

การผลิตไปโอดีเซลจากปาล์มสเตียริน



นายวีรพล สือรัมย์รุ่งเรือง

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION OF BIODIESEL FROM PALM STEARIN



Mr. Veerapol Seearamrungruang

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

วีรพล ลือร่วมรุ่งเรือง : การผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มสเตอริน. (PRODUCTION OF BIODIESEL FROM PALM STEARIN) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ. ดร. มนตรี วงศ์ศรี, 117 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากไขปาล์มสเตอรินและเมทานอล ด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันทำในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ โดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักไขปาล์มสเตอรินเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และใช้เตตระไฮโดรฟูแรนและเฮกเซนเป็นตัวทำละลายร่วม เพื่อลดเวลาการทำปฏิกิริยาและค่าใช้จ่ายในการผลิตไบโอดีเซล พบว่าสภาวะที่สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุดคือ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อไขปาล์มสเตอรินเท่ากับ 12, อุณหภูมิการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียส, ความเร็วรอบกวน 400 รอบต่อนาที, เวลาการทำปฏิกิริยา 10 นาที และใช้เตตระไฮโดรฟูแรนที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเตตระไฮโดรฟูแรนต่อเมทานอลเป็น 0.2 เป็นตัวทำละลายร่วม โดยให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุด 99.60 สำหรับการทดลองที่สภาวะเดียวกันแต่ไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมจะได้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ 95.46 ดังนั้นการใช้ตัวทำละลายร่วมจึงสามารถลดเวลาและพลังงานในการผลิตไบโอดีเซลได้ โดยไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้มีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานไบโอดีเซล

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่อนิสิต วีรพล ลือร่วมรุ่งเรือง.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา.....2551.....

5071484121 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEYWORDS : METHYL ESTER / BIODIESEL / PALM STEARIN / COSOLVENT

VEERAPOL SEEARAMRUNGRUANG : PRODUCTION OF BIODIESEL FROM
PALM STEARIN. ADVISOR : ASST.PROF. MONTREE WONGSRI, D.Sc., 117
pp.

The objective of this research was to study the production of biodiesel fuel from palm stearin and methanol with transesterification was carried out in a batch reactor by using potassium hydroxide 1 wt% as homogeneous catalyst and tetrahydrofuran (THF) and hexane as cosolvents. Cosolvents were used to reduce the reaction time and costs in biodiesel production. It has been found that the suitable condition for biodiesel production were methanol/oil molar ratio 12, reaction temperature 60 °C, stirring rate 400 rpm, reaction time 10 minutes and using tetrahydrofuran as cosolvent (THF/methanol molar ratio 0.2). At these condition, the maximum methyl ester conversion from palm stearin was 99.60% weight. In the same condition but absence of cosolvent case methyl ester concentration was 95.46%. Therefore addition of cosolvent in the biodiesel production can reduce energy and reaction time. The properties of biodiesel in this work were in the standard level of biodiesel.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Chemical Engineering Student's Signature: Veerapol S.
Field of Study : Chemical Engineering Advisor's Signature: [Signature]
Academic Year : 2008

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนต์รี วงศ์ศรี อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ บริษัทไอลีน จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ปาล์มสตีयरินมาใช้ในการ
ทดลอง

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. เหมือนเดือน พิศาลพงศ์ ประธานกรรมการ
สอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. สุรเทพ เขียวหอม และ ดร.วีรยุทธ เลิศบำรุงสุข กรรมการสอบ
วิทยานิพนธ์ ที่กรุณารับเชิญเป็นกรรมการสอบ ตลอดจนให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำ
วิทยานิพนธ์



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....	4
2.2 กรดไขมัน.....	4
2.3 ไขมัน.....	8
2.3.1 ไขมัน.....	8
2.3.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืช.....	10
2.4 การใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิง.....	12
2.4.1 การผสมน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซล.....	13
2.4.2 การทำให้เป็นของผสมไมโครอิมัลชัน.....	13
2.4.3 การสลายน้ำมันพืชด้วยความร้อน.....	13
2.4.4 ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	15
2.5 การเร่งปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	16

2.5.1	การเร่งปฏิกิริยาด้วยเบส.....	16
2.5.2	การเร่งปฏิกิริยาด้วยกรด.....	17
2.5.3	การใช้เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	18
2.6	ตัวแปรที่มีผลต่อปฏิกิริยาทอานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	19
2.6.1	อิทธิพลของความเข้มข้นและกรดไขมันอิสระ.....	20
2.6.2	อิทธิพลของชนิดและร้อยละตัวเร่งปฏิกิริยา.....	21
2.6.3	อิทธิพลของอัตราส่วนโดยโมล.....	21
2.6.4	อิทธิพลของชนิดแอลกอฮอล์.....	22
2.6.5	อิทธิพลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา.....	22
2.6.6	อิทธิพลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา.....	22
2.6.7	อิทธิพลของความเร็วรอบกวน.....	23
2.6.8	อิทธิพลของตัวทำละลายรวม.....	23
2.7	ไบโอดีเซล.....	23
2.7.1	คุณสมบัติของน้ำมันพืชที่มีผลต่อไบโอดีเซล.....	24
2.7.2	มาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซล.....	29
2.7.3	สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันไบโอดีเซลต่อเครื่องยนต์..	32
2.8	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	35
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	40
3.1	รูปแบบการศึกษา.....	40
3.2	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	40
3.3	สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย.....	40
3.4	วัสดุดิบ.....	41
3.5	ขั้นตอนการวิจัย.....	41
3.5.1	วิเคราะห์คุณสมบัติสารตั้งต้น.....	41
3.5.2	ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง.....	41
3.5.3	การวิเคราะห์องค์ประกอบของเมทิลเอสเทอร์.....	43
3.5.4	การวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์.....	44
4	ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง.....	45
4.1	สมบัติของไบโอดีเซล.....	45

บทที่	หน้า
4.1.1 สมบัติทางกายภาพและเคมี.....	45
4.1.2 องค์ประกอบของกรดไขมัน.....	45
4.2 อิทธิพลของปริมาณตัวทำละลายร่วม.....	46
4.3 อิทธิพลของอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อโซปาล์มสเตียรีน.....	48
4.4 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา.....	50
4.5 อิทธิพลของความเร็วยวบรวมการกวน.....	54
4.6 การศึกษาสมบัติของเมทิลเอสเทอร์.....	56
4.7 การเปรียบเทียบงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่น.....	58
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	60
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	60
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	61
รายการอ้างอิง.....	62
ภาคผนวก.....	65
ภาคผนวก ก การคำนวณปริมาณสารเคมีในปฏิกิริยา.....	66
ภาคผนวก ข การหาชนิดและปริมาณเมทิลเอสเทอร์.....	69
ภาคผนวก ค ข้อมูลการทดลอง.....	71
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	117



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สมบัติของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันพืช.....	5
2.2	สมบัติและองค์ประกอบกรดไขมันหลักของน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่ใช้เพื่อการบริโภค.....	6
2.3	สมบัติและองค์ประกอบกรดไขมันหลักของน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่ไม่ใช่เพื่อการบริโภค.....	7
2.4	ปริมาณการผลิตพืชน้ำมันของประเทศ.....	8
2.5	แสดงค่าไอโอดีนและปริมาณกรดไขมันของน้ำมันปาล์มส่วนต่างๆ.....	10
2.6	สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล.....	11
2.7	ชนิดและปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายน้ำมันพืชด้วยความร้อนสำหรับการใช้ก๊าซในโตรเจนและอากาศเป็นตัวกลาง.....	14
2.8	สมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์มและน้ำมันละหุ่งด้วยความร้อน.....	15
2.9	การเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของการเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา กรด เบส และ เอนไซม์ไลเปส.....	19
2.10	จุดหลอมตัวและจุดเดือดของสารเมทิลเอสเทอร์.....	25
2.11	การเปรียบเทียบค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลกับน้ำมันพืชและเมทิลเอสเทอร์....	27
2.12	คุณสมบัติของไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบ ไขปาล์มสเตียรินและน้ำมันมะพร้าว.....	28
2.13	มาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซลของประเทศไทย.....	30
3.1	ภาวะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีในการวิเคราะห์องค์ประกอบของเมทิลเอสเทอร์.....	43
4.1	สมบัติของไขปาล์มสเตียรินที่ใช้ในการทดลอง.....	45
4.2	ชนิดและองค์ประกอบกรดไขมันในไขปาล์มสเตียรินที่ใช้ในการทดลอง.....	46
4.3	สมบัติของเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์จากไขปาล์มสเตียรินเปรียบเทียบกับมาตรฐานไบโอดีเซล.....	57

ตารางที่		หน้า
4.4	ภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์และร้อยละเมทิลเอสเทอร์ ในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้เทียบกับงานวิจัยอื่น.....	59
ก1	แสดงสมบัติของสารเคมีแต่ละชนิด.....	67
ค1	แสดงข้อมูลผลการทดลอง.....	71



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะของทะเลลายปาล์มและผลปาล์ม.....	9
2.2	กลไกการสลายน้ำมันพืชด้วยความร้อน.....	14
2.3	กลไกการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	17
2.4	กลไกการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	18
3.1	ลักษณะการแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเทอร์และกลีเซอรอล.....	42
3.2	ลักษณะการแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเทอร์และน้ำ.....	42
4.1	อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโดยโมลระหว่างตัวทำละลายร่วม (เตตระไฮโดรฟูแรนและเฮกเซน) ต่อเมทานอลที่มีผลต่อร้อยละเมทิลเอสเทอร์.....	47
4.2	ลักษณะทางกายภาพของ (ก) ปาล์มสเตียรีน (ข) ปาล์มสเตียรีนผสมเมทานอล และ (ค) ปาล์มสเตียรีนผสมเมทานอลโดยมีเตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วม.....	48
4.3	อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันที่มีผลต่อร้อยละเมทิลเอสเทอร์ กรณีที่ไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมและกรณีใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วม.....	49
4.4	อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อร้อยละเมทิลเอสเทอร์ กรณีที่ไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม.....	51
4.5	อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อร้อยละเมทิลเอสเทอร์ กรณีใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายร่วม.....	52
4.6	อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อร้อยละเมทิลเอสเทอร์ กรณีใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วม.....	53
4.7	อิทธิพลของความเร็วยวบรวมการกวนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อร้อยละเมทิลเอสเทอร์ กรณีที่ไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมและใช้เตตระไฮโดรฟูแรนและเฮกเซนเป็นตัวทำละลายร่วม.....	55
ข1	ตัวอย่างโครมาโทแกรมในการวิเคราะห์ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์.....	70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

น้ำมันดีเซลเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพัฒนาประเทศ ทั้งในด้านการเกษตร อุตสาหกรรม และการขนส่ง แต่เนื่องจากปัจจุบันความต้องการใช้น้ำมันดีเซลมีมากขึ้น อีกทั้งน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมมีปริมาณลดลง ส่งผลให้น้ำมันดีเซลมีราคาสูงขึ้น อีกทั้งปัญหามลภาวะทางอากาศเนื่องจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงเริ่มส่งผลกระทบต่อโลกมากขึ้น ดังนั้นหลายประเทศทั่วโลกจึงพยายามหาแหล่งพลังงานทดแทนที่ใช้แทนน้ำมันดีเซลอย่างจริงจัง

ไบโอดีเซลเป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจมากในปัจจุบัน เพราะไบโอดีเซลสามารถผลิตจากผลผลิตทางการเกษตรภายในประเทศได้ เช่น ปาล์มน้ำมัน, มะพร้าว, เมล็ดทานตะวัน, ถั่วเหลือง หรือจากน้ำมันใช้แล้ว เป็นต้น ไบโอดีเซลมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมาก จึงสามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้โดยตรง หรือผสมกับน้ำมันดีเซลแล้วใช้ในเครื่องยนต์โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ใดๆ และให้พลังงานเช่นเดียวกับน้ำมันดีเซลปกติ โดยไบโอดีเซลมีข้อดีกว่าน้ำมันดีเซลหลายประการเช่น การเผาไหม้ไบโอดีเซลก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศน้อยกว่าน้ำมันดีเซล เพราะในไบโอดีเซลไม่มีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบจึงไม่ก่อให้เกิดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และมีออกซิเจนอยู่ประมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนโดยปริมาตรของอากาศต่อน้ำมันจึงเพิ่มขึ้น ทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ เป็นการช่วยลดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และเขม่า (particulate matter) ที่ปล่อยสู่บรรยากาศ

ไบโอดีเซลผลิตได้จากหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมมากที่สุดคือจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันพืชหรือสัตว์กับแอลกอฮอล์ ให้เป็นสารประกอบแอลคิลเอสเทอร์หรือไบโอดีเซลและกลีเซอรอล เป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียง (by product) โดยสามารถใช้แอลกอฮอล์ได้หลายชนิด เช่น เมทานอล เอทานอล โพรพานอล และบิวทานอล แต่ส่วนใหญ่จะใช้ เมทานอล เนื่องจากมีราคาถูก เป็นแอลกอฮอล์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กที่สุดและสามารถทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว ส่วนเอทานอลส่วนมากจะถูกนำไปผสมใช้ร่วมกับน้ำมันเบนซิน

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ กรด เบสและเอนไซม์ การผลิตไบโอดีเซลในระดับอุตสาหกรรมนิยมใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดเบส เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)

โซเดียมเมทอกไซด์ (NaOCH_3) เป็นต้น เนื่องจากเร่งปฏิกิริยาได้เร็ว และมีราคาถูก ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดกรด เช่น กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) และ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ได้กับน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูง แต่การเร่งปฏิกิริยาใช้เวลานานและต้องใช้ภาวะรุนแรงกว่า (อุณหภูมิ 100-200 องศาเซลเซียส, ความดัน 50-70 บาร์) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากน้ำที่เกิดจากการล้างไบโอดีเซลสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้และสร้างมลพิษน้อยกว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์

สำหรับพืชน้ำมันที่เหมาะสมในการนำมาผลิตไบโอดีเซล สำหรับประเทศไทยพบว่ามีการปลูกพืชน้ำมันหลายชนิดแต่ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีปริมาณการปลูกสูงสุด เนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมและปาล์มน้ำมันให้ปริมาณน้ำมันต่อไร่สูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้ปาล์มสเตียร์นเป็นวัตถุดิบเนื่องจากปาล์มสเตียร์นมีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวสูงจึงไม่นิยมนำมาบริโภคเป็นน้ำมันปรุงอาหารและมีราคาถูกเนื่องจากเป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันปาล์ม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 สังเคราะห์น้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์มสเตียร์นและเมทานอลโดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน และใช้เตตระไฮโดรฟูแรนและเฮกเซน เป็นตัวทำละลายร่วม
- 1.2.2 ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ในปฏิกิริยา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน ดังนี้

- 1.4.1 อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อปาล์มสเตียร์น จาก 6:1 จนถึง 15:1
- 1.4.2 อัตราส่วนโดยโมลระหว่างตัวทำละลายร่วม (เตตระไฮโดรฟูแรนและเฮกเซน) ต่อเมทานอลตั้งแต่ 0 ถึง 0.8
- 1.4.3 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55 และ 60 องศาเซลเซียส
- 1.4.4 ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 10, 30, 50 นาที
- 1.4.5 ความเร็วรอบการกวน 200, 250, 400 และ 550 รอบต่อนาที

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

กระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่ได้อัตราผลผลิตเมทิลเอสเทอร์สูงสุด ใช้เวลาในการผลิตน้อย ใช้พลังงานและต้นทุนการผลิตต่ำ

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

- 1.5.1 ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์ม
สเตียรีนและการใช้ตัวทำละลายร่วม
- 1.5.2 ศึกษาข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้
- 1.5.3 จัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
- 1.5.4 วิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง
- 1.5.5 ทำการทดลองสังเคราะห์ไบโอดีเซลตามขอบเขตที่กำหนด
- 1.5.6 วิเคราะห์หาร้อยละผลได้ของเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี
- 1.5.7 นำเมทิลเอสเทอร์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติเปรียบเทียบกับมาตรฐานไบโอดีเซล
- 1.5.8 สรุปผลการทดลองและเขียนวิทยานิพนธ์



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

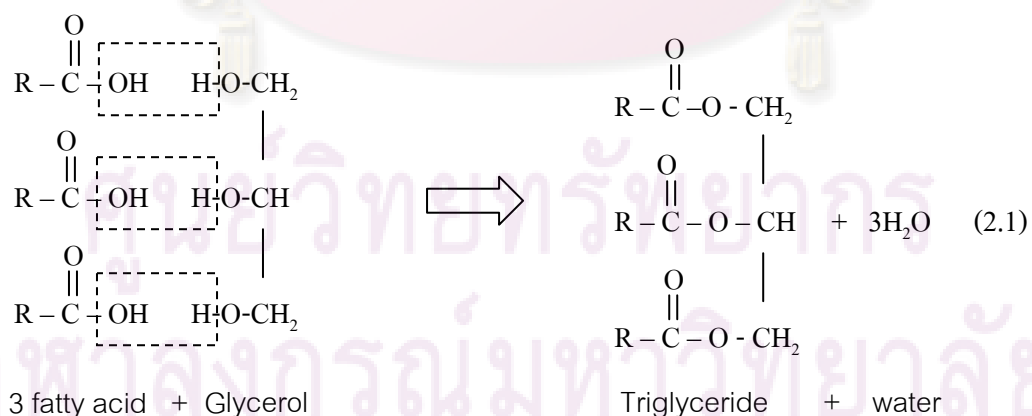
ปัจจุบันแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงส่วนมากได้มาจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ซึ่งผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมเหล่านี้มีอย่างจำกัดและจะหมดลงในอนาคต ส่งผลให้หลายประเทศพยายามหาแหล่งพลังงานทดแทนที่สามารถผลิตขึ้นมาหมุนเวียนใช้แทนผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียมได้

สำหรับประเทศไทยน้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพที่กำลังได้รับความสนใจเนื่องจากเป็นทรัพยากรหมุนเวียนซึ่งมีอยู่อย่างไม่จำกัด สามารถผลิตได้จากวัตถุดิบภายในประเทศ เช่น ปาล์ม, มะพร้าว, ทานตะวัน และถั่วเหลือง นอกจากนี้ไบโอดีเซลยังมีสมบัติทางเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มสเตียริน ซึ่งเป็นพืชน้ำมันที่มีปริมาณการผลิตและผลผลิตต่อไร่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่น อีกทั้งยังมีราคาต่ำเนื่องจากปาล์มสเตียรินเป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันปาล์ม

2.2 ไขมันและน้ำมัน (คณะกรรมการพลังงาน, 2545)

ไขมันและน้ำมันเป็นเอสเทอร์ที่เกิดจากการรวมกันของกลีเซอรอล 1 โมเลกุลและกรดไขมัน 3 โมเลกุล ซึ่งเรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์ แสดงดังสมการที่ 2.1



* ส่วน R ในกรดไขมันเป็นหมู่แอลคิล ซึ่งเป็นกลุ่มของไฮโดรคาร์บอน R ทั้งสามหมู่อาจเป็นชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ โดยทั่วไปมีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 12 ถึง 18 อะตอมและเป็นเลขคู่

ไขมันและน้ำมันเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้วจึงไม่ละลายน้ำ โดยที่ไขมันที่มีลักษณะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง มักจะเป็นเอสเทอร์ของกลีเซอรอลกับกรดอินทรีย์ชนิดอิ่มตัวที่มีคาร์บอนตั้งแต่ 10 อะตอมขึ้นไป เช่น กรดปาล์มมิติก และกรดสเตียริก กรดไขมันอิ่มตัวจะมีพันธะเดี่ยวอยู่ในอนุกรมที่เรียกว่า อนุกรมแอซีติก (acetic series) มีสูตรทางเคมีคือ $C_nH_{2n}O_2$ ส่วนไขมันที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องเรียกว่า น้ำมัน เช่นน้ำมันหมู่น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม ส่วนน้ำมันมะกอกและน้ำมันถั่วลิสงมักพบองค์ประกอบเอสเทอร์ของกลีเซอรอลกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เช่น กรดโอเลอิก และกรดลิโนเลอิก กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะมีพันธะคู่ 1, 2 หรือ 3 พันธะ ถ้ามีพันธะคู่อยู่ 1 พันธะเรียกว่า อนุกรมโอเลอิก (oleic series) มีสูตรทางเคมีคือ $C_nH_{2n-2}O_2$ เช่น $C_{18}H_{34}O_2$ หรือเรียกย่อว่า C18:1 ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 2 พันธะ เรียกว่าอนุกรมไลโนเลอิก (linoleic series) มีสูตรทางเคมีคือ $C_nH_{2n-4}O_2$ เช่น $C_{18}H_{32}O_2$ หรือเรียกย่อว่า C18:2 ถ้ามีพันธะคู่ 3 พันธะ เรียกว่า อนุกรมไลโนเลนิก (linolenic series) มีสูตรทางเคมีคือ $C_nH_{2n-6}O_2$ เช่น $C_{18}H_{30}O_2$ หรือเรียกย่อว่า C18:3

ตารางที่ 2.1 สมบัติของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันพืช (Knothe, 1996; นิธิยา, 2545)

Fatty acid	Molecular Weight	Melting point (°C)	Boiling point (°C)	Heat of combustion (kg-cal/mol)
Caprylic acid (C8:0)	144.2	16.5	240	-
Capric acid (C10:0)	172.3	31.6	271	1453.1
Lauric acid (C12:0)	200.3	44.8	130	1763.3
Myristic acid (C14:0)	228.4	54.4	149	2073.9
Palmitic acid (C16:0)	256.4	62.9	167	2384.7
Stearic acid (C18:0)	284.5	70.1	184	2696.1
Oleic acid (C18:1)	282.5	16.3	286	2657.4
Linoleic acid (C18:2)	280.4	-5.0	229	-
Linolenic acid (C18:3)	278.4	-11.0	231	-
Erucic acid (C22:1)	338.6	33.7	265	-

น้ำมันพืชส่วนใหญ่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในกรดไขมันระหว่าง 12 ถึง 18 อะตอม และมีจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลเป็นเลขคู่เสมอ โดยมีกรดไขมันทั้งประเภทอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในปริมาณที่แตกต่างกัน องค์ประกอบกรดไขมันหลักของน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการบริโภคและไม่ใช้ในการบริโภค แสดงในตารางที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.2 สมบัติและองค์ประกอบกรดไขมันหลักของน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่ใช้เพื่อการบริโภค (พิศมัยและลลิตา, 2549)

องค์ประกอบกรดไขมัน	น้ำมันพืช								
	มะพร้าว	เมล็ดในปาล์ม	ปาล์ม	ถั่วลิสง	เมล็ดเรพ	ถั่วเหลือง	ทานตะวัน	ข้าวโพด	รำข้าว
C<12:0	15.0	8.1	-	-	-	-	-	-	-
C12:0	47.5	50.4	0.2	-	-	0.1	-	-	-
C14:0	18.1	17.3	1.1	-	0.1	0.2	0.1	-	0.3
C16:0	8.8	7.9	44.0	8.1	3.5	10.7	6.0	12.9	15.0
C18:0	2.6	2.3	4.5	1.5	1.5	3.9	4.0	2.5	1.7
อื่นๆ (เช่น C20:0, C22:0, C24:0)	0.1	-	0.4	4.2	0.9	0.2	1.1		0.6
ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด	92.1	86	50.2	13.8	6.0	15.0	11.2	15.4	17.6
C16:1	-	-	0.1	-	0.2	0.3	< 1.0	-	-
C18:1	6.2	11.8	39.2	49.9	60.1	22.8	16.5	33.1	43.0
C18:2	1.6	2.1	10.1	35.4	20.1	50.8	72.4	48.8	37.4
อื่นๆ (เช่น C18:3, C20:1, C22:1, C24:1)	Trace	Trace	0.4	Trace	11.2	6.8	0.6	2.6	1.5
ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมด	7.8	13.9	49.7	85.3	91.6	80.7	89.5	84.5	81.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 สมบัติและองค์ประกอบกรดไขมันหลักของน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่ไม่ใช่เพื่อการบริโภค (พศิมัยและลลิตา, 2549)

องค์ประกอบกรดไขมัน	น้ำมันพืช					
	สบู่ดำ	ละหุ่ง	ยางพารา	เงาะ	กระเจี๊ยบเขียว	ถั่วพู
C14:0	-	-	0.4	-	0.3	-
C16:0	16.2	1.5	8.5	5.0	35.0	9-19
C18:0	5.1	1.7	10.2	6.6	2.7	5-6
อื่น ๆ (C20:0, C22:0, C24:0)	-	0.6	-	35.0	-	15-21
ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด	21.3	3.8	19.1	46.6	38.0	29-38
C16:1	-	-	0.2	0.7	-	-
C18:1	44.9	4.8	23.9	41.5	20.4	33-41
C18:2	33.8	6.5	39.3	2.1	40.6	22-29
อื่น ๆ (เช่น C18:3, C20:1, C22:1, C24:1 และอื่น ๆ)	-	84.2 (Ricinoleic_OH18:1)	17.5	9.0	1.1 (Malvalic)	2-3
ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมด	78.7	96.2	80.9	53.3	62.0	57.73

2.3 พืชน้ำมัน

ประเทศไทยทำการเพาะปลูกพืชน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจ 8 ชนิด คือ ถั่วเหลือง ปาล์ม-น้ำมัน ถั่วลิสง มะพร้าว ทานตะวัน ละหุ่ง สบู่ดำ และงา ตามรายงานเศรษฐกิจการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในพืชน้ำมัน 8 ชนิดนี้ ปาล์มน้ำมันนับว่าเป็นพืชน้ำมันที่มีศักยภาพในการเป็นแหล่งวัตถุดิบเพื่อผลิตไบโอดีเซลในเชิงอุตสาหกรรม เนื่องจากมีปริมาณการผลิตและผลผลิตต่อไร่สูงที่สุดในบรรดาพืชน้ำมันเศรษฐกิจที่มีการเพาะปลูกของประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ปริมาณการผลิตพืชน้ำมันของประเทศ (พันตัน) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550)

ปี พ.ศ.	ปาล์มน้ำมัน	มะพร้าว	ถั่วเหลือง	ถั่วลิสง	ทานตะวัน	ละหุ่ง	งา
2541	2,523	1,853	321	135	-	7	36
2542	3,413	1,986	319	138	-	7	37
2543	3,343	1,795	312	132	-	9	39
2544	4,097	1,935	261	107	-	9	39
2545	4,001	2,037	260	112	29	10	40
2546	4,903	2,117	231	76	32	10	40
2547	5,182	2,126	218	65	22	10	41
2548	5,003	1,940	226	67	38	10	42
2549	6,715	1,815	215	65	24	10	41
2550	6,390	1,722	204	54	23	10	43

2.3.1 ปาล์มน้ำมัน (กล้าณรงค์และคณะ, 2546)

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่ให้ปริมาณน้ำมันสูงถึง 0.6-0.8 ตันต่อไร่ต่อปี และมีราคาต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่น น้ำมันปาล์มเกิดขึ้นจากผลปาล์ม 2 ส่วน คือจากเปลือกหุ้มภายนอกและจากเมล็ดในปาล์ม ซึ่งน้ำมันเมล็ดในปาล์มประกอบด้วย กรดไขมันชนิดอิ่มตัวสูงถึงร้อยละ 85-90 ทำให้ไม่เหมาะต่อการบริโภค จึงนำไปใช้ในอุตสาหกรรมทำสบู่ เครื่องสำอาง ผงซักฟอก และ เรซิน เป็นต้น ส่วนน้ำมันจากเปลือกของปาล์มหรือน้ำมันปาล์มดิบประกอบด้วย กรดไขมันที่อิ่มตัว (กรดปาล์มิติก และกรดสเตียริก) ร้อยละ 50 กรดไขมันไม่อิ่มตัว (กรดโอเลอิก) ร้อยละ 40 วิตามินเอและอี ดังนั้นน้ำมันปาล์มดิบมีลักษณะเป็นของเหลวผสมกับของแข็ง ซึ่งการนำน้ำมันปาล์มดิบมาผลิตเป็นไบโอดีเซลจะช่วยลดต้นทุนในการสกัดลงได้ แต่ถ้านำน้ำมันปาล์ม

