

การปรับปรุงน้ำมันเมล็ดยางพารา เพื่อเป็นเชื้อเพลิง



นายองอาจ แสงรุ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชา เคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2530

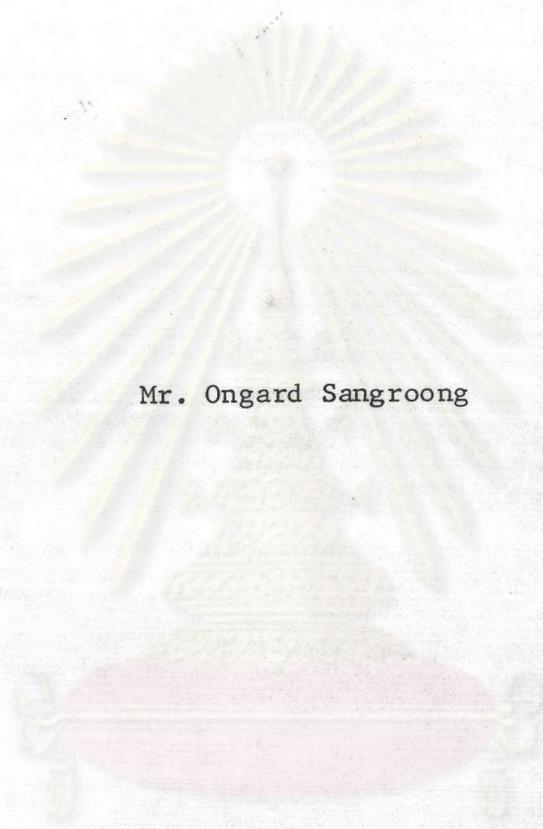
ISBN 974-567-119-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

012852

i 10295227

IMPROVEMENT OF HEVEA RUBBER SEED OIL FOR FUEL USE



Mr. Ongard Sangroong

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1987

ISBN 974-567-119-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การปรับปรุงน้ำหมักเมล็ดยางพาราเพื่อเป็นเชื้อเพลิง

โดย

นายองอาจ แล่งรุ่ง

ภาควิชา

เคมีเทคนิค

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.พล ส่า เกทอง

รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ บารมี



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย อนุมัติให้มหาวิทยาลัยราชภัฏบรจรมนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรารักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย โอลสุวรรณ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.พล ส่า เกทอง)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เพียรพรรค ทิศคร)

.....กรรมการ
(อาจารย์ นารา พิทักษ์อรณพ)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงน้ำมันเมล็ดยางพารา เพื่อเป็นเชื้อเพลิง
ชื่อผู้จัดทำ	นายองอาจ แสงรุ่ง
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.พล ส่า เกทอง รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ บารมี
ภาควิชา	เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา	2529



บทคัดย่อ

เมล็ดยางพารา เป็นวัสดุเหลือใช้การเกษตรที่สำคัญชนิดหนึ่งในประเทศไทย จากการวิเคราะห์น้ำมันเมล็ดยางพาราแล้วได้คุณสมบัติบางประการที่อาจจะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ข้อเสียของน้ำมันเมล็ดยางพารา คือ ความหนืด ปริมาณยางเหนียว และค่าของกรดสูง งานวิจัยนี้เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการทำน้ำมันเมล็ดยางพาราให้บริสุทธิ์ โดยกระบวนการกำจัดยางเหนียว กระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระ และกระบวนการฟอกสี

สภาวะที่เหมาะสมในการทดลองมีดังนี้

กระบวนการกำจัดยางเหนียวใช้กรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักน้ำมัน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที

กระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระ ใช้ปริมาณมากเกินพอของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักกรดไขมันอิสระ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที

กระบวนการฟอกสีใช้ activated clay ร้อยละ 4 โดยน้ำหนักน้ำมัน อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที

การรักษาคุณภาพน้ำมัน เดิมสาร BHT ร้อยละ 0.02 โดยน้ำหนักน้ำมัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีเล็กน้อยในช่วงเวลา 120 วัน

จากการทดลองในช่วงเวลา 130 ชั่วโมง ใช้ไขมันเมล็ดยางพาราผลร้อยละ 40 เทียบกับน้ำมันดีเซล มีปริมาณเหล็กในน้ำมันหล่อลื่น เพิ่มขึ้นร้อยละ 28.57

Thesis Title Improvement of Hevea Rubber Seed Oil for Fuel Use

Name Mr. Ongard Sangroong

Thesis Advisor Associate Professor Phol Sagetong, Ph.D.
Associate Professor Shooshat Baramee, Ph.D.

Department Chemical Technology

Academic Year 1986



ABSTRACT

Rubber seeds are one of important agricultural wastes in Thailand. The analysis of oil from rubber seeds showed some properties that may be used as a fuel. Disadvantages of rubber seed oil are its high viscosity, gum content, acid value. This work was performed to find the optimum conditions of refining rubber seed oil by degumming, neutralizing and bleaching. The followings are the optimum found :

- degumming : 0.5% H_3PO_4 by weight of the oil, temperature 60°C, time 20 minutes.
- neutralizing : 10% excess NaOH by weight of free fatty acid, temperature 65°C, time 10 minutes.
- bleaching : 4% activated clay by weight of the oil, temperature 110°C, time 20 minutes.
- perservation : add 0.02 % BHT by weight of the oil, no remarkable chemical properties changed during 120 days.

28.57% of Fe increased in lubricant used during 130 hours of work while using 40% mixing oil compared to diesel oil.

กิตติกรรมประกาศ



ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พล ส่าเกาอง รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ บารมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิชา วนดุรงค์วรรณ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ลุทธิศักดิ์ ลุขโนศิศิลป์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือ ทำให้การศึกษาริวิจัยครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณบรรดาเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดมา เนื่องจากทุนวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้มีอุปการคุณทุก ๆ ท่าน ซึ่งสนับสนุน ในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ



หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	๖
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๗
กิตติกรรมประกาศ	๘
สารบัญตาราง	๙
สารบัญรูปประกอบ	๑๐
บทที่	
1 บทนำ	1
2 ว่าสารปริทัศน์	3
2.1 น้ำมันเมล็ดยางพารา	3
2.2 ลักษณะโครงสร้างและส่วนประกอบของ เมล็ดยางพารา	4
2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำมันพืช	8
2.4 กระบวนการผลิตน้ำมันพืชโดยทั่ว ๆ ไป	8
2.5 การสกัดน้ำมันดิบ	9
2.6 การแยกสารแขวนลอยออกจากน้ำมัน	10
2.7 กระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์	11
2.7.1 กระบวนการกำจัดยางเหนียว	11
2.7.2 กระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระ	12
2.7.3 กระบวนการฟอกสี	14
2.8 การรักษาคุณภาพของน้ำมัน	17
2.8.1 การตรวจสอบออกซิเดชันในน้ำมันและไขมัน	17
2.9 การนำน้ำมันเมล็ดยางพารามาใช้ประโยชน์	20
2.10 การปรับปรุงน้ำมันเมล็ดยางพาราเพื่อใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล	21
2.11 ลักษณะของน้ำมันที่จะนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล	21

