



การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้เถ้าจากขังข้าวโพด และ CHAR

จากแกลบเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

PRODUCTION OF BIODIESEL FROM PALM OIL BY USING AN ASH
FROM CORNSTALK AND CHAR FROM HUSK AS CATALYSTS

นายโรจนศักดิ์ ไชยสาร

รหัส 50362177

นายวรวิทย์ บุญเรือง

รหัส 50363754

15518908

✓

ร 9260

2553

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 10 ก.ค. 2554
เลขทะเบียน..... 15518908
เลขเรียกหนังสือ..... 5926
มหาวิทยาลัยนเรศวร 5926

ก

2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553



ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงการ การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้เถ้าจากขี้ข้าวโพดและ CHAR
จากแกลบเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ผู้ดำเนินโครงการ นายโรจนศักดิ์ ไชยสาร รหัส 50362177
 นายวรวุฒิ บุญเรือง รหัส 50363754

ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์วัฒน์ชัย เยาวรัตน์

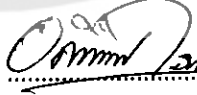
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2553

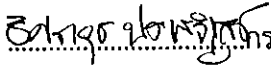
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

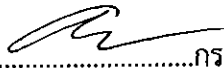
 ที่ปรึกษาโครงการ
(อาจารย์วัฒน์ชัย เยาวรัตน์)

 ประธานกรรมการ
(อาจารย์อดิศักดิ์ ไสยสุข)

 กรรมการ
(อาจารย์สุชาติดา อยู่แก้ว)

 กรรมการ
(อาจารย์นพวรรณ ไม้ทอง)

 กรรมการ
(อาจารย์อิศราวุธ ประเสริฐสังข์)

 กรรมการ
(อาจารย์อำภรณ์ จันทร์ปรีกษ์)

ชื่อหัวข้อโครงการ	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้เถ้าจากขี้ข้าวโพดและ CHAR จากแกลบเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายโรจนศักดิ์	ไชยสาร	รหัส 50362177
	นายวรวิทย์	บุญเรือง	รหัส 50363754
ที่ปรึกษาโครงการ	อาจารย์วัฒน์ชัย เขาวรัตน์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหกรรม		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหกรรม		
ปีการศึกษา	2553		

บทคัดย่อ

โครงการนี้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เถ้าธรรมชาติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งการทดลองนี้ ได้ทำการศึกษา ผลของเถ้าของแกลบและเถ้าของขี้ข้าวโพดที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการผลิตไบโอดีเซลโดยวิธีทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยปริมาณของเถ้าแกลบและเถ้าขี้ข้าวโพดที่ใช้คือ 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมันปาล์มโอเลอิน และอัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มคือ 3:1 และ 6:1 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที จากผลการทดลองพบว่า ทั้ง CHARจากแกลบ และเถ้าขี้ข้าวโพดในสภาวะต่างๆ เมื่อทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันแล้ว ไม่เกิดการแยกชั้นระหว่าง ไบโอดีเซลกับกลีเซอรินทุกสภาวะการทดลอง

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือของหลายๆ ฝ่าย โดยเฉพาะ อาจารย์วัฒน์ชัย เยาวรัตน์ ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งได้ให้ความอนุเคราะห์และคำแนะนำ คำปรึกษา แนะนำวิธีแก้ปัญหารวมถึงข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนความดูแลเอาใจใส่ ติดตามการดำเนินงานมาโดยตลอด และขอขอบคุณคณะอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่าน ที่ได้ให้วิชาความรู้ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การดูแล อบรมสั่งสอนและให้กำลังใจ ด้วยดีเสมอมาตลอดการดำเนินโครงการจนสำเร็จการศึกษา

ผู้ดำเนินโครงการ

นายโรจนศักดิ์

นายวรุฒิ

ไชยสาร

บุญเรือง

เมษายน 2554

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output).....	2
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome).....	2
1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงการ	2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงการ.....	2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	3
2.1 ความสำคัญและความต้องการของน้ำมันไบโอดีเซล	3
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดไบโอดีเซล.....	4
2.3 ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล.....	10
2.4 คุณสมบัติไบโอดีเซล.....	12
2.5 มาตรฐานไบโอดีเซล.....	13
2.6 ประโยชน์ของการใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์	15
2.7 การทดสอบคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลโดยการวัดความหนืด.....	17
2.8 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ.....	22
3.1 แผนการทดลองในการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เถ้าจากขี้เถ้าโพดและcharจากแกลบ ..	22
3.2 การทดลอง	23
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์.....	28
4.1 ผลการทดลอง	28
4.2 อธิบายผลการทดลอง	34
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง	34
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	35
5.1 บทสรุป	35
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	35
เอกสารอ้างอิง.....	36
ภาคผนวก ก	37
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	43

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน	3
2.1 แสดงองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน	7
2.2 แสดงมาตรฐานไบโอดีเซล B100 ระดับอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน	17
3.1 แสดงอัตราส่วนเมทานอลที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล	26
3.2 แสดงอัตราส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาเถ้าธรรมชาติที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล	26
3.3 แสดงตารางการทดลองการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้เถ้า จากขี้ข้าวโพดและcharจากแกลบตัวเร่งปฏิกิริยา.....	27
4.1 แสดงผลการทดลองการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	29
4.2 แสดงผลการทดลองการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้charแกลบเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	30
4.3 แสดงผลการทดลองการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เถ้าขี้ข้าวโพดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	33
ก.1 การคำนวณหาโมเลกุลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน	37

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการจำหน่ายน้ำมันไบโอดีเซล.....	5
2.2 แสดงโมเลกุลของน้ำมันหรือไขมัน	6
2.3 แสดงไฮโดรคาร์บอนโซ่ยาว	6
2.4 แสดงปฏิกิริยา Tranesterification ในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืช.....	9
2.5 แสดงปฏิกิริยาการเกิดสบู่ (Saponification).....	10
2.6 แสดงจุดวัดความหนืดโดยใช้ Ubbelohde tube.....	19
3.3 แสดงอุปกรณ์วัดความหนืด แสดงจุดจับเวลาการไหลของน้ำมัน	26
ก.1 แสดงโมเลกุลของน้ำมันหรือไขมัน	38
ก.2 ซ้อนตักสาร.....	40
ก.3 หลอดหยด (Dropper).....	40
ก.4 ขวดรูปชมพู่ (Flask) ขนาด 250 มม.....	40
ก.5 กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 25 มม.....	40
ก.6 แท่งแก้วคนสารและบีกเกอร์ขนาด250 มม.....	41
ก.7 กระดาษกรอง	41
ก.8 ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มม.....	41
ก.9 กรวยกรอง (Funnel).....	41

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากปัจจุบันในประเทศไทยมีปัญหาน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาสูงขึ้นและมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลทำให้ค่าครองชีพสูงขึ้นเนื่องจากการเพิ่มของต้นทุนการผลิตและการขนส่งสิ่งค้าหรือแม้แต่การคมนาคมขนส่งทั่วไป อีกทั้งแหล่งน้ำมันดิบในประเทศก็ไม่มีเพียงพอความต้องการใช้ในประเทศ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการหาพลังงานทดแทนน้ำมันปิโตรเลียมที่นับวันจะลดน้อยลงไป อีกทั้งผลกระทบอันเกิดจากการใช้น้ำมันปิโตรเลียมก็สูงขึ้นที่เกิดขึ้นกับร่างกายคนเราและสิ่งแวดล้อม ทำให้โลกร้อนขึ้นนับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น ปัญหาเหล่านี้จึงทำให้มีการมองหาแหล่งพลังงานทดแทน ไบโอดีเซลก็เป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้แทนน้ำมันดีเซลได้

ไบโอดีเซลหรือเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพ (Biodiesel) เป็นชื่อเรียกเชื้อเพลิงที่เปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันพืชไปเป็นสารเอสเทอร์(Ester) ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลซึ่งผลิตโดยกระบวนการที่เรียกว่า “ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification)” โดยในปัจจุบันในการผลิตไบโอดีเซลใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าถ้ามีคุณสมบัติเป็นด่างเหมือนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์สามารถหาได้ง่ายและไม่มีมูลค่าดั่งนั้นในการทำโครงการนี้จึงมีแนวคิดการนำเอาเถ้าธรรมชาติมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาผลิตไบโอดีเซลเพื่อเพิ่มคุณค่าของเถ้าจากขี้ข้าวโพดและcharจากแกลบซึ่งเป็นของเหลือทิ้งที่ไม่เป็นที่ต้องการแล้ว

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 ศึกษากระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยวิธีทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

1.2.2 ศึกษาผลของชนิดและปริมาณเถ้าธรรมชาติที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและอัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์กับน้ำมันปาล์มโอเลอินที่มีผลต่อปริมาณไบโอดีเซลที่ได้ โดยวิธีทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ผลของชนิดและปริมาณเถ้าธรรมชาติที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและอัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์กับน้ำมันปาล์มที่มีผลต่อปริมาณไบโอดีเซลที่ได้ โดยวิธีทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

ทราบถึงผลของเกษตรกรชาติที่มีต่อการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโอเลอิน

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงการ

1.5.1 การทดลองผลิตไบโอดีเซลจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

1.5.2 แอลกอฮอล์ที่ใช้ทำปฏิกิริยา คือ เมทานอล (บริสุทธิ์ 99.5% v/v)

1.5.3 น้ำมันที่ใช้ทำปฏิกิริยา คือ น้ำมันปาล์มโอเลอิน

1.5.4 ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ เถ้าจากขังข้าวโพด shar จากแกลบ

1.5.5 อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา คือ 60° C เป็นเวลา 150 นาที

1.5.6 อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลกับน้ำมันปาล์ม คือ 3:1 และ 6:1

1.5.7 ปริมาณของเกษตรกรชาติที่ใช้คือ 1 % 2 % และ 3 % โดยน้ำหนักของน้ำมันปาล์มที่นำมาผลิตไบโอดีเซล

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงการ

อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหกรรม (Shop IE) มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 1.1 แสดงระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน

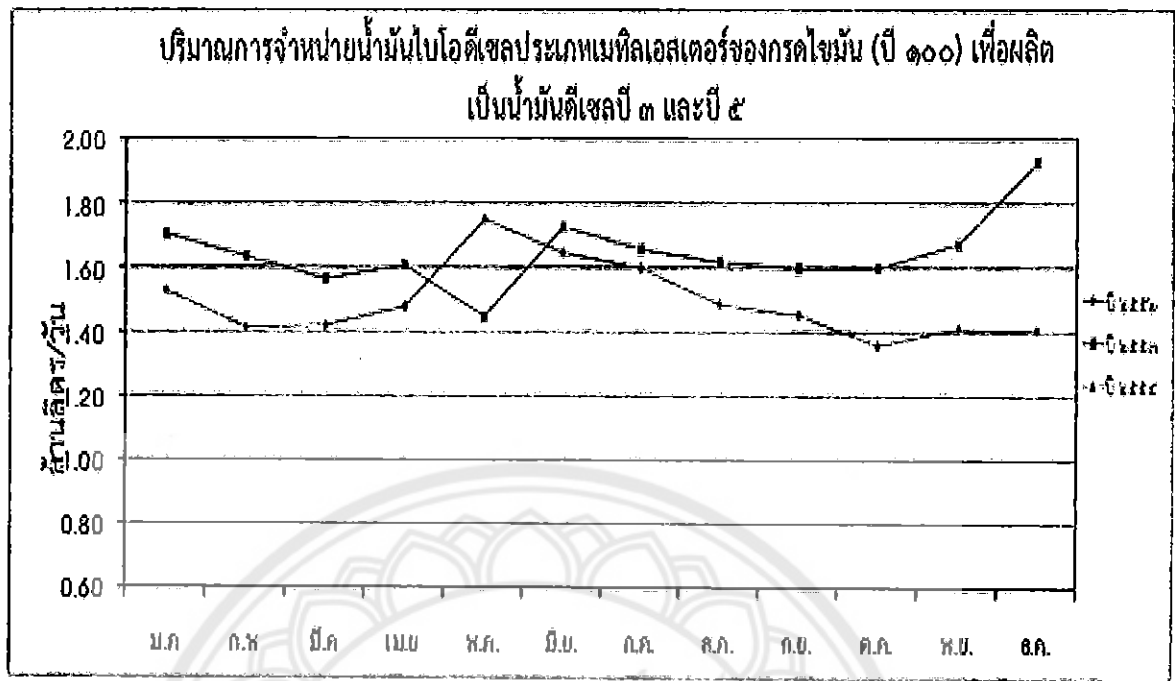
หัวข้อการปฏิบัติงาน	2553			2554			
	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย
1.สืบค้นและศึกษาข้อมูล	←		→				
2.จัดเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง			↔				
3.ออกแบบและวางแผนการทดลอง				↔			
4.ทำการทดลอง				←			→
5.วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง						←	→
6.จัดทำรูปเล่มรายงาน							↔

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 ความสำคัญและความต้องการของน้ำมันไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลเป็นพลังงานเชื้อเพลิงเหลวทางเลือกที่ผลิตได้จากชีวมวลจำพวกพืชน้ำมันและไขมันสัตว์ เช่น ปาล์ม มะพร้าว ถั่วเหลือง เป็นต้น ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานไม่หมด (Renewable energy) สามารถปลูกทดแทนได้ และเมื่อมีการปลูกต้นไม้มากขึ้น ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง พืชจะดึงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในกระบวนการซึ่งจะช่วยให้สามารถลดและควบคุมปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศและลดปัญหาโลกร้อนได้ นอกจากนั้นการเผาไหม้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลบริสุทธิ์ (B100) สามารถเกิดขึ้นได้สมบูรณ์กว่าและให้ไอเสียที่สะอาดกว่าน้ำมันดีเซล ไม่ก่อให้เกิดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ช่วยลดปริมาณไฮโดรคาร์บอน ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์และลดปริมาณเขม่าลงได้แต่ขณะเดียวกันก็อาจจะเกิดแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ขึ้นเล็กน้อยซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการปรับแต่งเครื่องยนต์ให้เหมาะสม การนำน้ำมันพืชมาทำเป็นพลังงานไบโอดีเซล พบว่าคุณสมบัติของไบโอดีเซลมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมาก เช่น ความหนาแน่น (density) ดัชนีซีเทน (cetane index) ค่าความจุความร้อนในการกลายเป็นไอ และค่าอากาศต่อน้ำมัน ข้อดีของการใช้น้ำมันไบโอดีเซลแทนน้ำมันดีเซลคือ สามารถหาทดแทนได้และมีค่าทางพลังงานคิดเป็น 88 % ของน้ำมันดีเซล D2 (highspeed diesel) มีกำมะถันและสารอะโรมาติกส์น้อยทำให้เกิดเขม่าออกมาน้อยสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์, 2553)



รูปที่ 2.1 แสดงการจำหน่ายน้ำมันไบโอดีเซล
ที่มา : กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน (2554)

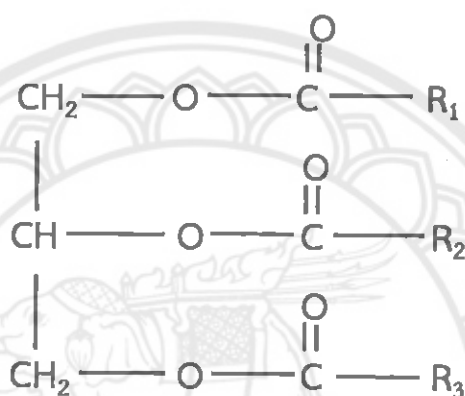
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดไบโอดีเซล

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันที่ได้จากพืชและไขมันสัตว์เป็นไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งเป็นสารประกอบทางเคมีที่ประกอบด้วยกรดไขมันและกลีเซอริน เป็นสารประกอบประเภทเอสเทอร์ ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมเพราะสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ

กระบวนการผลิตไบโอดีเซล คือ กระบวนการที่เรานำน้ำมันที่ได้จากพืชและไขมันสัตว์มาแปรสภาพโดยผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยน้ำมันจะทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ (ส่วนใหญ่จะใช้เมทานอลเพราะราคาถูกกว่าและให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่สูงกว่า) ทำให้ได้เป็นน้ำมันที่เรียกกันว่าไตรกลีเซอไรด์และการที่จะทำให้ไตรกลีเซอไรด์ที่ได้แตกโมเลกุลเป็นสารประกอบเอสเทอร์และกลีเซอรินนั้นต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเข้ามาช่วยให้เกิดปฏิกิริยาได้ง่ายและเร็วขึ้น แต่ตัวมันเองจะไม่เข้าทำปฏิกิริยา ทำให้เราได้สารประกอบเมทิลเอสเทอร์หรือน้ำมันไบโอดีเซลและจะมีผลพลอยได้ คือ กลีเซอริน ซึ่งเป็นสารเคมีที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง

2.2.1 น้ำมันที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล

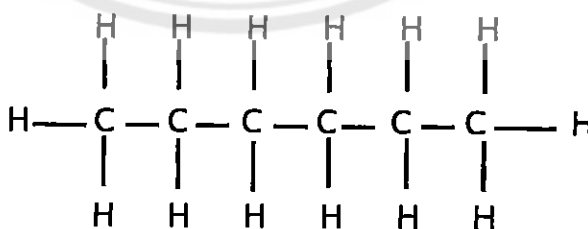
น้ำมันและไขมัน เป็นเอสเทอร์ (Ester) ที่เกิดจากกลีเซอริน (Glycerol) ซึ่งเป็นไตรไฮดริกแอลกอฮอล์ (Trihydric alcohol) กับกรดไขมัน เรียกว่า กลีเซอริลเอสเทอร์ (Glycerol esters) หรือ กลีเซอไรด์ (Glycerides) กลีเซอไรด์สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดตามจำนวนกรดไขมัน คือ โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ โดยที่อุณหภูมิห้องถ้ากลีเซอไรด์ที่เป็นของแข็งเรียกว่า ไขมัน (Fats) ถ้าเป็นของเหลวเรียกว่า น้ำมัน (Oils) โดยน้ำมันหรือไขมัน โดยทั่วไปเป็นสารประเภทไตรกลีเซอไรด์ที่มีสูตรโครงสร้างโดยทั่วไปดังแสดงใน รูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงโมเลกุลของน้ำมันหรือไขมัน

ที่มา: http://nuttawan-lks-20.blogspot.com/2009/07/blog-post_11.html

โดย R ใน รูปที่ 2.2 เป็นสัญลักษณ์แทน ไฮโดรคาร์บอนโซ่ยาว คือ จะมีแค่ธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเท่านั้น โดยมีคาร์บอนอะตอมต่อกันเป็นโซ่ ดังแสดงใน รูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงไฮโดรคาร์บอนโซ่ยาว

ที่มา: https://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=73917

โดยแต่ละโซ่ของไฮโดรคาร์บอนจะมีจำนวนคาร์บอนอะตอมไม่เท่ากัน โดยทั่วไปจะมีจำนวนคาร์บอนระหว่าง 11-19 ตัว นอกจากนี้โซ่คาร์บอนอาจจะอิ่มตัวหรือไม่อิ่มตัวก็ได้ โซ่คาร์บอนอิ่มตัว หมายถึงพันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอนเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด ส่วนโซ่คาร์บอนไม่อิ่มตัวก็คือ มีพันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอนบางพันธะเป็นพันธะคู่ และการที่มีจำนวนพันธะคู่มากจะทำให้มีความอิ่มตัวสูง

เนื่องจากน้ำมันพืชมีกรดไขมันชนิดต่าง ๆ กันเป็นองค์ประกอบ โดยมีปริมาณของกรดไขมันอยู่ในโครงสร้างถึงร้อยละ 94 - 96 ของน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ทำให้คุณสมบัติทั้งทางเคมีและกายภาพของน้ำมันแต่ละชนิดแตกต่างกัน ซึ่งองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันที่นำมาใช้ในการทอด (น้ำมันปาล์มโอเลอิน)(วิศเวศและคณะ. 2551) ดังแสดงใน ตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน

Fatty acid	PO (%)
Caprylic	0.03
Capric	0.04
Lauric	0.46
Myristic	0.93
Palmitic	36.30
Palmitoleic	0.17
Margaric	0.09
Margaroleic	0.03
Stearic	4.30
Oleic	45.98
Linolelaidic	0.12
Linoleic	10.53

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) แสดงองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน

Fatty acid	PO (%)
Alpha-Linolenic	0.26
Arachidic	0.40
Gadoleic	0.18
Behenic	0.07
Lignoceric	0.11

ที่มา : Agropalma(2008)

2.2.2 ตัวเร่งปฏิกิริยาเบส

ตัวเร่งปฏิกิริยาเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่เร็วกว่าการใช้กรดหลายเท่า จึงมักจะใช้ตัวเร่งเบสในการผลิตไบโอดีเซล

กระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีระดับการเปลี่ยนไขมันเป็นเมทิลเอสเทอร์ที่สูงในระยะเวลาอันสั้นแต่ก็มีข้อเสียหลายประการ เช่น การแยกกลีเซอริน ทำได้ยาก มีการรบกวนของกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) และการมีน้ำในปฏิกิริยา การกำจัดกรดหรือเบสที่ปะปนอยู่กับเมทิลเอสเทอร์ที่ได้และจำเป็นต้องทำการบำบัดน้ำเสียในภายหลัง

2.2.3 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

ไบโอดีเซล คือ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตมาจากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันพืชและไขมันสัตว์เป็นไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ซึ่งเป็นสารประกอบทางเคมีที่ประกอบด้วยกรดไขมัน (Fatty acid) และกลีเซอริน (Glycerine) เมื่อไตรกลีเซอไรด์นี้ รวมตัวกับแอลกอฮอล์ที่เกินพอ โดยมีสารเร่งปฏิกิริยาชนิดที่เป็นด่าง ทำให้เกิดการรวมพันธะของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ โดยผ่านกระบวนการที่ทำให้โมเลกุลเล็กลงให้อยู่ในรูปเมทิลเอสเทอร์ (Methyl esters) หรือ เอทิลเอสเทอร์ (Ethyl esters) เกิดเป็นไบโอดีเซลที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล โดยได้กลีเซอริน (Glycerol) ซึ่งเป็นสารเคมีที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอางเป็นผลพลอยได้ (By Product) กระบวนการนี้เรียกว่า กระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Tranesterification)

โมเลกุลของน้ำมันส่วนใหญ่ คือ ไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งเป็นสารเอสเทอร์ 3 ตัวเกาะกันอยู่กับโมเลกุลของกลีเซอริน โมเลกุลของน้ำมันพืชสามารถเรียกได้อีกชื่อว่า กลีเซอริน

เอสเทอร์ และประมาณ 20 % ของโมเลกุลน้ำมันพืช คือ กลีเซอริน หรือ กลีเซอไรด์ และตัวกลีเซอรินนี้เองที่ทำให้น้ำมันพืชเหนียวหนืด ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ตัวกลีเซอรินจะถูกกำจัดออก และกรดไขมันจะถูกแยกตัวออกเพื่อให้โมเลกุลเล็กลง เนื่องด้วยน้ำมันพืชทั่วไปเป็นสารประกอบประเภทไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งตามธรรมชาติมีความหนืดสูง มีผลมาจากการที่มีมวลโมเลกุลใหญ่ ดังนั้นเราจึงทำให้มีโมเลกุลเล็กลงเพื่อลดความหนืด ซึ่งจะทำให้ได้น้ำมันที่มีความหนืดลดลง

แอลกอฮอล์ที่ใช้ ได้แก่ เมทานอล หรือ เอทานอล โดยเมทานอลมักจะนิยมใช้มากกว่าเนื่องจากมีราคาถูก และเป็นแอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลเล็ก ทำให้สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับไขมันหรือน้ำมันได้ง่าย(วิเศษและคณะ, 2551)

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยทั่วไป แสดงดัง รูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงปฏิกิริยา Tranesterification ในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืช

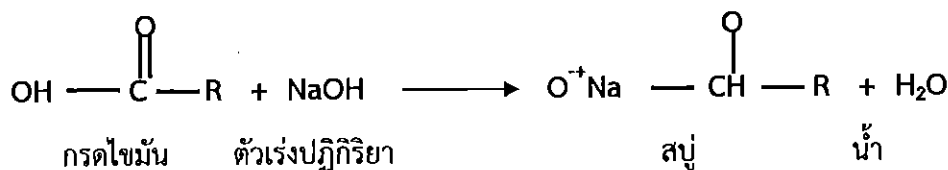
ที่มา: [http://www.bangchak.co.th/th/Other-Renewable-Energy-1-](http://www.bangchak.co.th/th/Other-Renewable-Energy-1-Detail.aspx?cid=16&did=204)

[Detail.aspx?cid=16&did=204](http://www.bangchak.co.th/th/Other-Renewable-Energy-1-Detail.aspx?cid=16&did=204)

2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

ก. ผลของความชื้นและกรดไขมันอิสระ

สำหรับปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ชนิดกลีเซอไรด์และแอลกอฮอล์ที่ใช้จะต้องไม่มีน้ำเป็นส่วนผสมเพราะน้ำเป็นสาเหตุทำให้เกิดสบู่อันเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยาดังแสดงในรูปข้างล่าง สบู่อันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาลง นอกจากนั้นยังส่งผลต่อคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลคือทำให้ค่าความหนืดสูงขึ้นทำให้น้ำมันมีลักษณะเป็นเจล และยากต่อการแยกไบโอดีเซลออกจากกลีเซอรินด้วย



รูปที่ 2.5 ปฏิกิริยาการเกิดสบู่ (Saponification)

ที่มา: Waste Management and Research Center (2006)

จากรูปจะเห็นได้ว่าปัจจัยที่ทำให้ปฏิกิริยาการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเกิดสบู่ได้นอกจากนั้นแล้วยังมีกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid) ที่มีอยู่ในน้ำมันพืช ดังนั้นในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา น้ำมันวัตถุดิบควรมีค่าความเป็นกรด (Acid value) ไม่เกิน 4 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม เพราะการมีกรดไขมันอิสระในน้ำมันวัตถุดิบที่มากเกินไปจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ (ไบโอดีเซล) น้อยลง

ข. ผลของอัตราส่วนโดยโมลระหว่างแอลกอฮอล์ต่อน้ำมัน

อัตราส่วนโดยโมลระหว่างแอลกอฮอล์ต่อน้ำมันถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลอย่างมากต่อการผลิตไบโอดีเซล เนื่องจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาแบบผันกลับ เพราะฉะนั้นแอลกอฮอล์ที่ใช้ในปฏิกิริยาจะต้องใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพื่อที่จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดไปทางขวามากขึ้นซึ่งก็จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้นเช่นกัน สัดส่วนที่ใช้ในปฏิกิริยา คือ 3 โมลของแอลกอฮอล์ต่อ 1 โมลของไตรกลีเซอไรด์ ดังนั้นยังใช้อัตราส่วนมากเท่าไรก็จะทำให้ได้เอสเตอร์ (ไบโอดีเซล) มากขึ้นเท่านั้นและภายในเวลาที่สั้นลงด้วย

ค. ผลของตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวเร่งสามารถแบ่งได้เป็น ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิด เบส กรด หรือ เอมไซม์ กระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่ใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะเกิดเร็วกว่าเมื่อใช้กรดเป็นตัวเร่ง แต่อย่างไรก็ตามกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันอิสระในปริมาณมากและมีน้ำผสมอยู่ด้วยการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะเหมาะสมกว่า

2.3 ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล

2.3.1 การเตรียมน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยา

หากเป็นน้ำมันใช้แล้วให้นำมาพักให้ตกตะกอนและกรองเอาตะกอนออก และทำการให้ความร้อนเพื่อไล่ความชื้นออกจากน้ำมัน หากน้ำมันที่ใช้เป็นน้ำมันที่ยังไม่ผ่านการใช้งานก็สามารถนำไปให้ความร้อนเพื่อไล่ความชื้นได้เลย โดยอุณหภูมิที่ไล่ความชื้น คือ 120 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดเดือดของน้ำ เวลาที่ใช้ประมาณ 20 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีน้ำหรือความชื้นหลงเหลืออยู่เลย

2.3.2 การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

เมื่อได้ปริมาณตัวเร่งที่เหมาะสมในการทดลองแล้วให้นำไปผสมกับเมทานอลในอัตราส่วนที่กำหนดโดยเทียบกับน้ำหนักของน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล จากนั้นจึงนำสารละลายเมทานอลที่ผสมตัวเร่งปฏิกิริยาเทลงไปในน้ำมันปาล์มโอเลอินที่เตรียมไว้ โดยเทลงอย่างช้าๆ ทำการกวนเพื่อให้สารละลายเมทานอลที่ผสมตัวเร่งปฏิกิริยากับน้ำมันปาล์มโอเลอินผสมกันอย่างทั่วถึง โดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 55 - 65 องศาเซลเซียส การเกิดปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ได้เมทิลเอสเทอร์และกลีเซอริน แต่ปฏิกิริยานี้ผันกลับได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหยุดกวนเพื่อแยกผลผลิตตัวใดตัวหนึ่งออก เมื่อหยุดกวนกลีเซอรินที่มีความหนาแน่นสูงกว่า (ประมาณ 1.26 กรัม/มิลลิลิตร) จะแยกชั้นออกจากชั้นเมทิลเอสเทอร์ โดยแยกตัวลงมาที่ก้นถัง ดังนั้นในชั้นเมทิลเอสเทอร์จะเหลือกลีเซอรินอยู่น้อย

2.3.3 การแยกกลีเซอริน

เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันแล้ว น้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จะถูกทิ้งไว้ให้กลีเซอรินตกตะกอน โดยทิ้งไว้อย่างน้อย 4 ชั่วโมงหรือมากกว่านั้น เพื่อให้แน่ใจว่ากลีเซอรินแยกตัวออกมาจากน้ำมันไบโอดีเซลจนหมด ในกรณีที่ใช้สารเร่งปฏิกิริยาในสัดส่วนที่มาก เช่น 3 % เทียบกับน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ใช้ในการผลิต หากทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจะได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นน้ำมันไบโอดีเซล ส่วนที่เป็นสบู่ และส่วนที่เป็นกลีเซอริน ซึ่งหากทิ้งไว้นานเกิน 6 ชั่วโมงหรือจนน้ำมันไบโอดีเซลเย็นลง ส่วนที่เป็นสบู่จะกลายเป็นของแข็ง

2.3.4 การล้างสิ่งปนเปื้อน

หลังจากแยกกลีเซอรินออกจากน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จะยังคงมีสารปนเปื้อนตกค้างอยู่ เช่น เมทานอลที่หลงเหลือจากการทำปฏิกิริยา ตัวเร่งปฏิกิริยาเบส กลีเซอรินที่แยกออกไม่หมด และสบู่ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างตัวเร่งปฏิกิริยากับน้ำมัน จึงจำเป็นต้องทำการล้างไบโอดีเซลก่อน

นำไปใช้งาน การล้างควรใช้น้ำสะอาดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้สูงกว่าจุดเดือดของ เมทานอลถึงจะชะล้างเมทานอลออกได้หมด การล้างสิ่งปนเปื้อนสามารถทำได้ 4 วิธี คือ

2.3.4.1 การล้างโดยการผสมน้ำ (Mix Washing)

เริ่มโดยเทน้ำประมาณ 50 % ของน้ำมันไบโอดีเซล เข้าไปผสมกับน้ำมันไบโอดีเซลในถังที่จะใช้ทำกระบวนการขจัดสารตกค้างจากนั้นปิดฝาทิ้งไว้ ก็จะเกิดการแยกชั้นระหว่าง น้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำ โดยชั้นของน้ำจะอยู่ด้านล่าง และในการขจัดสารตกค้างครั้งแรกชั้นของน้ำที่ได้จะขุ่น ดังนั้นจึงควรทำการขจัดสารตกค้างประมาณ 3 - 4 ครั้ง จนกว่าน้ำที่ได้จากการขจัดสารตกค้างจะใส และมีค่า pH ประมาณ 7

2.3.4.2 การล้างโดยการกวน (stir Washing)

วิธีการนี้จะใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนที่ติดอยู่กับถังที่จะใช้ทำกระบวนการขจัดสารตกค้างโดยเราจะเทน้ำไปผสมกับน้ำมันไบโอดีเซลประมาณ 1/3 ของน้ำมันไบโอดีเซล แล้วทำการเปิดสวิทช์ให้ตัวกวนทำงานประมาณ 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง ก็จะเกิดการแยกชั้นระหว่างไบโอดีเซลกับน้ำ โดยชั้นของน้ำจะอยู่ด้านล่าง และในการขจัดสารตกค้างครั้งแรกชั้นของน้ำที่ได้จะขุ่นดังนั้นจึงควรทำการขจัดสารตกค้าง 3 - 4 ครั้ง จนกว่าน้ำที่ได้จากการขจัดสารตกค้างจะใสและมีค่า pH ประมาณ 7 กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่เร็วและมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดการขจัดสารตกค้างที่ค่อนข้างแม่นยำ

2.3.4.3 การล้างโดยใช้ฟองอากาศ (Buble Washing)

โดยทั่วไปมักใช้น้ำตั้งแต่ 25 - 50 % ของน้ำมันไบโอดีเซล โดยเทน้ำลงไปผสมกับน้ำมันไบโอดีเซลในถังที่จะใช้ทำกระบวนการขจัดสารตกค้างจากนั้นติดตั้ง Airpump และ Airstone ใช้สำหรับผลิตออกซิเจนให้กับน้ำ โดยเราจะเปิดให้ Airpump และ Airstone ทำงาน 6 - 8 ชั่วโมง จากนั้นตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง ก็จะเกิดการแยกชั้นของน้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำ โดยชั้นของน้ำจะอยู่ด้านล่าง และในการขจัดสารตกค้างครั้งแรกชั้นของน้ำที่ได้จะขุ่น ดังนั้นจึงควรทำการขจัดสารตกค้าง 3 - 4 ครั้ง จนกว่าน้ำที่ได้จากการขจัดสารตกค้างจะใส และมีค่า pH ประมาณ 7 วิธีนี้ใช้น้ำในการขจัดสารตกค้างน้อย เครื่องมือหาง่ายและสะดวก

2.3.4.4 การล้างโดยใช้สเปรย์ (Mist - Washing)

วิธีการนี้จะใช้การฉีดสเปรย์น้ำที่อยู่บนถังที่จะใช้ทำกระบวนการขจัดสารตกค้างลงไปที่น้ำมันไบโอดีเซล โดยไม่ต้องเขย่าแต่ต้องปล่อยสเปรย์น้ำอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดชั้นของอิมัลชัน จากนั้นทิ้งไว้เพื่อรอให้เกิดการแยกชั้นของน้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำ ในการขจัดสารตกค้างครั้งแรกชั้นของน้ำที่ได้จะขุ่น ดังนั้นจึงควรทำการขจัดสารตกค้าง 3 - 4 ครั้ง จนกว่าน้ำที่ได้จากการขจัดสารตกค้างจะใส และมีค่า pH ประมาณ 7 การขจัดสารตกค้างวิธีนี้ใช้ปริมาณน้ำมากกว่าวิธีอื่นๆ , ใช้อุปกรณ์มาก และผลลัพธ์ที่ออกมามักจะเป็นปฏิกิริยาที่ไม่สมบูรณ์

2.3.5 การให้ความร้อนไล่ความชื้น

หลังจากผ่านขั้นตอนการล้างสิ่งปนเปื้อนออก หากตั้งทิ้งไว้ประมาณ 4 – 6 ชั่วโมงหรือมากกว่านั้น น้ำมันไบโอดีเซลจะใสขึ้นและมีตะกอนสีขาวขุ่นอยู่ด้านล่าง จะต้องนำมาให้ความร้อนเพื่อไล่ความชื้น ในขั้นตอนการให้ความร้อนนี้ควรเพิ่มการทำให้เกิดฟองอากาศโดยการปั๊มลมเข้าไปด้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการไล่ความชื้นให้ได้มากที่สุด และเพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่มีโมเลกุลของน้ำหลงเหลืออยู่ในน้ำมันไบโอดีเซล หลังจากให้ความร้อนไล่ความชื้นแล้วน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จะใสขึ้นมาก

2.4 คุณสมบัติไบโอดีเซล

คุณสมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซลคล้ายกับดีเซลปกติมาก เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติโมเลกุลของไบโอดีเซลจะมีออกซิเจนอยู่ประมาณ 11 % จึงช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ให้การเผาไหม้ที่สะอาดกว่า ไอเสียมีคุณภาพที่ดีกว่า ทั้งนี้เพราะออกซิเจนในไบโอดีเซลให้การสันดาปที่สมบูรณ์กว่าไบโอดีเซลปกติจึงมีคาร์บอนมอนอกไซด์น้อยกว่า และเนื่องจากไม่มีกำมะถันในไบโอดีเซล จึงไม่มีปัญหาสารซัลเฟต นอกจากนี้มีเขม่าคาร์บอนน้อยจึงไม่ทำให้เกิดการอุดตันของเข็มไอเสียได้ง่าย ช่วยยืดอายุการทำงานของเครื่องยนต์เป็นอย่างดี ทำให้ลดมลพิษต่างๆลงได้ เช่น ลดคาร์บอนมอนอกไซด์ 15 % ไฮโดรคาร์บอน 40 % แต่สิ่งที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย คือ ออกไซด์ของไนโตรเจน นอกจากนี้ไบโอดีเซลยังมีค่าดัชนีซีเทนสูง ทำให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดง่ายและเดินเรียบ ไม่มีสารอะโรมาติก และในระยะเวลา 3 - 4 สัปดาห์ ไบโอดีเซลสามารถสลายในดินได้ 99 % ขณะที่น้ำมันดีเซลใช้ระยะเวลา 3 - 4 สัปดาห์เหมือนกันแต่ย่อยสลายในดินได้เพียง 70 %

อย่างไรก็ตามไบโอดีเซลก็ยังคงมีผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องยนต์ เช่น อุดตันไส้กรอง ละลายพลาสติกและวัสดุที่เป็นยาง เป็นต้น แต่ผลกระทบจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีการผลิตเครื่องยนต์ ซึ่งปัจจุบันนี้ผู้ผลิตเครื่องยนต์ในเยอรมนีหลายแห่งได้ปรับปรุงเครื่องยนต์ใหม่ให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานกับไบโอดีเซลได้แล้ว(นิศาชลและคณะ. 2552)

2.5 มาตรฐานไบโอดีเซล

ตารางที่ 2.2 แสดงมาตรฐานไบโอดีเซล B100 ระดับอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548

ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน

ลำดับ ที่	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ		วิธีทดสอบ
1	เมทิลเอสเทอร์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ไม่ต่ำกว่า	96.5	EN 14103
2	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 25 °ซ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	ไม่ต่ำกว่า และไม่สูงกว่า	860 900	ASTM D 1298
3	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ (เซนติสโตกส์)	ไม่ต่ำกว่าและ ไม่สูงกว่า	3.5 5.0	ASTN D 445
4	จุดวาบไฟ (องศา °ซ)	ไม่ต่ำกว่า	120	ASTM D 93
5	กำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ไม่สูงกว่า	0.0010	ASTN D 2622
6	กากถ่าน10%ของกากที่เหลือจากการ กลั่น(ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ไม่สูงกว่า	0.3	ASTM D4530
7	จำนวนซีเทน	ไม่ต่ำกว่า	51	ASTM D 613
8	เถ้าซิลิเฟต (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ไม่สูงกว่า	0.02	ASTM D 874
9	น้ำ (ร้อยละโดยปริมาตร)	ไม่สูงกว่า	0.05	ASTM D 2709
10	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ไม่สูงกว่า	0.0024	ASTM D5452
11	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง	ไม่สูงกว่า	หมายเลข1	ASTM D 130
12	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิ เดชัน ณ อุณหภูมิ 110 องศา °ซ (ชั่วโมง)	ไม่ต่ำกว่า	6	EN 14112

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) แสดงมาตรฐานไบโอดีเซล B100 ระดับอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 ตามประกาศ
กรมธุรกิจพลังงาน

ลำดับ ที่	ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด		วิธีทดสอบ
13	ค่าความเป็นกรด (mgKOH/G)	ไม่สูงกว่า	0.5	ASTM D 664
14	ค่าไอโอดีน (กรัมไอโอดีน/100กรัม)	ไม่สูงกว่า	120	EN 14111
15	กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ไม่สูงกว่า	12	EN 14103
16	เมทานอล (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ไม่สูงกว่า	0.2	EN 14110
17	โมนอกรีเซอไรด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ไม่สูงกว่า	0.8	EN 14105
18	ไดกรีเซอไรด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ไม่สูงกว่า	0.2	EN 14105
19	ไตรกรีเซอไรด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ไม่สูงกว่า	0.2	EN 14105
20	กรีเซอรินอิสระ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ไม่สูงกว่า	0.02	EN 14105
21	กรีเซอรินทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ไม่สูงกว่า	0.25	EN 14105
22	โลหะกลุ่ม1(แคลเซียมและแมกนี เซียม) (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ไม่สูงกว่า	5	EN 14108และ EN14109
	โลหะกลุ่ม2(แคลเซียมและแมกนี เซียม) (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ไม่สูงกว่า	5	EN 14108และ EN14109
23	ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ไม่สูงกว่า	5	prEN 14538

**ตารางที่ 2.2 (ต่อ) แสดงมาตรฐานไบโอดีเซล B100 ระดับอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 ตามประกาศ
กรมธุรกิจพลังงาน**

ลำดับ ที่	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ
24	สารเติมแต่ง(ถ้ามี)	เป็นไปตามความเห็นชอบของอธิบดี กรมธุรกิจพลังงาน	

ที่มา : กรมธุรกิจพลังงาน (2554)

2.6 ประโยชน์ของการใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์

การใช้น้ำมันพืชเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซลนั้นสามารถทำได้หลายแนวทาง สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ ต้องลดความหนืดของน้ำมันพืชให้ต่ำลงมาอยู่ระดับเดียวกันกับน้ำมันดีเซล (โดยทั่วไปความหนืดควรต่ำกว่า 4.2 เซนติสโตก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส) นอกจากนี้ผู้ใช้ก็ควรคำนึงถึงคุณสมบัติด้านอื่นๆของน้ำมันพืชด้วย เช่น ค่าซีเทน ค่าจุดไหลเท เป็นต้น

การใช้น้ำมันพืชเพื่อทดแทนน้ำมันจากฟอสซิลในเครื่องยนต์ในประเทศไทย ได้รับความสนใจมาเป็นเวลานานแล้ว และเมื่อมีการประชาสัมพันธ์เรื่องการใช้น้ำมันปาล์มโอเลอินกลั่นบริสุทธิ์ทดแทนน้ำมันดีเซลตามแนวพระราชดำริในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว พสกนิกรรวมทั้งหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนก็ร่วมมือกันทดลองใช้อย่างกว้างขวางและหลากหลายรูปแบบ

การใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ มีประโยชน์หลายด้าน ดังจะได้นำกล่าวดังต่อไปนี้

2.6.1 ประโยชน์ของการใช้ไบโอดีเซล ด้านสิ่งแวดล้อม

การใช้ไบโอดีเซลสามารถลดมลพิษด้านอากาศ ซึ่งเป็นผลจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ คณะกรรมการไบโอดีเซลแห่งชาติ (National Biodiesel) และสำนักงานป้องกันสิ่งแวดล้อม (US Environment Protection Agency) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ทำวิจัยและทดลองใช้น้ำมันไบโอดีเซลสูตรต่างๆกับเครื่องยนต์ดีเซล และได้รายงานว่ไบโอดีเซลสูตร B100 และ B20 สามารถลดมลพิษปลดปล่อยจากการเผาไหม้ได้อย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนกรมทหารเรือ ก็ได้รายงานผลการทดลองใช้น้ำมันไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 145 แรงม้า ว่าสามารถลดควันดำได้มากกว่าร้อยละ 40 การใช้ไบโอดีเซลสามารถลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก เพราะผลิตจากพืช การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว ช่วยลดการนำน้ำมันที่ใช้แล้วไปประกอบอาหารซ้ำ และยังช่วยป้องกันไม่ให้น้ำมันพืชที่ใช้แล้วซึ่งมีสารไดออกซินที่เป็นสารก่อมะเร็งไปผลิตเป็นอาหารสัตว์

2.6.2 ประโยชน์ของไบโอดีเซล ด้านสมรรถนะเครื่องยนต์

การผสมไบโอดีเซลในระดับร้อยละ 1 - 2 สามารถช่วยเพิ่มดัชนีการหล่อลื่นให้กับน้ำมันดีเซล จากผลการทดลองของสถาบันวิจัยและเทคโนโลยีของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) พบว่า การเติมไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วและน้ำมันมะพร้าวในอัตราร้อยละ 0.5 สามารถเพิ่มดัชนีการหล่อลื่นได้ถึง 2 เท่า ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น เนื่องจากไบโอดีเซลมีออกซิเจนผสมอยู่ประมาณร้อยละ 10 ทำให้การผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และเป็นการเพิ่มอัตราส่วนปริมาตรของอากาศต่อน้ำมันได้เป็นอย่างดีจึงทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น ถึงแม้ว่าค่าความร้อนของไบโอดีเซลจะต่ำกว่าน้ำมันดีเซลประมาณร้อยละ 10 แต่ข้อด้อยนี้ไม่มีผลกระทบต่อการใช้งาน เพราะการใช้ไบโอดีเซลทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น จึงทำให้กำลังเครื่องยนต์ไม่ลดลง

2.6.3 ประโยชน์ของการใช้ไบโอดีเซล ด้านเศรษฐศาสตร์

การใช้ไบโอดีเซลช่วยสร้างงานในชนบท ด้วยการสร้างตลาดพลังงานไว้รองรับผลผลิตทางการเกษตรที่เหลือจากการบริโภค การใช้ไบโอดีเซลสามารถช่วยลดการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศได้บางส่วนซึ่งในแต่ละปีประเทศไทยสูญเสียเงินตราต่างประเทศเพื่อนำเข้าน้ำมันดิบกว่า 300,000 ล้านบาท

2.6.4 ประโยชน์ของการผลิตไบโอดีเซล ด้านการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศ

ประเทศไทยมีสัดส่วนการใช้น้ำมันดีเซลสูงกว่าการใช้น้ำมันเบนซินมาก ตลาดน้ำมันดีเซลในประเทศไทยมีมูลค่ามากกว่าน้ำมันเบนซินกว่า 2 เท่า และในอนาคตมีแนวโน้มที่โรงกลั่นอาจจะผลิตน้ำมันดีเซลไม่เพียงพอต่อการใช้ภายในประเทศ ดังนั้น การใช้ไบโอดีเซลจึงช่วยลดความไม่สมดุลของการผลิตของโรงกลั่นได้

การผสมน้ำมันไบโอดีเซลในอัตราส่วนร้อยละ 1 - 2 สามารถเพิ่มความหล่อลื่นในน้ำมันดีเซลได้ โดยเฉพาะในกรณีที่จะมีการลดปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซล

2.6.5 ประโยชน์ของการใช้ไบโอดีเซล ด้านความมั่นคง

การใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ ถือเป็นการเสริมสร้างความมั่นคงและเสถียรภาพทางด้านพลังงานของประเทศ(ศิริวุฒิ บัวสมาน. 2550)

2.7 การทดสอบคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลโดยการวัดความหนืด

2.7.1 วิธีการโดยสรุป (Summary of Method)

นำน้ำมันตัวอย่างใส่ใน Ubbelohde tube ด้วยปริมาตรที่แน่นอนตามขนาดและชนิดของ Ubbelohde tube ที่ใช้ นำไปแช่ใน อ่างควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งโดยปกติใช้เวลาประมาณ 30 นาที แล้วปล่อยให้ น้ำมันตัวอย่างไหลอย่างอิสระภายใต้แรงดึงดูดของโลกผ่านหลอดแก้วเล็กๆ โดยเริ่มจับเวลาเมื่อส่วนบน (Head Level) ของน้ำมันตัวอย่างไหลถึงจุดจับเวลาจุดแรก (Start Mark) และหยุดเมื่อถึงจุดจับเวลาจุดที่สอง (Stop Mark) นำเวลาที่ได้ไปคูณด้วยค่าคงที่ของ Ubbelohde tube (Viscometer constant) ค่าที่ได้คือ Kinematic Viscometer ซึ่งมีหน่วยเป็นเซนติสโตก (cSt)

2.7.2 อุปกรณ์การทดลอง (Apparatus)

2.7.2.1 Ubbelohde tube ซึ่งเป็นหลอดแก้วเล็กๆ ที่ตรวจสอบความถูกต้องแล้ว (Calibrated Glass Capillary) และสามารถให้ความแม่นยำได้ตามที่กำหนด

2.7.2.2 Viscometer Holder ที่สามารถจับ Ubbelohde tube ให้อยู่ในแนวตั้งและอยู่ในลักษณะเหมือนกับตอนที่ทำการ Calibrate

2.7.2.3 อ่างควบคุมอุณหภูมิ ใช้ของเหลวที่สามารถมองผ่านได้และให้มีปริมาตรที่สามารถจุ่ม Ubbelohde tube ในส่วนที่ใส่น้ำมันตัวอย่างอยู่ ให้ลึกอย่างน้อย 20 มิลลิเมตรจากผิวบนของของเหลว และสูงอย่างน้อย 20 มิลลิเมตรจากก้นของ Bath และต้องควบคุมอุณหภูมิให้ได้โดยผิดพลาดไม่เกิน 0.02°C (0.04°F)

2.7.2.4 นาฬิกาจับเวลา ซึ่งให้ความถูกต้องในการจับเวลาไม่ต่ำกว่า 0.07% หลังจากเวลาผ่านไป 15 นาที

2.7.3 วิธีการทดลอง (Procedure)

วิธีการทดลองสำหรับของเหลว (น้ำมัน) ชนิดโปร่งแสง (Procedure for Transparent Liquids)

2.7.3.1 เลือก Ubbelohde tube ที่แห้งและสะอาด ตามชนิดและขนาดให้เหมาะสมกับงานที่จะใช้ กล่าวคือตัวอย่างที่หนืดมากๆ ควรจะเลือก Ubbelohde tube ที่มี Capillary กว้าง ส่วนตัวอย่างที่มีความหนืดต่ำ ใช้ Ubbelohde tube ที่มี Capillary แคบ โดยเวลาที่ใช้ในการทดลองในช่วงวัดเวลาเป็นวินาที ระหว่างจุดที่หนึ่งและจุดที่สอง ไม่ควรต่ำกว่า 200 วินาที แต่ยังมี Ubbelohde tube บางขนาด/ชนิดที่กำหนดค่า Minimum Flow Time ไว้ต่างกันไปจากนี้

2.7.3.2 นำน้ำมันตัวอย่างใส่ใน Ubbelohde tube ตามวิธีที่กำหนดโดยผู้ออกแบบเครื่องมือ แต่โดยทั่วไปใช้วิธีที่ว่า Ubbelohde tube ให้ทางด้านที่ไม่มีจุดจับเวลาจุ่มในน้ำมันตัวอย่างแล้วใช้ Suction ดูดอีกทางหนึ่งจนได้ปริมาณน้ำมัน ตามที่ Viscometer นั้นๆกำหนด (หากตัวอย่างมีพวก Solid Particles ต้องกรองด้วยกรองเบอร์ 200 (75 μm) ก่อน)

2.7.3.3 นำ Ubbelohde tube ไปแขวนในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ตั้งอุณหภูมิไว้แล้ว และทิ้งไว้จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของ Bath ซึ่งปกติจะใช้เวลาประมาณ 30 วินาที และ อ่างหนึ่งๆสามารถแขวน Ubbelohde tube ได้หลายอัน แต่ต้องไม่ มีการเพิ่ม Ubbelohde tube อันใหม่เข้าไปหรือนำออกในขณะที่กำลังจับเวลา อันใดอันหนึ่งอยู่

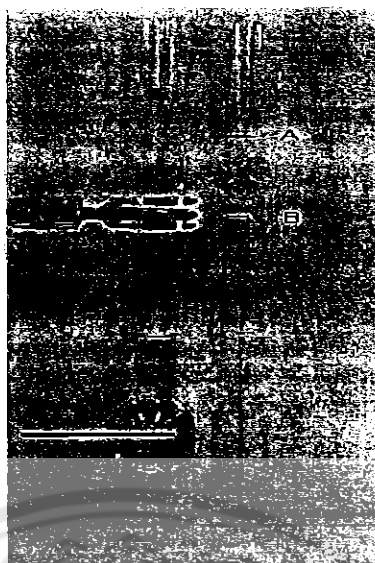
2.7.3.4 ใช้ Suction หรือ Pressure ปรับให้ระดับบน (Head Level) ของน้ำมันตัวอย่างอยู่สูงกว่าจุดจับเวลาจุดแรก (Start Mark) ประมาณ 5 มิลลิเมตร ปล่อยให้ น้ำมันตัวอย่างไหลโดยอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก เริ่มจับเวลาเมื่อระดับบนไหลถึงจุดจับเวลาจุดแรกและหยุดเมื่อถึงจุดจับเวลาจุดที่สอง (Stop Mark) บันทึกเวลาที่ได้เป็นวินาที

หมายเหตุ

ก. หากเวลาที่ได้ไม่ถึง 200 วินาที (Ubbelohde tube บางชนิด/ขนาดอาจกำหนดค่า Flow Time อย่างต่ำไว้ต่างไปจากนี้) จะต้องทำการทดลองใหม่โดยใช้ Ubbelohde tube ที่มี Capillary เล็กลง

ข. การใช้ Ubbelohde tube ที่มี Capillary กว้างเกินไป (คือ Flow Time ไม่ถึง 200 วินาที) จะทำให้การจับเวลาผิดพลาดได้ง่าย เนื่องจากน้ำมันตัวอย่างไหลเร็วเกินไป แต่ในทางกลับกัน หากใช้ Viscometer ที่มี Capillary แคบเกินไป ก็จะทำให้เสียเวลามากเกินความจำเป็น

ค. สำหรับ Ubbelohde tube แบบ Ostwald และ Suspended ต้องทำการทดลองตามข้อ 1.4 ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง หาก Flow Time ที่ได้ครั้งแรกกับครั้งที่สองต่างกันไม่เกิน 0.2% ถือว่าผลการทดลองนี้ใช้ได้ สามารถนำ Flow Time ที่ได้จากการเฉลี่ยของทั้งสองครั้งไปคำนวณหาค่า Kinematic Viscosity ได้เลย แต่ถ้า Flow Time ที่ได้ทั้งสองครั้งต่างกันเกิน 0.2% จะต้องทิ้งผลการทดลองนี้ไปและเริ่มทำการทดลองใหม่ โดยกรองตัวอย่างผ่านกรองเบอร์ 200 (75 μm) ไม่ว่าตัวอย่างนั้นจะมี Solid Particles หรือไม่ก็ตาม



รูปที่ 2.6 แสดงจุดวัดความหนืดโดยใช้ Ubbelohde tube

ที่มา: <http://www.thefullwiki.org/Viscometer>

2.7.4 คำนวณความหนืด

การคำนวณ (Calculations) โดยใช้สูตร

$$V = C t$$

(2.1)

โดยที่

V = Kinematic Viscosity มีหน่วยเป็น cSt (Centistokes หรือ Millimeters Square per Second: mm^2/s)

C = ค่าคงที่ของความหนืด มีหน่วยเป็น cSt/s ดังตารางด้านล่าง

t = Flow Time ที่ได้จากการจับเวลา มีหน่วยเป็น s (วินาที)

2.8 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศิริวุฒิ (2550) ได้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ โดยใช้เถ้าธรรมชาติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พร้อมกับศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันสบู่ดำที่สกัดได้ จากนั้นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไบโอดีเซลจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันในสภาวะที่มีเมทานอลโดยใช้เถ้าธรรมชาติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจากการศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันสบู่ดำที่สกัดได้พบว่า น้ำมันสบู่ดำที่สกัดได้มีค่าความเป็นกรด เท่ากับ 10.73 mg KOH/g ค่าไอโอดีน 105.20 g Iodine/100g ค่าสะaponิฟิเคชัน 211.11 mg KOH/g ความหนาแน่น 0.87 g/cm³ และความหนืด 62.00 cSt ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไบโอดีเซลจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันสบู่ดำที่สกัดได้กับเมทานอลโดยใช้สารละลายเถ้าของลำตันแห้งสบู่ดำเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายเถ้าลำตันแห้งสบู่ดำร้อยละ 2 โดยมวลของน้ำมันสบู่ดำ อัตราส่วนโดยมวลของเมทานอลกับน้ำมันสบู่ดำ 1:1 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและใช้เวลา 150 นาที สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ประมาณร้อยละ 56 เมื่อเทียบกับการใช้สารละลายเบสโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(ได้ประมาณร้อยละ 85)และสารละลายเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์(ได้ประมาณร้อยละ 97) และจากการศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของไบโอดีเซลที่ผลิตได้พบว่า ค่าความเป็นกรดลดลงประมาณ 2 เท่าและความหนืดลดลงประมาณ 20 เท่า ส่วนค่าไอโอดีนและค่าความหนาแน่นเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก เมื่อเทียบกับน้ำมันสบู่ดำที่สกัดได้ในตอนแรก

ธนาทิพย์ (2547) ได้ศึกษาปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มเมล็ดในกับเอทานอลในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะโดยมีโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมเมทอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พารามิเตอร์หลักที่ศึกษาคืออัตราส่วนโดยมวลระหว่างเอทานอลต่อน้ำมัน ชนิดและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยาและเวลาในการทำปฏิกิริยา จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนโดยโมล ปริมาณโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์และอุณหภูมิมีอันตรกิริยาต่อกัน ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์เอสเทอร์ คือ อัตราส่วนโดยโมล 15 : 1 อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา 80 °C ปริมาณโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 3 % และเวลาในการทำปฏิกิริยา 3 นาที ร้อยละการเปลี่ยนของเอทิลเอสเทอร์ที่ดีที่สุดสำหรับภาวะนี้คือ 90% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี นอกจากนี้โซเดียมเมทอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ไม่เหมาะสมสำหรับน้ำมันที่มีค่ากรดไขมันสูงดังเช่นน้ำมันปาล์มเมล็ดใน สำหรับการศึกษาจลนพลศาสตร์ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นอันดับหนึ่งกับความเข้มข้นของไตรกลีเซอไรด์ ค่าพลังงานกระตุ้น 2.7 kcal.mol⁻¹ ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเอทานอลต่อน้ำมัน 15:1

สุวภัทร์ (2550) ได้ศึกษาการสังเคราะห์ไบโอดีเซลสามารถทำได้โดยน้ำมันพืชหรือไขมันจากสัตว์ ทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันกับแอลกอฮอล์ โดยการผลิตไบโอดีเซลด้วยของไหลที่สภาวะเหนือ

จุดวิกฤตเป็นวิธีการหนึ่งที่ไม่ต้องอาศัยตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตเป็นตัวกลาง โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไบโอดีเซล ได้แก่ ความดัน อุณหภูมิ และอัตราส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันต่อเมทานอลโดยผลการทดลองที่ได้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบส (KOH) จากการที่ศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโอเลอินโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตเป็นตัวกลาง คือ ที่อุณหภูมิ 45°C ความดัน 170 บาร์ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างต่อเมทานอลเท่ากับ 1:42 และเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา 60 นาที ให้เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 2.62% ซึ่งให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์น้อยกว่าการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบสที่ให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 98.49% ที่สภาวะการทดลองใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันปาล์มโอเลอินต่อเมทานอลเท่ากับ 1:6 อุณหภูมิ 60°C ปริมาณโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 1% โดยน้ำหนักของน้ำมัน และเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา 120 นาที



บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

3.1 แผนการทดลองในการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เถ้าธรรมชาติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

3.1.1 การเปรียบเทียบชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาจากเถ้าธรรมชาติ

ในการทดลองจะทำการศึกษาผลของตัวเร่งปฏิกิริยาจากเถ้าธรรมชาติที่ใช้ในการทดลอง 2 ชนิด คือ char จากแกลบ และเถ้าจากขี้ข้าวโพด ซึ่งจะศึกษาว่าเถ้าชนิดไหนให้ผลการเกิดไบโอดีเซลที่ดีกว่ากัน โดยมีการควบคุมตัวแปรต่างๆคือ ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา ที่ศึกษา 1% 2% และ 3% โดยน้ำหนักของน้ำมันปาล์มโอเลอิน , อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ศึกษา 3 : 1 และ 6 : 1 เวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยา คือ 150 นาที และอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา คือ 60 องศาเซลเซียส สำหรับการทดลองนี้จะหาปริมาณไบโอดีเซลโดยใช้ “วิธีการวัดความหนืด” โดยเทียบจากเกณฑ์มาตรฐานเบื้องต้นของคุณลักษณะและคุณภาพไบโอดีเซล ASTM D445 (American Society for Testing and Material) แล้วคำนวณหาค่าปริมาณไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลอง

3.1.2 การหาปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม

ในการผลิตไบโอดีเซลนั้นสัดส่วนของตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีผลโดยตรงต่อปริมาณของไบโอดีเซลที่ได้ ซึ่งในแผนการทดลองได้ใช้ Charจากแกลบ และ เถ้าขี้ข้าวโพด เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยทำการทดลองศึกษาสัดส่วนของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมต่อการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เถ้าธรรมชาติเป็นตัวเร่ง สัดส่วนของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำการศึกษาได้แก่ 1 % 2 % และ 3 % โดยน้ำหนักของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยมีการควบคุมตัวแปรในการทดลอง 3 ตัวแปร คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา คือ 60 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 150 นาที และสัดส่วนของเมทานอลที่กำหนดไว้

3.1.3 การหาสัดส่วนเมทานอลที่เหมาะสม

ในการผลิตไบโอดีเซลปริมาณเมทานอลมีผลต่อการเกิดไบโอดีเซล ดังนั้น จึงได้ทำการศึกษาสัดส่วนเมทานอลที่เหมาะสม โดยสัดส่วนเมทานอลที่ทำการศึกษา ได้แก่ 3 : 1 และ 6 : 1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยมีการควบคุมตัวแปร 3 ตัวแปรเช่นกัน คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา คือ 60 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 150 นาที และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่กำหนดไว้

3.2 การทดลอง

3.2.1 ตัวแปรที่ทดลองทำการศึกษา

3.2.1.1 ชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำการศึกษา ได้แก่ Charจากแกลบ และเถ้าจากซังข้าวโพด

3.2.2.2 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำการศึกษา ได้แก่ 1% 2% และ 3% โดยน้ำหนักของน้ำมันปาล์มโอเลอิน

3.2.2.3 อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินได้แก่ 3 : 1 และ 6 : 1

3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- เครื่องกวนพร้อมให้ความร้อน
- เครื่องชั่งมวลสาร ค่าความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- อุปกรณ์วัดความหนืด



3.2.3 วิธีการทดลอง

3.2.3.1 นำหม้อสแตนเลสใส่น้ำประมาณครึ่งหนึ่งของหม้อ แล้วนำไปให้ความร้อนโดยเครื่องกวนพร้อมให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำการวัดโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

3.2.3.2 ชั่งปริมาณน้ำมันปาล์มโอเลอิน 100 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่แล้ววางในหม้อสแตนเลสที่เตรียมในข้อ 1 ใช้ชุดขาตั้งและที่จับ จับขวดไว้เพื่อป้องกันขวดเคลื่อนไปมา

3.2.3.3 ชั่งปริมาณเมทานอลตามอัตราส่วนที่ต้องการ ดังแสดงใน ตาราง 3.1 ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นชั่งตัวเร่งปฏิกิริยาเถาธรรมชาติ (Charcoal หรือเถาชิงข้าวโพด) ตามอัตราส่วนที่ต้องการ ดังแสดงใน ตาราง 3.2 แล้วทำการคนให้เข้ากัน

3.2.3.4 เทสารละลายที่เกิดจากตัวเร่งปฏิกิริยาเถาธรรมชาติลงในน้ำมันปาล์มโอเลอินที่อุ่นแล้ว แล้วทำการกวนเป็นเวลา 150 นาที

3.2.3.5 ยกขวดรูปชมพู่ลงจากเครื่องกวนพร้อมให้ความร้อน จากนั้นนำน้ำมันมากรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 1 เพื่อแยกตัวเร่งปฏิกิริยาบางส่วนที่ยังไม่ละลายออก

3.2.3.6 นำส่วนที่เหลือจากการกรองตั้งทิ้งไว้ ประมาณ 2 - 4 ชั่วโมงเพื่อให้เกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำมันไบโอดีเซล (เมทิลเอสเทอร์) กับ กลีเซอริน โดยใช้กรวยแยก

3.2.3.7 แยกกลีเซอรินออกจากเมทิลเอสเทอร์แล้วนำส่วนของเมทิลเอสเทอร์เก็บไว้ในขวดวัดปริมาตรเพื่อรอทำการวัดความหนืด

3.2.3.8 ทำการเปลี่ยนชนิดตัวเร่งปฏิกิริยา ค่าปริมาณเมทานอล ค่าปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเถาธรรมชาติ ตาม ตาราง 3.1 และ ตาราง 3.2 แล้วทำการทดลองตามข้อ 2 - 6 ดังแสดงใน ตาราง 3.3

3.2.3.9 ทำการวัดความหนืดโดยใช้ Ubbelohde tube เมื่อทำการทดลองครบแล้ว นำผลการทดลองที่เกิดเป็นน้ำมันไบโอดีเซลมาวัดความหนืด โดยมีวิธี คือ นำน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้มาใส่ในUbbelohde tube เพื่อจับเวลาการไหลของน้ำมัน โดยปล่อยให้น้ำมันไหลจากจุด A ไปจนถึงจุด B ดังแสดงใน รูปที่ 3.3 แล้วนำเวลาที่ได้ไปแทนค่าลงในสมการ

$$V = C * t$$

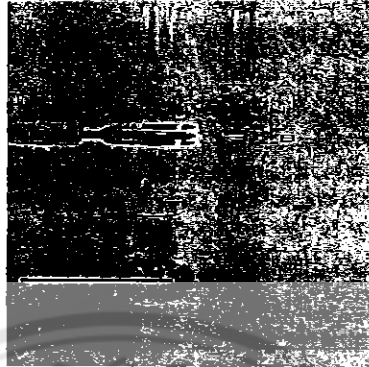
โดย

V = Kinematic Viscosity มีหน่วยเป็น cSt (Centistokes หรือ Millimeters Square per Second: mm^2/s)

C = ค่าคงที่ของความหนืด มีหน่วยเป็น cSt/s

t = Flow Time ที่ได้จากการจับเวลา มีหน่วยเป็น s (วินาที)

3.2.3.10 ทำการทดลองผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ตัวเร่งที่เป็นด่างด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน



15518908
ร/ร.

ร ๙๒๖๗

รูปที่ 3.3 อุปกรณ์วัดความหนืด แสดงจุดจับเวลาการไหลของน้ำมัน

2553

ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนเมทานอลที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล

อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน ปาล์มโอเลอิน	น้ำมันปาล์มโอเลอิน (g)	เมทานอล (g)
3 : 1	100	11.5802
6 : 1	100	23.1604

ตารางที่ 3.2 แสดงอัตราส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาแก่ธรรมชาติที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล

ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา	น้ำมันปาล์มโอเลอิน (g)	ตัวเร่งปฏิกิริยาแก่ธรรมชาติ (g)
1 %	100	1
2 %	100	2
3 %	100	3

ตารางที่ 3.3 แสดงตารางการทดลองการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโอเลอินโดยใช้
 เถ้าจากขี้ข้าวโพดและcharจากแกลบเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ชนิด ตัวเร่ง ปฏิกิริยา	อัตราส่วนโดยโมลของ เมทานอลต่อน้ำมัน ปาล์มโอเลอิน	ปริมาณ ตัวเร่ง ปฏิกิริยา (g)	ปริมาณ น้ำมัน ปาล์มโอเล อิน (g)	ปริมาณ เมทานอล (g)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)
เถ้า ขี้ ข้าวโพด	3:1	1	100	11.5802	60	150
			100			
			100			
		2	100			
			100			
			100			
		3	100			
			100			
	6:1	1	100	23.1604		
			100			
			100			
		2	100			
			100			
			100			
		3	100			
			100			
			100			

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) แสดงตารางการทดลองการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโอเลอินโดยใช้
 ถั่วจากซังข้าวโพดและcharจากแกลบเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ชนิด ตัวเร่ง ปฏิกิริยา	อัตราส่วนโดยโมลของ เมทานอลต่อน้ำมัน ปาล์มโอเลอิน	ปริมาณ ตัวเร่ง ปฏิกิริยา (g)	ปริมาณ น้ำมัน ปาล์มโอเล อิน (g)	ปริมาณ เมทานอล (g)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)
Char แกลบ	3:1	1	100	11.5802	60	150
			100			
			100			
		2	100			
			100			
			100			
		3	100			
			100			
			100			
	6:1	1	100	23.1604		
			100			
			100			
		2	100			
			100			
			100			
		3	100			
			100			
			100			

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

อัตราส่วนโดย โมลของ เมทานอลต่อ น้ำมันปาล์ม โอเลอิน	ปริมาณ ตัวเร่ง ปฏิกิริยา (g)	ผลการเกิด ไบโอดีเซล	ลักษณะทางกายภาพ
6 : 1	1		มีสีเหลืองขุ่น เกิดการแยกชั้น ระหว่างกลีเซอรินและเมทิล เอสเทอร์อย่างชัดเจน

จากผลการทดลองการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาดังแสดง
ใน ตารางที่ 4.1 พบว่า

- ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6 : 1 โดยใช้ปริมาณตัวเร่ง-
ปฏิกิริยา 1 กรัม ให้ผลการทดลองคือ มีการแยกชั้นระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอรินให้เห็นอย่าง
ชัดเจน

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้charจากแกลบเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

อัตราส่วนโดย โมลของ เมทานอลต่อ น้ำมันปาล์ม โอเลอิน	ปริมาณ ตัวเร่ง ปฏิกิริยา (g)	ครั้งที่	ผลการเกิด ไบโอดีเซล	ลักษณะทางกายภาพ
3 : 1	1	1		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		2		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		3		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
	2	1		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		2		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		3		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
	3	1		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		2		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		3		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) แสดงผลการทดลองการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้charจากแกลบเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

อัตราส่วนโดย โมลของ เมทานอลต่อ น้ำมันปาล์ม โอเลอิน	ปริมาณ ตัวเร่ง ปฏิกิริยา (g)	ครั้งที่	ผลการเกิด ไบโอดีเซล	ลักษณะทางกายภาพ
6 : 1	1	1		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		2		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		3		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
	2	1		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		2		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		3		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
	3	1		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		2		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		3		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน

จากผลการทดลองการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้charจากแกลบเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่า

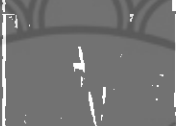
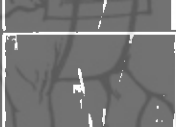
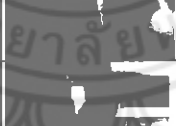
- ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 3 :1 โดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 1 % 2 % และ 3 % ให้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกันคือ น้ำมันมีลักษณะทางกายภาพเป็นสีเหลืองอ่อน ใสจึงไม่มีการแยกชั้นระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน

- ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 6 :1 โดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 1 % และ 2 % มีลักษณะทางกายภาพที่เหมือนกันคือ มีสีเหลืองอ่อน ใส แต่เมื่อใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 3 % พบว่าลักษณะทางกายภาพแตกต่างไปจากปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 1 % และ 2 % คือ ลักษณะทางกายภาพมีสีเหลืองอ่อน ค่อนข้างใส แต่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 3 ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันคือ ไม่มีการแยกชั้นระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน

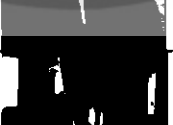
- เมื่อเปรียบเทียบผลของอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 3 :1 และ 6 : 1 พบว่า ทั้ง 2 อัตราส่วน ไม่มีการแยกชั้นระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน



ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เถ้าจากขี้ข้าวโพดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

อัตราส่วนโดย โมลของ เมทานอลต่อ น้ำมันปาล์ม โอเลอิน	ปริมาณ ตัวเร่ง ปฏิกิริยา (g)	ครั้งที่	ผลการเกิด ไบโอดีเซล	ลักษณะทางกายภาพ
3 : 1	1	1		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		2		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		3		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
	2	1		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		2		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		3		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
	3	1		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		2		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		3		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) แสดงผลการทดลองการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เถ้าจากขี้ข้าวโพดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

อัตราส่วนโดย โมลของ เมทานอลต่อ น้ำมันปาล์ม โอเลอิน	ปริมาณ ตัวเร่ง ปฏิกิริยา (g)	ครั้งที่	ผลการเกิด ไบโอดีเซล	ลักษณะทางกายภาพ
6 : 1	1	1		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		2		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		3		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
	2	1		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		2		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		3		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
	3	1		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		2		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน
		3		สีเหลืองอ่อน ใส ไม่มีการแยกชั้น ระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน

4.2 อธิบายผลการทดลอง

จากผลการทดลองการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เถ้าขี้ข้าวโพดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่า

- ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอิน 3 : 1 และ 6 : 1 โดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 1 % 2 % และ 3 % ให้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกันคือ น้ำมันมีลักษณะทางกายภาพเป็นสีเหลืองอ่อน ใส จึงไม่มีการแยกชั้นระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน

4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เถ้าขี้ข้าวโพดและcharจากแกลบเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 3 : 1 และ 6 : 1 โดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 1 % 2 % และ 3 % โดยน้ำหนักของน้ำมันปาล์มโอเลอิน ผลปรากฏว่า ไม่เกิดไบโอ-ดีเซล ซึ่งคาดว่า สาเหตุเกิดจาก ตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 2 ชนิด มีความเป็นด่างไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เพราะเมื่อทำการเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ตัวควบคุม) ซึ่งมีความเป็นด่างสูง ผลปรากฏว่าเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เกิดการแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเทอร์และกลีเซอริน

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการทดลองการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เถ้าจากขี้ข้าวโพด และ char จากแกลบ ที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 3 : 1 และ 6 : 1 โดยใช้ปริมาณตัวเร่งเถ้าธรรมชาติ 1 % 2 % และ 3 % โดยน้ำหนักของน้ำมันปาล์มโอเลอิน อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา คือ 60° C เป็นเวลา 150 นาที พบว่า ในการทดลองตามตารางที่ 4.1 ผลการทดลองพบว่าการแยกชั้นระหว่างไบโอดีเซลอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นจะสรุปได้ว่าสภาวะที่ศึกษาเถ้าแกลบและเถ้าขี้ข้าวโพด ที่อัตราส่วนโดย โมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 3 : 1 และ 6 : 1 โดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเถ้าธรรมชาติ 1 % 2 % และ 3 % โดยน้ำหนักของน้ำมันปาล์มโอเลอิน อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา คือ 60° C เป็นเวลา 150 นาที ไม่เหมาะสมกับการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.2.1 ปริมาณสารตัวเร่งปฏิกิริยาเถ้าธรรมชาติ คือ เถ้าขี้ข้าวโพด และ char จากแกลบที่ 1 % 2 % และ 3 % โดยน้ำหนักของน้ำมันปาล์มโอเลอิน คิดว่าเป็นปริมาณที่น้อยเกินไป ควรเพิ่มปริมาณสารตัวเร่งปฏิกิริยาขึ้นเพื่อกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยา

5.2.2 ในขั้นตอนการเตรียมสารตัวเร่ง เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นของแข็งจึงควรทำการบดสารตัวเร่ง-ปฏิกิริยาก่อนนำมาใช้

5.2.3 ในการเก็บวัตถุดิบน้ำมันปาล์มโอเลอินระหว่างการทดลอง ควรเก็บในภาชนะปิดสนิท เพื่อป้องกันความชื้นเข้าไปในน้ำมันปาล์มโอเลอิน

5.2.4 ในระหว่างการทดลองควรหากระดาษหรือแผ่นพลาสติก คลุมปิดปากขวดรูปชมพู่เพื่อป้องกันการระเหยของเมทานอลและเพื่อป้องกันความชื้นเข้าไปทำปฏิกิริยา ซึ่งอาจเกิดสบู่ได้

5.2.5 ในการทดลองนี้กำหนดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 150 นาทีซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ควรเพิ่มระยะเวลาเพื่อเร่งให้เกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

เอกสารอ้างอิง

- ธนาทิพย์ อัครผดุงสิทธิ์. (2547). การสังเคราะห์เอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มเมล็ดในและเอทานอลด้วยปฏิกิริยาต่าง.กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- นิศาชล ตจสุข และคณะ. (2552). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตไบโอดีเซล.พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร
- วิศเวศ งามจันทร์ทิพย์ และคณะ. (2551). การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วด้วยคลื่นไมโครเวฟ.พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร
- ศิริวุฒิ บัวสมาน. (2550). การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำโดยใช้เถ้าธรรมชาติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- สุวัฑร์ อภัยสุวรรณ. (2550). การศึกษาเปรียบเทียบการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตเป็นตัวกลางกับวิธีที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา.วศบ.
- สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตไบโอดีเซล.
พฤษภาคม 2553
- http://www.biotop99.com/biodiesel_standards_t.htm. (22 มี.ค. 2554).กรมธุรกิจพลังงาน
กระทรวงพลังงาน
- Palm olein ; A : Agropalma (Agropalma,2008), Opa : Palm oil (Wada,2007).
Results are expressed in relative area percentage

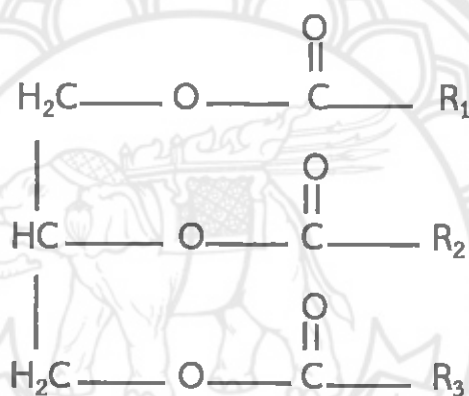


ตารางที่ ก.1 การคำนวณหาโมเลกุลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน

กรดไขมัน อิสระ	สูตรโมเลกุล	มวลโมเลกุล	PO (%)	อัตราส่วนกรดไขมัน อิสระ
Caprylic	$C_8H_{16}O_2$	144	0.03	0.0432
Capric	$C_{10}H_{20}O_2$	172	0.04	0.0688
Lauric	$C_{12}H_{24}O_2$	200	0.46	0.92
Myristic	$C_{14}H_{28}O_2$	228	0.93	2.1204
Palmitic	$C_{16}H_{32}O_2$	256	36.30	92.928
Palmitoleic	$C_{16}H_{30}O_2$	254	0.17	0.4318
Margaric	$C_{17}H_{34}O_2$	270	0.09	0.243
Margaroleic	$C_{17}H_{32}O_2$	268	0.03	0.0804
Stearic	$C_{18}H_{36}O_2$	284	4.30	12.212
Oleic	$C_{18}H_{34}O_2$	282	45.98	129.6636
Linolelaidic	$C_{19}H_{34}O_2$	294	0.12	0.3528
Linoleic	$C_{18}H_{32}O_2$	280	10.53	29.484
Alpha- Linolenic	$C_{18}H_{30}O_2$	278	0.26	0.7228
Arachidic	$C_{20}H_{42}O_2$	314	0.40	1.256
Gadoleic	$C_{20}H_{38}O_2$	310	0.18	0.558

ตารางที่ ก.1(ต่อ) การคำนวณหาโมเลกุลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน

กรดไขมัน อิสระ	สูตรโมเลกุล	มวลโมเลกุล	PO (%)	อัตราส่วนกรดไขมัน อิสระ
Behenic	C ₂₂ H ₄₄ O ₂	340	0.07	0.238
Lignoceric	C ₂₄ H ₄₈ O ₂	368	0.11	0.4048
			รวม	271.7276



รูปที่ ก.1 แสดงโมเลกุลของน้ำมันหรือไขมัน

เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันมีสายไฮโดรคาร์บอน 3 สาย ดังนั้น ค่ามวลโมเลกุลของน้ำมันจึง = 271.7276×3 บวกด้วยค่าของกรดไขมัน

เพราะฉะนั้นจะได้ มวลโมเลกุลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน คือ

$$(271.7276 \times 3) + (14 + 13 + 14) = 856.1828$$

-การคำนวณหาปริมาณเมทานอลที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล

ในการทดลองจะใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์ม คือ 3 : 1 และ 6 : 1

จาก มวลโมเลกุลของแอลกอฮอล์ = 32 และ มวลโมเลกุลของน้ำมันปาล์มโอเลอิน = 856.1828

และ โมล = มวล/มวลโมเลกุลเฉลี่ย หรือ มวล = โมล/มวลโมเลกุลเฉลี่ย

ดังนั้น ที่อัตราส่วน 3 : 1

น้ำมันปาล์ม 1 โมล

จะต้องใช้เมทานอล 3 โมล

น้ำมันปาล์ม 100/856.1828 กรัม

จะต้องใช้เมทานอล $(300/856.1828) * 32$ กรัม

เพราะฉะนั้น

จะต้องใช้เมทานอล 11.2125 กรัม

ที่อัตราส่วน 6 : 1

น้ำมันปาล์ม 1 โมล

จะต้องใช้เมทานอล 6 โมล

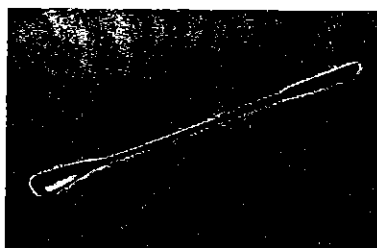
น้ำหนักปาล์ม 100/856.1828 กรัม

จะต้องใช้เมทานอล $(600/856.1828) * 32$ กรัม

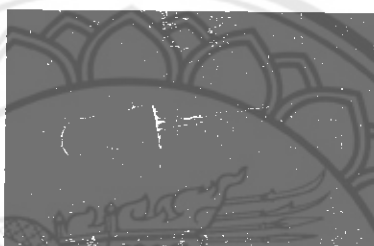
เพราะฉะนั้น

จะต้องใช้เมทานอล 22.4251 กรัม

รูปอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



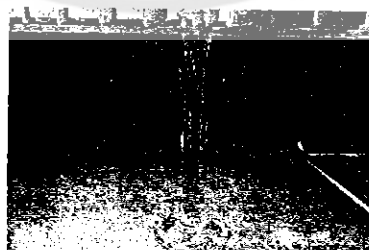
รูปที่ ก.2 ช้อนตักสาร



รูปที่ ก.3 หลอดหยด (Dropper)



รูปที่ ก.4 ขวดรูปชมพู่ (Flask) ขนาด 250 มม.



รูปที่ ก.5 กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 25 มม.



รูปที่ ก.6 แท่งแกว้คนสารและปีกเกอร์ขนาด 250 มม.



รูปที่ ก.7 กระดาษกรอง



รูปที่ ก.8 ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มม.



รูปที่ ก.9 กรวยกรอง (Funnel)

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อนิสิต นายโรจนศักดิ์ ไชยสาร
ภูมิลำเนา 171 หมู่ 2 ต.ดอกคำใต้ อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา 56120
การศึกษา - สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจาก
โรงเรียนพะเยาพิทยาคม จังหวัดพะเยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปี
ที่4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัด
พิษณุโลก
E-mail ice_cooper07@hotmail.com



ชื่อนิสิต นายวรุฒิ บุญเรือง
ภูมิลำเนา ที่อยู่ 211/3 หมู่ที่ 5 ต. หล่มเก่า อ. หล่มเก่า
จ.เพชรบูรณ์ 67120
การศึกษา - สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจาก
โรงเรียนหล่มเก่าพิทยาคม จ.เพชรบูรณ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปี
ที่4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัด
พิษณุโลก
E-mail leman50@hotmail.com