สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การนำเมทิลเอสเทอร์ของไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และเอทิลเอสเทอร์ของน้ำมันมะพร้าวนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล

THE USE OF METHYL ESTER FROM REFINED PALM OIL STEARIN AND ETHYL ESTER FROM COCONUT OIL WITH A DIESEL ENGINE

T049538

กนกอร รจนากิจ

KANOK-ON RODJANAKID

TJ154
.R46
2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49538
วัน, เดือน, ปี 24 ก.พ. 2547

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2546

ISBN 974-324-335-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE USE OF METHYL ESTER FROM REFINED PALM OIL STEARIN AND ETHYL ESTER FROM COCONUT OIL WITH A DIESEL ENGINE

KANOK-ON RODJANAKID

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2003

ISBN 974-324-335-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2003

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTUTUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การนำเมทิลเอสเทอร์ของไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และเอทิลเอสเทอร์ของน้ำมันมะพร้าวไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล
นักศึกษา	นางสาวกนกอร รจนากิจ
รหัสประจำตัว	43062032
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุม	ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์

บทคัดย่อ

การนำน้ำมันพืชบริสุทธิ์มาใช้โดยตรงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดจะเกิดปัญหาอันเนื่องมาจากการมีค่าความหนืดสูงและการระเหยต่ำ ปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยการนำไปผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการนำไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าวมาผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยการใช้เมทานอลและเอทานอลตามลำดับโดยมีสารโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกริยา โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้คือไบโอดีเซลในรูปของเมทิลเอสเทอร์จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และเอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันมะพร้าว ในการทดลองได้มีการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซลที่ได้โดยการใช้แนวทางการเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลโดยการเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติความหนืด จุดไหลเท จุดวาบไฟ ค่าความร้อน ฯลฯ จากนั้นนำไบโอดีเซลที่เตรียมได้ไปใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลในระยะสั้นเพื่อศึกษาถึงสมรรถนะและควันดำที่เกิดขึ้น จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบไบโอดีเซลผสมน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วนในการผสมต่างๆกับน้ำมันดีเซลมาตรฐานพบว่าที่อัตราส่วนการผสมไบโอดีเซลต่อน้ำมันดีเซลโดยปริมาตรที่ 10% มีคุณสมบัติการใช้งานที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลในอัตราส่วนการผสมอื่น ๆ จึงสามารถกล่าวได้ว่าไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวเป็นทางเลือกใหม่ของเชื้อเพลิงที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมโดยไม่จำเป็นต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์แต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The Use of Methyl Ester from Refined Palm Oil Stearin and Ethyl Ester from Coconut Oil with a Diesel Engine
Student	Miss Kanok-on Rodjanakid
Student ID.	43062032
Degree	Master Degree
Programme	Mechanical Engineering
Year	2003
Thesis Adviser	Dr. Chinda Charoenphonphanich

ABSTRACT

Neat vegetable oils pose some problems when subjected to prolonged use in CI engines. The problems are attributed to its high viscosity and low volatility. These problems can be minimized by the process of transesterification. In this study, the transesterification reaction of refined palm oil stearin and coconut oil was carried out with methanol and ethanol using potassium hydroxide as a catalyst to yield biodiesel, methyl ester from refined palm oil stearin and ethyl ester from coconut oil. The products were evaluated by comparing physical characteristics, of the biodiesel to conventional diesel oil. These characteristics included kinematic viscosity, pour point, flash point, heating value etc. The biodiesel were then tested in a diesel engine to observe their actual performance and smoke. The results for various ratios of blended biodiesel were compared with conventional diesel oil through short period engine tests. It was found that the blend of 10%biodiesel had the highest quality among the tested ratios. Biodiesel from refined palm oil stearin and biodiesel from coconut oil has a potential use as an environmentally friendly alternative fuel for existing diesel engines without substantial hardware modifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ทวี เทศเจริญ ผศ.ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ ดร.จารุวัตร เจริญสุข และ ดร.วันฉัตร ชื่นชม ที่กรุณาช่วยเหลือให้คำแนะนำและให้โอกาสผู้วิจัยได้ทำงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆนักศึกษาทุกคนที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำต่าง ๆ พร้อมทั้งช่วยตรวจเทียบและแก้ไขทฤษฎีและอื่นๆที่ผิดพลาดจนสำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณยาย คุณพ่อ-แม่ คุณธรรมรงค์ พิพัฒน์ธนอุดมดี คุณพงษ์ศักดิ์ นิสภกุล คุณสันติ เมฆฉาย คุณจิระประภา เนียมปาน คุณวลีพรรณ กันเนื่อง ที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจต่อผู้วิจัยอย่างใกล้ชิดตลอดมา

ขอขอบคุณบุคคลที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกขอบคุณในกำลังใจนั้น

สุดท้ายขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กนกอร รจนากิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง IX

สารบัญรูป XI

รายการคำย่อและสัญลักษณ์ XIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 2

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย 2

1.5 ขอบเขตการวิจัย 3

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา 3

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ 3

บทที่ 2 วรรณกรรมปริทรรศน์ 4

2.1 บทนำ 4

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.2.1 งานวิจัยภายในประเทศ 4

2.2.2 งานวิจัยในต่างประเทศ 6

บทที่ 3 ทฤษฎี 9

3.1 บทนำ 9

3.2 พารามิเตอร์ที่ใช้กำหนดการออกแบบและการทำงานของเครื่องยนต์ 9

3.2.1 กำลัง 9

3.2.1.1 กำลังเบรก 9

3.2.2 ความดันยังผลเฉลี่ย 10

3.2.3 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะและประสิทธิภาพ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.4 อัตราส่วนระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงและเชื้อเพลิงต่ออากาศ..... 11
3.3 น้ำมันเชื้อเพลิง..... 12
3.3.1 น้ำมันดีเซล 12
3.3.1.1 น้ำมันกลั่นสำหรับยานยนต์ 12
3.3.1.2 น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับหน้าหนาว..... 12
3.3.1.3 น้ำมันดีเซลสำหรับอุตสาหกรรม 12
3.3.2 ข้อกำหนดของน้ำมันดีเซล..... 12
3.3.2.1 คุณภาพการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง 12
3.3.2.1.1 ผลของคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีต่อเครื่องยนต์..... 13
3.3.2.2 อุณหภูมิการจุดระเบิดด้วยตัวเอง 14
3.3.2.3 ค่าความร้อน 14
3.3.2.4 จุดวาบไฟ 14
3.3.2.5 จุดไหลเท 15
3.3.2.6 ความหนืด..... 16
3.3.2.7 ความถ่วงจำเพาะ..... 17
3.3.2.8 ค่าดัชนีซีเทน..... 18
3.3.2.9 กากคาร์บอน..... 19
3.3.2.10 ปริมาณกำมะถัน..... 19
3.3.2.11 ปริมาณเถ้า..... 20
3.3.2.12 สีของน้ำมันดีเซล..... 20
3.3.3 ปาล์มน้ำมัน..... 20
3.3.3.1. ความสำคัญของปาล์มน้ำมันต่อระบบเศรษฐกิจ..... 21
3.3.3.2 การแปรรูปปาล์มน้ำมัน..... 22
3.3.3.2.1 การสกัดน้ำมันปาล์มดิบ..... 22
3.3.3.2.2 .การกลั่นน้ำมันปาล์ม..... 23
3.3.4 น้ำมันมะพร้าว..... 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.4.1 วัตถุดิบ..... 26
3.3.4.2 กรรมวิธีการผลิต..... 26
3.3.5 ไบโอดีเซล..... 28
3.3.5.1 ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน..... 30
3.3.5.2 กลีเซอรีน..... 31
3.4 อุณหเคมีของสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ..... 32
3.4.1 ส่วนประกอบของอากาศและเชื้อเพลิง..... 32
3.4.2 ปริมาณสัมพันธ์ของการเผาไหม้..... 34
3.4.3 กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์สำหรับการเผาไหม้..... 36
3.4.3.1 ค่าความร้อน..... 36
3.5 ห้องเผาไหม้..... 37
3.5.1 ห้องเผาไหม้ส่วงหน้า..... 38
3.6 การควบคุมมลพิษจากเครื่องยนต์..... 40
3.6.1 ปัญหามลภาวะทางอากาศ..... 40
3.6.2 แก๊สไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซล..... 40
3.6.2.1 เขม่า..... 40
3.6.2.2 ไฮโดรคาร์บอน..... 41
3.6.2.3 ไนโตรเจนออกไซด์..... 41
3.6.2.4 คาร์บอนมอนอกไซด์..... 42

บทที่ 4 อุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง..... 43
4.1 บทนำ..... 43
4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง..... 43
4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในขั้นตอนของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอรริฟิเคชัน..... 43
4.2.2 น้ำมันที่ใช้ในการทดลอง..... 43
4.2.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง..... 43
4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์คุณสมบัติของไบโอดีเซล..... 44
4.3.1 ความหนาแน่น..... 44
4.3.2 ความหนืด (ASTM D 445)..... 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.3 จุดวาบไฟแบบ Cleveland Open Cup หรือ COC (ASTM D 92)..... 44

4.3.4 จุดไหลเท (ASTM D 97)..... 44

4.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีเซล..... 45

4.4.1 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง..... 46

4.4.2 อุปกรณ์วัดแก๊สไอเสีย..... 46

4.4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบเครื่องยนต์..... 47

4.5 ขั้นตอนดำเนินการผลิตไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์..... 47

4.6 ขั้นตอนดำเนินการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว..... 48

4.7 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติของไบโอดีเซล..... 49

4.7.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความหนาแน่นที่ 15 °C..... 49

4.7.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ API ที่ 15.6 °C 49

4.7.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความหนืดมาตรฐาน ASTM D 445..... 50

4.7.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์จุดวาบไฟมาตรฐาน ASTM D 92..... 51

4.7.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์จุดไหลเทมาตรฐาน ASTM D 97..... 51

4.7.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ Distillation Curve มาตรฐาน ASTM D 86..... 51

4.8 ขั้นตอนการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล..... 52

4.8.1 .ขั้นตอนการวัดค่าอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง..... 52

4.8.2 ขั้นตอนการทดสอบกับเครื่องยนต์..... 52

บทที่ 5 ผลการทดลองและวิจารณ์ 53

5.1 ผลการทดลองผลิตไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์..... 53

5.2 ผลการทดลองผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว 54

5.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเมทิลเอสเทอร์จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์..... 54

5.4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันมะพร้าว 56

5.5 .สรุปผลการทดลองเกี่ยวกับกรรมวิธีการผลิต 59

5.5.1 การสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์..... 59

5.5.1.1 ผลของสัดส่วนโดยปริมาตรของเมทานอลต่อ
ไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์..... 59

5.5.1.2 ผลจากการเปลี่ยนแปลงเวลา..... 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.5.1.3 ผลจากการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโดยมวลตัวเร่งปฏิกิริยา..... 60

5.5.2 การสังเคราะห์เอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันมะพร้าว 60

5.5.2.1 ผลของอัตราส่วนโดยปริมาตรของเอทานอล
ต่อน้ำมันมะพร้าว..... 60

5.5.2.2 ผลจากการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโดยมวลตัวเร่งปฏิกิริยา..... 60

5.6 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซล 61

5.7 ผลการทดลองจากการถ่ายภาพการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงผ่านหัวฉีด 65

5.8 ผลการทดลองจากการทดสอบกับเครื่องยนต์ 67

บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 73

6.1 สรุปผลการทดลอง 73

6.1.1 ผลการทดลองเกี่ยวกับกรรมวิธีการผลิต 73

6.1.2 ผลการทดลองเกี่ยวกับคุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ 74

6.1.3 ผลการทดลองจากการถ่ายภาพการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิง
ผ่านหัวฉีด..... 75

6.1.4 ผลการทดลองเกี่ยวกับเครื่องยนต์ 75

6.2 ข้อเสนอแนะ 76

เอกสารอ้างอิง.. 77

ภาคผนวก ก 79

ภาคผนวก ข 80

ภาคผนวก ค 81

ภาคผนวก ง ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ 83

ประวัติผู้เขียน 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 แสดงมลภาวะที่ได้จากไบโอดีเซลจากน้ำมันเรปสีทเปรียบเทียบ
กับน้ำมันดีเซล (g/kWhr)..... 29

3.2 แสดงส่วนประกอบหลักของอากาศแห้ง..... 32

4.1 แสดงรายละเอียดข้อมูลของเครื่องยนต์ดีเซล (Yanmar – TF 85 LM)..... 45

4.2 แสดงคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ..... 45

5.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโดยปริมาตรของเมทานอล
ต่อไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์, 0.4%(wt/vol)KOH อุณหภูมิ 60 ^{o}C เวลา 60 นาที 53

5.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงเวลาที่สัดส่วนโดยปริมาตรเมทานอล
ต่อไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ 1 : 5 , 0.4%(wt/vol)KOH อุณหภูมิ 60 ^{o}C 53

5.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโดยมวลตัวเร่งปฏิกิริยาที่สัดส่วน
โดยปริมาตรเมทานอลต่อไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ 1 : 5 , เวลา 60 นาที..... 53

5.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโดยปริมาตรของเอทานอล
ต่อน้ำมันมะพร้าวที่ 1.43%(wt/vol)KOH เวลา 6 ชั่วโมง 54

5.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโดยมวลตัวเร่งปฏิกิริยาที่สัดส่วน
โดยปริมาตรเอทานอลต่อน้ำมันมะพร้าว 1 : 5 เวลา 6 ชั่วโมง 54

5.6 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของเมทิลเอสเทอร์
ที่อัตราส่วนการผสมต่าง ๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ..... 54

5.7 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์
ที่อัตราส่วนการผสมต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิด..... 55

5.8 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าจุดวาบไฟและจุดติดไฟของเมทิลเอสเทอร์
ที่อัตราส่วนการผสมต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ 55

5.9 แสดงผลการวิเคราะห์จุดไหลเทของเมทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วน
การผสมต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ..... 55

5.10แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของเมทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วน
การผสมต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

5.11 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของเอทิลเอสเทอร์
ที่อัตราส่วนการผสมต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ 56
5.12 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของเอทิลเอสเทอร์
ที่อัตราส่วนการผสมต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิด 56
5.13 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าจุดวาบไฟและจุดติดไฟของเอทิลเอสเทอร์
ที่อัตราส่วนการผสมต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ..... 57
5.14 แสดงผลการวิเคราะห์จุดไหลเทของเอทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วน
การผสมต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ 57
5.15 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของเอทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วน
การผสมต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ 57
5.16 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเอทิลเอสเทอร์
และเมทิลเอสเทอร์เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ 58
5.17 แสดงผลการวิเคราะห์คาร์บอนโดยวิธีคอนรัดสันของไบโอดีเซลจาก
ไขมันปาล์มบริสุทธิ์ และไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล..... 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
3.1	หลักการทำงานของไดนาโมมิเตอร์	10
3.2	แสดงเครื่องมือทดสอบจุดวาบไฟแบบ PMCC หรือ PM	15
3.3	แสดงเครื่องมือทดสอบจุดวาบไฟแบบ COC	15
3.4	แสดงเครื่องมือสำหรับการหาอุณหภูมิจุดเริ่มไหลหรือจุดไหลเทของน้ำมัน	16
3.5	แสดงเครื่องมือสำหรับการหาค่าความหนืดของน้ำมัน	17
3.6	แสดงการหาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์	18
3.7	โมโนกราฟสำหรับการประมาณหาค่าดัชนีซีเทน	19
3.8	แสดงขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์ม	23
3.9	การสกัดน้ำมันดิบโดยวิธีบีบอัด	28
3.10	แสดงปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของเมทานอลกับไตรกลีเซอไรด์	30
3.11	แสดงปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของเอทานอลกับไตรกลีเซอไรด์	31
3.12	แสดงอัตราส่วนอากาศ/เชื้อเพลิงพอดีของสารผสมอากาศกับเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนที่แปรผันกับอัตราส่วน H/C ของเชื้อเพลิง	35
4.1	อุปกรณ์วัดอัตราการไหลน้ำมันเชื้อเพลิง	46
4.2	อุปกรณ์วัดไอเสีย Visitor 01 – L/LR	46
4.3	ไดนาโมมิเตอร์แบบ Eddy current	47
4.4	แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตและทดสอบเมทิลเอสเทอร์จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	48
4.5	แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตและทดสอบเอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันมะพร้าว	49
5.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง	61
5.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C กับประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง	61
5.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 100 ^{o}C กับประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง	62
5.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดไหลเทกับประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง	63
5.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดวาบไฟกับประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง	63
5.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดติดไฟกับประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง	64
5.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง	64
5.8	แสดงภาพถ่ายการสเปรย์ของน้ำมันดีเซล	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.9	แสดงภาพถ่ายการสเปรย์ของไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ผ่านหัวฉีด	65
5.10	แสดงภาพถ่ายการสเปรย์ของไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวผ่านหัวฉีด	66
5.11	แสดงภาพถ่ายการสเปรย์ของน้ำมันมะพร้าวผ่านหัวฉีด	66
5.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงบิดกับความเร็วรอบ ของเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลผสมที่ผลิตจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	67
5.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงบิดกับความเร็วรอบ ของเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลผสมที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าว	67
5.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังเบรกกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เมื่อใช้ไบโอดีเซลผสมที่ผลิตจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	68
5.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังเบรกกับความเร็วรอบ ของเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลผสมที่ผลิตน้ำมันมะพร้าว	68
5.16	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Brake Power กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าว	69
5.17	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง bsfc กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลผสมที่ผลิตจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	69
5.18	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง bsfc กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลผสมที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าว	70
5.19	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง bsfc กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าว	70
5.20	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ควันดำกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลผสมที่ผลิตจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	71
5.21	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ควันดำกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลผสมที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าว	71
5.22	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ควันดำกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าว	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการคำย่อและสัญลักษณ์

V_C	ปริมาตรช่องว่าง
V_t	ปริมาตรรวม
V_d	ปริมาตรกระจัด
r_C	อัตราส่วนการอัด
B	เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ
L	ระยะชักหรือช่วงชัก
l	ความยาวก้านสูบ
a	รัศมีข้อเหวี่ยง
θ	มุมข้อเหวี่ยง
R_{bs}	อัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบกับระยะชัก
R	อัตราส่วนของความยาวก้านสูบกับรัศมีข้อเหวี่ยง
N	เป็นรอบการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง
mep	ความดันยังผลเฉลี่ย
$\dot{m}_f$	อัตราการไหลของมวล
sfc	การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ
$\dot{m}_a$	อัตราการไหลของมวลอากาศ
$\dot{m}_f$	อัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิง
COC	Cleveland Open Cup apparatus
$PMCC, PM$	Pensky-Martens Closed Cup apparatus
$\overline{R}$	เป็นค่าคงตัวแก๊สสากล
M	เป็นน้ำหนักโมเลกุลของอากาศ
ρ	ค่าความหนาแน่น
$\left(\frac{A}{F}\right)_s$	อัตราส่วนอากาศ/เชื้อเพลิงพอดีทางทฤษฎี
$\left(\frac{F}{A}\right)_s$	อัตราส่วนเชื้อเพลิง/อากาศทางทฤษฎี
ϕ	อัตราส่วนสมมูลของเชื้อเพลิง/อากาศ
λ	อัตราส่วนอากาศ/เชื้อเพลิงสัมพัทธ์
Q_{HV}	ค่าความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศแต่การจัดหาพลังงานของประเทศไทยยังต้องพึ่งปิโตรเลียมนำเข้าถึงประมาณร้อยละ 50 ของอุปทานพลังงาน และเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งมีสัดส่วนถึงประมาณร้อยละ 80 ส่วนที่เหลือได้มาจากมวลชีวภาพและพลังน้ำ เนื่องจากเชื้อเพลิงฟอสซิลโดยเฉพาะปิโตรเลียมประเทศไทยยังต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ โดยเฉพาะการใช้น้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลกับยานพาหนะ ทำให้ประเทศไทยต้องเสียเปรียบดุลย์การค้า และการชำระเงิน และขาดเสถียรภาพในการจัดหาพลังงานด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดความพยายามค้นหาพลังงานอื่นมาทดแทนน้ำมัน เช่น การใช้แอลกอฮอล์กับเครื่องยนต์เบนซิน การนำพลังงานแสงอาทิตย์ ลม น้ำ และก๊าซชีวภาพมาใช้นับว่าให้ผลก้าวหน้าพอสมควร แต่สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ยังหาพลังงานทดแทนที่มีราคาถูกพอสมควรไม่ได้เพราะเครื่องยนต์ดีเซลได้รับการพัฒนาให้เหมาะสมสำหรับการใช้กับน้ำมันดีเซลมากว่า 50 ปีแล้ว การนำก๊าซหรือพลังงานอื่นเข้าไปทดแทนจึงเป็นปัญหาทางเทคนิคอยู่ไม่น้อย เช่น การทดลองนำก๊าซชีวภาพและน้ำมันพืชหลายชนิดมาใช้กับเครื่องยนต์ปรากฏว่าเป็นไปได้แต่มีปัญหาเรื่องมียางเหนียวติดลูกสูบและชิ้นส่วนอื่น ๆ ของเครื่องยนต์ จึงได้มีการค้นคว้าวิจัยหาเชื้อเพลิงแหล่งใหม่ที่สะอาดหรือที่เรียกว่าเชื้อเพลิงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งก็คือน้ำมันพืชตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 ประเทศไทยมีงานวิจัยในเรื่องการใช้น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม รวมถึงเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์ม เป็นพลังงานทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซล งานวิจัยการใช้น้ำมันถั่วลิสงแทนน้ำมันดีเซล ทำการทดลองโดยมีแนวคิดที่ต้องการทดลองกับน้ำมันพืชชนิดที่สามารถบีบแยกน้ำมันออกจากเมล็ดพืชได้ง่ายโดยใช้แรงคน ซึ่งทำให้พึ่งพาตนเองได้ หากมีวิกฤตขาดแคลนน้ำมันขึ้น สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) รายงานการวิจัยโดยใช้น้ำมันถั่วลิสงเป็นเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ยันมาร์ ขนาด 7 แรงม้า โดยไม่มีการดัดแปลงเครื่องยนต์แต่ประการใด ผลการทดลองพบว่า น้ำมันถั่วลิสงทั้งชนิดดิบและรีไฟน์ มีความหนืดสูง การติดเครื่องยนต์เป็นไปได้ยาก มีปัญหาในการเดินเครื่องที่รอบต่ำ ๆ เครื่องเดินสะดุด การสันดาปเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ และไม่ต่อเนื่อง ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ระยะสั้น พบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันถั่วลิสงทั้งชนิดดิบและรีไฟน์เป็นเชื้อเพลิง ให้กำลังใกล้เคียงกับที่ใช้น้ำมันดีเซล หลังการทดสอบเดินเครื่องยนต์แล้ว ได้ตรวจสภาพชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ พบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันถั่วลิสงมีเขม่าจับที่ลูกสูบและวาล์วมากกว่าที่ใช้น้ำมันดีเซล และมีตะกรันขาวตกอยู่ในถังน้ำมันบรรจุเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะมีผลต่อลูกสูบ และหัวฉีด หากหลุดติดไปกับน้ำมันเชื้อเพลิงนอกจากนั้นแล้ว วท. ได้ทดลองนำ Fatty

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Acid Methyl Ester จากน้ำมันปาล์ม หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า เอสเทอร์ของน้ำมันปาล์ม มาเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลโดย Fatty Acid Methyl Ester ที่นำมาทดลองนี้ได้วิจัยผลิตขึ้นในห้องปฏิบัติการโดยใช้น้ำมันปาล์มดิบทำปฏิกิริยากับเมทานอลโดยมีกรดเป็นตัวคะตะลิสต์ เมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มที่ได้ มีค่าความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล จากผลการทดสอบกับเครื่องยนต์ พบว่าเครื่องยนต์ให้กำลังเทียบเท่ากับการใช้น้ำมันดีเซลทุกประการ อย่างไรก็ตามไม่มีรายงานการทดลองและผลที่มีต่อเครื่องยนต์เมื่อใช้ในระยะยาว เนื่องจากน้ำมันพืชเมื่อนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลโดยตรง จะมีปัญหาทางด้านจุดไหลเท (Pour Point) และค่าความหนืด (Viscosity) ซึ่งเป็นปัญหาหลัก เพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าวในข้างต้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มีนำไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าวมาสังเคราะห์เป็นเมทิลเอสเทอร์และเอทิลเอสเทอร์ หรือที่เรียกว่าไบโอดีเซลด้วยจุดประสงค์เดียวกันคือเพื่อลดความหนืดของน้ำมันพืชและทำให้น้ำมันพืชมีความคงตัวมากขึ้นในการทดลองได้มีการออกแบบให้มีการผสมไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนการผสมที่แตกต่างกันและนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลในระยะสั้นเพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติและมลภาวะไอเสียที่เกิดขึ้นเมื่อนำไปใช้งานกับเครื่องยนต์จริง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมทิลเอสเทอร์จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และเอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันมะพร้าวเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วมาตรฐาน
2. นำไบโอดีเซลที่เตรียมได้ไปทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติและเปอร์เซ็นต์ควันดำที่เกิดขึ้นเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วมาตรฐาน

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1. ไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันพืชที่แตกต่างกันจะมีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันไปตามคุณลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้ ซึ่งจากผลการทดลองจะเป็นประโยชน์ในเรื่องการเปรียบเทียบคุณสมบัติเมื่อนำมาใช้งานกับเครื่องยนต์จริง ซึ่งคาดว่าไบโอดีเซลในอัตราส่วนการผสมต่ำจากน้ำมันพืชทั้งสองประเภทจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการผลิตไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และน้ำมันมะพร้าว และทำการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซล จากผลการทดลองพบว่าไบโอดีเซลบริสุทธิ์ที่ได้มีค่าความหนืด และจุดไหลเทเกินค่ามาตรฐานข้อกำหนดดีเซลหมุนเร็วกระทรวงพาณิชย์จึงได้มีการออกแบบการทดลองโดยการนำไบโอดีเซลมาผสมกับน้ำมันดีเซลมาตรฐานใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนการผสมไบโอดีเซลต่อน้ำมันดีเซลที่ 10:90 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรที่อัตราส่วนผสม 50:50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรและในอัตราส่วนการผสม 90:10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จากนั้นนำไบโอดีเซลผสมมาทำการทดสอบกับเครื่องยนต์จริงเพื่อหาค่าสมรรถนะที่เกิดขึ้นโดยทำการทดสอบเพื่อหาค่ากำลังเบรกของเครื่องยนต์ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกและเปอร์เซ็นควันดำที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลมาตรฐานในขั้นตอนสุดท้ายเป็นการสรุปผลการทดลอง และแนวทางในการพัฒนางานวิจัยเพิ่มเติมเพื่อนำไปประยุกต์ใช้

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1. ผลิตไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าว
2. นำไบโอดีเซลที่เตรียมได้ไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติและมลภาวะไอเสียที่เกิดขึ้น

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

1. ศึกษางานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวเนื่องกับการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชชนิดต่างๆ รวมถึงปัญหา ข้อจำกัดและอุปสรรคที่เกิดขึ้นจากการทดลอง
2. ศึกษาถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องซึ่งรวมถึงวิธีการทดสอบคุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตได้
3. นำไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และน้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนการผสม 10:90, 50:50 และ 90:10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และไบโอดีเซลบริสุทธิ์ที่ได้มาทดสอบกับเครื่องยนต์เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติ และมลภาวะไอเสียที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงทดแทนให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยการใช้ประโยชน์จากน้ำมันที่สกัดจากพืชให้ได้มากที่สุด
2. ลดการพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศโดยการใช้น้ำมันพืชที่เป็นผลผลิตที่ได้จากการเกษตรที่มีอยู่มากในประเทศ
3. เป็นการแก้ปัญหาเรื่องผลผลิตทางการเกษตรที่มีมูลค่าตกต่ำ
4. เป็นการพัฒนาพลังงานจากเชื้อเพลิงเพื่อแก้ปัญหาวิกฤติการณ์ทางด้านน้ำมัน
5. เป็นแบบอย่างและเป็นแนวทางที่ดีไปสู่การพัฒนาเพื่อเป็นพลังงานทดแทนที่ยั่งยืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทรรศน์

2.1 บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศ แต่การจัดหาพลังงานของประเทศไทยยังต้องพึ่งปิโตรเลียมนำเข้าถึงประมาณร้อยละ 50 ของอุปทานพลังงาน และเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งมีสัดส่วนถึงประมาณร้อยละ 80 ส่วนที่เหลือได้มาจากมวลชีวภาพ และพลังน้ำเนื่องจากเชื้อเพลิงฟอสซิลโดยเฉพาะปิโตรเลียมได้ก่อให้เกิดปัญหามลพิษแก๊สเรือนกระจกและจากวิกฤติการณ์พลังงานในปี พ.ศ 2516 การจัดหาพลังงานในอนาคตควรจำกัดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทนให้มากขึ้นหนึ่งในแหล่งพลังงานทดแทนนั้นได้แก่ การนำน้ำมันพืชมาทดแทนน้ำมันดีเซลหรือที่เราเรียกว่าไบโอดีเซลโดยมีงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยภายในประเทศ

งานวิจัยของ ร.ศ พูลพร แสงบางปลา นายกสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ไทย จากเอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการใช้ไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์มีผลอย่างไร 29 พฤษภาคม 2544 [1] ได้ทำการทดสอบกับน้ำมันพืช 4 ชนิดดังนี้มีดังนี้ น้ำมันถั่ว น้ำมันมะพร้าว น้ำมันสลัดได น้ำมันสบู่ดำ นำน้ำมันพืชเหล่านี้มาผสมกับน้ำมันดีเซลโดยอัตราส่วนน้ำมันพืชต่อน้ำมันดีเซลคือ 20% 40% 60% และ 80% และได้ทดสอบโดยใช้น้ำมันพืช 100% โดยตรงโดยไม่ผสมน้ำมันดีเซล โดยก่อนทำการทดสอบมีการหาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันเพื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลโดยเครื่องยนต์ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปเป็นเครื่องยนต์ KUBOTA สูบเดียว เครื่องยนต์ PETTER 2 สูบ และเครื่องยนต์ดีเซล 3 สูบ KIRLOSKAR R33 ในการทดสอบได้มีการทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องโดยใช้น้ำมันดีเซล100% โดยทดสอบค่า bsfc และ brake power

งานวิจัยของพิศมัย เจนวนิชปัญจกุล เดโช ศรีวิจิตร สุมาลัย ศรกำไลทอง และ สราวุธ วรสุมันต์ เรื่องการใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล พ.ศ. 2524 [2] เป็นการศึกษาการใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้ทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล 7 แรงม้า 1 ลูกสูบ ลักษณะหัวฉีดเชื้อเพลิงเป็นการฉีดเข้าโดยตรงและไม่มีการดัดแปลงชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ น้ำมันพืชที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงคือ น้ำมันเมล็ดสบู่ดำชนิดดิบ น้ำมันมะพร้าวชนิดดิบ น้ำมันถั่วลิสงชนิดดิบ น้ำมันถั่วลิสงชนิดรีไฟน์ น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันถั่วลิสงชนิดดิบ 40% กับน้ำมันดีเซล น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันถั่วลิสงชนิดดิบ 50% กับน้ำมันดีเซลกับน้ำมันก๊าดผลการศึกษาสมรรถนะของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยนต์ในระยะสั้นพบว่าใช้งานได้ดีติดเครื่องได้ง่าย เกิดการสันดาปได้อย่างต่อเนื่อง และไม่เกิดปัญหาเครื่องยนต์เดินสะดุดที่รอบต่ำเหมือนการใช้น้ำมันถั่วลิสงล้วน ๆ นอกจากนั้น ว.ท. ยังได้ทดลองนำ Fatty Acid Methyl Ester จากน้ำมันปาล์มหรือที่เรียกสั้น ๆว่าเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มทำปฏิกิริยากับเมทานอลโดยมีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มที่ได้มีค่าความหนืดสูงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และมีค่าซีเทนสูงกว่าน้ำมันดีเซลในการทดสอบกับเครื่องยนต์พบว่าเครื่องยนต์ให้กำลังเทียบเท่ากับการใช้น้ำมันดีเซลทุกประการ

งานวิจัยของนายสมิตร โฉมเฉลา และนายรัตนพงศ์ วงศ์พิมพ์รัศมี พ.ศ. 2525 [3] ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครเรื่องการศึกษาเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลโดยศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันพืชเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซลโดยการนำน้ำมันพืชมาผสมน้ำมันดีเซลที่สัดส่วนในการผสม 5% 10% 20% 30% และ 50% เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลมาตรฐานเพื่อดูคุณคุณสมบัติทางกายภาพ และศึกษาถึงกำลังงาน และทอร์คที่ได้เมื่อนำมาใช้งานกับเครื่องยนต์โดยเครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบเป็นเครื่องยนต์ NISSAN TD27 4 สูบ 16 วาล์ว

งานวิจัยของนายเกรียรติไกร อายุวัฒน์ [4] สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าวิทยาเขตธนบุรี 2527 เรื่องการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นเป็นเชื้อเพลิงเทียบกับน้ำมันดีเซลโดยมีการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อมีการใช้น้ำมันมะพร้าว 100% เป็นเชื้อเพลิงเทียบกับน้ำมันดีเซลโดยเปรียบเทียบสมรรถนะที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับการสึกหรอ และการบำรุงรักษาของเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ

งานวิจัยของนายก่อเกียรติ ศุภพิมล [5] สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2532 เรื่องการสันดาปของหยดน้ำมันพืชโดยทำการวิจัยเกี่ยวกับการสันดาปของหยดน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดทานตะวัน และน้ำมันรำข้าว ขนาด 2.5 และ 5 ซ.ม โดยการทำนายอัตราการเผาไหม้ของหยดดีเซลและน้ำมันพืชชนิดอื่นการประเมิน และเปรียบเทียบอัตราการสันดาปของหยดน้ำมันระหว่างค่าของทฤษฎีการถ่ายเทมวล และการปฏิบัติจากเครื่องมือทดสอบตลอดจนการประเมินสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล

งานวิจัยของ ปิยะภรณ์ วลัยกนก สุดารัตน์ วัฒนาวังจงสุข [6] ภาควิชาเคมี สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2545 เรื่องการเตรียม และศึกษาสมบัติดีเซลชีวภาพจากน้ำมันมะพร้าวโดยการหาสภาวะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมในการเตรียมดีเซลชีวภาพจากน้ำมันมะพร้าว โดยการนำน้ำมันมะพร้าวมาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันกับแอลกอฮอล์และใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยศึกษาผลของชนิดของแอลกอฮอล์ อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันต่อแอลกอฮอล์ อุณหภูมิชนิดเบส และปริมาณเบส และทำการเปรียบเทียบสมบัติต่าง ๆ ของน้ำมันดีเซลชีวภาพที่เตรียมได้เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลที่ผลิตได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ

2.2.2 **งานวิจัยในต่างประเทศ**

B.Freedman และคณะ (พ.ศ. 2527) [7] ทำการทดลองผลิตดีเซลชีวภาพผ่านปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน เพื่อศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อ Yield และความบริสุทธิ์ของเอสเทอร์ที่ได้จากเมล็ดสาลี ถั่วลิสง ถั่วเหลือง และเมล็ดดอกทานตะวัน โดยศึกษาปัจจัยของอัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์ต่อน้ำมันพืชชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิ และความบริสุทธิ์ของน้ำมันพืชเมื่อใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมเมทอกไซด์) ที่อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$C หรือสูงกว่านี้ที่อัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์ต่อน้ำมันอย่างน้อย 6 : 1 โดยทำกับน้ำมันที่มีความบริสุทธิ์สูงพบว่า Conversion ของเมทิลเอสเทอร์ เอทิลเอสเทอร์ และบิวทิลเอสเทอร์จะสมบูรณ์เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง และเมื่อทำปฏิกิริยาที่ 32 $^{\circ}$C น้ำมันพืชจะถูกทำปฏิกิริยาไป 99% ในเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ถ้าใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่าใช้เวลานานกว่า การใช้เบสแต่เมื่อใช้น้ำมันพืชดิบในการทำปฏิกิริยาพบว่าปริมาณของเอสเทอร์ที่ได้ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากมียางและวัสดุอื่น ๆ ปะปนมากับน้ำมันพืชดิบ

C.L.Peterson, R. Cruz, L.Perkins, R. Korus และ D.L. Auld (พ.ศ. 2533) [8] สามารถทำการผลิตเมทิลเอสเทอร์ของวินเทอร์เรพ (MEWR) แบบ Batch Scale ที่ 200 แกลลอน โดยได้เปอร์เซ็นต์ Conversion ประมาณ 98%

Y. Ali และคณะ (พ.ศ. 2538) [9] สรุปรวมผลงานวิจัยที่ผ่านมาโดยได้รวบรวมวิธีการเตรียมไบโอดีเซล 4 วิธี คือ กระบวนการไพโรไลซิส กระบวนการ Dilution กระบวนการ Microemulsion และกระบวนการ Transesterification โดยในบทความนี้เน้นไปที่กระบวนการ transesterification

N.Foidl และคณะคณะ (พ.ศ. 2539) [10] ได้ทำการทดลองโดยใช้น้ำมันจาก Jatropha curcas 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ Coboverde และพันธุ์ Nicaragua วิเคราะห์กรดไขมันโดยใช้ก๊าซ-ของเหลวโครมาโทกราฟ ใช้เมทานอล(ที่มีน้ำอยู่ 0.02%) และเอทานอล(96%) และใช้โพแทสเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยในการเตรียมเมทิลเอสเทอร์ ใช้น้ำมันดิบ 2000 กรัม(2.3 โมล) และเมทานอล 331 กรัม(10.34 โมล) ใน Erlenmeyer flask ขนาด 4 ลิตร กวนที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปใส่ในกรวยแยก ทิ้งไว้ 5 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะแยกเป็นสองชั้น แล้วใช้น้ำอุ่น 50 องศาเซลเซียส ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ล้างเอสเทอร์ที่ได้ 3 ครั้ง เพื่อที่จะแยกสบู่ และกลีเซอรอล หลังจากนั้นทำให้แห้งด้วยโซเดียมซัลเฟต ใช้น้ำมันดิบ 1000 กรัม (1.14 โมล) ผสมกับ 30 กรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (0.53 โมล) และเอทานอล 317.7 กรัม (6.9 โมล) กวนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปใส่ในกรวยแยก เติม purified glycerol เพื่อให้แน่ใจว่าจะแยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็น เอทิลเอสเทอร์ (671 กรัม) เป็นส่วนใหญ่ ส่วนชั้นล่างประกอบด้วย เอทิลเอสเทอร์ กลีเซอรอล และเกลือของโพแทสเซียม นำชั้นบนไปล้างด้วยน้ำอุ่น 50 องศาเซลเซียส ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเพื่อกำจัดกรดไขมันอิสระ และทำให้แห้งด้วยโซเดียมซัลเฟต จะได้เอทิลเอสเทอร์ 930 กรัม (88.4% ผลได้) วิเคราะห์กลีเซอไรด์ กลีเซอรอลอิสระ และเอสเทอร์ด้วยก๊าซโครมาโทกราฟี สำหรับคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของเอสเทอร์ วิเคราะห์ตามมาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย (O-NORM C 1190, 1995) และมาตรฐานของประเทศเยอรมัน (DIN V 51606, 1994) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติที่น่าสนใจคือ ค่าซีเทนซึ่งมีค่าสูง โดยเมทิลเอสเทอร์มีค่าซีเทนเท่ากับ 51 ส่วนเอทิลเอสเทอร์มีค่าซีเทนเท่ากับ 59

Lloyd A. Nelson และคณะ (พ.ศ. 2539) [11] ทำการทดลองผลิตไบโอดีเซลจากไขสัตว์ โดยผ่านปฏิกริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่น มีเอนไซม์ไลเปสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จาก Mucor miehei และจาก Candida Antarctica พบว่าเอนไซม์ไลเปสที่ได้จาก Mucor miehei จะมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นอัลคิลเอสเทอร์ เมื่อใช้แอลกอฮอล์ปฐมภูมิ ในขณะที่เอนไซม์ไลเปสที่ได้จาก Canndida Antarctica จะมีประสิทธิภาพในการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่น ของไตรกลีเซอร์ไรด์เมื่อใช้แอลกอฮอล์ทุติยภูมิ ทำให้อัลคิลเอสเทอร์ที่ได้มีกิ่งก้านสาขา

Basu และคณะ (พ.ศ. 2539) [12] การทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่นของน้ำมัน หรือไขมันนั้นมีปัญหาเรื่องของปริมาณกรดไขมันอิสระ และสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ เช่น โพลีเปปไตด์ ฟอสโฟไลปิด ซึ่งจะไปรบกวนปฏิกิริยาในการแยกชั้น อีกทั้งปริมาณกรดไขมันอิสระจะทำให้เกิดสบู่เมื่อมีเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการแยกชั้น อีกทั้งปริมาณกรดไขมันอิสระจะทำให้เกิดสบู่เมื่อมีเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จึงได้มีการออกแบบการทดลองเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นกิริยาพรีเอสเทอริฟิเคชั่น (preesterification) โดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนในขั้นที่ 2 เป็นทรานเอสเทอริ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิเคชั่นของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันโดยมีเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในงานวิจัยที่ Basu และคณะได้ทำนี้จะช่วยลดความยุ่งยากในการทำปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน โดยทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่นของน้ำมันหรือไขมัน ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์โดยมีแคลเซียมอะซิเตรต และแบเรียมอะซิเตรตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาผสมในอัตราส่วน 3 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 220 ± 1 องศาเซลเซียส ความดัน 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าช่วยลดปัญหาในการเกิดสบู่และลดขั้นตอนลงได้

Richard W. Heiden (พ.ศ. 2539) [13] ได้ทำการศึกษาวิธีการหาปริมาณรวมเมทิลเอสเทอร์ในไบโอดีเซลด้วยเครื่อง Gas Chromatography โดยใช้ flame ionization (GC/FID) เป็นตัววัดสัญญาณ และใช้เครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC) ในการหาปริมาณรวมเมทิลเอสเทอร์ในไบโอดีเซล

B.Jones และ K. Ready Z (พ.ศ. 2541) [14] ได้ทำการศึกษานำไบโอดีเซลผสมกับน้ำมันปิโตเลียมดีเซลในเครื่องยนต์ Ford F-250 pick-up truck with a 6.9 Liter pre-chamber diesel engine พบว่าไบโอดีเซลผสมมีการปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในปริมาณที่น้อยกว่าปิโตรเลียมดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎี

3.1 บทนำ

เครื่องยนต์เป็นคำที่มักใช้เรียกอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นงาน และกำลัง โดยทั่วไปพลังงานความร้อนจะได้จากการเผาไหม้อากาศกับเชื้อเพลิงเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน (Combustion Engine) หรือเครื่องยนต์ความร้อน (Heat Engine) นี้จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. เครื่องยนต์เผาไหม้ภายนอก (External Combustion Engine) เป็นเครื่องยนต์ที่นำเอาผลจากการเผาไหม้ของอากาศกับเชื้อเพลิงให้ถ่ายเทความร้อนไปยังของไหลชนิดที่สองซึ่งใช้เป็นสารทำงานสำหรับผลิตกำลัง

2. เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน (Internal Combustion Engine) เป็นเครื่องยนต์ที่นำเอาผลของการเผาไหม้ของอากาศกับเชื้อเพลิงไปใช้เป็นสารทำงานสำหรับผลิตกำลังโดยตรง

3.2 พารามิเตอร์ที่ใช้กำหนดการออกแบบ และการทำงานของเครื่องยนต์ [15]

3.2.1 กำลัง

3.2.1.1 กำลังเบรก

กำลังเบรก (Brake Power , P_b) เป็นกำลังที่วัดได้ที่เพลาข้อหวี่ยงหรือที่ล้อตุนกำลังของเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นกำลังที่นำไปใช้งานได้นั่นเอง การวัดกำลังเบรกจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่าไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) ซึ่งมีอยู่หลายชนิด (รูปที่ 3.1) โดยจะวัดออกมาในรูปของทอร์ก (T) และรอบการหมุนของเครื่องยนต์ซึ่งจะได้

$$T = Fb \tag{3.1}$$

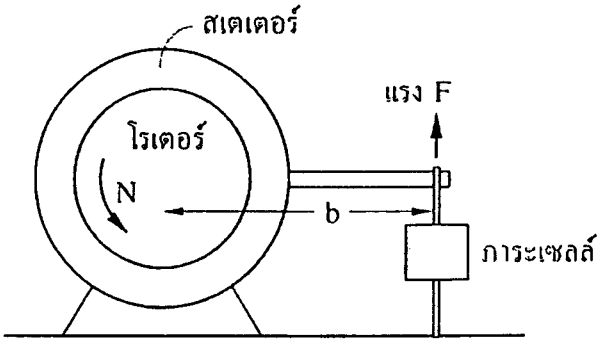
$$P_b = 2\pi TN \tag{3.2}$$

โดย N เป็นรอบการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง (rev/s)

P_b เป็นกำลังเบรก (KW)

T เป็นแรงบิด ($N.m \ \ 10^{-3}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของไดนาโมมิเตอร์

3.2.2 **ความดันยังผลเฉลี่ย**

ในขณะที่ทอร์กเป็นการวัดความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ แต่ทอร์กจะขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องยนต์ (เครื่องยนต์ใหญ่ให้ทอร์กสูงเครื่องยนต์เล็กให้ทอร์กต่ำ) จึงมีการกำหนดการวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบขึ้นโดยได้จากการหารงานต่อวัฏจักรด้วยปริมาตรการกระจัดต่อวัฏจักร ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นแรงต่อพื้นที่จึงเรียกว่าความดันยังผลเฉลี่ย (Mean Effective Pressure , mep)

งานต่อวัฏจักร $$(W_{c,i}) = \frac{P_{nR}}{N} \quad (3.3)$$

$$mep = \frac{P_{nR}}{V_d N} \quad (3.4)$$

โดย V_d เป็นปริมาตรกระจัดในหน่วยเอสไอจะได้เป็น

$$mep(\text{หน่วยเป็น } kPa) = \frac{P(KW) n_R \quad 10^3}{V_d(dm^3) N(rev/s)} \quad (3.5)$$

ค่าความดันยังผลเฉลี่ยยังสามารถแสดงอยู่ในรูปของทอร์กโดยแทนค่าทอร์กจากสมการ

$$P_b = 2\pi TN \quad (3.6)$$

จะได้

$$mep(\text{หน่วยเป็น } kPa) = \frac{6.28 n_R T(N.m)}{V_d(dm^3)} \quad (3.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความดันยังผลเฉลี่ยจะขึ้นอยู่กับกำลังที่ใช้ในการหา ถ้าใช้กำลังบ่งชี้ก็จะได้เป็นความดันยังผลเฉลี่ยบ่งชี้ (Indicated Mean Effective Pressure , imep) และถ้าใช้เป็นกำลังเบรกก็จะได้เป็นความดันยังผลเฉลี่ยเบรก (Brake Mean Effective Pressure , bmep)

ความดันยังผลเฉลี่ยเบรกสูงสุดสำหรับเครื่องยนต์แต่ละชนิดที่ถูกออกแบบอย่างดีมักจะมีค่าเกือบคงตัวตลอดช่วงของขนาดเครื่องยนต์ และมีการกำหนดค่าทั่วไปไว้ ดังนั้นจึงสามารถนำความดันยังผลเฉลี่ยเบรกที่กำหนดไว้นี้ไปใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จริงเพื่อประเมินว่าผู้ออกแบบได้ใช้ปริมาตรกระจัดของเครื่องยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด และยังสามารถนำไปใช้ในการคำนวณออกแบบเบื้องต้นเพื่อหาปริมาตรกระจัดที่ต้องการสำหรับทอร์กหรือกำลังที่อัตราเร็วรอบที่กำหนดหนึ่งๆด้วย

3.2.3 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะและประสิทธิภาพ

ในการทดสอบเครื่องยนต์การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะถูกวัดเป็นอัตราการไหลของมวล ($\dot{m}_f$) ซึ่งเครื่องยนต์ขนาดใหญ่จะมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการเปรียบเทียบได้จึงกำหนดในรูปของการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption , sfc) ซึ่งเป็นอัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิงต่อหน่วยกำลังที่ให้ออกมา และเป็นการวัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ในการใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตงานออกมา

$$sfc = \frac{\dot{m}_f}{P} \tag{3.8}$$

ในหน่วยเอสไอจะได้

$$sfc(mg/J) = \frac{\dot{m}_f(g/s)}{P(kW)} \tag{3.9}$$

หรือ

$$sfc(g/(kW.h)) = \frac{\dot{m}_f(g/h)}{P(kW)} \tag{3.10}$$

3.2.4 อัตราส่วนระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงและเชื้อเพลิงต่ออากาศ

อัตราการไหลของมวลอากาศ ($\dot{m}_a$) และอัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิง ($\dot{m}_f$) มักจะถูกวัดในการทดสอบเครื่องยนต์ อัตราส่วนของอัตราการไหลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ในการกำหนดสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์

อัตราส่วนอากาศ/เชื้อเพลิง

$$(A/F) = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \tag{3.11}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนเชื้อเพลิง/อากาศ $(F/A) = \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_a}$ (3.12)

สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลจะมีอัตราส่วนทั้งสองคือ 18 A/F 70 (0.014 F/A 0.056)

3.3 น้ำมันเชื้อเพลิง

3.3.1 น้ำมันดีเซล [16]

น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดมีอยู่หลายเกรด ซึ่งการใช้น้ำมันที่ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง

3.3.1.1 น้ำมันกลั่นสำหรับยานยนต์

เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการกลั่นอย่างดีสำหรับใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลความเร็วรอบสูงหรือหมุนเร็วซึ่งติดตั้งในรถแทรกเตอร์ รถบรรทุก และรถยนต์ น้ำมันกลั่นนี้รู้จักกันในชื่ออื่น ๆ ด้วย เช่น น้ำมันดีเซลสำหรับยานยนต์ ดีโซลีน (Diesolene) และดีโซเลียม (Diesoleum) เป็นต้น สีของน้ำมันจะใสถึงสีเหลืองคล้ายสีของฟางอ่อน

3.3.1.2 น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับหน้าหนาว

เนื่องจากไขจะแข็งตัวในน้ำมันดีเซลภายใต้สภาวะเย็นจัดและจะไปกีดขวางการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงจึงทำให้มีการนำเอาน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับหน้าหนาวมาใช้ ซึ่งประกอบด้วยสารเพิ่มคุณภาพพิเศษเพื่อป้องกันไขจากการแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำ

3.3.1.3 น้ำมันดีเซลสำหรับอุตสาหกรรม

เป็นชื่อที่ใช้สำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการกลั่นรองลงมาจากน้ำมันกลั่นสำหรับยานยนต์ เหมาะสำหรับใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลความเร็วรอบต่ำหรือหมุนช้าถึงปานกลาง และใช้กับเครื่องทำความร้อนทั่ว ๆ ไป น้ำมันดีเซลนี้จะหนักกว่าน้ำมันดีเซลสำหรับยานยนต์ แต่จะไหลได้โดยอิสระและไม่ต้องการการให้ความร้อนล่วงหน้า น้ำมันดีเซลนี้มีสีเหลืองคล้ายสีของฟางถึงสีดำ

3.3.2 ข้อกำหนดของน้ำมันดีเซล

3.3.2.1 คุณภาพการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง

คุณภาพการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงอาจจะอธิบายได้เป็นระดับของความง่ายของการเผาไหม้เมื่อถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงที่มีคุณภาพการจุดระเบิดต่ำจะใช้เวลาในการจุดระเบิดยาวกว่าเมื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพการจุดระเบิดสูง น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพการจุดระเบิดต่ำจึงทำให้เกิดช่วงความล่าช้าหรือความล่าช้าในการจุดระเบิดที่ยาวซึ่งเป็นผลให้เกิดดีเซลน็อกมากขึ้น ค่าซีเทนของน้ำมันดีเซลเป็นวิธีที่นิยมกันมากที่สุดของการวัดคุณภาพการจุดระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิง ซีเทนเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งเป็นสารประกอบเคมีที่มีคุณภาพการจุดระเบิดสูงสุดจึงถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 100 แอลฟาเมทิลแนฟทาลีนซึ่งเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงอีกตัวหนึ่งซึ่งมีคุณภาพการจุดระเบิดต่ำมาก จึงถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อหาคุณภาพการจุดระเบิด เครื่องยนต์ทดสอบจะเดินโดยใช้ตัวอย่างของน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนแล้วบันทึกแนวโน้มของการน็อก และช่วงความล่าช้าของเครื่องยนต์ หลังจากนั้นใช้เครื่องยนต์ทดสอบเดียวกันเดินเครื่องโดยใช้สารผสมของซีเทน และแอลฟาเมทิลแนฟทาลีน แล้วค่อย ๆ เพิ่มหรือลดปริมาณของซีเทนในสารผสมจนกระทั่งเครื่องยนต์ให้ผลการทดสอบเดียวกับที่ได้เมื่อเดินเครื่องโดยใช้น้ำมันตัวอย่าง ตัวอย่างเช่น ถ้าสารผสมของซีเทน และแอลฟาเมทิลแนฟทาลีนให้ผลการทดสอบเดียวกันนี้ประกอบด้วยซีเทน 40% และแอลฟาเมทิลแนฟทาลีน 60% ค่าซีเทนของน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะเท่ากับ 40 วิธีการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงอีกวิธีหนึ่งในห้องทดลองเครื่องยนต์เพื่อยืนยันค่าซีเทนโดยคำนวณค่าเทียบเท่าหลังจากการทดสอบง่ายๆของน้ำมันเชื้อเพลิงนั้น ค่าซีเทนที่ได้จะเรียกว่าค่าซีเทนจากการคำนวณ เครื่องยนต์ดีเซลความเร็วรอบสูงโดยเฉลี่ยต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีค่าซีเทนจากการคำนวณต่ำสุดเท่ากับ 47

3.3.2.1.1 ผลของคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีต่อเครื่องยนต์

1. การเกิดดีเซลน็อก การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพในการจุดระเบิดต่ำเกินไปจะเป็นผลให้เกิดดีเซลน็อกอย่างรุนแรงเครื่องยนต์เดินไม่เรียบ และมีแรงกระแทกอย่างรุนแรงกระทำต่อลูกสูบ และแบริ่ง

2. สารตกค้างในเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพในการจุดระเบิดต่ำจะทำให้สารตกค้างในห้องเผาไหม้ บนแหวน และลูกสูบมากเกินไป การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมจะช่วยรักษาสารตกค้างเหล่านี้ให้มีน้อยที่สุด

3. การสตาร์ท การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพในการจุดระเบิดสูงขึ้นก็จะทำให้อุณหภูมิการสตาร์ทได้ผลต่ำลง การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพในการจุดระเบิดต่ำกว่าที่ได้แนะนำไว้จะเป็นผลให้การสตาร์ทยากขึ้น และช่วงการอุ่นเครื่องจะยาวขึ้นซึ่งเป็นช่วงที่เครื่องยนต์ให้ควันขาวออกมา

4. กลิ่นและควัน ถ้าเครื่องยนต์อยู่ในสภาพที่ดีและใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพในการจุดระเบิดสูงก็จะช่วยให้ไอ กลิ่น และควันดำน้อยที่สุดในขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงเกรดต่ำจะทำให้สถานการณ์เลวลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2 **อุณหภูมิการจุดระเบิดด้วยตัวเอง**

เป็นอุณหภูมิที่ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงจะจุดระเบิดโดยไม่ต้องการความช่วยเหลือของประกายไฟ ถ้าอุณหภูมินี้ยิ่งต่ำเครื่องยนต์ก็จะสตาร์ทง่ายมากขึ้นและดีเซลน็อกก็จะเกิดขึ้นน้อยลง อุณหภูมิการจุดระเบิดด้วยตัวเองต่ำลงคุณภาพการจุดระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะสูงขึ้น

3.3.2.3 **ค่าความร้อน**

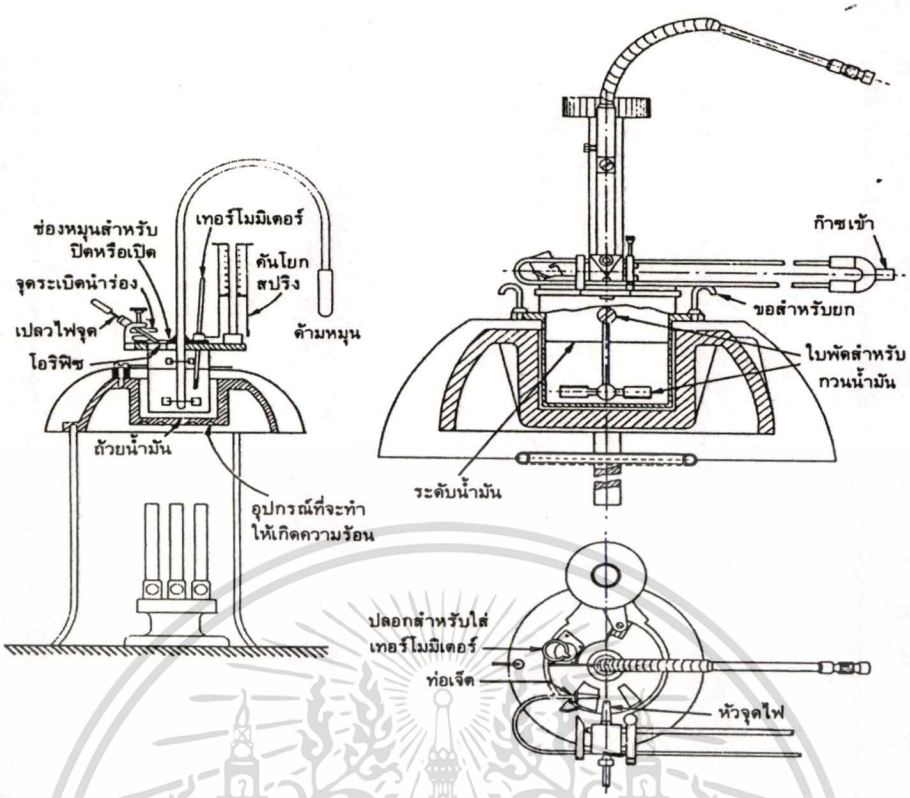
เป็นปริมาณของความร้อนที่ถูกปล่อยออกมาเมื่อเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งมีหน่วยเป็นจูลต่อกิโลกรัมของเชื้อเพลิง เนื่องจากเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในขึ้นอยู่กับความร้อนที่จะเปลี่ยนไปเป็นกำลัง ดังนั้นค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงจึงมีผลโดยตรงต่อกำลังที่ออกจากเครื่องยนต์

3.3.2.4 **จุดวาบไฟ** [17]

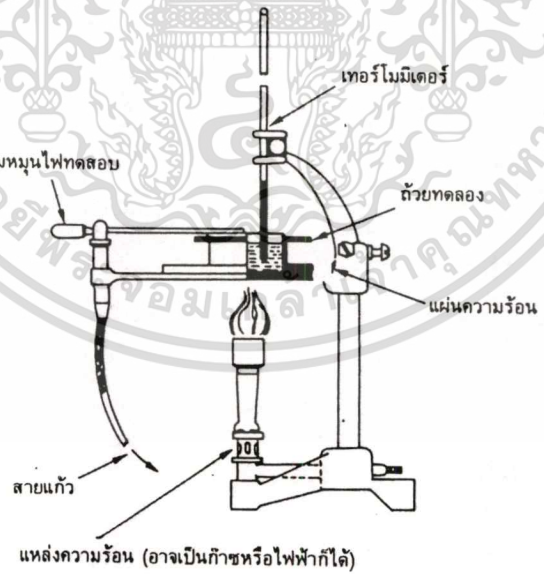
เป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอ และเมื่อไอนี้ถูกเปลวไฟจะลุกวาบขึ้น การหาจุดวาบไฟหาได้จากเครื่องมือ COC (Cleveland Open Cup Apparatus) และ PMCC หรือ PM (Pensky-Martens Closed Cup Apparatus) โดยจุดวาบไฟของน้ำมันดีเซล คืออุณหภูมิที่น้ำมันดีเซลจะต้องถูกทำให้ร้อนเพื่อให้เกิดส่วนผสมของไอน้ำมันกับอากาศที่จะจุดติดไฟได้เหนือผิวหน้าของน้ำมันเมื่อมีเปลวไฟเป็นตัวล่อสำหรับการหาจุดวาบไฟของน้ำมันดีเซลที่ใช้วิธีการทดสอบของ Pensky-Martens แสดงได้ดังรูปที่ 3.2 ในทางปฏิบัติจุดวาบไฟมีความสำคัญในด้านอันตรายจากอัคคีภัยในการเก็บรักษา และใช้งานเท่านั้นไม่มีความสำคัญโดยตรงต่อการเผาไหม้และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

เครื่องมือหาจุดวาบไฟของน้ำมันแบบ COC ใช้สำหรับหาจุดวาบไฟของน้ำมันที่มีจุดเดือดสูง เช่น น้ำมันหล่อลื่น ดังแสดงในรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องมือทดสอบจุดวาบไฟแบบ PMCC หรือ PM



รูปที่ 3.3 แสดงเครื่องมือทดสอบจุดวาบไฟแบบ COC

3.3.2.5 **จุดไหลเท** [16]

เป็นอุณหภูมิต่ำสุดภายใต้สภาวะการทดสอบ ที่น้ำมันเชื้อเพลิงจะไหลด้วยน้ำหนักของตัวเองซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นที่น้ำมันเชื้อเพลิงจะต้องไหลได้อย่างอิสระที่อุณหภูมิต่ำสุดที่อาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขึ้น ดังนั้นจุดไหลเทจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีจุดไหลเทต่ำจึงควรหลีกเลี่ยงในที่ที่ไม่มีความจำเป็น การหาจุดไหลเทหาได้จากเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ 3.4

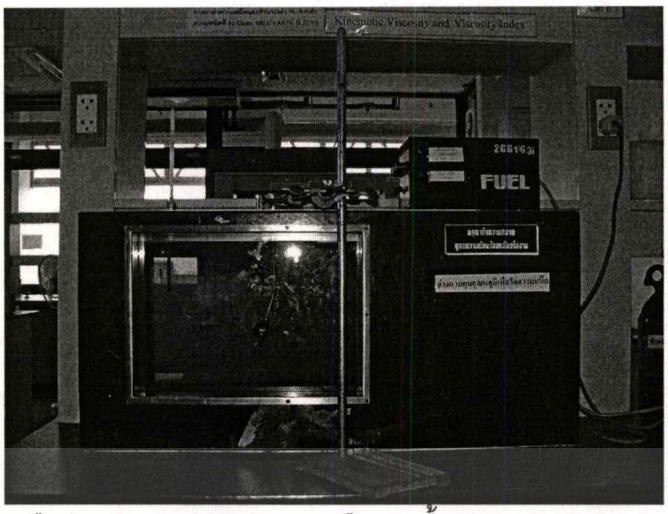
รูปที่ 3.4 แสดงเครื่องมือสำหรับการหาอุณหภูมิจุดเริ่มไหล หรือจุดไหลเทของน้ำมัน

3.3.2.6 **ความหนืด**

อาจหมายถึงความต้านทานในการไหลของของไหล ของไหลที่หนืดมากก็จะมีความต้านทานในการไหลมาก ถ้ามองในแง่ของการปฏิบัติแล้วความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นการวัดความข้นหรือความใส ความหนืดถูกวัดโดยเครื่องมือวัดความหนืด (Viscometer) ซึ่งวัดเวลาที่ใช้สำหรับของเหลวที่มีปริมาณที่กำหนดไหลผ่านออริฟิซขนาดที่กำหนด ความหนืดของน้ำมันดีเซลมีความสำคัญมาก ถ้าน้ำมันเชื้อเพลิงไม่หนืดเพียงพอแล้ว ฟิล์มหล่อลื่นระหว่างชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ในหัวฉีดและในปั๊มหัวฉีดอาจแตก เป็นผลให้เกิดความเสียหายอย่างรวดเร็วของอุปกรณ์ที่มีราคาแพงนี้ในทางตรงกันข้าม ถ้าน้ำมันเชื้อเพลิงที่หนืดมากเกินไปก็อาจจะบรรจุเข้าไปไม่เต็มในชิ้นส่วนของปั๊มที่ความเร็วสูง เป็นผลให้มีการสูญเสียกำลัง นอกจากนี้น้ำมันเชื้อเพลิงที่หนืดมากจะแตกตัวเป็นละอองฝอยน้อย แต่น้ำมันที่ฉีดจะไปได้ไกลกว่า ดังนั้นกระบวนการเผาไหม้อาจถูกเปลี่ยนแปลงอย่างมากถ้าใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความหนืดไม่ถูกต้อง การหาค่าความหนืดหาได้จากเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.5 แสดงเครื่องมือสำหรับการหาค่าความหนืดของน้ำมัน

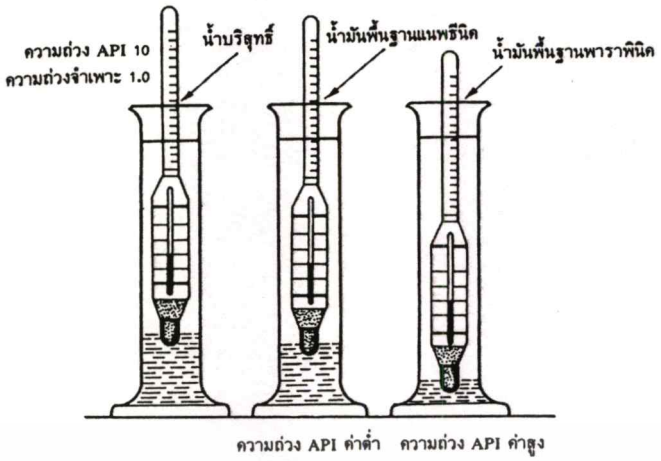
3.3.2.7 **ความถ่วงจำเพาะ** [17]

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของสาร คืออัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของสารต่อความหนาแน่นของน้ำบริสุทธิ์ที่มีปริมาตรเท่ากัน และที่อุณหภูมิเดียวกัน สถาบันปิโตรเลียมแห่งสหรัฐอเมริกา (American Petroleum Institute) ได้ตั้งมาตรฐานความถ่วง API ขึ้นเพื่อใช้วัดคุณภาพของน้ำมัน โดยเทียบกับความถ่วงจำเพาะดังสมการความถ่วง หรือองศา API (สมการ 3.13) วิธีทดลองทำได้โดยหย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงในกระบอกแก้วที่บรรจุน้ำมันตัวอย่าง พร้อมกับวัดอุณหภูมิด้วย เปิดตารางเทียบที่อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$F ซึ่งเป็นอุณหภูมิมาตรฐานของ API ความสำคัญของการหาความถ่วงของน้ำมันคือใช้ในการคำนวณหาปริมาณ และน้ำหนัก ข้อกำหนดนี้ไม่มีความสำคัญในด้านการเผาไหม้หรือสมรรถนะของเครื่องยนต์แต่จะใช้สำหรับการเปลี่ยนน้ำหนักของน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นปริมาตร และช่วยแสดงชนิดของน้ำมันพื้นฐานถ้าความถ่วงผิดไปจากเดิมแสดงว่าอาจมีการปนกันระหว่างน้ำมันต่างชนิด

$$\text{API} = \frac{141.5}{SpecificGravity60/60\ F} - 131.5 \qquad (3.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

49538



รูปที่ 3.6 แสดงการหาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์

3.3.2.8 **ค่าดัชนีซีเทน**

ค่าดัชนีซีเทนจะแสดงคุณภาพในการติดไฟของน้ำมันดีเซล หาได้จากความถ่วง API และอุณหภูมิของการกลั่นที่ 50% หรือจุดกลางของการเดือด (Middle Boiling Point) ตามสมการที่ 3.14

$$CCI = 97.833(\log T) + 2.2088(G)(\log T) + 0.01247(G)^2 + 423.51(\log T) - 4.7808(G) + 419.59 \quad (3.14)$$

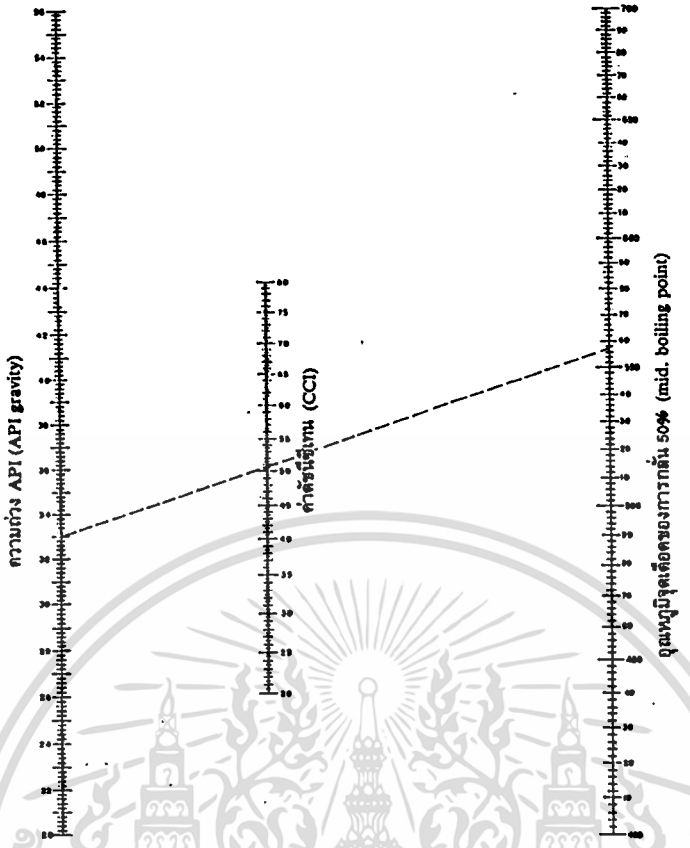
เมื่อ CCI คือค่าคำนวณดัชนีซีเทน

G คือความถ่วง API

T คืออุณหภูมิของการกลั่นที่ 50% ภายใต้ความดันบรรยากาศหาได้โดยวิธี ASTM D86 หรือ ASTM D158

การหาค่าดัชนีซีเทนอีกวิธีหนึ่งดังรูปที่ 3.7 คือการหาจากโมโนกราฟ (Monograph) ซึ่งง่ายกว่าการใช้สูตรหรือสมการดังที่ได้กล่าวมาแล้ว การหาค่าดัชนีซีเทนทั้งสองวิธีเหมาะสำหรับการประมาณค่าซีเทนของน้ำมันใส (Distillate Fuels)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 โมโนกราฟสำหรับการประมาณหาค่าดัชนีซีเทน

3.3.2.9 **กากคาร์บอน** [16]

หาโดยการเผาน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่างแล้วชั่งน้ำหนักกากที่เหลือ และแสดงมวลของกากเป็นเปอร์เซ็นต์ของมวลของน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่าง สภาวะของการทดสอบจะไม่เหมือนกับสภาวะที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ ดังนั้นผลที่ได้จึงไม่สัมพันธ์โดยตรงกับสารตกค้างในเครื่องยนต์ แต่อย่างไรก็ตามค่ากากคาร์บอนจะแสดงถึงปริมาณของส่วนประกอบที่เผาไหม้ช้า ซึ่งมักจะทำให้เกิดสารตกค้างในเครื่องยนต์

3.3.2.10 **ปริมาณกำมะถัน**

แม้ว่ากำมะถันจะเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการในน้ำมันเชื้อเพลิง แต่สภาวะการทำงานจะมีผลอย่างมากต่อปริมาณกำมะถันสูงสุดที่ยอมให้มี เมื่อกำมะถันถูกเผาไหม้ส่วนที่น้อยมากจะรวมตัวเป็นซัลเฟอร์ไทรออกไซด์ ซึ่งถ้ารวมกับไอน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการเผาไหม้ก็จะได้เป็นกรดกำมะถันโดยจะถูกควบแน่นโดยผิวที่เย็น เช่น ปลอกสูบซึ่งจะกัดกร่อนพื้นผิวเหล่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.11 **ปริมาณเถ้า**

ปริมาณเถ้าของน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นการวัดปริมาณของสารที่ไม่เผาไหม้ในน้ำมันเชื้อเพลิง สารที่ไม่เผาไหม้นี้มี 2 รูปแบบคือ

1. ของแข็งขัดถูที่มีความแข็ง
2. สบู่โลหะที่ละลาย

ซึ่งทั้ง 2 รูปแบบนี้จะส่งผลให้มีสารตกค้างในเครื่องยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเครื่องยนต์หมุนเร็ว ของแข็งซึ่งประกอบด้วยซิลิก้า ออกไซด์ของเหล็ก และสิ่งสกปรกอื่นจะมีคุณสมบัติในการขัดถูสูง ซึ่งทำให้เกิดการสึกหรอของหัวฉีดและปั๊มหัวฉีด รวมถึงการสึกหรอของแหวนลูกสูบด้วย

3.3.2.12 **สีของน้ำมันดีเซล** [17]

โดยธรรมชาตินำ้มันดีเซลมีสีขาอ่อนแต่บางครั้งสีอาจเปลี่ยนไปบ้างเนื่องจากกระบวนการกลั่นน้ำมันอาจจะใช้น้ำมันดิบจากแหล่งต่าง ๆ กัน ซึ่งอาจให้น้ำมันดีเซลมีสีอ่อน หรือเข้มไปบ้าง แต่คุณสมบัติในการเผาไหม้ยังคงเดิม สีของน้ำมันดีเซลไม่ได้เป็นสิ่งสำคัญสำหรับพิจารณาคุณภาพของน้ำมันแต่ได้กำหนดไว้ให้อยู่ในมาตรฐานของ ASTM ไม่เกิน 3 ซึ่งเป็นสีคล้ายกับสีชาและสีนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ คือสีจะเข้มขึ้นถ้าเก็บไว้นาน ๆ แต่ก็ไม่ได้ทำให้คุณสมบัติของน้ำมันทางด้านการเผาไหม้เปลี่ยนแปลงไป

3.3.3 **ปาล์มน้ำมัน** [18]

ปาล์มน้ำมันมีถิ่นกำเนิดบริเวณตะวันตกของแอฟริการะหว่างเส้นรุ้งที่ 10 – 12 องศาเหนือ และใต้ ดังนั้นในภาษาอังกฤษจึงเรียกปาล์มน้ำมันว่า African Oil Palm ชาวยุโรปรู้จักน้ำมันปาล์มเป็นครั้งแรกเมื่อ พ.ศ 2009 – 2013 โดยนักสำรวจชาวโปรตุเกส ซึ่งในขณะนั้นรู้จักเพียงว่าชาวแอฟริกันใช้น้ำมันปรุงอาหาร และทำเครื่องสำอาง หลังจากนั้นประมาณ 450 ปี จึงได้มีการนำน้ำมันปาล์มไปขายในยุโรป ต่อมาในศตวรรษที่ 17 ชาวโปรตุเกสได้นำน้ำมันปาล์มไปขายยังประเทศบราซิลเพื่อใช้เป็นอาหารของชาวแอฟริกันที่ทำงานอยู่ตามไร่อ้อย ต่อมาได้มีการนำเข้าสู่ทวีปเอเชียเป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ 2379 โดยนำมาปลูกที่สวนพฤกษชาติสิงคโปร์ ชาวฮอลันดาได้นำต้นปาล์มไปปลูกในประเทศอินโดนีเซียเมื่อปี พ.ศ 2391 และได้ปลูกเป็นสวนปาล์มน้ำมันเพื่อเป็นพืชเศรษฐกิจเมื่อปี พ.ศ 2460 ที่เกาะสุมาตรา

ในประเทศไทยพระประดิพัทธ์ภูบาลได้นำปาล์มน้ำมันมาปลูกเพื่อเป็นไม้ประดับเมื่อปี พ.ศ 2460 ซึ่งปัจจุบันก็ยังคงอยู่ที่ศูนย์วิจัยการยางจังหวัดสงขลา และสถานีทดลองพืชสวนพลิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวัดจันทบุรี สำหรับการปลูกเพื่อเป็นการค้านั้น หม่อมเจ้าอมรสมานลักษณ์ได้ปลูกเป็นครั้งแรก ประมาณ 1900 ต้นในช่วงก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 ที่อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา แต่ปัจจุบันได้เลิกล้มไปแล้ว ใน พ.ศ 2503 ได้สร้างสวนสาธิตที่นิคมสร้างตนเองควนกาหลงจังหวัดสตูล ปาล์มน้ำมันได้รับการส่งเสริมให้ปลูกเป็นการค้าจริงจังเมื่อปี พ.ศ 2511 โดยในขณะนั้นมีโครงการปลูกปาล์มน้ำมัน 2 โครงการ คือ โครงการพัฒนาตนเองภาคใต้จังหวัดสตูล เนื้อที่ปลูก 20,000 ไร่ และโครงการของบริษัทอุตสาหกรรมน้ำมัน และสวนปาล์มน้ำมันจังหวัดกระบี่เนื้อที่ปลูก 20,000 ไร่ เช่นกัน ภายหลังได้รับความสำเร็จทั้งสองโครงการจึงมีบริษัทปลูกปาล์มน้ำมันเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่จัดอยู่ในตระกูลปาล์มเช่นเดียวกับมะพร้าว จาก อินทผาลัม และตาลโตนด ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชยืนต้นที่อยู่ในตระกูลปาล์มแต่มีความแตกต่างจากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอย่างเห็นได้ชัดมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Elaeis quineensis Jacq* โดยเฉลี่ยแล้วผลปาล์มน้ำมันสดจะมีน้ำมันอยู่ร้อยละ 15 – 20 โดยขึ้นอยู่กับพันธุ์ สภาพดินฟ้าอากาศการบำรุงรักษา และวิธีในการสกัด น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil) ที่สกัดได้จากผลสดจะยังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เนื่องจากยังมีสิ่งเจือปนในน้ำมันเช่น เศษผง กาก กลิ่น กรดเป็นต้น จึงต้องนำไปผ่านกระบวนการกลั่นเพื่อให้ได้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (Refined Palm Oil) ก่อนที่จะใช้บริโภค หรือใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้

3.3.3.1 **ความสำคัญของปาล์มน้ำมันต่อระบบเศรษฐกิจ [19]**

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงชนิดหนึ่ง ซึ่งนอกจากช่วยให้เกษตรกรมีรายได้จากการปลูกปาล์มน้ำมันแล้ว ยังให้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง กล่าวคือ เมื่อนำผลปาล์มสดมาแปรรูปเป็นน้ำมันส่วนหนึ่งใช้เป็นน้ำมันพืชสำหรับบริโภคในชีวิตประจำวัน เช่น อุตสาหกรรมทำสบู่ เนยเทียม ไขมันแข็ง ส่วนผสมของผงซักฟอก เครื่องสำอาง อุตสาหกรรมการผลิตอาหารชนิดต่าง ๆ อุตสาหกรรมฉาบเหล็กโลหะต่าง ๆ และน้ำมันหล่อลื่นเป็นต้น น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เป็นสินค้าชนิดหนึ่งที่รัฐบาลประกาศให้มีการควบคุมการนำเข้าจากต่างประเทศตั้งแต่ปี พ.ศ 2525 เป็นต้นมา ก่อนจะปรับเปลี่ยนนโยบายการนำเข้าให้เป็นโดยเสรีภายใต้ความตกลงสินค้าเกษตรขององค์กรการค้าโลก (WTO) ในปี พ.ศ 2538 แต่ยังคงมีการตั้งกำแพงภาษีในอัตราค่อนข้างสูงคือร้อยละ 152.6 ของมูลค่านำเข้า (ยกเว้นไว้ในส่วนที่เป็นการนำเข้าภายใต้โควต้าภาษีจำนวน 4,700 ตัน ที่เสียภาษีในอัตราร้อยละ 10 ของมูลค่านำเข้า) ทั้งนี้เพื่อปกป้องอุตสาหกรรมภายในประเทศเนื่องจากประสิทธิภาพของไทยไม่สามารถสู้กับคู่แข่งเช่น ประเทศมาเลเซีย และอินโดนีเซียที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ และผลผลิตต่อไร่สูงกว่า สำหรับการส่งออกให้เป็นไปได้โดยเสรี และไม่เสียภาษีส่งออกซึ่งธุรกิจการนำเข้า และส่งออกส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของน้ำมันปาล์มดิบเนื่องจากคุณลักษณะเฉพาะตัวของผลปาล์มน้ำมันสด ซึ่งเมื่อตัดผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปาล์มน้ำมันสดแล้วจะต้องผ่านกระบวนการสกัดทันทีภายใน 24 ชั่วโมงเพราะเมื่อผลปาล์มถูกทำให้เกิดแผลหรือถูกตัดออกจากต้น ปริมาณกลีเซอไรด์จะลดลงจากการกระทำของเอนไซม์ไลเปส โดยจะเปลี่ยนกลีเซอไรด์เป็นกรดไขมันอิสระ และกลีเซอรอลการเกิดกรดไขมันอิสระสูงในผลปาล์มจะเกิดผลเสียเมื่อนำไปสกัดน้ำมันจะได้น้ำมันที่มีคุณภาพต่ำ ส่วนการส่งออกในรูปของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ไม่สามารถทำได้เนื่องจากการมีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าประเทศคู่แข่ง

3.3.3.2 **การแปรรูปปาล์มน้ำมัน** [18]

การแปรรูปปาล์มน้ำมันเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลปาล์มน้ำมันนั้นเป็นกระบวนการอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการ 3 ขั้นตอนคือ

1. การแปรรูปขั้นต้นได้แก่การสกัด หรือหีบเอาน้ำมันออกจากเปลือกผลปาล์ม ซึ่งเรียกว่าน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil - CPO)

2. การแปรรูปขั้นที่สองเป็นการเอาน้ำมันปาล์มมากลั่นให้บริสุทธิ์โดยแยกเอาสิ่งเจือปนต่าง ๆ ออกจากน้ำมันปาล์มดิบเพื่อนำไปใช้ในการอุปโภคบริโภคต่อไป

3. การแปรรูปขั้นสุดท้ายเป็นการนำเอาส่วนต่าง ๆ ที่ได้จากการแปรรูปขั้นที่สองไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆกัน

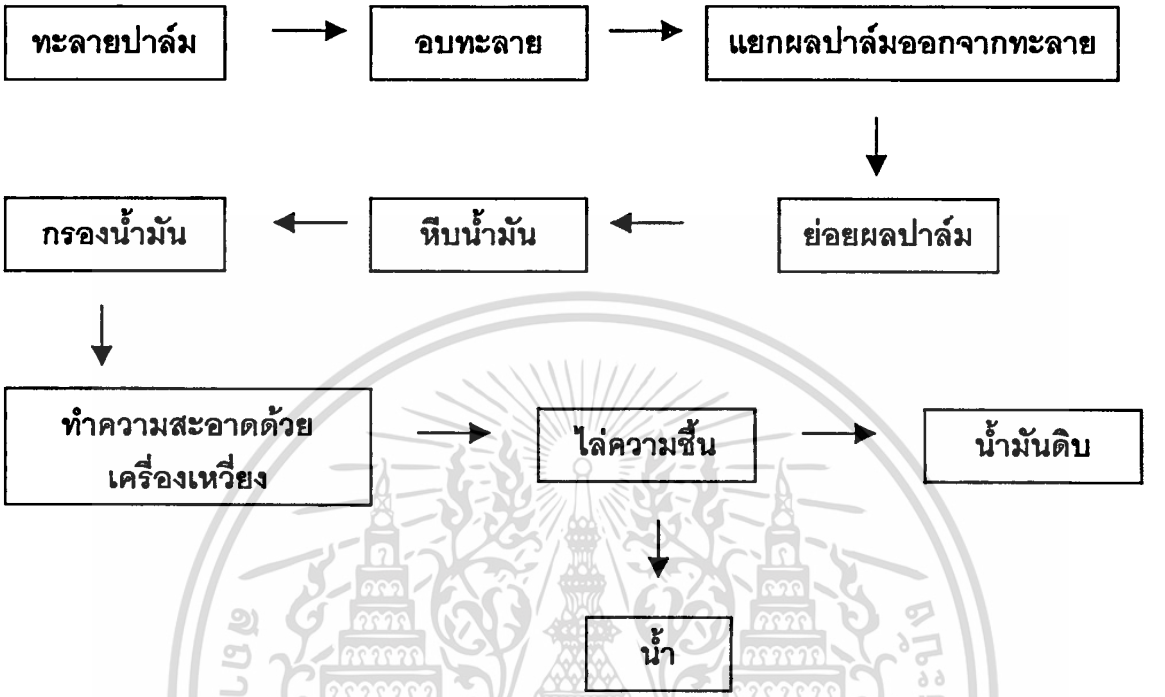
3.3.3.2.1 **การสกัดน้ำมันปาล์มดิบ** [20]

ในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบจะเริ่มโดยการอบทะลายปาล์มสดเพื่อที่จะหยุดปฏิกิริยาไลโปไลซิสที่ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระในผลปาล์ม และทำให้ผลปาล์มอ่อนนุ่ม และขั้วหลุดจากทะลายได้ง่ายซึ่งสามารถทำได้โดยการนำทะลายปาล์มสดมาอบด้วยไอน้ำ หลังจากนั้นทะลายปาล์มที่อบแล้วจะถูกนำไปป้อนเข้าเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย โดยทะลายปาล์มเปล่าหลังจากการแยกจะถูกลำเลียงไปเข้าเตาเผาทะลายเพื่อทำเป็นปุ๋ยต่อไป ส่วนผลปาล์มจะถูกนำไปย่อยด้วยเครื่องย่อยผลปาล์มซึ่งมีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกข้างในมีใบพัดกวนผลปาล์มให้เส้นใยฉีกย่อยออกจากเมล็ด และเซลล์น้ำมันแตกตัวออกมาเพื่อง่ายต่อการหีบแยกน้ำมัน หลังจากนั้นจะถูกป้อนเข้าเครื่องแยกแบบเกลียวอัดซึ่งส่วนมากเป็นเกลียวอัดคู่ซึ่งทำงานโดยอัตโนมัติ น้ำมันที่สกัดได้จะถูกส่งเข้าไปยังถังกรองซึ่งจะแยกน้ำมันออกจากน้ำ เศษเส้นใยและสิ่งสกปรกอื่น ๆ แล้วจึงนำไปเข้าเครื่องเหวี่ยงเพื่อแยกน้ำมันให้ใสสะอาดขึ้น จากนั้นจึงนำไปไล่ความชื้นเพื่อให้ได้ตามค่ามาตรฐานแล้วเอาไปเก็บในถังน้ำมันขนาดใหญ่เพื่อเตรียมส่งจำหน่ายให้โรงงานกลั่นน้ำมันบริสุทธิ์ต่อไป

กระบวนการผลิตแบบนี้มีข้อดีคือเครื่องจักรมีประสิทธิภาพการหีบน้ำมันสูง และสามารถผลิตน้ำมันที่มีคุณภาพค่อนข้างได้มาตรฐานและเนื่องจากกำลังการผลิตสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงสามารถผลิตน้ำมันได้เป็นจำนวนมากพอที่จะส่งให้โรงงานกลั่นน้ำมันบริสุทธิ์แต่ปัญหาของกระบวนการผลิตนี้คือจะมีน้ำเสียออกมาจากกระบวนการผลิตด้วย การสกัดน้ำมันดิบด้วยกระบวนการนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์ม

3.3.3.2.2 **การกลั่นน้ำมันปาล์ม** [18-20]

การกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์นั้นเป็นการนำน้ำมันปาล์มดิบมาขจัดเอาสิ่งเจือปนต่าง ๆ ออกไปจนกระทั่งน้ำมันมีความบริสุทธิ์ตามมาตรฐานที่กำหนดสำหรับสารเจือปนในน้ำมันดิบมีดังนี้

ประเภทไม่ละลายในน้ำมันและไขมัน (Fat Insoluble Particles) ได้แก่ พวกเนื้อเยื่อต่างๆรวมทั้งฝุ่น และความชื้นที่ปะปนมาซึ่งสามารถกำจัดออกได้โดย

1. ทิ้งไว้ให้แยกชั้น (Setting) พวกสิ่งเจือปนที่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าจะตกตะกอนแยกออกได้

2. กรอง (Filter) การกรองสามารถแยกสิ่งเจือปนที่มีขนาดใหญ่ออกได้โดยใช้เวลาอันสั้น

3. การปั่น (Centrifuge) โดยอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะจะสามารถแยกสิ่งเจือปนออกได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทที่ละลายในน้ำมัน และไขมัน (Fat Soluble Substances) แบ่งออกเป็น

1. สิ่งเจือปนที่แขวนลอย (Colloidal Suspension) สิ่งเจือปนพวกนี้จะปนแขวนลอยอยู่ในน้ำมันไม่สามารถมองเห็นได้ เช่น พวกสารฟอสเฟส สารคาร์โบไฮเดรต สารโปรตีน การกำจัดนั้นต้องพยายามทำให้สารแขวนลอยนี้เกิดการรวมตัวกันตกตะกอน (Coagulation) ซึ่งอาจทำได้หลายวิธีด้วยกันคือ

1.1 การทำให้ร้อนที่อุณหภูมิสูงประมาณ 240 – 280 ^{o}C

1.2 ใช้ไอน้ำหรือน้ำร้อนเข้าไปรวมกับน้ำมันเพื่อที่จะเปลี่ยนรูปของสิ่งเจือปนจากลักษณะแอนไฮดรัสเป็นไฮเดรตฟอร์ม ซึ่งจะมีลักษณะเป็นก้อนเหนียว (Gelatin) มีความถ่วงจำเพาะสูงมากสามารถแยกออกจากน้ำมันโดยการหมุนเหวี่ยง

1.3 การเติมสารเคมีบางอย่างลงไปทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดการตกตะกอน

สิ่งเจือปนที่ละลายในไขมัน (Fat Soluble Compounds) ได้แก่ กรดไขมันอิสระ สารประกอบเนื่องจากปฏิกิริยา (Oxidation and Decomposition Products) สารประกอบไขมัน (Monoglyceride, Diglyceride, Wax, Stearine) ซึ่งสามารถตกตะกอนได้ที่อากาศเย็น สีธรรมชาติ (Chlorophyll, Xanthophyll, Corotine) และสารไม่พึงประสงค์ (Gossypol, Cyclopropinoid)

สำหรับกระบวนการกลั่นน้ำมันบริสุทธิ์สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ กระบวนการทางเคมี (Chemical Refined Processes) กับกระบวนการทางกายภาพ (Physical Refined Processes) ซึ่งแต่ละกระบวนการมีขั้นตอนดังนี้

1. กระบวนการทางเคมี เป็นกระบวนการที่กลั่นน้ำมันให้บริสุทธิ์โดยใช้สารเคมีเป็นส่วนใหญ่ดังนั้นต้นทุนการผลิตต่อหน่วยจึงค่อนข้างสูง และยังมีการสูญเสียน้ำมันในระหว่างการผลิตมาก กระบวนการผลิตเริ่มด้วยการกำจัดสารเจือปนจำพวกฟอสโฟไลปิดหรือฟอสฟาไทด์ออกไปก่อนด้วยกรดฟอสฟอริก ต่อจากนั้นก็ผ่านกระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระ เรียกว่ากระบวนการทำให้เป็นกลางโดยใช้สารละลายโซดาไฟซึ่งจะทำปฏิกิริยาได้เป็นไขสบู่ ซึ่งเป็นสารแขวนลอย และละลายน้ำได้เมื่อผ่านการล้างด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้งก็จะได้น้ำมันซึ่งมีกรดไขมันอิสระไม่เกิน 0.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากนั้นน้ำมันจะถูกนำไปไล่ความชื้นออกแล้วนำไปฟอกสีด้วยดินฟอกสีที่อุณหภูมิ 90 – 100 ^{o}C เมื่อฟอกสีแล้วจึงนำไปกรองเอาดินฟอกออกด้วยเครื่องกรอง ต่อจากนั้นจึงนำเข้าสู่กระบวนการกำจัดกลิ่น (Deodorization) ซึ่งเป็นการพ่นไอน้ำเข้าไปภายใต้สูญญากาศเพื่อแยกเอากรดที่หลงเหลืออยู่พร้อมทั้งแอลดีไฮด์ และคีโตนซึ่งเป็นตัวทำให้น้ำมันเหม็นหืนออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กระบวนการทางกายภาพ เป็นกระบวนการต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนใหญ่คือ

2.1 การกำจัดสิ่งเจือปนจำพวกฟอสฟาไทด์ และโปรตีนด้วยกรดฟอสฟอริก สารเจือปนจะรวมตัวกันเป็นก้อน

2.2 ทำการฟอกสีน้ำมันด้วยดินฟอกตลอดจนตะกอนของฟอสฟาไทด์ และโปรตีนออกจากน้ำมัน

2.3 การกำจัดกรดพร้อมๆกับการกำจัดกลิ่นเพื่อแยกเอากรดไขมันอิสระและสารออกซิเดชัน เม็ดสี แอลดีไฮด์ และคีโตนออกจากน้ำมันโดยพ่นไอน้ำที่อุณหภูมิ 240–260 °C ภายใต้สูญญากาศที่ 1 – 4 มิลลิเมตรปรอทเป็นเวลาประมาณ 1–2 ชั่วโมง

กระบวนการทางกายภาพมีข้อดีหลายประการคือต้นทุนการผลิตต่อหน่วยจะต่ำกว่ากระบวนการทางเคมีเพราะใช้สารเคมีน้อยและไม่สูญเสียน้ำมันมาก กระบวนการแบบนี้สามารถแยกเอากรดไขมันอิสระที่ความบริสุทธิ์สูงถึง 95% ออกมาได้ ซึ่งจะนำไปใช้แยกส่วนทำผลิตภัณฑ์ได้มากมายหลายชนิด ประการสุดท้ายจะไม่มีน้ำเสียที่เกิดจากการล้างไขสบู่สำหรับกระบวนการผลิต

3.3.4 น้ำมันมะพร้าว [21]

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทยที่มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางทั้งในด้านบริโภค และเป็นวัสดุดิบเพื่อการอุตสาหกรรม ประเทศไทยนิยมปลูกมะพร้าวกันมากทางภาคใต้โดยเนื้อมะพร้าวแห้งของต้นมะพร้าว เราสามารถนำมาทำเป็นน้ำมันมะพร้าวได้ ซึ่งปัจจุบันอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าวเป็นอุตสาหกรรมการเกษตรที่มีความสำคัญ และก่อให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจในสาขาเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม เพราะการผลิตน้ำมันมะพร้าวต้องอาศัยผลผลิตจากภาคเกษตรเป็นวัตถุดิบ น้ำมันมะพร้าวนอกจากจะใช้ด้านการบริโภคแล้วยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบทางด้านอุตสาหกรรมได้ด้วยโดยสามารถทำเป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น สี สบู่ ยารักษาโรค ผลิตภัณฑ์นม และเนยเทียม น้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น

น้ำมันมะพร้าวสามารถแบ่งประเภทตามคุณภาพและการแปรรูปได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. น้ำมันดิบ (Crude Oil) ซึ่งได้จากการหีบหรืออัดขั้นต้น น้ำมันชนิดนี้ยังมีสี กลิ่น รสเศษผง และกาก จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้บริโภคเมื่อทิ้งไว้นานมักมีกลิ่น และถ้าอุณหภูมิต่ำจะเกาะตัวเป็นไข

2. น้ำมันบริสุทธิ์ (Purified or Vegetable Oil) ซึ่งได้จากการกลั่นน้ำมันดิบโดยผ่านกระบวนการทางเคมี หรือกระบวนการอื่นที่ไม่ได้ใช้สารเคมีเข้าช่วย น้ำมันชนิดนี้จะปราศจากสี กลิ่น และเศษผงเจือปน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.1 วัตถุดิบ

โรงงานผลิตน้ำมันมะพร้าวเกือบทั้งหมดจะใช้เนื้อมะพร้าวแห้งเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตน้ำมันมะพร้าว มีบางโรงงานที่ใช้กากมะพร้าวที่เหลือจากการประกอบอาหารแล้วมาสกัดเอาน้ำมันมะพร้าวแต่การที่นำเอากากมะพร้าวมาสกัดน้ำมันนั้นจะให้สัดส่วนน้ำมันน้อยคือได้ประมาณร้อยละ 15 – 20 เท่านั้น เทียบกับการสกัดน้ำมันจากเนื้อมะพร้าวแห้งแล้วจะให้สัดส่วนของน้ำมันถึงประมาณร้อยละ 55 – 58 สำหรับแหล่งที่มาของวัตถุดิบนั้นส่วนใหญ่จะมาจากทางภาคใต้อันเป็นแหล่งที่มีการทำสวนมะพร้าวมาก

3.3.4.2 กรรมวิธีการผลิต

การผลิตน้ำมันมะพร้าวสามารถแยกออกได้เป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ๆดังนี้คือ

1. การเตรียมวัตถุดิบ

เนื้อมะพร้าวแห้งหรือกากมะพร้าวที่เหลือจากการประกอบอาหารก่อนที่จะนำเข้าเครื่องสกัดน้ำมันนั้นจะต้องตรวจดูความชื้นเสียก่อนว่ามีมากน้อยเพียงใดถ้ามีความชื้นเกินกว่าร้อยละ 6 จะต้องนำมาผึ่งลมหรืออบแห้งเสียก่อน ความชื้นโดยทั่วไปที่เหมาะในการบีบหรืออัดจะต้องไม่เกินร้อยละ 5 เพราะถ้าหากมีความชื้นสูงกว่านี้แล้วจะทำให้ได้อัตราส่วนของน้ำมันน้อยลง จากนั้นจะนำเข้าเครื่องบด (Hammer Mill) ซึ่งจะบดเนื้อมะพร้าวให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ (ในกรณีของเนื้อมะพร้าวแห้ง) ส่วนกากมะพร้าวที่เหลือจากการประกอบอาหารนั้นไม่ต้องผ่านเครื่องบดเพราะเป็นชิ้นเล็ก ๆ อยู่แล้วจึงนำเข้าเครื่องบีบหรืออัดเพื่อสกัดเอาน้ำมันต่อไป

2. การสกัดน้ำมันดิบ (Crude Oil)

การสกัดน้ำมันมะพร้าวอาจทำได้ 3 วิธี

2.1 การสกัดโดยใช้เครื่องบีบหรืออัด (Expeller) โดยการนำเนื้อมะพร้าวที่ได้จากการเตรียมวัตถุดิบในขั้นแรกเข้าเครื่องบีบแบบสกรู (Screw Press) ซึ่งมีอย่างน้อย 4 เครื่องติดต่อกันไปเพื่อบีบเอาน้ำมันออกมา ส่วนกากมะพร้าวซึ่งยังมีน้ำมันเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 15 – 20 เข้าเครื่องอัดแบบไฮโดรลิก (Hydraulic Press) ตามลำดับจะได้กากมะพร้าวออกมาเป็นก้อนกลม ๆ ซึ่งสามารถนำไปจำหน่ายให้แก่โรงงานทำอาหารสัตว์ หรือโรงงานทำปุ๋ยได้อีกทอดหนึ่ง การสกัดน้ำมันโดยการบีบ หรืออัดนี้เป็นวิธีการผลิตแบบเก่าที่ใช้เครื่องจักรบีบอัดเอาน้ำมันออกมาจากเนื้อมะพร้าวโดยตรงซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันในแถบเอเชียเพราะสะดวกและเครื่องมือมีราคาถูก สำหรับประเทศไทยนั้นนิยมใช้เครื่องบีบแบบสกรูเพียงอย่างเดียว

2.2 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent Extraction) วิธีนี้นับเป็นวิธีสกัดที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการสกัดด้วยเครื่องบีบอัดมากเพราะใช้เฮกเซนซึ่งเป็นเคมีภัณฑ์ปิโตรเลียมเข้าช่วยในการสกัดน้ำมัน จึงทำให้เปอร์เซ็นต์ของการตกค้างของน้ำมันในกากมีน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาก โรงงานสกัดน้ำมันมะพร้าวขนาดใหญ่มักนิยมใช้วิธีนี้เพราะได้ผลผลิตมากกว่า และเครื่องจักรยังสามารถใช้กับพืชน้ำมันได้หลายชนิด แม้ว่าจะต้องลงทุนซื้อเครื่องจักรในราคาแพง และต้องเสียค่าจ้างผู้ปฏิบัติงานที่มีความชำนาญให้เหมาะสมกับเทคนิคชั้นสูงในการผลิตก็ยังนับว่าคุ้มค่า เพราะให้ผลตอบแทนสูงกรรมวิธีการผลิตโดยวิธีนี้อาจทำได้หลายแบบ คือ

2.2.1 แบบแช่ (Immersion) เป็นการสกัดโดยนำเนื้อมะพร้าวที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบแล้วแช่ลงในตัวทำละลาย (เฮกเซน) เมื่อน้ำมันถูกสกัดออกมาจะผสมอยู่กับตัวทำละลาย เมื่อแช่ไว้จนครบตามระยะเวลาที่กำหนดแล้ว จึงใช้ความร้อนเข้าช่วยเพื่อให้ตัวทำละลายระเหยตัวเหลือแต่น้ำมันดิบไว้

2.2.2 แบบซึมผ่าน (Percolation) วิธีนี้ใช้พ่นตัวทำละลายจนท่วมเนื้อมะพร้าวแล้วปล่อยไว้ตามกำหนดเวลาให้ซึมเข้าไปในเนื้อมะพร้าวเพื่อสกัดน้ำมันดิบออกมา

2.2.3 แบบผสมระหว่างการแช่ และการซึมผ่าน (Percolation Immersion) คือการพ่นแล้วทิ้งเนื้อมะพร้าวแช่อยู่ในตัวทำละลายตามกำหนดเวลาแล้วแยกน้ำมันดิบออกโดยวิธีระเหยความร้อน

2.3 การสกัดด้วยเครื่องบีบ และตัวทำละลาย เป็นการสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยเครื่องบีบแล้วนำกากที่เหลือมาสกัดด้วยตัวทำละลายเพื่อเก็บน้ำมันที่เหลืออยู่ในกากอีกครั้งหนึ่ง อย่างไรก็ตามการสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยเครื่องบีบแล้วนำกากที่เหลือมาสกัดด้วยตัวทำละลายในขั้นตอนนี้จะได้น้ำมันดิบ (Crude Oil) ออกมาซึ่งยังมีกลิ่น สี รส เศษผง กาก ตลอดจนมีสารบางชนิดเจือปนอยู่ ดังนั้นจึงจะต้องผ่านขั้นตอนการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์อีกครั้ง

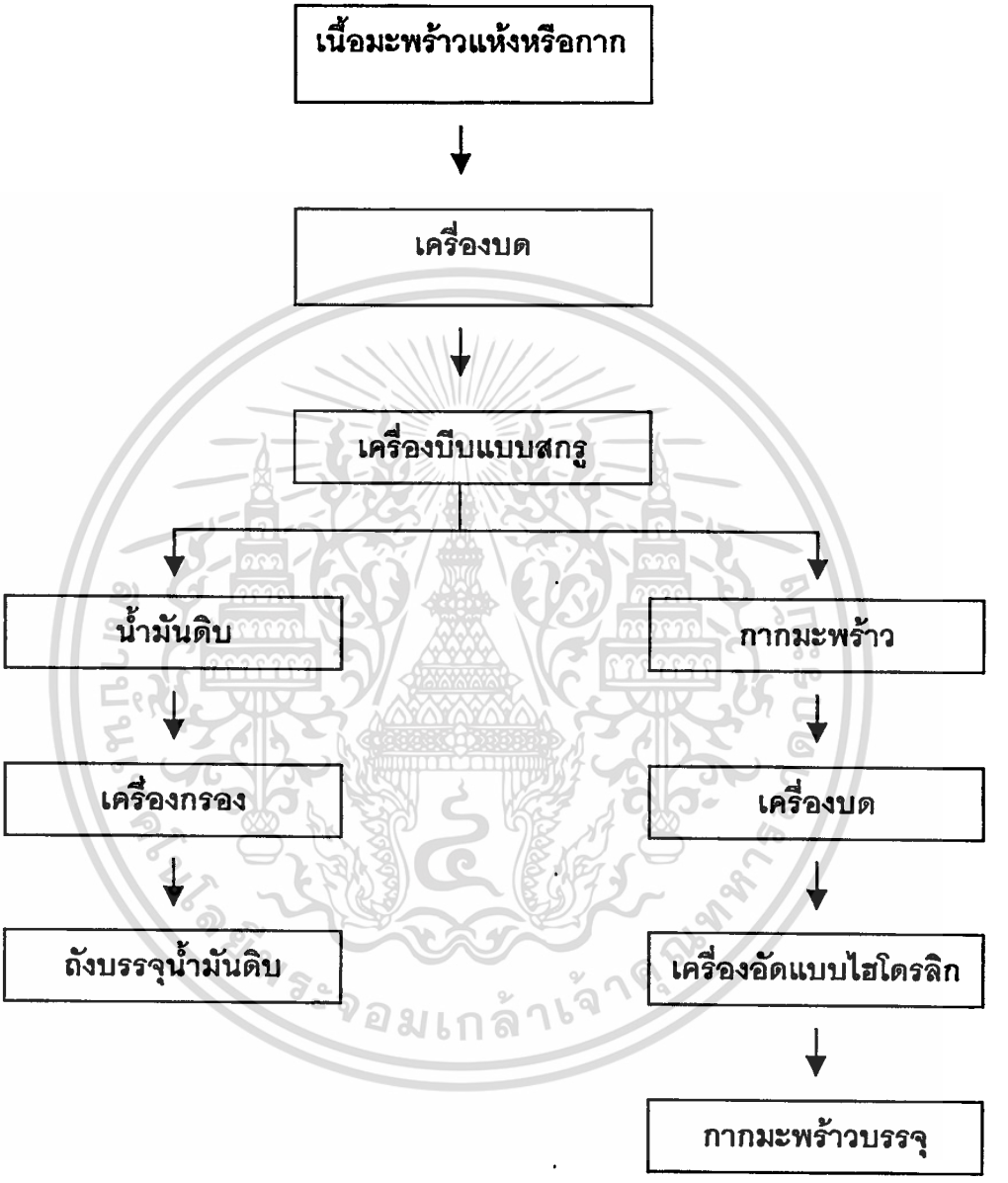
3. การทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ (Refining) คือการกลั่นน้ำมันดิบโดยใช้วิธีทางเคมีเพื่อปรับสภาพของน้ำมันไม่ให้มีสี กลิ่น รส และกำจัดสารบางชนิดที่เจือปนอยู่เพื่อให้เหมาะในการใช้บริโภคหรือนำไปใช้เป็นวัตถุดิบขั้นกลางในการผลิตสินค้าอื่นต่อไปซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

3.1 การกำจัดกรดไขมันอิสระ (Refining) ด้วยโซดาไฟ (Coustic Soda) ซึ่งจะแยกน้ำมันที่ปราศจากกรดไขมันอิสระออกมา ส่วนหนึ่งจะได้สบู่ (Soap) ส่วนที่เป็นสบู่นี้จะมีสิ่งสกปรกหรือสารบางอย่างเจือปนอยู่ในน้ำมันดิบมาก่อนปะปนออกมาด้วย ฉะนั้นน้ำมันที่ได้จะสะอาดและไม่มีกรด

3.2 การฟอกสี (Bleaching) โดยใช้ผงฟอกสี (Fuller's Earth) และผงถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เป็นตัวฟอกแล้วจึงนำไปกรองโดยเครื่องกรอง (Filter Press) ให้หมดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การกำจัดกลิ่น (Deodorization) โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam Distillation) ภายใต้สุญญากาศ อุณหภูมิระหว่าง 140 – 230 องศาเซลเซียสใช้เวลาระหว่าง 5 – 12 ชั่วโมงจะได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ออกมา



รูปที่ 3.9 การสกัดน้ำมันดิบโดยวิธีบีบอัด

3.3.5 **ไบโอดีเซล** [22]

ไบโอดีเซลคือเชื้อเพลิงใด ๆ ที่สามารถใช้แทนน้ำมันดีเซลได้มาจากชีวมวลหรืออีกความหมายหนึ่งตามมาตรฐาน ASTM ก็คือ Mono Alkyl Ester ของกรดไขมัน (Fatty Acid) ที่ได้มาจากน้ำมันจากเมล็ดพืช และไขมันสัตว์ เมื่อใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เมื่อเทียบกับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มันดีเซลแล้วไบโอดีเซลจะช่วยลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรคาร์บอน ข้อมูลองค์ประกอบที่ได้จากการเผาไหม้ของไบโอดีเซลที่ได้จาก Rapeseed Oil เทียบกับน้ำมันดีเซลของสถาบัน Francais du Petrole de Paris แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงมลภาวะที่ได้จากไบโอดีเซลจากน้ำมันเรปสีทเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล (g/kWhr)

Pollutant	Biodiesel	Diesel Oil
CO	2.7	7.9
HC	1.3	1.6
NOx	5.3	4.6
Particle	0.36	0.67

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นว่าปริมาณอนุภาคเล็ก ๆ ของไบโอดีเซลมีปริมาณต่ำกว่า 50% เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ของไบโอดีเซลมีปริมาณน้อยกว่าที่ได้จากน้ำมันดีเซล 30 – 40% (เนื่องจากมีออกซิเจนในไบโอดีเซลมากพอที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์) ไฮโดรคาร์บอนมีปริมาณน้อยกว่าน้ำมันดีเซล 25% ส่วนไนโตรเจนออกไซด์มีปริมาณมากกว่าที่ได้จากน้ำมันดีเซล ซึ่งในการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากชีวมวลมี 4 วิธีคือ

1. Blending เป็นการผสมน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนโดยมวลที่อัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อทำให้ความหนืดของน้ำมันพืชลดลง โดยสามารถผสมน้ำมันพืชตั้งแต่ 10% ขึ้นไปตามความเหมาะสม

2. Micro Emulsion หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Hybrid Fuels เป็นการทำให้ของเหลว 2 ชนิดที่ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน โดยอาศัยหลักการทำให้ของเหลวกระจายตัวอยู่ในรูปอิมัลชันด้วยการผสมน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่สั้น เช่น เมทานอล หรือเอทานอลโดยสามารถนำไปฉีดเป็นฝอยได้

3. Pyrolysis เป็นการ Decompose น้ำมันพืชให้ไปเป็น Alkane, Alkene และ Oxygenate โดยมี Na_2CO_3 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

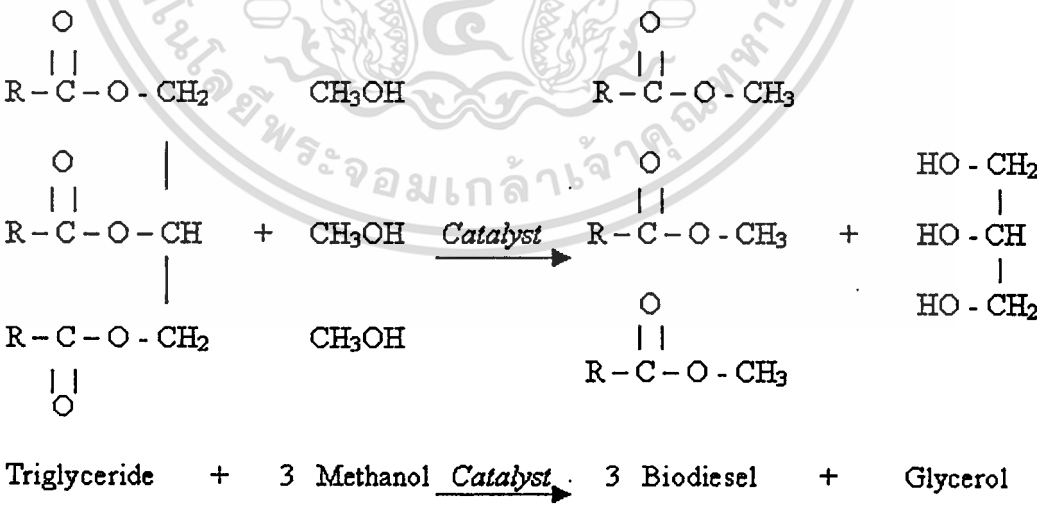
4. Transesterification หรือ Alcoholysis เป็นการทำปฏิกิริยาของ Triglyceride กับแอลกอฮอล์โดยมี ด่าง กรด หรือเอนไซม์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำให้ได้เอสเทอร์ และกลีเซอรีนออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5.1 ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

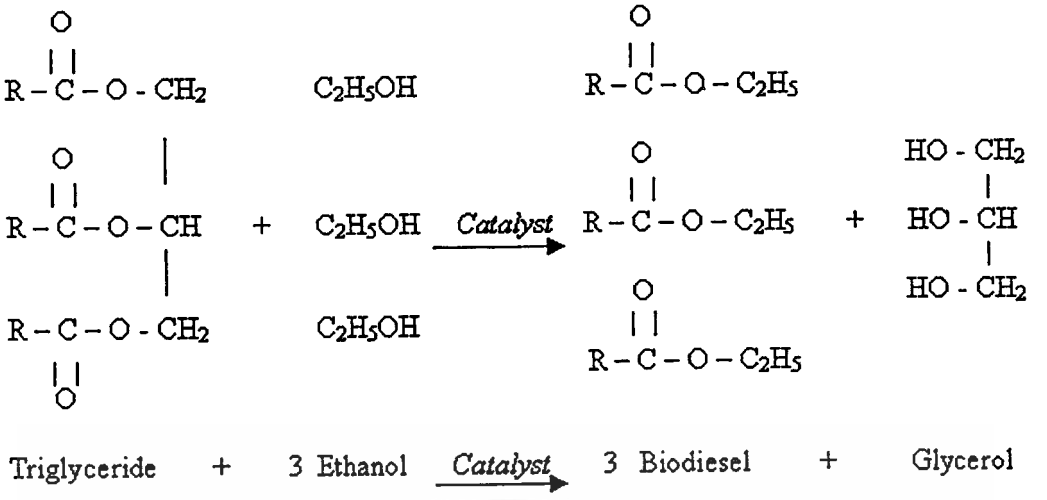
เป็นกระบวนการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันพืชให้ไปเป็น Mono Alkyl Ester โดยใช้แอลกอฮอล์โดยมีกรดหรือเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ และอันดับของปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับสัดส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน เมทิลเอสเทอร์เป็นเอสเทอร์ที่นิยมสังเคราะห์มากที่สุดเนื่องจากหาได้ง่าย และมีราคาถูกกว่าแอลกอฮอล์ตัวอื่นๆ ประโยชน์ของการเปลี่ยนน้ำมันพืชให้เป็น Mono Alkyl Ester ก็คือ Mono Alkyl เมื่อเผาไหม้แล้วจะเกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์กว่าน้ำมันดีเซล ลดความหนืดของน้ำมันพืช และลดการเกิดปฏิกิริยา Polymerization ของน้ำมันดีเซล นอกจากการใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วยังสามารถใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะช้ากว่า แต่ในการผลิตไบโอดีเซลที่ใช้ในปัจจุบันนี้นิยมใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเนื่องจากเหตุผลต่างๆดังนี้

1. อุณหภูมิและความดันต่ำ (150 ^{o}C, 20 Psi)
2. ได้ผลิตภัณฑ์มากและใช้เวลาในการผลิตน้อย
3. สามารถเปลี่ยนไปเป็น Methyl Ester โดยไม่จำเป็นต้องใช้กระบวนการอื่นเสริม
4. ไม่จำเป็นต้องใช้สารอื่นเข้าร่วมกระบวนการ
5. ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้คือโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากสารทั้ง 2 ชนิดนี้จะเข้าทำปฏิกิริยากับเมทานอลโดยไม่ก่อให้เกิดผลข้างเคียงใดๆต่อกระบวนการ



รูปที่ 3.10 แสดงปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของเมทานอลกับไตรกลีเซอไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของเอทานอลกับไตรกลีเซอไรด์

3.3.5.2 **กลีเซอรีน** [23]

กลีเซอรีน (กลีเซอรอล) คือผลพลอยได้ของการผลิตดีเซลชีวภาพ มีลักษณะใส ไม่มีสีไม่มีพิษ ความหนืดค่อนข้างคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชันทำให้สามารถเก็บรักษาให้ไม่มีกลิ่น รส สีได้นาน กลีเซอรีนที่จะนำไปจำหน่ายต้องผ่านการทำให้เป็นกลาง ในการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา กลีเซอรีนที่ได้สามารถทำให้เป็นกลางโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกกรดฟอสฟอริกหรือโซเดียมคลอไรด์ สำหรับสีของกลีเซอรีนสามารถขจัดออกได้โดยการกรองผ่านถ่าน

กลีเซอรีนเมื่อถูกทำให้เย็นจะเป็นซุปเปอร์คูลแต่ไม่แข็งตัวเนื่องจากกลีเซอรีนสามารถละลายได้ดีทั้งในน้ำ และแอลกอฮอล์ จึงเป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับองค์ประกอบในอุตสาหกรรมต่าง ๆ และเนื่องจากมีความหนืดจึงมักถูกใช้เป็น Thickening Agent หรือ Bodying Agent กลีเซอรีนที่ความเข้มข้น 55 – 75 เปอร์เซ็นต์จะมีรสหวานสามารถใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลได้ กลีเซอรีนเป็นสาร Hygroscopic ดูดซับความชื้นจากอากาศได้ดี จึงนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความนุ่ม (Softness) ความหยุ่นตัว (Flexibility) และความเป็นครีม (Creaminess) ในทางการค้ามีการใช้กลีเซอรีนเพื่อเป็นสารป้องกันรักษาความชุ่มชื้นเป็นตัวเพิ่มสภาพพลาสติกซนิดที่ช่วยเก็บรักษาความอ่อนนุ่ม และความหนืด กลีเซอรีนถูกใช้ในผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับช่องปาก เช่น ยาสีฟัน น้ำยาบ้วนปาก เนื่องจากคุณสมบัติในการเป็นสารดูดความชื้น และการระเหยต่ำจึงถูกใช้เพื่อป้องกันไม่ให้ยาสีฟันแข็งแห้งในหลอด กลีเซอรีนส่วนใหญ่ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร และเครื่องดื่มจะใช้เป็นตัวทำละลาย และเป็นสารดูดความชื้น โมโนกลีเซอไรด์ที่ได้จากกลีเซอรีนจะถูกใช้เป็นสารอิมัลซัน และสารเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำสลัด และลูกกวาด ในผลิตภัณฑ์ยาสูบ จะใช้กลีเซอรีนเพื่อช่วยรักษาความชื้นให้กับใบยาสูบ และใช้เป็นส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมในไส้กรอง ในอุตสาหกรรมยาใช้กลีเซอรีนเป็นสารให้ความหวาน และเป็นตัวให้ความนุ่มใน อุตสาหกรรมเครื่องสำอางใช้เป็นสารอิมัลชันในครีมและทำหน้าที่แทนไขในลิปสติก

3.4 อุณหเคมีของสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ [15]

3.4.1 ส่วนประกอบของอากาศและเชื้อเพลิง

อากาศประกอบด้วยสารผสมของแก๊ส (อากาศแห้ง) และความชื้น (ไอน้ำ) อากาศแห้ง โดยทั่วไปประกอบด้วย ออกซิเจน ไนโตรเจน อาร์กอน คาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สอื่นซึ่งมี ปริมาณดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงส่วนประกอบหลักของอากาศแห้ง

แก๊ส	ppm โดยปริมาตร	น้ำหนักโมเลกุล	เศษส่วนโมล	อัตราส่วน โดยโมล
O_2	209,500	31.998	0.2095	1
N_2	780,900	28.012	0.7905	3.773
Ar	9,300	38.948	-	-
CO_2	300	44.009	-	-
Air	1,000,000	28.962	1.0000	4.773

ในการเผาไหม้ออกซิเจนจะเป็นตัวทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิง สำหรับอาร์กอน และ คาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณน้อย และโดยทั่วไปจะไม่ทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงเช่นเดียวกับ ไนโตรเจน จึงนิยมคิดรวมเข้ากับไนโตรเจนเป็นไนโตรเจนบรรยากาศ (Atmospheric Nitrogen) หรือไนโตรเจนที่ปรากฏ (Apparent Nitrogen) ดังนั้นอากาศแห้งโดยประมาณจึงประกอบด้วยแก๊ส 2 ชนิด คือ ออกซิเจน และไนโตรเจนในบรรยากาศ เมื่อคิดต่อ 1 หน่วยโมลของออกซิเจนจะมี ไนโตรเจนบรรยากาศ 3.773 โมล ($\frac{1-0.2095}{0.2.95}=3.773$) และน้ำหนักโมเลกุลของไนโตรเจน บรรยากาศ (ซึ่งแตกต่างจากไนโตรเจนบริสุทธิ์) หาได้โดยคิดอากาศแห้งเป็นสารผสมของแก๊สอุดม คติจากภาคผนวก ก จะได้

$$M = \sum_i \bar{x}_i M_i \tag{3.15}$$

$$M_{air} = \bar{x}_{O_2} M_{O_2} + \bar{x}_{aN_2} M_{aN_2} \tag{3.16}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M_{aN_2} = \frac{M_{air} - \bar{x}_{O_2} M_{O_2}}{\bar{x}_{aN_2}} \tag{3.17}$$

$$= \frac{28.962 - 0.2095 \quad 31.998}{1 - 0.2095}$$

$$= 28.16$$

ความหนาแน่นของอากาศแห้งสามารถหาได้โดยคิดอากาศแห้งเป็นแก๊สอุดมคติ จากสมการของสภาวะ หรือกฎของแก๊สอุดมคติ

$$pV = mRT = m\frac{\bar{R}}{M}T \tag{3.18}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{pM}{\bar{R}T} \tag{3.19}$$

$\bar{R}$ เป็นค่าคงตัวแก๊สสากลมีค่าเท่ากับ 8314.3 J/(kmol.K) และ M เป็นน้ำหนักโมเลกุลของอากาศมีค่าเท่ากับ 28.962 จะได้ $\bar{R}$

$$\rho(kg/m^3) = \frac{3.483 \quad 10^{-3}(Pa)}{T(K)} \tag{3.20}$$

ซึ่งค่าความหนาแน่นของอากาศแห้งที่ 1 ความดันบรรยากาศ (1.0133×10^5Pa) และที่ 25 °C จะเท่ากับ 1.184 kg/m^3 สำหรับปริมาณความชื้นหรือไอน้ำในอากาศจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระดับของการอิ่มตัว ซึ่งโดยทั่วไปสัดส่วนโดยมวลของไอน้ำในอากาศจะเป็นร้อยละ 1 โดยประมาณ แต่อาจสูงขึ้นถึงร้อยละ 4 ในบางสภาวะ ปริมาณไอน้ำในอากาศนี้สามารถหาได้โดยการวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) และอุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) แล้วอ่านค่ามวลของไอน้ำต่อมวลของอากาศแห้งจากแผนภูมิอากาศชื้น (Psychrometric Chart) จากภาคผนวก ข

เชื้อเพลิงที่ใช้กันมากที่สุดสำหรับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในคือน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลซึ่งเป็นสารผสมของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนต่างกันหลายตัว เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดนี้โดยทั่วไปจะประกอบด้วยคาร์บอนร้อยละ 86 และไฮโดรเจนร้อยละ 14 โดยน้ำหนัก นอกจากเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งสองชนิดแล้วยังมีเชื้อเพลิงอื่นอีกที่นำมาใช้กับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน คือ แอลกอฮอล์ และเชื้อเพลิงแก๊ส ส่วนสารประกอบไฮโดรคาร์บอนตัวเดียวมักจะถูกนำไปใช้ในงานวิจัยด้านเครื่องยนต์

3.4.2 ปริมาณสัมพันธ์ของการเผาไหม้

การเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างเชื้อเพลิงกับสารออกซิไดส์ซึ่งส่วนใหญ่แล้วมักใช้ออกซิเจนในอากาศเป็นสารออกซิไดส์ เมื่อเกิดการเผาไหม้ขึ้นเชื้อเพลิงจะถูกออกซิไดส์ และปลดปล่อยความร้อนออกมา (สารทำปฏิกิริยาในการเผาไหม้คือเชื้อเพลิงกับอากาศ) และจะเปลี่ยนไปเป็นสารที่ได้จากการเผาไหม้ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างสารทำปฏิกิริยา และสารที่ได้จากการเผาไหม้จะถูกกำหนดโดยสมการเคมี

การเผาไหม้ที่สมบูรณ์พอดีที่เรียกว่าการเผาไหม้ทางทฤษฎี (Stoichiometric Combustion , Chemically Correct Combustion หรือ Theoretical Combustion) ของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนก็คือปฏิกิริยาทางเคมีที่มีออกซิเจนเพียงพอที่จะออกซิไดส์คาร์บอนให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิไดส์ไฮโดรเจนให้เป็นน้ำทั้งหมด สำหรับการเผาไหม้ทางทฤษฎีของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนใดๆที่มีสูตรเป็น C_aH_b กับอากาศสามารถเขียนเป็นสมการเคมีได้ดังนี้

$$C_aH_b+(a+b/4)(O_2+3.773N_2) = aCO_2+(b/2)H_2O+3.773(a+b/4)N_2 \quad (3.21)$$

ซึ่งแสดงถึงอัตราส่วนโดยโมลของสารทำปฏิกิริยาและสารที่ได้จากการเผาไหม้ ดังนั้นสูตรหรือส่วนประกอบของเชื้อเพลิงสามารถเขียนได้เป็น CH_y โดย y = b/a และสมการเคมีสำหรับการเผาไหม้สมบูรณ์พอดีก็จะเป็น

$$CH_y+(1+y/4)(O_2+3.773N_2) = CO_2+(y/2)H_2O+3.773(1+y/4)N_2 \quad (3.22)$$

จากสมการข้างต้นนี้สามารถหาอัตราส่วน อากาศ/เชื้อเพลิงหรือเชื้อเพลิง/อากาศพอดีทางทฤษฎีได้เป็น

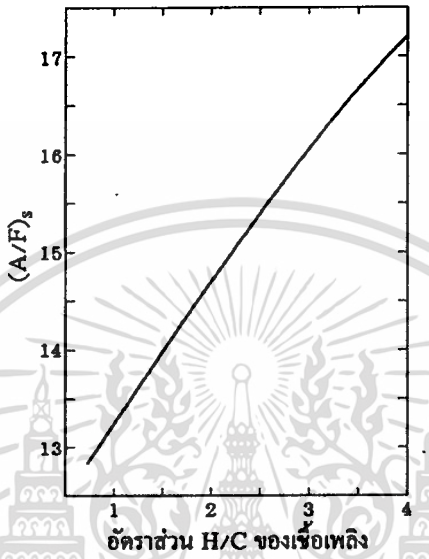
$$\left(\frac{A}{F}\right)_s = \left(\frac{F}{A}\right)_s^{-1} \quad (3.23)$$

$$= \frac{(1+(y/4))(32+3.773 \quad 28.16)}{12.011+1.008y}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{34.56(4+y)}{12.011+1.008y}$$

จะเห็นว่า $(A/F)_s$ จะขึ้นอยู่กับค่า y เท่านั้นกราฟตามรูปที่ 3.12 จะแสดงการแปรผันของ $(A/F)_s$ กับค่า y



รูปที่ 3.12 แสดงอัตราส่วนอากาศ/เชื้อเพลิงพอดีของสารผสมอากาศกับเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนที่แปรผันกับอัตราส่วน H/C ของเชื้อเพลิง

ถ้าสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศมีอากาศมากกว่าหรือน้อยกว่าค่าพอดี การเผาไหม้ก็ยังคงเกิดขึ้นได้แต่จะต้องมีค่าไม่ห่างจากค่าอากาศพอดีมากเกินไป สำหรับการเผาไหม้ที่มีอากาศเกินหรือที่เรียกว่าการเผาไหม้สารผสมบาง (Fuel - Lean Combustion) อากาศที่เกินจะไม่เข้าทำปฏิกิริยา (หรืออีกนัยหนึ่งคืออากาศที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา) และในการดุลสมการเคมี อากาศที่เหลือนี้จะถูกเขียนไว้รวมกับสารที่ได้จากการทำปฏิกิริยา สำหรับการเผาไหม้ที่มีอากาศน้อยกว่าอากาศพอดีหรือที่เรียกว่าการเผาไหม้สารผสมหนา (Fuel – Rich Combustion) ก็จะมีออกซิเจนไม่เพียงพอที่จะออกซิไดส์เชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ (รวมทั้งไนโตรเจน) และจะมีคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไฮโดรเจนด้วย โดยส่วนประกอบของสารที่เกิดจากการเผาไหม้นี้ไม่สามารถหาได้จากการดุลอะตอมอย่างเดียวจะต้องมีข้อสมมติเพิ่มเติมซึ่งจะได้อธิบายเพิ่มเติมภายหลัง เนื่องจากส่วนประกอบของสารที่ได้จากการเผาไหม้จะแตกต่างกันสำหรับสารผสมบาง และสารผสมหนา และเนื่องจากอัตราส่วนเชื้อเพลิง/อากาศพอดีจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของเชื้อเพลิง ดังนั้นจึงมีการกำหนดส่วนประกอบของสารผสมในรูปของอัตราส่วนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนเชื้อเพลิง/อากาศจริง ต่อ อัตราส่วนเชื้อเพลิง/อากาศพอดี หรือกลับกันซึ่งได้แก่ อัตราส่วนสมมูลของเชื้อเพลิง/อากาศ (Fuel/Air Equivalence Ratio , ϕ)

$$\phi = \frac{(F/A)_{actual}}{(F/A)_S} \tag{3.24}$$

และอัตราส่วนอากาศ/เชื้อเพลิงสัมพัทธ์ (Relative Air/Fuel Ratio , λ)

$$\lambda = \phi^{-1} = \frac{(A/F)_{actual}}{(A/F)_S} \tag{3.25}$$

ในการเผาไหม้สารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศสามารถเป็นไปได้ 3 ลักษณะ คือ

1. สารผสมบาง (Fuel – Lean Mixture) เป็นสารผสมที่มีค่า $\phi < 1$ หรือ $\lambda > 1$ คือมีเชื้อเพลิงน้อยหรือมีอากาศเกินกว่าค่าพอดี ซึ่งอาจระบุเป็นร้อยละของอากาศเกิน ตัวอย่างเช่นร้อยละ 25 ของอากาศเกิน สารผสมก็จะมีอากาศเป็น 1.25 เท่าของอากาศพอดี

2. สารผสมพอดี (Stoichiometric Mixture) เป็นสารผสมที่มีค่า $\phi = \lambda = 1$ คือมีเชื้อเพลิงพอดีที่จะถูกออกซิไดส์โดยออกซิเจนในอากาศได้หมด

3. สารผสมหนา (Fuel – Rich Mixture) เป็นสารผสมที่มีค่า $\phi > 1$ หรือ $\lambda < 1$ คือมีเชื้อเพลิงมากเกินไปหรือมีออกซิเจนน้อยเกินไปที่จะออกซิไดส์เชื้อเพลิงได้จนหมด

3.4.3 กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์สำหรับการเผาไหม้

3.4.3.1 ค่าความร้อน

ค่าความร้อน (Heating Value หรือ Calorific Value , Q_{HV}) ของเชื้อเพลิงเป็นค่าความร้อนของปฏิกิริยา (การเผาไหม้) ที่ความดันคงตัว (Q_{HVp}) หรือที่ปริมาตรคงตัว (Q_{HVv}) ที่อุณหภูมิมาตรฐาน (โดยทั่วไปเป็น 25 °C) สำหรับการเผาไหม้สมบูรณ์ของหนึ่งหน่วยมวลของเชื้อเพลิง ดังนั้น

$$Q_{HVp} = -(\Delta H)_{p,T_0} \tag{3.26}$$

$$Q_{HVv} = -(\Delta U)_{V,T_0} \tag{3.27}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเผาไหม้ที่สมบูรณ์หมายความว่าคาร์บอนทั้งหมดถูกเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนทั้งหมดถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำ และซัลเฟอร์ที่มีอยู่ทั้งหมดถูกเปลี่ยนไปเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หน่วยของค่าความร้อนเป็นจูลต่อกิโลกรัม (J/kg) หรือจูลต่อกิโลโมล (J/kmol) ของเชื้อเพลิง

สำหรับเชื้อเพลิงที่มีไฮโดรเจนจะมีน้ำในสารที่ได้จากการเผาไหม้โดยเป็นได้ทั้งของเหลว และแก๊ส ซึ่งจะมีผลต่อค่าความร้อนของปฏิกิริยาจึงมีการกำหนดค่าความร้อนออกเป็น 2 ค่าคือ ค่าความร้อนสูง (Higher Heating Value , Q_{HHV}) เป็นค่าความร้อนเมื่อน้ำที่เกิดขึ้นถูกควบแน่นเป็นของเหลวทั้งหมดและค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value , Q_{LHV}) เป็นค่าความร้อนเมื่อน้ำที่เกิดขึ้นอยู่ในสถานะเป็นไอทั้งหมด ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนที่ความดันคงตัวทั้งสองสามารถแสดงได้ด้วยสมการ

$$Q_{HHVp} = Q_{LHVp} + \frac{m_{H_2O}}{m_f} h_{fgH_2O} \tag{3.28}$$

โดย $\frac{m_{H_2O}}{m_f}$ เป็นอัตราส่วนโดยมวลของน้ำที่เกิดขึ้นต่อมวลของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ ในทำนองเดียวกันความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนที่ปริมาตรคงตัวทั้งสองสามารถเขียนได้เป็น

$$Q_{HHVv} = Q_{LHVv} + \frac{m_{H_2O}}{m_f} u_{fgH_2O} \tag{3.29}$$

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงถูกวัดโดยเครื่องมือที่เรียกว่าแคลอริมิเตอร์ (Calorimeter) ซึ่งมี 2 แบบ คือ แบบไหลต่อเนื่องที่ความดันบรรยากาศ (แบบความดันคงตัว) ซึ่งนิยมใช้กับเชื้อเพลิงแก๊สและแบบปริมาตรคงตัวภายใต้ความดันที่เรียกว่า บอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) นิยมใช้กับเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลว และของแข็ง

3.5 ห้องเผาไหม้ [16]

ห้องเผาไหม้เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องยนต์ที่ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าไปถูกเผาไหม้ ในเครื่องยนต์ดีเซลบางเครื่องห้องเผาไหม้ถูกสร้างขึ้นในฝาสูบ ในขณะที่ในเครื่องยนต์อื่นห้องเผาไหม้ถูกสร้างขึ้นที่ด้านบนของลูกสูบ แต่ไม่ว่าจะอยู่ที่ใดก็ตามห้องเผาไหม้จะถูกออกแบบเพื่อให้มีความสามารถในการทำให้เกิดความปั่นป่วนสูงสุด ไม่ใช่เฉพาะในช่วงการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง แต่จะต้องเกิดในช่วงการเผาไหม้ที่กำลังเกิดขึ้นด้วย

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความปั่นป่วนในระดับสูงมีความจำเป็นเนื่องจากเหตุผล 3 ประการคือ

1. เพื่อให้แน่ใจว่าการผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศสมบูรณ์

2. เพื่อให้มีการป้อนอากาศให้กับอนุภาคของน้ำมันเชื้อเพลิงที่กำลังเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง

3. เพื่อกวาดแก๊สที่เผาไหม้แล้วออกจากบริเวณที่ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปใหม่จะได้ผสมกับอากาศบริสุทธิ์

ในการผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศ ควรจำไว้ว่าน้ำมันเชื้อเพลิงจะไม่ถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้จนกระทั่งลูกสูบอยู่ระหว่าง 30°- 15° ของการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงจาก TDC การเผาไหม้ที่สมบูรณ์จะต้องเกิดขึ้นถ้าต้องการหลีกเลี่ยงสภาวะที่เรียกว่า การเจือจางในห้องเพลาข้อเหวี่ยง สภาวะนี้เกิดขึ้นจากน้ำมันเชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้ไหลผ่านแหวนลูกสูบ และเข้าไปผสมกับน้ำมันหล่อลื่นในห้องเพลาข้อเหวี่ยง ซึ่งผลของการปนเปื้อนนี้ทำให้คุณสมบัติในการหล่อลื่นของน้ำมันเครื่องลดลงเป็นอย่างมาก และเป็นผลให้เกิดการสึกหรอของเครื่องยนต์อย่างรุนแรง ดังนั้นจุดมุ่งหมายสูงสุดของการออกแบบห้องเผาไหม้ก็คือ จะต้องทำให้เกิดความปั่นป่วนสูงมากเพื่อให้น้ำมันเชื้อเพลิงที่แตกเป็นละอองฝอยกับอากาศผสมกันอย่างทั่วถึง และจะได้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์

แบบหลักของห้องเผาไหม้ที่ใช้กันในปัจจุบันแบ่งออกเป็นแบบต่างๆดังต่อไปนี้

1. ห้องเผาไหม้เปิด (ฉีดน้ำมันเข้าโดยตรง)
2. ห้องเผาไหม้ล่วงหน้า (ไม่ฉีดน้ำมันเข้าโดยตรง)
3. ห้องเผาไหม้แบบหมุนด้วยการอัด (ไม่ฉีดน้ำมันเข้าโดยตรง)
4. ห้องเผาไหม้แบบเซลล์อากาศหรือเซลล์พลังงาน (ไม่ฉีดน้ำมันเข้าโดยตรง)

3.5.1 ห้องเผาไหม้ล่วงหน้า

ห้องเผาไหม้ล่วงหน้าเป็นห้องเผาไหม้ช่วยเล็ก ๆ อยู่ในฝาสูบ และต่อเข้าโดยตรงกับห้องเผาไหม้หลักโดยช่องเล็ก ๆ ในการออกแบบ บางแบบห้องเผาไหม้ล่วงหน้าถูกแยกออกจากห้องเผาไหม้หลักโดยแผ่นเจาะรูที่ทำมาจากโลหะผสมที่ต้านทานความร้อน

เมื่อลูกสูบอยู่ที่ TDC ในจังหวะอัดอากาศส่วนใหญ่ที่นำเข้าถูกดันผ่านช่องที่เชื่อมต่อเข้าไปในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า อากาศส่วนที่เหลือก็จะอยู่ในห้องเผาไหม้หลักที่อยู่ระหว่างส่วนบนของลูกสูบและฝาสูบ เมื่อการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเริ่มขึ้น (ในระหว่างจังหวะอัด) น้ำมันถูกฉีดเข้าไปในอากาศที่ถูกอัดร้อนในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า และการจุดระเบิดเกิดขึ้นแล้วมีการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง ทำให้เกิดการเพิ่มของความดันขึ้นมากในบริเวณที่จำกัดของห้องเผาไหม้ล่วงหน้า ผลของการเพิ่มความดันนี้ทำให้อนุภาคที่กำลังเผาไหม้ และที่ยังไม่เผาไหม้ของน้ำมันเชื้อพลิงถูกดันอย่างรุนแรงผ่านช่องที่เชื่อมต่อแคบๆออกไปยังห้องเผาไหม้หลักที่อยู่ระหว่างด้านบนของลูกสูบ และฝา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูบ อนุภาคของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ยังไม่เผาไหม้ และที่เผาไหม้ไปแล้วบางส่วนจะผสมกับอากาศที่มีอยู่และกระบวนการเผาไหม้ก็จะสมบูรณ์ในห้องเผาไหม้หลัก เนื่องจากช่องแคบ ๆ ที่ใช้เชื่อมต่อห้องเผาไหม้ล่วงหน้าเข้ากับกระบอกสูบ และการเริ่มต้นการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าทำให้การเพิ่มของความดันเกิดขึ้นทันทีทันใด ในช่วงการเผาไหม้ที่ควบคุมไม่ได้เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า จึงมีผลน้อยมากในกระบอกสูบ ดังนั้นความดันในกระบอกสูบที่สูงจึงไม่เกิดขึ้นดีเซลน็อกจึงมีน้อยมาก และความเค้นภายในในเครื่องยนต์ก็จะลดลง การออกแบบที่ไม่ค่อยพบกันมากนักก็คือห้องเผาไหม้ที่ไม่ได้หล่อหรือเจาะไว้ในฝาสูบแต่ทำเป็นชิ้นส่วนต่างหาก และใช้การขันติดเข้าไปซึ่งหัวฉีดก็ถูกติดเข้าไปโดยตรงลูกสูบจะมีวัสดุต้านทานความร้อนสอดเข้าไปในส่วนบนของลูกสูบตรงด้านล่างของทางออกจากห้องเผาไหม้ล่วงหน้า เพื่อป้องกันส่วนบนของลูกสูบจากอนุภาคของน้ำมันเชื้อเพลิงที่กำลังเผาไหม้ซึ่งถูกพ่นออกมาที่ความเร็วสูงจากห้องเผาไหม้ล่วงหน้า ซึ่งจะเผาไหม้ขั้นสุดท้ายที่ส่วนบนของลูกสูบ เนื่องจากลักษณะของการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นระดับของการแตกเป็นละอองฝอยของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าไปจึงไม่ต้องมากเท่ากับในเครื่องยนต์แบบฉีดน้ำมันเข้าโดยตรง ดังนั้นความดันของการฉีดที่ต่ำและหัวฉีดแบบพินเทิลจึงมักถูกนำไปใช้

ข้อได้เปรียบของห้องเผาไหม้ล่วงหน้า

1. หัวฉีดแบบพินเทิลที่มักใช้ร่วมกับห้องเผาไหม้ล่วงหน้าจะมีรูเปิดที่ค่อนข้างใหญ่บวกกับพินเทิลที่เคลื่อนที่ ดังนั้นการอุดตันเนื่องจากเขม่าตกค้างจึงไม่มี

2. น้ำมันเชื้อเพลิงไม่ต้องฉีดออกเป็นฝอยละอองละเอียด เช่น ในเครื่องยนต์แบบฉีดน้ำมันเข้าโดยตรงซึ่งเป็นผลให้ความดันในการฉีดน้ำมันต่ำกว่า

3. เนื่องจากความปั่นป่วนสูง และการผสมของน้ำมันเชื้อเพลิง และอากาศที่มีประสิทธิภาพ คุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงจึงไม่ต้องสูงเท่ากับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับห้องเผาไหม้แบบอื่น

4. การทำงานของเครื่องยนต์ราบเรียบเนื่องจากความดันในกระบอกสูบสูงสุดในระหว่างการเผาไหม้ต่ำ

ข้อเสียเปรียบของห้องเผาไหม้ล่วงหน้า

1. ในเครื่องยนต์เกือบทุกแบบจำเป็นต้องใช้หัวเผาเมื่อสตาร์ทเครื่องยนต์ในที่มีอากาศเย็น เนื่องจากการสูญเสียความร้อนจากอากาศที่ถูกอัดไปสู่พื้นที่ผนังห้องเผาไหม้ที่ค่อนข้างใหญ่

2. การสูญเสียความร้อนจากอากาศที่ถูกอัดไปสู่ผนังและที่คอคอดของห้องเผาไหม้ล่วงหน้ามีมากและโดยทั่วไปเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบนี้จะมีประสิทธิภาพทางความร้อนค่อนข้างต่ำและมีการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสูง

3. เนื่องจากการสูญเสียความร้อนไปสู่ผนังห้องเผาไหม้ จึงต้องใช้อัตราส่วนการอัดสูงเพื่อให้ได้อุณหภูมิของอากาศที่ถูกอัดที่จำเป็นสำหรับการจุดระเบิดที่เป็นผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การควบคุมมลพิษจากเครื่องยนต์

3.6.1 ปัญหามลภาวะทางอากาศ

มลภาวะทางอากาศเป็นปัญหาที่ซับซ้อนมาก ซึ่งจะมีวงจรของการเพิ่ม และการเอาออกจากบรรยากาศอย่างต่อเนื่อง มนุษย์จะเพิ่มปริมาณของสารให้กับบรรยากาศแต่จะทำน้อยมากในการเอาสารออกจากบรรยากาศ มลภาวะทางอากาศที่รุนแรงจะเกิดขึ้นในแถบละติจูดที่ 30 – 60 องศาเหนือ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอุตสาหกรรมหนาแน่นของโลก

รถยนต์จะให้มลพิษออกมาเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับปริมาณมลพิษทั้งหมดที่ถูกปล่อยออกมา ส่วนรถบรรทุกที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลจะมีมลพิษน้อยกว่า 2% ตามหลักการแล้วแก๊สไอเสียจากรถที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลจะไม่มีปัญหาถ้ารถวิ่งบนทางหลวงที่ซึ่งเครื่องยนต์ทำงานภายใต้สภาวะที่เหมาะสม และไอเสียที่ออกมาจะถูกเจือจางโดยอากาศอย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามในกรณีของคนในเมืองสถานการณ์จะแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง ทั้งนี้เนื่องจากมีรถยนต์จำนวนมากและการจราจรติดขัดทำให้เครื่องยนต์ของรถยนต์เหล่านี้ส่วนใหญ่ทำงานที่ความเร็วเดินเบาหรือภายใต้สภาวะอื่นที่ทำให้การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นไม่ดี

3.6.2 แก๊สไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซล

เมื่อพิจารณาถึงแก๊สไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซลจะต้องแยกระหว่างส่วนประกอบที่เป็นอนุภาคและส่วนประกอบที่เป็นแก๊ส ส่วนประกอบที่เป็นอนุภาคซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเขม่าที่เป็นอนุภาคของคาร์บอน แก๊สที่เป็นพิษที่สำคัญในไอเสียได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และอาจรวมถึงคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วย สัดส่วนที่มากที่สุดของไอเสียจะประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

3.6.2.1 เขม่า

เขม่าประกอบด้วยอนุภาคของคาร์บอนที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์จะเข้าไปผสมกับอากาศแต่การผสมจะไม่สมบูรณ์ในทุกบริเวณซึ่งหมายความว่ามีบริเวณที่มีน้ำมันเชื้อเพลิงเกิน ดังนั้นที่อุณหภูมิสูงและมีการขาดออกซิเจน (ส่วนผสมหนา) การกลั่นแห้งของไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะเกิดขึ้น เนื่องจากการแยกตัวของไฮโดรเจนผลที่ได้ก็คือคาร์บอน เมื่อการเผาไหม้เกิดขึ้นต่อไปคาร์บอนก็จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ซึ่งจะได้คาร์บอนมอนอกไซด์ถ้ามีออกซิเจนเพียงพอและอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 1000 ^{o}C ถ้าออกซิเจนไม่เพียงพอและ/หรืออุณหภูมิต่ำเกินไป อนุภาคของคาร์บอนจะยังคงเป็นอนุภาค และออกไปกับไอเสียซึ่งเห็นเป็นควันดำ อนุภาคจะรวมกันเป็นเม็ดเล็ก ๆ เขม่าจะไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ แต่มีการระบุว่าอาจสามารถทำหน้าที่เป็นตัวจับสารที่เป็นอันตราย แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามเขม่าจะเป็นสาเหตุของการเคืองตา เพราะทำให้การมองเห็นลดลง และทำให้พื้นที่บริเวณที่มีเขม่าโดยรอบเป็นสีดำ

3.6.2.2 ไฮโดรคาร์บอน

ตัวย่อ HC จะถูกใช้แทนกลุ่มของไฮโดรคาร์บอนต่าง ๆ ที่มีมากกว่า 100 ชนิด ไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในไอเสียที่ออกมาจากรถยนต์จะเป็นผลในเบื้องต้นมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง รวมถึงน้ำมันเชื้อเพลิงที่ระเหยจากระบบน้ำมันเชื้อเพลิงด้วย ส่วนใหญ่ของ HC ที่ออกมาจะไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ แต่บางส่วนจะมีกลิ่นฉุนและบางส่วนจะระคายเคืองต่อดวงตา และหลอดลม ปริมาณของ HC ในไอเสียจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวกับกระบวนการเผาไหม้หลายประการ ตัวอย่างเช่นอุณหภูมิสูงจะให้ปริมาณ HC ต่ำ วิธีการหนึ่งที่จะลด HC ก็คือการออกแบบเครื่องยนต์ที่ให้อุณหภูมิสูงในระหว่างกระบวนการเผาไหม้ภายใต้สภาวะโหลดน้อย ปริมาณของ HC ของเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าโดยตรงจะขึ้นอยู่กับปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิงเหลืออยู่ที่ปลายของหัวฉีดด้วย ไฮโดรคาร์บอนที่ปล่อยออกมานี้ได้มีการศึกษาเป็นพิเศษในสหรัฐอเมริกา เนื่องจากจะทำให้เกิดผลของปฏิกิริยาทางแสง และทางเคมีที่เรียกว่า สม็อก (Smog) สม็อกเป็นผลของปฏิกิริยาหลากหลายในบรรยากาศที่เริ่มจากการแผ่รังสีอัลตราไวโอเลต ปฏิกิริยาเหล่านี้จะทำให้เกิดสารบางอย่างซึ่งทำให้การมองเห็นลดลง เคืองตา และทำความเสียหายแก่พืช สม็อกสามารถเกิดในที่ซึ่งมีการรวมกันของไอเสียที่ออกมามาก การหมุนเวียนของอากาศไม่ดีและแสงแดดจ้า สภาวะของสม็อกเกิดขึ้นครั้งแรกในลอสแอนเจลิส แต่ในปัจจุบันส่วนมากจะเห็นได้ในเมืองใหญ่ ๆ ของอเมริกา

3.6.2.3 ไนโตรเจนออกไซด์

NO_x เป็นสูตรที่ใช้แทนไนโตรเจนออกไซด์ทั้งหมด ออกไซด์ของไนโตรเจนที่มีอยู่ในไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลคือ ไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)

NO ไม่มีสีและไม่มีกลิ่น ในอากาศ NO จะรวมกับออกซิเจนเป็น NO_2 ซึ่งจะมีสีน้ำตาลแดง มีกลิ่นฉุน และทำให้ระคายเคือง ความเข้มข้นของ NO_2 ที่มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อปอด นอกจากนี้ NO_2 จะรวมได้ง่ายกับเฮโมโกลบินของเลือดป้องกันเลือดจากการดูดซับ และขนส่งออกซิเจนจากปอดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งจะเหมือนกับพิษของคาร์บอนมอนอกไซด์ และผลสุดท้ายก็คือ จะทำให้หายใจไม่ออก ไนโตรเจนออกไซด์ในไอเสียเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไนโตรเจน และออกซิเจน ซึ่งปฏิกิริยานี้ขึ้นอยู่กับสภาวะที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้คือ อุณหภูมิสูง ความดันสูง และมีออกซิเจนอยู่จะทำให้เกิด NO_x สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2.4 คาร์บอนมอนอกไซด์

คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไม่มีกลิ่นและไม่มีสี คาร์บอนมอนอกไซด์เป็นพิษเนื่องจากสามารถจะรวมกับเฮโมโกลบินของเลือดแล้วไปป้องกันเลือดจากการดูดซับ และขนส่งออกซิเจนผ่านไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และผลสุดท้ายก็คือ จะทำให้หายใจไม่ออก CO จะเกิดขึ้นในระหว่างช่วงกลางของการเผาไหม้ หลังจากนั้นก็จะรวมกับออกซิเจนกลายไปเป็น CO_2 ที่ไม่เป็นพิษ CO จะเกิดในไอเสียถ้าการเผาไหม้มีออกซิเจนไม่เพียงพอเท่านั้น เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลทำงานโดยมีอากาศเกินพอ ปริมาณ CO ในไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซลจึงต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
อุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง

4.1 บทนำ

ขั้นตอนในการทดลองสามารถแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนต่าง ๆ ได้แก่ ขั้นตอนในการเตรียมอุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ขั้นตอนในการผลิตไบโอดีเซล ขั้นตอนในการทดสอบคุณสมบัติของไบโอดีเซล ขั้นตอนในการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล โดยขั้นตอนในการเตรียมอุปกรณ์สามารถแยกย่อยออกได้เป็น ขั้นตอนแรก คือ ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเพื่อผลิตไบโอดีเซล ขั้นตอนที่สอง คือ ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของไบโอดีเซล ขั้นตอนที่สาม คือ ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล ในส่วนของขั้นตอนในการดำเนินการผลิตสามารถแบ่งได้ดังนี้โดยขั้นตอนแรก คือ ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ขั้นตอนที่สอง คือ ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว ขั้นตอนที่สาม คือ ขั้นตอนในการนำน้ำมันมาทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล

4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในขั้นตอนของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

1. แมกเนติกสเตอเลอร์แบบมีฮีทเตอร์
2. แมกเนติกบาร์ขนาด 2 นิ้ว
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. กรวยแยกสาร
5. บีกเกอร์

4.2.2 น้ำมันที่ใช้ในการทดลอง

1. ไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์
2. น้ำมันมะพร้าว

4.2.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. เอทานอลเกรดอุตสาหกรรมความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 95.83%
2. เมทานอลเกรดอุตสาหกรรมความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 99.85%
3. โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์เกรดอุตสาหกรรมความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 90%
4. โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 97%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์คุณสมบัติของไบโอดีเซล

4.3.1 ความหนาแน่น

1. Hydrometer
2. ภาชนะบรรจุน้ำมัน
3. Density Bottle 25 ml
4. Pipette 25 ml
5. Thermometer
6. ลูกยาง

4.3.2 ความหนืด (ASTM D 445)

1. Capillary Tube
2. Thermometer
3. Stop Clock
4. Viscometer Support
5. Hot bath
6. Dryer
7. ลูกยาง

4.3.3 จุดวาบไฟแบบ Cleveland Open Cup หรือ COC (ASTM D 92)

1. Bunsen Burner
2. Thermometer
3. Brass Cup
4. Stand and Clamp
5. Treat Flame Applicator
6. Beaker 100 ml

4.3.4 จุดไหลเท (ASTM D97)

1. Control Temperature Bath
2. Thermometer
3. Test Tube
4. จุกคอร์ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 Distillation Curve (ASTM D86)

1. Distillation Device
2. Distillation Flask
3. Measuring Cylinder 100 ml
4. Thermometer
5. Beaker 2000 ml
6. Flask Support

4.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีเซล

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดข้อมูลของเครื่องยนต์ดีเซล (Yanmar – TF 85 LM)

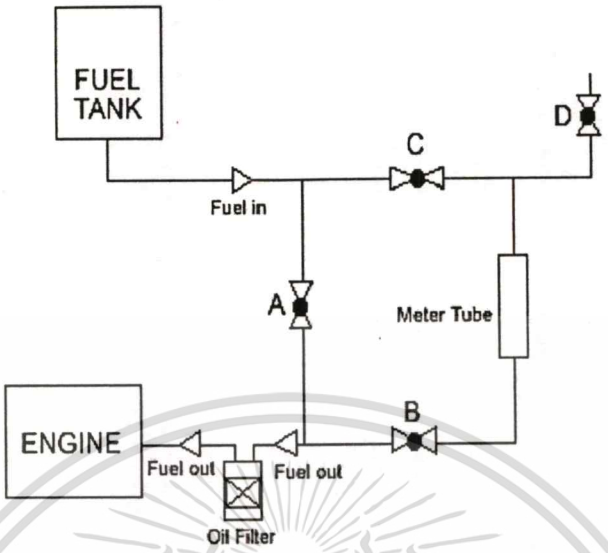
ระบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้ช่วย
จำนวนลูกสูบ	1
ความโตกระบอกสูบ x ช่วงชัก	85 x 87 มม.
ความจุ	0.493 ลิตร
กำลังม้าสูงสุด (แรงม้า)	8.5 / 2200 รอบต่อนาที
อัตราส่วนการอัด	22.4
ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	195 กรัม / แรงม้า-ชั่วโมง
ทิศทางการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง	ทวนเข็มนาฬิกาด้านล้อช่วยแรง
ระยะเวลาการฉีดน้ำมัน	ก่อนศูนย์ตายบน 13 องศา
ความจุของน้ำมันเชื้อเพลิง	10.5 ลิตร
ระบบระบายความร้อน	หม้อน้ำรังผึ้ง

ตารางที่ 4.2 แสดงคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

Fuel	Viscosity 40°C (cSt)	Viscosity 100°C (cSt)	Flash Point (°C)	FirePoint (°C)	Pour Point (°C)
Diesel Oil	3.36	1.14	65.73	74	1
Methyl Ester	6.32	2.04	152	188	15
Ethyl Ester	23.68	5.12	199	210	18.2

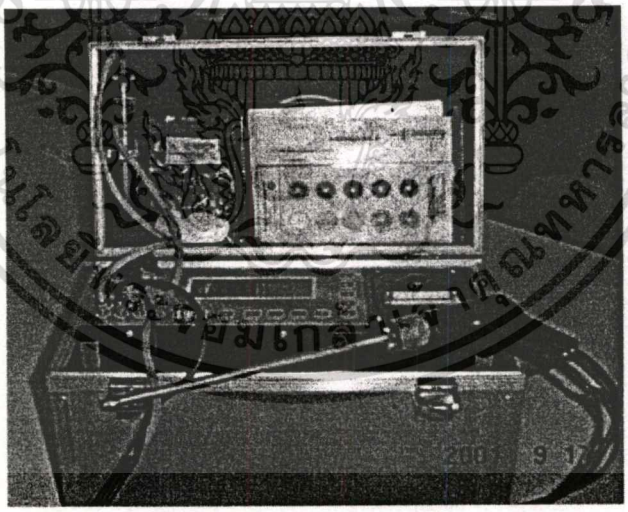
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง



รูปที่ 4.1 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลน้ำมันเชื้อเพลิง

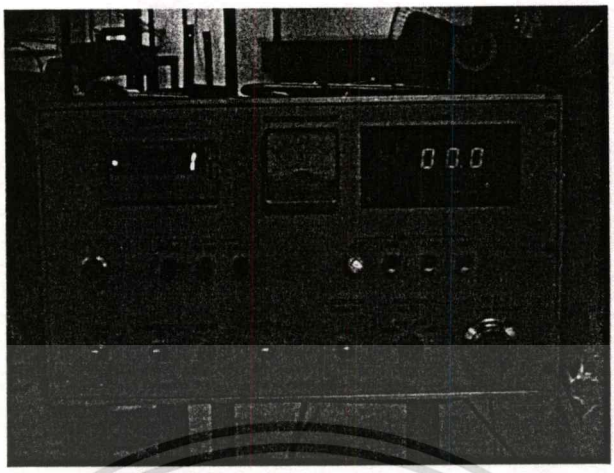
4.4.2 อุปกรณ์วัดแก๊สไอเสีย



รูปที่ 4.2 อุปกรณ์วัดไอเสีย Visitor 01 – L/LR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบเครื่องยนต์



รูปที่ 4.3 ไดนาโมมิเตอร์แบบ Eddy Current

4.5 ขั้นตอนดำเนินการผลิตไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

นำไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มาอุ่นที่อุณหภูมิ 60 °C เพื่อให้ไขมันเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว จากนั้นนำน้ำมันที่ได้มาทำการวัดปริมาตรโดยตวงให้มีปริมาตร 3,000 ml ใส่ในบีกเกอร์ใบที่ 1 ทำการกวนและอุ่นน้ำมันโดยตั้งความเร็วรอบในการกวน 1,300 รอบต่อนาที พร้อมกับอุ่นน้ำมันให้มีอุณหภูมิ 60 °C ผสมโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์เกรดอุตสาหกรรมจำนวน 12 g (0.4% โดยมวลต่อปริมาตรน้ำมันพืช) กับเมทานอลเกรดอุตสาหกรรมจำนวน 600 ml (สัดส่วนโดยปริมาตรของเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 1:5) ลงในบีกเกอร์ใบที่ 2 นำไปกวน และอุ่นให้ความร้อนเพื่อให้เกล็ดโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ละลาย เทของผสมระหว่างโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์กับเมทานอลลงไปในน้ำมันที่เตรียมไว้ในบีกเกอร์ใบที่ 1 กวนจนครบ 60 นาทีแล้วปิดเครื่องกวนสาร จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ได้ใส่ลงใน Separation Funnel ทำการแยกกลีเซอรอลโดยการไขเอากลีเซอรอลที่อยู่ด้านล่างออก จากนั้นทำการล้างเมทิลเอสเทอร์ด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิ 80 °C หลาย ๆ ครั้งจน pH ของน้ำมีค่าเท่ากับ 7 ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนแปลงสภาวะที่ใช้ในการสังเคราะห์ได้แก่

1. เปลี่ยนแปลงสัดส่วนโดยปริมาตรของเมทานอลต่อไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์จาก 1:5 เป็น 1:6.66 และ 1:4

2. เปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจาก.60 นาทีเป็น 30 นาที

3. เปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์โดยมวลของโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์จาก 0.4%(wt/vol)เป็น 0.2%(wt/vol) 0.3%(wt/vol) และ 1%(wt/vol)

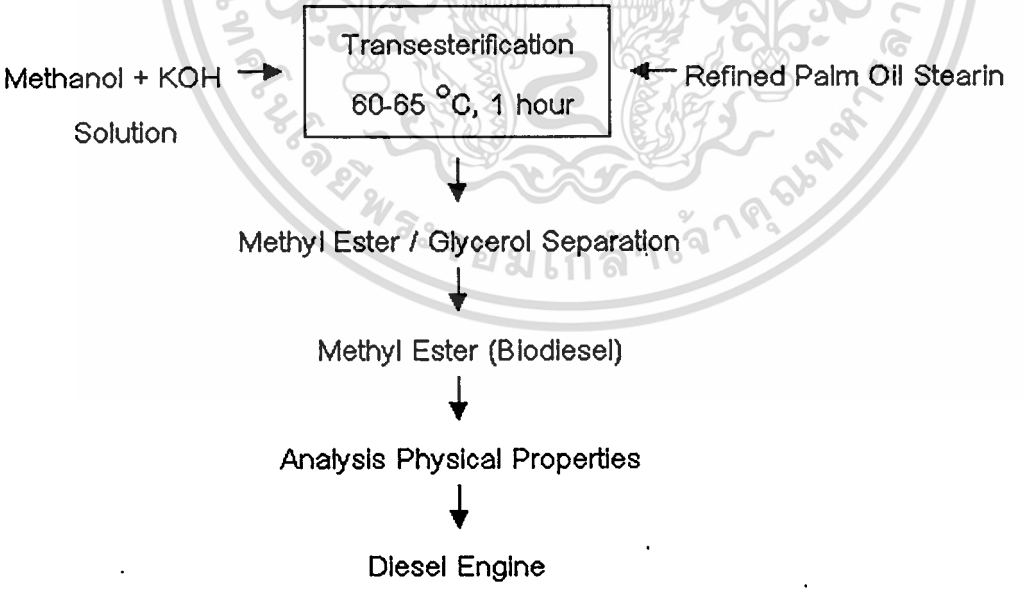
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ขั้นตอนดำเนินการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว

นำน้ำมันมะพร้าวมาทำการวัดปริมาตรโดยตวงให้มีปริมาตร 1,000 ml ใส่ในบีกเกอร์ใบที่ 1 ทำการกวน และอุ่นน้ำมันโดยตั้งความเร็วรอบในการกวน 1,400 รอบต่อนาที จากนั้นผสมโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์เกรดอุตสาหกรรมจำนวน 14.3 g (1.43% โดยมวลต่อปริมาตรน้ำมันพืช) กับเอทานอลเกรดอุตสาหกรรมจำนวน 200 ml (สัดส่วนโดยปริมาตรของเอทานอลต่อน้ำมันเป็น 1:5) ลงในบีกเกอร์ใบที่ 2 นำไปกวน และอุ่นให้ความร้อนเพื่อให้เกล็ดโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ละลายเทของผสมระหว่างโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์กับเอทานอลลงไปในน้ำมันที่เตรียมไว้ในบีกเกอร์ใบที่ 1 กวนจนครบ 6 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นปิดเครื่องกวนสารจากนั้นทิ้งให้ของผสมเซ็ตตัวหลังจากนั้นนำผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ได้ใส่ลงใน Separation Funnel ทำการแยกกลีเซอรอลโดยการไขเอากลีเซอรอลที่อยู่ด้านล่างออกจากนั้นให้ล้างเอทิลเอสเทอร์ด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิ 80 $^{\circ}$C หลาย ๆ ครั้งจน pH ของน้ำมีค่าเท่ากับ 7 ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนแปลงสภาวะที่ใช้ในการสังเคราะห์ได้แก่

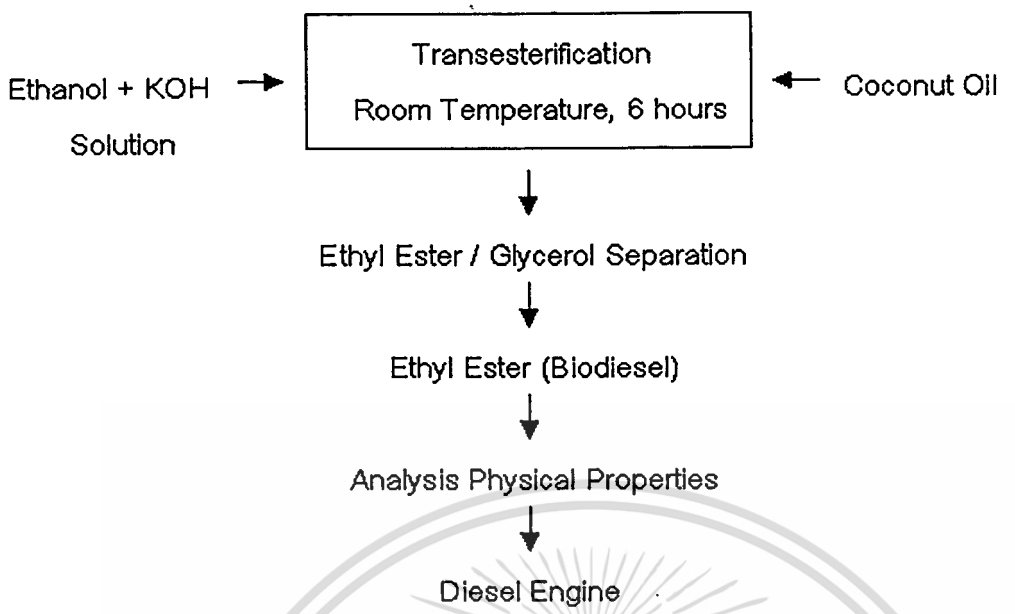
1. เปลี่ยนแปลงสัดส่วนโดยปริมาตรของเมทานอลต่อไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์จาก 1:5 เป็น 1:6.66 และ 1:4

2. เปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์โดยมวลของโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์จาก 1.43%(wt/vol) เป็น 1%(wt/vol) และ 2%(wt/vol)



รูปที่ 4.4 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตและทดสอบเมทิลเอสเทอร์จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตและทดสอบเอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันมะพร้าว

4.7 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติของไบโอดีเซล

4.7.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความหนาแน่นที่ 15 °C

1. ชั่งน้ำหนักขวดวัดความหนาแน่นด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียด 0.0001 g

2. ใส่เมทิลเอสเทอร์ลงไปในขวดวัดความหนาแน่นจนล้นเข็ดปากขวดจุ่มลงใน Water Bath จนน้ำมันตัวอย่างมีอุณหภูมิเท่ากับ 15 °C แล้วนำขึ้นมาเช็ดน้ำ และตัวอย่างที่ล้นออกมาให้แห้ง

3. ชั่งน้ำหนักขวดวัดความหนาแน่นอีกครั้ง

4. ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนเป็นเอทิลเอสเทอร์

4.7.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ API ที่ 15.6 °C

1. รินไบโอดีเซลที่ต้องการทดสอบปริมาตร 800 ml ลงในกระบอกตวงขนาด 1000 ml

2. นำกระบอกตวงวัดปริมาตรที่บรรจุน้ำมันไปใส่ในอ่างน้ำเพื่อทำการลดอุณหภูมิ

3. ลดอุณหภูมิน้ำโดยใส่น้ำแข็งลงในน้ำที่อยู่ในอ่างน้ำจนกระทั่งน้ำมันมีอุณหภูมิเท่ากับ 60 °F หรือ 15.6 °C

4. นำไฮโดรมิเตอร์หย่อนลงในน้ำมันช้า ๆ (เพื่อกันไม่ให้ไฮโดรมิเตอร์กระแทกกับก้นของกระบอกวัดปริมาตร) โดยให้ไฮโดรมิเตอร์ลอยอยู่เหนือก้นของกระบอกวัดปริมาตรแล้วอ่านค่าที่ไฮโดรมิเตอร์ค่าที่อ่านได้คือค่า API

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการทดลองอย่างน้อยสองครั้งค่าที่ได้ไม่ควรแตกต่างกันเกิน 0.2° API

6. ค่า API ที่ได้สามารถนำมาคำนวณหาค่า Specific Gravity ได้โดย

$$API = \frac{141.5}{SpecificGravity@60/60\ F} - 131.5 \qquad (4.1)$$

API = ค่าที่อ่านได้จากไฮโดรมิเตอร์

7. ถ้าไม่สามารถลดอุณหภูมิของน้ำมันได้ที่ 60 °F หรือ 15.6 °C ให้ลดอุณหภูมิให้ได้มากที่สุดโดยยังไม่เกิดไข จากนั้นนำค่า API ที่ได้มาคำนวณเปลี่ยนให้เป็นที่อุณหภูมิ 60 °F หรือ 15.6 °C โดย

$$API(60\ F) = (0.002(60 - T) + 1)\quad API(T) \qquad (4.2)$$

$API(60\ F)$ = ค่า API จากการคำนวณเปลี่ยนมาเป็นที่ 60 °F

T = อุณหภูมิที่ต่ำที่สุดที่สามารถทำได้โดยยังไม่เกิดไข (°F)

$API(T)$ = ค่า API ที่ได้ที่อุณหภูมิใดๆ

4.7.3 **ขั้นตอนการวิเคราะห์ความหนืดมาตรฐาน** ASTM D 445

1. เลือกขนาดของ Viscometer ให้เหมาะสมกับอัตราการไหล

2. ปรับอุณหภูมิของอ่างที่จะแช่ตัวอย่างให้ได้เท่ากับ 40 °C และ 100 °C

3. ถ้าตัวอย่างสกปรกมีฝุ่นละอองให้กรองด้วยตะแกรง

4. ใส่น้ำกลั่นลงไปใน Viscometer เพื่อคำนวณค่าคงที่ของ Viscometer โดยให้ตัวอย่างอยู่ต่ำกว่าระดับของเหลวประมาณ 2 เซนติเมตร และสูงกว่าก้นอ่างไม่น้อยกว่า 2 เซนติเมตร รอให้อุณหภูมิของตัวอย่างเท่ากับอุณหภูมิของของเหลวภายในอ่าง

5. ใช้ลูกยางดูดน้ำกลั่นให้พ้นขีดของ Viscometer เริ่มจับเวลาตั้งแต่ขีดบนจนถึงขีดล่าง จับเวลาซ้ำอีกครั้งนำเวลาที่ได้มาเฉลี่ยเพื่อคำนวณหาค่าความหนืด

6. ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนน้ำกลั่นเป็นเมทิลเอสเทอร์และเอทิลเอสเทอร์

ความหนืด=เวลาที่วัดได้(วินาที) × ค่าคงที่ของ Viscometer . (4.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.4 **ขั้นตอนการวิเคราะห์จุดวาบไฟมาตรฐาน** ASTM D 92

1. ใส่ตัวอย่างลงใน Oil Cup ให้พอดีกับขีดและอย่าให้มีฟอง

2. จุดเปลวไฟทดสอบสำหรับทดสอบจุดวาบไฟ

3. ให้ความร้อนกับตัวอย่างในอัตรา 14 ^{o}C ต่อนาที เมื่ออุณหภูมิของตัวอย่างเข้าใกล้จุดวาบไฟที่คาดไว้ให้ลดความร้อนลงเหลือ 2 ^{o}C ต่อนาที

4. ผ่านเปลวไฟทดสอบไปบนผิวหน้าของน้ำมันจากขอบถ้วยด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งในแนวราบเป็นรูปกากบาทอ่านจุดวาบไฟที่เกิดขึ้นโดยดูจากเทอร์โมมิเตอร์ที่จุ่มลงในตัวอย่าง

5. ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง

4.7.5 **ขั้นตอนการวิเคราะห์จุดไหลเทมาตรฐาน** ASTM D 97

1. เทตัวอย่างลงในภาชนะบรรจุที่ทำด้วยแก้วรูปทรงกระบอก ให้ระดับของเหลวสูงประมาณ 54 มิลลิเมตร

2. ใช้จุกคอร์กที่มีเทอร์โมมิเตอร์เสียบอยู่ตรงกลางภาชนะที่มีตัวอย่างให้กระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์จมลง 26 มิลลิเมตรจากผิวหน้าของตัวอย่าง

3. นำตัวอย่างที่เตรียมเรียบร้อยใส่ลงในอ่างปรับอุณหภูมิ

4. เริ่มหาจุดหยุดไหลเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าจุดหยุดไหลที่คาดไว้ประมาณ 12 องศาเซลเซียสโดยเอียงภาชนะบรรจุตัวอย่างทุก ๆ 2 ^{o}C จนกระทั่งตัวอย่างไม่ไหลภายใน 5 วินาที เมื่อภาชนะบรรจุตัวอย่างเอียงขนานกับพื้น

5. ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง

6. การรายงานผลบวกอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอีก 2 ^{o}C จากอุณหภูมิที่อ่านได้ เช่น อ่านได้ –2 ^{o}C ให้รายงานว่า 0 ^{o}C

4.7.6 **ขั้นตอนการวิเคราะห์** Distillation Curve **มาตรฐาน** ASTM D 86

1. เทตัวอย่างลงใน Measuring Flask ขนาด 100 ml จนได้ปริมาตร 100 ml

2. เทตัวอย่างจากข้อ 1 ลงใน Distillation Flask ระวังอย่าให้ตัวอย่างไหลออกจากก้าน Flask

3. นำ Flask ไปประกอบเข้ากับเทอร์โมมิเตอร์ปิดจุกคอร์กให้สนิท

4. ปรับเทอร์โมมิเตอร์ให้ได้ระดับ

5. ต่อก้านของ Distillation Flask เข้ากับ Condenser (รอบ Condenser บรรจุน้ำแข็งให้ท่วม)

6. ปรับระดับ Flask Support ให้ได้ระดับพอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เริ่มทำการกลั่นโดยให้ระดับความร้อนและ %ปริมาตรให้ได้ตรงตาม ASTM D 86

4.8 ขั้นตอนการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล

4.8.1 ขั้นตอนการวัดค่าอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง

เมื่อเครื่องทำงานปกติโดยไม่ต้องการวัดอัตราการไหลทำตามขั้นตอนดังนี้

1. เปิดวาล์ว A
2. ปิดวาล์ว B และ D

เมื่อต้องการวัดอัตราการไหลของน้ำมันทำตามขั้นตอนดังนี้

1. เปิดวาล์ว D แล้วเปิดวาล์ว B
2. ปล่อยให้ระดับของน้ำมันในหลอดวัดปริมาตรเพิ่มขึ้นจนเต็มแล้วจึงปิดวาล์ว A
3. จับเวลาที่ระดับน้ำมันลดลงในหลอดแก้ววัดปริมาตรระหว่างช่วงใดช่วงหนึ่ง
4. นำเวลาที่ได้มาคำนวณหาอัตราการไหล

4.8.2 ขั้นตอนการทดสอบกับเครื่องยนต์

1. เตรียมน้ำมันใส่ถังและต่อสายยางส่งน้ำมันให้เรียบร้อยพร้อมทั้งเปลี่ยนตัวกรองน้ำมันตามชนิดของน้ำมันที่ใช้ทดสอบ
2. ไล่อากาศในระบบจ่ายน้ำมันให้หมดโดยเปิดวาล์วไล่ลมที่ตัวกรองน้ำมันค้างไว้ประมาณ 15 วินาที
3. สตาร์ทเครื่องยนต์เดินเบาก่อนประมาณ 15 นาที เพื่ออุ่นเครื่องยนต์ และเพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องยนต์ได้ใช้น้ำมันเก่าที่ยังค้างอยู่จนหมดแล้ว จากนั้นเปิดคันเร่งเครื่องยนต์เต็มที่
4. ทำการวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
5. เพิ่มแรงเบรกจนเครื่องยนต์มีความเร็วรอบลดลงมาครั้งละประมาณ 200 รอบ /นาที แล้ววัดแรงบิดของเครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน และ Emission Gas จนถึงความเร็วรอบประมาณ 600 รอบ/นาที
6. เมื่อได้ค่าต่าง ๆ แล้วให้ดับเครื่องยนต์
7. เปลี่ยนชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงแล้วจึงทำการทดลองตามข้อ 1 - 7 จนครบกับน้ำมันทุกชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลองและวิจารณ์

5.1 ผลการทดลองผลิตไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโดยปริมาตรของเมทานอลต่อไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์, 0.4%(wt/vol)KOH , อุณหภูมิ 60 °C , เวลา 60 นาที

สัดส่วนโดยปริมาตรของเมทานอลต่อไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ได้ (%)	ความหนืดที่ 40 °C (cSt)
1 : 6.66	-	-
1 : 5	84	6.32
1 : 4	85	6.26

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงเวลาที่สัดส่วนโดยปริมาตรเมทานอลต่อไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ 1 : 5 , 0.4%(wt/vol)KOH , อุณหภูมิ 60 °C

เวลา (min)	ปริมาณน้ำมันที่ใช้ (cc)	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ (cc)	เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของผลิตภัณฑ์ที่ได้เทียบกับน้ำมันที่ใช้
30	250	205	82
60	250	210	84

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโดยมวลตัวเร่งปฏิกิริยาที่สัดส่วนโดยปริมาตรเมทานอลต่อไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ 1 : 5 , เวลา 60 นาที

สัดส่วนโดยมวลตัวเร่งปฏิกิริยาต่อปริมาตรน้ำมัน %(wt/vol)KOH	ปริมาณน้ำมันที่ใช้ (cc)	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ (cc)	เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของผลิตภัณฑ์ที่ได้เทียบกับน้ำมันที่ใช้
0.2	250	204	81.6
0.3	250	206	82.4
0.4	250	210	84
1	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลการทดลองผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโดยปริมาตรของเอทานอลต่อน้ำมันมะพร้าว, 1.43% (wt/vol)KOH , เวลา 6 ชั่วโมง

สัดส่วนโดยปริมาตรของเอทานอลต่อน้ำมันมะพร้าว	เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ได้ (%)	ความหนืดที่ 40 °C (cSt)
1 : 6.66	-	-
1 : 5	62	23.68
1 : 4	-	-

ตารางที่ 5.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโดยมวลตัวเร่งปฏิกิริยาที่สัดส่วนโดยปริมาตรเอทานอลต่อน้ำมันมะพร้าว 1 : 5 , เวลา 6 ชั่วโมง

สัดส่วนโดยมวลตัวเร่งปฏิกิริยา %(wt/vol)KOH	ปริมาณน้ำมันที่ใช้ (cc)	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ (cc)	เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของผลิตภัณฑ์ที่ได้เทียบกับน้ำมันที่ใช้
1	-	-	-
1.43	250	155	62
2	-	-	-

5.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเมทิลเอสเทอร์จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

ตารางที่ 5.6 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของเมทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วนการผสมต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ

Fuel	Density@15 °C
Diesel Oil	0.8278
10%Ethyl Ester	0.8301
50%Ethyl Ester	0.8464
90%Ethyl Ester	0.8574
100%Ethyl Ester	0.8637

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วนการผสมต่าง ๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ

Fuel	Viscosity 40 °C (cSt)	Viscosity 100 °C (cSt)
Diesel Oil	3.36	1.14
10%Methyl Ester	3.66	1.23
50%Methyl Ester	4.76	1.6
90%Methyl Ester	5.96	1.98
100%Methyl Ester	6.32	2.04

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าจุดวาบไฟและจุดติดไฟของเมทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วนการผสมต่าง ๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ

Fuel	Flash Point (°C)	Fire Point (°C)
Diesel Oil	65.73	74
10%Methyl Ester	69.2	84
50%Methyl Ester	102	108
90%Methyl Ester	144	162
100%Methyl Ester	152	188

ตารางที่ 5.9 แสดงผลการวิเคราะห์จุดไหลเทของเมทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วนการผสมต่าง ๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ

Fuel	Pour point (°C)
Diesel Oil	1
10%Methyl Ester	-4
50%Methyl Ester	6
90%Methyl Ester	14.3
100%Methyl Ester	16.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.10 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของเมทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วนการผสมต่างๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ

Fuel	Heating Value (KJ/Kg)
Diesel Oil	47,330
10%Methyl Ester	47,317
50%Methyl Ester	44,160
90%Methyl Ester	41,384
100%Methyl Ester	40,390

5.4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันมะพร้าว

ตารางที่ 5.11 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของเอทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วนการผสมต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ

Fuel	Density@15 °C
Diesel Oil	0.8278
10%Ethyl Ester	0.8530
50%Ethyl Ester	0.8777
90%Ethyl Ester	0.9052
100%Ethyl Ester	0.9199

ตารางที่ 5.12 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของเอทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วนการผสมต่างๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ

Fuel	Viscosity 40 °C (cSt)	Viscosity 100 °C (cSt)
Diesel Oil	3.36	1.14
10%Ethyl Ester	5.39	1.5
50%Ethyl Ester	13.52	3
90%Ethyl Ester	21.65	4.7
100%Ethyl Ester	23.68	5.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.13 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าจุดวาบไฟและจุดติดไฟของเอทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วนการผสมต่าง ๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ

Fuel	Flash Point (^{o}C)	Fire Point (^{o}C)
Diesel Oil	65.73	74
10%Ethyl Ester	80	96
50%Ethyl Ester	134	142
90%Ethyl Ester	186	197
100%Ethyl Ester	199	210

ตารางที่ 5.14 แสดงผลการวิเคราะห์จุดไหลเทของเอทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วนการผสมต่าง ๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ

Fuel	Pour point (^{o}C)
Diesel Oil	1
10%Ethyl Ester	2.8
50%Ethyl Ester	9.6
90%Ethyl Ester	16.5
100%Ethyl Ester	18.2

ตารางที่ 5.15 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของเอทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วนการผสมต่างๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ

Fuel	Heating Value (KJ/Kg)
Diesel Oil	47,330
10%Ethyl Ester	46,305
50%Ethyl Ester	42,204
90%Ethyl Ester	38,102
100%Ethyl Ester	37,077

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.16 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเอทิลเอสเทอร์และเมทิลเอสเทอร์เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบ

Descriptions	High Speed Diesel	Low Speed Diesel	Diesel	100% Methyl Ester	100% Ethyl Ester
Specific Gravity @15.6/15.6 °C ASTM D 1298	0.81 - 0.87	0.920 max.	0.8283	0.8642	0.9204
Kinematic Viscosity at 40°C ASTM D 445	1.8 – 4.1	8.0 max.	3.36	6.32	23.68
Pour Point °C ASTM D 97	10 max.	16 max.	1	15	18.2
Flash Point°C ASTM D 93	52 min.	66 min.	65.73	152	199
Fire Point °C	-	-	74	188	210
Corrosion ASTM D 130	No.1 max.	-	No.1	No.1	No.1
Carbon Residue (%)	0.05	-	0.04	0.065	0.2
Heating Value (KJ/Kg)	-	-	47,330	40,390	37,077

Distillation Temperature (°C) of Methyl Ester	
IBP	147
10%	195
20%	231
50%	284
API	30.3
Cetane Index	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.16 (ต่อ)

Distillation Temperature (°C) of Ethyl Ester	
IBP	-
10%	-
20%	-
50%	-
API	22.4
Cetane Index	-

ตารางที่ 5.17 แสดงผลการวิเคราะห์การคาร์บอนโดยวิธีคอนรัดสัน ของไบโอดีเซลจากไขมันปาล์มบริสุทธิ์ และไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล

ชนิดของน้ำมัน	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
Diesel Oil	0.04
Biodiesel (RPO Stearin)	0.065
Biodiesel (CCO)	0.2

5.5 สรุปผลการทดลองเกี่ยวกับกรรมวิธีการผลิต

5.5.1 การสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

5.5.1.1 ผลของสัดส่วนโดยปริมาตรของเมทานอลต่อไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

ผลการทดลองจากตารางที่ 5.1 ที่สัดส่วนโดยปริมาตรของเมทานอลต่อไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่ 1:6.66 พบว่าสัดส่วนของปริมาณแอลกอฮอล์ที่เข้าทำปฏิกิริยามีค่าน้อยมาก เอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้มีปริมาณน้อยจนไม่สามารถแยกออกจากปฏิกิริยา และเมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนโดยปริมาตรของเมทานอลต่อไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่ 1:4 และ 1:5 พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ได้และค่าความหนืดแตกต่างกันเล็กน้อย จึงเลือกใช้สัดส่วนโดยปริมาตรของเมทานอลต่อไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่ 1:5 ในการผลิตเมทิลเอสเทอร์ในครั้งต่อๆไป

5.5.1.2 ผลจากการเปลี่ยนแปลงเวลา

ผลการทดลองจากตารางที่ 5.2 ที่น้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น 0.4%(wt/vol)KOH อุณหภูมิ 60 °C ที่เวลา 60 นาทีพบว่าที่เวลาที่เพิ่มมากขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาที่ 30 นาทีพบว่าเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาที่ 30 นาทีพบว่าเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์การทดลองที่ได้ที่เวลา 60 นาที จึงเลือกใช้เวลาในการทดลองเป็น 60 นาทีในการทดลองผลิตเมทิลเอสเทอร์ในครั้งต่อๆไป

5.5.1.3 ผลจากการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโดยมวลตัวเร่งปฏิกิริยา

ผลการทดลองจากตารางที่ 5.3 พบว่าปริมาณของเหลวใสส่วนบนมากขึ้นตามสัดส่วนโดยมวลตัวเร่งปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากสัดส่วนโดยมวลตัวเร่งปฏิกิริยาที่เพิ่มทำให้ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งที่ 0.4%(wt/vol)KOH ให้เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ได้มากที่สุดเท่ากับ 84% โดยปริมาตร จึงเลือกใช้ 0.4%(wt/vol)KOH ในการผลิตเมทิลเอสเทอร์ในครั้งต่อๆไป

5.5.2 การสังเคราะห์เอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันมะพร้าว

ในการสังเคราะห์เอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันมะพร้าวมีวิธีการสังเคราะห์ที่คล้ายคลึงกันกับการสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์โดยมีการศึกษาถึงสภาวะที่ใช้ในการสังเคราะห์ดังนี้คือ

5.5.2.1 ผลของอัตราส่วนโดยปริมาตรของเอทานอลต่อน้ำมันมะพร้าว

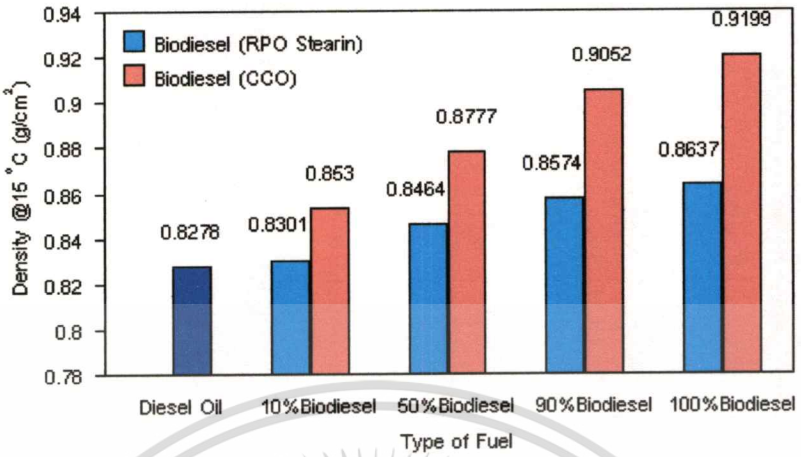
ผลการทดลองจากตารางที่ 5.4 ที่สัดส่วนส่วนโดยปริมาตรของเอทานอลต่อน้ำมันมะพร้าวที่ 1:6.66 พบว่าสัดส่วนของปริมาณแอลกอฮอล์ที่เข้าทำปฏิกิริยามีค่าน้อยมาก เอทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้มีปริมาณน้อยจนไม่สามารถแยกออกจากปฏิกิริยา และที่สัดส่วนโดยปริมาตรของเอทานอลต่อน้ำมันมะพร้าวที่ 1:4 พบว่าไม่สามารถแยกเอทิลเอสเทอร์ออกจากปฏิกิริยาได้ จึงเลือกใช้สัดส่วนโดยปริมาตรของเอทานอลต่อน้ำมันมะพร้าวที่ 1:5 ในการผลิตเอทิลเอสเทอร์ในครั้งต่อๆไป

5.5.2.2 ผลจากการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโดยมวลตัวเร่งปฏิกิริยา

ผลการทดลองจากตารางที่ 5.5 พบว่าสภาวะที่ดีที่สุดคือที่สัดส่วนโดยมวลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 1.43%(wt/vol)KOH และเมื่อใช้สัดส่วนโดยมวลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 1%(wt/vol)KOH และ 2%(wt/vol)KOH พบว่าไม่สามารถแยกเอทิลเอสเทอร์ออกจากปฏิกิริยาได้ จึงเลือกใช้ 1.43%(wt/vol)KOH ในการผลิตเอทิลเอสเทอร์ในครั้งต่อๆไป

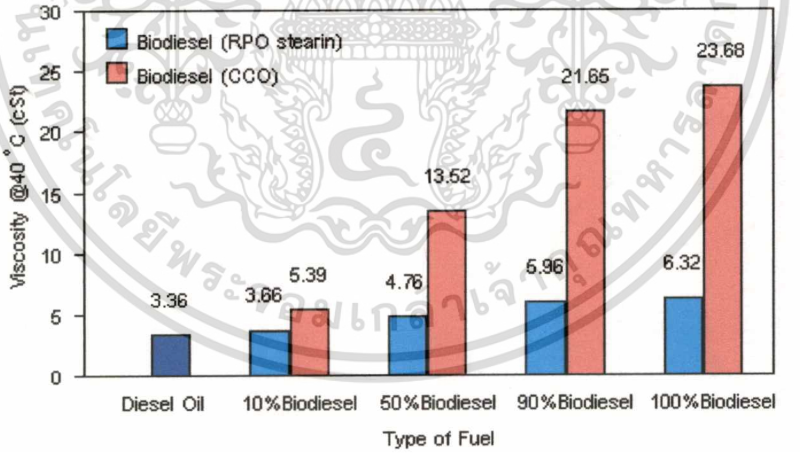
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซล



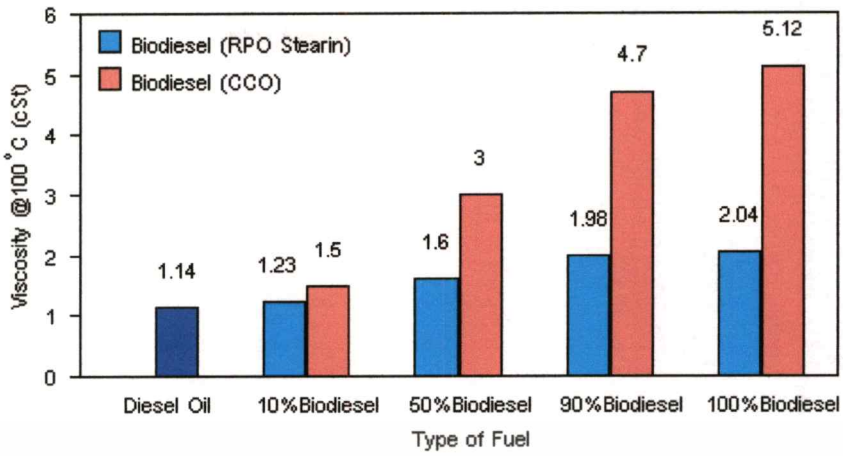
รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง

จากผลการทดลองพบว่าไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีค่าความหนาแน่นต่ำกว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวในทุกๆอัตราส่วนการผสมโดยเมื่อมีการผสมไบโอดีเซลในอัตราส่วนการผสมที่มากขึ้นจะทำให้น้ำมันมีค่าความหนาแน่นสูงขึ้น



รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40 °C กับประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง

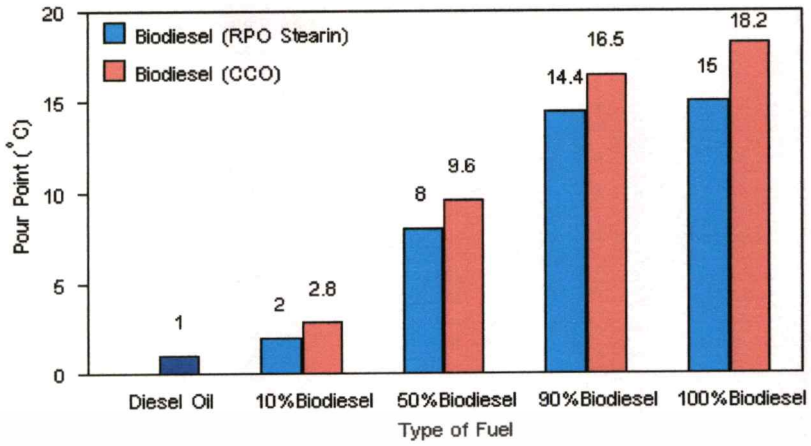
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



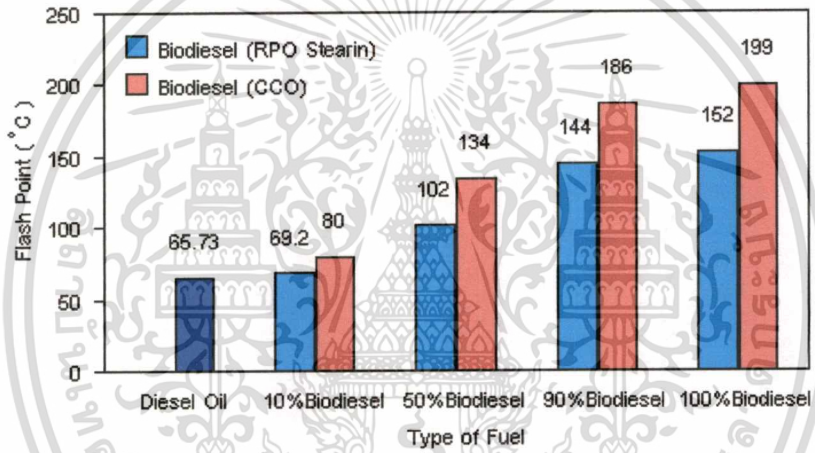
รูปที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 100 °C กับประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง

จากผลการทดลองรูปที่ 5.2 5.3 และ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าความหนืดของไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวในสองช่วงอุณหภูมิ เปรียบเทียบน้ำมันดีเซลพบว่ากราฟมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วนการผสมที่มีค่าเพิ่มมากขึ้นจากการทดลองไบโอดีเซลบริสุทธิ์จากน้ำมันมะพร้าวมีค่าความหนืดที่สูงกว่าค่ามาตรฐานข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว และหมุนช้ากระทรวงพาณิชย์โดยมีค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40 °C สูงกว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็วที่ใช้ทดสอบถึง 7.05 เท่า ซึ่งมีผลทำให้การป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้พ่นกระจายเป็นฝอยได้ยาก ส่วนไบโอดีเซลบริสุทธิ์ที่ได้จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีค่าความหนืดสูงกว่าค่ามาตรฐานข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลหมุนเร็วกระทรวงพาณิชย์แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลหมุนช้ากระทรวงพาณิชย์ในการนำไปใช้งานสามารถนำไบโอดีเซลบริสุทธิ์จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์สามารถนำไปใช้งานได้ในที่ที่มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 15 °C โดยจะไม่เกิดปัญหาน้ำมันกลายเป็นไข ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิดการอุดตันบริเวณท่อทางเดินน้ำมัน นอกจากนี้ในการผสมไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนการผสมต่าง ๆ จะเป็นการลดค่าความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงลง เพื่อให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมาตรฐานมากที่สุด จากผลการทดลองไบโอดีเซลผสม 10% จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีค่าความหนืดและจุดไหลเทไม่เกินค่ามาตรฐานข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลหมุนเร็วกระทรวงพาณิชย์ จึงสามารถนำไปใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็วได้โดยไม่เกิดปัญหาการอุดตันบริเวณท่อทางเดินน้ำมัน และไส้กรองน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



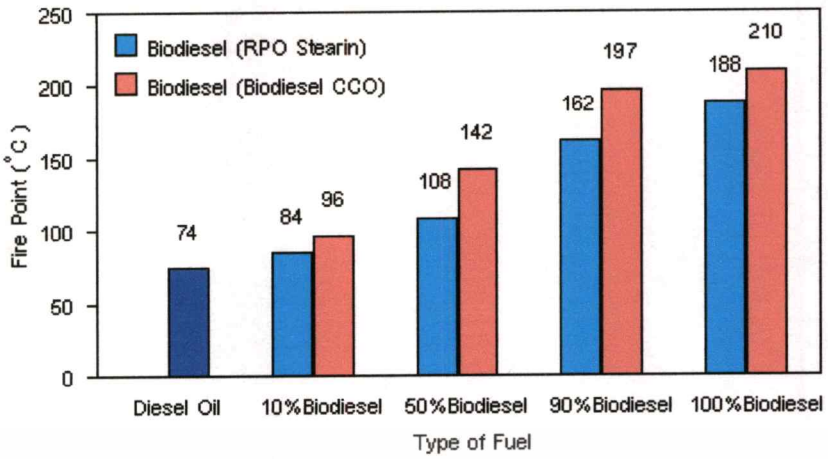
รูปที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดไหลเทกับประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง



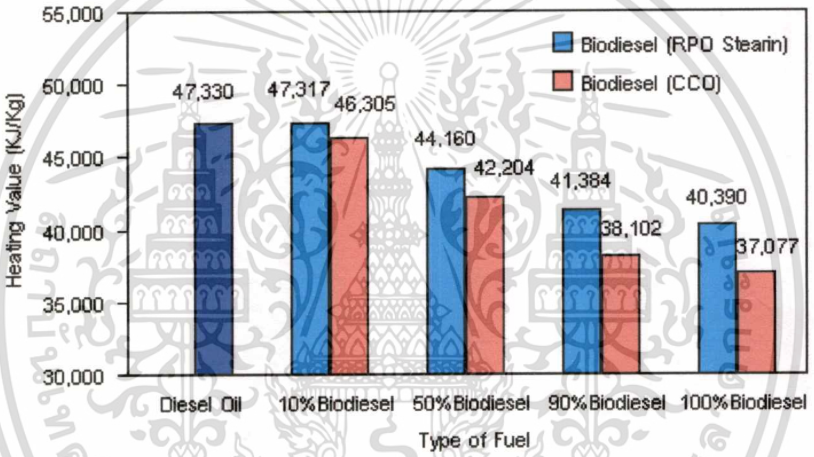
รูปที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดวาบไฟกับประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง

จากผลการทดลองรูปที่ 5.5 และรูปที่ 5.6 พบว่าไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวมีความปลอดภัยในการเก็บรักษาโดยไม่จำเป็นต้องมีการแยกพื้นที่ในการเก็บรักษาตลอดจนการขนย้ายน้ำมันสามารถทำได้ปลอดภัยกว่าน้ำมันดีเซลอันเนื่องมาจากการมีค่าจุดวาบไฟที่สูง โดยจุดวาบไฟ คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันระเหยเป็นไอ และเริ่มติดไฟ โดยไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีค่าจุดวาบไฟ และจุดติดไฟที่มากกว่าน้ำมันดีเซล ทั้งนี้จุดวาบไฟไม่มีความสำคัญโดยตรงต่อการสันดาป และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ โดยจากการทดลองพบว่าเมื่อมีการผสมไบโอดีเซลในสัดส่วนการผสมที่มากขึ้นจะเป็นการเพิ่มจุดวาบไฟ และจุดติดไฟของน้ำมันผสมให้มีอุณหภูมิที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดติดไฟกับประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง

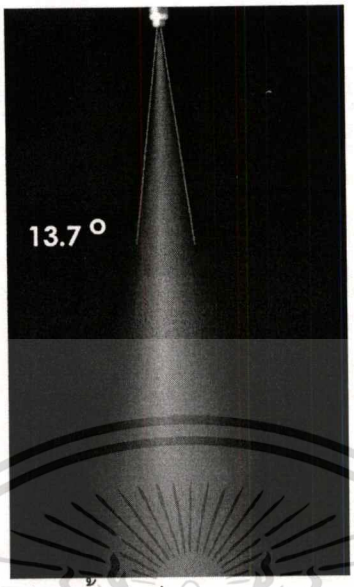


รูปที่ 5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง

จากผลการทดลองรูปที่ 5.7 เนื่องจากการเผาไหม้ของน้ำมันในเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในขึ้นอยู่กับค่าความร้อนที่จะถูกเปลี่ยนไปเป็นกำลังดังนั้นค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงจึงมีผลโดยตรงต่อกำลังที่ออกจากเครื่องยนต์ จากผลการทดลองพบว่าไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีค่าความร้อนลดลงตามอัตราส่วนการผสมไบโอดีเซลที่เพิ่มมากขึ้น โดยไบโอดีเซลผสม 10 % จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีค่าความร้อนใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

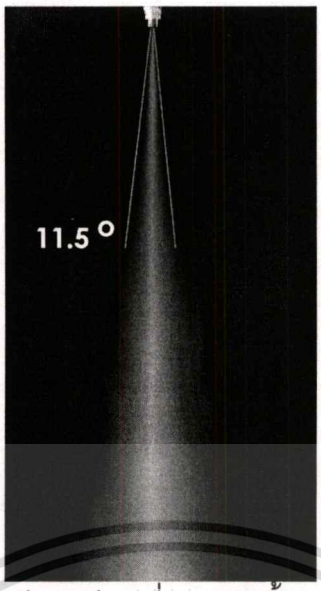
5.7 ผลการทดลองจากการถ่ายภาพการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงผ่านหัวฉีด



รูปที่ 5.8 แสดงภาพถ่ายการสเปรย์ของน้ำมันดีเซล

รูปที่ 5.9 แสดงภาพถ่ายการสเปรย์ไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ผ่านหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 แสดงภาพถ่ายการสเปรย์ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวผ่านหัวฉีด

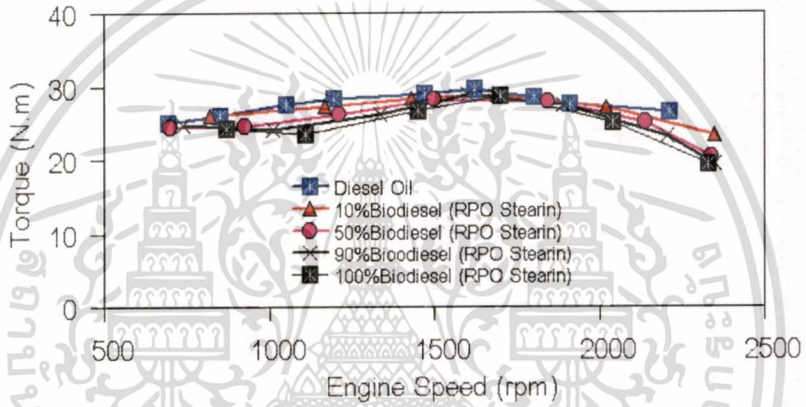
รูปที่ 5.11 แสดงภาพถ่ายการสเปรย์น้ำมันมะพร้าวผ่านหัวฉีด

จากการทดลองถ่ายภาพการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงผ่านหัวฉีดในรูปที่ 5.8 – 5.11 พบว่าน้ำมันดีเซลมีองศาการสเปรย์ที่กว้างที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่นโดยมีค่าเท่ากับ 13.7 องศา ไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีองศาการสเปรย์เท่ากับ 12.8 องศา ซึ่งมีค่ามากกว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.5 องศา ส่วนน้ำมันมะพร้าวดิบมีมุมการสเปรย์น้อยที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 9.2 องศา ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีค่าความหนืดที่แตกต่างกันโดยความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีอิทธิพลต่อรูปร่าง และองศาการสเปรย์ของหัวฉีด โดยน้ำมันดีเซลมีค่าความหนืดน้อยที่สุด จึงให้การสเปรย์ออกมาเป็นองศาที่กว้างที่สุดรองลงมา คือไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันมะพร้าวดิบ

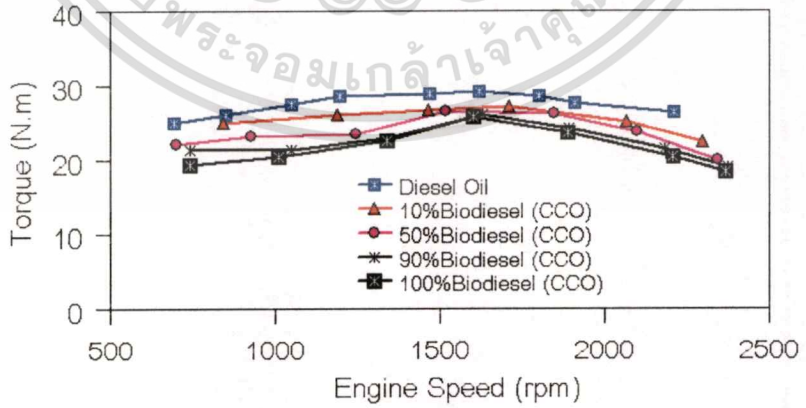
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ โดยถ้าน้ำมันมีค่าความหนืดสูง การฉีดเป็นฝอยละอองจะไม่ดี ละอองน้ำมันมีขนาดใหญ่ และจะพุ่งไปไกล ซึ่งจะพุ่งเป็นสาย แทนที่จะกระจายเป็นฝอยเล็ก ๆ ทำให้น้ำมันรวมตัวกับอากาศไม่ดี การเผาไหม้จะไม่สมบูรณ์ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลง และถ้าเป็นเครื่องยนต์ขนาดเล็กแล้ว น้ำมันเชื้อเพลิงอาจพุ่งไปกระทบกระบอกสูบได้ เป็นการชะล้างฟิล์มน้ำมันหล่อลื่นลงสู่ก้นอ่าง ทำให้เครื่องยนต์สึกหรอเร็ว และน้ำมันเครื่องสกปรกเร็ว แต่ถ้าน้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าความหนืดต่ำเกินไป จะทำให้การฉีดฝอยน้ำมันละเอียดดี แต่ไม่พุ่งไปไกลเท่าที่ควร การเผาไหม้ก็จะไม่ดีนัก มีผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลงได้เช่นกัน

5.8 ผลการทดลองจากการทดสอบกับเครื่องยนต์

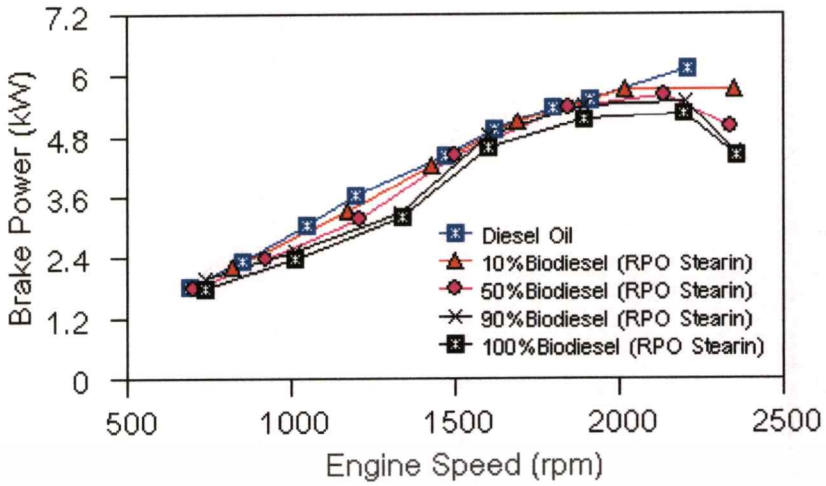


รูปที่ 5.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงบิดกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลผสมที่ผลิตจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

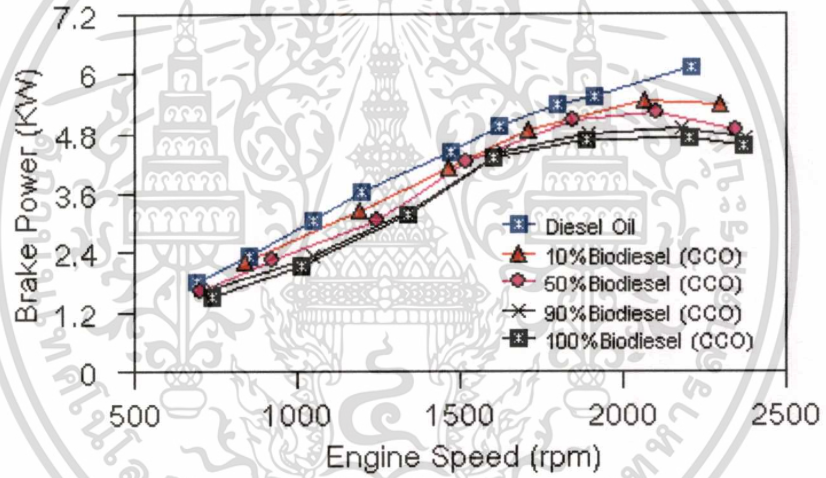


รูปที่ 5.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงบิดกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลผสมที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



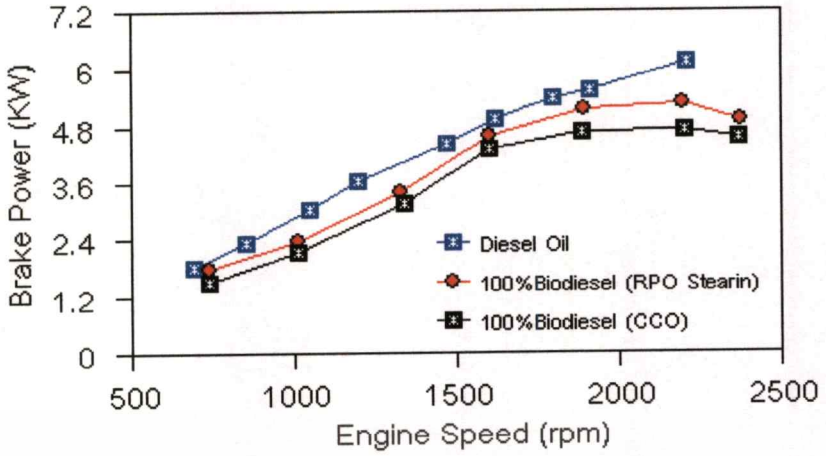
รูปที่ 5.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังเบรกกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลผสมที่ผลิตจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์



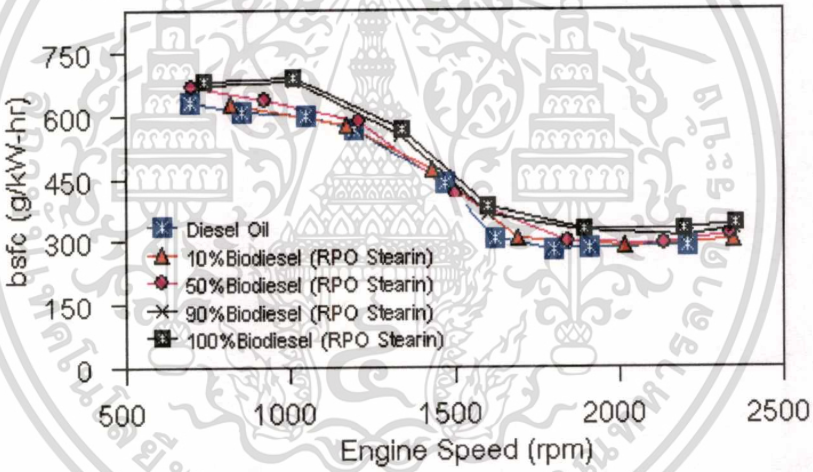
รูปที่ 5.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังเบรกกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลผสมที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าว

จากผลการทดลองรูปที่ 5.14, 5.15 และรูปที่ 5.16 พบว่าไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่ 100% ให้ค่ากำลังเบรกมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลในช่วงรอบการทำงานต่ำ และปานกลาง โดยจะมีค่าแตกต่างจากน้ำมันดีเซลเล็กน้อยที่ในช่วงรอบการทำงานสูง ส่วนไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวมีค่ากำลังเบรกต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากการมีค่าความหนืดที่สูง ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อรูปร่างของละอองน้ำมันที่ฉีดออกจากหัวฉีด ทำให้การฉีดเป็นฝอยละอองได้ไม่ดี ละอองมีขนาดใหญ่ น้ำมันจะพุ่งไปไกลซึ่งจะพุ่งเป็นสายแทนที่จะกระจายเป็นฝอยเล็ก ๆ ทำให้การผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศเป็นไปอย่างไม่ทั่วถึงส่งผลให้การสันดาปที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ซึ่งจะมีผลทำให้กำลังและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Brake Power กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว

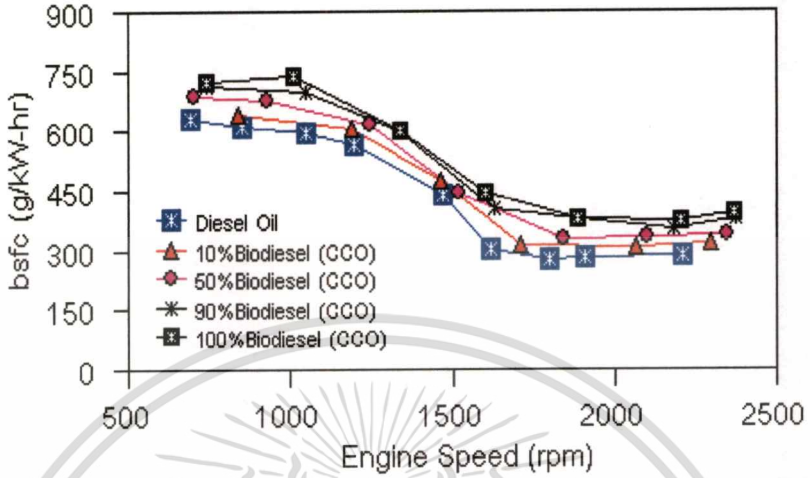


รูปที่ 5.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง bsfc กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลผสมที่ผลิตจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

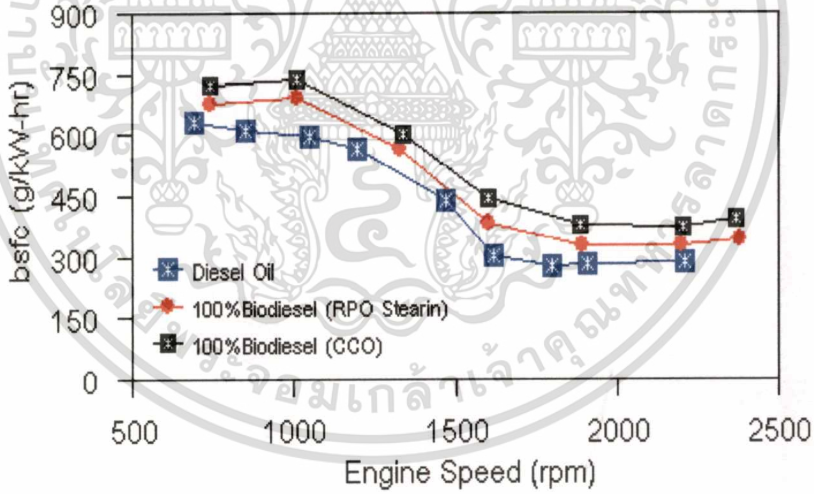
จากผลการทดลองรูปที่ 5.17, 5.18 และ 5.19 พบว่าไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกมากกว่าการใช้น้ำมันดีเซลตามปกติเพียงเล็กน้อย และไบโอดีเซลผสม 10% จากไขมันปาล์มบริสุทธิ์ มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับไบโอดีเซลผสมที่อัตราส่วนการผสม เมื่อผสมไบโอดีเซลจากไขมันปาล์มบริสุทธิ์ และไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวในอัตราส่วนการผสมที่เพิ่มมากขึ้นจะมีแนวโน้มทำให้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกมีค่าเพิ่มมากขึ้นทั้งนี้เนื่องจากหลักการทำงานของปั๊มแรงดันสูงใช้หลักการวัดปริมาตรดังนั้นสำหรับปั๊มเชื้อเพลิงที่ปรับไว้แล้วหากมีการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความหนาแน่นของน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวนเนื้อของเชื้อเพลิงที่อัดผ่านหัวฉีดจะแตกต่างกันไปโดย หากค่าความหนาแน่นสูงขึ้น จำนวนเนื้อเชื้อเพลิงจะถูกฉีดออกไปมากจึงส่งผลให้มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น

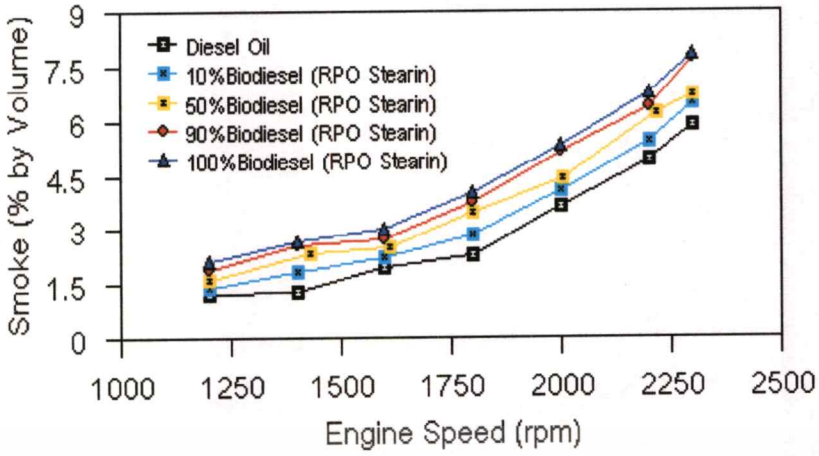


รูปที่ 5.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง bsfc กับความเร็วรอบเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลผสมที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าว



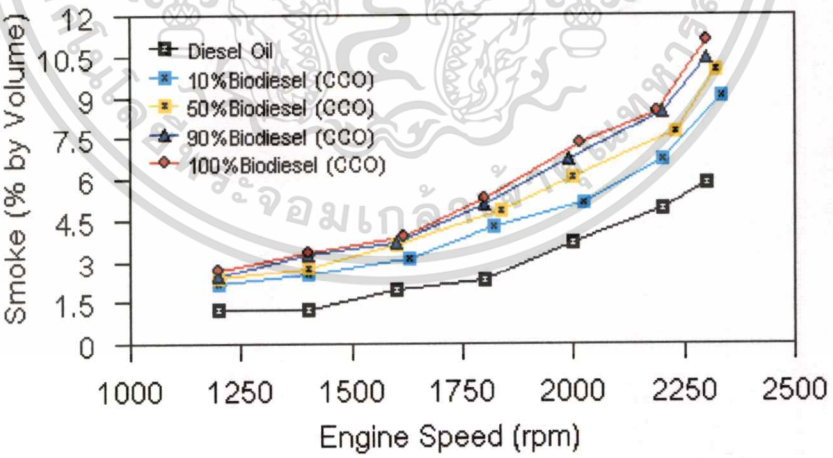
รูปที่ 5.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง bsfc กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



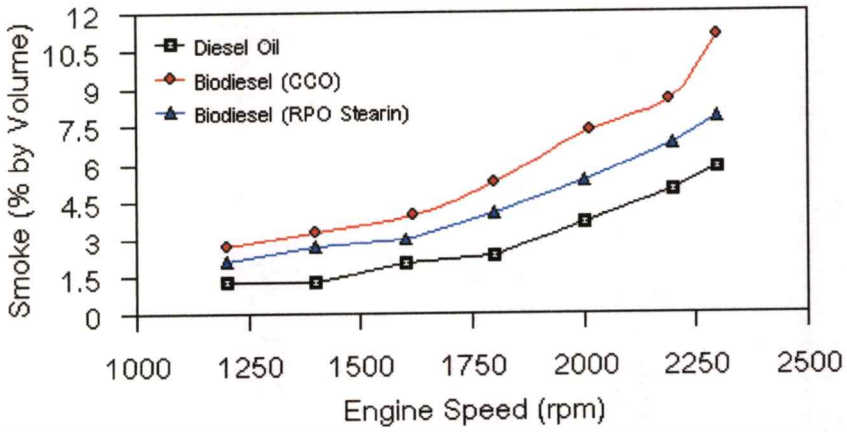
รูปที่ 5.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ควันดำกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลผสมที่ผลิตจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

จากผลการทดลองจากตารางที่ 5.18 รูปที่ 5.20 5.21 และ 5.22 ผลจากการทดสอบปริมาณกากคาร์บอนโดยวิธีคอนรัดสันในน้ำมันพบว่า น้ำมันดีเซลมีปริมาณกากคาร์บอนน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.04% ส่วนไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวมีปริมาณกากคาร์บอนมากที่สุดเท่ากับ 0.2% ซึ่งมีค่าสูงกว่าไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.065% จากการทดสอบกับเครื่องยนต์โดยไม่มีโหลดพบว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวมีปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำมากกว่าไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ในทุก ๆ อัตราส่วนการผสม



รูปที่ 5.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ควันดำกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลผสมที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ควันดำกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

6.1.1 ผลการทดลองเกี่ยวกับกรรมวิธีการผลิต

1. ในงานวิจัยนี้พบว่าสภาวะที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์คือใช้สัดส่วนโดยปริมาตรของเมทานอลต่อไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่ 1:5 ที่สัดส่วนโดยมวลตัวเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 0.4%(wt/vol)KOH เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 60 นาทีและสภาวะที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์เอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันมะพร้าวจากงานวิจัยนี้คือที่สัดส่วนโดยปริมาตรของเอทานอลต่อน้ำมันมะพร้าวที่ 1:5 ที่สัดส่วนโดยมวลตัวเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 1.43%(wt/vol)KOH เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง

ในงานวิจัยนี้เนื่องจากเป็นการนำเอสเทอร์ไปทดสอบกับเครื่องยนต์ และต้องใช้เอสเทอร์ในปริมาณที่มาก จึงต้องการวิธีการสังเคราะห์ที่ง่าย สะดวก และได้ปริมาณมากๆต่อการสังเคราะห์ในแต่ละครั้ง เอสเทอร์ที่ใช้อาจจะไม่จำเป็นต้องมีความบริสุทธิ์สูงมาก ในงานวิจัยนี้จึงไม่ได้มีการนำเอสเทอร์ที่ได้ไปทดสอบหาเอกลักษณ์และความบริสุทธิ์

2. ในการกระบวนการล้างด่างออกจากน้ำมันเพื่อปรับสภาพเอสเทอร์ให้เป็นกลาง เอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันมะพร้าวจะมีกระบวนการล้างที่ยากกว่าเมทิลเอสเทอร์จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการผลิตเอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันมะพร้าวมีการใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่มากกว่า โดยในการล้างด่างออกจากเมทิลเอสเทอร์จะใช้น้ำอุ่นอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วนโดยปริมาตร เมทิลเอสเทอร์ : น้ำ เท่ากับ 1:2 ทำการล้างโดยการกวนสารผสมใช้เวลาประมาณ 15 นาที จากนั้นรอให้เมทิลเอสเทอร์แยกชั้น ทำการล้างซ้ำจนน้ำล้างมีค่า pH เท่ากับ 7 จากผลการทดลองเมทิลเอสเทอร์ล้างซ้ำเท่ากับ 3 ครั้ง เอทิลเอสเทอร์ล้างซ้ำเท่ากับ 5 ครั้ง

3. จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาต้นทุนของน้ำมันที่ใช้เป็นวัตถุดิบพบว่าในการผลิตไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีกระบวนการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก และต้นทุนในการผลิตต่ำเนื่องจากเป็นพืชที่มีราคาถูกและหาได้ง่ายภายในประเทศ โดยมีต้นทุนในการผลิตคิดเป็น 14 บาท ต่อ 1 ลิตร ส่วนไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวมีต้นทุนในการผลิตคิดเป็น 22 บาท ต่อ 1 ลิตร ในการนำน้ำมันมะพร้าวมาผลิตเป็นไบโอดีเซลถือเป็นทางเลือกใหม่ในการหาพลังงานทดแทนที่น่าสนใจ อันเนื่องมาจากมีปริมาณการผลิตภายในประเทศเป็นอันดับสองรองจากน้ำมันปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.2 ผลการทดลองเกี่ยวกับคุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตได้

ตารางที่ 6.1 แสดงคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

Fuel	Viscosity 40°C (cSt)	Viscosity 100°C (cSt	Flash Point (°C)	FirePoint (°C)	Pour Point (°C)
Diesel Oil	3.36	1.14	65.73	74	1
Methyl Ester	6.32	2.04	152	188	15
Ethyl Ester	23.68	5.12	199	210	18.2

1. การนำไบโอดีเซลบริสุทธิ์ที่ 100% มาใช้จำเป็นต้องรู้อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันยังเป็นของเหลวพอที่จะไหลได้เมื่อได้รับความเย็นโดยจุดเริ่มไหลของไบโอดีเซลบริสุทธิ์จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ มีค่าจุดไหลเทอยู่ที่อุณหภูมิ 15 °C จึงสามารถนำไปใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิที่ไม่ต่ำกว่า 15 °C โดยถ้านำน้ำมันไปใช้ในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 15 °C จะทำให้น้ำมันเกิดเป็นไขซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาการอุดตันตรงบริเวณท่อทางเดินน้ำมัน และไส้กรองเชื้อเพลิง

2. ไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวสามารถขนถ่าย และเก็บได้อย่างปลอดภัยกว่าน้ำมันดีเซลโดยไม่จำเป็นต้องแยกพื้นที่ในการจัดเก็บทั้งนี้เนื่องมาจากการมีจุดวาบไฟที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลจึงมีความเสี่ยงต่อการระเบิด หรือการติดไฟน้อยกว่า

3. เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางด้านความหนืด และจุดไหลเทของไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ในอัตราส่วนการผสม 10% พบว่าไบโอดีเซลผสมในอัตราส่วนดังกล่าวสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลชนิดรอบสูงได้โดยไม่เกิดปัญหา ทั้งนี้เนื่องมาจากการมีค่าความหนืดและจุดไหลเทอยู่ในเกณฑ์ไม่เกินค่ามาตรฐานข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลหมุนเร็วของกระทรวงพาณิชย์

4. ผลจากการทดสอบปริมาณกากคาร์บอนโดยวิธีคอนรัดสันในน้ำมันพบว่า น้ำมันดีเซลมีปริมาณกากคาร์บอนน้อยที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 0.04% ส่วนไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวมีกากคาร์บอนมากที่สุดเท่ากับ 0.2% ซึ่งมีค่าสูงกว่าไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.065% จากการทดสอบกับเครื่องยนต์โดยไม่มีโหลดพบว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวมีปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำมากกว่าไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ในทุกอัตราส่วนการผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.3 ผลการทดลองจากการถ่ายภาพการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงผ่านหัวฉีด

จากการทดลองถ่ายภาพการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงผ่านหัวฉีด พบว่าน้ำมันดีเซลมีองศาการสเปรย์ที่กว้างที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่นโดยมีค่าเท่ากับ 13.7 องศา ไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีองศาการสเปรย์เท่ากับ 12.8 องศา ซึ่งมีค่ามากกว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.5 องศา ส่วนน้ำมันมะพร้าวดิบมีมุมการสเปรย์น้อยที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 9.2 องศา ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีค่าความหนืดที่แตกต่างกันโดยความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีอิทธิพลต่อรูปร่าง และองศาการสเปรย์ของหัวฉีด โดยน้ำมันดีเซลมีค่าความหนืดน้อยที่สุด จึงให้การสเปรย์ออกมาเป็นองศาที่กว้างที่สุดรองลงมา คือไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันมะพร้าวดิบตามลำดับ โดยถ้าน้ำมันมีค่าความหนืดสูง การฉีดเป็นฝอยละอองจะไม่ดี ละอองน้ำมันมีขนาดใหญ่ และจะพุ่งไปไกล ซึ่งจะพุ่งเป็นสาย แทนที่จะกระจายเป็นฝอยเล็ก ๆ ทำให้น้ำมันรวมตัวกับอากาศไม่ดี การเผาไหม้จะไม่สมบูรณ์ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลง และถ้าเป็นเครื่องยนต์ขนาดเล็กแล้วน้ำมันเชื้อเพลิงอาจพุ่งไปกระทบกระบอกสูบได้ เป็นการชะล้างฟิล์มน้ำมันหล่อลื่นลงสู่ก้นอ่าง ทำให้เครื่องยนต์สึกหรอเร็ว และน้ำมันเครื่องสกปรกเร็ว แต่ถ้าน้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าความหนืดต่ำเกินไป จะทำให้การฉีดฝอยน้ำมันละเอียดดี แต่ไม่พุ่งไปไกลเท่าที่ควร การเผาไหม้ก็จะไม่ดีนัก มีผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลงได้เช่นกัน

6.1.4 ผลการทดลองเกี่ยวกับเครื่องยนต์

1. จากผลการทดสอบไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ให้ค่ากำลังใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลที่ใช้ทดสอบ โดยไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวให้ค่ากำลังน้อยกว่าการใช้น้ำมันดีเซลปกติ

2. จากผลการทดสอบกับเครื่องยนต์พบว่าไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงใกล้เคียงกันกับการใช้น้ำมันดีเซลตามปกติ ในขณะที่ไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าการใช้น้ำมันดีเซล

3. จากผลการทดสอบกับเครื่องยนต์ปรากฏว่าเมื่อผสมไบโอดีเซลในอัตราส่วนการผสมที่เพิ่มมากขึ้นจะมีแนวโน้มทำให้เกิดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น

4. จากผลการทดลองพบ ไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวและไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ได้โดยไม่เกิดปัญหาเครื่องยนต์เดินสะดุด

5. ไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวมีปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำมากกว่าการใช้น้ำมันดีเซลตามปกติเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาการนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลควรมีการศึกษาเพื่อทำการคัดเลือกชนิดของน้ำมันพืชที่จะนำมาใช้ให้เหมาะสมโดยพิจารณาน้ำมันจากเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้ำมันค่อนข้างสูงสามารถบีบ และสกัดออกได้ด้วยวิธีทางกลอย่างง่าย มีปริมาณการผลิตมาก หาได้ง่าย และมีราคาถูกจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยมีความเห็นว่าไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีความเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซลมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่น ในส่วนของงานวิจัยที่น่าจะทำต่อจากงานวิจัยนี้คือ ต้องพยายามลดค่าใช้จ่ายในการผลิตไบโอดีเซลและทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของน้ำมันโดยการทดลองกับสารตัวเติมชนิดต่าง ๆ รวมทั้งควรมีการทดสอบวัดปริมาณมลภาวะแก๊สไอเสีย CO CO_2 และ NO_x ที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] พูลพร แสงบางปลา. " การใช้ Biodiesel กับเครื่องยนต์มีผลอย่างไร." เอกสารประกอบการสัมมนา 29 พฤษภาคม 2544

[2] พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล สุมาลัย ศรีกำไลทอง และสราวุธ วรสุมันต์. 2524 "การใช้น้ำมันพืชทดแทนน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล." สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

[3] สมิตร โฉมเฉลา และ นายรัตนพงศ์ วงศ์พิมพ์รัศมี. 2525 "การศึกษาเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลโดยศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันพืชเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซล." ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

[4] เกียรติไกร อายุวัฒน์. 2527. "การทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นเป็นเชื้อเพลิงเทียบกับน้ำมันดีเซล." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าวิทยาเขตธนบุรี.

[5] ก่อเกียรติ ศุภพิมล. 2532. "การสันดาปของหยดน้ำมันพืช." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[6] ปิยะภรณ์ วลัยกนก , สุดารัตน์ วัฒนาวังจงกุล. 2545 "การเตรียมและศึกษาสมบัติดีเซลชีวภาพจากน้ำมันมะพร้าวโดยการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมดีเซลชีวภาพจากน้ำมันมะพร้าว." ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[7] Freedman B. et. al. "Variable Effecting the Yields of Fatty Esters from Transesterification Vegetable Oils.", J.Am.Oil Chem Soc. 61(10) : 1638 – 1643, 1984.

[8] Peterson C.L., Cruz R., Perkins L., Korus R. and : Auld D.L., "Transesterification of Vegetable Oil for Use as a Diesel Fuel", University of Idaho,1990.

[9] Ali Y.,"Beef tallow as a biodiesel fuel.", PhD dissertation, Biological Systems Engineering, University of Nebras-Linconl, 1995.

[10] Foidl N., Foidl G., sanchez M. and Hackel S., "Jatropha Curcus L. as a Source for the Production of Biodiesel in Nicaragua.",Biosource Technology;Vol. 58, pp. 77-82, 1996.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] Lloyd A Nelson et.al., "Lipase – Catalyzed Production of Biodiesel.", J.Am.Oil Chem So. 73(8) : 1191 – 1195, 1996.

[12] Basu et.al., "Process for Production of Esters for Use as a Diesel Fuel Substituted Using a Nonalkaline Catalyze.", U.S.patent 5,525,126, 1996.

[13] Richard W. Heiden, "Analytical Methodologies for the Determination of Biodiesel Ester Purity – Determination of Total Methyl Esters.", PH.D.,1996. http://www.biodiesel.org/reports/GEN-221.pdf.

[14] Jones B., Ready K., "Bioblended Fuel for Use in Light – Duty Compression Ignition Engines.", 1998. http://www.biodiesel.org/reports/GEN-221.pdf.

[15] John B. Heywood. **Internal Combustion Engine Fundamentals.** By McGraw-Hill, Inc., 1998.

[16] Barry Wellington and Alan Asmus, **Diesel Engines and Fuel Systems.** Fourth Edition is published by arrangement with Addison Wesley Longman Australia Pty Limited, Melbourne, 1995.

[17] ประเสริฐ เทียนนิมิตร ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร. 2544. **เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[18] ทรงยศ ตันพิพัฒน์. 2529. **พืชน้ำมัน.** หน้า436 – 531 พิมพ์ครั้งที่ 1 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[19] ปราณี ฉัตรเชิดชัยกุล., รายงานอุตสาหกรรมน้ำมันพืชไทยในปี 2542

[20] ชมรมเพื่อพัฒนามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปาล์มน้ำมันและอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม : คู่มือเกษตร, โครงการส่งเสริมน้ำมันปาล์มขนาดเล็กตามแนวพระราชดำริ : 2529 สงขลา.

[21] นันทา ยาคำ. 2528. "อุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว." หน้า 1 – 20. กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ

[22] Saha C., Woodward J. **Fuels and Chemicals.** 1st Edition American Chemical Society, pp.172-202, 1997.

[23] มลฤดี เชาวรัตน์. 2540 "**ริเอสเทอร์ริฟิเคชันของกรดไขมันอิสระในรำข้าวและไฮโดรไลซิสน้ำมันรำข้าว.**" หน้า 64 – 68. **วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ก.1 กฎของแก๊สอุดมคติ

แก๊สต่างๆที่ประกอบกันขึ้นเป็นสารทำงานในเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน (เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ฯลฯ) มักพิจารณาให้เป็นแก๊สอุดมคติ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางอุณหพลวัตของแก๊สอุดมคติจะเป็นดังต่อไปนี้

ความดัน (P) ปริมาตรจำเพาะ (v) และอุณหภูมิสมบูรณ์ (T) ของแก๊สอุดมคติจะสัมพันธ์กันโดยกฎของแก๊สอุดมคติ คือ

$$Pv = RT \qquad \text{ก.1}$$

โดยที่ R เป็นค่าคงตัวของแก๊ส (Gas Constant) ซึ่งแตกต่างกันสำหรับแก๊สแต่ละชนิดและกำหนด

$$R = \frac{\overline{R}}{M} \qquad \text{ก.2}$$

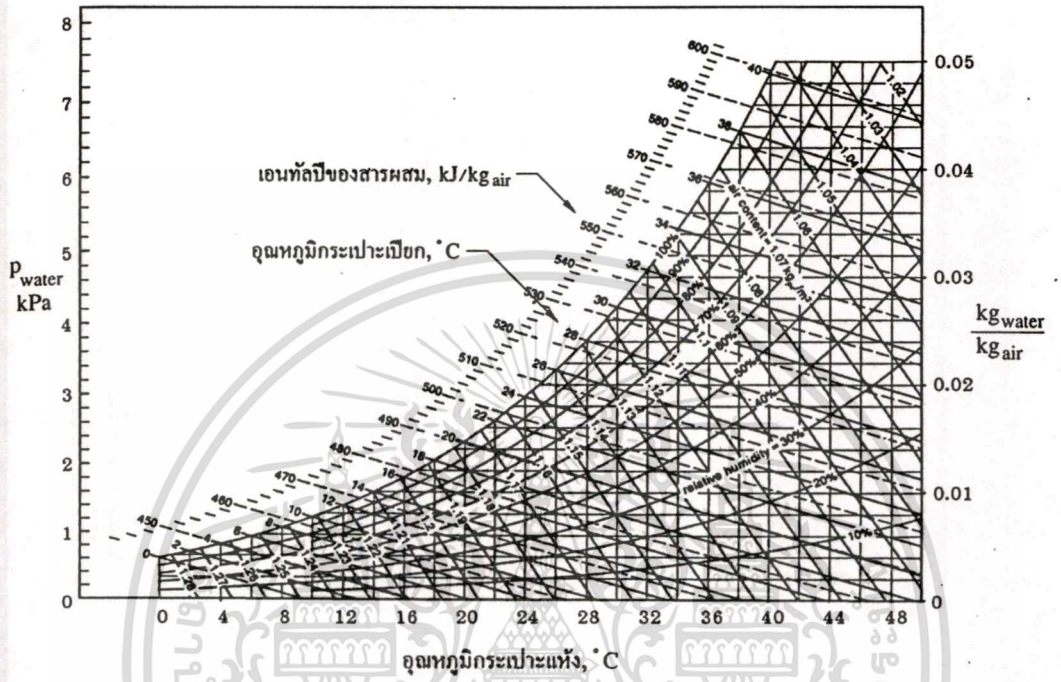
โดย $\overline{R}$ เป็นค่าคงตัวของแก๊สสากล (Universal Gas Constant, สำหรับแก๊สอุดมคติทั้งหมด) และ M เป็นน้ำหนักโมเลกุลของแก๊สและเนื่องจาก v ถูกกำหนดจาก V/M โดย V เป็นปริมาตรของมวลแก๊ส m สมการ ก.1 ก็จะเขียนได้เป็น

$$Pv = mRT = \frac{m\overline{R}T}{M} \qquad \text{ก.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แผนภูมิอากาศชื้น



รูปที่ ข.1 แผนภูมิอากาศชื้นสำหรับสารผสมของอากาศและไอน้ำที่ 1 บรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ประกาศและมาตรฐานกระทรวง

ประกาศกระทรวงพาณิชย์

ฉบับที่ 5 (พ.ศ 2523)

เรื่อง กำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนเร็ว

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 13 แห่งพระราชบัญญัติน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ 2521 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพาณิชย์ ออกประกาศกำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนเร็วไว้ดังต่อไปนี้

ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ
1.ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °C (Specific Gravity at 15.6°C)	ต้องไม่ต่ำกว่า 0.82 และ ต้องไม่สูงกว่า 0.09	ASTM D1298
2.ดัชนีซีเทน (Calculated Cetane Index)	ต้องไม่ต่ำกว่า 50	ASTM D976
หรือ จำนวนซีเทน (Cetane Number)		ASTM D613
3.ความหนืดคิเนมาติก ณ อุณหภูมิ 40 °C (Kinematic Viscosity at 40 °C, cSt)	ต้องไม่ต่ำกว่า 1.8 cSt และต้องไม่สูงกว่า 5.0 cSt	ASTM D445
4.จุดไหลเท (Pour Point, °C)	ต้องไม่สูงกว่า 10 °C	ASTM D97
5.อัตราปริมาณธาตุกำมะถันต่อน้ำหนักของน้ำมัน (Sulphur Content, %wt.)	ต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 1.0	ASTM D129 หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า
6.การกัดกร่อนของน้ำมัน ทดสอบโดยใช้แผ่นทองแดง ณ อุณหภูมิ 50 °C ในเวลา 3 ชั่วโมง (Copper Strip Corrosion (50 °C, 3 hr.)	หมายเลข 1	
7.อัตรากากถ่านต่อน้ำหนักของน้ำหนักของน้ำมันทดสอบโดยวิธีคอนแร็ดสัน (Conradson Carbon Sesidue, %wt.)	ต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 0.05	ASTM D189
8.อัตราน้ำและตะกอนต่อปริมาตรของน้ำมัน (Water and Sediment, %vol.)	ต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 0.05	ASTM D2709
9.อัตราเถ้าต่อน้ำหนักของน้ำหนัก(Ash, %wt.)	ต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 0.01	ASTM D482
10.จุดวาบไฟโดยวิธีของเพ็นสกี้-มาร์เต้นส์ โคลสเทสเตอร์ (Flash Point, Pensky-Martene Closed Tester, °C)	ต้องไม่ต่ำกว่า 52 °C	ASTM D93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศและมาตรฐานกระทรวง

ประกาศกระทรวงพาณิชย์

ฉบับที่ 6 (พ.ศ 2523)

เรื่อง กำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนช้า

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 13 แห่งพระราชบัญญัติน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ 2521 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพาณิชย์ ออกประกาศกำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนช้าไว้ดังต่อไปนี้

ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ
1.ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °C (Specific Gravity at 15.6°C)	ต้องไม่สูงกว่า 0.920	ASTM D1298
2.ดัชนีซีเทน (Calculated Cetane Index)	ต้องไม่ต่ำกว่า 45	ASTM D976
หรือ จำนวนซีเทน (Cetane Number)		ASTM D613
3.ความหนืดคิเนมาติก (Kinematic Viscosity, cSt) ณ อุณหภูมิ 40 °C	ต้องไม่สูงกว่า 8.0 cSt	ASTM D445
หรือ ณ อุณหภูมิ 50 °C	ต้องไม่สูงกว่า 6.0 cSt	
4.จุดไหลเท (Pour Point, °C)	ต้องไม่สูงกว่า 16 °C	ASTM D97
5.อัตราปริมาณธาตุกำมะถันต่อน้ำหนักของน้ำมัน (Sulphur Content, %wt.)	ต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 1.5	ASTM D129 หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า
8.อัตราน้ำและตะกอนต่อปริมาตรของน้ำมัน (Water and Sediment, %vol.)	ต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 0.3	ASTM D2709
9.อัตราเถ้าต่อน้ำหนักของน้ำหนัก(Ash, %wt.)	ต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 0.02	ASTM D482
10.จุดวาบไฟโดยวิธีของเพ็นสกี้-มาร์เต้นส์ โคลสเทสเตอร์ (Flash Point, Pensky-Martene Closed Tester, °C)	ต้องไม่ต่ำกว่า 66 °C	ASTM D93
11.สีมาตรฐานเอเอสทีเอ็ม (Colour, ASTM)	ต้องไม่สูงกว่า 4.5 และ ต้องไม่สูงกว่า 7.5	ASTM D1500

ประกาศนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนด 90 วัน นับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 24 มีนาคม 2523

ตามใจ ขำภโต

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพาณิชย์

(97 ร.จ.1152 ตอนที่ 59(แผนกราชกิจจาฯ) ลงวันที่ 15 เมษายน 2523)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 16
14-16 ตุลาคม 2545 จังหวัดภูเก็ต

การทำไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด

Transesterification of Refined Palm Oil Stearin for Using in Compression Ignition Engine

กนกอร รจนากิจ พงษ์ศักดิ์ คำมูล และ จินดา เจริญพรพาณิชย์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 3 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทร 0-2326-4197 โทรสาร 0-2326-4198 E-mail:s3062032@kmitl.ac.th

Kanok-on RODJANAKID, Pongsak KAMMOOL and Chinda CHAROENPHONPHANICH
Department of Mechanical Engineering , Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Lardkrabang
3 Chalongkrung Rd. Lardkrabang Bangkok 10520
Tel: 0-2326-4197 Fax: 0-2326-4198 E-mail:s3062032@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การนำน้ำมันพืชบริสุทธิ์มาใช้โดยตรงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดจะเกิดปัญหาอันเนื่องมาจากการมีค่าความหนืดสูงและการระเหยต่ำ ปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยการนำไปผ่านกระบวนการ ทรานเอสเทอริฟิเคชัน โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการนำไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มาผ่านกระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชันโดยการใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายและสารโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกริยา โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของเมทิลเอสเทอร์หรือไบโอดีเซลในการทดลองได้มีการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซลที่ได้โดยการใช้แนวทางการเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลโดยการเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติความหนืด, จุดไหลเท , จุดวาบไฟ , ค่าความร้อน ฯลฯ นำคุณลักษณะของไบโอดีเซลที่เตรียมได้ไปใช้งานกับเครื่องยนต์ในระยะสั้นเพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติและมลภาวะไอเสียที่เกิดขึ้นจากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบไบโอดีเซลผสมน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วนในการผสมต่างๆกับน้ำมันดีเซลมาตรฐานพบว่าที่อัตราส่วนการผสมไบโอดีเซลต่อน้ำมันดีเซลโดยปริมาตรที่ 10% มีคุณสมบัติการใช้งานที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับไบโอดีเซลในอัตราส่วนการผสมอื่นๆ จึงสามารถกล่าวได้ว่าไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เป็นทางเลือกใหม่ของเชื้อเพลิงที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมโดยไม่จำเป็นต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์แต่อย่างใด

Abstract

Neat vegetable oils pose some problems when subjected to prolonged use in CI engines. The problems are attributed to its high viscosity and low volatility. These problems can be minimized by the process of transesterification. In this study, the transesterification of refined palm oil stearin was carried out using methanol and potassium hydroxide as a catalyst, to yield methyl ester or biodiesel. The products were evaluated by comparing physical characteristics, of the biodiesels to conventional diesel oil. These characteristics included kinematic viscosity, pour point, flash point, heating value etc. The biodiesels were then tested in a diesel engine to observe their actual performance and production of emissions. The results for various ratios of blended biodiesels were compared with conventional diesel oil through short period engine tests. It was found that the blend of 10% biodiesel had the highest quality among the tested ratios. Biodiesel from refined palm oil stearin has a potential use as an environmentally friendly alternative fuel for existing diesel engines without substantial hardware modifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

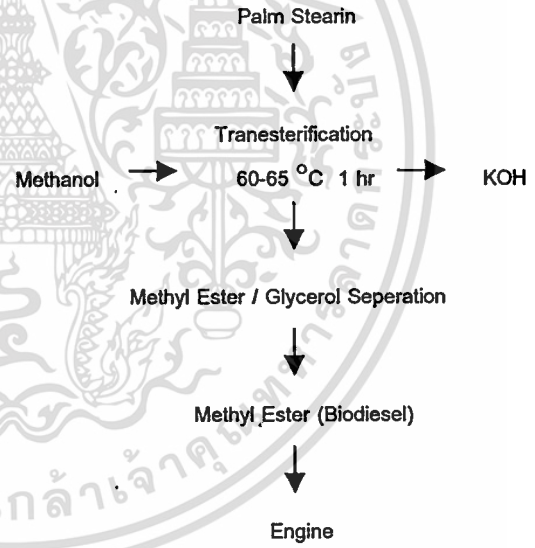
1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศแต่การจัดหาพลังงานของประเทศไทยยังต้องพึ่งปิโตรเลียมนำเข้าถึงประมาณร้อยละ 50 ของอุปทานพลังงานและเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งมีสัดส่วนถึงประมาณร้อยละ 80 [1] ส่วนที่เหลือได้มาจากมวลชีวภาพและพลังน้ำ เนื่องจากเชื้อเพลิงฟอสซิลโดยเฉพาะปิโตรเลียมประเทศไทยยังต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศโดยเฉพาะการใช้น้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลกับยานพาหนะ ทำให้ประเทศไทยต้องเสียเปรียบดุลย์การค้าและการชำระเงินและขาดเสถียรภาพในการจัดหาพลังงานด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดความพยายามค้นหาพลังงานอื่นมาทดแทนน้ำมัน เช่น การใช้แอลกอฮอล์กับเครื่องยนต์เบนซิน การนำพลังงานแสงอาทิตย์ ลม น้ำ และก๊าซชีวภาพมาใช้นับว่าให้ผลก้าวหน้าพอสมควร แต่สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ยังหาพลังงานทดแทนที่มีราคาถูกพอสมควรไม่ได้เพราะเครื่องยนต์ดีเซลได้รับการพัฒนาให้เหมาะสมสำหรับการใช้กับน้ำมันดีเซลมากว่า 50 ปีแล้ว การนำก๊าซหรือพลังงานอื่นเข้าไปทดแทนจึงเป็นปัญหาทางเทคนิคอยู่ไม่น้อย เช่น การทดลองนำก๊าซชีวภาพและน้ำมันพืชหลายชนิดมาใช้กับเครื่องยนต์ ปรากฏว่าเป็นไปได้แต่มีปัญหาเรื่องมียางเหนียวติดลูกสูบและชิ้นส่วนอื่นๆของเครื่องยนต์ จึงได้มีการค้นคว้าวิจัยหาเชื้อเพลิงแหล่งใหม่ที่สะอาดหรือที่เรียกว่าเชื้อเพลิงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งก็คือน้ำมันพืชแต่เนื่องจากน้ำมันพืชเมื่อนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลโดยตรง จะมีปัญหาทางด้านจุดไหลเท (Pour Point) และค่าความหนืด (Viscosity) ซึ่งเป็นปัญหาหลัก เพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าวในข้างต้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มีการพัฒนาเพื่อปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของเมทิลเอสเทอร์จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่ได้ให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลโดยนำมาผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนการผสมที่แตกต่างกันโดยนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลในระยะสั้นเพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติที่เกิดขึ้นเมื่อนำไปใช้งานกับเครื่องยนต์จริง

2. การทดลอง

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนของปฏิกริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่นได้แก่เครื่องกวนสาร, เทอร์โมมิเตอร์, และปีกเกอร์ โดยสารเคมีที่ใช้ได้แก่ไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์, เมทานอลเกรดอุตสาหกรรม, โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์เกรดอุตสาหกรรม,น้ำอุ่น วิธีการทดลองเริ่มต้นโดยนำไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มาอุ่นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเพื่อให้ไขมันเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว จากนั้นนำน้ำมันที่ได้มาทำการวัดปริมาตรโดยตวงให้มีปริมาตร 3,000 ml ใส่ในปีกเกอร์ใบที่ 1 ทำการกวนและอุ่นน้ำมันโดยตั้งความเร็วรอบในการกวน 1,300 รอบต่อนาทีพร้อมกับอุ่นน้ำมันให้มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจากนั้นผสมโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์เกรดอุตสาหกรรมจำนวน 12 g กับเมทานอลเกรดอุตสาหกรรมจำนวน 600 ml ลงในปีกเกอร์ใบที่ 2 นำไปกวนและอุ่นให้ความร้อนเพื่อให้เกล็ดโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ละลายเมื่อเกล็ดโปแทสเซียมละลายจนหมดเทของผสมระหว่างโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์กับเมทานอลลงไปในน้ำมันที่เตรียมไว้ในปีกเกอร์ใบที่ 1 กวนจนครบ 60 นาทีปิดเครื่องกวนสารภายใน 5 นาทีจะเห็นการแยกชั้นของเมทิลเอสเทอร์และกลีเซอรอลโดยเมทิลเอสเทอร์ที่มีน้ำหนักเบากว่าจะอยู่ด้านบนและกลีเซอรอลซึ่งหนักกว่าจะอยู่ด้านล่างนำผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ได้ใส่ลงใน Seperation Funnel ทำการแยกกลีเซอรอลโดยการไขเอากลีเซอรอลที่อยู่ด้านล่างออกจากนั้นให้ล้างเมทิลเอสเทอร์ด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิ 60 °C หลายๆครั้งจน pH ของน้ำมันมีค่าเท่ากับ 7 สุดท้ายจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นเมทิลเอสเทอร์บริสุทธิ์จากนั้นนำเมทิลเอสเทอร์ที่เตรียมได้จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มาทำการทดสอบค่าคุณสมบัติต่างๆดังนี้

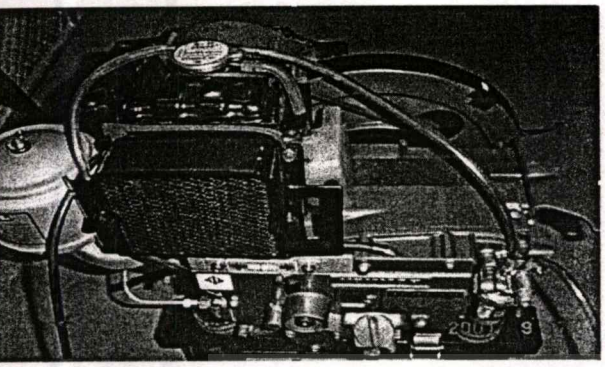
- Density @15°C
- Kinematic Viscosity 40°C ASTM D 445
- Pour point ASTM D 97
- Flash point °C ASTM D 93, Fire Point
- Sulphur Content, wt% ASTM D 129
- Copper Strip Corrosion ASTM D 130
- Heating Value (KJ/Kg)



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงขั้นตอนในการทดลอง

รูปที่ 1 แสดงแผนภาพขั้นตอนการทดลองโดยไบโอดีเซลที่ใช้ทดสอบจะใช้ไบโอดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนการผสม 10:90, 50:50, 90:10 โดยปริมาตรโดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลยันมาร์รุ่น TF 85 LM 4 จังหวะ 1 กระบอกสูบโดยทำการศึกษาถึงค่ากำลังเบรก, ค่าความดันยังผลเฉลี่ย, ค่าการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกและมลภาวะไอเสียที่เกิดขึ้นของไบโอดีเซลผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนการผสมต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

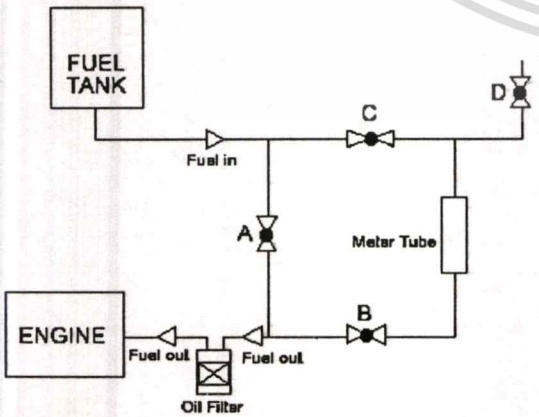
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 เครื่องยนต์ดีเซล Yanmar - TF 85 LM

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ดีเซล Yanmar - TF 85 LM 4 จังหวะ 1 กระบอกสูบ

ระบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้ช่วย
จำนวนลูกสูบ	1
กระบอกสูบ x ช่วงชัก	85 x 87 mm
ปริมาตรประบอกสูบ	493 cc
กำลังม้าสูงสุด (kW/rpm)	6.26 / 2200 rpm
อัตราส่วนการอัด	22.4
ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	262 g/KW-hr
ทิศทางการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง	ทวนเข็มนาฬิกาด้านล้อช่วยแรง
น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้	น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว
ระยะเวลาการฉีดน้ำมัน	ก่อนศูนย์ตายบน 13 องศา
ความจุของน้ำมันเชื้อเพลิง	10.5 L
ระบบระบายความร้อน	หม้อน้ำรังผึ้ง



รูปที่ 3 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง

วิธีการใช้งานเมื่อเครื่องทำงานปกติโดยไม่ต้องการวัดอัตราการไหลให้เปิดวาล์ว A และปิดวาล์ว B และ D และเมื่อต้องการวัดอัตราการไหลของน้ำมันทำตามขั้นตอนคือเปิดวาล์ว D แล้วเปิดวาล์ว B ปล่อยให้ระดับของน้ำมันในหลอดวัดปริมาตรเพิ่มขึ้นจนเต็มแล้วจึงปิดวาล์ว A จากนั้นจับเวลาที่ระดับน้ำมันลดลงในหลอดแก้ววัดปริมาตรระหว่างช่วงใดช่วงหนึ่งจากนั้นนำเวลาที่ได้มาคำนวณหาอัตราการไหล

โดยที่

Q	=	อัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง
V	=	ปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิง
t	=	เวลามีหน่วยเป็นวินาที

3. ผลการทดลอง

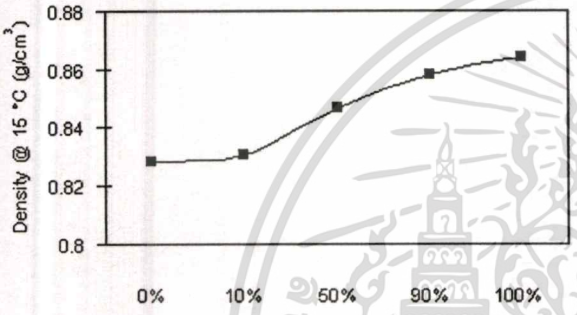
ตารางที่ 2 ตารางแสดงเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างน้ำมันดีเซลหมุนเร็วกับไบโอดีเซล

Descriptions	High Speed Diesel	Low Speed Diesel	Diesel	100% Methyl Ester	10% Methyl Ester
Density @ 15°C	-	-	0.8283	0.8642	0.8306
Kinematic viscosity at 40°C ASTM D 445	1.8 – 4.1	8.0 max.	3.36	6.32	3.66
Pour point °C ASTM D 97	10 max.	16 max.	1	15	2
Sulphur Content, %wt ASTM D 129	0.05 max.	1.5 max.	0.04	0.001	-
Flash Point°C ASTM D 93	52 min.	66 min.	65.73	152	69.2
Fire Point °C			74	188	84
Copper Strip Corrosion ASTM D 130	No.1 max.	-	No.1	No.1	No.1
Ash, % wt ASTM D 482	0.01 max.	0.02 min.	-	0	-
Heating value (KJ/Kg)			47,330	40,390	47,317

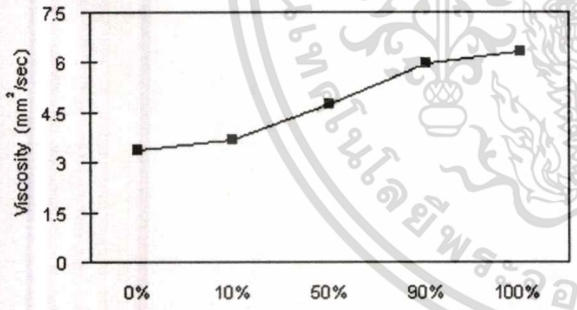
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของไบโอดีเซลผสมน้ำมันดีเซลที่สัดส่วนโดยปริมาตรที่แตกต่างกัน

Fuel	Density @ 15° C	Viscosity 40°C mm^2/sec	Flash Point(°C)	Fire Point(°C)
Diesel Oil	0.8283	3.36	65.73	74
10%Biodiesel	0.8306	3.66	69.2	84
50%Biodiesel	0.8469	4.76	102	108
90%Biodiesel	0.8579	5.96	144	162
100%Biodiesel	0.8642	6.32	152	188

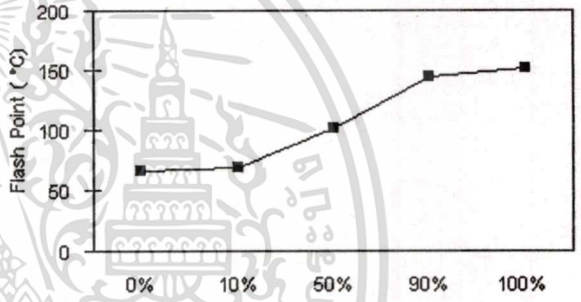


รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับเปอร์เซ็นต์ไบโอดีเซล

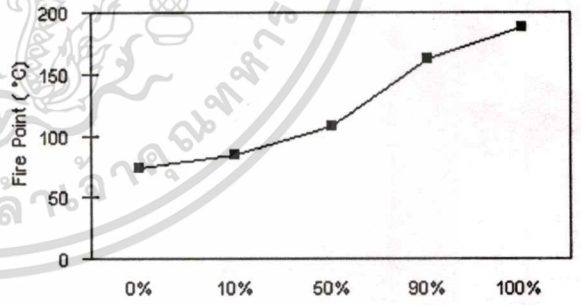


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดกับเปอร์เซ็นต์ไบโอดีเซล

จากผลการทดลองในตารางที่ 2 , 3 และรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าไบโอดีเซลบริสุทธิ์ที่ 100% มีค่าความหนืด (6.32 mm^2/s) สูงกว่าค่ามาตรฐานข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลหมุนเร็วกระทรวงพาณิชย์ (1.8 – 4.1 mm^2/sec) แต่มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลหมุนช้ากระทรวงพาณิชย์ (8.0max.) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่ได้จากการทดลองที่ความบริสุทธิ์ 100% มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานกับเครื่องยนต์ชนิดรอบต่ำ (300 รอบต่อนาที) และชนิดรอบปานกลาง (300 – 1,000 รอบต่อนาที) จากผลการทดลองดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนาคุณลักษณะของไบโอดีเซลเพื่อต้องการลดค่าความหนืดของไบโอดีเซล 100% ให้มีค่าความหนืดใกล้เคียงกับข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลหมุนเร็วกระทรวงพาณิชย์มากที่สุดโดยการนำไบโอดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วนในการผสมต่ำ (10% Biodiesel) และที่อัตราส่วนในการผสมสูง (90% Biodiesel) จากผลการทดลองรูปที่ 4 และรูปที่ 5 พบว่าเมื่อมีการนำไบโอดีเซล 100% มาผสมกับน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วนในการผสมต่ำจะทำให้น้ำมันผสมมีค่าความหนืดและค่าความหนาแน่นต่ำกว่าการนำไบโอดีเซล100% มาผสมกับน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วนในการผสมสูง จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าไบโอดีเซลผสมที่ 10% มีค่าความหนืด 3.66 mm^2/sec ที่ไม่เกินข้อกำหนดน้ำมันดีเซลหมุนเร็วมาตรฐานกระทรวงพาณิชย์ (1.8 – 4.1 mm^2/sec) จึงสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลชนิดรอบสูงได้ส่วนไบโอดีเซลผสมที่ 50% และ 90% ซึ่งเมื่อผสมแล้วยังคงมีค่าความหนืดที่สูงกว่าข้อกำหนดน้ำมันดีเซลหมุนเร็วมาตรฐานกระทรวงพาณิชย์จึงเหมาะสมกับเครื่องยนต์ชนิดรอบต่ำและรอบปานกลางโดยไม่จำเป็นต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์แต่อย่างใด



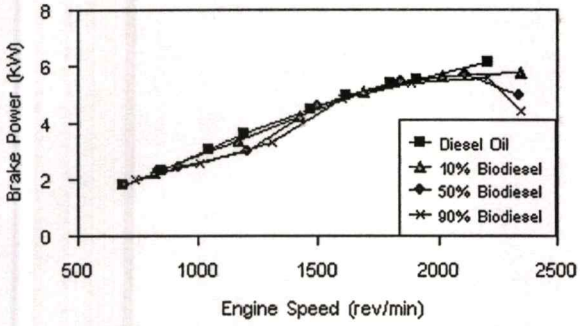
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดวาบไฟกับเปอร์เซ็นต์ไบโอดีเซล



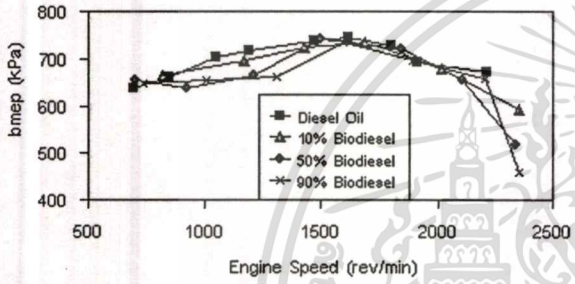
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดติดไฟกับเปอร์เซ็นต์ไบโอดีเซล

จากผลการทดลองรูปที่ 6 และรูปที่ 7 พบว่าไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่ 100% มีความปลอดภัยในการเก็บรักษาและการใช้งานมากกว่าน้ำมันดีเซลอันเนื่องมาจากการมีค่าจุดวาบไฟที่สูง แต่จุดวาบไฟไม่มีความสำคัญโดยตรงต่อการสันดาปและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ [2] จากการทดลองพบว่าเมื่อมีการผสมไบโอดีเซลในอัตราส่วนที่มากขึ้นจะเป็นการเพิ่มจุดวาบไฟและจุดติดไฟของน้ำมันผสมให้มีอุณหภูมิที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

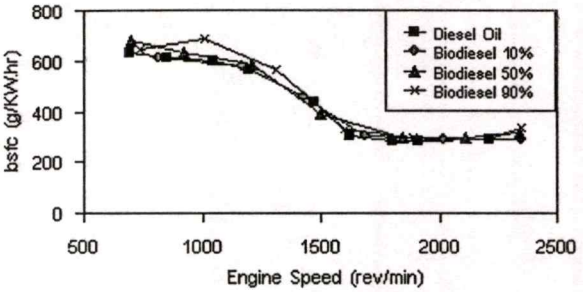


รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังเบรกกับความเร็วรอบของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ



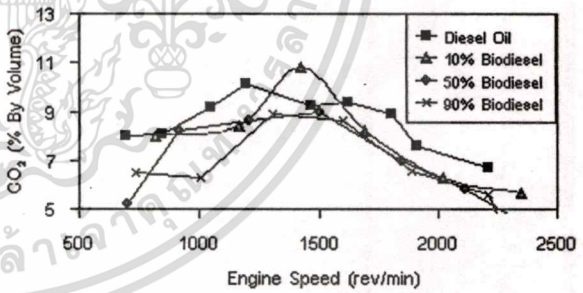
รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันยังผลเฉลี่ยกับความเร็วรอบของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

จากผลการทดลองรูปที่ 8 และรูปที่ 9 พบว่าไบโอดีเซลผสม 10% จะให้ค่ากำลังเบรกและความดันยังผลเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเทียบกับไบโอดีเซลผสมที่อัตราส่วนผสมอื่น โดยเมื่อผสมไบโอดีเซลในอัตราส่วนการผสมที่เพิ่มมากขึ้นจะมีแนวโน้มทำให้กำลังเบรกและความดันยังผลเฉลี่ยของเครื่องยนต์มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับไบโอดีเซลในอัตราส่วนการผสมที่ต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากการผสมไบโอดีเซลในอัตราส่วนการผสมที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้น้ำมันมีค่าความหนืดสูงขึ้นส่งผลให้น้ำมันที่สเปรย์ออกมาเป็นฝอยไม่ดีละอองน้ำมันมีขนาดใหญ่น้ำมันพุ่งไปไกลแทนที่จะพุ่งเป็นละอองเล็กๆการผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศเป็นไปอย่างไม่ทั่วถึงทำให้การสันดาปเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ส่งผลให้กำลังและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลง



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับความเร็วรอบของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

จากผลการทดลองรูปที่ 10 พบว่าไบโอดีเซลผสม10% มีค่าการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับไบโอดีเซลผสมที่อัตราส่วนผสมอื่นซึ่งสามารถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้ใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซลที่ 100% โดยเมื่อผสมไบโอดีเซลในอัตราส่วนการผสมที่เพิ่มมากขึ้นจะมีแนวโน้มทำให้การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับไบโอดีเซลในอัตราส่วนการผสมที่ต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากหลักการทำงานของปั๊มแรงดันสูงใช้การวัดปริมาตร [3] ดังนั้นสำหรับปั๊มเชื้อเพลิงที่ปรับไว้แล้วหากมีการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของน้ำมันเชื้อเพลิงแล้วจำนวนเนื้อของเชื้อเพลิงที่อัดผ่านหัวฉีดจะแตกต่างกันไปโดยที่หากความหนาแน่นสูงขึ้นเนื้อเชื้อเพลิงจะถูกฉีดออกไปมากจึงส่งผลให้มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่าง CO_2 กับความเร็วรอบของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

จากผลการทดลองรูปที่ 11 พบว่าไบโอดีเซลเมื่อนำไปผสมกับเชื้อเพลิงดีเซลปกติในสัดส่วนของการผสมแม้เพียงเล็กน้อย จะช่วยทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง เมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลปกติ หรืออาจกล่าวได้ว่าการลดลงของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะแปรผกผันกับอัตราส่วนการผสมไบโอดีเซลที่เพิ่มมากขึ้น จากกราฟพบว่าไบโอดีเซลที่ส่วนผสม 90% จะมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุดและน้ำมันดีเซลจะมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สรุปผลการทดลอง

1. การนำไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ในอัตราส่วนการผสม 10% มาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลชนิดรอบสูงจะไม่เกิดปัญหาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางด้านความหนืดและจุดไหลเทของน้ำมันเนื่องจากน้ำมันชนิดนี้มีค่าความหนืดและจุดไหลเทอยู่ในเกณฑ์ไม่เกินค่ามาตรฐานข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลหมุนเร็วกระทรวงพาณิชย์
2. จากผลการทดสอบกับเครื่องยนต์ปรากฏว่าที่อัตราส่วนการผสมที่ 10% มีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าการใช้น้ำมันดีเซลตามปกติเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้การนำไบโอดีเซลบริสุทธิ์จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มาผสมกับน้ำมันดีเซลแม้เพียงเล็กน้อยจะเป็นการช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกซึ่งในที่นี้คือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาผลาญเชื้อเพลิงปกติ (Fossil Fuel) ลงได้และการใช้ไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ยังมีส่วนช่วยในการลดมลพิษไอเสียอันเนื่องมาจากการมีค่าปริมาณกำมะถันที่ต่ำมาก
3. การนำไบโอดีเซลบริสุทธิ์ 100% มาใช้จำเป็นต้องรู้อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันยังเป็นของเหลวพอที่จะไหลได้เมื่อได้รับความเย็นโดยจุดเริ่มไหลของไบโอดีเซลบริสุทธิ์ 100% มีค่าจุดเริ่มไหลอยู่ที่อุณหภูมิ 15 ^{o}C จึงสามารถนำไปใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิที่ไม่ต่ำกว่า 15 ^{o}C โดยถ้านำน้ำมันไปใช้ในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 15 ^{o}C จะทำให้น้ำมันเกิดเป็นไขซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาการอุดตันตรงบริเวณท่อทางเดินและหม้อกรองน้ำมันดีเซล

เอกสารอ้างอิง

[1] ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์ 2544 "แนวทางการพัฒนาพลังงานทดแทนสำหรับ ประเทศไทยเพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม." วารสารราชบัณฑิตยสถาน ปีที่ 26 (2) : หน้า 7-19

[2] ประเสริฐ เทียนนิมิต ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และ ปานเพชร ชินินทร , "เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น", ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2544.

[3] ชำรง โชตะมังสะ และ สุจิตต์ สนองคุณ, "เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น", เม็ดทรายพริ้นติ้ง, [ม.ป.ป.].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน นางสาวกนกอร รจนากิจ

วันเดือนปีเกิด 2 มกราคม 2516

วุฒิการศึกษา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร 2540

ผลงานที่เคยได้รับการตีพิมพ์

2542 : อิทธิพลของอุณหภูมิและความดันในการฉีดต่อการไหลของพลาสติกโพลีอะซีตัล
Effects of Temperature and Pressure on Bar flow length of Polyacetal Plastic
สัมมนาวิชาการวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13 (NMEC 13th)
บทความทางวิชาการ เล่มที่ 1/2

2545 : การทำไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด
Transesterification of Biodiesel from Refined Palm Oil Stearin for Using in Compression Ignition Engine
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 16
(Mechanical Engineering of Thailand The 16th Conference)

2545 : การใช้เมทิลเอสเทอร์จากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด
Using Methyl Ester of Refined Palm Oil Stearin for Compression Ignition Engine
วารสารประชุมสัมมนาวิชาการวิศวกรรมยานยนต์ ครั้งที่ 2 จัดโดยสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ไทย (สวยท.) (Society of Automotive Engineers – Thailand (TSAE))

2546 : การพัฒนาไบโอดีเซลจากไขน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด
Development Biodiesel from Refined Palm Oil Stearin for Use as a Fuel in Compression Ignition Engine
วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบังฉบับที่ 1 ปีที่ 11 เดือนเมษายน พ.ศ 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2546 : Using Methyl Ester of Refined Palm Oil Stearin for Compression Ignition Engine
The 12th International Pacific Conference on Automotive Engineering, April 1-4, 2003 BITEC, Bangkok, Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้