ดิบมาสกัดแยก ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ น้ำมันปาล์มโอเลอิน (palm olein) โดยใช้เป็นน้ำมันพืชบริโภคเป็นหลัก อีกส่วนคือไขปาล์มสเตียริน (palm stearin) ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเนยเทียม ไขมันผสม และสบู่ เมื่อพิจารณาถึงปริมาณผลผลิต และสมบัติของน้ำมันพืช น้ำมันเมล็ดในปาล์ม และปาล์มสเตียริน มีแนวโน้มสูงที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากมีความต้องการทำเป็นอาหารน้อยกว่า น้ำมันชนิดอื่นและช่วยลดปัญหาเรื่องปาล์มสเตียรินล้นตลาด โดยน้ำมันและไขทุกชนิดจากปาล์ม น้ำมันสามารถนำมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซลได้



รูปที่ 2.1 ลักษณะของ (ก) ผลปาล์ม (ข) ทะลายปาล์ม

กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม (ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี, 2550)

1. การอบทะลายด้วยไอน้ำ (sterilization) การอบทะลายจะช่วยหยุดปฏิกิริยาไลโปไลซิสที่ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระในผลปาล์ม และช่วยให้ผลปาล์มอ่อนนุ่มหลุดจากขั้วผลได้ง่าย
2. การแยกผล (stripping) เป็นการแยกผลปาล์มออกจากทะลาย และแยกผลปาล์มออกจากเมล็ด
3. การสกัดน้ำมัน (oil extraction) ทำโดยอบส่วนเปลือกของปาล์มจากนั้นผ่านเข้าเครื่องหีบแบบเกลียวอัดคู่ จะได้น้ำมันปาล์มดิบ ที่มีองค์ประกอบคือ น้ำมันประมาณ 66% น้ำ 24% และของแข็ง 10%
4. การทำความสะอาดน้ำมันปาล์มดิบ (clarification) กรองน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากการสกัดเพื่อแยกน้ำและของแข็งออก นำเข้าเครื่องเหียงเพื่อทำความสะอาด และไล่น้ำออก น้ำมันปาล์มดิบที่ได้แยกเป็นสองส่วนคือ ส่วนบนมีลักษณะเป็นของเหลวสีส้มแดง (crude palm oil olein) ประมาณ 30-50% ส่วนล่างมีลักษณะเป็นไขสีเหลืองส้ม (crude palm oil stearin) ประมาณ 50-70% น้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์มที่ได้จากกระบวนการการสกัด จะนำเข้าสู่กระบวนการกลั่นเพื่อให้ได้น้ำมันที่บริสุทธิ์ หรือนำไปแยกส่วน (Fractionation) เพื่อให้ได้น้ำมันปาล์ม น้ำมันปาล์มโอเลอินและสเตียริน นำไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าไอโอดีนและปริมาณกรดไขมันของน้ำมันปาล์มส่วนต่างๆ (พิศมัย, 2544)

Oil	Iodine value	Fatty Acid Composition (%wt)						
		12:0	14:0	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3
Crude palm oil	14.2-21	ND-0.5	0.5-2	39.3-47.5	3.5-6	36-44	9-12	ND-0.5
Palm olein	>56	0.1-0.5	0.5-1.5	38-43.5	3.5-5	39.8-46	10-13.5	ND-0.6
Palm stearin	<48	0.1-0.5	1.0-2.0	48-74	3.9-6	15.5-36	3.0-10	0.5
Palm kernel oil	50-55	45-55	14-18	6.5-10	1-3	12-19	1.0-3.5	ND-0.2

2.3.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืช (นิธิยา, 2545; Song และคณะ, 2000)

1. ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) คืออัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของสารต่อความหนาแน่นของน้ำที่ใช้เป็นมาตรฐาน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์เป็นเครื่องตรวจวัด ซึ่งน้ำมันที่มีจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น จะมีค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นด้วย น้ำมันที่อยู่ในสภาพของแข็งจะความถ่วงจำเพาะแตกต่างไปจากเมื่อได้รับความร้อนแล้วหลอมตัวกลายเป็นของเหลว เนื่องจากขณะที่เป็นของเหลวจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น

2. ดัชนีหักเห (Refractive index) เป็นการวัดการหักเหแสงจากอากาศผ่านน้ำมันตัวอย่าง โดยใช้เครื่องรีเฟรกโตมิเตอร์ (refractometer) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส การวัดดัชนีหักเหมีประโยชน์ในการชี้บ่งและตรวจสอบชนิด คุณภาพ และความบริสุทธิ์ของน้ำมัน โดยดัชนีหักเหของน้ำมันชนิดต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับความยาวของสายคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมัน จำนวนพันธะคู่ และชนิดของไตรกลีเซอไรด์ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในน้ำมัน กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนสูงหรือมีจำนวนพันธะคู่สูงก็จะมีค่าดัชนีหักเหสูงเช่นกัน

3. ค่าความหนืด (Viscosity) เป็นค่าที่แสดงความต้านทานการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากการเคลื่อนที่ของของไหล ซึ่งเกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ดังนั้นน้ำมันที่มีค่าความหนืดสูงจึงมีความต้านทานการไหลมากกว่าน้ำมันที่มีค่าความหนืดต่ำ ซึ่งความหนืดของน้ำมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์เพิ่มขึ้น โดยนิยมรายงานในหน่วยเซนติพอยส์ (cP) และ เซนต์สโตกส์ (cSt) การวัดความหนืดทำได้โดยการจับเวลาของไหลปริมาตรคงที่ค่าหนึ่งใช้ในการไหลผ่านหลอดคาปิลลารี (capillary) ด้วยแรงโน้มถ่วง ณ อุณหภูมิคงที่

4. ค่าแซพอนิฟิเคชัน (saponification number) หมายถึงจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับไขมันหรือน้ำมัน จำนวน 1 กรัม ได้เป็นสบู่และกลีเซอรอล ใช้เป็นตัวบ่งชี้ขนาดของโมเลกุล หรือน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็น

องค์ประกอบในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมันนั้น ๆ ไขมันหรือน้ำมันที่มีค่าแซฟอนิฟิเคชันสูงแสดงว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมาก จึงมีจำนวนโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ต่อหน่วยน้ำหนักเป็นจำนวนมาก จึงต้องใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นจำนวนมากในการทำปฏิกิริยา

5. ค่าไอโอดีน (iodine number) หมายถึงจำนวนกรัมของไอโอดีนที่ทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมันจำนวน 100 กรัม ค่าไอโอดีนจะบ่งชี้ว่าไขมันหรือน้ำมันมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใด ถ้าค่าไอโอดีนสูงแสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมาก ทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ตำแหน่งพันธะคู่ได้ง่าย เช่น ปฏิกิริยารวมตัว หรือถูกออกซิไดซ์จากออกซิเจนในอากาศ ซึ่งเป็นปัญหาต่อการใช้เป็นเชื้อเพลิงและการเก็บรักษา

6. ค่าของกรด (acid value) หมายถึงจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ทำให้กรดไขมันอิสระที่อยู่ในไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม สะเทินพอดี กรดไขมันที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมันนี้เกิดจากการสลายตัวของไตรกลีเซอไรด์ทางเคมีหรือการกระทำของแบคทีเรีย ถ้าค่าของกรดสูงแสดงว่าไตรกลีเซอไรด์ถูกทำลายได้เป็นกรดไขมันอิสระมาก

ตัวอย่างสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล (พิศมัยและลลิตา, 2549)

สมบัติ	น้ำมันพืช				น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว
	ปาล์มดิบ	เมล็ดในปาล์ม	มะพร้าว	สบู่ดำ	
1. ความถ่วงจำเพาะ	0.89	0.92	0.92	0.91	0.81-0.87
2. ดัชนีหักเห	1.49	1.45	1.45	1.46	n/a
3. ค่าของกรด (AV), มก. KOH/กรัมไขมัน	6.66	3.18	10.76	0.99	n/a
4. ปริมาณกรดไขมันอิสระ %	2.37	1.13	3.83	n/a	n/a
5. ค่าไอโอดีนแบบวิจส์, มก.KOH/กรัมไขมัน	51.32	18.10	9.07	101.40	n/a
6. ค่าแซฟอนิฟิเคชัน, มก.KOH/กรัมไขมัน	202.67	255.00	260.00	145.20	n/a

ตารางที่ 2.6 สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล (ต่อ) (พิศมัยและลลิตา, 2549)

สมบัติ	น้ำมันพืช				น้ำมันดีเซล
	ปาล์มดิบ	เมล็ดในปาล์ม	มะพร้าว	สบู่ดำ	หมุนเร็ว
7. ปริมาณน้ำและสิ่งทีระเหยได้, % โดยน้ำหนัก	0.46	0.18	n/a	0.14	n/a
8. ความหนืดที่ 40° ซ, เซนติสโตรก	24.90	28.65	24.85	34.55	1.8-4.1

n/a ไม่มีข้อมูล

2.4 การใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิง (Ma และ Hanna, 1999 และ Demirbas, 2003)

ประโยชน์ของการใช้น้ำมันพืชในเครื่องยนต์ดีเซลโดยตรงคือ

- เป็นของเหลวโดยธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ได้โดยไม่ต้องผ่านการปรับปรุง
- น้ำมันพืชมีค่าความร้อน (heat content) สูงและเป็นพืชผลทางการเกษตร
- มีปริมาณกำมะถันและสารแอโรแมติกต่ำ สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ

แต่การใช้น้ำมันพืชในเครื่องยนต์ดีเซลโดยตรงนำมาซึ่งปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชนิดและคุณภาพของน้ำมัน

- ความหนืดที่สูงของน้ำมันพืช (high viscosity) ซึ่งสูงกว่าน้ำมันดีเซล 11-17 เท่าทำให้ระบบหัวฉีดของเครื่องยนต์ทำงานหนักและได้หยดน้ำมันขนาดใหญ่ไม่สามารถเผาไหม้ได้หมดในการจุดระเบิดแต่ละครั้ง ซึ่งจะเกิดการสะสมเป็นคราบเขม่าจนทำให้ลูกสูบเกิดความเสียหายได้

- จุดวาบไฟที่สูงของน้ำมันพืชทำให้ความสามารถในการระเหยต่ำ (low volatility) ทำให้การจุดระเบิดต้องใช้อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการจุดระเบิดได้ยาก เครื่องยนต์ติดยาก และเหลือคราบเขม่าเกาะที่หัวฉีด ผนังลูกสูบ แหวนและวาล์ว

- ความไม่อิ่มตัวของน้ำมันพืช (polyunsaturated character) ทำให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันระหว่างพันธะคู่ในโมเลกุลของน้ำมันพืช เกิดเป็นยางเหนียวทำให้กระบอกสูบและลูกสูบเสียหาย

จากปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้โดยการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันพืชเพื่อใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ดีโดยผ่านกระบวนการต่างๆ ได้ ดังนี้

2.4.1 การผสมน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซล (Blending) (Demirbas, 2003 และ Srivastava, 2000)

การผสมน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซลหรือผสมกับตัวทำละลายอื่นๆ เช่น เอทานอล โดยใช้อัตราส่วนที่เหมาะสม การผสมน้ำมันดอกทานตะวันกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร และนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ พบว่าน้ำมันผสมที่ได้มีความหนืด 4.88 เซนติสโตก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และไม่เหมาะกับการใช้งานระยะยาวเช่นกันเนื่องจากทำให้เกิดยางเหนียวติดของน้ำมันหล่อลื่น และการผสมของน้ำมันถั่วเหลืองกับตัวทำละลาย (ร้อยละ 48 พาราฟินผสมร้อยละ 52 แนฟทาไลน์) ในอัตราส่วน 1:1 พบว่ามีความหนืด 5.12 เซนติสโตกที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์พบว่ามีคาร์บอนเกาะติดที่วาล์วและหัวฉีด การใช้น้ำมันพืชผสมกับน้ำมันดีเซลโดยตรงนั้นจะมีปัญหาอันเนื่องมาจากความหนืดและสิ่งเจือปน ซึ่งทำให้เกิดผลทั้งระยะสั้นและระยะยาว

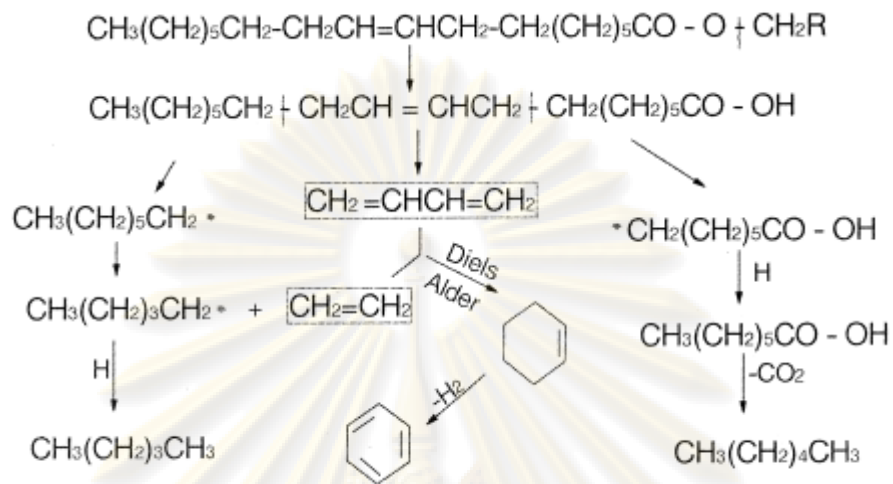
2.4.2 การทำให้เป็นของผสมไมโครอิมัลชัน (Microemulsion) (Ma และ Hanna, 1999)

การใช้เทคนิคไมโครอิมัลชัน เป็นการกระจายของอนุภาคของเหลวที่แขวนลอยในตัวกลางของเหลวอีกชนิดหนึ่งอย่างสมดุล ด้วยการผสมน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่สั้น เช่น เมทานอล หรือ เอทานอล ซึ่งของเหลวทั้งสองชนิดไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันแต่จะกระจายตัวอยู่ได้ด้วยสารลดแรงตึงผิว วิธีนี้สามารถปรับปรุงลักษณะที่เห็นละอองฝอยจากหัวฉีด เนื่องจากตัวทำละลายมีจุดเดือดต่ำเมื่อเทียบกับน้ำมันพืชและพบว่าไมโครอิมัลชันของน้ำมันพืชที่ผสมกับเมทานอลจะได้เชื้อเพลิงที่มีสมบัติใกล้เคียงน้ำมันดีเซล

2.4.3 การสลายน้ำมันพืชด้วยความร้อน (pyrolysis) (Ma และ Hanna, 1999; Srivastava, 2000)

ปฏิกิริยาการสลายตัวน้ำมันพืชด้วยความร้อน (pyrolysis) คือการเปลี่ยนแปลงสารจากชนิดหนึ่งไปเป็นอีกชนิดหนึ่ง โดยใช้ความร้อน และตัวเร่งปฏิกิริยาโดยไม่มีแก๊สออกซิเจนหรืออากาศ การเปลี่ยนแปลงแบบนี้เป็นไปด้วยความสลับซับซ้อนและมีการเกิดเป็นสารได้หลายชนิดพร้อมกัน ผลิตรภัณฑ์ที่ได้จะเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงกลุ่มดีเซลเป็นส่วนใหญ่มีก๊าซไฮโดรคาร์บอนและเคโรซีน บ้างเล็กน้อย ชนิดและปริมาณของผลิตรภัณฑ์ที่ได้จากน้ำมันพืชที่ผ่านการสลายด้วยความร้อนสำหรับการใช้ก๊าซในโตรเจนและอากาศเป็นก๊าซตัวกลาง แสดงดังตารางที่ 2.7 ซึ่งผลิตรภัณฑ์ที่ได้คือ แอลเคน (alkanes) และแอลคีน (alkenes) ประมาณร้อยละ 60 ของน้ำหนักสารทั้งหมด นอกจากนี้ยังได้กรดคาร์บอกซิลิกประมาณร้อยละ 9.6-16.1 กลไกการสลายน้ำมันพืชด้วยความ

ร้อนแสดงดังรูป 2.2 สมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์มและน้ำมันละหุ่งด้วยความร้อนแสดงดังตารางที่ 2.8



รูปที่ 2.2 กลไกการสลายน้ำมันพืชด้วยความร้อน

ตารางที่ 2.7 ชนิดและปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายน้ำมันพืชด้วยความร้อนสำหรับการใช้ก๊าซไนโตรเจนและอากาศเป็นตัวกลาง (Ma และ Hanna, 1999)

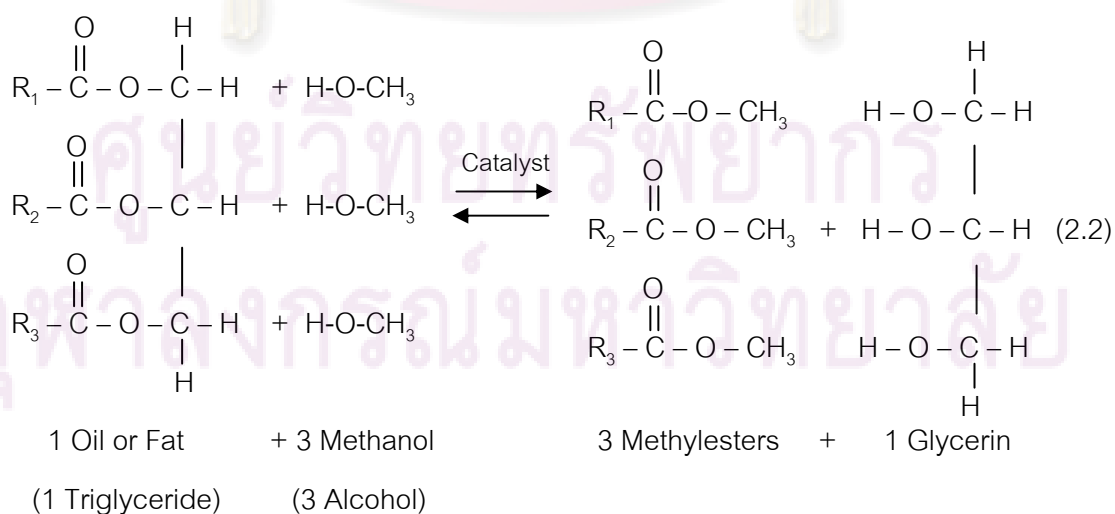
Compound	Percent by weight			
	High oleic sunflower oil		Soybean oil	
	N ₂ sparge	Air	N ₂ sparge	Air
Alkanes	37.5	40.9	31.1	29.9
Alkenes	22.2	22.0	28.3	24.9
Alkadienes	8.1	13.0	9.4	10.9
Aromatics	2.3	2.2	2.3	1.9
Unresolved unsaturates	9.7	10.1	5.5	5.1
Carboxylic acids	11.5	16.1	12.2	9.6
Unidentified	8.7	12.7	10.9	12.6

ตารางที่ 2.8 สมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์มและน้ำมันละหุ่ง ด้วยความร้อน (Lima และ คณะ, 2004)

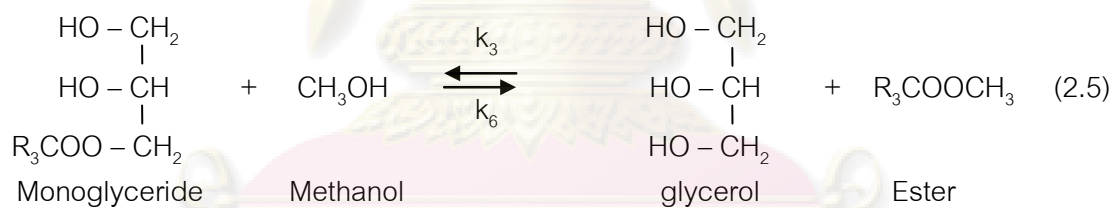
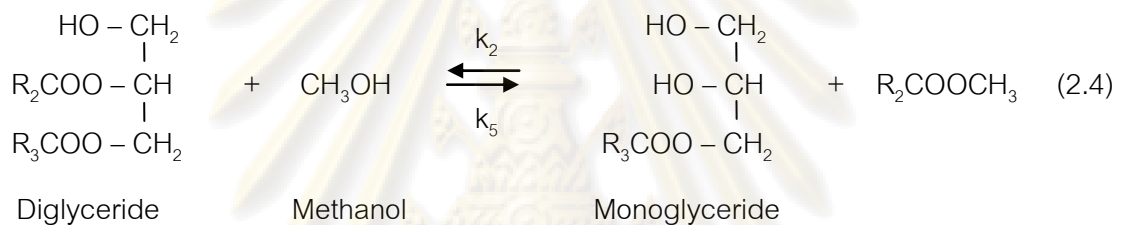
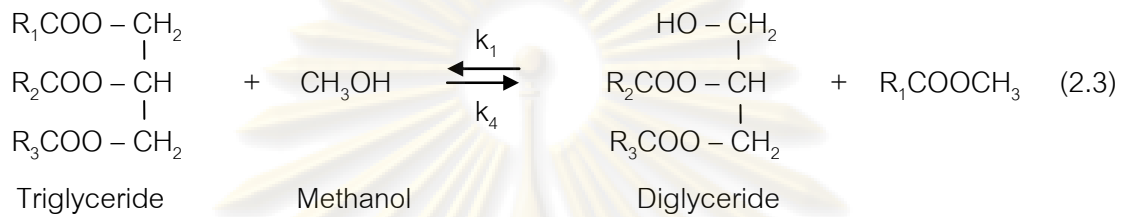
Properties	cracked vegetable oil			Diesel fuel
	Soybean	Palm	Castor	
Cetane number	50.1	52.7	30.9	45
Density at 20 °C, (g/ml)	0.844	0.818	0.882	0.82-0.88
Viscosity, 40°C, cSt	3.5	2.7	3.7	2.5-5.5
Acid index	116.2	133	207.5	-
Sulfur, (wt%)	0.008	0.01	0.013	0.2

2.4.4 ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification reaction) (Fangrui และ Hanna, 1999; Ail และ Hanna, 1994; Demitrbas, 2003)

ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันมีความหมายในทางเคมีคือ ปฏิกริยาการเปลี่ยนแปลงหมู่แอลคอกซิล (alkoxyl group) ของเอสเทอร์ด้วยแอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลเล็กกว่าหรืออาจเรียกว่า ปฏิกริยาการแยกสลายด้วยแอลกอฮอล์ (alcoholysis reaction) สำหรับแอลกอฮอล์ที่สามารถใช้ได้จะมีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 1 ถึง 8 อะตอมแต่ส่วนมากจะใช้เมทานอลและเอทานอล ปฏิกริยานี้จะใช้เตรียมเอสเทอร์ในกรณีที่ไม่สามารถเตรียมได้ด้วยปฏิกริยาเอสเทอร์ฟิเคชันโดยตรง จึงถูกนำมาใช้เตรียมเอสเทอร์ของกรดไขมันของน้ำมันพืช เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน โดยปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเป็นปฏิกริยาระหว่างน้ำมันพืชไขพืชหรือไขมันสัตว์กับแอลกอฮอล์ เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมันจากไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นโมโนอัลคิลเอสเทอร์ ไดแกเมทิลเอสเทอร์หรือเอทิลเอสเทอร์และได้กลีเซอรอลเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียง โดยปฏิกริยาแสดงในสมการ 2.2



ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังแสดงในสมการที่ 2.3 2.4 และ 2.5 โดยขั้นตอนแรก ไตรกลีเซอไรด์ทำปฏิกิริยากับเมทานอล เกิดเป็นเมทิลเอสเทอร์กับไดกลีเซอไรด์ เป็นขั้นตอนที่เกิดช้าที่สุด จึงเป็นขั้นตอนควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยา จากนั้นไดกลีเซอไรด์ทำปฏิกิริยาต่อกับเมทานอลเกิดเป็นเมทิลเอสเทอร์กับโมโนกลีเซอไรด์ ขั้นตอนสุดท้าย โมโนกลีเซอไรด์ทำปฏิกิริยาต่อกับเมทานอลเกิดเป็นเมทิลเอสเทอร์กับกลีเซอรอล (Lotero และคณะ, 2005)

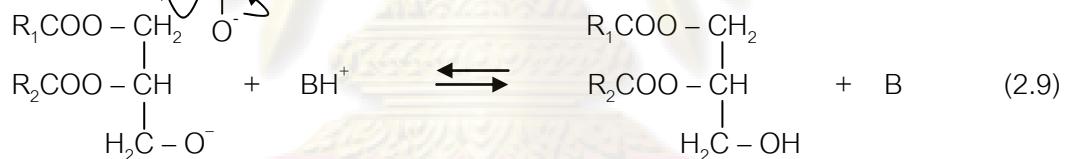
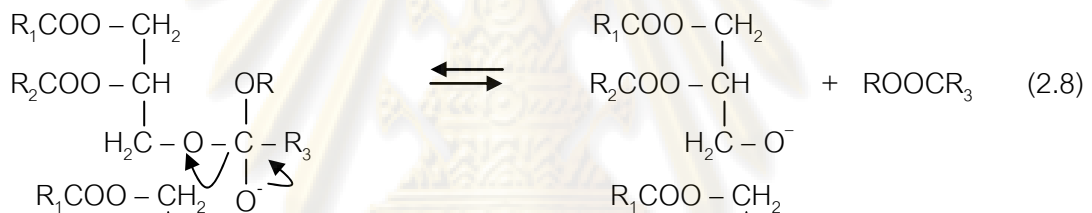
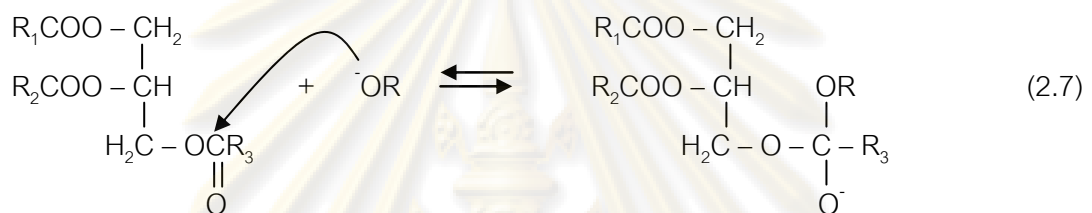


2.5 การเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

2.5.1 การเร่งปฏิกิริยาด้วยเบส (Schuchardt และคณะ, 1998)

การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่ใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะเร็วกว่าการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวอย่างของตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมเมทอกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากมีราคาถูก และกลีเซอรอลที่ได้เป็นที่ต้องการของโรงงานกลีเซอรอลมากกว่าด้วย ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์มีข้อดีเช่นกันคือ น้ำที่เกิดจากการล้างไบโอดีเซลสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้จึงมีมลพิษน้อยกว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์จะละลายในเมทานอลได้ดีกว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งช่วยลดเวลาในการผสมตัวเร่งปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ สำหรับกลไกการเกิดปฏิกิริยาเกิดเป็น 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูป 2.3

1. ปฏิกิริยาของเบสกับแอลกอฮอล์ได้แอลคอกไซด์ (RO^-) กับเบสที่ถูกโปรตอนเตต (BH^+)
2. แอลคอกไซด์ชนกับหมู่คาร์บอนิลของไตรกลีเซอไรด์ได้เป็นสาร tetrahedral intermediate (โครงสร้างทรงสี่หน้า)
3. การจัดอิเล็กตรอนที่หมู่คาร์บอนิลให้แอลคิลเอสเทอร์และเกิดประจุลบที่ไดกลีเซอไรด์ (หรือไตรกลีเซอไรด์แอนไอออน)
4. ไตรกลีเซอไรด์แอนไอออนดึงโปรตอนที่อยู่บนตัวเร่งทำปฏิกิริยาได้เป็นไดกลีเซอไรด์และตัวเร่งปฏิกิริยาที่อยู่ในรูปที่ว่องไวเหมือนเดิม



รูปที่ 2.3 กลไกการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

เมื่อ B = Base catalyst

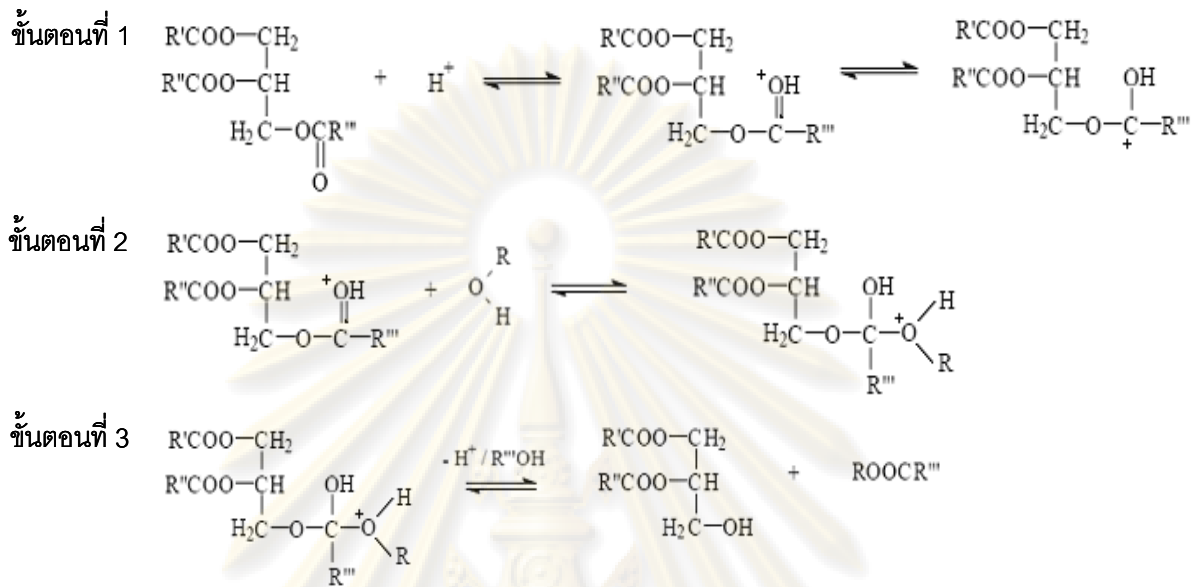
$\text{R}_1, \text{R}_2, \text{R}_3$ = carbon chain of the fatty acid

R = alkyl group of alcohol

2.5.2 การเร่งปฏิกิริยาด้วยกรด (Schuchardt และคณะ, 1998)

การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยากรดในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิกิริยาจะเกิดช้ากว่าการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเบส ต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส และเวลามากกว่า 3 ชั่วโมงจึงจะเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามการเร่งปฏิกิริยาด้วยกรดใช้ได้กับน้ำมันตั้งต้นที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันอิสระหรือน้ำในปริมาณมาก ตัวเร่งปฏิกิริยากรดที่นิยมใช้ได้แก่กรดซัลฟิวริก กรดฟอสฟอริก และ กรดไฮโดรคลอริก เป็นต้น กลไกการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแสดงดังรูปที่ 2.4 ขั้นตอนที่ 1 หมู่คาร์บอนิลของเอสเทอร์จะ

ถูกโปรตอนเกิดเป็นคาร์โบแคทไอออน ขั้นตอนที่ 2 แอลกอฮอล์จะเข้ามาทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งคาร์โบแคทไอออนได้เป็น tetrahedral intermediate และขั้นตอนที่ 3 จะเกิดการจัดเรียงโครงสร้างใหม่เป็นเมทิลเอสเทอร์และไดกลีเซอไรด์



รูปที่ 2.4 กลไกการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

2.5.3 การใช้เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Fukuda และคณะ, 2001; Schuchardt และคณะ, 1998)

เอนไซม์ที่ใช้ในการเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันคือเอนไซม์ไลเปส ซึ่งมีหลายชนิดตามสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่ทำการสกัด โดยเอนไซม์ไลเปสแต่ละชนิดจะมีสมบัติในการเร่งปฏิกิริยาได้ต่างกัน กล่าวคือ เอนไซม์ไลเปสชนิด extracellular lipase จะไม่เหมาะสมกับการเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างไตรกลีเซอไรด์กับเมทานอล (methanolysis) เนื่องจากเมทานอลจะทำให้โปรตีนในเอนไซม์เสื่อมสภาพ แต่หากใช้แอลกอฮอล์ที่มีจำนวนคาร์บอนยาวขึ้น เช่น เอทานอล หรือ บิวทานอล จะทำให้อัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 15.0 เป็น 72.0 และ 86.8 ตามลำดับ เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 48 ชั่วโมง ส่วนเอนไซม์ไลเปสชนิด intracellular lipase ต้องผ่านกระบวนการทำให้เอนไซม์บริสุทธิ์ก่อน ซึ่งเป็นกระบวนการที่ยุ่งยากทำให้เอนไซม์ชนิดนี้มีราคาแพง นอกจากนี้ยังไม่สามารถใช้เอนไซม์ชนิดนี้เร่งปฏิกิริยาได้โดยตรง ต้องผ่านกระบวนการตรึงเอนไซม์บนตัวรองรับ (immobilization) ก่อน แต่ข้อดีของเอนไซม์ชนิดนี้คือ ให้อัตราเมทิลเอสเทอร์สูงถึงร้อยละ 90 แม้จะมีน้ำในน้ำมันตั้งต้นสูงถึงร้อยละ 20 เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 70 ชั่วโมง โดยข้อดี-ข้อเสียของการเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์ไลเปสเปรียบเทียบกับ กรด และ เบส แสดงดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 การเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของการเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา กรด เบส และ เอนไซม์ไลเปส (Fukuda และคณะ, 2001; Lotero และคณะ 2005)

ปัจจัย	การเร่งปฏิกิริยา ด้วยเบส	การเร่งปฏิกิริยา ด้วยกรด	การเร่งปฏิกิริยา ด้วยเอนไซม์ ไลเปส
อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา (°C)	60-70	100-200	30-40
เวลาในการทำปฏิกิริยา (ชั่วโมง)	0.5-3	4-10	48-72
กรดไขมันอิสระในน้ำมันตั้งต้น	สูง	แอลคิลเอสเทอร์	แอลคิลเอสเทอร์
น้ำในสารตั้งต้น	เป็นสิ่งเจือปน	เป็นสิ่งเจือปน	ไม่เป็นสิ่งเจือปน
ร้อยละผลได้ของเมทิลเอสเทอร์	90-99	80-90	80-90
การแยกกลีเซอรอลออกจาก ผลิตภัณฑ์	ยาก	ยาก	ง่าย
การทำให้เมทิลเอสเทอร์บริสุทธิ์	ล้างหลาย ๆ ครั้ง	ล้างหลาย ๆ ครั้ง	ไม่ต้องล้าง
ราคาของตัวเร่งปฏิกิริยา	ถูก	ถูก	แพง

จากตารางพบว่าการใช้เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยามีสมบัติเด่นกว่า กรด และ เบส หลายประการ เช่น อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาต่ำกว่า ไม่มีสบู่เกิดขึ้นแม้ น้ำมันตั้งต้นจะมีน้ำและกรดไขมันอิสระมาก เนื่องจากเอนไซม์ไลเปสสามารถเร่งปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันได้ และยังช่วยลดปริมาณน้ำเสียได้ เนื่องจากไม่ต้องล้างผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจะนานกว่าการเร่งปฏิกิริยาด้วยกรดและเบสมาก นอกจากนี้แอลกอฮอล์ยังทำให้เอนไซม์เสื่อมสภาพได้ จึงต้องมีการฟื้นฟูสภาพเมื่อใช้เป็นเวลานานและมีราคาแพง ทำให้กระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์ยังไม่เป็นที่แพร่หลายในปัจจุบัน

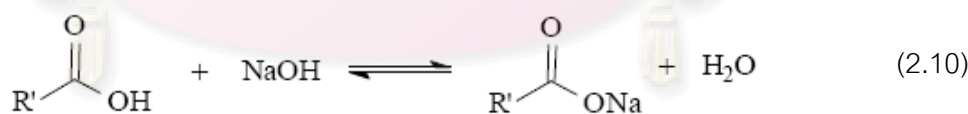
2.6 ตัวแปรที่มีผลต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Merher และคณะ, 2004)

ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน คือ ปริมาณน้ำและกรดไขมันอิสระในน้ำมัน ชนิดและร้อยละตัวเร่งปฏิกิริยา อัตราส่วนโดยโมลระหว่างแอลกอฮอล์กับน้ำมัน ชนิดของแอลกอฮอล์ อุณหภูมิ เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ความเร็วรอบการกวนและตัวทำละลายร่วมซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

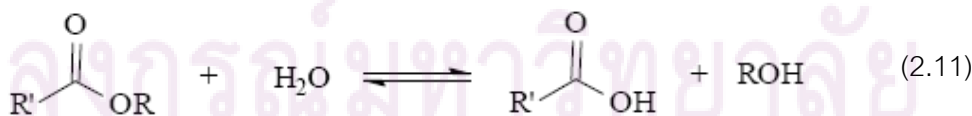
2.6.1 อิทธิพลของความชื้นและกรดไขมันอิสระ (Fukuda และคณะ, 2001)

น้ำมันพืชที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่มีเบสเป็นตัวเร่งต้องมีปริมาณกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) น้อยกว่าร้อยละ 1 ถ้าน้ำมันพืชที่ใช้มีกรดไขมันอิสระมากกว่าร้อยละ 1 เบสจะทำปฏิกิริยาแซพอนิฟิเคชัน (saponification) กับกรดไขมันอิสระ เกิดเป็นสบู่ขึ้น ปฏิกิริยาแสดงดังสมการที่ 2.10 สบู่มีสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ทำให้น้ำมันมีความหนืดสูงขึ้น เกิดเป็นเจลและทำให้การแยกชั้นของกลีเซอรอลยาก ต้องใช้น้ำล้างปริมาณมากและทำให้ร้อยละผลได้ของเมทิลเอสเทอร์ต่ำลง อีกทั้งในการทำปฏิกิริยาต้องใช้ปริมาณเบสมากขึ้น เพราะต้องใช้เบสในการทำปฏิกิริยาสะเทินกรดไขมันอิสระก่อน

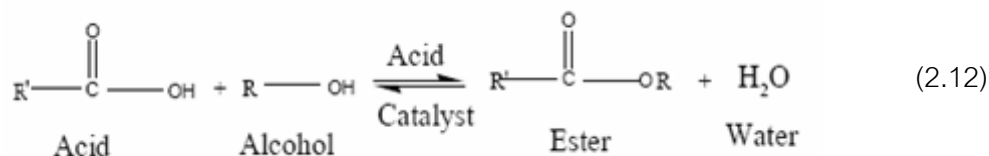
อิทธิพลของความชื้น สารตั้งต้นทุกชนิดไม่ควรมีน้ำเป็นองค์ประกอบเนื่องจากปริมาณน้ำเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้การเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันลดลง เนื่องจากน้ำจะทำปฏิกิริยากับเอสเทอร์เกิดเป็นกรดไขมันอิสระแสดงดังสมการที่ 2.11 ซึ่งกรดไขมันอิสระก็จะทำให้เกิดสบู่ดังที่กล่าวมาข้างต้น Ma และคณะ (1998) ได้ศึกษาผลกระทบของกรดไขมันอิสระและน้ำต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของไขมันวัวกับเมทานอลโดยใช้ไฮเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่าเมื่อไม่มีกรดไขมันอิสระและน้ำในปฏิกิริยาทำให้ได้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุด เมื่อเติมกรดไขมันอิสระร้อยละ 0.6 ทำให้ได้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ต่ำที่สุด และเมื่อทำการเติมน้ำร้อยละ 0.9 โดยไม่เติมกรดไขมันอิสระทำให้ได้เมทิลเอสเทอร์ร้อยละ 17 ดังนั้นถ้าคุณภาพของน้ำมันพืชต่ำคือมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงเช่น น้ำมันพืชใช้แล้ว ไขมันสัตว์ ก่อนนำน้ำมันมาใช้ผลิตไบโอดีเซลควรทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระลดลง โดยการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันของกรดไขมันอิสระกับแอลกอฮอล์ ในภาวะที่มีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเอสเทอร์และน้ำ ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันแสดงดังสมการที่ 2.12 (Gerpen, 2005)



Free fatty acid Base soap water



Ester water free fatty acid alcohol



2.6.2 อิทธิพลของชนิดและร้อยละตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถเป็นได้ทั้ง เบส กรดและเอนไซม์ ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเกิดได้เร็วกว่าใช้กรดเป็นตัวปฏิกิริยา เบสที่ใช้กันประกอบด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมเมทอกไซด์ โซเดียมเอไมด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมเมทอกไซด์ ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพแต่ถ้าใช้น้ำมันมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงและมีน้ำมาก ควรใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา กรดที่ใช้ควรเป็นกรดซัลฟิวริก กรดฟอสฟอริก กรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟินิกของสารอินทรีย์ Ma และคณะ (1998) ศึกษาปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันใช้แล้วกับเมทานอลโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 1 ของน้ำหนักน้ำมัน พบว่าโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 ของน้ำหนักน้ำมัน ทำให้ได้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุดและมีความหนืดต่ำที่สุด Tomasevic (2003) ศึกษาปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันใช้แล้วโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก และกรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.25 โมลาร์ ในปริมาณแอลกอฮอล์มากเกินไปและใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลามากกว่า 3 ชั่วโมงจะเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2.25 โมลาร์ทำให้ความหนืดของน้ำมันลดลงอย่างมาก ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่ใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะให้ร้อยละเอสเทอร์สูงสุด ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาล้น เกิดการกัดกร่อนน้อยกว่ากรด จึงเป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในระดับการผลิตขนาดใหญ่

2.6.3 อิทธิพลของอัตราส่วนโดยโมล (Fangrui, 1999)

อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเอทานอลกับน้ำมัน เป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับอัตราการเกิดแอลคิลเอสเทอร์ ตามมวลสารสัมพันธ์ของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (สมการที่ 2.2) ต้องการแอลกอฮอล์ 3 โมล และไตรกลีเซอไรด์ 1 โมล เพื่อให้ได้เอสเทอร์ของกรดไขมัน 3 โมล กับกลีเซอรอล 1 โมลอย่างไรก็ตาม เพื่อให้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเข้าสู่สมดุลต้องใช้ปริมาณแอลกอฮอล์มากเกินไปเพื่อผลักดันปฏิกิริยาไปข้างหน้า แต่ถ้าอัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์ต่อน้ำมันพีซีมีค่าสูงเกินไปจะมีผลต่อการแยกชั้นหลังจบปฏิกิริยา เนื่องจากแอลกอฮอล์ทำให้เอสเทอร์และกลีเซอรอลละลายเข้าด้วยกัน ส่งผลให้มีกลีเซอรอลเหลืออยู่ในเอสเทอร์ส่งผลให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ลดลง อีกทั้งปริมาณแอลกอฮอล์มากเกินไปมีน้ำอยู่ใน

ปฏิกิริยามากตามไปด้วยไม่ว่าจะเป็นน้ำที่อยู่ในแอลกอฮอล์อยู่แล้วหรือน้ำที่เกิดจากการทำปฏิกิริยา ซึ่งน้ำจะทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมันอิสระหรือผลิตภัณฑ์เอสเทอร์เกิดเป็นสบู่ทำให้ปฏิกิริยาเกิดลดลง

2.6.4 อิทธิพลของชนิดแอลกอฮอล์

แอลกอฮอล์ที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลเป็นแอลกอฮอล์โมเลกุลขนาดเล็ก เช่น เมทานอล เอทานอล โพรพานอล และบิวทานอล แต่ที่นิยมใช้คือเมทานอล เนื่องจากมีขนาดโมเลกุลเล็กที่สุดจึงสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ได้ง่าย ปฏิกิริยาเกิดได้เร็ว และมีราคาถูก อีกทั้งยังถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมน้อยกว่าเอทานอลซึ่งโดยปกติจะใช้เป็นเชื้อเพลิงผสมในน้ำมันเบนซิน

2.6.5 อิทธิพลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิต่างๆ ขึ้นอยู่กับชนิดน้ำมันพืชและแอลกอฮอล์ที่ใช้ Freedman และคณะ (1984) ได้ศึกษาปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันบริสุทธิ์กับเมทานอล (6:1) ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 60 45 และ 32 องศาเซลเซียส พบว่าหลังจาก 6 นาที ได้ผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ร้อยละ 94 87 และ 64 ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 และ 45 องศาเซลเซียส ได้ผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ใกล้เคียงกัน แต่ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสได้ผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ต่ำกว่า แสดงว่าอุณหภูมิมิอิทธิพลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น

2.6.6 อิทธิพลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

อัตราการเปลี่ยนเป็นแอลคิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น Freedman และคณะ (1984) ได้ศึกษาปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันถั่วลิสง น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันดอกทานตะวัน และน้ำมันถั่วเหลือง ภายใต้ภาวะอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลและน้ำมันที่ 6 : 1 และใช้โซเดียมเมทอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันดอกทานตะวัน ได้ผลิตภัณฑ์เมทิลเอสเทอร์ประมาณร้อยละ 80 และเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ของน้ำมันทั้ง 4 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 93-98 Ma และคณะ (1999) ได้ศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของไขมันวัวกับเมทานอลพบว่าปฏิกิริยาเกิดช้ามากระหว่าง 1 นาทีแรก เนื่องจากการผสมและการกระจายตัวของเมทานอลในไขมันวัวที่ยังไม่ดีพอ แต่ระหว่าง 1 ถึง 5 นาที ปฏิกิริยาเกิดเร็วมาก ซึ่งปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุลที่เวลาประมาณ 15 นาที

2.6.7 อิทธิพลของความเร็รรอบกวน

เนื่องจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาระหว่างแอลกอฮอล์ ตัวเร่งปฏิกิริยา และน้ำมัน ซึ่งแอลกอฮอล์จะแยกชั้นกับน้ำมันได้ ดังนั้นการกวนจึงเป็นตัวแปรที่สำคัญสำหรับปฏิกิริยา เนื่องจากปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นเมื่อน้ำมัน, แอลกอฮอล์ และตัวเร่งปฏิกิริยาเริ่มผสมกัน Stamenkovic และคณะ (2007) ได้ศึกษาถึงขนาดหยดของแอลกอฮอล์ที่ความเร็รรอบกวนต่างๆ พบว่าที่ความเร็รรอบกวนสูงขึ้นไปจะทำให้แอลกอฮอล์มีขนาดหยดลดลงและจำนวนหยดที่มีขนาดใหญ่ลดลงด้วยเช่นกัน ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น เนื่องจากการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างแอลกอฮอล์, ตัวเร่งปฏิกิริยา และน้ำมัน

2.6.8 อิทธิพลของตัวทำละลายร่วม (Co-solvent)

ตัวทำละลายร่วม (co-solvent) มีคุณสมบัติช่วยให้น้ำมันกับแอลกอฮอล์ซึ่งปกติแยกชั้นกันละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้เร็วขึ้น ช่วยลดเวลาในการทำปฏิกิริยาและพลังงานที่ใช้ในการกวน ทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น โดยปัจจัยการเลือกใช้ตัวทำละลายร่วมที่สำคัญคือ ต้องเป็นสารที่มีสมบัติละลายได้ดีทั้งในน้ำมันและแอลกอฮอล์ และมีจุดเดือดใกล้เคียงกับแอลกอฮอล์ เพื่อให้สามารถกลั่นแยกตัวทำละลายร่วมและแอลกอฮอล์หลังจากเสร็จสิ้นปฏิกิริยากลับมาใช้ใหม่ได้ งานวิจัยนี้เลือกใช้เตตระไฮโดรฟูแรน (Tetrahydrofuran, THF, สูตรโมเลกุล $(CH_2)_4O$) และเฮกเซน (Hexane, สูตรโมเลกุล $CH_3(CH_2)_4CH_3$) เป็นตัวทำละลายร่วม ทั้งนี้เนื่องจากสารทั้งสองมีคุณสมบัติละลายได้ดีทั้งในเมทานอลและน้ำมัน อีกทั้งจุดเดือดใกล้เคียงกับเมทานอล (THF จุดเดือด 66 องศาเซลเซียส, เฮกเซนจุดเดือด 68 องศาเซลเซียส)

2.7 ไบโอดีเซล (พิศมัยและลลิตา, 2549)

ไบโอดีเซล เป็นเชื้อเพลิงที่ผลิตจากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ผ่านกระบวนการทรานส์-เอสเทอร์ฟิเคชัน เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันให้เป็นแอลคิลเอสเทอร์ ซึ่งสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยตรงหรือใช้ผสมกับน้ำมันดีเซลจากแหล่งปิโตรเลียม โดยทั่วไปนิยมผสมตั้งแต่อัตราส่วนร้อยละ 5 โดยปริมาตรขึ้นไป น้ำมันที่ได้จากการผสมไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซลจะมีเรียกชื่อตามอัตราส่วนโดยปริมาตรของการผสม เช่น B20 คือเชื้อเพลิงที่มีไบโอดีเซลร้อยละ 20 ผสมกับน้ำมันดีเซลร้อยละ 80 โดยปริมาตร อย่างไรก็ตามเนื่องจากน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซล มีองค์ประกอบและมีโครงสร้างที่ต่างกัน ทำให้ไบโอดีเซลมีสมบัติที่แตกต่างจากน้ำมันดีเซล ซึ่งสมบัติบางประการก็เป็นข้อได้เปรียบ และสมบัติบางประการก็เป็นข้อเสียเปรียบ โดยสามารถเปรียบเทียบสมบัติของไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซลได้ดังนี้

1. ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสะอาด ไม่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ทำให้ไอเสียที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์ไม่ก่อให้เกิดภาวะฝนกรด แต่น้ำมันดีเซลจะมีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เมื่อถูกเผาไหม้แล้ว กำมะถันในน้ำมันดีเซล จะเปลี่ยนรูปเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และกรดซัลฟิวริก ตามลำดับ เกิดเป็นมลพิษทางอากาศ เมื่อฝนตกจะชะล้างมลพิษเหล่านี้เกิดเป็นฝนกรดได้
2. น้ำมันดีเซล ไม่มีออกซิเจนในโครงสร้างโมเลกุล และมีสารประกอบแอมโรมาติกถึงร้อยละ 20-40 ขณะที่ไบโอดีเซลไม่มีสารประกอบประเภทแอมโรมาติก แต่มีออกซิเจนอยู่ในโมเลกุลถึงร้อยละ 10-12 ทำให้เมื่อใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ไอเสียที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก และมีควันดำต่ำกว่าการใช้้ำมันดีเซล
3. ไบโอดีเซลมีจุดวาบไฟสูงกว่าน้ำมันดีเซล จึงมีค่าการจุดระเบิดในเครื่องยนต์สูงกว่าน้ำมันดีเซล
4. น้ำมันดีเซลไม่มีพันธะคู่ในโครงสร้างโมเลกุล ขณะที่ไบโอดีเซลมีพันธะคู่ในน้ำมันพืช ซึ่งมีปริมาณที่แตกต่างกันตามชนิดของน้ำมันพืช ทำให้ไบโอดีเซลไม่เสถียรเกิดออกซิเดชันได้เร็วกว่าน้ำมันดีเซล และมีระยะเวลาเก็บรักษาหลังการผลิตสั้นกว่าน้ำมันดีเซล
5. ไบโอดีเซลมีสมบัติในการหล่อลื่นเครื่องยนต์ดีกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้ช่วยลดการสึกหรอของเครื่องยนต์ได้ดี

2.7.1 คุณสมบัติของน้ำมันพืชที่มีผลต่อไบโอดีเซล (พิศมัยและลลิตา, 2549)

ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชต่างชนิดกัน จะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันพืชเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันอยู่ในโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ถึงร้อยละ 94-96% ของน้ำหนักโมเลกุล ทำให้คุณสมบัติของน้ำมันมีคุณสมบัติทั้งทางเคมีและกายภาพเป็นไปตามกรดไขมันที่มีองค์ประกอบอยู่ ดังนั้นเมื่อนำน้ำมันพืชชนิดนั้นๆ มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล ไบโอดีเซลที่ผลิตได้จะมีคุณสมบัติตามกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบนั้นๆ ด้วย ฉะนั้นในการเลือกใช้น้ำมันพืชเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล นอกจากต้องพิจารณาถึงปริมาณที่มีเพียงพอที่จะป้อนเข้าโรงงานผลิตแล้ว ยังต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของน้ำมันพืชชนิดนั้นๆ การพิจารณาเลือกน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ชนิดใดมาเป็นวัตถุดิบ มีข้อพิจารณาดังนี้

1. จุดหลอมตัวและจุดเดือด

ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชจะเป็นสารเมทิลเอสเทอร์หลายชนิดอยู่รวมกัน ตามปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันพืชนั้นๆ จุดหลอมตัวและจุดเดือดของไบโอดีเซล

สามารถคาดการณ์ได้จากเมทิลเอสเทอร์ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ สารเมทิลเอสเทอร์บริสุทธิ์แต่ละตัวมีอุณหภูมิที่ของเหลวกลายเป็นของแข็งแตกต่างกัน อุณหภูมิดังกล่าวเรียกว่า จุดหลอมตัวหรือจุดแข็งตัว (Melting point หรือ freezing point) นอกจากนั้นแล้วยังมีจุดเดือด (boiling point) ที่แตกต่างกันด้วย สารเมทิลเอสเทอร์บริสุทธิ์ที่มาจากกรดไขมันที่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบ จะมีอุณหภูมิหลอมตัวสูงกว่าที่มาจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบ และเมื่อมีขนาดความยาวของห่วงโซ่โมเลกุลยาวขึ้น จะมีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิสูงขึ้นตามลำดับ ยกตัวอย่างเช่น สารเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตจากกรดสเตียริก ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัว จะมีจุดหลอมตัว หรือจุดแข็งที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าสารเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้จากกรดโอเลอิกซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ที่มีจุดแข็งตัวที่อุณหภูมิ -19 องศาเซลเซียส ดังนั้นอาจคาดการณ์ได้ว่า ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชที่มีกรดสเตียริกเป็นองค์ประกอบหลัก จะกลายเป็นของแข็งที่อุณหภูมิสูงกว่าไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชที่มีกรดโอเลอิกเป็นองค์ประกอบหลัก ฉะนั้นการคัดเลือกน้ำมันพืชชนิดใดมาใช้เป็นวัตถุดิบ ต้องพิจารณาถึงอุณหภูมิและภูมิภาคในพื้นที่ที่ใช้งานด้วย เพื่อไม่ให้ไบโอดีเซลที่ผลิตได้กลายเป็นของแข็งขณะการขนส่งและใช้งาน

ขณะที่จุดหลอมตัวหรือจุดแข็งตัวของสารเมทิลเอสเทอร์ขึ้นกับโครงสร้างทางเคมีดังที่กล่าวข้างต้น จุดเดือดของสารเมทิลเอสเทอร์ขึ้นกับขนาดความยาวของห่วงโซ่คาร์บอนและเพิ่มขึ้นกับปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเลย จุดเดือดโดยเฉลี่ยของไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชต่างๆ อยู่ระหว่าง 325-350 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่อยู่สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลหมุนเร็วในการกลั่นที่อุณหภูมิระเหย 90% ที่กำหนดให้ไม่สูงกว่า 357 องศาเซลเซียส จุดหลอมตัวและจุดเดือดของสารเมทิลเอสเทอร์แต่ละชนิด ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 จุดหลอมตัวและจุดเดือดของสารเมทิลเอสเทอร์