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	เครื่องมือและการทดลอง	23
	3.1 เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการทำน้ำมันเมล็ดยางพาราให้บริสุทธิ์และ เครื่องมือที่ใช้ทดสอบกับ เครื่องยนต์ดีเซล	23
	3.2 วิธีการทดลอง	
	3.2.1 การอบแห้งและการบีบเมล็ดยางพารา	30
	3.2.2 กระบวนการกำจัดยางเหนียว	30
	3.2.3 กระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระ	32
	3.2.4 กระบวนการฟอกสี	34
	3.2.5 การรักษาคุณภาพน้ำมัน เมล็ดยางพารา	35
	3.2.6 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและสมบัติทาง เชื้อเพลิงของน้ำมัน เมล็ดยางพารา	36
	3.2.7 ศึกษาน้ำมันผลส้ม (น้ำมันเมล็ดยางพาราที่ผ่านกระบวนการทำ ให้บริสุทธิ์กับน้ำมันดีเซล) มาใช้ทดสอบกับ เครื่องยนต์ดีเซล	37
	3.2.8 การหาความสึกหรอของ เครื่องยนต์	39
4	ผลการทดลอง	40
	4.1 ผลการทดลองการบีบเมล็ดยางพาราด้วย เครื่องบีบแบบเกลียวอัด ..	40
	4.2 การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการกำจัดยางเหนียว	40
	4.2.1 อิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายยางเหนียว	40
	4.2.2 อิทธิพลของอุณหภูมิในกระบวนการกำจัดยางเหนียว	40
	4.2.3 อิทธิพลของเวลาในกระบวนการกำจัดยางเหนียว	47

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4	4.3 การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระ 47
	4.3.1 อิทธิพลของปริมาณมากเกินพอของ โซเดียมไฮดรอกไซด์... 47
	4.3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิในกระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระ... 47
4.4	4.4 การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการฟอกสี..... 47
	4.4.1 อิทธิพลของปริมาณสารฟอกสี..... 47
	4.4.2 อิทธิพลของอุณหภูมิในกระบวนการฟอกสี..... 54
4.5	4.5 การรักษาคุณภาพน้ำมัน เมล็ดยางพารา..... 56
	4.5.1 อิทธิพลของชนิดและปริมาณสารกันหืน..... 56
	4.5.2 สัมปัติน้ำมัน เมล็ดยางพาราที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ 56
4.6	4.6 การวิเคราะห์ห้ลุ่มบัตินทาง เคมีและลุ่มบัตินทาง เชื้อเพลิงของน้ำมันเมล็ด ยางพารา..... 66
4.7	4.7 การศึกษาน้ำมัน เมล็ดยางพาราที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ลุ่มกับ น้ำมันดีเซลมาทดสอบกับ เครื่องยนต์ดีเซล..... 73
	4.7.1 ศึกษา น้ำมันเมล็ดยางพารา โดยให้ทดสอบกับ เครื่องยนต์ แบบไม่มีภาระ..... 73
	4.7.2 ศึกษา น้ำมันเมล็ดยางพาราผลลุ่ม โดยให้ทดสอบกับ เครื่องยนต์ แบบมีภาระ..... 80
	4.8 การสึกหรอของเครื่องยนต์..... 89
5	5 วิจัยารณผลการทดลอง..... 90
6	6 ลุ่มรูปผล และเล่นอแนะ..... 105
	เอกลุ่มารอ้างอิง..... 107

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	113
ภาคผนวก ก. การคำนวณหาปริมาณยางเหนียว	114
ภาคผนวก ข. การคำนวณหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์	116
ภาคผนวก ค. การคำนวณสัมมูลมวลสารของการใช้น้ำมันเมล็ดยางพารา ผลัมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่าง ๆ กับเครื่องยนต์ดีเซล	118
ภาคผนวก ง. การศึกษาต้นทุนการผลิตน้ำมันเมล็ดยางพาราขนาด อุตสาหกรรม	125
ภาคผนวก จ. ตารางแสดงผลการทดลอง	140
ประวัติ	160

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	อุณหภูมิในการกำจัดกรดไขมันอิสระของน้ำมันชนิดต่าง ๆ.....	14
2.2	อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการฟอกสีของน้ำมันชนิดต่าง ๆ...	16
4.1	แสดงผลการทดลองบีบน้ำมันเมล็ดยางพารา โดยใช้เครื่องบีบแบบ เกลียวอัดอบเมล็ดยางพาราด้วยเครื่องตบแห้งแบบภาตใช้อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง.....	41
4.2	แสดงผลการสกัดน้ำมันเมล็ดยางพาราที่หลงเหลืออยู่ในกากเมล็ด ยางพาราที่บีบด้วยเครื่องบีบแบบเกลียวอัด โดยใช้ apparatus (21) ใช้ไซโตรเลียมอีเรอร์เป็นตัวทำลาย เวลา 8 ชั่วโมง..	42
4.3	แสดงผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และสมบัติทางฟิสิกส์ของน้ำมัน เมล็ดยางพาราในช่วงเวลา 120 วัน.....	63
4.4	แสดงความหนืดคิเนมาติก (kinematic viscosity) ของ น้ำมันเมล็ดยางพาราที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 40-100°ซ.....	64
4.5	แสดงผลการวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันเมล็ดยาง พาราที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตรา ส่วนต่าง ๆ (ร้อยละโดยปริมาตรของน้ำมันเมล็ดยางพารา)....	72

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงลักษณะของผลยางพาราและเมล็ดยางพารา	5
2.2	อิทธิพลของสารกันเหินที่มีต่อค่าเปอร์ออกไซด์	19
3.1	เครื่องอบแห้งแบบถาด	23
3.2	เครื่องบีบแบบเกลียวอัด	25
3.3	เครื่องกรองด้วยความดัน	26
3.4	เครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	27
3.5	เครื่องมือวิเคราะห์ส่วนประกอบก๊าซ (Orsat apparatus)	28
3.6	เครื่องอบแห้งแบบสูญญากาศ (vacuum dryer)	29
4.1	แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักตะกอนยางเหนียวและความเข้มข้นของ สารลดยางเหนียวในกระบวนการกำจัดยางเหนียว จากร้อยละ 0.05 ถึง 1.5 โดยน้ำหนักอุณหภูมิต้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) เวลา 20 นาที ตามวิธีหาน้ำหนักยางเหนียวโดยการชั่งน้ำหนักตะกอน	43
4.2	แสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นฟอสฟอรัสและความเข้มข้นของสาร ลดยางเหนียวในกระบวนการกำจัดยางเหนียว ใช้ความเข้มข้นของ สารลดยางเหนียวจากร้อยละ 0.05 ถึง 1.5 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิต้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) เวลา 20 นาที ตามวิธีหาปริมาณ ฟอสฟอรัสที่สัมพันธ์กับฟอสฟาไทด์	44
4.3	แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักตะกอนยางเหนียวและอุณหภูมิในกระบวนการ กำจัดยางเหนียว ใช้อุณหภูมิจาก 30 ถึง 90 องศาเซลเซียส ที่ ความเข้มข้นของสารลดยางเหนียวร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก เวลา 20 นาที ตามวิธีหาน้ำหนักยางเหนียวโดยการชั่งน้ำหนักตะกอน	45
4.4	แสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นฟอสฟอรัสและอุณหภูมิในกระบวนการ กำจัดยางเหนียว ใช้อุณหภูมิจาก 30 ถึง 90 องศาเซลเซียส ที่ ความเข้มข้นของสารลดยางเหนียวร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก เวลา 20 นาที ตามวิธีหาปริมาณฟอสฟอรัสที่สัมพันธ์กับฟอสฟาไทด์	46

ลํารับัญรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.5	แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักตะกอนยางเหนียวและเวลาในกระบวนการ กำจัดยางเหนียว ใช้เวลาจาก 5 ถึง 30 นาที ความเข้มข้นของลําร ลดยางเหนียวร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามวิธีหาน้ำหนักยางเหนียวโดยการชั่งน้ำหนักตะกอน	48
4.6	แสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นฟอสฟอรัสและเวลาในกระบวนการ กำจัดยางเหนียวใช้เวลาจาก 5 ถึง 30 นาที ที่ความเข้มข้นของลําร ลดยางเหนียวร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตามวิธีหาปริมาณฟอสฟอรัสที่ลํมมูลย์กับฟอสฟาไทด์	49
4.7	แสดงการเปรียบเทียบกรดไขมันอิสระที่ลดลงและน้ำมันที่สูญเสียใน กระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระ ใช้ปริมาณมากเกินพอของโซเดียม ไฮดรอกไซด์จากร้อยละ 0 ถึง 25 โดยน้ำหนักกรดไขมันอิสระ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที	50
4.8	แสดงการเปรียบเทียบกรดไขมันอิสระที่ลดลงและน้ำมันที่สูญเสียใน กระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระ อุณหภูมิ 50 ถึง 70 องศาเซลเซียส ปริมาณมากเกินพอของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก กรดไขมันอิสระ เวลา 10 นาที	51
4.9	แสดงการเปรียบเทียบค่าสีและปริมาณ activated clay ในกระบวนการ ฟอกสี ใช้ปริมาณ activated clay จากร้อยละ 1 ถึง 5 โดย น้ำหนักน้ำมัน อุณหภูมิ 90 ถึง 120 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ..	52
4.10	แสดงการเปรียบเทียบค่าสีและปริมาณ activated carbon ใน กระบวนการฟอกสี ใช้ปริมาณ activated carbon จากร้อยละ 1 ถึง 5 โดยน้ำหนักน้ำมัน อุณหภูมิ 90 ถึง 120 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที	53
4.11	แสดงกระบวนการทำน้ำมันเมล็ดยางพาราให้บริสุทธิ์	54

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.12	แสดงการเปรียบเทียบค่าสีและอุณหภูมิในกระบวนการฟอกสี ใช้อุณหภูมิ ล่าง 90 ถึง 120 องศาเซลเซียส ปริมาณ activated clay จาก ร้อยละ 2 ถึง 5 โดยน้ำหนักน้ำมัน เวลา 20 นาที.....	55
4.13	แสดงการเปรียบเทียบค่าเปอร์ออกไซด์ และเวลาในช่วง 120 วัน ของน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ไม่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์และเติมสาร BHT ความเข้มข้นร้อยละ 0.005, 0.01 และ 0.02 โดยน้ำหนักน้ำมัน	57
4.14	แสดงการเปรียบเทียบค่าเปอร์ออกไซด์ และเวลาในช่วง 120 วัน ของน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ไม่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ และเติมสาร กันหืน BHA ความเข้มข้นร้อยละ 0.005, 0.01 และ 0.02 โดยน้ำหนัก น้ำมัน	58
4.15	แสดงการเปรียบเทียบค่าเปอร์ออกไซด์และเวลาในช่วง 120 วัน ของ น้ำมันเมล็ดยางพาราที่ไม่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ และเติมสาร โซเดียมซีเทรท ความเข้มข้นร้อยละ 0.005, 0.01 และ 0.02 โดย น้ำหนักน้ำมัน.....	59
4.16	แสดงการเปรียบเทียบค่าเปอร์ออกไซด์ และเวลาในช่วง 120 วัน ของน้ำมันเมล็ดยางพารา ที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ น้ำมันเมล็ด ยางพาราที่ไม่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ และน้ำมันเมล็ดยางพารา ที่ไม่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์เติมสาร BHT ร้อยละ 0.02 โดย น้ำหนักน้ำมัน	60
4.17	แสดงการเปรียบเทียบค่าของกรด (acid value) และเวลาในช่วง 120 วัน ของน้ำมัน เมล็ดยางพาราที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ น้ำมันเมล็ดยางพาราที่ไม่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ และน้ำมันเมล็ด ยางพาราที่ไม่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ เติมสาร BHT ร้อยละ 0.02 โดยน้ำหนักน้ำมัน	61

ลสารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.18	แสดงการเปรียบเทียบค่าสีและเวลา ในช่วง 120 วัน ของน้ำมันเมลิติด ยางพาราที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ น้ำมันเมลิติดยางพาราที่ไม่ผ่าน กระบวนการทำให้บริสุทธิ์ และน้ำมันเมลิติดยางพาราที่ไม่ผ่านกระบวนการ ทำให้บริสุทธิ์ เติมสาร BHT ร้อยละ 0.02 โดยน้ำหนักน้ำมัน..... 62
4.19	แสดงความหนืดคิเนมาติก (kinematic viscosity) ของน้ำมัน เมลิติดยางพาราที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 40-100 องศาเซลเซียส..... 65
4.20	แสดงผลิตภัณฑ์น้ำมัน เมลิติดยางพาราผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่าง ๆ.. 66
4.21	แสดงการเปรียบเทียบความถ่วงจำเพาะและน้ำมันเมลิติดยางพาราผสม กับน้ำมันดีเซล (ร้อยละโดยปริมาตร)..... 67
4.22	แสดงการเปรียบเทียบของค่า เอ.พี.ไอ. และน้ำมันเมลิติดยางพารา ผสมกับน้ำมันดีเซล (ร้อยละโดยปริมาตร)..... 67
4.23	แสดงการเปรียบเทียบค่าซีเทน (cetane number) และน้ำมันเมลิติด ยางพาราผสมกับน้ำมันดีเซล (ร้อยละโดยปริมาตร)..... 68
4.24	แสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อน (heating value) และน้ำมัน เมลิติดยางพาราผสมกับน้ำมันดีเซล (ร้อยละโดยปริมาตร)..... 68
4.25	แสดงการเปรียบเทียบกากคาร์บอนหลงเหลือ (carbon residue) และน้ำมันเมลิติดยางพาราผสมกับน้ำมันดีเซล (ร้อยละโดยปริมาตร).... 69
4.26	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณกำมะถัน (sulfur content) และน้ำมัน เมลิติดยางพาราผสมกับน้ำมันดีเซล (ร้อยละโดยปริมาตร)..... 69
4.27	แสดงการเปรียบเทียบความหนืดคิเนมาติก (kinematic viscosity) และน้ำมันเมลิติดยางพาราผสมกับน้ำมันดีเซล (ร้อยละโดยปริมาตร).... 70
4.28	แสดงการเปรียบเทียบจุดวาบไฟ (flash point) และน้ำมันเมลิติด ยางพาราผสมกับน้ำมันดีเซล (ร้อยละโดยปริมาตร)..... 71

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.29	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและน้ำมันเมลิติยางพาราผสมกับน้ำมันดีเซลจากร้อยละ 0 ถึง 40 โดยปริมาตร ใช้ความเร็วรอบจาก 1,500 ถึง 1,800 รอบต่อนาที ที่สภาวะการทดสอบเครื่องยนต์แบบไม่มีภาระ	74
4.30	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และความเร็วรอบเครื่องยนต์จาก 1,500 ถึง 1,800 รอบต่อนาที ใช้ น้ำมันเมลิติยางพาราผสมกับน้ำมันดีเซล จากร้อยละ 0 ถึง 40 โดยปริมาตรที่สภาวะการทดสอบเครื่องยนต์แบบไม่มีภาระ	75
4.31	แสดงการเปรียบเทียบก๊าซไอเสียปล่อยออก และน้ำมันเมลิติยางพาราผสมกับน้ำมันดีเซลจากร้อยละ 0 ถึง 40 โดยปริมาตร ใช้ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ที่สภาวะการทดสอบเครื่องยนต์แบบไม่มีภาระ	76
4.32	แสดงการเปรียบเทียบก๊าซไอเสียปล่อยออกและน้ำมันเมลิติยางพาราผสมจากร้อยละ 0 ถึง 40 โดยปริมาตร ใช้ความเร็วรอบ 1,600 รอบต่อนาที ที่สภาวะการทดสอบเครื่องยนต์แบบไม่มีภาระ	77
4.33	แสดงการเปรียบเทียบก๊าซไอเสียปล่อยออกและน้ำมันเมลิติยางพาราผสมกับน้ำมันดีเซลจากร้อยละ 0 ถึง 40 โดยปริมาตร ใช้ความเร็วรอบ 1,700 รอบต่อนาที ที่สภาวะการทดสอบเครื่องยนต์แบบไม่มีภาระ	78
4.34	แสดงการเปรียบเทียบก๊าซไอเสียปล่อยออกและน้ำมันเมลิติยางพาราผสมกับน้ำมันดีเซลจากร้อยละ 0 ถึง 40 โดยปริมาตรใช้ความเร็วรอบ 1,800 รอบต่อนาที ที่สภาวะการทดสอบเครื่องยนต์แบบไม่มีภาระ	79
4.35	แสดงการใช้น้ำมันเมลิติยางพาราผสมกับน้ำมันดีเซลเพื่อทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล	81

ลํารับรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.36	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและน้ำมันเมลิตยางพาราผลล้มน้ํามันดีเซล จากร้อยละ 0 ถึง 40 โดยปริมาตร ใช้ความเร็วรอบจาก 1,500 ถึง 1,800 รอบต่อนาที ที่ลํากวาระการทดลอบเครื่องยนต์แบบมีภาระ (300 วัตต์, 200-250 โวลท์) 82
4.37	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบเครื่องยนต์จาก 1,500 ถึง 1,800 รอบต่อนาที ที่ลํากวาระการทดลอบเครื่องยนต์แบบมีภาระ (300 วัตต์, 220-250 โวลท์) 83
4.38	แสดงการเปรียบเทียบกำลังล่อกและน้ํามันเมลิตยางพาราผลล้มน้ํามันดีเซลจากร้อยละ 0 ถึง 40 โดยปริมาตร ใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์จาก 1,500 ถึง 1,800 รอบต่อนาที ที่ลํากวาระการทดลอบเครื่องยนต์แบบมีภาระ (300 วัตต์, 220-250 โวลท์) 84
4.39	แสดงการเปรียบเทียบก๊าซไอเสียปล่อยออกและน้ํามันเมลิตยางพาราผลล้มน้ํามันดีเซลจากร้อยละ 0 ถึง 40 โดยปริมาตร ใช้ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ที่ลํากวาระการทดลอบเครื่องยนต์แบบมีภาระ (300 วัตต์, 220-250 โวลท์) 85
4.40	แสดงการเปรียบเทียบก๊าซไอเสียปล่อยออกและน้ํามันเมลิตยางพาราผลล้มน้ํามันดีเซล จากร้อยละ 0 ถึง 40 โดยปริมาตร ใช้ความเร็วรอบ 1,600 รอบต่อนาที ที่ลํากวาระการทดลอบเครื่องยนต์แบบมีภาระ (300 วัตต์, 220-250 โวลท์) 86
4.41	แสดงการเปรียบเทียบก๊าซไอเสียปล่อยออกและน้ํามันเมลิตยางพาราผลล้มน้ํามันดีเซล จากร้อยละ 0 ถึง 40 โดยปริมาตร ใช้ความเร็วรอบ 1,700 รอบต่อนาที ที่ลํากวาระการทดลอบเครื่องยนต์แบบมีภาระ (300 วัตต์, 220-250 โวลท์) 87

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.42 : แสดงการ เปรียบเทียบก๊าซไอเสียปล่อยออกและน้ำมันเมสติด่างพาราผล่ม
กับน้ำมันดีเซลจากร้อยละ 0 ถึง 40 โดยปริมาตรใช้ความเร็วรอบ 1,800
รอบต่อนาที ที่สภาวะการทดสอบเครื่องยนต์แบบมีภาระ (300 วัตต์,
220-250 โวลท์) 88

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย