ของของไหลชนิดต่างๆ	34
2.6	Physicochemical properties ของ supercritical fluid เปรียบเทียบกับก๊าซและของเหลว	35
2.7	อุณหภูมิและความดันวิกฤตของแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ	37
2.8	มาตรฐานไบโอดีเซล ASTM D-6751 ในการตรวจสอบไบโอดีเซลชนิด B100 ของสหรัฐอเมริกา	42
2.9	มาตรฐานไบโอดีเซลสหภาพยุโรปและประเทศไทย En 14214:2003	42
2.10	เปรียบเทียบกระบวนการผลิตที่ได้จากวิธีเอสเทอร์ริฟิเคชั่นแบบธรรมดากับ Supercritical MeOH Method	51
2.11	เปรียบเทียบกระบวนผลิตด้วยวิธีสภาวะเหนือจุดวิกฤตกับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา	51
2.12	ค่า optimum condition และ yield ของ SCM และ SCE	51
3.1	น้ำหนักของน้ำมันพืชเพื่อใช้ในการไตรเตรด	57
4.1	ผลทดสอบของน้ำมันสบู่ดำดิบ	64
4.2	องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันสบู่ดำ	65
4.3	ผลการคำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันสบู่ดำ	66
4.4	ผลของการไตเตรดที่น้ำหนักต่างๆ	68
4.5	ผลของการไตเตรดที่น้ำหนัก 2.5 (±10%) กรัม	68
4.6	ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในน้ำมันสบู่ดำดิบ	69

หน้า

4.7 การคำนวณอัตราส่วนโมลของน้ำมันต่อเมทานอล 70

4.8 การคำนวณอัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำมันต่อเมทานอล 70

4.9 อัตราส่วนของน้ำมันต่อเมทานอลที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล ณ อุณหภูมิ 300 °C ความดัน 90-120 bar เป็นเวลา 30 นาที 71

4.10 อัตราส่วนของน้ำมันต่อเมทานอลที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล ณ อุณหภูมิ 300 °C ความดัน 90-120 bar เป็นเวลา 60 นาที 71

4.11 อัตราส่วนของน้ำมันต่อเมทานอลที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล ณ อุณหภูมิ 300 °C ความดัน 90-120 bar เป็นเวลา 120 นาที 71

4.12 ปริมาณผลิตผลการผลิตไบโอดีเซล ณ อุณหภูมิ 300 °C ความดัน 90-120 bar เป็นเวลา 30, 60 และ 120 นาที 72

4.13 ปริมาณผลิตผลการผลิตไบโอดีเซล ณ อุณหภูมิ 250 300 และ 350°C โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันต่อเมทานอลที่ 30 : 1 เป็นเวลา 120 นาที ความดัน 105-110 บาร์ 81

4.14 ปริมาณผลิตผลการผลิตไบโอดีเซล โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันต่อเมทานอลที่ 30 : 1 เป็นเวลา 120 นาที ณ อุณหภูมิ 300 °C โดยทำการเปลี่ยนแปลงความบริสุทธิ์ของเมทานอลเป็น 85 90 และ 95% 83

4.15 ตารางเปรียบเทียบมาตรฐานไบโอดีเซลที่ผลิตได้กับมาตรฐานเชิงพาณิชย์ 85

5.1 เปรียบเทียบกระบวนการผลิตด้วยวิธี supercritical กับ transesterification 89

5.2 เปรียบเทียบมาตรฐานชุมชนและมาตรฐานเชิงพาณิชย์ตามกรมธุรกิจพลังงาน 91

รายการรูปประกอบ

รูป หน้า

1.1 ภาพรวมการใช้พลังงานของโลกในปี ค.ศ. 2008 1

1.2 ปฏิกิริยาการเกิดสบู่จากกรดไขมัน 5

1.3 แผนภูมิแสดงการออกแบบงานวิจัย 8

2.1 Rudolf C. Diesel 9

2.2 กลไกการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 22

2.3 กลไกการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 23

2.4 เครื่องหีบน้ำมันด้วยระบบไฮโดรลิก 24

2.5 เครื่องหีบน้ำมันด้วยระบบสกรูเพรส 25

2.6 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน 29

2.7 ขั้นตอนย่อยของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน 29

2.8 ปฏิกิริยาระหว่างเบสกับกรดไขมันอิสระ ทำให้ได้สบู่และน้ำ 30

2.9 น้ำที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการละลายเบสในแอลกอฮอล์ 30

2.10 เอสเทอริฟิเคชันของกรดไขมันอิสระ 31

2.11 กลไกของปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (esterification) 32

2.12 กลไกของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน 32

2.13 เฟสไดอะแกรม (phase diagram) ของ Carbondioxide 33

2.14 ผลของการทดลองหาสภาวะที่ดีที่สุดในการเกิดปฏิกิริยา 45

2.15 ปฏิกิริยาการเกิดไบโอดีเซล 46

2.16 ปฏิกิริยาการ Hydrolysis 46

2.17 ปฏิกิริยาสบู่ 47

2.18 ปฏิกิริยา Esterification 47

2.19 พลังงานส่วนต่างๆที่ใส่เข้าไปเพื่อใช้ในการปลูกต้นสบู่ดำและผลิตไบโอดีเซล 48

2.20 พลังงานส่วนต่างๆที่ได้หลังจากกระบวนการผลิตเสร็จสมบูรณ์ 49

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 54

รูป (ต่อ) หน้า

3.2 ขั้นตอนการสกัดน้ำมันจากสบู่ดำ 56

3.3 เครื่องวิเคราะห์ความเป็นกรด 58

3.4 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำ KF Coulometer 58

3.5 เตาปฏิกรณ์ขนาด 250 ml รุ่น model 4848 60

3.6 เครื่องวัดความหนืดรุ่น TC-200 61

3.7 เครื่อง High Performance Liquid Chromatography 61

4.1 สูตรโครงสร้างของไตร์กลีเซอรีนหรือน้ำมันพืช 67

4.2 เครื่องวิเคราะห์ความเป็นกรด 67

4.3 แสดงลักษณะไบโอดีเซลและกลีเซอรีนที่เกิดขึ้นหลังจากทำปฏิกิริยาเสร็จสมบูรณ์ 72

4.4 แสดงลักษณะไบโอดีเซลและกลีเซอรีนที่เกิดขึ้นหลังจากทำปฏิกิริยาเสร็จสมบูรณ์บางส่วน 73

4.5 แสดงผลต่อการเกิดไบโอดีเซลเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโดยโมล 73

4.6 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันที่ทำให้ค่าเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้น 74

4.7 การเกิดปฏิกิริยาไบโอดีเซลโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 75

4.8 โครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้สภาวะในการทดลองที่ molar ratio 30 : 1, T = 300°C, Reaction time = 30 min จากเครื่อง HPLC 76

4.9 โครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้สภาวะในการทดลองที่ molar ratio 30 : 1, T = 300°C, Reaction time = 60 min จากเครื่อง HPLC 76

4.10 โครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้สภาวะในการทดลองที่ molar ratio 30 : 1 ,T = 300°C ,Reaction time = 120 min จากเครื่อง HPLC 76

4.11 โครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้สภาวะในการทดลองที่ molar ratio 40 : 1 ,T = 300°C ,Reaction time = 30 min จากเครื่อง HPLC 76

4.12 โครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้สภาวะในการทดลองที่ molar ratio 40 : 1 ,T = 300°C ,Reaction time = 60 min จากเครื่อง HPLC 77

4.13 โครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้สภาวะในการทดลองที่ molar ratio 40 : 1 ,T = 300°C ,Reaction time = 120 min จากเครื่อง HPLC 77

4.14 โครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้สภาวะในการทดลองที่ molar ratio 50 : 1 ,T = 300°C ,Reaction time = 30 min จากเครื่อง HPLC 77

รูป (ต่อ) **หน้า**

4.15 โครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้สภาวะในการทดลองที่ molar ratio 50 : 1 ,T = 300°C ,Reaction time = 60 min จากเครื่อง HPLC 78

4.16 โครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้สภาวะในการทดลองที่ molar ratio 50 : 1 ,T = 300°C ,Reaction time = 120 min จากเครื่อง HPLC 78

4.17 โครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้สภาวะในการทดลองที่ molar ratio 60 : 1 ,T = 300°C ,Reaction time = 30 min จากเครื่อง HPLC 78

4.18 โครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้สภาวะในการทดลองที่ molar ratio 60 : 1 ,T = 300°C ,Reaction time = 60 min จากเครื่อง HPLC 79

4.19 โครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้สภาวะในการทดลองที่ molar ratio 60 : 1 ,T = 300°C ,Reaction time = 120 min จากเครื่อง HPLC 79

4.20 โครมาโตแกรมของ stantdard ที่ใช้เปรียบเทียบค่า peak ณ เวลาต่างๆ จากเครื่อง HPLC 79

4.21 ผลของอุณหภูมิที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดผลิตผลของไบโอดีเซล ณ 30:1 , time 120 นาที ที่อุณหภูมิต่างๆ 81

4.22 แสดงขั้นตอนการใช้พลังงานในการสลายพันธะเพื่อผลิตเมทิลเอสเทอร์ 82

4.23 ผลของความบริสุทธิ์ของเมทานอลที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดผลิตผลของไบโอดีเซล ณ 30:1 , time 120 นาที ที่อุณหภูมิ 300 °C 83

4.24 ปฏิกิริยากลีเซอโรไลซิส (Glycerolysis) 87

4.25 ผลของการวิเคราะห์ Glyceride ด้วยเทคนิค Gas chromatography จากสภาวะเมทานอลต่อน้ำมัน 30:1 อุณหภูมิ 300°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 87

4.26 ผลของการวิเคราะห์ Glyceride ด้วยเทคนิค Gas chromatography จากสภาวะเมทานอล85%(v/v) ต่อน้ำมัน 30:1 อุณหภูมิ 300°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 88

4.27 ผลของการวิเคราะห์ Glyceride ด้วยเทคนิค Gas chromatography จากกระบวนการ transesterification โดยใช้ NaOH 0.5% เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 88