กรดไขมัน	จำนวนคาร์บอน: จำนวนพันธะคู่	ชนิดของ กรด	จุดหลอมตัว °C	จุดเดือดเมทิลเอสเทอร์	
				(°C) ที่ 20 มม. ปรอท	(°C) ที่ 760 มม. ปรอท
Myristic	14:0	อิ่มตัว	18.8	175	295
Palmitic	16:0	อิ่มตัว	30.6	202	338
Stearic	18:0	อิ่มตัว	39.1	223	352
Caprylic	8:0	อิ่มตัว	-36.7	89	193
Capric	10:0	อิ่มตัว	-12.7	123	224
Lauric	12:0	อิ่มตัว	5.1	149	262

ตารางที่ 2.10 จุดหลอมตัวและจุดเดือดของสารเมทิลเอสเทอร์ (ต่อ)

กรดไขมัน	จำนวนคาร์บอน: จำนวนพันธะคู่	ชนิดของ กรด	จุดหลอมตัว °C	จุดเดือดเมทิลเอสเทอร์	
				(°C) ที่ 20 มม. ปรอท	(°C) ที่ 760 มม. ปรอท
Arachidic	20:0	อิ่มตัว	46.6	na	na
Behenic	22:0	อิ่มตัว	53.3	na	na
Palmitoleic	16:1	ไม่อิ่มตัว	0	na	na
Oleic	18:1	ไม่อิ่มตัว	-19.8	218	349
Linoleic	18:2	ไม่อิ่มตัว	-35	220	366
Linolenic	18:3	ไม่อิ่มตัว	na	na	na
Eicosenoic	20:1	ไม่อิ่มตัว	-15	na	na
Erucic	22:1	ไม่อิ่มตัว	na	na	na

na – ไม่มีข้อมูล

2. คุณสมบัติการไหลที่อุณหภูมิต่ำ (Cold flow)

คุณสมบัติการไหลที่อุณหภูมิต่ำ เป็นการวัดความสามารถในการใช้งานเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิต่ำหรือในภูมิภาคที่มีอากาศหนาวเย็น สำหรับไบโอดีเซลที่มีจุดแข็งตัวสูง จะมีคุณสมบัติการไหลที่อุณหภูมิต่ำไม่ดีเท่าน้ำมันดีเซล คุณสมบัตินี้วัดได้ด้วยการใช้จุดขุ่นและจุดไหลเท (Cloud point and pour point) เป็นการชี้บอก จุดขุ่น คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงเริ่มมีไขเกิดขึ้นเมื่อปล่อยให้เชื้อเพลิงเย็นลง ส่วนจุดไหลเท คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงกลายเป็นวุ้นแข็งจนไม่สามารถสูบขึ้นได้ โดยทั่วไปจุดไหลเทจะมีค่าต่ำกว่าจุดขุ่น ถึงแม้ว่าการกำหนดคุณลักษณะและคุณภาพไบโอดีเซลตามประกาศกระทรวงพาณิชย์จะไม่มีกำหนดค่าจุดขุ่นก็ตาม แต่ควรคำนึงถึงคุณสมบัติข้อนี้ไว้ด้วย เพื่อให้ไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีสภาพที่เป็นของเหลว ไม่มีความขุ่นปนอยู่ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่พึงประสงค์ในการซื้อขายเชื้อเพลิง

ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดเรพ และข้าวโพด มีจุดขุ่นที่ 0 องศาเซลเซียส, -5 องศาเซลเซียส และ 14 องศาเซลเซียส และมีจุดไหลเทที่ -4 องศาเซลเซียส, -10 องศาเซลเซียส และ 10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

3. ค่าไอโอดีนและเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ค่าไอโอดีนของน้ำมันพืช เป็นดัชนีบอกถึงปริมาณพันธะคู่ (double bond) ที่มีอยู่ในโครงสร้างของน้ำมันพืชชนิดนั้นๆ น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนสูงหมายความว่า น้ำมันพืชนั้นมีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมาก ซึ่งเมื่อนำมาผลิตไบโอดีเซล กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่อยู่ในไบโอดีเซลนั้น จะส่งผลให้เกิดการสะสมในถังระบบส่งน้ำมันเชื้อเพลิงและได้กรองออกจากรันค่าไอโอดีนสูงจะมีผลทำให้เกิดปัญหาเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำให้ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนสูงมีอายุการเก็บรักษาสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว

งานวิจัยหลายฉบับ แสดงให้เห็นว่า ค่าไอโอดีนของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ จะมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันพืชที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบ น้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดที่มีพันธะคู่มากกว่า 2 ตำแหน่ง และน้ำมันที่ผ่านกระบวนการที่ได้รับความร้อนมาแล้วหลายครั้ง มีแนวโน้มที่ไบโอดีเซลที่ผลิตได้จะมีค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันลดต่ำลงมาก ฉะนั้นการผลิตไบโอดีเซลจะต้องเลือกน้ำมันที่มีค่าไอโอดีนที่ต่ำกว่า 120 ตามมาตรฐานที่กำหนดค่าไอโอดีนของไบโอดีเซล นอกจากนั้นแล้วยังต้องพิจารณาใช้น้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณต่ำ และไม่ผ่านกระบวนการที่ถูกความร้อนมาแล้วหลายครั้ง และเป็นเวลานาน เพื่อช่วยเพิ่มค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไบโอดีเซล

4. ค่าความร้อน

โดยทั่วไปแล้ว ทั้งน้ำมันพืช และไบโอดีเซลจะมีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล โดยมีค่าระหว่าง 80-85% ของน้ำมันดีเซล ดังแสดงในตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 การเปรียบเทียบค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลกับน้ำมันพืชและเมทิลเอสเทอร์

การเปรียบเทียบค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลกับน้ำมันพืชและเมทิลเอสเทอร์ (กิโลจูลล์/กิโลกรัม)			
ชนิดน้ำมัน	น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว	น้ำมันพืช	เมทิลเอสเทอร์ของน้ำมัน
ปาล์มดิบ	-	39,497	39,300
เมล็ดในปาล์ม	-	37,824	36,820
ปาล์มสเตียริน	-	39,330	39,114
มะพร้าว	-	37,661	38,191
สบู่ดำ	-	39,028	39,513
เมล็ดเรพ	-	-	37100
น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว	46,800	-	-

5. ค่าความหนืด

ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชทุกชนิดจะมีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว คุณณภูมิเดียวกัน เมื่ออุณหภูมิต่ำลง ค่าความหนืดของไบโอดีเซลจะสูงขึ้น และอัตราการสูงขึ้นของความหนืดจะเพิ่มขึ้นเร็วกว่าค่าความหนืดของน้ำมันดีเซล จากรายงานการศึกษาหลายฉบับ รายงานค่าเฉลี่ยของความหนืดไบโอดีเซลจากน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดเรพ และน้ำมันปาล์มดิบ มีค่าเท่ากับ 4.08, 4.83 และ 4.68 เซนติสโตกร ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ขณะที่น้ำมันดีเซลหมุนเร็วมีค่าความหนืดสูงสุด 4.1 เซนติสโตกร

คุณสมบัติของไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบ ไชปาล์มสเตียริน และน้ำมันมะพร้าว แสดงไว้ในตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 คุณสมบัติของไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบ ไชปาล์มสเตียริน และน้ำมันมะพร้าว

คุณสมบัติ, หน่วย	ไบโอดีเซลจากน้ำมัน			
	ปาล์มดิบ	เมล็ดในปาล์มดิบ	ไชปาล์มสเตียริน	มะพร้าว
1. ค่าความหนืดที่ 40°C, เซนติสโตกร	4.676	4.76	7.51	1.78
2. จุดวาบไฟ, °C	150	122	178	119
3. น้ำและตะกอน, % โดยปริมาตร	0.05	traces	traces	traces
4. เถ้าซัลเฟต, % โดยน้ำหนัก	0.009	0.01	0.01	0.02
5. ปริมาณกำมะถัน, % โดยน้ำหนัก	0.0003	0.0004	0.0002	0.0002
6. การกัดกร่อนทองแดง	1a	1a	1a	1a
7. ค่าซีเทน	61	63.8	69.5	61.4
8. จุดขุ่น, °C	12	-2.8	18.2	2.4
9. กากถ่าน, % โดยน้ำหนัก	0.052	0.02	0.02	0.03
10. ค่าของกรด, มก. KOH/กรัม น้ำมัน	0.24	0.19	0.14	0.3
11. ปริมาณเมทานอล, % โดยน้ำหนัก	0.03 - 0.28	na	na	na

ตารางที่ 2.12 คุณสมบัติของไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบ ไซปาล์มสเตียริน สเตียริน และน้ำมันมะพร้าว (ต่อ)

คุณสมบัติ, หน่วย	ไบโอดีเซลจากน้ำมัน			
	ปาล์มดิบ	เมล็ดในปาล์มดิบ	ไซปาล์มสเตียริน	มะพร้าว
12. กลีเซอรินอิสระ, % โดยน้ำหนัก	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
13. กลีเซอรินทั้งหมด, % โดยน้ำหนัก	0.21	0.01	0.08	n.d.
14. ปริมาณฟอสฟอรัส, % โดยน้ำหนัก	0.0004	n.d.	n.d.	n.d.
15. อุณหภูมิการกลั่น, เทียบเท่าที่ . ความดันบรรยากาศ กลั่นได้ 90%, °C	347	342	345	343
16. ความถ่วงจำเพาะ 15.6/15.6 °C	0.877	0.875	na	0.876
17. ค่าความร้อน, กิโลจูลล์/กิโลกรัม	39,300	36,820	39,114	38,191

n.d. – ไม่พบ, na – ไม่มีข้อมูล,

2.7.2 มาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซล (ศิริวรรณ, 2549)

ปัจจุบันประเทศไทยได้มุ่งพัฒนากระบวนการผลิตไบโอดีเซลชนิดเมทิลเอสเทอร์อย่างกว้างขวาง ดังนั้นไบโอดีเซลที่ผลิตและจำหน่ายตามแหล่งบริการจึงต้องมีคุณภาพเป็นไปตามประกาศของกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน ซึ่งในข้อกำหนดจะบอกถึงวิธีทดสอบมาตรฐานที่ใช้ และกำหนดเครื่องมือที่ใช้ ทั้งขนาดรูปร่างอย่างละเอียด โดยข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ.2550 ของกรมธุรกิจพลังงาน ซึ่งประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 แสดงในตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 มาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซลของประเทศไทย (กรมธุรกิจพลังงาน, 2550: 7-10)

ข้อกำหนด	ข้อกำหนด ขั้นต่ำ	ข้อกำหนด ขั้นสูง	วิธีทดสอบ ^ก
เมทิลเอสเทอร์, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Methyl ester, wt.%)	ไม่ต่ำกว่า 96.5	-	EN 14103
ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส, กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (Density at 15 °C, kg/m ³)	ไม่ต่ำกว่า 860	ไม่สูงกว่า 900	ASTM D 1298
ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส, เซน ติสโตกส์ (Viscosity at 40 °C, cSt)	ไม่ต่ำกว่า 3.5	ไม่สูงกว่า 5	ASTM D 445
จุดวาบไฟ, องศาเซลเซียส (Flash point, °C)	ไม่ต่ำกว่า 120	-	ASTM D 93
กำมะถัน, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur, wt.%)	-	ไม่สูงกว่า 0.0010	ASTM D 2622
กากถ่าน, ร้อยละโดยน้ำหนัก(ร้อยละ 10 ของ กากที่เหลือจากการกลั่น) (Carbon residue, on 10% distillation residue, wt.%)	-	ไม่สูงกว่า 0.30	ASTM D 4530
จำนวนซีเทน (Cetane number)	ไม่ต่ำกว่า 51	-	ASTM D 613
เถ้าซัลเฟต, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulfated ash, wt.%)	-	ไม่สูงกว่า 0.02	ASTM D 874
น้ำ, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Water, wt%.)	-	ไม่สูงกว่า 0.050	ASTM D 2709
สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Total contaminate, wt%.)	-	ไม่สูงกว่า 0.0024	ASTM D 5452
การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper strip corrosion)	-	ไม่สูงกว่า หมายเลข1	ASTM D 130
เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส, ชั่วโมง (Oxidation stability at 110 °C, hours)	-	ไม่สูงกว่า 6	EN 14112
ค่าความเป็นกรด, มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอก ไซด์/กรัม (Acid value, mg KOH/g)	-	ไม่สูงกว่า 0.50	ASTM D 664

ตารางที่ 2.13 มาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซลของประเทศไทย (ต่อ)

ข้อกำหนด	ข้อกำหนด ขั้นต่ำ	ข้อกำหนด ขั้นสูง	วิธีทดสอบ ^ก
ค่าไอโอดีน, กรัมไอโอดีน/100กรัม (Iodine value, g Iodine /100 g)	-	ไม่สูงกว่า 120	EN 14111
กรดไลโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Linolemic acid methyl ester, wt.%)	-	ไม่สูงกว่า 12	EN 14103
เมทานอล, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Methanol, wt.%)	-	ไม่สูงกว่า 0.20	EN 14110
โมนอกลิเซอไรด์, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Monoglyceride, wt.%)	-	ไม่สูงกว่า 0.80	EN 14105
ไดกลีเซอไรด์, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Diglyceride, wt.%)	-	ไม่สูงกว่า 0.20	EN 14105
ไตรกลีเซอไรด์, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Triglyceride, wt.%)	-	ไม่สูงกว่า 0.20	EN 14105
กลีเซอรินอิสระ, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Free glycerin, wt.%)	-	ไม่สูงกว่า 0.02	EN 14105
กลีเซอรินทั้งหมด, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Total glycerin, wt.%)	-	ไม่สูงกว่า 0.25	EN 14105
โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียมและโพแทสเซียม), มิลลิกรัม/กิโลกรัม(Group I metals (Na+K), mg/kg)	-	ไม่สูงกว่า 5.0	EN 14108 และ EN 14109
โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียมและแมกนีเซียม), มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Group II metals (Ca+Mg), mg/kg)	-	ไม่สูงกว่า 5.0	prEN 14538
ฟอสฟอรัส, ร้อยละโดยน้ำหนัก (Phosphorus, wt.%)	-	ไม่สูงกว่า 0.0010	prEN 14538
สารแต่งเติม (Additive) (ถ้ามี)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจาก อธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน		

^ก วิธีทดสอบใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละเอียดแนบ
ท้ายนี้

2.7.3 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันไบโอดีเซลต่อเครื่องยนต์ (พิศมัยและลลิตา, 2549)

ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจะต้องมีการควบคุมสมบัติต่าง ๆ ของไบโอดีเซลให้เป็นไปตามข้อกำหนดต่าง ๆ ที่ตั้งไว้เช่น ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภท เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ.2550 ของกรมธุรกิจพลังงานซึ่งกำหนดตามมาตรฐาน EN14214 ของสหภาพยุโรป ส่วนสหรัฐอเมริกาใช้ข้อกำหนดตามมาตรฐาน ASTM D 6751 ไม่ว่าข้อกำหนดของประเทศใดก็ตามจะพิจารณาถึงการนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายในการใช้งาน มีความปลอดภัย และไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในข้อกำหนดนั้นจึงแบ่งวิธีทดสอบออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทแรกเป็นการทดสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพ เช่นการหาค่าความเป็นกรด ปริมาณกาบคาร์บอน จุดวาบไฟ ความหนืด เป็นต้น อีกประเภทเป็นการทดสอบในการทำงานเช่น การหาจำนวนซีเทน เป็นต้น น้ำมันไบโอดีเซลที่มีสมบัติบางประการไม่เป็นไปตามมาตรฐานดังกล่าวอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้งานในระยะยาว

1. ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ คือค่าที่แสดงถึงความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซล หากมีปริมาณน้อยกว่าที่กำหนด แสดงถึงมีปริมาณโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ หรือ ไตรกลีเซอไรด์อยู่ในไบโอดีเซลในปริมาณสูงกว่าที่กำหนด ส่งผลให้ความหนืดของไบโอดีเซลมีค่าสูง เป็นสาเหตุให้เกิดการอุดตันในหัวฉีดหรือระบบออสซูบของเครื่องยนต์

2. ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณของพลังงานเชื้อเพลิง เมื่อมีค่ามากก็จะให้พลังงานความร้อนมากขึ้นตามไปด้วย ความหนาแน่นของไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน นอกจากนี้ปริมาณเมทานอลที่ตกค้างในไบโอดีเซลยังเป็นสาเหตุให้ความหนาแน่นมีค่าต่ำด้วย

3. ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับการไหล การฉีดเป็นฝอยของหัวฉีดในห้องเผาไหม้ การฉีดเป็นฝอยขนาดเล็กจะทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ ความหนืดของไบโอดีเซลขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

4. จุดวาบไฟ คืออุณหภูมิต่ำสุดเมื่อเปลวไฟผ่านเหนือไอของน้ำมัน แล้วทำให้น้ำมันติดไฟ ปริมาณเมทานอลที่หลงเหลืออยู่ในไบโอดีเซลเป็นสาเหตุให้จุดวาบไฟมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานได้ จุดวาบไฟมีผลต่อการขนส่ง เคลื่อนย้าย และการจัดเก็บ ปริมาณเมทานอลที่ยังคงเหลืออยู่ในไบโอดีเซลในปริมาณมากกว่า 0.2 % ส่งผลให้จุดวาบไฟมีค่าต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส

5. ปริมาณกำมะถัน ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่มีปริมาณกำมะถันต่ำ เนื่องจากน้ำมันมีองค์ประกอบของกำมะถันต่ำกว่า 15 ส่วนในล้านส่วน องค์ประกอบของกำมะถันในน้ำมันเมื่อถูก

เผาไหม้จะเปลี่ยนเป็นแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งถูกปล่อยออกมาพร้อมไอเสียของรถยนต์ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

6. ปริมาณกากถ่าน (ร้อยละ 10 ของกากที่เหลือจากการกลั่น) เป็นค่าที่สัมพันธ์กับปริมาณกลีเซอไรด์ กรดไขมันอิสระ สบู่ ตัวเร่งปฏิกิริยา ที่ยังหลงเหลืออยู่ในไบโอดีเซล หากมีปริมาณกากถ่านสูงกว่าข้อกำหนด แสดงถึงการมีสารต่าง ๆ ที่กล่าวข้างต้นหลงเหลืออยู่ในไบโอดีเซล นอกจากนี้ยังแสดงถึงแนวโน้มของปริมาณกากถ่านที่เหลืออยู่หลังจากการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ กากถ่านมีผลต่อการอุดตันในหัวฉีดหรือที่ลูกสูบ ทำให้กำลังของเครื่องยนต์ลดลง เครื่องยนต์สกปรกและต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องบ่อยครั้ง

7. จำนวนซีเทน แสดงคุณภาพจุดระเบิดของน้ำมัน (Ignition Quality) หรือค่าด้านทานการน็อค น้ำมันที่มีค่าซีเทนสูงจะติดไฟได้ง่าย ส่วนน้ำมันที่มีค่าซีเทนต่ำจะติดไฟได้ยาก น้ำมันที่มีค่าซีเทนต่ำเกินไป เมื่อน้ำมันถูกฉีกเข้าลูกสูบจะต้องใช้เวลาในการอุ่นตัวนานทำให้เกิดการสะสมของน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น และเกิดการลุกไหม้พร้อมกัน เป็นผลให้ความดันในกระบอกสูบมีค่าสูงและกระแทกบนหัวลูกสูบอย่างรุนแรง เกิดเสียงดังขึ้น น้ำมันที่มีค่าซีเทนพอเหมาะจะช่วยให้เครื่องยนต์ติดง่าย เครื่องยนต์เดินเรียบ มีควันและเขม่าน้อยและประหยัดเชื้อเพลิง

8. ปริมาณเถ้าซัลเฟต เป็นค่าที่มีผลต่อการอุดตันในเครื่องยนต์ ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของสารปนเปื้อนในไบโอดีเซล เนื่องจากการตกค้างของสบู่ และตัวเร่งปฏิกิริยา

9. ปริมาณน้ำ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้หัวฉีดอุดตัน เนื่องจากเป็นตัวเร่งให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในถังน้ำมัน นอกจากนี้น้ำในน้ำมันทำให้การเผาไหม้ไม่ดี และยังเป็นสาเหตุให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับเอสเทอร์ เกิดเป็นกรดไขมันอิสระ ซึ่งส่งผลให้เกิดการกัดกร่อนในเครื่องยนต์

10. ปริมาณสิ่งปนเปื้อนทั้งหมด มีผลเสียต่อเครื่องยนต์หลายด้าน เช่น สมบัติด้านความเสถียรของไบโอดีเซลระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลมาจากกระบวนการทรานส์-เอสเทอร์ฟิเคชันและปฏิกิริยาข้างเคียง เช่นปฏิกิริยาการเกิดสบู่ของกรดไขมันอิสระและตัวเร่งปฏิกิริยาเบส, กรดไขมันอิสระ, สารประกอบไฮโดรคาร์บอน, แอลกอฮอล์อย่างแข็ง, สารประกอบแคโรทีน วิตามิน และอื่น ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับสมบัติของวัตถุดิบน้ำมันพืชเริ่มต้น โดยทั่วไปสิ่งปนเปื้อนทั้งหมดจะถูกกำจัดออกจากไบโอดีเซลในขั้นตอนการล้างน้ำ

11. การกัดกร่อนแผ่นทองแดง เป็นค่าที่แสดงถึงการกัดกร่อนของน้ำมันต่อโลหะที่ใช้เป็นส่วนชิ้นในเครื่องยนต์ดีเซล เนื่องจากปริมาณกรด เช่น กรดไขมันอิสระ และสารประกอบซัลเฟตในน้ำมัน ซึ่งค่าการกัดกร่อนนี้มีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์

12. ค่าของกรด เป็นค่าที่แสดงความเป็นกรดในน้ำมันไบโอดีเซล เป็นผลมาจากปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันพืช และปริมาณกรดที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งมีผลต่อการกัดกร่อนในเครื่องยนต์ ทำให้อายุการใช้งานของปั๊มและไส้กรองน้ำมันลดลง

13. ปริมาณกรดไลโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์ เป็นค่าที่แสดงถึงพันธะคู่และความไม่อิ่มตัวของไบโอดีเซล ซึ่งมีแนวโน้มทำให้เกิดการพอลิเมอไรเซชันในเครื่องยนต์ ทำให้เกิดการอุดตัน และการเสื่อมสภาพของน้ำมันเครื่อง ซึ่งปริมาณกรดไลโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์จะขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันพืชที่เลือกมาใช้เป็นวัตถุดิบ

14. ค่าไอโอดีน เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณพันธะคู่ในน้ำมันที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล ค่าไอโอดีนสูง แสดงถึงมีแนวโน้มที่จะเกิดออกซิเดชัน ได้มาก นอกจากนี้ค่าไอโอดีนยังมีความสัมพันธ์กับจุดเกิดหมอก ซึ่งแสดงถึงอุณหภูมิที่น้ำมันเริ่มเกิดไข หรือจับตัวเป็นก้อนแข็ง ไบโอดีเซลที่มีค่าไอโอดีนต่ำจะมีจุดเกิดหมอกสูง ซึ่งมีผลต่อการใช้งานสภาพอากาศเย็น

15. ปริมาณเมทานอล เป็นค่าที่เกี่ยวข้องจุดวาบไฟ เนื่องจากเมทานอลมีจุดวาบไฟต่ำ ถ้ามีเมทานอลปนอยู่ในไบโอดีเซล จะทำให้ไบโอดีเซลมีจุดวาบไฟต่ำลงด้วย ซึ่งมีผลต่อความปลอดภัยในการเก็บรักษา การขนส่งและการนำมาใช้ในเครื่องยนต์ และหากเมทานอลมีค่าความเข้มข้นมากกว่า 5% จะมีผลกระทบต่อค่าซีเทน และความหล่อลื่นของน้ำมัน

16. ปริมาณโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์และไตรกลีเซอไรด์ เป็นค่าที่แสดงถึงคุณสมบัติของปฏิกิริยาในการผลิตไบโอดีเซล ปริมาณโมโนกลีเซอไรด์, ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ที่เหลือจากการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันที่ไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้เกิดการอุดตันบริเวณหัวฉีด กระบอกสูบและวาล์วภายในเครื่องยนต์

17. ปริมาณกลีเซอรินอิสระ คือปริมาณกลีเซอรินที่ยังเหลืออยู่ในไบโอดีเซล เนื่องมาจากการแยกกลีเซอรินไม่สมบูรณ์ ทำให้มีปัญหาการแยกชั้นของกลีเซอรินในการจัดเก็บไบโอดีเซล รวมถึงการสะสมที่บริเวณด้านล่างของถังน้ำมัน กลีเซอรินมีผลต่อการอุดตัน ที่หัวฉีดและระบบลำเลียงน้ำมัน

18. ปริมาณกลีเซอรินทั้งหมด คือปริมาณของกลีเซอรินอิสระ และปริมาณกลีเซอรินในโมเลกุลของ โมโนกลีเซอไรด์, ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ ที่เจือปนในองค์ประกอบไบโอดีเซล ซึ่งเป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันไม่สมบูรณ์ มีผลก่อให้เกิดการอุดตันที่บริเวณหัวฉีดและไส้กรอง และปัญหาการใช้งานในสภาพอากาศเย็น

19. ปริมาณโลหะกลุ่ม 1 (โซเดียมและโพแทสเซียม) และโลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียมและแมกนีเซียม) เป็นค่าที่ได้จากการวัดปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเบส สบู่และโลหะหนักจากน้ำที่ใช้ในขั้นตอนการล้างไบโอดีเซลที่หลงเหลือในผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล นอกจากนี้แคลเซียมยังมีสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดีสำหรับกระบวนการพอลิเมอไรเซชันของเอสเทอร์อีกด้วย

20. ปริมาณฟอสฟอรัส โดยปกติแล้วฟอสฟอรัสเป็นสารปนเปื้อนอยู่ในวัตถุดิบน้ำมันพืช ตั้งแต่เริ่มต้น หากไม่ทำการกำจัดออกจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล จะทำให้ไบโอดีเซลที่ผลิตได้ มีฟอสฟอรัสปนอยู่ด้วย และหากมีปริมาณเกินกว่าที่กำหนด จะทำให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ คตะไลติกส์คอนเวอร์เตอร์ (catalytic converter) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการปล่อยมลพิษ จากการศึกษาพื้นฐานของการปล่อยมลพิษเป็นกฎข้อบังคับมากขึ้น อุปกรณ์คตะไลติกส์คอนเวอร์เตอร์ จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเกิดปฏิกิริยา methanolysis ของน้ำมันถั่วเหลืองกับเมทานอลที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (เมทานอล 6 ส่วนน้ำมันถั่วเหลือง 1 ส่วน) พบว่าเกิดปฏิกิริยาช้ากว่าปฏิกิริยา butanolysis (บิวทานอลต่อน้ำมันถั่วเหลือง) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ประมาณ 15 เท่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลของการแยกเป็น 2 เฟส ทำให้ปฏิกิริยา methanolysis เกิดขึ้นได้ช้าลง ดังนั้น David G.B. Boocock และคณะ (1995) ได้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลโดยปฏิกิริยา methanolysis ระหว่างเมทานอลกับน้ำมันถั่วเหลืองโดยเติมตัวทำละลายร่วมเตตระไฮโดรฟูแรน (THF) 1.25 เท่า ของปริมาตรเมทานอล อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 6:1 ผลการวิจัยพบว่าการเติมตัวทำละลายร่วมทำให้เมทานอลและน้ำมันรวมตัวกันเป็นเฟสเดียวได้เร็วขึ้นส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยา Methanolysis มีค่าใกล้เคียงกับ Butanolysis สำหรับการแยกเฟสระหว่างเมทิลเอสเทอร์กับกลีเซอรอลหลังจากที่เติมตัวทำละลายร่วมลงไปยังเกิดขึ้นตามปกติ ส่วนเตตระไฮโดรฟูแรนสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยการกลั่นแยกหลังจบการทำปฏิกิริยา เนื่องจาก THF มีจุดเดือดใกล้เคียงกับเมทานอล (THF จุดเดือด 67 องศาเซลเซียส เมทานอลจุดเดือด 65 องศาเซลเซียส)

Alamu และคณะ (2008) ได้ศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างน้ำมันเมล็ดในปาล์มกับเอทานอล ในการผลิตไบโอดีเซลโดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ด้วยอัตราส่วนโดยมวลระหว่างเอทานอลต่อน้ำมัน เท่ากับ 0.1, 0.125, 0.15, 0.175, 0.2, 0.225 และ 0.25 ภายใต้ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 120 นาที และใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักน้ำมันเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยได้ร้อยละของเอทิลเอสเทอร์ตามลำดับ ดังนี้ 29.5, 54, 75, 89, 96, 93.5, 87.2 โดยอัตราส่วนโดยมวลที่ทำให้ได้ร้อยละของเอทิลเอสเทอร์มากที่สุดคือเอทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 0.2

Encinar และคณะ (2007) ได้ศึกษาการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันคาโนลากับเอทานอล โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ภาวะที่ใช้ในการทดลอง คือ อุณหภูมิ 25-75 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อย

ละ 0.25-1.5 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนโดยโมลของเอทานอลต่อน้ำมัน 3:1 – 15:1 โดยใช้ น้ำมัน 200 กรัม เวลาทำปฏิกิริยา 120 นาที ตลอดจนการทดลองควบคุมตัวแปรทั่วไปให้เหมือนกันหมด วิเคราะห์ความเข้มข้นของเอสเทอร์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี และทดสอบสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ ได้แก่ ความหนืด ความหนาแน่น ค่าความร้อน ค่าซีเทน จุดหมอก จุดไหลเท จุดวาบไฟ จุดเผาไหม้ และค่าอุณหภูมิการกลั่น พบว่าภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองนี้คือ อัตราส่วนโดยโมลของเอทานอลต่อน้ำมัน 12:1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เอทิลเอสเทอร์ที่ได้มีลักษณะสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล

Darnoko และคณะ (2000) ศึกษาการเตรียมเมทิลเอสเทอร์จากการทำปฏิกิริยาทรานส์-เอสเทอร์ฟิเคชันจากน้ำมันปาล์มกับเมทานอล โดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 50, 55, 60, 65 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันปาล์ม 6:1 วิเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ มอนอกลิเซอไรด์ เมทิลเอสเทอร์และกลีเซอรอล โดยวิธี Gel Permeation Chromatography ผลการทดลองพบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจนกระทั่งอุณหภูมิมีค่า 60 องศาเซลเซียส อัตราการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และมอนอกลิเซอไรด์ คือ 0.018-0.191 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อเวลาที่ ค่าพลังงานกระตุ้นของไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์และมอนอกลิเซอไรด์คือ 14.7, 14.2 และ 6.4 กิโลแคลอรี/โมลตามลำดับ ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักเป็นค่าที่เหมาะสม

Zhou และคณะ (2003) ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อปฏิกิริยาเอทานอลิซิส (ethanolysis) ของน้ำมันดอกทานตะวันและน้ำมันคาโนลา โดยใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วม พบว่าที่อัตราส่วนระหว่างเอทานอลต่อน้ำมันเป็น 25 และการเติมตัวทำละลายร่วมในปริมาณที่เหมาะสม ให้ปริมาณเอทิลเอสเทอร์ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบชนิดแอลกอฮอล์ระหว่างเมทานอล, เอทานอล และบิวทานอล พบว่าเมทานอลให้ผลได้เอสเทอร์ร้อยละ 99.4 ส่วนเอทานอลและบิวทานอลให้ผลได้เอสเทอร์ร้อยละ 98.5 และ 98 ตามลำดับ เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทำให้ปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุลเร็วกว่าการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักถึง 15 นาที และเมื่อใช้อุณหภูมิการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุลภายใน 2 นาที ส่วนอุณหภูมิการทำปฏิกิริยาที่ 23 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุลภายใน 6 ถึง 7 นาที

Leung และ Guo (2006) ได้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบส 3 ชนิดได้แก่โซเดียมไฮดรอกไซด์, โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมเมทอกไซด์ โดยใช้น้ำมันคาโนลาและน้ำมันใช้แล้ว พบว่าสำหรับปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันใช้แล้วที่มีค่าความเป็นกรด 2 และความหนืด 35 cSt กับเมทานอล ใช้อุณหภูมิทำปฏิกิริยาเท่ากับ 60

องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.1 โดยน้ำหนักน้ำมัน อัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 7:1 เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยได้ร้อยละเอสเทอร์เท่ากับ 88.8 สำหรับน้ำมันคาโนลาคุณภาพที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 40-45 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักน้ำมัน และอัตราส่วนระหว่าง เมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 6:1 เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยได้ร้อยละเอสเทอร์ 93.5 และโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ให้ร้อยละเอสเทอร์สูงสุด

Stamenkovic และคณะ (2007) ได้ศึกษาผลของอัตราการกวนในปฏิกิริยา methanolysis ของน้ำมันดอกทานตะวันกับเมทานอล ที่มีผลต่อขนาดหยด (drop size), การกระจายของหยด (Drop size distribution) และร้อยละผลได้ (Conversion) ในกรณีที่ไม่มีเกิดปฏิกิริยา (น้ำมันดอกทานตะวันผสมกับเมทานอล) และกรณีเกิดปฏิกิริยา (น้ำมันดอกทานตะวันผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และเมทานอล) ผลการทดลองพบว่า การกระจายของหยดจะแคบลง และขนาดหยดจะลดลงเมื่ออัตราการกวนเพิ่มขึ้น และในระหว่างการเกิดปฏิกิริยา methanolysis ขึ้นช้า (ขณะเริ่มต้น) (mass transfer controlled) ขนาดของหยดจะคงที่ ต่อจากนั้นขนาดหยดจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อปฏิกิริยาอยู่ในขั้นเร็ว ซึ่งจากการทดลองพบว่าที่อัตราการกวนสูงทำให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น เนื่องจากพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเมทานอลและน้ำมันเพิ่มขึ้น

Guan และคณะ (2009) ศึกษาการสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันดอกทานตะวัน โดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา คุณภาพการทำปฏิกิริยา 25 องศาเซลเซียส ตัวทำละลายร่วม ได้แก่ ไดเมทิลอีเธอร์ ไดเอทิลอีเธอร์ เทอร์เทียรีบิวทิลเมทิลอีเธอร์ และเตตระไฮโดรฟูแรน ผลการทดลองพบว่า การเติมตัวทำละลายร่วมสามารถเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันได้ โดยที่อัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 6 น้ำมันดอกทานตะวันสามารถเกิดปฏิกิริยาเป็นไบโอดีเซลได้เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 20 นาที ขณะที่กรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเพียง 78 เปอร์เซ็นต์ในเวลาเท่ากัน ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดไบโอดีเซลในแต่ละตัวทำละลายร่วม คือ อัตราส่วนโดยโมลที่น้อยที่สุดระหว่างตัวทำละลายร่วมกับเมทานอล ซึ่งทำให้ เมทานอลกับน้ำมันละลายเป็นเฟส (phase) เดียวกัน

Shi และคณะ (2008) ได้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเรพ โดยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย เพื่อเอากรดไขมันอิสระ และสิ่งเจือปนต่างๆ ที่อยู่ในน้ำมันออกก่อน ซึ่งสารเหล่านี้จะถูกสกัดออกโดยใช้ตัวทำละลายที่มีขั้ว ซึ่งประกอบด้วยเมทานอล, น้ำและโซเดียมไฮดรอกไซด์ กับตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วคือเฮกเซน เมื่อสกัดสารต่างๆ ออกแล้วน้ำมันที่มีเฮกเซนละลายอยู่จะถูกนำไปทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งเฮกเซนทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายร่วม และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลและน้ำมันเป็น 9 โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.1 โดยมวลของน้ำมัน เวลาในการ

ทำปฏิกิริยา 120 นาที ที่อุณหภูมิ 55 -60 องศาเซลเซียสเป็นค่าที่เหมาะสม ทำให้ได้ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ 98.2 โดยการเติมตัวทำละลายเฮกเซนจะช่วยให้การล้างไบโอดีเซลทำได้ง่ายขึ้นและสามารถลดปริมาณน้ำที่ใช้ล้างไบโอดีเซลได้ร้อยละ 40 ทั้งนี้เนื่องจากการเติมเฮกเซนเป็นตัวทำละลายร่วมทำให้ความหนืดของเมทิลเอสเทอร์ลดลงส่งผลให้ล้างน้ำได้ง่ายขึ้น

Caglar 2007 ซึ่งได้ศึกษาปริมาณของเตตระไฮโดรฟูแรนที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันระหว่างน้ำมัน Colza และเมทานอล โดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 10 นาที โดยผลจากการวิเคราะห์อัตราส่วนโดยปริมาตรน้ำมันต่อเตตระไฮโดรฟูแรนเป็น 1:0.5 เป็นค่าที่ให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุดเท่ากับ 99.89

ชาคริตและคณะ (2545) ศึกษาการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากไขปาล์มสเตียริน โดยใช้กระบวนการแบบกะขนาดการผลิตครั้งละ 1 ตัน โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิการทำปฏิกิริยา 65 องศาเซลเซียส อัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อไขปาล์มสเตียรินเป็น 16 18 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่า ร้อยละผลได้ (yield) ของเมทิลเอสเทอร์อยู่ในช่วง 95 ถึง 97 โดยอัตราส่วนเมทานอลต่อไขปาล์มสเตียริน 16 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ให้เมทิลเอสเทอร์ที่มีค่าความหนืด จุดขุ่นและจุดไหลเทสูงกว่าเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากอัตราส่วนเมทานอลต่อไขปาล์มสเตียริน 18 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เนื่องจากเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากอัตราส่วนเมทานอลต่อไขปาล์มสเตียริน 16 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีปริมาณโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์สูงกว่า

เพียงพิศ วงศ์มณีนิล และคณะ (2548) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันทอดใช้แล้วโดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ทำการทดลองที่สภาวะของโซเดียมไฮดรอกไซด์มากเกินไปร้อยละ 0.25 ถึง 0.75 ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 30 ถึง 120 นาที สัดส่วนโดยโมลของน้ำมันทอดใช้แล้วต่อเมทานอล 1:3 ถึง 1:12 รวมถึง การศึกษาการใช้ตัวทำละลายร่วมในการสังเคราะห์โดยใช้สัดส่วนของเมทานอลต่อเตตระไฮโดรฟูแรน (ตัวทำละลายร่วม) ที่ 1:1.6 การสังเคราะห์ด้วยกระบวนการสองปฏิกิริยา และศึกษาสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลชีวภาพที่สังเคราะห์ได้ จากผลการทดลองพบว่าร้อยละของโซเดียมไฮดรอกไซด์มากเกินไป และอัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันทอดใช้แล้วต่อเมทานอล มีผลต่อการเกิดร้อยละเมทิลเอสเทอร์ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ซึ่งได้ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์สูงสุด 78.90 และ 77.02 ตามลำดับ โดยความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ 0.55% ส่วนเวลาในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันพบว่า มีผลต่อการเกิดร้อยละเมทิลเอสเทอร์ค่อนข้างน้อยในช่วงของการทดลองนี้ สำหรับการใช้ตัวทำละลายร่วมในปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันทำให้อัตราส่วนของเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้น เมื่อทดสอบสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลชีวภาพที่สังเคราะห์

ได้ พบว่าอยู่ในมาตรฐานน้ำมันดีเซลชีวภาพ โดยค่าความหนืด, จุดวาบไฟ และดัชนีซีเทนของน้ำมันดีเซลชีวภาพที่สังเคราะห์ได้จากน้ำมันทอดใช้แล้วมีค่า 6.32 ตารางมิลลิเมตรต่อวินาที, 167 องศาเซลเซียส และ 44 ตามลำดับ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1. รูปแบบการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงการทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์จากไซปาล์มสเตียร์น ในกระบวนการแบบกะด้วยวิธีทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธ์ชนิดเบส (โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์) พร้อมทั้งวิเคราะห์ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้

3.2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- 1 บีกเกอร์ (beaker) ขนาด 50, 100, 600 และ 1000 มิลลิลิตร
- 2 กระบอกลม (Cylinder)
- 3 แท่งแก้ว (stick glass)
- 4 ช้อนตักสาร (spatula)
- 5 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water Bath)
- 6 ใบพัดกวนแบบ Three blade paddle
- 7 มอเตอร์กวนแบบปรับความเร็วรอบได้ (Variable speed motor)
- 8 กรวยแยก (Funnel)
- 9 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
- 10 เครื่องให้ความร้อน (Hotplate)
- 11 เครื่องชั่งน้ำหนัก (Scale)
- 12 ขวดขนาด 20 มิลลิลิตร สำหรับเก็บสารตัวอย่าง
- 13 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatograph)

3.3 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1. Methanol, Analytical grade : Merk
2. Potassium hydroxide, Analytical grade : Carlo Erba
3. Tetrahydrofuran, Analytical grade : QReC
4. Hexane, Analytical grade : Mallinck rodt

5. Sulfuric acid, Analytical grade : J.T.Baker

6. Distillated water

7. Universal indicator

3.4 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ที่นำมาใช้งานวิจัยนี้เป็นไฮปาล์มสเตียรีน ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท โอดีน จำกัด ไฮปาล์มสเตียรีนมีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว

3.5 ขั้นตอนการวิจัย

3.5.1 วิเคราะห์คุณสมบัติของสารตั้งต้น

1) ค่าปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid content)

2) ค่าไอโอดีน (Iodine Value)

3) ค่าความชื้นและสิ่งเจือปน

4) จุดหลอมเหลว

5) ชนิดและปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty acid Composition) ตามมาตรฐาน AOAC969.33, AOAC991.39 (2005)

คุณสมบัติไฮปาล์มสเตียรีนได้จากบริษัทผู้ผลิตไฮปาล์มสเตียรีน ยกเว้นข้อ 5 ส่งวิเคราะห์ที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

3.5.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1) ให้ความร้อนแก่ไฮปาล์มสเตียรีนประมาณ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 60 นาที เพื่อให้ไฮปาล์มสเตียรีนละลายเป็นน้ำมันปาล์มสเตียรีนและเพื่อกำจัดน้ำ (ใช้น้ำมันปาล์ม 100 กรัม)

2) นำตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 เมื่อเทียบกับน้ำหนักน้ำมันละลายในเมทานอล (ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัม, เมทานอล 46.21 กรัม สำหรับกรณีที่ใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 12)

3) นำน้ำมันจากข้อ 1) เทลงปิกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตรและนำมาให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) จนอุณหภูมิของน้ำมันอยู่ที่ 55 และ 60 องศาเซลเซียส ติดตั้งใบกวนและกวนด้วยความเร็วรอบ 200, 250, 400 และ 550 รอบต่อนาที ต่อจากนั้นเติมตัวทำละลายร่วมลงไปน้ำมัน (กรณีใช้ตัวทำละลายร่วมในการทดลอง) นำเมทานอลที่มีโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ละลายอยู่เทลงในน้ำมันที่เตรียมไว้และเริ่มจับเวลาในการทำปฏิกิริยา

4) หลังจากปฏิกิริยาลิ้นสุดเติมกรดซัลฟิวริกลงไปเพื่อสะเทินเบสที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยา และเพื่อสลายสบู่ ซึ่งมีสาเหตุมาจากกรดไขมันทำปฏิกิริยากับตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส ต่อจากนั้นเทน้ำมันที่ได้ลงกรวยแยก

5) ทิ้งให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์ระหว่างเมทิลเอสเทอร์กับกลีเซอรอลเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แสดงดังรูป 3.1

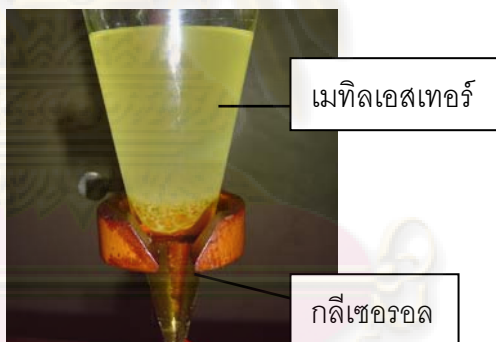
6) น้ำมันที่แยกสองชั้นแล้วให้นำเฉพาะส่วนบน (เมทิลเอสเทอร์) ไปกลั่นเมทานอลที่เหลือจากปฏิกิริยาและตัวทำละลายร่วมออกที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส

7) นำเมทิลเอสเทอร์ไปล้างด้วยน้ำกลั่นเพื่อกำจัดเบส, เมทานอล, ตัวทำละลายร่วม และกลีเซอรอลที่เหลือออก

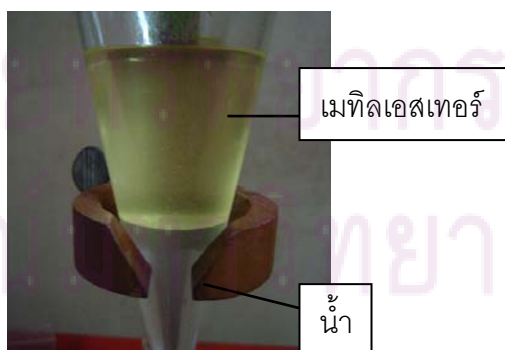
8) เทเมทิลเอสเทอร์และน้ำลงกรวยแยกและตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น ต่อจากนั้นล้างน้ำต่อจนกระทั่งน้ำที่ล้างเป็นกลาง (น้ำมีลักษณะใส) แสดงดังรูป 3.2

9) กำจัดน้ำออกโดยนำเมทิลเอสเทอร์ไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

10) กรองเมทิลเอสเทอร์ที่ได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และเก็บสารตัวอย่างประมาณ 5 มิลลิลิตรเพื่อนำไปตรวจหาองค์ประกอบของเอสเทอร์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี



รูปที่ 3.1 ลักษณะการแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเทอร์และกลีเซอรอล



รูปที่ 3.2 ลักษณะการแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเทอร์และน้ำ

3.5.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบของเมทิลเอสเทอร์

เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography: GC) เป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์หาชนิดและปริมาณขององค์ประกอบต่าง ๆ ในสารตัวอย่าง โดยสารตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ต้องสามารถกลายเป็นแก๊สได้ เมื่อสารนั้นถูกเปลี่ยนให้อยู่ในสถานะแก๊สแล้ว สารเหล่านั้นจะผ่านเข้าไปยังคอลัมน์ที่บรรจุด้วยเฟสคงที่ (stationary phase) โดยอาศัยการพาไปของเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) หรือแก๊สตัวพา (carrier gas) องค์ประกอบต่าง ๆ ในสารตัวอย่างจะเกิดการแยกขึ้น ซึ่งเครื่อง GC ในการวิเคราะห์หาชนิดและองค์ประกอบเมทิลเอสเทอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือรุ่น GC-2010 จากบริษัท Shimadzu ใช้ Capillary column รุ่น DB-Wax จากบริษัท J&W Scientific ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.32 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตร สามารถใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิ 20-250 องศาเซลเซียส ใช้ดีเทคเตอร์ชนิด FID (Flame ionization detector) โดยภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ภาวะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีในการวิเคราะห์องค์ประกอบของเมทิลเอสเทอร์

Condition	Value
Carrier gas (He) flow rate	30 mL/min
Detector temperature (FID)	250 °C
Split ratio	1 : 25
Injection part temperature	220 °C
Inject volume	1 µL
Column temperature	210 °C
Holding time	30 min

การวิเคราะห์ปริมาณเมทิลเอสเทอร์จะใช้มาตรฐาน EN14103:2003 ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ได้ถูกต้องและแม่นยำ โดยใช้ methyl heptadecanoate ($C_{18}H_{36}O_2$) เป็น Internal standard และใช้นอร์มอลเฮปเทน ($n-C_7H_{16}$) เป็นตัวทำละลาย ตัวอย่างการคำนวณปริมาณเมทิลเอสเทอร์แสดงในภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ปริมาณเมทิลเอสเทอร์แสดงในภาคผนวก ค โดยการวิเคราะห์ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ทั้งหมด ส่งวิเคราะห์ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.5.4 การวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของผลิตภัณฑ์จะวิเคราะห์เฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสภาวะที่เหมาะสมในการทดลอง โดยทำการวิเคราะห์ดังนี้

1. ค่าความหนาแน่น ตามมาตรฐาน ASTM D 1298
2. ค่าความหนืด ตามมาตรฐาน ASTM D445
3. จุดวาบไฟ ตามมาตรฐาน ASTM D93
4. ค่าของกรด ตามมาตรฐาน ASTM D 664

คุณสมบัติไบโอดีเซลที่ได้ที่ส่งวิเคราะห์ได้ส่งวิเคราะห์ที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 สมบัติของไขปาล์มสเตียริน

4.1.1 สมบัติทางกายภาพและเคมี

ผลการวิเคราะห์สมบัติของไขปาล์มสเตียริน (palm stearin) แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติของไขปาล์มสเตียรินที่ใช้ในการทดลอง

Properties	Palm stearin
Free fatty acid (%) (as palmitic acid)	0.04
Moisture content (%)	0.03
Peroxide value (meq O ₂ /kg)	0.57
Slip point (°C)	54
Iodine value (g I ₂ / 100 g oil)	82.86

4.1.2 องค์ประกอบของกรดไขมัน

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันโดยเฉลี่ยของไขปาล์มสเตียริน จากการส่งวิเคราะห์ที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) โดยใช้มาตรฐานการวิเคราะห์ AOAC 969.33, AOAC 991.39 (2005) พบว่าองค์ประกอบหลักของไขปาล์มสเตียรินคือกรดปาล์มิติก (C16:0) มีร้อยละโดยน้ำหนักมากที่สุดคือ 63.7 รองลงมาคือกรดโอเลอิก (C18:1) มีร้อยละโดยน้ำหนักคือ 24 โดยร้อยละของกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) รวม 70.7 และมีร้อยละกรดไขมันไม่อิ่มตัวรวม 29.3 จากปริมาณองค์ประกอบกรดไขมันที่ได้สามารถคำนวณน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของไขปาล์มสเตียรินได้ 831.98 กรัม/โมล รายละเอียดการคำนวณได้จากภาคผนวก ก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ชนิดและองค์ประกอบกรดไขมันในไขปาล์มสเตียรินที่ใช้ในการทดลอง

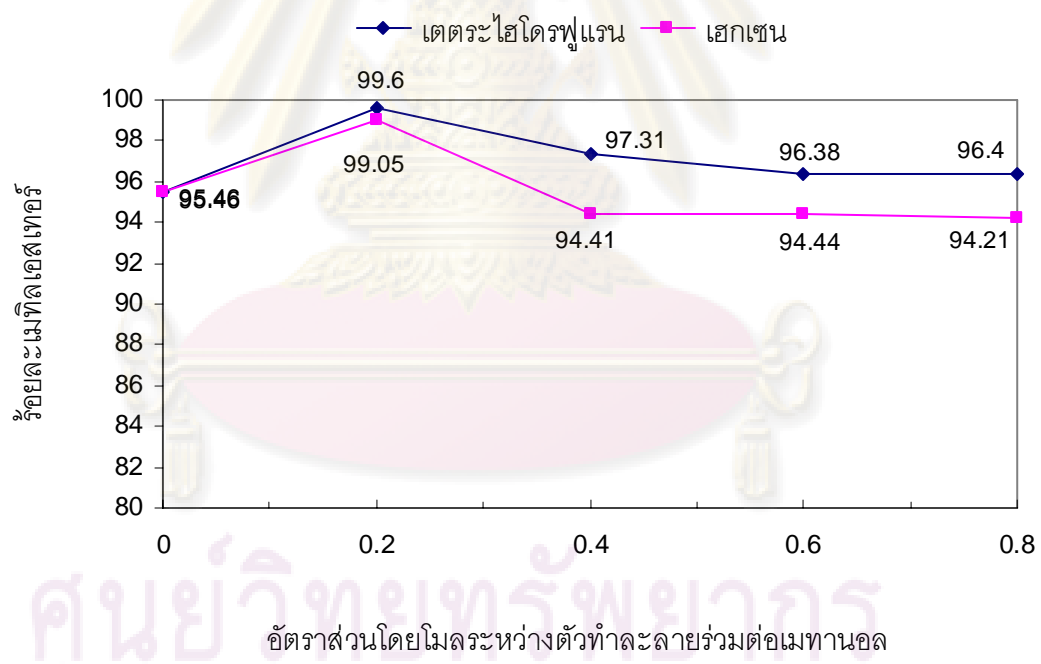
กรดไขมันอิสระ	น้ำหนักโมเลกุล	% โดยน้ำหนัก
C12:0 Lauric acid	200	0.3
C14:0 Myristic acid	228	1.2
C15:0 Pentadecanoic acid	242	0.1
C16:0 Palmitic acid	256	63.7
C17:0 Margaric acid	270	0.1
C18:0 Stearic acid	284	4.9
C20:0 Arachidic acid	312	0.3
C24:0 Lignoceric acid	368	0.1
Saturated		70.7
C16:1 Palmitoleic acid	254	0.1
C18:1 Oleic acid	282	24
C18:2 Linoleic acid	280	5
C18:3 α -Linolenic acid	278	0.1
C20:1 Gondoic acid	310	0.1
Unsaturated		29.3
Total fatty acid composition		100
Molecular weight		831.98

4.2 อิทธิพลของปริมาณตัวทำละลายร่วม

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างแอลกอฮอล์, ตัวเร่งปฏิกิริยา และน้ำมันซึ่งแยกชั้นกัน การเติมตัวทำละลายร่วมลงไปในปฏิกิริยาจะช่วยให้น้ำมันและแอลกอฮอล์ละลายเป็นเนื้อเดียวกันอย่างรวดเร็ว ข้อดีของการใช้ตัวทำละลายร่วมคือสามารถลดความเร็วรอบการกวนและเวลาในการทำปฏิกิริยาได้ จึงช่วยลดต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซล โดยตัวทำละลายร่วมที่ดีที่สุดจะละลายได้ดีทั้งในแอลกอฮอล์และในน้ำมันที่ใช้ในการทดลอง ข้อดีอีกประการของตัวทำละลายร่วมคือ ตัวทำละลายร่วมที่ใช้มีความหนืดน้อยกว่าน้ำมันประมาณ 2-3 เท่า ดังนั้นการใช้ตัวทำละลายร่วมจะช่วยให้การผสมดีขึ้น เนื่องจากสารตั้งต้นมีความหนืดลดลง

แม้ว่าตัวทำละลายร่วมมีข้อดีในการช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้นแต่ก็มีข้อเสียในกรณีที่เติมตัวทำละลายร่วมมากหรือน้อยเกินไป เนื่องจากหลังจากปฏิกิริยาสิ้นสุด ตัวทำละลายร่วมจะผสมอยู่กับเมทิลเอสเทอร์ กลีเซอริน และเมทานอลที่เหลือ จึงจำเป็นต้องกลั่นแยกตัวทำละลายร่วมและเมทานอลออก ซึ่งถ้าใช้ตัวทำละลายร่วมมากทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและเวลาในการกลั่น แต่ถ้าเติมน้อยเกินไปก็ไม่ช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น สำหรับการเลือกตัวทำละลายร่วมที่ดีควรมีจุดเดือดใกล้เคียงกับเมทานอล เพื่อให้สามารถกลั่นตัวทำละลายร่วมและเมทานอลที่เหลือกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งเตตระไฮโดรฟูแรนมีจุดเดือด 66 องศาเซลเซียส เฮกเซนมีจุดเดือด 68 องศาเซลเซียส ส่วนเมทานอลมีจุดเดือด 64.7 องศาเซลเซียส ดังนั้นตัวทำละลายร่วมทั้งสองชนิดมีจุดเดือดที่เหมาะสม

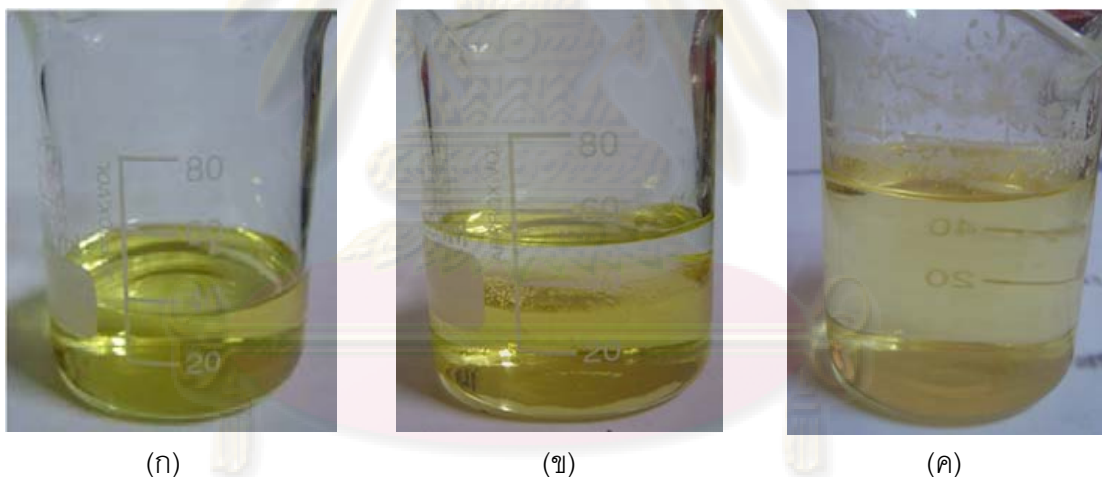
รูปที่ 4.1 แสดงอิทธิพลของปริมาณตัวทำละลายร่วมที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อร้อยละเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่างตัวทำละลายร่วมต่อเมทานอลเป็น 0 (ไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม), 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 12 ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 10 นาที ความเร็วรอบกวน 400 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.1 อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโดยโมลระหว่างตัวทำละลายร่วม (เตตระไฮโดรฟูแรนและเฮกเซน) ต่อเมทานอลที่มีผลต่อร้อยละเมทิลเอสเทอร์

จากรูปที่ 4.1 พบว่า กรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ 95.46 เมื่อเติมตัวทำละลายร่วมทั้งเฮกเซนและเตตระไฮโดรฟูแรนที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างตัวทำละลายร่วมต่อเมทานอลเป็น 0.2 ช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น โดยตัวทำละลายร่วมเตตระไฮโดรฟูแรนให้ร้อยละ

เมทิลเอสเทอร์สูงสุดคือ 99.6 ส่วนการใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายร่วมให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ 99.05 การใช้ตัวทำละลายร่วมเตตระไฮโดรฟูแรนที่อัตราส่วน 0.4, 0.6 และ 0.8 ให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงกว่ากรณีไม่เติมตัวทำละลายร่วม ส่วนการใช้เฮกเซนที่อัตราส่วน 0.4, 0.6 และ 0.8 ให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ใกล้เคียงกับกรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม ทั้งนี้เนื่องจากเฮกเซนไม่มีขั้วจึงช่วยให้เมทานอลซึ่งมีขั้วและน้ำมันซึ่งไม่มีขั้วละลายเข้ากันได้ไม่ดีมากนัก ส่วนการเติมเฮกเซนในปริมาณมากเกินไป ทำให้ปฏิกิริยาเกิดลดลงเนื่องจากการเจือจางสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยา ส่งผลให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ยกเว้นการเติมเฮกเซนที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเฮกเซนต่อเมทานอลเป็น 0.2 ช่วยให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่ช่วยให้เมทานอลและน้ำมันละลายเข้ากันได้ดีขึ้น ส่วนการใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วม ทำให้น้ำมันและเมทานอลละลายเป็นเนื้อเดียวกันในทันทีที่ผสมกัน ดังรูปที่ 4.2(ค) ทั้งนี้เนื่องจากเตตระไฮโดรฟูแรนเป็นอีเธอร์โมเลกุลเล็กที่โมเลกุลมีทั้งส่วนที่มีขั้วและไม่มีขั้ว จึงละลายได้ดีทั้งกับน้ำมันและเมทานอล ทำให้สามารถขจัดปัญหาการแยกเป็นสองเฟสระหว่างน้ำมันและเมทานอลได้ ส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น

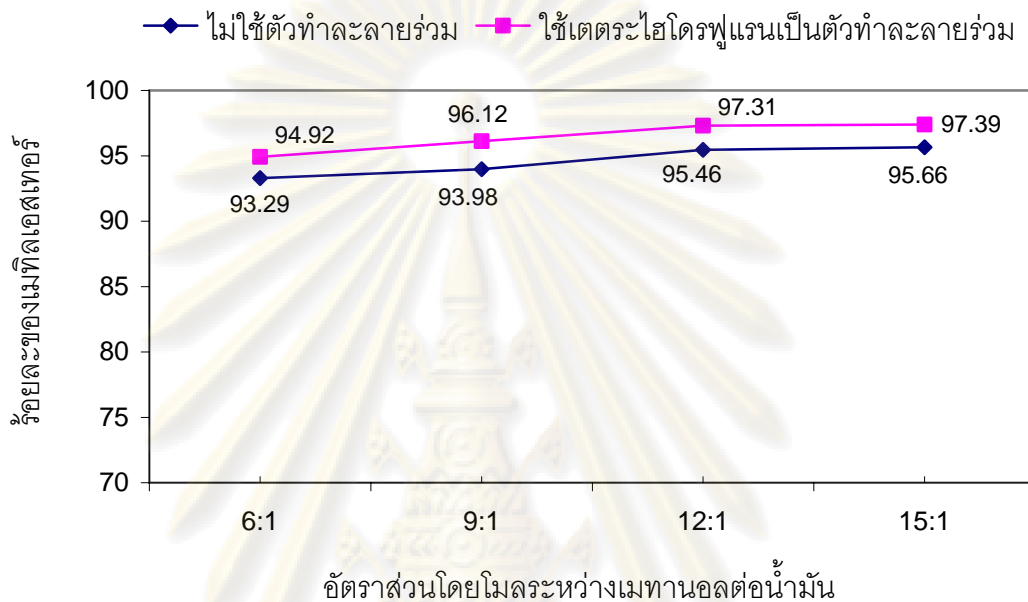


รูปที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของ (ก) ปาล์มสเตียรีน (ข) ปาล์มสเตียรีนผสมเมทานอล และ (ค) ปาล์มสเตียรีนผสมเมทานอลโดยมีเตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วม

4.3 อิทธิพลของอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อไฮปาล์มสเตียรีน

อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลกับน้ำมันเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับอัตราการเกิดเมทิลเอสเทอร์ จากการคำนวณสารสัมพันธ์ของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันต้องการ แอลกอฮอล์ 3 โมล และไตรกลีเซอไรด์ 1 โมล เพื่อให้ได้เอสเทอร์ของกรดไขมัน 3 โมล กับกลีเซอรอล 1 โมล เนื่องจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้จึงต้องใช้ปริมาณแอลกอฮอล์มากเกินไปเพื่อผลักดันไปสู่ข้างหน้า ดังนั้นในการทดลองจึงทำการศึกษา

อัตราส่วนโดยโมลที่ 6:1, 9:1, 12:1, 15:1 ที่อุณหภูมิคงที่ 60 องศาเซลเซียส ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ความเร็วรอบกวน 400 รอบต่อนาที เวลาในการทำปฏิกิริยา 10 นาที แล้วทำการวิเคราะห์ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ที่ได้ เปรียบเทียบกันระหว่างกรณีที่ใช้ตัวทำละลายร่วมเตตระไฮโดรฟูแรนที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเตตระไฮโดรฟูแรนต่อเมทานอลเป็น 0.4 กับกรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันที่มีผลต่อ ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ กรณีที่ไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมและกรณีใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วม

จากผลการทดลองพบว่า กรณีที่อัตราส่วนของเมทานอลมากขึ้นทำให้ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีในสมการที่ 2.2 อีกทั้งเมื่อปริมาณเมทานอลเพิ่มขึ้นทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเมทานอลและไตรกลีเซอไรด์เพิ่มขึ้น เมทานอลและไตรกลีเซอไรด์จึงสามารถเข้าทำปฏิกิริยากันได้มากขึ้น ส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้นด้วยเช่นกัน สำหรับกรณีที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลมีค่าเกิน 12:1 ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์จะเริ่มคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากเมทานอลที่มากเกินไป ทำให้การแยกชั้นของกลีเซอรอลกับเมทิลเอสเทอร์เกิดได้ยากขึ้น เนื่องจากเมทานอลทำให้เมทิลเอสเทอร์และกลีเซอรอลละลายเข้าด้วยกัน จึงทำให้มีกลีเซอรอลหลงเหลืออยู่ในชั้นของเมทิลเอสเทอร์ เมื่อนำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี จึงส่งผลให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์คงที่ อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้อัตราส่วนโดยโมลที่ทำให้ได้ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์สูงสุดในกรณีที่ไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมคือ 15:1 ได้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 95.66

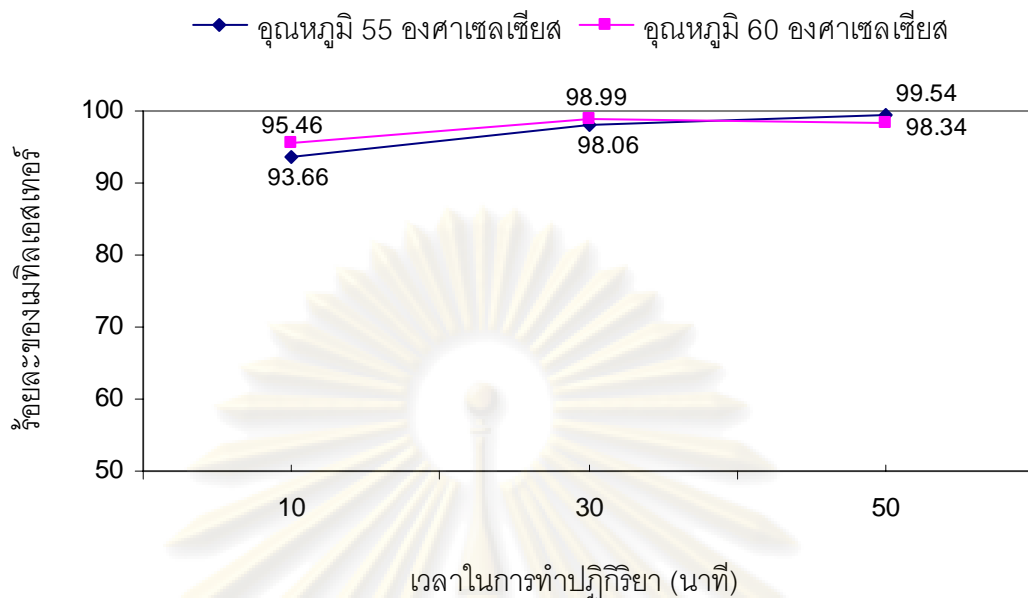
สำหรับผลการเติมตัวทำละลายร่วมเตตระไฮโดรฟูแรนที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเตตระไฮโดรฟูแรนต่อเมทานอลเป็น 0.4 พบว่าร้อยละของเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นจากกรณีที่ไม่เติมตัวทำละลายร่วม ในทุกอัตราส่วนด้วยค่าใกล้เคียงกัน คือประมาณร้อยละ 1.6 ถึง 2 ทั้งนี้เนื่องจากตัวทำละลายร่วมทำหน้าที่ช่วยให้น้ำมัน เมทานอลและตัวเร่งปฏิกิริยาละลายเป็นเฟสเดียวกันเร็วขึ้น ทำให้สารตั้งต้นสามารถเข้าทำปฏิกิริยากันได้ดี ส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น ซึ่งแตกต่างจากกรณีไม่เติมตัวทำละลายร่วม ที่น้ำมันและเมทานอลแยกชั้นออกจากกัน จึงต้องใช้เวลาในการทำปฏิกิริยามากขึ้น เพื่อให้ได้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์เท่ากับกรณีเติมตัวทำละลายร่วม โดยพบว่าที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลและน้ำมันเป็น 15:1 ใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วมให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุดคือ 97.39

4.4 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันพืชที่ใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำที่อุณหภูมิใกล้เคียงจุดเดือดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ทำปฏิกิริยา ซึ่งเมทานอลมีจุดเดือด 64.7 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิในการทดลองจึงไม่ควรเกินจุดเดือดของเมทานอล ซึ่งถ้าทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิเกินจุดเดือดของเมทานอล เมทานอลส่วนหนึ่งจะระเหยออกไปก่อนการเกิดปฏิกิริยา

การศึกษาค่าอิทธิพลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันคงที่ที่ 12:1 ใช้ปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากจุดหลอมเหลวของโซปาล์มสเตียรีนมีค่า 54 องศาเซลเซียส ส่วนจุดเดือดของเมทานอลมีค่า 64.7 องศาเซลเซียส จึงจำเป็นต้องทดลองที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 10, 30 และ 50 นาที ความเร็วรอบกวน 250 รอบต่อนาที ผลการทดลองกรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมแสดงดังรูป 4.4

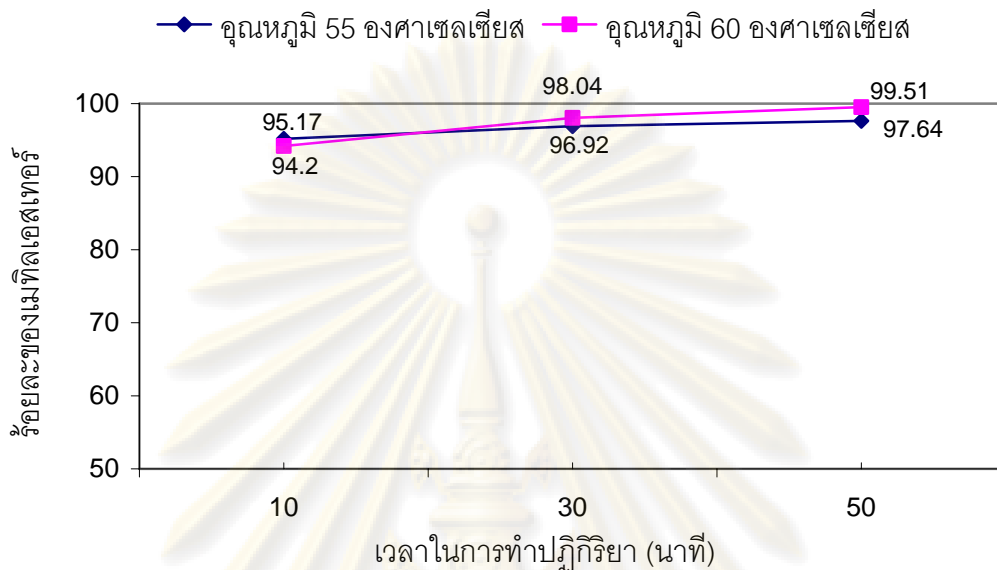
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อร้อยละเมทิลเอสเตอร์ กรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม

จากรูปที่ 4.4 พบว่าอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ 60 องศาเซลเซียสจะให้ร้อยละเมทิลเอสเตอร์สูงกว่าที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 30 นาทีแรก เนื่องจากการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น แต่เมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยาเป็น 50 นาที อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55 องศาเซลเซียสและ 60 องศาเซลเซียส จะให้ร้อยละเมทิลเอสเตอร์ใกล้เคียงกัน เนื่องจากปฏิกิริยาเริ่มเข้าสู่สมดุลตั้งแต่วเวลาในการทำปฏิกิริยาเป็น 30 นาที เมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยามากกว่า 30 นาที ร้อยละของเมทิลเอสเตอร์จะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิและเวลาในการทำปฏิกิริยามีความสัมพันธ์กันคือ กรณีที่ใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียสปฏิกิริยาจะเริ่มเข้าสู่สมดุลได้เร็วกว่ากรณีใช้อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แต่การใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55 องศาเซลเซียส สามารถทำปฏิกิริยาได้ร้อยละเมทิลเอสเตอร์ใกล้เคียงกับที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสได้เช่นกัน แต่ต้องใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานขึ้น โดยจากรูปที่ 4.4 ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 50 นาที ให้ร้อยละเมทิลเอสเตอร์สูงสุดคือ 99.54 เวลาช่วงที่เกิดปฏิกิริยาเร็วและเวลาที่ปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Darnoko (2000) ที่ได้ทดลองการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอร์ฟิเคชันและใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิในการทดลอง 50 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 90 นาที พบว่าช่วง 5 นาทีแรกเป็นช่วงที่ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ปริมาณไตรกลีเซอไรด์จะลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนปริมาณไดกลีเซอไรด์จะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกับโมโนกลีเซอ-

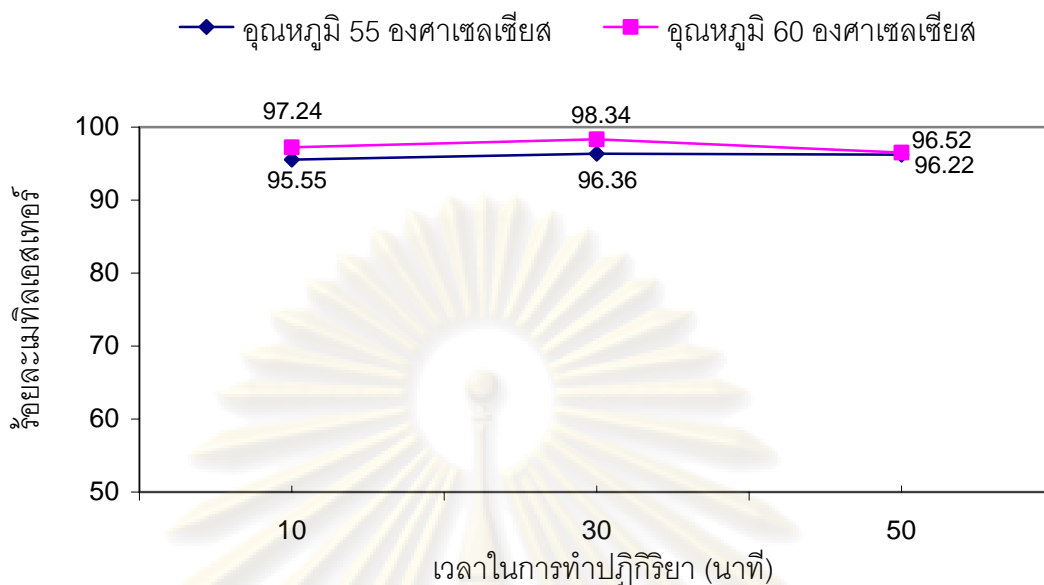
ไรต์ อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเริ่มช้าลงเมื่อเวลามากกว่า 10 นาที ซึ่งจะเห็นได้จากร้อยละเมทิลเอสเทอร์จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง และปฏิกิริยาจะเข้าสู่สมดุลเมื่อเวลา 60 นาที เมื่อเวลามากกว่า 60 นาที ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์จะคงที่เนื่องจากปริมาณสารตั้งต้นเหลือน้อย



รูปที่ 4.5 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อร้อยละเมทิลเอสเทอร์ กรณีใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายร่วม

รูปที่ 4.5 แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อร้อยละเมทิลเอสเทอร์ กรณีใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายร่วมที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเฮกเซนต่อเมทานอลเป็น 0.4 ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ความเร็วรอบกวน 250 รอบต่อนาที อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันคงที่ที่ 12:1

จากรูปที่ 4.5 พบว่าที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียสและเวลาในการทำปฏิกิริยา 50 นาที ให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุดคือ 99.51 การใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายร่วมที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียสจะให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ใกล้เคียงกับกรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55 องศาเซลเซียส เนื่องจากเฮกเซนช่วยให้เมทานอลละลายเข้าด้วยกันได้เล็กน้อย ทำให้ลักษณะการผสมใกล้เคียงกับกรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม แต่การเติมเฮกเซนเป็นการเจือจางสารตั้งต้นที่ใช้ทำปฏิกิริยาดังนั้นจึงต้องใช้อุณหภูมิสูงเพื่อเร่งปฏิกิริยามากกว่ากรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม

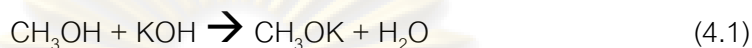


รูปที่ 4.6 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อร้อยละเมทิลเอสเทอร์
กรณีใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วม

รูปที่ 4.6 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อร้อยละเมทิลเอสเทอร์ กรณีใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วมที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเตตระไฮโดรฟูแรนต่อเมทานอลเป็น 0.4 ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ความเร็วรอบกวน 250 รอบต่อนาทีอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันคิงที่ 12:1

จากรูปที่ 4.6 พบว่าที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียสจะได้อัตราของเมทิลเอสเทอร์สูงกว่าอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55 องศาเซลเซียส ดังนั้นอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาสูงจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น สำหรับการใส่เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วมนั้นเมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยามากกว่า 30 นาทีร้อยละของเมทิลเอสเทอร์มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากเตตระไฮโดรฟูแรนช่วยลดการแยกเฟสระหว่างเมทานอลและน้ำมัน ทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วและเข้าสู่สมดุลได้เร็วขึ้น ส่งผลให้อัตราของเมทิลเอสเทอร์ไม่เพิ่มขึ้น แต่เวลาในการทำปฏิกิริยานานขึ้น อาจเร่งให้เกิดปฏิกิริยาข้างเคียงได้เช่นปฏิกิริยาแซพอนิฟิเคชัน เนื่องจากในของผสมปฏิกิริยามีน้ำปนมาจากเมทานอลและปฏิกิริยาระหว่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์กับเมทานอลตามสมการที่ 4.1 เมื่อเอสเทอร์ทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นกรดไขมันอิสระขึ้นตามสมการที่ 2.11 และกรดไขมันทำปฏิกิริยาแซพอนิฟิเคชันกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เกิดเป็นสบู่ขึ้นตามสมการที่ 2.10 ทำให้ผลิตภัณฑ์เมทิลเอสเทอร์และกลีเซอรอลไม่แยกออกจากกัน หรือใช้เวลาในการแยกนานขึ้น เนื่องจากสบู่มีสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ทำให้ร้อยละผลได้เมทิลเอสเทอร์ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Leung และ Guo (2006) ที่ได้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจาก

น้ำมันพืชใช้แล้วโดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน และสรุปว่าเวลาในการทำปฏิกิริยาที่มากเกินไปจะไม่ส่งผลให้ร้อยละผลได้ของเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นแต่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาข้างเคียงแทน เช่นปฏิกิริยาแซพอนิฟิเคชัน ทำให้ร้อยละผลได้ของเมทิลเอสเทอร์ลดลง อีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ลดลง เนื่องจากเตตระไฮโดรฟูแรนจะละลายกลีเซอรอลและเมทิลเอสเทอร์เข้าด้วยกัน ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่ากลีเซอรอลและเมทิลเอสเทอร์ทำปฏิกิริยาย้อนกลับเกิดเป็นโมโนกลีเซอไรด์ขึ้น ส่งผลให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ลดลงเมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยานานขึ้น



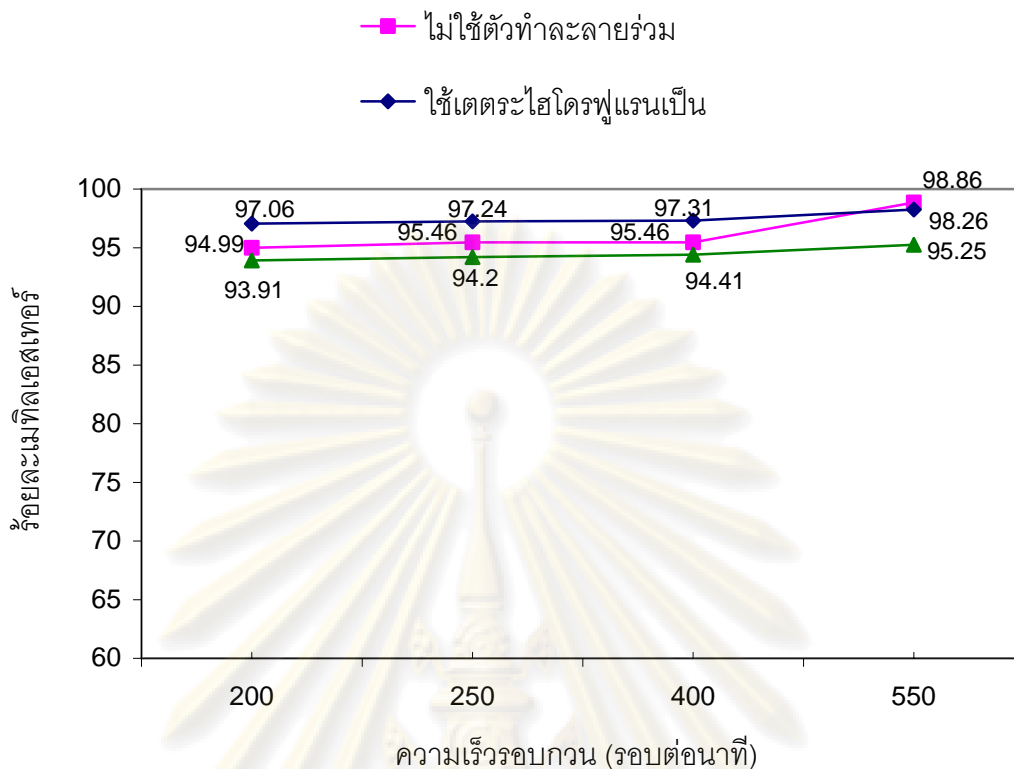
สำหรับอุณหภูมิการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมสำหรับการใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วมคือ 60 องศาเซลเซียสเวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที ให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุดคือ 98.34

สรุปผลการใช้ตัวทำละลายร่วมในการผลิตไบโอดีเซลจะให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงกว่ากรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมในช่วง 10 นาทีแรก แต่ในกรณีที่ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานขึ้นตัวทำละลายร่วมจะไม่ส่งผลในการเร่งปฏิกิริยาอีกต่อไป เนื่องจากการแยกเฟสระหว่างเมทานอลและน้ำมันจะเกิดขึ้นในช่วงแรก เมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยานานขึ้นการกวน ทำให้เมทานอล, ตัวเร่งปฏิกิริยาและน้ำมันผสมเข้ากันและทำปฏิกิริยาจนกระทั่งไม่เห็นผลของการแยกเฟส ตัวทำละลายร่วมจึงไม่มีผลต่อปฏิกิริยา

4.5 อิทธิพลของความเร็รรอบการกวน

ความเร็รรอบการกวนเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันอีกปัจจัยหนึ่ง เนื่องจากเมทานอลและน้ำมันแยกชั้นกันในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยา ดังนั้นช่วงนี้ขั้นตอนการแพร่ระหว่างสองเฟสเป็นขั้นควบคุมปฏิกิริยา ในกรณีที่ไม่มีกรกวนหรือกวนด้วยความเร็รรอบต่ำเกินไป จะส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดช้า และต้องใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานขึ้น

การศึกษาอิทธิพลของความเร็รรอบการกวนต่อร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันคงที่ที่ 12:1 ใช้ปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 10 นาที ความเร็รรอบการกวนที่ 200, 250, 400 และ 550 รอบต่อนาที โดยใบพัดที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบ Three blade paddle ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด 5 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบ 2.2 เซนติเมตร ขนาดของปีกเกออร์ที่ใช้ทำปฏิกิริยาเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตรสูง 13 เซนติเมตร ระดับของสารเคมีสูง 3.5 เซนติเมตรกรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม และสูง 4.5 เซนติเมตร กรณีที่ใช้ตัวทำละลายร่วม ระยะห่างระหว่างใบพัดถึงกันปีกเกออร์ 1.5 เซนติเมตร ผลการทดลองแสดงดังรูป 4.7



รูปที่ 4.7 อิทธิพลของความเร็วรอบการกวนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อร้อยละเมทิลเอสเตอร์ กรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมและใช้เตตระไฮโดรฟูแรนและเฮกเซนเป็นตัวทำละลายร่วม

จากรูปที่ 4.7 พบว่าเมื่อความเร็วรอบกวนเพิ่มขึ้นร้อยละของเมทิลเอสเตอร์จะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากความเร็วรอบกวนที่เพิ่มขึ้นทำให้ขนาดหยดของเมทานอลถูกใบพัดตัดจนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหยด (drop size diameter) ของเมทานอลเล็กลง ทำให้พื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยาระหว่างเมทานอล ตัวเร่งปฏิกิริยาและน้ำมันเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้นสำหรับความเร็วรอบที่ดีที่สุดคือกรณีที่ไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมและความเร็วรอบกวน 550 รอบต่อนาที ให้ร้อยละเมทิลเอสเตอร์ 98.86 ซึ่งพบว่าความเร็วรอบกวนที่เปลี่ยนแปลงจะมีผลกับกรณีที่ไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมมากกว่ากรณีที่ใช้ตัวทำละลายร่วม เนื่องจากกรณีที่ไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมเมทานอลจะแยกเฟสกับน้ำมันถ้าการกวนไม่ดีจะมีผลให้ปฏิกิริยาเกิดได้น้อยลง เนื่องจากพื้นที่สัมผัสระหว่างเมทานอลและน้ำมันน้อย แต่สำหรับการใช้ตัวทำละลายร่วมจะช่วยให้เมทานอลและน้ำมันละลายเข้าด้วยกันอยู่แล้วดังนั้นการกวนจึงส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า และพบว่าการใช้เตตระไฮโดรฟูแรนที่ความเร็วรอบกวน 200 ถึง 400 จะให้ร้อยละเมทิลเอสเตอร์สูงกว่ากรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมและใช้ตัวทำละลายร่วมเป็นเฮกเซน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วมช่วยลดการใช้พลังงานในการกวนลงได้สำหรับผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Olivera (2007) ที่ได้ศึกษาอิทธิพลของการกวนต่อปฏิกิริยาเมทาโนไล-

ซีซของน้ำมันดอกทานตะวัน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 6 และ อุณหภูมิการทดลอง 20 องศาเซลเซียส ใช้ใบพัดกวนแบบ two blade paddle จากการทดลองของ Olivera สามารถหาความสัมพันธ์ของสมการขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหยดของเมทานอลต่อสมการที่ 4.2

$$d_{32} = 4782n^{-1.825} \quad (4.2)$$

โดยที่ d_{32} หมายถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหยด

n หมายถึงความเร็วรอบกวน

ส่วนพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเมทานอลและน้ำมันสามารถหาได้จากสมการ 4.3

$$a = \frac{6\phi}{d_{32}} \quad (4.3)$$

โดยที่ a หมายถึงพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเมทานอลและน้ำมัน

ϕ หมายถึง ร้อยละโดยปริมาตรเฉลี่ยของเมทานอลในสารละลาย

ซึ่งจากสมการพบว่าเมื่อความเร็วรอบกวนสูงขึ้นทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหยดลดลง และทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเมทานอล ตัวเร่งปฏิกิริยา และน้ำมันเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น

4.6 การศึกษาสมบัติของเมทิลเอสเทอร์

เมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์จากไขปาล์มสเตียริน ควรทดสอบสมบัติก่อนนำไปใช้กับเครื่องยนต์ ซึ่งสมบัติของเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับมาตรฐานไบโอดีเซลของประเทศไทยแสดงดังตารางที่ 4.3 โดยเมทิลเอสเทอร์ที่นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติของไบโอดีเซลทำการทดลองที่สภาวะดังนี้ ใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่างตัวทำละลายร่วมต่อเมทานอลเป็น 0.4 ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ความเร็วรอบกวน 250 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันคงที่ที่ 12:1 เวลาในการทำปฏิกิริยา 50 นาที

จากตารางที่ 4.3 พบว่าคุณสมบัติเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์จากไขปาล์มสเตียริน ทั้งที่ใช้ตัวทำละลายร่วมและไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันและผ่านมาตรฐานไบโอดีเซลตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน พ.ศ. 2550

ค่าความหนาแน่นของเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้ วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เนื่องจากไขปาล์มสเตียรินที่ใช้สังเคราะห์ไบโอดีเซลส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวที่มีจุดหลอมเหลวสูง ซึ่งเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้จากกรดไขมันอิ่มตัวจะมีจุดหลอมเหลวสูงเช่นเดียวกัน ทำให้เมทิลเอสเทอร์ที่ได้เป็นไขที่อุณหภูมิต่ำ และไม่เหมาะจะนำไปใช้กับเครื่องยนต์

โดยตรง ดังนั้นในการใช้งานจึงควรผสมกับน้ำมันดีเซลเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว สำหรับเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้จากงานวิจัยนี้จะมีหลอมเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามการใช้น้ำมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวสูงมีข้อดีคือ เมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้จะมีความเสถียรต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมากกว่าเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้จากน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำ ซึ่งน้ำมันที่มีความเสถียรจะสามารถเก็บได้นานขึ้น

ตารางที่ 4.3 สมบัติของเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์จากไขปาล์มสดเปรียบเทียบกับมาตรฐานไบโอดีเซล

คุณสมบัติ	ข้อกำหนด	อัตราสูงสุดของไบโอดีเซลมาตรฐาน	ตัวอย่าง 1)	ตัวอย่าง 2)	ตัวอย่าง 3)	
เมทิลเอสเทอร์	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่ต่ำกว่า	96.5	99.54	97.67	96.22
ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 °C	กิโลกรัม/ลบม.	ไม่ต่ำกว่า และไม่สูงกว่า	860 900	864*	860*	860*
ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °C	เซนติสโตกส์	ไม่ต่ำกว่า และไม่สูงกว่า	3.5 5	4.6	4.7	4.7
จุดวาบไฟ	องศาเซลเซียส	ไม่ต่ำกว่า	120	173	157.4	167
ค่าของกรด	มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม	ไม่สูงกว่า	0.5	0.37	0.37	0.37

* วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

- 1) เมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาโดยไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม
- 2) เมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายร่วม
- 3) เมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาโดยใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วม

สำหรับจุดวาบไฟของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้มีค่าสูงกว่ามาตรฐานแสดงว่า ไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้มีความปลอดภัยในการเก็บรักษาและการขนส่ง

ความหนืดมีผลต่อการทำงานของระบบหัวฉีดของเครื่องยนต์ ความหนืดที่สูงทำให้ระบบหัวฉีดเครื่องยนต์ทำงานหนักและหยดน้ำมันมีขนาดใหญ่ไม่สามารถเผาไหม้ได้หมดในการจุดระเบิดแต่ละครั้ง ซึ่งจะเกิดการสะสมเป็นคราบเขม่าจนทำให้ลูกสูบเกิดความเสียหาย สำหรับไบโอ-

ดีเซลที่สังเคราะห์จากไขปาล์มสเตียรินมีค่าความหนืดอยู่ในมาตรฐาน จึงเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับเครื่องยนต์

4.7 การเปรียบเทียบงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่น

การสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์โดยการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันเป็นที่ได้รับความนิยมสำหรับนานาประเทศ ซึ่งแต่ละประเทศจะใช้พืชน้ำมันที่มีมากในประเทศตนเอง ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์จึงแตกต่างกัน ซึ่งสภาวะที่ใช้ในการสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์ และร้อยละเมทิลเอสเทอร์ที่ได้ของงานวิจัยนี้เทียบกับงานวิจัยอื่น แสดงดังตารางที่

4.4

จากตารางที่ 4.4 พบว่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์ ในสภาวะการทดลองที่เหมาะสมจากงานวิจัยนี้และงานวิจัยอื่นมีค่าใกล้เคียงกัน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์และร้อยละเมทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้เทียบกับงานวิจัยอื่น

Author	Year	Reactants	Mixing Speed (rpm)	Methanol/Oil	Catalyst	Temp. (oC)	Time (min)	Cosolvent	Methylester (wt%)
Guan, G. et al	2009	Sunflower oil	-	8:1	KOH (1wt%)	25	20	Dimethyl ether	99
Shi, H. et al	2008	Rapeseed oil	-	9:1	NaOH (1.1wt%)	60	120	Hexane	98.2
Olivera S. et al	2007	Sunflower oil	60-200	6:1	KOH (1wt%)	20	30	-	90
Darnoko, D. et al	2000	Palm oil	-	6:1	KOH (1wt%)	60	60	-	90
Vicente, G. et al	2003	Sunflower oil	-	6:1	KOH (1wt%)	65	240	-	99.7
Boocock, D. et al	1995	Soybean oil	-	6:1	NaOH (1.1wt%)	20	10	THF	90
ชาคริต ทองอุไรและ คณะ งานวิจัยนี้	2002 2008	Plam stearin Palm stearin	- 200-550	5:1 12:1	NaOH (0.4wt%) KOH (1wt%)	65 60	30 10	- THF	99.31 99.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของไซปาล์มสเตียรินกับเมทานอลโดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ใช้เตตระไฮโดรฟูแรนและเฮกเซนเป็นตัวทำละลายร่วม ได้ข้อสรุปดังนี้

5.1.1 การใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วมสามารถช่วยให้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเกิดได้เร็วขึ้น โดยปริมาณเตตระไฮโดรฟูแรนที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุดคือ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเตตระไฮโดรฟูแรนต่อเมทานอลเป็น 0.2 โดยให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุดคือ 99.6 ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 10 นาที ส่วนการใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายร่วมที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเฮกเซนต่อเมทานอลเป็น 0.2 จะให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุดเช่นกันที่ 99.05 สำหรับกรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมจะได้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ 95.46 จึงสรุปได้ว่าการใช้ตัวทำละลายร่วมที่อัตราส่วนที่เหมาะสมสามารถลดเวลาในการสังเคราะห์ไบโอดีเซลลงได้ และให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ที่ดีที่สุด

5.1.2 การเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อไซปาล์มสเตียรินทำให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อไซปาล์มสเตียรินมีค่า 15 จะให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุด และการเติมเตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วมที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันค่าต่างๆ ทำให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นจากกรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมในทุกอัตราส่วน

5.1.3 ผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาสำหรับกรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม พบว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมคือ 30 นาที ส่วนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมคือ 50 นาที โดยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเกิดได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยามากขึ้นจนปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุล ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสจะให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ใกล้เคียงกับที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สำหรับกรณีใช้ตัวทำละลายร่วมเตตระไฮโดรฟูแรนและเฮกเซนที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียสจะให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงกว่าที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และพบว่าการใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วมจะไม่ช่วย

ให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปมากกว่า 30 นาที ดังนั้นการใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วมจะเหมาะสมกับการทำปฏิกิริยาในช่วงเวลาสั้นๆ ประมาณ 10 นาที

5.1.4 ผลของความเร็วรอบการกวนในการทำปฏิกิริยา พบว่าที่ความเร็วรอบกวนสูง ทำให้ได้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงกว่าที่ความเร็วรอบกวนต่ำ เนื่องจากที่ความเร็วรอบสูงทำให้ขนาดหยดของเมทานอลเล็กกลงส่งผลให้พื้นที่ผิวสัมผัสในการเกิดปฏิกิริยามากขึ้นทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น โดยความเร็วรอบกวนจะมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาในกรณีไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมมากกว่ากรณีใช้ตัวทำละลายร่วม

5.1.5 ผลการศึกษาสมบัติของเมทิลเอสเทอร์ พบว่าสมบัติของเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากการใช้ตัวทำละลายร่วมและไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมมีค่าใกล้เคียงกันและผ่านมาตรฐานไบโอดีเซลของประเทศไทย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เนื่องจากเตตระไฮโดรฟูแรนมีคุณสมบัติสามารถละลายน้ำได้ดีดังนั้นในการล้างน้ำสำหรับกรณีใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลาย 3 ครั้งแรกไม่ควรกวน เนื่องจากจะทำให้เมทิลเอสเทอร์และน้ำรวมตัวกันเป็นอิมัลชันและไม่สามารถแยกออกได้ จำเป็นต้องนำไปให้ความร้อนเพื่อให้ น้ำระเหยออกจึงจะสามารถแยกน้ำออกจากเมทิลเอสเทอร์ได้ และน้ำที่ใช้ในการล้างควรมี pH เป็นกลางเพื่อป้องกันปัญหาเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้มีค่าของกรดเกินมาตรฐาน

5.2.2 เนื่องจากเมทิลเอสเทอร์ผลิตจากไขปาล์มสดเตียรินซึ่งประกอบไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวสูงดังนั้นจะมีปัญหาในการเก็บรักษาโดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำ เมทิลเอสเทอร์จะแข็งได้ง่ายโดยเมทิลเอสเทอร์จะเริ่มแข็งตัวที่อุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส ดังนั้นการนำเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตจากไขปาล์มสดเตียรินไปใช้งานจึงจำเป็นต้องผสมกับน้ำมันดีเซลเพื่อลดปัญหาดังกล่าว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กล้าณรงค์ ศีรอต, พูนสุข ประเสริฐสรรพ, สมพร อิศวิลานนท์ และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. รายงานการวิจัยการศึกษาสถานภาพวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตไบโอดีเซล. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2526.

คณะกรรมการพลังงาน, สภาผู้แทนราษฎร. พลังงานทดแทน เอทานอล และไบโอดีเซล. กรุงเทพมหานคร: คณะกรรมการพลังงาน, 2545.

ชาคริต ทองอุไร, จริญญา บุญกาญจน์, วรุธ วิสุทธิ์เมธางกูร และ สันหทัย กลิ่นพิกุล. การผลิตเมทิลเอสเทอร์จากไขปาล์มสเตียรีนขนาด pilot scale. การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12, 8-9 พฤศจิกายน 2545 ณ โรงแรมโซลทวิน ทาวเวอร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร.

ธุรกิจพลังงาน, กรม. รายละเอียดแนบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2550 ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 124 ตอนพิเศษ 62 ง หน้า 7-10. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.doeb.go.th>. [2550, พฤศจิกายน 5]

นิธิยา รัตนานพนนท์. เคมีอาหาร. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2547.

พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล และ ลลิตา อัดนโก. รอบรู้เรื่องราวไบโอดีเซล. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2549.

พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล. ไบโอดีเซล พลังงานทางเลือก. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2544.

เพียงพิศ วงศ์มณีนิล, กฤษดา แก้วยก และ อรวรรณ อยู่แท้กุล. ศึกษากระบวนการสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันทอดใช้แล้ว. การประชุมวิชาการผลงานวิจัยและนวัตกรรมสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน, 21 กรกฎาคม 2549 ณ สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร.

ศิริวรรณ ศิลป์สกุลสุข, การควบคุมคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซล [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://dss.go.th>. [2551, ธันวาคม 10]

ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี. วิทยาการปาล์มน้ำมัน. การแปรรูปปาล์มน้ำมัน. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.doa.go.th>. [2551, พฤษภาคม 20]

เศรษฐกิจทางการเกษตร, สำนักงาน. สถิติการเกษตรของประเทศไทย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.oae.go.th>. [2552, มกราคม 30]

ภาษาอังกฤษ

- Ail, Y.; and Hanna, M. A. Alternative diesel fuel from vegetable oils. Bioresource Technology 50 (1994): 153-163.
- Alamu, O.J.; Waheed, M.A.; and Jekayinfa, S.O. Effect of ethanol-palm kernel oil ratio on alkali-catalyzed biodiesel yield. Fuel 87 (2008): 1529-1533.
- Boocock, D.; Konar, S.; and Zhou, W. Fast One-Phase Oil-Rich Processes For The Preparation Of Vegetable Oil Methyl Ester. Biomass and Bioenergy 11-1 (1995): 43-50.
- Caglar, E. Biodiesel Production Using Co-solvent. European Congress of Chemical Engineering. Copenhagen : Izmir Institute of technology, 2007.
- Darnoko, D.; and Cheryan, M. Kinetics of Palm Oil Transesterification in a Batch Reactor. JAOCS 77 (2000): 1263-1267.
- Demirbas, A. Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey. Energy Conservation Management 44 (2003): 2093-2109.
- Encinar, J.M.; Gonzalez, J.F.; and Rodriguez-Reinares, A. Ethanolysis of used frying oil. Biodiesel preparation and characterization. Fuel Processing Technology 88 (2007): 513-522.
- Fangrui, M.; and Hanna, M. Biodiesel production: a review. Bioresource Technology 70 (1999): 1-15.
- Freedman, B.; Pryde, E.H.; and Mounts, T.L. Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils. JAOCS 61 (1984): 1638-1643.
- Fukuda, H.; Kondo A.; and Noda, H. Biodiesel fuel production by transesterification of oils. Journal of Bioscience and Bioengineering 92 (2001): 405-416.
- Gerpen, J.V. Biodiesel processing and production. Fuel processing Technology 86 (2005): 1097-1107.
- Guan, G.; Sakurai, N.; and Kusakabe, K. Synthesis of biodiesel from sunflower oil at room temperature in presence of various cosolvents. Chemical Engineering Journal 146 (2009): 302-306.
- Knothe, G.; Dunn, R.O.; and Bagby, M.O. Fuel and chemical from biomass, 1st ed., Washington: ACs Publication, 1996.

- Leung, D.Y.C.; and Guo, Y. Tranesterification of neat and used frying oil: Optimization for biodiesel production. Fuel processing Technology 87 (2006): 883-890.
- Lima, D.G.; Soares,C.D.V.; and Suarez,P.A.Z. Diesel-like fuel obtained by pyrolysis of vegetable oils. J. Anal.Appl.Pyrolysis 71 (2004): 987-996.
- Lotero, E., et al. Ind. Eng. Chem. Res 44 (2005): 5353-5363.
- Ma, F.; Clement, L.D.; and Hanna, M.A. The effect of catalyze and free fatty acids and water on transesterification of beef tallow. Trans.ASAE 41 (1998): 1261-1264.
- Ma, F.; and Hanna M. A. Biodiesel production: A review. Bioresource Technology 70 (1999): 1-15.
- Merher, L.C.; Sagar, D.V.; and Naik, S.N. Technical aspects of biodiesel production by transesterification-a review. Renewable & Sustainable Energy Reviews (2004): 1-21.
- Stamenkovic, O.S.; Lazic, M.L.; Todorovic, Z.B.; Veljkovic, V.B.; and Skala, D.U. The effect of agitation intensity on alkali-catalyzed methanolysis. Bioresource Technology 98 (2007): 2688-2699.
- Schuchardt, U.; Sercheli, R.; and Vargas, R.M. Transesterification of vegetable oils: a review. Journal of Brazilian Chemical Society 9 (1998): 199 - 210.
- Shi, H.; and Bao, Z. Direct preparation of biodiesel from rapeseed oil leached by two-phase solvent extraction. Bioresource Technology 99 (2008): 9025-9028.
- Song, C.; Chang, S.H.; and Isao, M. Chemistry of Diesel Fuels, 1st ed. London: Taylor & Francis, 2000.
- Srivastava, A.; and Prasad, R. Triglycerides-based diesel fuels. Renewable & Sustainable Energy Reviews 4 (2000): 111-133.
- Tomasevic, G. Methanolysis of using frying oil. Fuel process Technology 81 (2003): 1-6
- Vicente, G.; Martinez, M.; and Aracil, J. Integrated biodiesel production:a comparison of different homogeneous catalysts systems. Bioresource Technology 92 (2004): 297-305.
- Zhou,W.; Konar, S.K.; and Boocock, D.B.G. Ethyl esters from the single-phase base-catalyzed ethanolysis of vegetable oils. JAOCS 80 (2003): 367-371.

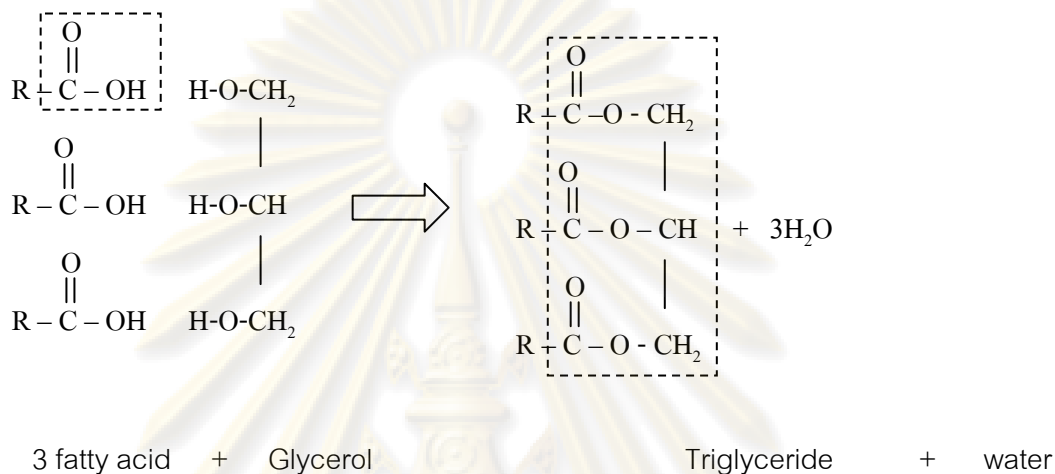


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การคำนวณปริมาณสารเคมีในปฏิกิริยา

การคำนวณน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ที่ใช้ในการทดลอง



จากสมการการเกิดไตรกลีเซอไรด์ สามารถหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์ได้จากสมการ

$$MW_{TG} = 3R_{AVG.} + 173$$

$$R_{AVG.} = \sum \left(\frac{\% F_{AN}}{100} \times MW_n \right)$$

โดยที่ MW_{TG} = มวลโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์

$R_{AVG.}$ = มวลโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมันลบน้ำหนักโมเลกุลของ COOH

$\% F_{AN}$ = ร้อยละโดยน้ำหนักของกรดไขมันแต่ละชนิดในไฮปาล์มสเตียรีน

MW_n = มวลโมเลกุลของกรดไขมันแต่ละชนิดในไฮปาล์มสเตียรีน

$$\begin{aligned}
 R_{AVG} &= (0.003 \times 155) + (0.012 \times 183) + (0.001 \times 197) + (0.637 \times 211) + (0.001 \times 225) + \\
 &(0.049 \times 239) + (0.003 \times 267) + (0.001 \times 323) + (0.001 \times 209) + (0.24 \times 237) + (0.05 \times 235) + \\
 &(0.001 \times 233) + (0.001 \times 265)
 \end{aligned}$$

$$= 219.66 \text{ g/mol}$$

$$MW_{TG} = (3 \times 219.66) + 173$$

$$= 831.98 \text{ g/mol}$$

ตารางที่ ก1 แสดงสมบัติของสารเคมีแต่ละชนิด

สารเคมี	ความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร)	มวลโมเลกุล
โซปาล์มสเตียรีน	0.86	831.98
เมทานอล	0.79	32.04
เตตระไฮโดรฟูแรน	0.88	72.11
เฮกเซน	0.66	86.18

การคำนวณปริมาณเมทานอล

ในการทดลองใช้โซปาล์มสเตียรีน 100 กรัม

ใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 12

โซปาล์มสเตียรีน 100 กรัม คิดเป็น $100/831.98 = 0.120$ โมล

ดังนั้นใช้เมทานอล $12 \times 0.120 = 1.44$ โมล คิดเป็นน้ำหนักเมทานอล $= 1.44 \times 32.04 = 46.21$ กรัม

หรือใช้เมทานอลปริมาตร $46.21/0.79 = 58.50$ มิลลิลิตร

การคำนวณปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา

ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 1 โดยน้ำหนักเทียบกับโซปาล์มสเตียรีน

ดังนั้นโซปาล์มสเตียรีน 100 กรัม ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา $(1/100) \times 100 = 1$ กรัม

การคำนวณปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนักเทียบกับโซปาล์มสเตียรีน

ดังนั้นโซปาล์มสเตียรีน 100 กรัม มีปริมาณความชื้น $(3/100) \times 100 = 3$ กรัม

การคำนวณปริมาณเตตระไฮโดรฟูแรน

ในการทดลองใช้ปริมาณเมทานอล 1.44 โมล

ใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเตตระไฮโดรฟูแรนต่อเมทานอลเป็น 0.4 เท่า

ดังนั้นใช้เตตระไฮโดรฟูแรน $0.4 \times 1.44 = 0.57$ โมล คิดเป็นน้ำหนัก $= 0.57 \times 72.11 = 41.53$ กรัม

หรือใช้เตตระไฮโดรฟูแรนปริมาตร $41.53/0.88 = 47.20$ มิลลิลิตร

การคำนวณปริมาณเฮกเซน

ในการทดลองใช้ปริมาณเมทานอล 1.44 โมล

ใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเฮกเซนต่อเมทานอลเป็น 0.4 เท่า

ดังนั้นใช้เฮกเซน $0.4 \times 1.44 = 0.57$ โมล คิดเป็นน้ำหนัก = $0.57 \times 86.18 = 49.64$ กรัม

หรือใช้เฮกเซนปริมาตร $49.64 / 0.66 = 75.21$ มิลลิลิตร



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การหาชนิดและปริมาณเมทิลเอสเทอร์

การหาชนิดและปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณเมทิลเอสเทอร์โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ใช้มาตรฐาน EN14103:2003 ใช้ methyl heptadecanoate (C17:0) เป็น Internal standard และใช้นอร์มอล เฮปเทน ($n\text{-C}_7\text{H}_{16}$) เป็นตัวทำละลาย ซึ่งร้อยละเมทิลเอสเทอร์คำนวณได้จากสมการ

$$C = \frac{(\sum A) - A_{EI}}{A_{EI}} \times \frac{C_{EI} \times V_{EI}}{W} \times 100$$

โดยที่ $\sum A$ = ผลรวมของพื้นที่ใต้กราฟตั้งแต่ C14:0 ถึง C24:0

A_{EI} = พื้นที่ใต้กราฟของสารมาตรฐาน C17:0

C_{EI} = ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน C17:0 (mg/ml)

V_{EI} = ปริมาตรสารมาตรฐาน C17:0 ที่ใช้ (ml)

W = น้ำหนักไบโอดีเซลตัวอย่าง (mg)

ตัวอย่างการคำนวณการหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ (ตัวอย่างที่ 32 โครมาโทแกรมแสดงดังรูปที่ ข1)

ผลรวมของพื้นที่ใต้กราฟตั้งแต่ C14:0 ถึง C24:0, $\sum A = 25,607,821$

พื้นที่ใต้กราฟของ C17:0, $A_{EI} = 4,372,628$

ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน, $C_{EI} = 10.053$ mg/ml

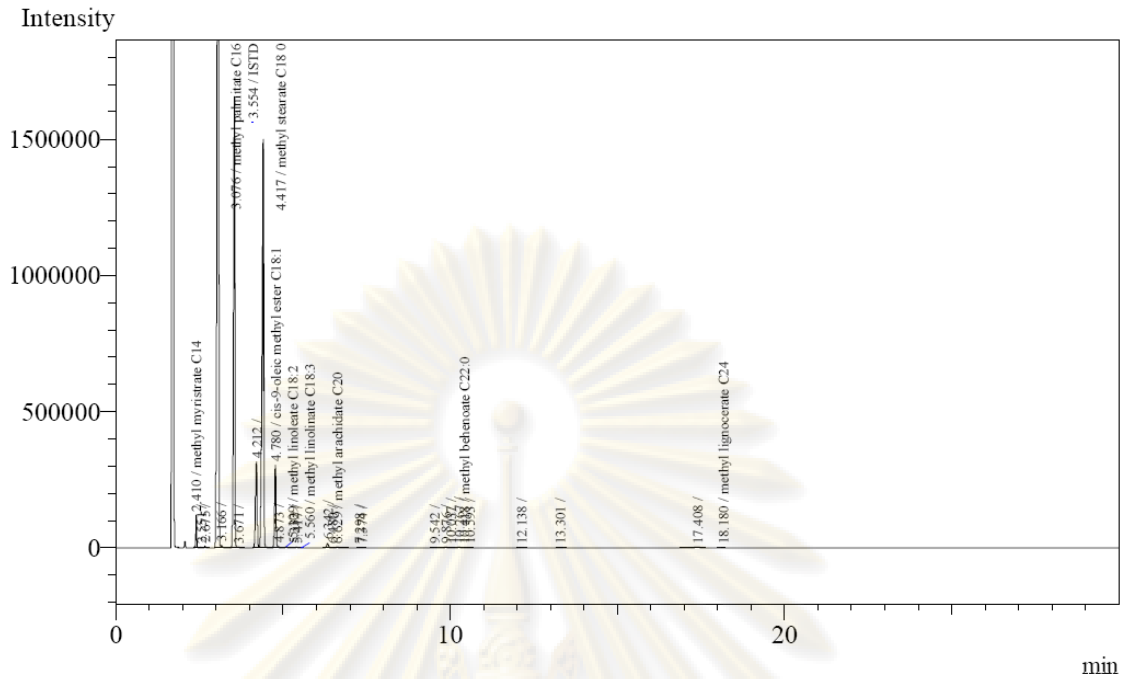
ปริมาตรสารมาตรฐาน, $V_{EI} = 1$ ml

น้ำหนักไบโอดีเซลตัวอย่าง, $W = 50.7$ mg

$$C = \frac{25,607,821 - 4,372,628}{4,372,628} \times \frac{10.053 \times 1}{50.7} \times 100$$

ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ที่ได้สำหรับตัวอย่างที่ 32 = 96.29

สำหรับการวิเคราะห์ร้อยละเมทิลเอสเทอร์จะทดสอบ 2 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อความถูกต้อง



Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	2.410	225673	119878	0.881	%		4	methyl myristate C:
2	2.551	3791	1417	0.015				
3	2.675	12770	5823	0.050		V		
4	3.076	13666803	4900118	53.370	%	SV	5	methyl palmitate C1
5	3.166	8372	5291	0.033		T		
6	3.554	4372628	1654843	17.075	%		15	ISTD
7	3.671	9154	2359	0.036		SV		
8	4.212	1057231	314543	4.129				
9	4.417	5123200	1497969	20.006	%	V	7	methyl stearate C18
10	4.780	930771	303884	3.635	%	SV	8	cis-9-oleic methyl es
11	4.873	3413	1581	0.013		T		
12	5.109	14114	4115	0.055	%	T	9	methyl linoleate C18
13	5.332	2417	700	0.009				
14	5.417	12507	3416	0.049		V		
15	5.560	2053	597	0.008	%	V	10	methyl linolate C1
16	6.342	60707	15293	0.237				
17	6.480	2050	448	0.008		V		
18	6.629	14361	3130	0.056	%	SV	11	methyl arachidate C:
19	7.298	1547	363	0.006		V		
20	7.374	3530	479	0.014		V		
21	9.542	5237	561	0.020		V		
22	9.876	13319	2350	0.052				
23	10.037	3382	566	0.013		V		
24	10.267	12227	1833	0.048		V		
25	10.418	6380	1054	0.025	%	V	12	methyl behenoate C:
26	10.593	2915	467	0.011		V		
27	12.138	2559	358	0.010				
28	13.301	1933	255	0.008		V		
29	17.408	29673	1681	0.116				
30	18.180	3104	233	0.012	%		14	methyl lignocerate C
Total		25607821	8845605					

รูปที่ ๓1 ตัวอย่างโครมาโทแกรมในการวิเคราะห์ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลอง

1. ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ ค1 แสดงข้อมูลผลการทดลอง

No	Sample	Temp. (°C)	Time (min)	speed (rpm)	Methanol/ oil ratio	THF/ Methanol ratio	Hexane/ Methanol ratio	% Methylester
1	3	60	10	400	12	-	-	95.46
2	41	60	10	400	12		0.2	99.05
3	6	60	10	400	12	-	0.4	94.41
4	5	60	10	400	12	-	0.6	94.44
5	7	60	10	400	12	-	0.8	94.21
6	40	60	10	400	12	0.2	-	99.60
7	10	60	10	400	12	0.4	-	97.31
8	16	60	10	400	12	0.6	-	96.38
9	9	60	10	400	12	0.8	-	96.40
10	1	60	10	400	6	-	-	93.29
11	2	60	10	400	9	-	-	93.98
12	4	60	10	400	15	-	-	95.66
13	21	60	10	400	6	0.4	-	94.92
14	18	60	10	400	9	0.4	-	96.12
15	22	60	10	400	15	0.4	-	97.39
16	27	55	10	250	12	-	-	93.66
17	26	55	30	250	12	-	-	98.06

No	Sample	Temp. (°C)	Time (min)	speed (rpm)	Methanol/ oil ratio	THF/ Methanol ratio	Hexane/ Methanol ratio	% Methlyester
18	20	55	50	250	12	-	-	99.54
19	34	60	10	250	12	-	-	95.46
20	17	60	30	250	12	-	-	98.99
21	37	60	50	250	12	-	-	98.34
22	28	55	10	250	12	-	0.4	95.17
23	30	55	30	250	12	-	0.4	96.92
24	19	55	50	250	12	-	0.4	97.64
25	24	60	10	250	12	-	0.4	94.20
26	33	60	30	250	12	-	0.4	98.04
27	39	60	50	250	12	-	0.4	99.51
28	33	55	10	250	12	0.4	-	95.55
29	36	55	30	250	12	0.4	-	96.36
30	32	55	50	250	12	0.4	-	96.22
31	11	60	10	250	12	0.4	-	97.24
32	14	60	30	250	12	0.4	-	98.34
33	15	60	50	250	12	0.4	-	96.52
34	35	60	10	200	12	0.4	-	97.06
35	23	60	10	550	12	0.4	-	98.26
36	13	60	10	200	12	-	-	94.99
37	12	60	10	550	12	-	-	98.86
38	8	60	10	200	12	-	0.4	93.91
39	25	60	10	550	12	-	0.4	95.25

2. ผลการวิเคราะห์ปริมาณเมทิลเอสเทอร์



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สือรัมย์รุ่งเรือง	No. 3
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 27 ม.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 4 ก.พ. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	95.46 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKCH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์..... พานิชย์ แซ่อึ้ง

(น.ศ. พานิชย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)

ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: ศูนย์วิทย์ สีสรรพ์รุ่งเรือง	No. Sample 41
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ถ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 2 มี.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 20 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	99.05 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์..... พานิช น.ช่ออึ้ง
(น.ส.พจนีย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: ศูนย์วิจัย สีสว่างรุ่งเรือง	No. Sample 5 Hex/MeOH = 0.4
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 10 ก.พ. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 16 ก.พ. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซนต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	94.41 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ศูนย์วิจัยทรัพยากรชีวภาพ

ผู้วิเคราะห์..... พานิช ๒ แซ่เอ็ง
(น.ส. พานิช แซ่เอ็ง)

ผู้อำนวยการ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวิมล สีอร่ามรุ่งเรือง	No. Sample 5 Hex/MeOH = 0.6
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 10 ก.พ. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 12 ก.พ. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. ฟอร์เซอินต์เมทิลเอสเตอร์ (% FAME)	94.44 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์..... พานิช แซ่อ่อง

(น.ส.พจนีย์ แซ่อ่อง)

ผู้อำนวยการ.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.เทัญจิตร ศรีนพคุณ)

ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: ดุจดวิมล สือรัมย์รุ่งเรือง	No. Sample 7 Hex/MeOH = 0.8
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ถ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 10 ก.พ. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 16 ก.พ. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	94.21 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ศูนย์วิทยาศาสตร์พยากรณ์

ผู้วิเคราะห์ พงษ์ ๖๖ ๕๐๐
(น.ศ.พนีย์ แซ่อ่อง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้อำนวยการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สือร่วมรุ่งเรือง	No. Sample 40
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ถ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 2 มี.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 19 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	99.60 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-3.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ พจน์ ษ์ นร่อ่ง
(น.ศ.พจน์ ษ์ นร่อ่ง)

ผู้อำนวยการ ดร.พีญฉัตร ครินทร์พคุณ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พีญฉัตร ครินทร์พคุณ)
ผู้อำนวยการโครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล เสือรัมย์รุ่งเรือง	No. Sample 10 THF/McOH = 0.4
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 10 ก.พ. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 20 ก.พ. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	97.31 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์

พานิช แซ่อึ้ง
(น.ส. พานิช แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)

ผู้อำนวยการโครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สีอร่ามรุ่งเรือง	No. Sample 16
ที่อยู่: 14 ชมเจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพาเขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 13 ก.พ. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 2 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	96.38 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ พงษ์ชัย มั่งคั่ง
(น.ส.พนีย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยกา.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร์ ศรีวันพูน)
ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สีอ่วมรุ่งเรือง	No. Sample 9 THF/MeOH = 0.8
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ถ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 10 ก.พ. 2552
	วันที่คืนผลการ: 20 ก.พ. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลดีเซลดีเกรดไฮ	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซนต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	96.40 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์: นางนัย นริส้อง
(น.ส.พจนีย์ แซ่อ่อง)

ผู้อำนวยการ: ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการโครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สือรัมย์รุ่งเรือง	No. 1
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 27 ม.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 4 ก.พ. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	93.29 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

คุณยวิทย์ ทรัพย์พานิช
ผู้วิเคราะห์ พาสี แซ่ฮ้อ
(น.ส.พจนีย์ แซ่ฮ้อ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้อำนวยกา.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยกาโครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สีรารุ่งเรือง	No. 2
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 27 ม.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 4 ก.พ. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์ดีเมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	93.98 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ผู้วิเคราะห์.....นางนริศ นริศอึ้ง
(น.ส.พจนีย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยกา.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยกาโครงการเคยู-ไบโอดีเซล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
 ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
 รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สีอร่ามรุ่งเรือง	No. Sample 4 temp 60°C MeOH/Oil = 15:1
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 10 ก.พ. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 12 ก.พ. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซนต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	95.66 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์: พาน้อง แซ่อึ้ง

(น.ศ. พาน้อง แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ: 

(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญฉัตร ศรีนพคุณ)

ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวิมล สือรัมย์รุ่งเรือง	No. Sample 21
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ถ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 13 ก.พ. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 3 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์ดีเมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	94.92 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ผู้วิเคราะห์ พจนีย์ แซ่ฮ้อ
(น.ศ.พจนีย์ แซ่ฮ้อ)

ผู้อำนวยการ ดร.เพ็ญจิตร ศรีวงค์คุณ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีวงค์คุณ)
ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สือรัมย์รุ่งเรือง	No. Sample 18
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 13 ก.พ. 2552
	วันที่คืนผลการ: 3 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซนต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	96.12 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ พจนีย์ แซ่อึ้ง
(น.ส.พจนีย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยกา ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยกา โครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวิมล สือรัมย์รุ่งเรือง	No. Sample 22
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ถ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 13 ก.พ. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 4 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	97.39 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์..... พงษ์ คุ้ม อึ้งอึ้ง
(น.ศ.พนีย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จุฬจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สีอร่ามรุ่งเรือง	No. Sample 27
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ถ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 2 มี.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 18 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นคัมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	93.66 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

คุณยวทนต์ ทรัพย์วาทย์
ผู้วิเคราะห์ พานิช ไร่ช่อ
(น.ส. พจนีย์ แซ่อ่อง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้อำนวยการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เหญจิดร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการโครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9423555 ต่อ 1203, 1204

086-3532203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สิริรัมย์รุ่งเรือง	No. Sample 26
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ถ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพาเขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 13 ก.พ. 2552
	วันที่คืนผลการ: 4 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	98.06 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ผู้วิเคราะห์..... พงษ์ ชาญอึ้ง
(น.ศ. พงษ์ ชาญอึ้ง)

ผู้อำนวยการ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สีอรัมย์เรือง	Nc. Sample 20 speed 250 rpm, 55°C 50 min
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ต.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 13 ก.พ. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 3 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	99.54 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์: พญณี แซ่อึ้ง
(น.ส.พจนีย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ: [Signature]

(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)

ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร.: 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สีอรัมย์เรือง	No. Sample 34
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 2 มี.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 19 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซนต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	95.46 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ศูนย์วิจัยทรัพยากรชีวภาพ

ผู้วิเคราะห์..... พาน้อง น.ชื้ออ
(น.ส.พจนีย์ แซ่อ่อง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้อำนวยการ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการโครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สือรัมย์รุ่งเรือง	No. Sample 17 speed 250 rpm, 30 min
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ถ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพาเขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 13 ก.พ. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 2 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	98.99 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ พงษ์ณี นนสู่อ

(น.ศ. พงษ์ณี แซ่เอ็ง)

ผู้อำนวยการ 

(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)

ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร.: 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สีอร่ามรุ่งเรือง	No. Sample 37
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ถ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 2 มี.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 19 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	98.34 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ศูนย์วิจัยทรัพยากรชีวภาพและพลังงาน
ผู้วิเคราะห์..... พจน์ ษ์ แซ่อึ้ง
(น.ส.พจน์ ษ์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)

ผู้อำนวยการโครงการเคยู-ไบโอดีเซล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล ตี๋ร่วมรุ่งเรือง	No. Sample 28
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ถ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 2 มี.ค. 2552
	วันที่คืนผลการ: 18 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลดีเซลดีเซล	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซนต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	95.17 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ พงษ์ รัชต์อยู่
(น.ศ.พงษ์ รัชต์อยู่)

ผู้อำนวยการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร์ ศรีนทคุณ)

ผู้อำนวยการโครงการเคยู-ไบโอดีเซล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สีอ่วมรุ่งเรือง	No. Sample 30
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 2 มี.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 17 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซนต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	96.92 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ผู้วิเคราะห์..... พานิชย์ แซ่อึ้ง
(น.ส.พนิชย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการโครงการเคยู-ไบโอดีเซล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สือรัมย์รุ่งเรือง	No. Sample 19
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 13 ก.พ. 2552
	วันที่ส่งในการ: 3 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นคาร์บอนิลเอสเทอร์ (% FAME)	97.64 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
ผู้วิเคราะห์..... พงษ์ไฉ่ นัฐอ้อม
(น.ส.พจนีย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร หวันพูน)

ผู้อำนวยการโครงการเคยู-ไบโอดีเซล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: ศูนย์วิมล สौरามรุ่งเรือง	No. Sample 24
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 13 ก.พ. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 4 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลดีเซลไฮโดร	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	94.20 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ พงษ์ นัยอ่อง
(น.ส.พนีย์ แซ่อ่อง)

ผู้อำนวยการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนาคคุณ)

ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเค-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล เสือร่วมรุ่งเรือง	No. Sample 33
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพาภิรมย์ เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 2 มี.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 20 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซนต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	98.04 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์..... พานิชย์ แซ่ฮ่อง
(น.ส.พนนิษฐ์ แซ่ฮ่อง)

ผู้อำนวยการ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการ โครงการเค-ไบโอดีเซล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สือร่วมรุ่งเรือง	No. Sample 39
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ถ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพาภิรมย์ เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 2 มี.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 19 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	99.51 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ *นางนันทิยา แซ่อ่อง*
(น.ส.พจนีย์ แซ่อ่อง)

ผู้อำนวยการ *[Signature]*
(รองศาสตราจารย์ ดร.เทัญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สิริร่วมรุ่งเรือง	No. Sample 33
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 2 มี.ค. 2552
	วันที่คืนผลการ: 20 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซนต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	98.04 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ *หาวนีย์ แซ่อึ้ง*
(น.ศ. พงนีย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ *[Signature]*

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทีฆฉัตร ศรีมพคุณ)

ผู้อำนวยการโครงการเคยู-ไบโอดีเซล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สือรัมย์รุ่งเรือง	No. Sample 36
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ต.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 2 มี.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 19 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	96.36 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ศูนย์วิทยาศาสตร์สุขภาพ

ผู้วิเคราะห์ พจนันท์ ไม้ฮ่อ
(น.ส.พจนันท์ ไม้ฮ่อ)

ผู้อำนวยความสะดวก
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยความสะดวก โครงการเคยู-ไบโอดีเซล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จุฬจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204
086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สีอ้วนรุ่งเรือง	No. Sample 32
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพาภิธานนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 2 มี.ค. 2552
	วันที่คืนผลการ: 20 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	96.22 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ พจน์ ษ์ แซ่อึ้ง
(น.ศ.พจน์ ษ์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ [Signature]
(รองศาสตราจารย์ ดร.เทัญจิตร ศรีนพคุณ)

ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
 ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
 รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: ศูนย์วิจัย สือร่วมรุ่งเรือง	No. Sample 11 speed 250 rpm
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพาภิธานนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 10 ก.พ. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 20 ก.พ. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	97.24 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ พณีย์ แซ่อึ้ง

(น.ส.พณีย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยกา ดร.พีญจิตร ศรีนพคุณ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พีญจิตร ศรีนพคุณ)

ผู้อำนวยกาโครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204
086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวิมล สีอร่ามรุ่งเรือง	No. Sample 14
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 13 ก.พ. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 2 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	98.34 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ จงใจ แซ่อึ้ง
(น.ส.พนีย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พีญจิตร ศรีนพคุณ)

ผู้อำนวยการโครงการเคยู-ไบโอดีเซล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สีอ่วมรุ่งเรือง	No. Sample 15
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 13 ก.พ. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 2 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นดีเมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	96.52 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานที่รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ พงษ์ น้อยอึ้ง

(น.ส. พงษ์ น้อยอึ้ง)

ผู้อำนวยการ.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.พีญจิตร ศรีนพคุณ)

ผู้อำนวยการโครงการเคยู-ไบโอดีเซล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สิวรัมย์รุ่งเรือง	No. Sample 35
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ด.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 2 มี.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 19 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	97.06 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ พานิ่ง ไร่บัว
(น.ศ.พนีย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สีอรัมย์เรือง	No. Sample 23
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 13 ก.พ. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 4 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซนต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	98.26 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ พานี่ แซ่ฮอง

(น.ส. พานี่ แซ่ฮอง)

ผู้อำนวยการ 

(รองศาสตราจารย์ ดร.พีญจิตร์ ศรีนพคุณ)

ผู้อำนวยการโครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพต เขียวรุ่งเรือง	No. Sample 13
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ต.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 10 ก.พ. 2552
	วันที่คืนนินการ: 20 ก.พ. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลกึ่งเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นที่เติมทีลเอสเทอร์ (% FAME)	94.99 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ พญ. นิชัย แซ่ซ่ง
(น.ส. พญ. นิชัย แซ่ซ่ง)

ผู้อำนวยการ พญ. นิชัย แซ่ซ่ง
(รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญจิตร์ ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

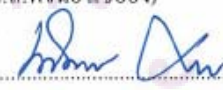
ผู้ส่งตัวอย่าง: ศูนย์วิทย์ สือร่วมรุ่งเรือง	No. Sample 12 speed 550 rpm
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 10 ก.พ. 2552
	วันที่คืนนิมิต: 20 ก.พ. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซนต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	98.86 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์: พงษ์ ใจ นวรัตน์
(น.ส.พจน์ย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ: 
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สือรัมย์รุ่งเรือง	No. Sample 8
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 10 ก.พ. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 16 ก.พ. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เฟอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	93.91 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ พงษ์ คุ้ม
(น.ศ.พนีย์ แซ่เอ็ง)ผู้อำนวยการ *[Signature]*
(รองศาสตราจารย์ ดร.เทัญจิตร สรีนพคุณ)

ผู้อำนวยการโครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร.: 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: กุณวีรพล สีอร่ามรุ่งเรือง	No. Sample 25
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพาภิรมย์ เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 2 มี.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 18 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซนต์เมทิลเอสเตอร์ (% FAME)	95.25 %	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมัน ไบโอดีเซล	-	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ศูนย์วิจัยทรัพยากรชีวภาพและพลังงานทดแทน
ผู้วิเคราะห์ หนึ่ง ๖๖ ช่ออ่าว
(น.ส.พจนีย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร์ ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ผลการวิเคราะห์ความหนืดของเมทิลเอสเทอร์



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวิมล สือรัมย์เรือง	No. Sample 42
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง อ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 23 มี.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 24 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	-	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	4.6 cSt	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์ นางสาว น. อังษา
(น.ส.พนีย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร. : 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวิมล สิริรุ่งเรือง	No. Sample 43
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ถ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 23 มี.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 24 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	-	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	4.7 cSt	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์..... พจน์ีย์ แซ่อึ้ง
(น.ส.พจน์ีย์ แซ่อึ้ง)

ผู้อำนวยการ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการ โครงการเคยู-ไบโอดีเซล



ห้องปฏิบัติการเคยู-ไบโอดีเซล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
รายงานผลวิเคราะห์

โทร.: 02-9428555 ต่อ 1203, 1204

086-3582203 Fax.: 02-5614621

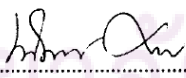
ผู้ส่งตัวอย่าง: คุณวีรพล สือรัมย์รุ่งเรือง	No. Sample 44
ที่อยู่: 14 ซ.เจริญกรุง ถ.เจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม.	วันที่รับตัวอย่าง: 23 มี.ค. 2552
	วันที่ดำเนินการ: 24 มี.ค. 2552
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: ไบโอดีเซลสีเหลืองใส	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: บรรจุในขวดพลาสติก

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน EN 14214	ค่ามาตรฐานชุมชน
1. เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ (% FAME)	-	96.5 %	-
2. Monoglyceride (% mass)	-	<0.8	-
3. Diglyceride (% mass)	-	<0.2	-
4. Triglyceride (% mass)	-	<0.4	-
5. Acid value	-	<0.5 mgKOH/g	<0.8 mgKOH/g
6. ความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล	4.7 cSt	3.5-5.0 cSt	1.9-8.0 cSt
7. ความหนืดของน้ำมัน	-	-	-

*รายงานนี้รับรองเฉพาะผลตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

ผู้วิเคราะห์: พจน์ ใจอ่อน
(น.ส.พจน์ ใจอ่อน)

ผู้อำนวยการ: 
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ)
ผู้อำนวยการโครงการเคยู-ไบโอดีเซล

4. ผลการวิเคราะห์จุดวาบไฟของเมทิลเอสเทอร์



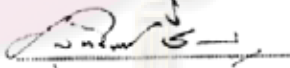
คำขอบริการที่ ท.087/52 ที่ สทท. 112/52

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์
ให้แก่
คุณ วีรพล เขียวรัมย์เรือง

การทดสอบ / วิเคราะห์ เมทิลเอสเทอร์
วิธีทดสอบ / วิเคราะห์ ASTM D 93
ภาวะการทดสอบ / วิเคราะห์: อุณหภูมิ - °C ความชื้นสัมพัทธ์ - %
ผลการทดสอบ / วิเคราะห์

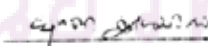
ตัวอย่าง	คุณสมบัติ,หน่วย	วิธีทดสอบ	เกณฑ์มาตรฐาน	ผลการทดสอบ
ตัวอย่างที่ 1	จุดวาบไฟ,องศาเซลเซียส	ASTM D 93	ไม่ต่ำกว่า 120	173.0
ตัวอย่างที่ 2	จุดวาบไฟ,องศาเซลเซียส	ASTM D 93	ไม่ต่ำกว่า 120	157.4
ตัวอย่างที่ 3	จุดวาบไฟ,องศาเซลเซียส	ASTM D 93	ไม่ต่ำกว่า 120	167.0

ผู้ทดสอบ / วิเคราะห์ ผู้รับรอง

1. ปิยะนันท์ ศรีศิริ 
(ดร.สุทธิพร ชีวสารณ์)

2. _____

ผู้ตรวจสอบ ผู้อำนวยการ


(อุทชนา ฐานมงคล) ฝ่ายเทคโนโลยีพลังงาน

วันที่ 27 มีนาคม 2552

ผลการทดสอบวิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ / วิเคราะห์เท่านั้น
ห้ามนำผลการทดสอบ / วิเคราะห์ ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วร.

5. ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมันในไขปาล์มสเตียรีน



หมายเลขทะเบียน 1105/50

รายงาน เลขที่ 0094 / 2552

รายงานผลทดสอบ

คำขอบริการที่ : บข. ขจ. 242 / 52
 ที่ ตทท. ทป. : ขจ. 450 / 52
 ถูกค้า : วีรพล สีอร่ามรุ่งเรือง
 ที่อยู่ : เลขที่ 14 ถนนเจริญกรุง แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200
 อุณหภูมิ : 23.9 °C ความชื้นสัมพัทธ์ : 58.3 %

ข้อมูลของตัวอย่าง : Palm stearin
 เป็นของแข็ง สีขาว บรรจุในขวดพลาสติกชนิด จำนวน 1 ขวด ๆ ละ 100 กรัม

วิธีทดสอบ : Inhouse Method : T-BC-01 based on AOAC 969.33, AOAC 991.39 (2005)

ผลทดสอบ :

Palm stearin			
Fatty acid composition, %			
Lauric acid	C12:0	=	0.3
Myristic acid	C14:0	=	1.2
Pentadecanoic acid	C15:0	=	0.1
Palmitic acid	C16:0	=	63.7
Palmitoleic acid	C16:1 n-7	=	0.1
Margaric acid	C17:0	=	0.1
Stearic acid	C18:0	=	4.9
Oleic acid	C18:1 n-9	=	24.0
Linoleic acid	C18:2 n-6	=	5.0
α-Linolenic acid	C18:3 n-3	=	0.1
Arachidic acid	C20:0	=	0.3
Gondoic acid	C20:1 n-9	=	0.1
Lignoceric acid	C24:0	=	

หมายเหตุ : Unit % is the weight percentages indicated as individual components of the fatty acid methyl ester, calculated by gas chromatography/mass spectrometry.

สิ้นสุดรายงานผลการทดสอบ

ผู้ทดสอบ อภิญญา หนูสุวรรณ (นางสาวอรทัย หนูสุวรรณ)
 ผู้รับรอง นิตชกุล มณีวัฒน์ (นางสาวนิตชกุล มณีวัฒน์)
 นักวิชาการ 9
 รักษาการในตำแหน่ง
 ผู้อำนวยการห้องปฏิบัติการชีวเคมีและจุลชีววิทยา
 วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2552 Ref. 1126252021300303001

ผลการทดสอบวิเคราะห์/สอบเทียบ นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างรายการที่ได้รับให้เท่านั้น
 การนำรายงานผล/ใบรับรองนี้ไปโฆษณาและการคัดลอกหรือการนำผลบางส่วนไปเผยแพร่ต่อสาธารณะต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้ว่าราชการ วว.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

1๑๖ ถนนพหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพมหานคร ๑๐๑๓๐๐
 โทรศัพท์ (๖๖) ๐ ๒๕๓๗ ๑๑๒๑-๓๐, ๐ ๒๕๓๗ ๕๕๑๕, ๐ ๒๕๓๗ ๐๑๖๐
 โทรสาร (๖๖) ๐ ๒๕๖๑ ๕๗๗๑, ๐ ๒๕๓๗ ๘๕๑๕
 E-mail : tistr@tistr.or.th www.tistr.or.th

ศูนย์ทดสอบและมาตรฐาน
 นิคมอุตสาหกรรมบางปู ซอย ๑ ถนนสุขุมวิท
 อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ ๑๐๒๔๐
 โทรศัพท์ (๖๖) ๐ ๒๓๒๓ ๑๖๗๒ - ๘๐ โทรสาร (๖๖) ๐ ๒๓๒๓ ๙๑๖๕
 E-mail : nitchakul@mtc.go.th

FM.BL.MTC.001 Rev.2

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวีรพล สีอ่วมรุ่งเรือง เกิดเมื่อวันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2523 ที่จังหวัดกรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2550



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย