

การปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขปาล์มสดเคียวิน
โดยการผสม

IMPROVEMENT OF BIODIESEL PROPERTIES DERIVED
FROM PALM STEARIN BY BLENDING

นันทมนตร์ จันทศิริสกุล
NUNTAMONT JUNSIRISAKUL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมปิโตรเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. ๒๕๔๖

ISBN 974-324-018-4

การปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขปาล์มสเตียรีน
โดยการผสม

IMPROVEMENT OF BIODIESEL PROPERTIES DERIVED
FROM PALM STEARIN BY BLENDING



นันทมนตร์ จันทรศิริสกุล

NUNTAMONT JUNSIRISAKUL

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....49572
วัน, เดือน, ปี 24 ก.พ. 2547

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมปิโตรเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2546

ISBN 974-324-918-4

**IMPROVEMENT OF BIODIESEL PROPERTIES DERIVED
FROM PALM STEARIN BY BLENDING**

NUNTAMONT JUNSIRISAKUL

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN PETROCHEMICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2003

ISBN 974-324-918-4

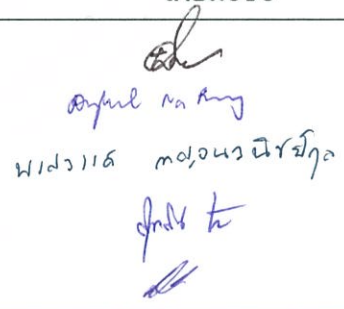
COPYRIGHT 2003

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขปาล์มสเตียรินโดยการผสม
IMPROVEMENT OF BIODIESEL PROPERTIES DERIVED FROM PALM
STEARIN BY BLENDING
ชื่อนักศึกษา นางสาวนันทมนตร์ จันทร์ศิริสกุล
รหัสประจำตัว 43061212
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมปิโตรเคมี
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ดร.อภิรักษ์	นัมคณิสร์	
ดร.ดวงกมล	ณ ระนอง	
ดร.พรสวรรค์	กาญจนวนิชย์กุล	
อาจารย์สุธาสินี	เนรมิตดกพงศ์	
รศ.ดร.ประกอบ	กิจไชยา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 15 ตุลาคม 2546 เวลา 10.30-12.30 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร 12 ชั้น ชั้น 4 (ห้อง E12-404)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว
(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัครฐ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....11.....เดือน.....ธันวาคม.....พ.ศ. ๒๕๔๖

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขปลาล์ม สเตียร์นโดยการผสม
นักศึกษา	นางสาว นันทมนตร์ จันทร์ศิริสกุล
รหัสประจำตัว	43061212
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมปิโตรเคมี
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. ประกอบ กิจไชยา

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ นำเสนอการปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขปลาล์มสเตียร์น ด้วยการผสม เพื่อให้ น้ำมันดีเซลชีวภาพมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานในเครื่องยนต์ ดีเซลหมุนเร็ว เริ่มต้นจากการสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพจากปลาล์มสเตียร์น โดยทำปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันกับเมทานอล ด้วยอัตราส่วนโดยโมลปลาล์มสเตียร์นต่อเมทานอลเท่ากับ 1:6 ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของปลาล์มสเตียร์น ทำปฏิกิริยาที่ ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 150 นาที ในเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบกะ น้ำมันดีเซล ชีวภาพที่สังเคราะห์ได้มีความหนืดที่ 40°C และจุดไหลเทมีค่าเท่ากับ 4.6 cSt และ 16°C ตามลำดับ ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลหมุนเร็วตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2541 การปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากปลาล์มสเตียร์นทำโดยนำน้ำมันดีเซล ชีวภาพที่ได้ผสมกับเอทานอลในปริมาณ 15 และ 35 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร หรือผสมกับน้ำมัน ดีเซลที่ปริมาณ 20, 50, 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เมื่อตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง ดีเซลชีวภาพ และน้ำมันดีเซลชีวภาพผสมด้วยวิธีมาตรฐาน ASTM ของน้ำมันดีเซล สำหรับ คุณสมบัติต่างๆ คือ ความถ่วงจำเพาะ, ธาตุกำมะถัน, การกัดกร่อนทองแดง, ปริมาณน้ำ และตะกอน, ปริมาณเถ้า, จุดวาบไฟ, สี, อุณหภูมิการกลั่น, พลังงานจากการเผาไหม้, ความหนืด, จุดไหลเท, จุด หมอก และปริมาณกากถ่าน พบว่าการผสมด้วยเอทานอลทำให้น้ำมันดีเซลชีวภาพมีความหนืด ลดลงผ่านเกณฑ์มาตรฐานกระทรวงพาณิชย์ แต่ค่าจุดไหลเทยังคงลดลงไม่มากนัก (13°C) เมื่อผสม ด้วยน้ำมันดีเซล พบว่าที่อัตราส่วน 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ทำให้ความหนืดลดลงมีค่าเท่ากับ 3.5 cSt และมีค่าจุดไหลเทเท่ากับ 7°C ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดคุณสมบัติของน้ำมันดีเซล

Thesis Title	Improvement of Biodiesel Properties Derived from Palm Stearin by Blending
Student	Miss Nuntamont Junsirisakul
Student ID	43061212
Degree	Master
Programme	Petrochemical Engineering
Year	2003
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Prakob Kitchaiya

ABTRACT

This thesis proposes an improvement of biodiesel properties derived from palm stearin by blending to suit the high speed diesel engine. The biodiesel was synthesized by transesterification reaction of palm stearin with methanol at the molar ratio of 1:6 in the presence of sodium hydroxide catalyst (0.5% weight of palm stearin), at 1 atm and 60°C for 150 minutes. The biodiesel product had high viscosity and pour point at 4.6 cSt and 16°C, respectively and it did not meet the diesel fuel standard. Improvement of fuel properties of the biodiesel product was performed by blending with ethanol 15 and 35 %vol. or diesel fuel 20, 50, 70, 80 %vol. The fuel properties of biodiesel of palm stearin and their blends were tested according to the diesel ASTM standard such as specific gravity, sulfur, corrosion, water and sediment, ash, flash point, color, distillation, energy of combustion, viscosity, pour point, cloud point and carbon residue. It was found that when blending biodiesel with ethanol the blended fuel had lower viscosity and pour point but the decreasing of pour point still did not meet the diesel standard. The blend of biodiesel and diesel 50 %vol. had the viscosity of 3.5 cSt and pour point of 7°C which followed the diesel standard.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำ และความอนุเคราะห์จากบุคคล และองค์กรหลายฝ่าย ก่อนอื่นผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ. ดร. ประกอบ กิจไชยา ที่ให้โอกาสผู้วิจัยได้เป็นส่วนหนึ่งในการทำงานวิจัย พร้อมทั้งสร้างความเชื่อมั่นที่ทำให้ผู้วิจัยมีความมั่นใจในความสามารถสำหรับทำงานวิจัยด้านวิศวกรรม รวมทั้งให้คำแนะนำ และคำปรึกษาที่มีคุณค่ายิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และการปฏิบัติตัว อีกทั้งเป็นแบบอย่างในการศึกษาหาความรู้ตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัยผู้วิจัยมีความซาบซึ้งต่อความกรุณาดังกล่าวเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ คุณธิติมา โพธิ์สุข ผู้จัดการแผนกวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำมันเชื้อเพลิง และก๊าซ คุณขวัญฤดี เจียวแสง และคุณวิภาวี ฉันทรุจิ พนักงานวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำมันเชื้อเพลิงและก๊าซ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ที่ให้คำแนะนำในการทดสอบคุณสมบัติน้ำมันดีเซล ขอขอบคุณ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ สารเคมี และอุปกรณ์การทดสอบ คุณสมบัติผลิตภัณฑ์น้ำมันดีเซลในงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณบริษัท ลำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ปาล์มสเตียร์

ขอขอบคุณ นางสาวชัชรี ไทยสุชาติ และนายจักรพงษ์ ไชยบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ

ขอขอบพระคุณบิดา นายวิชัย จันทร์ศิริสกุล ที่ให้ความสนับสนุน ด้านการเงิน กำลังใจ และเข้าใจในจุดมุ่งหมายของการศึกษาของผู้วิจัยมาตลอด ขอขอบคุณเพื่อนแท้สำหรับมิตรภาพ และกำลังใจที่เป็นพลังในการต่อสู้ทุกครั้งที่พบกับอุปสรรคต่างๆ เป็นสิ่งที่ทำให้ผู้วิจัยบรรลุถึงเป้าหมาย ความมุ่งหวังในสิ่งที่ต้องการทำ และเป็นบุคคลที่ต้องการเป็น และขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาโท ที่ร่วมศึกษา และแลกเปลี่ยนความรู้มาโดยตลอด

สุดท้ายนี้คุณค่า และคุณประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าผู้วิจัยขออุทิศแด่ มารดา นางอำนวย จันทร์ศิริสกุล ผู้ให้ชีวิต ให้ความรัก ความดูแล และเสียสละเพื่อลูกๆ มาตลอด และผู้มีพระคุณ คุณครู อาจารย์ ทุกท่านทั้งในอดีต และปัจจุบัน

นันทมนตร์ จันทร์ศิริสกุล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV-VI
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 หลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ขอบเขต.....	4
2.2 น้ำมันดีเซล.....	4
2.2.1 ลักษณะและองค์ประกอบ.....	5
2.2.2 ชนิดของน้ำมันดีเซล.....	5
2.2.3 คุณสมบัติน้ำมันดีเซล.....	5
2.2.4 ข้อกำหนดคุณสมบัติน้ำมันดีเซล.....	6
2.3 น้ำมันและไขมัน.....	6
2.3.1 องค์ประกอบของน้ำมันและไขมัน.....	6
2.3.2 วิธีการปรับปรุงคุณสมบัติของไตรกลีเซอไรด์เพื่อให้ใช้กับเครื่องยนต์ ดีเซล.....	8
2.3.2.1 ไพโรไลซิส.....	9
2.3.2.2 ไมโครอิมัลชัน.....	9
2.3.2.3 ทำให้เจือจาง.....	10
2.3.2.4 ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	10
2.4 น้ำมันดีเซลชีวภาพ.....	11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.1	ตัวเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันชนิดกรด.....	12
2.4.2	ตัวเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันชนิดด่าง.....	12
2.4.3	ตัวเร่งปฏิกิริยาปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันชนิดเอนไซม์.....	13
2.4.4	กระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในปัจจุบัน.....	13
2.4.5	มาตรฐานน้ำมันดีเซลชีวภาพ.....	14
2.5	ปาล์มสเตียริน.....	14
2.5.1	องค์ประกอบน้ำมันปาล์ม และปาล์มสเตียริน.....	17
2.6	คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลและน้ำมันดีเซลชีวภาพ.....	18
2.6.1	ซีเทนนัมเบอร์.....	18
2.6.2	จุดวาบไฟ.....	20
2.6.3	อุณหภูมิการกลั่น.....	20
2.6.4	ความถ่วงจำเพาะ.....	20
2.6.5	ค่าความร้อน.....	20
2.6.6	จุดหมอก.....	20
2.6.7	จุดไหลเท.....	21
2.6.8	ความหนืด.....	21
2.7	การผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพ.....	21
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	25
3.1	ทดสอบคุณสมบัติสารตั้งต้น.....	25
3.2	การสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพจากปาล์มสเตียริน.....	25
3.2.1	อุปกรณ์.....	25
3.2.2	สารตั้งต้น.....	26
3.2.3	สภาวะการทำปฏิกิริยา.....	26
3.2.4	ขั้นตอนการทำปฏิกิริยา.....	26
3.3	การวิเคราะห์ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันดีเซลชีวภาพ.....	27
3.4	การผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยเอทานอล หรือน้ำมันดีเซล.....	28
3.5	การทดสอบคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซล.....	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล.....	30
4.1 คุณสมบัติสารตั้งต้น.....	30
4.2 คุณสมบัติน้ำมันดีเซลชีวภาพที่สังเคราะห์ได้.....	30
4.3 การผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยเอทานอล.....	32
4.4 การผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยดีเซล.....	32
4.4.1 ความถ่วงจำเพาะ.....	32
4.4.2 ปริมาณกำมะถัน.....	33
4.4.3 ค่าความร้อน.....	33
4.4.4 ความหนืด.....	33
4.4.5 จุดไหลเท.....	33
4.4.6 จุดหมอก.....	33
4.3.7 ปริมาณกากถ่าน.....	36
4.3.8 จุดวาบไฟ.....	36
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	37
5.1 สรุป.....	37
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	37
5.2.1 คุณสมบัติน้ำมันดีเซลชีวภาพ.....	37
5.2.2 จุดไหลเทและจุดหมอก.....	37
5.2.3 การทดสอบการใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซล.....	38
5.2.4 การใช้งาน.....	38
เอกสารอ้างอิง.....	39
ภาคผนวก ก.....	42
ประวัติ.....	48

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลในแต่ละประเทศ.....	7
2.2 โครงสร้างทางเคมีของกรดไขมันชนิดต่างๆ.....	8
2.3 องค์ประกอบเคมีของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ.....	8
2.4 องค์ประกอบของสารที่ได้จากการทำไพโรไลซิส น้ำมันทานตะวัน และน้ำมันถั่วเหลือง.....	9
2.5 คุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันชนิดต่างๆ.....	11
2.6 มาตรฐานน้ำมันดีเซลชีวภาพ ASTM D6751.....	14
2.7 ข้อกำหนดมาตรฐานน้ำมันดีเซลชีวภาพในแต่ละประเทศ.....	15
2.8 การเลือกใช้ไตรกลีเซอไรด์ชนิดต่างๆ เพื่อผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในแต่ละประเทศ.....	16
2.9 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันปาล์ม และปาล์มสเตอริน.....	18
2.10 ซีเทนนิมเบอร์ของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันชนิดต่างๆ.....	19
3.1 สารตั้งต้น เกรด แหล่ง และปริมาณที่ใช้ทำปฏิกิริยา.....	26
3.2 น้ำหนักโมเลกุลของปาล์มสเตอริน.....	26
3.3 องค์ประกอบร้อยละ โดยปริมาตรของเชื้อเพลิงผสมที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติ.....	29
3.4 คุณสมบัติที่ทดสอบ วิธีทดสอบและหน่วย.....	29
4.1 คุณสมบัติ วิธีทดสอบตามมาตรฐานของน้ำมันดีเซล ข้อกำหนดกระทรวงพาณิชย์ มาตรฐาน ASTM D975 และคุณสมบัติไบโอดีเซล น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลชีวภาพผสม.....	31
4.2 คุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากปาล์มสเตอรินผสมน้ำมันดีเซลที่มีความสัมพันธ์แบบเชิง เส้น.....	35

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน.....	10
2.2 ลำดับขั้นปฏิกิริยาพื้นฐาน ของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน.....	10
2.3 กระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาค้าง.....	13
2.4 กระบวนการการผลิตน้ำมันปาล์ม โอเลอิน ผลิตภัณฑ์รองปาล์มสเตียรีน และผลิตภัณฑ์จากน้ำมันปาล์ม.....	17
3.1 เครื่องปฏิกรณ์แบบกะขนาด 7 ลิตร.....	25
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความถ่วงจำเพาะ ปริมาณกำมะถัน ค่าความร้อน ความหนืด ปริมาณกากถ่าน จุดไหลเท และจุดหมอกกับร้อยละ โดยปริมาตรน้ำมันดีเซลในน้ำมันผสม.....	34
4.2 จุดหมอกของการผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพจากปาล์มสเตียรีนกับน้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลถั่วเหลืองกับน้ำมันดีเซล.....	35
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดวาบไฟ กับร้อยละ โดยปริมาตรน้ำมันดีเซลในน้ำมันดีเซลชีวภาพผสม.....	36
ก.1 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุกำมะถัน.....	42
ก.2 เครื่องวิเคราะห์การกัดกร่อนทองแดง.....	42
ก.3 เครื่องวิเคราะห์น้ำและตะกอน.....	43
ก.4 เครื่องวิเคราะห์จุดวาบไฟ.....	43
ก.5 เครื่องวิเคราะห์สีของน้ำมันดีเซล.....	44
ก.6 เครื่องวิเคราะห์อุณหภูมิการกลั่น.....	44
ก.7 เครื่องวิเคราะห์ค่าความร้อน.....	45
ก.8 เครื่องวิเคราะห์ค่าความหนืด.....	45
ก.9 เครื่องวิเคราะห์ค่าจุดไหลเท.....	46
ก.10 เครื่องวิเคราะห์ค่าจุดหมอก.....	46
ก.11 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณกากถ่าน.....	47

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันโลกมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นตลอดเวลาโดยพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่ 95% เป็นพลังงานจากฟอสซิล ส่วน 5% ที่เหลือ แบ่งเป็นพลังงานนิวเคลียร์ 2% และพลังงานอื่นๆ เช่น พลังงานลม แสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล 3% โดยปริมาณการใช้พลังงานจากฟอสซิล แบ่งเป็น น้ำมันดิบ 42% ก๊าซธรรมชาติ 25% และถ่านหิน 28% [1] ซึ่งแหล่งพลังงานฟอสซิล เป็นพลังงาน ชนิดใช้แล้วหมดไปมีอยู่อย่างจำกัด และมีราคาสูงขึ้นตลอดเวลา รวมทั้งในปัจจุบันมนุษย์ให้ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น จากการเกิดปรากฏการณ์โลกร้อน อันเป็นผลมาจากการเกิดสภาวะเรือนกระจก ซึ่งเกิดจากการมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมากในบรรยากาศโลก ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่ากระบวนการผลิต และใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากฟอสซิลนั้นมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณมาก ดังนั้นปัจจุบันในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วจึงมีความพยายามหาแหล่งพลังงานทดแทนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งนอกเหนือจากพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ชนิดอื่นๆ แล้วยังมีชีวมวลเป็นพลังงานทดแทนน้ำมันดิบที่ได้รับการความสนใจอย่างมากในสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และยุโรปโดยเฉพาะในออสเตรเลีย [2] สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีปริมาณพลังงานสำรองไม่มากนัก แบ่งเป็นน้ำมันดิบ 17 พันล้านลิตรเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ลทนด.), ก๊าซธรรมชาติ 357 พันล้าน ลทนด. และถ่านหิน 1,676 พันล้าน ลทนด. เมื่อเทียบกับความต้องการใช้พลังงานทั้งหมดภายในประเทศเฉพาะปี พ.ศ. 2540 ที่สูงถึง 93 พันล้าน ลทนด. ในขณะที่ปริมาณพลังงานที่ใช้ในประเทศ (จากปี พ.ศ. 2540) ไม่มีแนวโน้มว่าจะลดลง [1] ซึ่งประเทศไทยต้องนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์ถึง 63% ของพลังงานที่ใช้ในปี พ.ศ. 2544 สำหรับน้ำมันดิบมีอัตราการขยายตัวของการใช้ภายในประเทศ เพิ่มขึ้นจาก 0 % ในปี พ.ศ. 2543 เป็น 10 % ในปี 2545 [3] ดังนั้นหากประเทศไทยสามารถผลิต และใช้น้ำมันดิบชีวมวลจาก พืช น้ำมัน หรือแหล่งไทรกลีเซอไรด์ที่มีอยู่ หรือเหลือใช้ภายในประเทศจะทำให้ประเทศไทยลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศ อันจะส่งผลดีต่อความมั่นคงทางพลังงาน และเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ

โดยทั่วไปน้ำมันดิบชีวมวลหมายถึงเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมัน หรือ ไขมันของพืช และสัตว์ (ไทรกลีเซอไรด์) ซึ่งสังเคราะห์ได้จากการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมัน หรือ ไขมัน กับเมทานอล หรือเอทานอล มีค่าหรือกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยทั่วไปนิยมใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเนื่องจากสามารถเร่งปฏิกิริยาได้เร็วกว่ากรด ด่างที่นิยมใช้คือ โซดาไฟ [4] คุณสมบัติเมทิลเอสเทอร์ หรือเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้ขึ้นกับชนิดของไทรกลีเซอไรด์ที่ใช้ทำปฏิกิริยา

[4,5] น้ำมันดีเซลชีวภาพมีคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชื้อเพลิงเช่น ความหนืด ค่าความร้อน ค่าซีเทน นัมเบอร์ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล สามารถใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์ นอกจากนั้นน้ำมันดีเซลชีวภาพอาจสังเคราะห์ได้จากน้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานแบบหมุนเวียน โดยมีการผลิตทดแทนได้ตลอดเวลา ในด้านการรักษาสังแวดล้อมได้มีงานวิจัยมากมายแสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพช่วยลดมลพิษทางอากาศ เช่น สหรัฐอเมริกา (US Department of Energy) รายงานว่าเมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพกับน้ำมันดีเซล เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพมีการปลดปล่อย ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ สารไฮโดรคาร์บอน อนุภาคของแข็ง (Particulate matter) และสารประกอบกำมะถันลดลง ในขณะที่มีการปลดปล่อย NO_x เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย [6-8] อย่างไรก็ตามการนำน้ำมันดีเซลชีวภาพมาใช้งานยังมีข้อจำกัดหลัก 2 ประการคือ ราคา และคุณสมบัติเชื้อเพลิงบางประการ น้ำมันดีเซลชีวภาพมีราคาสูงกว่าน้ำมันดีเซล การแก้ปัญหาด้านราคาสามารถทำได้หลายทาง เช่น การปรับปรุงกระบวนการผลิต การปรับปรุงตัวเร่งปฏิกิริยา แต่ที่สำคัญที่สุดคือ การเลือกใช้น้ำมันพืช หรือไขมันที่มีราคาถูกในการสังเคราะห์ เช่น ไขมันสัตว์ ไขมันปาล์ม หรือไขมันสเตียรีน และน้ำมันพืชใช้แล้ว ส่วนการผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพกับเอทานอล หรือน้ำมันดีเซลด้วยอัตราส่วนต่างๆ สามารถแก้ปัญหาด้านราคา และคุณสมบัติเชื้อเพลิงเช่น ความหนืด จุดไหลเท จุดหมอก [9]

ประเทศไทยมีการปลูกปาล์มน้ำมัน ประมาณ 12 ล้านไร่ ซึ่งให้ปาล์มทลาย 3,000 ล้านตัน/ปี เพื่อป้อนเข้าสู่อุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปาล์มที่ให้น้ำมันปาล์มโอเลอินสำหรับบริโภค 1.2 ล้านตัน/ปี และมีผลิตภัณฑ์รอง คือ ปาล์มสเตียรีนประมาณ 124,200 ตัน/ปี [10] ปาล์มสเตียรีนมีลักษณะทางกายภาพเป็นของแข็งกึ่งของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เป็นสารอินทรีย์ประเภทไตรกลีเซอไรด์ เช่นเดียวกับน้ำมันปาล์มโอเลอิน แต่มีองค์ประกอบของกรดไขมันประเภทอิ่มตัวมากกว่า [11] จึงไม่นิยมบริโภคในปริมาณมากเช่นเดียวกับน้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันถั่วเหลือง แต่สามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น เนยเทียม (Margarine), ครีมเทียม, สบู่, และครีมฉาบหน้าขนม (Confectionery Fat) [12] ในประเทศไทย มีปริมาณการบริโภคปาล์มสเตียรีนน้อยกว่าปริมาณการผลิตทำให้เกิดภาวะล้นตลาด มีราคาถูกกว่าน้ำมันปาล์มประมาณครึ่งหนึ่ง ดังนั้นปาล์มสเตียรีนจึงมีศักยภาพเพียงพอที่จะนำมาผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง [10]

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อให้ทราบคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซลของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากปาล์มสเตียรีน
2. เพื่อศึกษาผลการผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพจากปาล์มสเตียรีนด้วยตัวทำละลายเอทานอล และน้ำมันดีเซล ที่มีต่อคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซล

3. เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซลของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขปล้ำมสเตียร์นให้เหมาะสมกับการใช้งานในเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็วมากยิ่งขึ้น ตามข้อกำหนดคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซลตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ ปีพ.ศ. 2541

4. เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับอนาคต ในการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพจากปล้ำมสเตียร์นระดับอุตสาหกรรม และการใช้งานน้ำมันดีเซลชีวภาพจากปล้ำมสเตียร์นเชิงพาณิชย์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ตั้งเครื่องหมักเอสเตอร์ของปล้ำมสเตียร์นด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ
2. ทดสอบคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซลของน้ำมันดีเซลชีวภาพที่สังเคราะห์ได้ และน้ำมันดีเซลชีวภาพผสมด้วยวิธีมาตรฐาน ASTM
3. เปรียบเทียบผลการทดสอบคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซลของน้ำมันดีเซลชีวภาพที่สังเคราะห์ได้ กับข้อกำหนดคุณสมบัติน้ำมันดีเซลตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ พ.ศ. 2541 และมาตรฐานน้ำมันดีเซล ASTM D975
4. ทดลองผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพจากปล้ำมสเตียร์นที่สังเคราะห์ได้ด้วย เอทานอล และน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วนต่างๆ
5. ทดสอบ และเปรียบเทียบคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซลของน้ำมันดีเซลชีวภาพผสมที่ได้กับข้อกำหนดคุณสมบัติน้ำมันดีเซลตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ พ.ศ. 2541 และมาตรฐานน้ำมันดีเซล ASTM D975
6. คุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซลที่ทดสอบ คือ ความถ่วงจำเพาะ ชาติกัมมะถัน การกัดกร่อน ทองแดง ปริมาณน้ำและตะกอน ปริมาณเถ้า จุดวาบไฟ สี อุณหภูมิการกลั่น พลังงานจากการเผาไหม้ ความหนืด จุดไหลเท จุดหมอก และปริมาณกากถ่าน ส่วนค่าซีเทนนับเบอร์ไม่ได้ทดสอบเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการทดสอบสูงมาก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซลของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากปล้ำมสเตียร์น
2. ทราบถึงคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซลของน้ำมันดีเซลชีวภาพผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ
3. ทราบปริมาณการผสมน้ำมันดีเซลกับน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ให้คุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลที่เหมาะสมกับการใช้งานภายในประเทศ
4. เป็นข้อมูลสำหรับการผลิต และใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขปล้ำมสเตียร์น ในอนาคต

บทที่ 2

หลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขอบเขต

หลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ จะกล่าวถึงหลักการ และงานวิจัยการสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยวิธีต่างๆ ในด้านข้อได้เปรียบ เสียเปรียบ ของแต่ละวิธี โดยแสดงให้เห็นถึงผลของปัจจัยต่างๆ เช่น สารตั้งต้น (น้ำมันพืช ไขมันสัตว์ และน้ำมันพืชใช้แล้ว), ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี (กรด และด่างชนิดต่างๆ) และชนิดของแอลกอฮอล์ ที่มีผลต่อคุณสมบัติน้ำมันดีเซลชีวภาพ รวมทั้งงานวิจัยที่กล่าวถึงตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่นๆ

ด้านคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซล และคุณสมบัติน้ำมันดีเซลชีวภาพนั้นจะกล่าวถึงหลักการ และรายงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติต่างๆ นั้นมีผลต่อประสิทธิภาพ และการใช้งานของเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็วอย่างไร รวมทั้งแสดงให้เห็นข้อกำหนดคุณสมบัติน้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลชีวภาพ ของมาตรฐานต่างๆ เช่น มาตรฐาน ASTM, มาตรฐาน DIN และในประเทศต่าง เช่น สหรัฐอเมริกา ยุโรป และออสเตรเลีย

ด้านการปรับปรุงคุณสมบัติ กล่าวถึงวิธีการต่างๆ ที่ใช้ปรับปรุงน้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ ให้มีคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซลที่ดีขึ้น รวมถึงการปรับปรุงคุณสมบัติน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยการผสม ในอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสม ราคาที่สามารถแข่งขันกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นได้ และให้ประโยชน์สูงสุดต่อสิ่งแวดล้อม

2.2 น้ำมันดีเซล [13]

น้ำมันดีเซล คือ น้ำมันปิโตรเลียมชนิดที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล น้ำมันดีเซลเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมดิบ โดยน้ำมันปิโตรเลียมดิบเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทต่างๆ ตั้งแต่พวกโมเลกุลเล็กที่สุด จนถึงพวกโมเลกุลใหญ่ นอกจากนั้นยังมีสารอินทรีย์ที่มีกำมะถัน ออกซิเจน และ ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ และยังมีโลหะบางชนิดปนอยู่ด้วย โดยสารไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันปิโตรเลียมดิบแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ คือ พาราฟิน (Paraffin) แนฟทีน (Naphthene) และอะโรมาติก (Aromatic) การกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมดิบจะได้ ก๊าซ และน้ำมันสำเร็จรูปชนิดต่างๆ คือ

1. ก๊าซธรรมชาติ และ แอลพีจี (LPG)
2. น้ำมันเบนซิน
3. น้ำมันเครื่องบินไอพ่น
4. น้ำมันดีเซล

5. น้ำมันเตา

2.2.1 ลักษณะและองค์ประกอบ[13]

น้ำมันดีเซลประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเช่นเดียวกับที่มีในน้ำมันดิบ คือ พาราฟิน แนฟทีน และอะโรมาติก แต่มีจำนวนคาร์บอน 10 ถึง 20 อะตอมในโมเลกุล ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบที่ความดันบรรยากาศในช่วงอุณหภูมิ 220-370 °C นอกจากนั้นยังได้จากระบวนการเปลี่ยนสภาพโมเลกุลของน้ำมันหนัก หรือกากน้ำมันเพื่อให้เป็นน้ำมันที่มีจำนวนคาร์บอนเล็กลงได้ น้ำมันที่มีโมเลกุลเล็กลงซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูง กระบวนการเปลี่ยนสภาพโมเลกุลได้แก่หน่วยแตกโมเลกุลด้วยความร้อน (Thermal cracking), หน่วยแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา, (Catalytic cracking) และกระบวนการไฮโดรแครกกิง (Hydro cracking) ซึ่งน้ำมันที่ได้จากการแตกล้ำมันหนัก มักจะมีกำมะถันอยู่มาก่อนนำมาผสมเป็นน้ำมันดีเซลต้องผ่านหน่วยกำจัดกำมะถัน แล้วนำไปผสมกันในสัดส่วนที่พอเหมาะ เพื่อให้ได้น้ำมันดีเซลที่มีคุณภาพตามต้องการ

2.2.2 ชนิดของน้ำมันดีเซล [14]

ชนิดของน้ำมันดีเซลสามารถแบ่งตามขนาดของเครื่องยนต์ดีเซล โดยปัจจุบันประเทศไทย มีจำหน่ายอยู่ 2 ชนิดคือ

1. น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (High Speed Diesel) มีช่วงจุดเดือดประมาณ 180-370 °C ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลของยานยนต์ และเครื่องจักรกลทุกชนิดที่มีรอบหมุนเร็วเกิน 1000 รอบต่อนาที ใช้สำหรับงานที่การเปลี่ยนแปลงความเร็วบ่อย เช่น รถยนต์ขนส่ง รถบรรทุก และรถไฟ

2. น้ำมันดีเซลหมุนช้า (Low Speed Diesel) เป็นน้ำมัน ผสมระหว่างน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว และน้ำมันเตาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีรอบต่ำประมาณ 500-1000 รอบต่อนาทีใช้สำหรับงานที่ค่อนข้างหนัก และรอบค่อนข้างคงที่เช่น สถานีผลิตไฟฟ้า สถานีสูบน้ำ

2.2.3 คุณสมบัติน้ำมันดีเซล [13]

คุณสมบัติพื้นฐานที่สำคัญของน้ำมันดีเซลแบ่งออกได้ 4 ประเภทคือ

1. คุณสมบัติการจุดระเบิดหรือติดไฟ (Ignition quality) วัดได้จากค่าดัชนีซีเทน หรือค่าซีเทนนิมเบอร์ซึ่งค่าดังกล่าวบ่งบอกความสามารถในการเผาไหม้ ป้องกันเกิดการน็อกของเครื่องยนต์

2. คุณสมบัติการไหล (Fluidity atomization) ขึ้นอยู่กับ

- 2.1 ค่าความหนืด (Viscosity) ของน้ำมันดีเซล

- 2.2 จุดไหลเท (Pour point) กำหนดไว้เพื่อแสดงอุณหภูมิที่น้ำมันยังคงสามารถไหลเทได้ เมื่อใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ

- 2.3 จุดหมอก (Cloud point) เพื่อแสดงอุณหภูมิที่น้ำมันเริ่มเป็นไขซึ่งอาจอุดตันไส้กรองน้ำมันได้

3. คุณสมบัติการระเหย (Volatility) คือ ความสามารถในการระเหยตัวของน้ำมัน ซึ่งสามารถกำหนดได้จากค่าอุณหภูมิการกลั่น และจุดวาบไฟ (Flash point)

4. ความสะอาด (Cleanliness) น้ำมันดีเซลต้องมีความสะอาดทั้งก่อนและหลังการเผาไหม้ เช่น จะต้อง มีน้ำและตะกอน (Water and Sediment), คาร์บอน (Carbon residue), อนุภาคของแข็ง (Particulate matter), ปริมาณกำมะถัน (Sulfur) และเถ้า (Ash) น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อป้องกันไม่ให้หัวฉีด และเครื่องยนต์สกปรก

2.2.4 ข้อกำหนดคุณสมบัติน้ำมันดีเซล [15]

ข้อกำหนดคุณสมบัติน้ำมันดีเซลมีหลายมาตรฐานในแต่ละประเทศกำหนด และมีมาตรฐานสากลเช่น มาตรฐาน ASTM D975 ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งข้อกำหนดในแต่ละประเทศนั้นขึ้นกับภูมิประเทศ และสภาพอากาศที่ใช้งาน แสดงในตารางที่ 2.1

2.3 น้ำมันและไขมัน

เป็นเวลานานกว่า 100 ปีมาแล้วที่มีการใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล โดยการทดลองของ Rudolf Diesel แต่หลังจากนั้นน้ำมันดีเซลมีราคาถูกกว่าน้ำมันพืช จึงหยุดการพัฒนาการใช้น้ำมันพืชจนกระทั่งปัจจุบันนี้กระแสดความสนใจด้านอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ประกอบกับน้ำมันปิโตรเลียมดิบที่ใช้ผลิตน้ำมันดีเซลมีราคาสูงขึ้นตลอดเวลา รวมทั้งโลกมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น การจัดหาเชื้อเพลิงทางเลือกกับเครื่องยนต์ดีเซล แทนน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมจึงมีความสำคัญเพิ่มขึ้นโดยพยายามใช้ทั้งน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ และน้ำมันพืชใช้แล้ว การใช้น้ำมันพืชโดยตรงนั้นมีข้อจำกัดหลายประการซึ่งมีรายงานวิจัยมากมายที่แสดงให้เห็นว่า การที่น้ำมันพืชมีความหนืดสูง มีจุดวาบไฟสูง มีองค์ประกอบที่เป็นกรด กรดไขมันอิสระ และกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวที่สามารถเกิดออกซิไดซ์ และโพลีเมอไรซ์เกิดเป็นยางเหนียวขณะใช้งาน และการกักเก็บ จากปัญหาดังกล่าวนั้นส่งผลกระทบต่อหลายประการโดยตรงทั้งเครื่องยนต์ และระบบการทำงานของปั๊ม และหัวฉีด เช่นเกิดการเกาะตัวของคาร์บอนในเครื่องยนต์ และหัวฉีดทำให้หัวฉีดอุดตัน การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ไม่สมบูรณ์

2.3.1 องค์ประกอบของน้ำมันและไขมัน [4]

น้ำมันและไขมัน เป็นสารประกอบประเภทไตรกลีเซอไรด์ที่ประกอบด้วยกรดไขมันโมเลกุลยาว (ตารางที่ 2.2) จำนวน 3 โมเลกุล ที่สร้างพันธะเป็นหมู่เอสเตอร์ 3 หมู่กับกลีเซอริน 1 โมเลกุล โดยที่กรดไขมันในโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์หนึ่ง โมเลกุลไม่จำเป็นต้องเป็นกรดไขมันชนิดเดียวกัน แสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งน้ำมัน และไขมันแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบของกรดไขมันแต่ละชนิดไม่เท่ากันทำให้น้ำมันและไขมันแต่ละชนิดมีความอึดอัดไม่เท่ากัน แสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.1 ข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลในแต่ละประเทศ[15] หมายเหตุ *ในฤดูหนาว “ในฤดูร้อน และ *ไม่กำหนด

	Australia	China	India	Japan	Singapore	South Korea	Thailand	Mexico	U.S. ASTM D 975	Califo rnia	European Union
เกรด	2002	—	—	—	—	—	—	D	No. 2	CARB	EN590
ซีเทนนัมเบอร์, ไม่ต่ำกว่า	—	45	48	50	49	—	47	42	40	48	51
ดัชนีซีเทน, ไม่ต่ำกว่า	46	—	—	45	—	45	47	45	—	—	46
ความหนาแน่น (kg/m ³) @ 15°C	820-860	—	820-870	—	—	—	810-870	820-880	—	820-870	820-860
ความหนืด ณ 37.8°C(cSt), ไม่ต่ำกว่า	2.0-4.5	3.0-8.0	2.0-5.0	2.7	—	2.0-5.8	1.8-4.1	—	4.1	2.0-4.1	2.0-4.5
อุณหภูมิการกลั่น (°C), ไม่สูงกว่า	—	300	—	—	—	—	—	245-310	—	243-293	—
50 %vol.	—	—	350	360	—	—	—	370	—	—	350
85 %vol.	—	350	—	—	370	360	350	—	338	288-321	—
90 %vol.	370	365	370	—	—	—	—	—	—	—	360—
กำมะถัน (ppm) ไม่สูงกว่า	500	2000-10000	2500	500	500	500	500	3500	5000	500	3500
อะโรมาติก (% vol.) ไม่สูงกว่า	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—
โพลีอะโรมาติก (% vol.) ไม่สูงกว่า	—	—	—	11	—	—	—	—	—	1.4	11
จุดวาบไฟ (°C) ไม่ต่ำกว่า	—	—	35	50	—	—	52	—	52	54	55
กากถ่าน 10% (% wt) ไม่สูงกว่า	—	0.3	0.3	0.2	—	—	0.05	0.25	—	0.15	0.3
CFPP (°C) ไม่สูงกว่า	—	65	6',18"	-5	—	—	—	—	—	—	—
จุดไหลเท (°C) ไม่สูงกว่า	—	-7	3',15"	-7.5	—	-10', 0"	10	—	—	—	—
จุดหมอก (°C) ไม่สูงกว่า	—	*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
น้ำและตะกอน (% vol.) ไม่สูงกว่า	—	0.05	—	—	—	—	0.05	0.05	0.05	0.05	0.0024
น้ำ (% vol.) ไม่สูงกว่า	—	0.03	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—
ตะกอน (mg/100 ml) ไม่สูงกว่า	—	—	1.6	—	—	—	—	—	—	—	—
เถ้า (% wt) ไม่สูงกว่า	—	0.01	0.01	—	—	—	0.01	—	—	—	—
ความเป็นกรด (mg KOH/g) ไม่สูงกว่า	—	0.5	0.2	—	—	0.01	—	—	—	—	—

ตารางที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของกรดไขมันชนิดต่างๆ[4]

ชนิดกรดไขมัน	โครงสร้าง	สูตร โมเลกุล
Lauric	12:0	C ₁₂ H ₂₄ O ₂
Myristic	14:0	C ₁₄ H ₂₈ O ₂
Palmitic	16:0	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
Stearic	18:0	C ₁₈ H ₃₆ O ₂
Arachidic	20:0	C ₂₀ H ₄₀ O ₂
Behemic	22:0	C ₂₂ H ₄₄ O ₂
Lignoceric	24:0	C ₂₄ H ₄₈ O ₂
Oleic	18:1	C ₁₈ H ₃₄ O ₂
Linoleic	18:2	C ₁₈ H ₃₂ O ₂
Linolenic	18:3	C ₁₈ H ₃₀ O ₂
Erueic	22:1	C ₂₂ H ₄₂ O ₂

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบเคมีของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ [4]

ชนิดน้ำมันพืช	องค์ประกอบกรดไขมันอิสระ wt. %									
	14:0	16:0	18:0	20:0	22:0	24:0	18:1	22:1	18:2	18:3
Corn	0	12	2	*	0	0	25	0	61	*
Cottonseed	0	28	1	0	0	0	13	0	58	0
Crambe	0	2	1	2	1	1	19	58	9	7
Linseed	0	5	2	0	0	0	20	0	18	55
Peanut	0	11	2	1	3	1	49	0	32	1
Rapeseed	0	4	1	0	0	0	65	0	22	8
Safflower	0	8	2	*	0	0	12	0	78	0
H.O. Sunflower	0	5	2	0	0	0	79	0	14	0
Sesame	0	13	4	0	0	0	53	0	30	0
Soya bean	0	12	3	0	0	0	23	0	56	6
Sunflower	0	6	3	0	0	0	17	0	74	0

* มีปริมาณน้อยมาก H.O. Sunflower คือ High Oleic Sunflower Oil

2.3.2 วิธีการปรับปรุงคุณสมบัติของไตรกลีเซอไรด์เพื่อให้ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล [4]

จากคุณสมบัติของไตรกลีเซอไรด์เช่น มีความหนืดสูง มีการระเหยต่ำ และมีความไม่อิ่มตัวสูงนั้น การแก้ปัญหาด้านคุณสมบัติดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

2.3.2.1 ไพโรไลซิส (Pyrolysis) [4]

เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพโมเลกุลโดยการให้ความร้อน (ในช่วง 450-850°C) ในสภาวะไร้ออกซิเจนหรืออากาศ หรือทำในบรรยากาศไนโตรเจน มีงานวิจัยมากมายทำไพโรไลซิสไตรกลีเซอไรด์แล้วได้ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมเป็นเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งได้ศึกษาในด้านผลของอุณหภูมิที่ทำไพโรไลซิส ชนิดตัวเร่งปฏิกิริยา (ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบเกลือของโลหะ เช่น ซิลิกาออกไซด์ อลูมินาออกไซด์) ที่มีผลต่อสารผลิตภัณฑ์ที่ได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสารไฮโดรคาร์บอนที่คล้ายกับที่มีในปิโตรเลียมดีเซล ซึ่งสารผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้แก่ พาราฟิน โอลิฟิน อะโรมาติก และกรดคาร์บอกซิลิก ซึ่งปริมาณสารดังกล่าวในผลิตภัณฑ์ ขึ้นกับชนิดไตรกลีเซอไรด์และปัจจัยต่างๆดังกล่าวข้างต้น เช่น ผลของสารตั้งต้นไตรกลีเซอไรด์ ตัวอย่างองค์ประกอบของสารที่ได้จากการทำไพโรไลซิสน้ำมันพืชบางชนิดได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.4

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำไพโรไลซิสไตรกลีเซอไรด์มีความเหมาะสมเป็นเชื้อเพลิงดีเซลคือ มีความหนืดลดลง มีจำนวนคาร์บอนต่อออกซิเจนมากขึ้นซึ่งเป็นผลดีต่อการลดการเกิด NO_x มีค่าซีเทนน้ำมันเบอร์สูงขึ้น มีกำมะถันน้อยลง มีค่าการกักความร้อนต่องวดลดลง และมีปริมาณน้ำและตะกอน ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ก็ยังคงมีค่า แก๊ส คาร์บอน และจุลชีพที่ยังไม่เหมาะสม อีกทั้งเครื่องปฏิกรณ์ และอุปกรณ์ในการทำไพโรไลซิส นั้นมีความซับซ้อนและราคาแพง

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบของสารที่ได้จากการทำไพโรไลซิส น้ำมันทานตะวัน และน้ำมันถั่วเหลือง [4]

ชนิด	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	
	น้ำมันดอกคำฝอย	น้ำมันถั่วเหลือง
Alkanes	37.5	31.1
Alkenes	22.2	28.3
Alkadienes	8.1	9.4
Aromatics	2.3	2.3
Unsaturated	9.7	5.5
Carboxylic acids	11.5	12.2
Unidentified	8.7	10.9

2.3.2.2 ไมโครอิมัลชัน (Microemulsions) [4, 16]

ไมโครอิมัลชัน หมายถึงการทำให้เกิดสภาวะสมดุลของการกระจายตัวเป็นคอลลอยด์ของของไหลไอโซโทรปิก โดยมีขนาดคอลลอยด์เล็กประมาณ 1-150 นาโนเมตร ซึ่งจะเกิดขึ้นในของเหลวที่ไม่ละลายซึ่งกันและกัน ซึ่งนำมาใช้แก้ปัญหาคความหนืดของไตรกลีเซอไรด์ คือ การทำไมโครอิมัลชันกับตัวทำละลาย โดยทั่วไปนิยมใช้ แอลกอฮอล์ ซึ่งทำให้ไตรกลีไรด์มีความหนืด

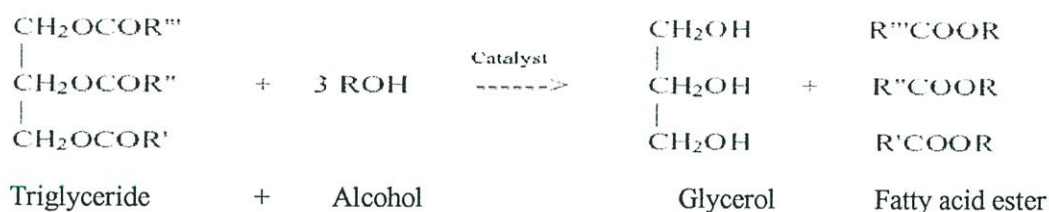
ลดลงและฉีดเป็นละอองด้วยหัวฉีดได้ดีขึ้น ซึ่งจะทำให้การเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลสมบูรณ์ขึ้น แต่อย่างไรก็ตามยังมีการเกาะตัวของคาร์บอนที่หัวฉีด และเกาะตัวของคาร์บอนจำนวนมากที่วาล์วไอดี

2.3.2.3 ทำให้เจือจาง (Dilution) [4, 16]

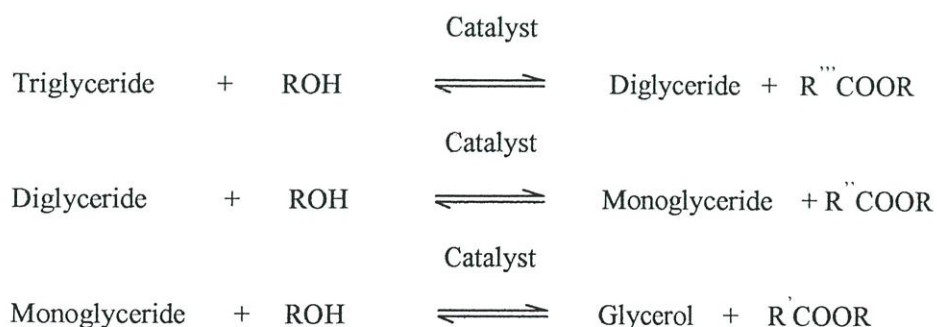
การผสม หรือ เจือจาง ไตรกลีเซอไรด์ด้วยสารอื่น เช่น แอลกอฮอล์ หรือผสมด้วยน้ำมันดีเซล ทำให้ไตรกลีเซอไรด์มีความหนืดลดลง มีรายงานการผสมน้ำมันทานตะวันด้วยน้ำมันดีเซล อัตราส่วนน้ำมันทานตะวันมากกว่า 50 %vol. เมื่อใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลเป็นเวลานานพบว่ามีการอุดตันของคาร์บอนที่หัวฉีด และเมื่อลองผสมด้วยอัตราส่วนดีเซลมาก เมื่อทดสอบการใช้งานในระยะยาวพบการเกาะตัวของน้ำมันหล่อลื่น และจากการผสมด้วยตัวทำละลายที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันดีเซลเช่น ตัวทำละลายผสมที่มี พาราฟิน 48% กับ แนพทา 52% พบว่ามีการเกาะตัวของคาร์บอน ที่วาล์วไอดี และ ประเก็น

2.3.2.4 ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification) [17]

ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน คือการแทนที่หมู่แอลกอฮอล์ของกลีเซอรินในไตรกลีเซอไรด์ด้วยแอลกอฮอล์อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งจะได้หมู่เอสเทอร์ของกรดไขมันตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่มาแทนที่ ซึ่งเป็นวิธีลดความหนืดของไตรกลีเซอไรด์ที่นิยมมาก และเรียกเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้ว่าน้ำมันดีเซลชีวภาพ (Biodiesel) สมการปฏิกิริยา และสมการย้อนปฏิกิริยาแสดงในรูปที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ



รูปที่ 2.1 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน



รูปที่ 2.2 ลำดับขั้นตอนปฏิกิริยาพื้นฐาน ของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

2.4 น้ำมันดีเซลชีวภาพ (Biodiesel)

น้ำมันดีเซลชีวภาพอาจผลิตได้จากไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมัน และไขมันจากพืช และสัตว์ รวมทั้งน้ำมันพืชใช้แล้วซึ่งจะให้คุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซลที่แตกต่างกันตามชนิดของน้ำมัน หรือไขมัน ดังแสดงในตารางที่ 2.5

น้ำมันดีเซลชีวภาพสังเคราะห์จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันไตรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์ แอลกอฮอล์ที่เหมาะสม คือ เมทานอล เอทานอล โพรพานอล บิวทานอล และเอมิลแอลกอฮอล์ แต่ที่นิยมใช้ คือ เมทานอลเพราะมีราคาถูก และหาได้ง่าย บางครั้งใช้เอทานอลเพราะผลิตจากแหล่งหมุนเวียนได้ ชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้จะให้น้ำมันดีเซลชีวภาพที่มีคุณสมบัติส่วนใหญ่ใกล้เคียงกัน แต่มีคุณสมบัติบางประการที่แตกต่างเช่น ความหนืด จุดไหลเท และจุดหมอก

ปี ค.ศ. 2001 Lang และคณะ [5] ทำการสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพจาก น้ำมันคาโนลา (Canola) และน้ำมันลินซีด (Linseed oil) กับ เมทานอล, เอทานอล, 2-โพรพานอล, และบิวทานอล พบว่าเอสเทอร์ของน้ำมันแต่ละชนิดที่ได้มีคุณสมบัติส่วนใหญ่ใกล้เคียงกัน แต่บิวทิลเอสเทอร์ของไขมันทุกชนิดมีจุดหมอกต่ำกว่า เมทิล เอทิล และโพรพิลเอสเทอร์ คือ มีจุดหมอกเท่ากับ -6°C ถึง -10°C เมทิลเอสเทอร์ และเอทิลเอสเทอร์มีจุดหมอกอยู่ในช่วง 1°C ถึง -2°C และ 2 โพรพิลเอสเทอร์มีจุดหมอกในช่วง 3°C ถึง 7°C แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าการสังเคราะห์เอสเทอร์ด้วยแอลกอฮอล์ที่มีหมู่อัลคิลที่ใหญ่กว่าจะทำให้เอสเทอร์ที่ได้มีจุดหมอกต่ำลง

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันชนิดต่างๆ [17]

เมทิลเอสเทอร์ ของน้ำมันพืช	ความหนืด (mm^2/sec)	ซีเทน เบอร์	ค่าความร้อน MJ/Liter	จุด หมอก $^{\circ}\text{C}$	จุด วาบ ไฟ $^{\circ}\text{C}$	ความ หนาแน่น g/L	กำมะถัน %wt
Peanut	4.9 (37.8°C)	54	33.6	5	176	0.883	
Soybean	4.5 (37.8°C)	45	33.5	1	178	0.885	
Babassu	3.6 (37.8°C)	63	31.8	4	127	0.879	
Palm	5.7 (37.8°C)	62	33.5	13	164	0.88	
Sunflower	4.6 (37.8°C)	49	33.5	1	183	0.86	
Tallow	-			12	96		
Rapeseed	4.2 (40°C)	51-59.7	32.8			0.882	
Used rapeseed	9.48 (30°C)	53	36.7		192	0.895	0.002
Used corn oil	6.23 (30°C)	63.9	42.3		166	0.884	0.0013

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันมีทั้ง ค่าง กรด และเอ็นไซม์

2.4.1 ตัวเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันชนิดกรด

ตัวเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันชนิดกรดได้แก่ กรดกำมะถัน (Sulfuric acid) กรดฟอสฟอริก (Phosphoric) กรดเกลือ (Hydrochloric) และกรดซัลโฟนิก (Organic sulfonic acid) ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรดจะมีความว่องไวต่อปฏิกิริยาค่ากว่าตัวเร่งชนิดต่าง [16] แต่ก็สามารถใช้ได้ดีกับไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันอิสระสูง และมีน้ำปนอยู่มาก [17]

2.4.2 ตัวเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันชนิดต่าง

ตัวเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันชนิดต่างได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมเมทอกไซด์ โซเดียมเอทอกไซด์ และอัลคอกไซด์อื่นๆ ซึ่งตัวเร่งอัลคาไลด์ดังกล่าว เร่งปฏิกิริยาได้เร็วกว่าตัวเร่งชนิดกรดถึง 4000 เท่า เมื่อใช้ปริมาณตัวเร่งเท่ากัน ดังนั้นในอุตสาหกรรมจึงนิยมใช้ตัวเร่งชนิดต่าง ซึ่งที่นิยมใช้มากที่สุดคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งมีราคาถูกและหาได้ง่าย [17]

ผลของปริมาณกรดไขมันอิสระ และน้ำในไตรกลีเซอไรด์ที่มีการเร่งปฏิกิริยาค้าง Ma และคณะ [18] ทำการวิจัยผลของตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่าง โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมเมทอกไซด์ ผลของกรดไขมันอิสระในไตรกลีเซอไรด์ และผลของปริมาณน้ำในแอลกอฮอล์ ที่มีต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของไขวัวพบว่า โซเดียมไฮดรอกไซด์ เร่งปฏิกิริยาได้เร็วกว่าโซเดียมเมทอกไซด์ ไขวัวมีกรดไขมันอิสระปนอยู่ได้ไม่เกิน 0.5% โดยน้ำหนักไขวัว และมีปริมาณน้ำในไขวัวได้ไม่เกิน 0.06% โดยน้ำหนักไขวัว ซึ่งน้ำ และกรดไขมันอิสระจะทำให้เกิดปฏิกิริยา Saponification เกิดเป็นสบู่ซึ่งสบู่จะรบกวนการแยกชั้นของเมทิลเอสเทอร์กับกลีเซอริน และการทำให้เมทิลเอสเทอร์บริสุทธิ์ทำได้ยาก รวมถึงทำให้ได้สารผลิตภัณฑ์น้อยลง

ผลของอัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์กับไตรกลีเซอไรด์ที่มีต่อปฏิกิริยานั้น เมื่อพิจารณาจากสมการของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันพบว่าอัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์กับไตรกลีเซอไรด์เท่ากับ 1:3 แต่จากการวิจัยของ Freedman และคณะ [19] ที่ศึกษาผลของอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น โดยทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ของน้ำมันพืชหลายชนิดคือ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันทานตะวัน ถั่วลิสง และน้ำมันเมล็ดฝ้าย โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์ต่อน้ำมัน ตั้งแต่ 1:1 ถึง 1:6 พบว่าน้ำมันทุกชนิดมีแนวโน้มเดียวกัน คือ มีค่าการเปลี่ยน (Conversion) มากขึ้นเมื่อมีอัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์ต่อน้ำมันเพิ่มขึ้น

ผลของการกวนผสมต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันจากรายงานการวิจัยของ Ma และคณะ [18] ที่ศึกษาผลของการกวนผสมต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของไขวัว ซึ่งสารตั้งต้นไขวัวที่หกลอมจนกลายเป็นของเหลวนั้นไม่รวมตัวกับสารละลายต่างในเมทานอล และไม่เกิดปฏิกิริยาหากไม่มีการกวนผสม

2.4.3 ตัวเร่งปฏิกิริยาปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันชนิดเอ็นไทม์ [17]

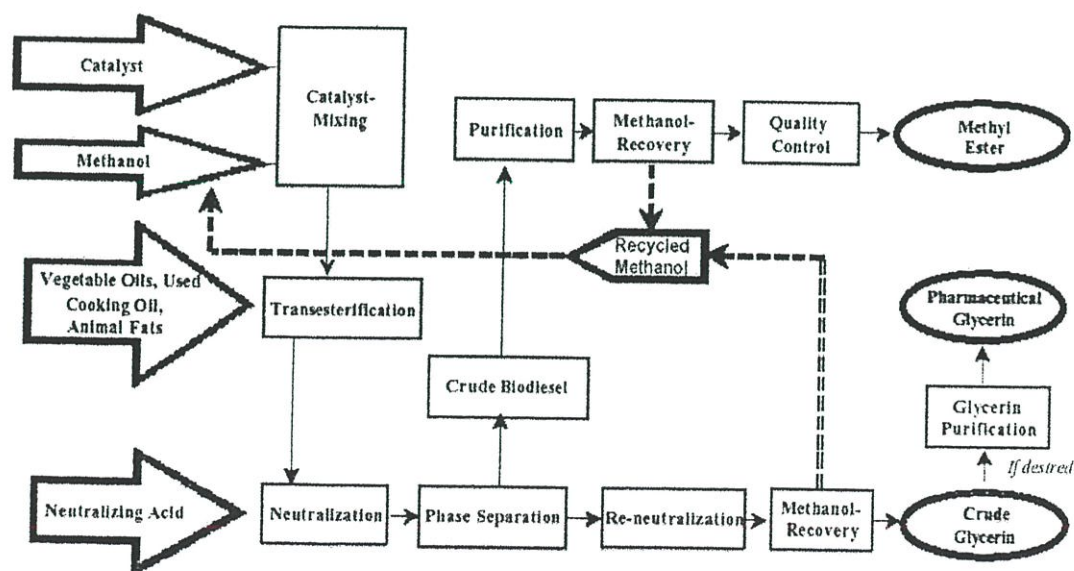
เอ็นไทม์ที่นิยมใช้เร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน คือ เอ็นไทม์ไลเปส ซึ่งเอ็นไทม์ไลเปสจะทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส กับไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นกรดไขมันอิสระ จากนั้นจึงทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระที่ได้ให้เป็นเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน ซึ่งต่างจากตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดค่างที่กรดไขมันอิสระเป็นสิ่งรบกวนปฏิกิริยา ทำให้ตัวเร่งเอ็นไทม์ใช้ได้คือน้ำมันพืชใช้แล้ว แต่อย่างไรก็ดีมีงานวิจัยมากมายแสดงให้เห็นว่าผลได้ของปฏิกิริยา และเวลาทำปฏิกิริยานั้นยัง ไม่ดีเท่าการเร่งปฏิกิริยาค่าง

2.4.4 กระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในปัจจุบัน [20]

การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในปัจจุบันใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาค่างมีข้อดีและข้อด้อยคือ ข้อดี

1. ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ และความดันต่ำ (60°C และความดันบรรยากาศ)
2. ให้ผลิตภัณฑ์ และมีค่าการเปลี่ยนสูง (98%) โดยมีปฏิกิริยาข้างเคียงน้อย และใช้เวลาทำปฏิกิริยาไม่นาน
3. กระบวนการไม่ซับซ้อน และไม่มีอุปกรณ์ และเครื่องมือพิเศษ

ถึงแม้ว่าจะมีการผลิตในปริมาณมากแต่มีปัญหาเรื่องสารตั้งต้นไตรกลีเซอไรด์ที่ต้องมีความบริสุทธิ์สูง คือต้องมีกรดไขมันอิสระ และน้ำปนอยู่น้อย ทำให้เกิดปัญหาเมื่อใช้สารตั้งต้นเป็นน้ำมันพืชใช้แล้ว หรือไขมันสัตว์ กระบวนการการผลิตด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาค่างแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาค่าง [20]

2.4.5 มาตรฐานน้ำมันดีเซลชีวภาพ

เนื่องจากน้ำมันดีเซลชีวภาพนั้นผลิตได้จากน้ำมันพืชและไขมันหลายชนิดที่มีคุณสมบัติต่างกันมีข้อดี และข้อด้อยแตกต่างกันเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียม ดังนั้นการกำหนดคุณภาพมาตรฐานนั้นมีไว้เพื่อให้ น้ำมันดีเซลชีวภาพมีคุณภาพเป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่ง ASTM (American Society of Testing & Materials) ได้กำหนดมาตรฐาน D6751 สำหรับน้ำมันดีเซลชีวภาพแสดงในตารางที่ 2.6 และในประเทศต่างๆที่ปัจจุบันมีการผลิตและใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพกำหนดมาตรฐานไว้ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.6 มาตรฐานน้ำมันดีเซลชีวภาพ ASTM D6751

คุณสมบัติ (ภาษาไทย)	Property	ASTM Method	ข้อกำหนด	หน่วย
จุดวาบไฟ	Flash Point	D93	ไม่ต่ำกว่า 130	°C
น้ำและตะกอน	Water & Sediment	D2709	ไม่สูงกว่า 0.050	% Volume
ความหนืด	Kinematic Viscosity (40 C)	D445	1.9-6.0	mm ² /sec
เถ้า	Sulfated Ash	D874	ไม่สูงกว่า 0.020	% mass
กำมะถัน	Sulphur	D5453	ไม่สูงกว่า 0.05	% mass
การกัดกร่อนทองแดง	Copper Strip Corrosion	D130	ไม่สูงกว่า No.3	
ซีเทนัมเบอร์	Cetane	D613	ไม่ต่ำกว่า 47	
จุดหมอก	Cloud Point	D2500	รายงาน	°C
กากถ่าน 100%	Carbon Residue (100% Sample)	D4530*	ไม่สูงกว่า 0.050	% mass
สารตัวอย่าง				
ความเป็นกรด	Acid Number	D664	ไม่สูงกว่า 0.80	mg KOH/gm
กลีเซอรินอิสระ	Free Glycerine	D6584	ไม่สูงกว่า 0.020	% mass
กลีเซอรินทั้งหมด	Total Glycerine	D6584	ไม่สูงกว่า 0.240	% mass
ปริมาณฟอสฟอรัส	Phosphorous Content	D4951	ไม่สูงกว่า 0.001	% mass
อุณหภูมิกลั่น	Distillation Temperature (90% 90%vol. Recovered)	D1160	ไม่สูงกว่า 360	°C

2.5 ปาล์มสเตียรีน (Palm Stearin)

น้ำมันดีเซลชีวภาพสังเคราะห์ได้จากน้ำมัน หรือ ไขมัน จากพืชและสัตว์หลากหลายชนิด ในหลายประเทศใช้น้ำมันพืชที่แตกต่างกันผลิตได้น้ำมันดีเซลภาพดังแสดงในตารางที่ 2.8

ในประเทศไทยมีการผลิตพืชน้ำมันหลายชนิด แต่ละชนิดนั้นมีศักยภาพในการนำมาผลิต น้ำมันดีเซลชีวภาพในระดับอุตสาหกรรมแตกต่างกัน ศักยภาพนั้นได้แก่ปริมาณการผลิตที่ต้องมี

เพียงพอ และสม่ำเสมอ รวมทั้งต้องมีราคาถูกเนื่องจากต้นทุนในการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพส่วน
ใหญ่ขึ้นกับราคาน้ำมันวัตถุดิบ [21]

ตารางที่ 2.7 ข้อกำหนดมาตรฐานน้ำมันดีเซลชีวภาพในแต่ละประเทศ [22]

Specifications	Units	Australia	France	Germany	Italy	Sweden	USA	Draft EU
Standard/Specification		ONC119	-	DINE51606	UNI10635	SS155436	ASTM	EN14214
		1					D6751	
Introduction Date		Jly 1997	Spt1997	Spt1997	Apr1997	Nov1996	2001	2001
Density @15°C	g/cm ³	0.85-0.89	0.87- .89	.875-0.90	0.86-0.90	0.87-0.90	-	0.86-0.90
Viscosity@40°C	mm ² /s	3.5-5.0	3.5-5.0	3.5-5.0	3.5-5.0	3.5-5.0	1.9-6.0	3.5-5.0
Flash Point	°C	≥100	≥100	≥110	≥100	≥100	≥130	≥130
CFPP	°C	0/-15	-	0-10/-20	-	-5	-	0/-15
Pour Point	°C	-	-10	-	0/-15	-	-	-
Sulphur	%max	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01
CCR 100%max		0.05	-	0.05	-	-	0.05	-
10%disti.residue	%max	-	0.3	-	0.5	-	-	0.3
Sulphated Ash max	%max	0.02	-	0.03	-	-	0.02	0.01
(Oxide).Ash, max	%mass	-	-	-	0.01	0.01	-	-
Water max.	mg/kg	-	200	300	700	300	≤0.05	500
Total Contaminants	mg/kg	-	-	20	-	20	-	-
Cu Corrosion	3h/50°C	-	-	1	-	-	NO.3	1
Cetane No.		≥49	≥49	≥49	-	≥48	≥47	≥49
Neutral No.		≤0.8	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.6	≤0.8	≤0.02
Methanol	%mass	≤0.20	≤0.01	≤0.3	≤0.02	≤0.02	-	≤0.02
Ester Content	%mass	-	≥96.5	-	≥98	≥98	-	≥96.5
Monoglyceride	%mass	-	≤0.8	≤0.8	≤0.8	≤0.8	-	≤0.8
Diglyceride	%mass	-	≤0.2	≤0.4	≤0.2	≤0.1	-	≤0.20
Triglyceride	%mass	-	≤0.2	≤0.4	≤0.1	≤0.1	-	≤0.03
Free Glycerol	%mass	≤0.02	≤0.02	≤0.02	≤0.05	≤0.02	≤0.02	0.25
Total Glycerol	%mass	0.24	0.25	0.25	-	-	0.24	≤115
Iodine No.		≤120	≤115	≤115	-	≤125	-	-
C18:3 & higher acids		≤15	-	-	-	-	-	10
Phosphorous	ppm	≤20	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	10
Alkaline Matter	(Na, K)	-	≤5	≤5	≤10	≤10	-	≤360
Distillation 95%	°C	-	≤360	-	-	-	≤360	*
IBP min.	°C	-	-	-	-	-	-	*
Bound Glycerin		-	-	-	-	-	-	Max 0.8
Oxidation Stability	Hrs.	-	-	-	-	-	-	6 min.
Sediment		-	-	-	-	-	-	≤0.05
Cloud Point		-	-	-	-	-	*	-

หมายเหตุ *ไม่กำหนดค่าเพียงแต่ให้รายงานค่า, CFPP คือ Cold Filter Plugging Point

ตารางที่ 2.8 การเลือกใช้ไตรกลีเซอไรด์ชนิดต่างๆ เพื่อผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในแต่ละประเทศ [22]

ชนิดน้ำมัน	ประเทศ
น้ำมันจากผลเรพ (Rape Seed) 80% น้ำมันทานตะวัน 10%	อิตาลี และฝรั่งเศส
น้ำมันถั่วเหลือง (Soya bean)	อเมริกา
น้ำมันปาล์ม (Palm oil)	มาเลเซีย
น้ำมันมะกอก (Olive oil)	สเปน
น้ำมันเมล็ดฝ้าย (Cotton Seed Oil)	กรีซ
น้ำมันจาโทรฟาเคอร์เคส (Jatropha Curcas Oil)	นิการากัว
ไขวัว (Beef Tallow)	ไอร์แลนด์
น้ำมันพืชใช้แล้ว (Used frying Oil)	ออสเตรีย

สุริยา อยชาพันธ์ [10] รายงานว่าในประเทศไทยปาล์มน้ำมัน และปาล์มสเตียรินมีศักยภาพในการผลิตเป็นน้ำมันดีเซลชีวภาพมากกว่า น้ำมันทานตะวัน และน้ำมันถั่วเหลืองเนื่องจากมีผลผลิตต่อไร่ที่สูงกว่า และกากที่ได้จากการผลิตน้ำมันทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลืองมักจะนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์ส่วนกากที่ได้จากการผลิตน้ำมันปาล์มได้นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง นอกจากนั้นแล้ววัตถุดิบที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม คือ น้ำมันพืชใช้แล้ว กรดไขมัน และปาล์มสเตียริน

ปาล์มสเตียรินเป็นผลิตภัณฑ์รองจากการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีปริมาณประมาณ 30-35% ของน้ำมันปาล์มดิบเริ่มต้น กระบวนการผลิตและการกลั่นแสดงในรูปที่ 2.4 มีราคาต่ำประมาณ 6 ถึง 11 บาทต่อกิโลกรัม มีปริมาณการผลิตสม่ำเสมอประมาณ 124,200 ตัน/ปี มักจะล้นตลาดเพราะความต้องการในประเทศไทยมีน้อยต้องร่วมกันส่งออก และมีต้นทุนต่ำ [10]

ขั้นตอนการกลั่นน้ำมันปาล์ม [23]

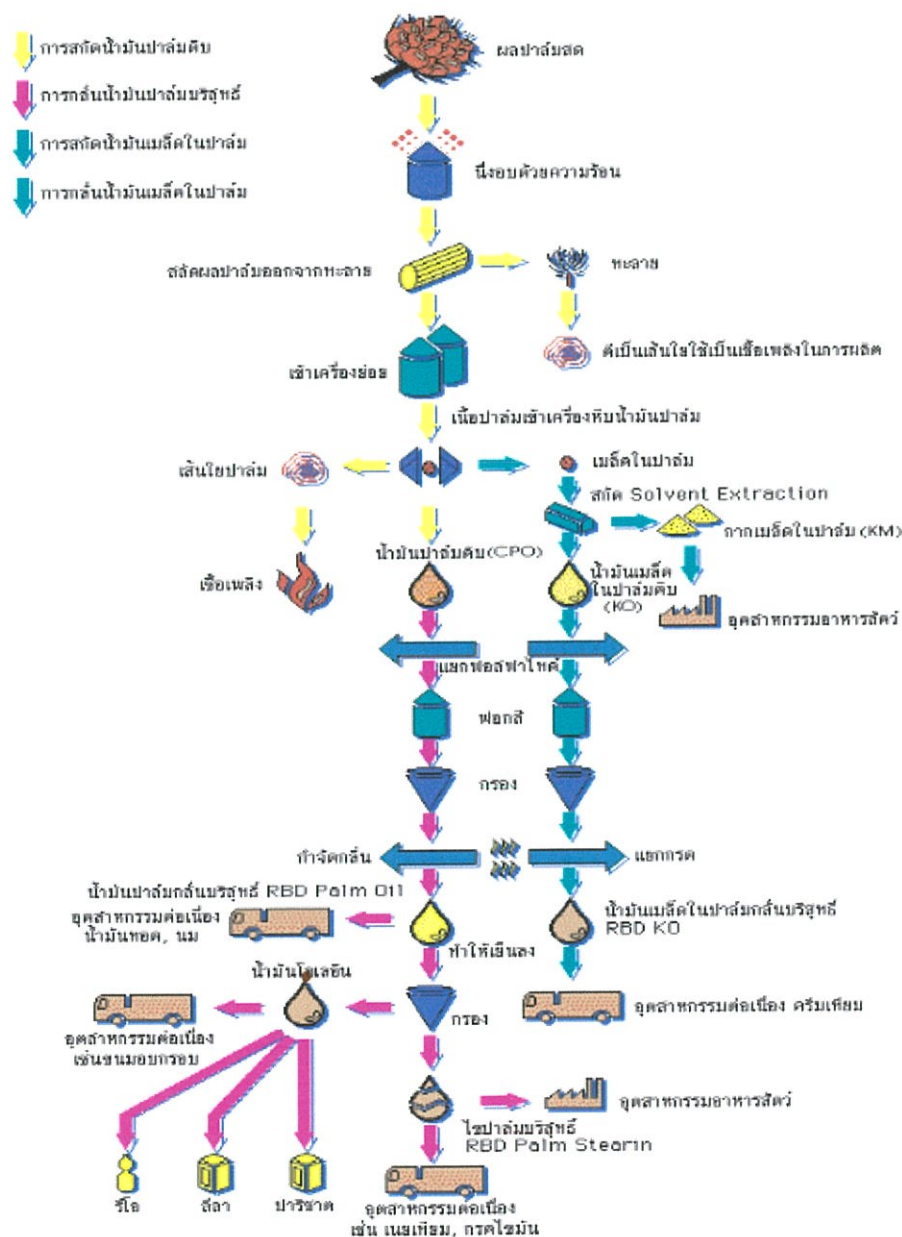
- 1. การแยกยาง
- 2. การฟอกสีด้วยแป้งฟอกสี
- 3. การกรองแยกน้ำมันจากแป้งฟอกสี
- 4. การกำจัดออกซิเจนจากน้ำมัน
- 5. การกลั่นเพื่อแยกกรดและกำจัดกลิ่นโดยการระเหยในหอกกลั่น
- 6. การเก็บรักษาน้ำมันกลั่นบริสุทธิ์ในถังภายใต้แก๊สไนโตรเจน

ขั้นตอนการแยกไขปาล์ม (Stearin)

- 1. อุ่นน้ำมันเพื่อละลายผลึกไขปาล์ม
- 2. ตกผลึกไขปาล์มโดยการใช้ น้ำเย็นลดอุณหภูมิลงตามประเภทของน้ำมัน
- 3. กรองแยกไขปาล์มออกจากน้ำมันโอเลอิน
- 4. ปั่นแยกน้ำมัน โอเลอินและไขปาล์ม ไปเก็บในถังเก็บ

2.5.1 องค์ประกอบน้ำมันปาล์ม และปาล์มสเตียรีน

ปาล์มสเตียรีนเป็นสารประกอบประเภทไตรกลีเซอไรด์ เช่นเดียวกับน้ำมันปาล์ม และน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ แต่มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่าน้ำมันปาล์ม แสดงในตารางที่ 2.9 ซึ่งเมื่อนำมาผลิตเป็นน้ำมันดีเซลชีวภาพแล้วจะทำให้มีคุณสมบัติเชื้อเพลิงบางคุณสมบัติที่ต่างออกไปจากน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ได้จากน้ำมันปาล์มโอเลอิน จากรายงานของ Graboski และคณะ [24] ซึ่งสรุปได้ว่าเมทิลเอสเทอร์ที่มีความอิ่มตัวสูงกว่าจะมีค่าซีเทนนับเบร์สูงกว่า และมี จุดไหลเท และจุดหมอกสูงกว่าเช่นกัน



รูปที่ 2.4 กระบวนการการผลิตน้ำมันปาล์มโอเลอิน ผลิตภัณฑ์รองปาล์มสเตียรีน และผลิตภัณฑ์จากน้ำมันปาล์ม [12]

ตารางที่ 2.9 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันปาล์ม และปาล์มสเตียริน [11]

ชนิดกรดไขมัน		น้ำมันปาล์ม มาตรฐาน	ปาล์มสเตียริน ทั่วไป
Myristic	C 14 : 0	1.0	1.3
Palmitic	C 16 : 0	39.8	54.0
Stearic	C 18 : 0	4.4	4.7
Oleic	C 18 : 1	42.5	32.3
Linoleic	C 18 : 2	11.2	7.0
Linolenic	C 18 : 3	0.4	0.1
Iodine Value		58.0	39.9
Melting Point °C		21.6	51.3

2.6 คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลและน้ำมันดีเซลชีวภาพ

คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลแต่ละคุณสมบัติเป็นสิ่งที่บ่งบอกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามกำหนดในมาตรฐานนั้นมีความเหมาะสมกับการใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งแต่ละคุณสมบัติมีผลต่อการใช้งานและเครื่องยนต์ดีเซลแตกต่างกันไป

การนำน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผลิตได้จากน้ำมันพืชและไขมันสัตว์หลายชนิดมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลนั้นจึงจำเป็นต้องตรวจสอบคุณสมบัติเพื่อจะบอกได้ว่าน้ำมันและไขมันที่ใช้สังเคราะห์นั้นมีคุณสมบัติที่เหมาะสมจะเป็นสารตั้งต้นของการผลิตเป็นน้ำมันดีเซลชีวภาพหรือไม่ และน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ได้จากสารตั้งต้นเหล่านั้นมีข้อดีข้อด้อยอย่างไรบ้างเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียม และเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทำการปรับปรุงให้มีคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซลตามมาตรฐาน และข้อกำหนดน้ำมันดีเซล

2.6.1 ซีเทนัมเบอร์ (Cetane Number)

เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการจุดติดไฟในห้องเผาไหม้ โดยวัดจากเวลาที่ใช้ในการติดไฟเริ่มจากฉีดน้ำมันเข้าไปในห้องเผาไหม้จนเกิดการติดไฟ (Ignition Delay) โดยน้ำมันที่มีค่าซีเทนัมเบอร์สูง จะมีค่า Ignition Delay ต่ำ คือ มีเวลาที่ใช้ในการติดไฟต่ำวิธีการวัดทำตามวิธีมาตรฐาน ASTM D613 ซึ่งการวัดต้องใช้เครื่องยนต์ดีเซล ใช้เวลานานเวลา สิ้นเปลืองสารเคมี และมีค่าความผิดพลาดในการทดสอบสูง โดยทั่วไปนิยมใช้การคำนวณดัชนีซีเทน (Calculated Cetane Index Formula) เพื่อประมาณค่าซีเทนัมเบอร์การคำนวณจากคุณสมบัติสองคุณสมบัติคือ ค่าความถ่วงจำเพาะเอพีไอ (API gravity) และค่าอุณหภูมิการกลั่นที่ 50 %vol. ค่าที่คำนวณได้เรียกว่า Calculated Cetane Index ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน ASTM D976 นอกจากนั้นยังมีการคำนวณดัชนีซีเทนวิธีมาตรฐาน ASTM D4737 คำนวณจากตัวแปร 4 ตัวแปร คือค่าความถ่วงจำเพาะ อุณหภูมิการกลั่น

ที่ 10 50 และ 90%vol. ซึ่งให้ค่าที่ใกล้เคียงค่าซีเทนน้ำมันเบอร์มาก ปัจจุบันมีการพัฒนาวิธีหาค่าซีเทนน้ำมันเบอร์ขึ้นมาคือวิธี Ignition Quality Tester (IQT) เป็นวิธีมาตรฐานของ IP Test Method # IP PM CQ/01 (draft) ซึ่งสามารถใช้วัดค่าซีเทนน้ำมันของน้ำมันดีเซลที่เติมสารปรับปรุงค่าซีเทนน้ำมันเบอร์มีค่า Reproducibility สูงกว่าและใช้สารตัวอย่างน้อยกว่าการวัดด้วยวิธีวิธีมาตรฐานASTM D613 [25] สำหรับน้ำมันดีเซลชีวภาพนั้นไม่สามารถใช้การคำนวณดัชนีซีเทนเพื่อประมาณค่าซีเทนน้ำมันเบอร์ได้

จากการรวบรวมข้อมูลค่าซีเทนน้ำมันเบอร์ของเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมัน และไขมันหลากหลายชนิด พบว่ามีค่าซีเทนน้ำมันเบอร์อยู่ในช่วง 48 ถึง 60 สำหรับเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันถั่วเหลืองอยู่ในช่วง 45 ถึง 56 และเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันจากผลเรพ อยู่ในช่วง 48 ถึง 62 [24] ส่วนค่าซีเทนน้ำมันเบอร์ของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันชนิดต่างๆ พบว่าเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนมากกว่า และมีความอิ่มตัวสูงกว่าจะมีค่าซีเทนน้ำมันเบอร์สูงกว่า แสดงในตารางที่ 2.10

ค่าซีเทนน้ำมันเบอร์มีผลต่อเครื่องยนต์ และการทำงานของเครื่องยนต์ โดยความต้องการค่าซีเทนของเครื่องยนต์ดีเซลขึ้นกับ ขนาดของเครื่องยนต์ จำนวนรอบ และความถี่ของการเปลี่ยนรอบของเครื่องยนต์ หากใช้น้ำมันดีเซลที่มีค่าซีเทนน้ำมันเบอร์ต่ำกว่าที่เครื่องยนต์ต้องการ จะทำให้การทำงานของเครื่องยนต์สั่นไหวที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้เกิดการเกาะตัวของน้ำมันเครื่อง การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดการเกาะตัวของคาร์บอนที่เครื่องยนต์ และทำให้มีไอเสียปริมาณมาก มีการปลดปล่อย NO_x มาก เครื่องยนต์ทำงานสะดุด และมีเสียงดัง ซึ่งน้ำมันดีเซลที่ใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลในรถยนต์นั้นมีค่าซีเทนน้ำมันเบอร์ที่เหมาะสมตามประกาศกระทรวงพาณิชย์

ตารางที่ 2.10 ซีเทนน้ำมันเบอร์ของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันชนิดต่างๆ [24]

เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน	ซีเทนน้ำมันเบอร์
Lauric acid methylester	61.4
Myristic acid methylester	66.2
Palmitic acid methylester	74.5
Stearic acid methylester	86.9
Oleic acid methylester	55.0
Linolenic acid methylester	37.1
Linolenic acid methylester	22.7

2.6.2 จุดวาบไฟ (Flash point)

จุดวาบไฟนั้นบอกอุณหภูมิที่จะเกิดการลุกติดไฟได้เองของน้ำมันดีเซล ตรวจสอบด้วยวิธีมาตรฐาน ASTM D93 น้ำมันดีเซลที่มีจุดวาบไฟสูงนั้นมีความปลอดภัยจากอุบัติเหตุในการลุกไหม้ในระหว่างใช้งาน การเก็บ การขนส่ง น้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมโดยทั่วไปกำหนดให้มีจุดวาบไฟไม่ต่ำกว่า 52°C และอาจต่ำกว่าเล็กน้อยในประเทศที่อยู่ในเขตนาว น้ำมันดีเซลชีวภาพส่วนใหญ่มีจุดวาบไฟสูงกว่า 100°C ซึ่งมีความปลอดภัยสูงกว่าน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียม จากรายงานของ Graboski และคณะ [24] พบว่าน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ได้จากน้ำมันแต่ละชนิดนั้นมีค่าจุดวาบไฟไม่เท่ากันและการมีสารปนเปื้อนบางชนิดในน้ำมันดีเซลชีวภาพนั้นมีผลต่อจุดวาบไฟ ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะบอกได้ว่าน้ำมันดีเซลชีวภาพแต่ละชนิดที่ได้จากแหล่งที่ต่างกันจะมีจุดวาบไฟเท่ากัน เช่น จากการรวบรวมข้อมูลจุดวาบไฟของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันถั่วเหลืองมีผู้รายงานไว้ด้วยค่าที่ไม่เท่ากัน คือ 179°C 143°C 174°C 141°C 127°C และ 131°C

2.6.3 อุณหภูมิการกลั่น (Distillation Temperature) [24]

อุณหภูมิการกลั่นทดสอบด้วยวิธี ASTM D86 จากอุณหภูมิการกลั่นที่ 10%vol. เป็นการบ่งบอกว่าน้ำมันดีเซลมีองค์ประกอบที่ระเหยง่ายยากมากน้อยเพียงใด และบอกได้ถึงความปลอดภัยจากการติดไฟ นอกจากนั้นการกำหนดให้มีอุณหภูมิการกลั่นที่ 90%vol. ไม่เกิน 365°C และ 370°C ในบางประเทศเพื่อบอกว่ามีองค์ประกอบที่ระเหยยาก คือ มีจุดเดือดสูงเกินไปจะทำให้เกิดควัน และมีการเกาะตัวของคาร์บอนที่เครื่องยนต์ทำให้เครื่องยนต์สกปรก ดังนั้น สำหรับน้ำมันดีเซลชีวภาพนั้น ถ้าหากมีอุณหภูมิการกลั่นที่ 10%vol. ต่ำมากนั้นจะแสดงว่ายังมีแอลกอฮอล์หลงเหลืออยู่ในน้ำมัน

2.6.4 ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) [24]

ค่าความถ่วงจำเพาะทดสอบด้วยวิธี ASTM D1298 สำหรับน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมมีค่าประมาณ 0.85 แต่ในน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันหลายชนิดที่มีรายงานไว้ นั้นมีค่าอยู่ในช่วง 0.86 ถึง 0.90

2.6.5 ค่าความร้อน (Heat of Combustion) [24]

ค่าความร้อนโดยทั่วไปบอกถึงพลังงานที่ได้จากต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักน้ำมันเชื้อเพลิง หรือต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร น้ำมันดีเซลชีวภาพนั้นมีค่าความร้อนต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก และปริมาตรน้อยกว่าน้ำมันดีเซลปิโตรเลียม ประมาณ 10% ดังนั้นน้ำมันดีเซลชีวภาพจึงมีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าน้ำมันดีเซล

2.6.6 จุดหมอก (Cloud point) [24]

จุดหมอกเป็นค่าที่บอกถึงอุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันเริ่มเป็นไขขัดขวางการไหลของน้ำมันซึ่งทำให้เกิดการอุดตันที่ไส้กรองน้ำมันได้ ทดสอบด้วยวิธี ASTM D2500 จุดหมอกของน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ได้จากน้ำมันแต่ละชนิดนั้นมีค่าแตกต่างกันเช่น น้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันถั่วเหลืองมี

จุดหมอกอยู่ในช่วง -2 ถึง 3°C น้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขวัว มีจุดหมอกอยู่ในช่วง 12 ถึง 16°C ซึ่งน้ำมันดีเซลชีวภาพที่มีองค์ประกอบกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่าจะมีจุดหมอกสูงกว่า โดยปกติในฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิค่านั้นเพื่อให้ น้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมมีจุดหมอกต่ำลง จึงมีการผสมน้ำมันดีเซลเบอร์ 1 ที่มีจุดหมอกต่ำกว่าลงไปน้ำมันดีเซล

2.6.7 จุดไหลเท (Pour point) [24]

จุดไหลเทคืออุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันเชื้อเพลิงเริ่มไม่ไหลโดยยังไม่เกิดไขมาขัดขวางการไหลของน้ำมันทดสอบด้วยวิธี ASTM D97 จุดไหลเทจะมีค่าต่ำกว่าจุดหมอกเสมอ จุดไหลเทของน้ำมันดีเซลชีวภาพมีแนวโน้มเดียวกับจุดหมอกคือ น้ำมันดีเซลชีวภาพที่มีความอิ่มตัวสูงกว่าจะมีจุดไหลเทสูงกว่าเช่นกัน เช่น น้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันถั่วเหลืองมีจุดหมอกอยู่ในช่วง -7 ถึง 4°C น้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขวัว มีจุดหมอกอยู่ในช่วง 9 ถึง 13°C

2.6.8 ความหนืด (Viscosity) [24]

ค่าความหนืด คือความต้านทานการไหลของน้ำมันที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิที่ทดสอบ . ทดสอบด้วยวิธี ASTM D445 มีผลต่อเครื่องยนต์ และการเผาไหม้ของเครื่องยนต์มากเพราะถ้าน้ำมันมีความหนืดสูง หรือต่ำเกินไปจะทำให้หัวฉีด ฉีดน้ำมันเป็นฝอยได้ไม่ดี เป็นผลเสียต่อการเผาไหม้ ก่อให้เกิดควันดำ น้ำมันดีเซลชีวภาพมีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมไม่มากนัก ตัวอย่างน้ำมันดีเซลจากน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.08 cSt ซึ่งใกล้เคียงข้อกำหนดมาตรฐาน ASTM D975 คือ ไม่เกิน 4.1 cSt ส่วนน้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขวัวมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.8 cSt ความหนืดของน้ำมันดีเซลชีวภาพสูงนั้น วัตถุประสงค์ของอุณหภูมิมากกว่าน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียม คือเมื่อลดอุณหภูมิลงเล็กน้อยค่าความหนืดของน้ำมันดีเซลชีวภาพจะสูงขึ้นมาก ความบริสุทธิ์ของน้ำมันดีเซลชีวภาพก็มีผลต่อค่าความหนืดเช่นกัน จากตัวอย่างที่มีรายงานน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันถั่วเหลืองที่มีโมโนกลีเซอไรด์ปนอยู่จะทำให้มีค่าความหนืดสูงขึ้นมาก

2.7 การผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพ (Biodiesel Blending)

แม้ว่าการนำน้ำมันพืชมาสังเคราะห์เป็นน้ำมันดีเซลชีวภาพนั้นทำให้น้ำมันพืชมีคุณสมบัติโดยรวมที่เหมาะสม และคล้ายคลึงกับน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียม มีการปลดปล่อยไอเสียที่เป็นมลพิษน้อยกว่าน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมก็ตาม แต่จากการที่น้ำมันดีเซลยังคงมีราคาสูงกว่าน้ำมันดีเซล ความพยายามหาแหล่งไตรกลีเซอไรด์ที่มีราคาถูก ทำให้น้ำมันดีเซลชีวภาพที่ได้มีคุณสมบัติบางประการที่ยังไม่เหมาะสมเช่น น้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขวัว มีความหนืดสูงกว่ามาตรฐานน้ำมันดีเซล ดังนั้นการลดความหนืดด้วยการผสมด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม เช่น เอทานอล ที่มีความหนืดต่ำกว่ามาก หรือการผสมด้วยน้ำมันดีเซลปิโตรเลียมซึ่งมีราคาถูกกว่าแต่มีข้อด้อยด้านการปลดปล่อยไอเสีย จึงได้รับความสนใจอย่างมากในด้านการวิจัยว่าการผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยน้ำมันดีเซล นั้นมีผลต่อข้อดีของน้ำมันดีเซลทั้งสองชนิดอย่างไร รวมถึงการทราบ

ว่าต้องผสมน้ำมันดีเซลปิโตรเลียมด้วยน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ได้จากไทรกลีเซอไรด์ชนิดต่างๆ นั้น ด้วยปริมาณเท่าใดจะมีผลต่อคุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดอย่างไรบ้าง ดังจะแสดงให้เห็นจากงานวิจัยที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้

Schumacher และคณะ (1995) [26] ทำการทดสอบคุณสมบัติกายภาพ และเคมีของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันถั่วเหลืองผสมน้ำมันดีเซลกัมมะถันต่ำ ด้วยอัตราส่วน 20 30 50 และ 70%vol. น้ำมันดีเซลชีวภาพค่อน้ำมันดีเซลกัมมะถันต่ำ น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลชีวภาพ 100%vol. โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติที่ทดสอบกับปริมาณน้ำมันดีเซลชีวภาพในน้ำมันดีเซลชีวภาพผสม พบว่า คุณสมบัติส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับปริมาณน้ำมันดีเซลชีวภาพในน้ำมันผสม เช่น ค่าความถ่วงจำเพาะเอพีโอ, จุดหมอก, จุดไหลเท, ความหนืด, ค่าความร้อน, ปริมาณกำมะถัน และกากถ่าน ส่วนคุณสมบัติ จุดวาบไฟ ค่าซีเทนัมเบอร์ มีความสัมพันธ์ไม่เป็นเส้นตรงกับปริมาณน้ำมันดีเซลชีวภาพในน้ำมันผสม

Ali และ Hanna (1994) [27] ได้ทำการลดความหนืดของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขวัวโดยการผสมด้วยเอทานอล พบว่าการผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยเอทานอลในอัตราส่วน 65:35 (vol./vol.) มีความหนืดลดลงจนเท่ากับความหนืดของน้ำมันดีเซล

Ali และคณะ (1995) [28] ทดลองผสมเมทิลเอสเทอร์ของไขวัวที่มีความหนืดสูงด้วยเอทานอล น้ำมันดีเซล และเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันถั่วเหลืองพบว่า การผสมด้วยน้ำมันดีเซลทำให้เมทิลเอสเทอร์ของไขวัวมีคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซลใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล

Ali และคณะ (1995) [29] ทำการวิจัยหาปริมาณการผสมที่เหมาะสมต่อการลดการปลดปล่อยไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซล (ด้วยเครื่องยนต์ Cummins N14-410) ของน้ำมันผสมในอัตราส่วน 80:13:7, 70:19.5:10.5, และ 60:26:14 (%vol./vol.) ของน้ำมันดีเซล น้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขวัว และเอทานอล เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล เมื่อนำผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์ และผลการวิเคราะห์ไอเสียพบว่า ที่อัตราส่วน 80:13:7 (%vol./vol.) น้ำมันดีเซล น้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขวัว และเอทานอล มีการปลดปล่อยไอเสียน้อยที่สุด โดยมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เพียงเล็กน้อย

Ali และคณะ (1995) [30] ตรวจสอบการปลดปล่อยไอเสีย และกำลังของเครื่องยนต์ ของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันถั่วเหลืองผสมน้ำมันดีเซล ที่อัตราส่วนต่างๆ ด้วยเครื่องยนต์ Detroit ที่ใช้ในการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐาน SAE J1349 พบว่าน้ำมันผสมที่มีน้ำมันดีเซลชีวภาพไม่เกิน 30%vol. ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ให้กำลังงานลดลงเพียงเล็กน้อย และเมื่อทดสอบด้วยเครื่องยนต์ Cummins ด้วยน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันถั่วเหลือง 10 20 และ 30%vol. พบว่าไอเสียที่เครื่องยนต์ปลดปล่อยออกมามีค่าอนุภาคของแข็ง สารไฮโดรคาร์บอน และคาร์บอนมอนอกไซด์ ลดลง เมื่อน้ำมันผสมมีปริมาณน้ำมันดีเซลชีวภาพมากขึ้น ยกเว้น NO_x

Schumacher และคณะ (1996) [31] ทดสอบการปลดปล่อย และองค์ประกอบไอเสียของ น้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันถั่วเหลืองผสมน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่าทุกอัตราส่วนการผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยน้ำมันดีเซลมีการปลดปล่อย อนุภาคของแข็ง สารไฮโดรคาร์บอน และคาร์บอนมอนอกไซด์ ลดลง แต่มีการปลดปล่อย NO_x เพิ่มขึ้น แต่สัดส่วนการผสมที่มีการปลดปล่อยอนุภาคของแข็งลดลง และการปลดปล่อย NO_x ที่เพิ่มขึ้น ที่เหมาะสมที่สุดคือ 20%vol. น้ำมันดีเซลชีวภาพ 80%vol.น้ำมันดีเซล

Mustafa และคณะ (1999) [32] ศึกษาความหนืดของน้ำมันดีเซลชีวภาพในห้องตลาด และความหนืดของน้ำมันดีเซลในห้องตลาดผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพ ที่อัตราส่วน น้ำมันดีเซลชีวภาพ 75 50 และ 20%vol. พบว่าเมื่อน้ำมันผสมมีอุณหภูมิสูงใกล้จุดเดือดของน้ำมันผสม น้ำมันผสมมีความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล แต่เมื่อลดอุณหภูมิน้ำมันลงพบว่า น้ำมันผสมมีค่าความหนืดสูงขึ้นอย่างมากโดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำกว่า 40°C

Hofman และ Elton (2002) [9] รายงานในการประชุมวิชาการ 2002 ASAE/CSAE North-Central Intersection Meeting เรื่องการใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพกับเครื่องยนต์ดีเซลโดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์ จากการทดสอบกำลังม้าของเครื่องยนต์ วัดค่าความร้อน และค่าซีเทนัมเบอร์ของน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันถั่วเหลืองที่อัตราส่วน 80 50 และ 100%vol. พบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันผสมให้กำลังงาน ลดลง เมื่อน้ำมันผสมมีอัตราส่วนของน้ำมันดีเซลชีวภาพเพิ่มขึ้น และลดลงถึง 9%จากการใช้น้ำมันดีเซลเมื่อใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพ 100 % รวมถึงมีค่าความร้อนของน้ำมันผสมก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่ากำลังงาน ซึ่งหมายความว่า การใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพ และน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพมีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าการใช้น้ำมันดีเซลที่สภาวะการทำงานเดียวกัน

Dorado และคณะ (2002) [33] ทดสอบผลของการใช้น้ำมันผสมของน้ำมันดีเซล 90% ผสมน้ำมันพืชใช้แล้ว 10% ต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีเซลชนิด Diter diesel engine ขนาด 2500 cm^3 พบว่าเครื่องยนต์มีกำลังลดลงประมาณ 12% มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และมีการปลดปล่อยไอเสียไม่เปลี่ยนแปลงไปจากการใช้น้ำมันดีเซล และไม่พบว่าเครื่องยนต์มีความเสียหาย แต่อย่างไรก็ตามควรทดสอบการใช้งานในระยะเวลาที่นานขึ้น

Pramanik (2003) [34] ทดสอบคุณสมบัติ และการใช้งานน้ำมัน Jatropha Curcas oil และน้ำมันดีเซลผสม Jatropha Curcas oil ในเครื่องยนต์ดีเซล พบว่า Jatropha Curcas oil มีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลมาก และเมื่อผสมน้ำมันดีเซลด้วยน้ำมันชนิดดังกล่าวที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่าน้ำมันผสมที่มีอัตราส่วนน้ำมัน Jatropha Curcas oil ไม่เกิน 30%vol. มีค่าความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และจากทดสอบน้ำมันผสมด้วยเครื่องยนต์ดีเซลพบว่า น้ำมันผสมมีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และอุณหภูมิของไอเสีย ดีขึ้นกว่าการใช้น้ำมันพืชเพียงอย่างเดียว น้ำมันผสมที่มีอัตราส่วนน้ำมันพืช 40 ถึง 50%vol. มีค่าประสิทธิภาพความร้อน (Thermal efficiency) อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จากผล

การทดสอบดังกล่าวสรุปว่าเมื่อนำน้ำมัน Jatropha Curcas oil ผสมน้ำมันดีเซล 50%vol.สามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์

จิรพนธ์ แดงจำ และ พิระพงศ์ เนียรภาค (2001) [35] ทำการทดลองสังเคราะห์ เมทิล เอสเทอร์ของไขมันสัตว์ด้วยชุดทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าได้ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์สูงมากกว่า 95% แต่เมทิลเอสเทอร์ที่ได้ยังคงมีความหนืด 5.4 cSt และจุดไหลเท 16°C ซึ่งสูงเกินมาตรฐานน้ำมันดีเซล

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

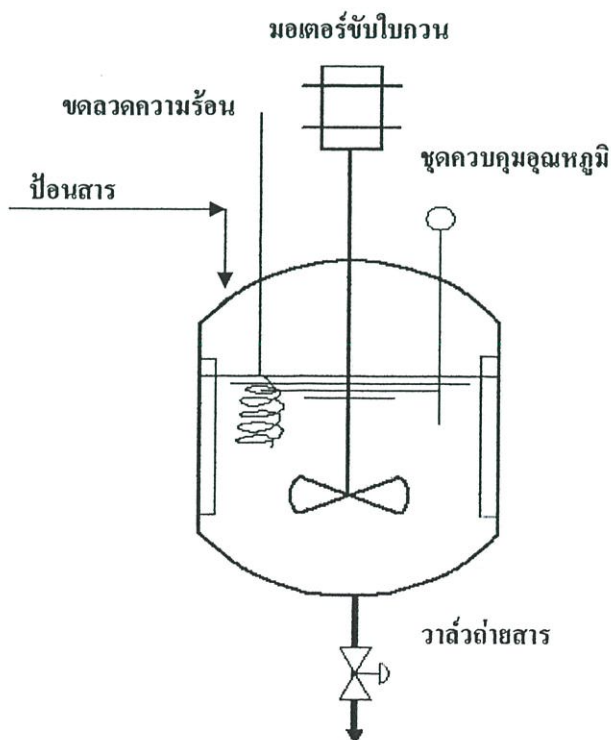
3.1 ทดสอบคุณสมบัติสารตั้งต้น

1. ปริมาณกรดไขมันอิสระของปาล์มสเตียรีน วิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน A.O.C.S. Official Method Ca 5a-40
2. ทดสอบค่า Iodine Number ด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC Official Method 993.20 (2000)
3. ปริมาณน้ำในเมทานอลเกรดการค้า วิเคราะห์ด้วย Karl Fisher Titration

3.2 การสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพจากปาล์มสเตียรีน

3.2.1 อุปกรณ์

น้ำมันดีเซลชีวภาพจากปาล์มสเตียรีน สังเคราะห์ด้วยเครื่องปฏิกรณ์เคมี แบบกะขนาด 7 ลิตร ให้ความร้อนด้วยขดลวดความร้อน ควบคุมอุณหภูมิด้วยชุดควบคุมอุณหภูมิ กวนผสมด้วยใบกวนแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เครื่องปฏิกรณ์แบบกะขนาด 7 ลิตร

3.2.2 สารตั้งต้น

สารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาแสดงในตารางที่ 3.1 และน้ำหนักโมเลกุลปาล์มสเตียร์นแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 สารตั้งต้น เกรด แหล่ง และปริมาณที่ใช้ทำปฏิกิริยา

สารเคมี	เกรด	แหล่ง	ปริมาณ
โซเดียมไฮดรอกไซด์	วิเคราะห์ 99%	Merck	20.62 กรัม
เมทานอล	การค้า	หจก. พรเจริญชัยธุรกิจ	950 กรัม
ปาล์มสเตียร์น	-	บริษัท ลำสูง (ไทย) จำกัด มหาชน	4000 กรัม

ตารางที่ 3.2 น้ำหนักโมเลกุลของปาล์มสเตียร์น

ชนิดกรดไขมัน		น้ำหนักโมเลกุล	กรดไขมัน (%wt)	ไตรกลีเซอไรด์ (%wt)
Lauric	C 12 : 0	200.3	0.3	1.92
Myristic	C 14 : 0	228.37	1.3	9.44
Palmitic	C 16 : 0	256.42	54.0	435.9
Stearic	C 18 : 0	284.48	4.7	41.9
Oleic	C 18 : 1	282.46	32.3	286
Linoleic	C 18 : 2	280.45	7.3	64.20
Linolenic	C 18 : 3	278.40	0.1	2.63
น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย				841.99

3.2.3 สภาวะการทำปฏิกิริยา

อุณหภูมิ 60°C
ความดัน 1 บรรยากาศ
เวลาทำปฏิกิริยา 150 นาที

3.2.4 ขั้นตอนการทำปฏิกิริยา

- การเตรียมสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยา
 - เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในเมทานอล
 - ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์
 - ชั่งเมทานอลให้ได้น้ำหนักครึ่งหนึ่งของน้ำหนักที่ใช้ทั้งหมด
 - ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในเมทานอลที่ชั่งได้
 - กวนผสมสารละลายให้โซเดียมไฮดรอกไซด์หมด
 - เตรียมปาล์มสเตียร์น

- อุณหภูมิสเตียร์นที่ อุณหภูมิ 60°C ให้เป็นของเหลวทั้งหมด
- ชั่งน้ำหนักสเตียร์นที่หลอมเป็นของเหลวให้ได้น้ำหนักตามต้องการ

2. การทำปฏิกิริยา

- 2.1 ป้อนปาล์มสเตียร์นเข้าเครื่องปฏิกรณ์
- 2.2 เปิดเครื่องกวนผสม
- 2.3 ตั้งอุณหภูมิที่ชุดควบคุมอุณหภูมิที่ 60°C
- 2.4 รอให้ปาล์มสเตียร์นอุณหภูมิเป็น 60°C
- 2.5 ป้อนสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในเมทานอลลงในเครื่องปฏิกรณ์
- 2.6 ป้อนเมทานอลที่เหลือลงในเครื่องปฏิกรณ์
- 2.7 ทำปฏิกิริยานาน 150 นาที

3. การล้างน้ำมันดีเซลชีวภาพ

- 3.1 ป้อนน้ำร้อน 80°C ปริมาตร 3 ลิตร เข้าเครื่องปฏิกรณ์ (ฉีดเป็นฝอย) ไม่มีการกวนผสม
- 3.2 รอให้ของเหลวเกิดการแยกชั้น ไขชั้นน้ำซึ่งเป็นชั้นล่างทิ้ง
- 3.3 ป้อนน้ำร้อน 80°C ประมาณ 3 ลิตร เข้าเครื่องปฏิกรณ์
- 3.4 เปิดเครื่องกวนผสมนาน 30 นาที
- 3.5 ปิดเครื่องกวนผสม รอแยกชั้น ประมาณ 15 นาที ไขชั้นล่างทิ้ง
- 3.4 ทำซ้ำจาก 3.2 ถึง 3.5 อีก 3 รอบ
- 3.5 ล้างครบ 5 ครั้ง ปิดเครื่องกวนผสมปล่อยทิ้งไว้อย่างน้อย 6 ชั่วโมงให้เกิดการแยกชั้นสมบูรณ์

4. การเก็บน้ำมันดีเซลชีวภาพ

- 4.1 เมื่อเกิดการแยกชั้นสมบูรณ์
- 4.2 ไขชั้นล่าง และชั้นระหว่างวัฏภาคทิ้ง
- 4.3 ไขชั้นน้ำมันดีเซลชีวภาพทิ้งไปบ้าง เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีชั้นน้ำปนอยู่
- 4.4 เก็บน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ได้ใส่ขวดแก้ว

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันดีเซลชีวภาพ

วิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของสารผลิตภัณฑ์ หรือร้อยละของสารผลิตภัณฑ์ หรือความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาทำโดย การวิเคราะห์สารผลิตภัณฑ์ ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ หาปริมาณปาล์มสเตียร์นเมทิลเอสเทอร์, โมโนกลีเซอไรด์, ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ โดยโมโนกลีเซอไรด์ และไดกลีเซอไรด์ คือสารอินทรีย์มีเคตของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของไตรกลี

เซอร์ไคด์ โดยที่ปาล์มสเตียรีนเมทิลเอสเทอร์ คือ สารผลิตภัณฑ์ (น้ำมันดีเซลชีวภาพจากปาล์มสเตียรีน)

คอลัมน์ที่ใช้	BP 1 Capillary Column 2 เมตร x 0.32 มิลลิเมตร เคลือบด้วย Silica Polysiloxane
ก๊าซพา	ก๊าซฮีเลียม 70 psi
ก๊าซเชื้อเพลิง	ก๊าซไฮโดรเจน 70 psi และอากาศ 70 psi
Detector	FID ที่ 350°C
Temperature Injection Port	350°C
Split Ratio	50:1

ทำโปรแกรมอุณหภูมิ (Temperature Program) ของเตาดังนี้ อุณหภูมิเริ่มต้น 100°C นาน 2 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิ ด้วยอัตรา 15°C/นาที จนได้อุณหภูมิ 350°C และคงไว้นาน 2 นาที

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ

1. 1-monooleyl glycerol
2. 1, 2-dioleyl glycerol
3. 1, 2, 2 – tridecanoylglycerol (tricaprin)
4. N-Methyl-N-trimethylsilyltrifluoroacetamide (MSTFA)
5. Pyridine (analytical grade)
6. น้ำมันดีเซลชีวภาพ

เตรียมสารละลายมาตรฐานตามวิธีของ Freedman และคณะ (1986)

3.4 การผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยเอทานอล หรือน้ำมันดีเซล

การผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยเอทานอล หรือน้ำมันดีเซลทำโดยการผสมในอัตราส่วนโดยปริมาตรโดยใช้กระบอกตวงตวงปริมาตรที่แน่นอนตามปริมาณการผสมดังแสดงในตารางที่ 3.3 ซึ่งน้ำมันผสมนั้นผสมกันได้ดีมากด้วยการเขย่า หรือกวนผสม

3.5 การทดสอบคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซล

การทดสอบคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซล ของน้ำมันดีเซล น้ำมันดีเซลชีวภาพ และน้ำมันดีเซลชีวภาพผสม ทำการทดสอบตามวิธีมาตรฐาน ASTM โดยคุณสมบัติที่ทดสอบแสดงในตารางที่ 3.4 ภาพเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบแสดงในภาพผนวก

ตารางที่ 3.3 องค์ประกอบร้อยละ โดยปริมาตรของเชื้อเพลิงผสมที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติ

ตัวอย่าง	ปาล์มสเตียรีนเมทิลเอสเทอร์	เอทานอล	น้ำมันดีเซล
1	100	0	0
2	0	0	100
3	85	15	0
4	65	35	0
5	20	0	80
6	50	0	50
7	70	0	30
8	80	0	20

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติที่ทดสอบ วิธีทดสอบและหน่วย หมายเหตุ*ไม่ได้ทำการทดสอบ

คุณสมบัติ	วิธีทดสอบASTM	หน่วย
1. ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6°C	D1298	-
2. ซีเทนนัมเบอร์	*	-
3. ธาตุกำมะถัน	D5453	%wt
4. การกัดกร่อนทองแดง	D130	No.
5. น้ำ และตะกอน	D2709	%vol.
6. เถ้า	D482	%wt
7. จุดวาบไฟ	D93	°C
8. สี	D1500	-
9. อุณหภูมิการกลั่น หยดแรก 10 %vol. 50 %vol. 90 %vol.	D86	°C
10. ค่าความร้อน	D240	kJ/kg
11. ความหนืด ณ 40°C	D445	cSt
12. จุดไหลเท	D97	°C
13. จุดหมอก	D2500	°C
14. กากถ่าน	D4530	%wt

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล

4.1 คุณสมบัติสารตั้งต้น

1. จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระของปาล์มสเตียรีน พบว่าปาล์มสเตียรีนมีกรดไขมันอิสระ 0.11 %wt./wt.
2. จากทดสอบหาค่า Iodine Number พบว่าปาล์มสเตียรีนมีค่า Iodine Number เท่ากับ 40
3. ปริมาณน้ำในเมทานอลเกรดการค้า วิเคราะห์ด้วย Karl Fisher Titration มีค่าเท่ากับ 0.2 %wt

4.2 คุณสมบัติน้ำมันดีเซลชีวภาพที่สังเคราะห์ได้

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันดีเซลชีวภาพพบว่ามีองค์ประกอบของสารผลิตภัณฑ์ คือ ปาล์มสเตียรีนเมทิลเอสเทอร์ มากกว่า 99%wt มีปริมาณสารตั้งต้นคือ ไตรกลีเซอไรด์ และสารอินเตอร์มีเดียต (Intermediate) คือ โมโนกลีเซอไรด์ และไดกลีเซอไรด์ น้อยมากจนกระทั่งไม่สามารถเห็นพีค (Peak) ได้เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ โดยมีค่าจำกัดในการตรวจวัด (Detection limit) ของสารดังกล่าวเป็น 0.3%wt

เปรียบเทียบผลการทดสอบคุณสมบัติน้ำมันดีเซลชีวภาพกับข้อกำหนดน้ำมันดีเซลหมุนเร็วกระทรวงพาณิชย์ในตารางที่ 4.1 พบว่า ค่าความหนืด จุดไหลเท และค่ากากถ่านเป็นคุณสมบัติที่ไม่ผ่านเกณฑ์ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ASTM D975 พบว่ามีเพียงค่าความหนืดเท่านั้นที่ไม่ผ่านเกณฑ์ เนื่องจากกำหนดให้มีปริมาณกากถ่านได้สูงสุดถึง 0.35%wt ซึ่งน้ำมันดีเซลชีวภาพมีค่าที่ไม่ผ่านเกณฑ์สูงสุดพอดี ปริมาณกากถ่านแสดงถึงแนวโน้มการรวมตัวของคาร์บอนเป็นกากถ่านเมื่อเผาไหม้ในสภาวะไร้ออกซิเจนซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณกากถ่านสูงจะส่งผลกระทบต่อเครื่องยนต์เก่าที่ทำงานหนัก [36] ส่วนจุดไหลเท และจุดหมอก ของน้ำมันดีเซลชีวภาพมีค่าสูงถึง 16°C และ 22°C ตามลำดับ จุดไหลเทเป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันเชื้อเพลิงเริ่มไม่ไหลโดยยังไมเกิดไขมาขัดขวางการไหลของน้ำมัน ส่วนจุดหมอกคือ อุณหภูมิที่น้ำมันเริ่มเป็นไขขัดขวางการไหลและอาจอุดตันไส้กรองได้ ประเทศไทยเป็นเมืองร้อนกำหนดจุดไหลเทไว้ไม่สูงกว่า 10°C โดยไม่กำหนดจุดหมอก แต่เนื่องจากในฤดูหนาวทางภาคเหนือของประเทศโดยทั่วไปมีอุณหภูมิต่ำกว่า 16°C และบางพื้นที่อาจต่ำกว่า 10°C ดังนั้นการทดลองผสมจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงจุดไหลเท และจุดหมอกด้วย

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติ วิธีทดสอบตามมาตรฐานของน้ำมันดีเซล ข้อกำหนดกระทรวงพาณิชย์ มาตรฐาน ASTM D975 และคุณสมบัติไบโอดีเซล น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลชีวภาพผสม หมายเหตุ * ค่าซีเทนนับเบอรไม่ได้ทำการทดสอบ

คุณสมบัติ	วิธีทดสอบ ASTM	หน่วย	เกณฑ์	ข้อกำหนด กระทรวง พาณิชย์	มาตรฐาน ASTM D975	เมทิลเอส เทอร์	ดีเซล	เมทิลเอสเทอร์ : เอทานอล		เมทิลเอสเทอร์ : ดีเซล (% v/v)			
								(%v/v)					
								85 : 15	65 : 35	80 :20	70 : 30	50 : 50	20 : 80
1. ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6°C	D1298	-	ในช่วง	0.8-0.87	ไม่กำหนด	0.87	0.84	0.85	0.84	0.87	0.86	0.86	0.85
2. ซีเทนนับเบอร		-	ไม่ต่ำกว่า	47	40	*	*	*	*	*	*	*	*
3. ธาตุกำมะถัน	D4294	%wt	ไม่สูงกว่า	0.05	0.5	0.001	0.04	0.001	0.001	0.01	0.01	0.02	0.03
4. การกัดกร่อนทองแดง	D130	No.	ไม่สูงกว่า	1	3	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a
5. น้ำ และตะกอน	D2709	%vol.	ไม่สูงกว่า	0.05	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
6. เถ้า	D482	%wt	ไม่สูงกว่า	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
7. จุดวาบไฟ	D93	°C	ไม่ต่ำกว่า	52	52	165	54	66	51	101	90	76	61
8. สี	D1500	-	ไม่สูงกว่า	4	2	<1	1	<1	<1	1	1	1	1
9. อุณหภูมิการกลั่น	D86	°C											
หยดแรก			รายงาน		-	203	170	75	77	200	190	180	175
10 %vol.			รายงาน		-	315	218	77	78	290	278	250	227
50 %vol.			รายงาน		-	322	274	319	315	320	319	313	295
90 %vol.			ไม่สูงกว่า	357	338	333	347	334	327	333	337	338	335
10. ค่าความร้อน	D240	kJ/kg	ไม่กำหนด			39,735	45,438	38,041	35,760	40,838	41,337	41,838	44,249
11. ความหนืด ณ 40°C	D445	cSt	ในช่วง	1.9-4.1	1.3-4.1	4.6	3.1	3.3	2.6	4.3	4.1	3.7	3.3
12. จุดไหลเท	D97	°C	ไม่สูงกว่า	10	รายงาน	16	7	13	13	13	13	7	4
13. จุดหมอก	D2500	°C	ไม่กำหนด			22	9	19	9	16	16	15	9
14. กรากถ่าน	D4530	%wt	ไม่สูงกว่า	<0.05	0.35	0.35	0.04	-	-	0.3	0.25	0.19	0.14

4.3 การผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยเอทานอล

จากคุณสมบัติน้ำมันดีเซลชีวภาพที่สังเคราะห์ได้ที่มีข้อจำกัดด้านคุณสมบัติเชื้อเพลิง ดีเซล 2 ประการ คือความหนืด และจุดไหลเท ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขข้อจำกัดด้านคุณสมบัติ ดังกล่าว และเพื่อปรับปรุงจุดหมอกของน้ำมันดีเซลชีวภาพที่สังเคราะห์ได้ จึงนำน้ำมันดีเซลชีวภาพมาผสมกับเอทานอล พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเอทานอลในน้ำมันผสมจาก 15 เป็น 35%vol. ทำให้น้ำมันผสมมี จุดวาบไฟ และค่าความหนืดลดลงจาก 66°C เป็น 51°C และ 3.2 cSt เป็น 2.6 cSt ตามลำดับ (แสดงในตารางที่ 4.1) หากพิจารณาจุดวาบไฟทั้งสองปริมาณการผสมพบว่ามีค่าลดลงจากจุดวาบไฟของน้ำมันดีเซลชีวภาพมากถึง 60 และ 69%ตามลำดับ โดยจุดวาบไฟ 51°C ไม่ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดกระทรวงพาณิชย์ และมาตรฐาน ASTM D975 ซึ่งต่างจากค่าความหนืดที่แม้ว่าการผสมด้วยเอทานอลจะทำให้ค่าความหนืดลดลงมากแต่ยังคงอยู่ในช่วงที่ผ่านเกณฑ์ ส่วนจุดไหลเททั้งสองปริมาณการผสมมีค่าลดลงจากจุดไหลเทของน้ำมันดีเซลชีวภาพโดยมีค่าจุดไหลเทเท่ากันคือ 13°C คาดว่าหากเพิ่มปริมาณเอทานอลในน้ำมันผสมเพื่อลดจุดไหลเทจะทำให้น้ำมันผสมมีค่าจุดวาบไฟลดลงต่ำกว่า 51°C ซึ่งไม่ผ่านข้อกำหนดกระทรวงพาณิชย์ และเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D975 เมื่อเปรียบเทียบกับผลการผสมด้วยเอทานอลของ Ali และคณะ [28] ที่สามารถลดค่าจุดไหลเทของเมทิลเอสเทอร์ของไขวัวได้ 67% คือจาก 9°C เป็น 3°C เมื่อผสมด้วยเอทานอล 35%vol. อาจมีผลเนื่องมาจากน้ำมันดีเซลที่ Ali และคณะ นำมาผสมมีค่าจุดไหลเทต่ำมาก-28 °C

4.4 การผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยดีเซล

จากการผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยน้ำมันดีเซลพบว่าคุณสมบัติของน้ำมันผสมหลายประการมีคุณสมบัติเชิงเส้นเมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของน้ำมันดีเซลที่นำมาผสมโดยได้แสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

คุณสมบัติต่างๆ ของน้ำมันผสมที่ถูกปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงไปจากน้ำมันดีเซลชีวภาพมีดังต่อไปนี้

4.4.1 ความถ่วงจำเพาะ

ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันดีเซลชีวภาพมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากโดยน้ำมันดีเซลชีวภาพจะมีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าเล็กน้อยเพียง (3%) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และมีความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับปริมาณดีเซลในน้ำมันผสมเป็นเส้นตรงแสดงในรูปที่ 4.1

4.4.2 ปริมาณกำมะถัน

ปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลชีวภาพมีน้อยมากเท่ากับ 0.001 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักซึ่งน้อยกว่าน้ำมันดีเซลถึง 40 เท่า ดังนั้นการผสมด้วยน้ำมันดีเซลจะทำให้น้ำมันผสมมีปริมาณกำมะถันเพิ่มขึ้น โดยปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มขึ้นไม่เกินปริมาณเริ่มต้นในน้ำมันดีเซล ซึ่งจะไม่เกินข้อกำหนด และมาตรฐานน้ำมันดีเซล

4.4.3 ค่าความร้อน

ค่าความร้อนต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของน้ำมันดีเซลชีวภาพมีค่าน้อยกว่าน้ำมันดีเซล 14% แต่เนื่องจากน้ำมันดีเซลชีวภาพมีค่าความถ่วงจำเพาะที่มากกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย ดังนั้นหากพิจารณาค่าความร้อนต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรจะทำให้ที่ปริมาตรเดียวกันน้ำมันดีเซลชีวภาพและน้ำมันดีเซลชีวภาพผสมน้ำมันดีเซลจะมีค่าความร้อนจากการเผาไหม้แตกต่างจากน้ำมันดีเซลน้อยกว่า 14% ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรน้อยกว่าจะทำให้เครื่องยนต์ดีเซลมีประสิทธิภาพน้อยกว่าเมื่อทำงานในสภาวะการทำงานเดียวกัน [9,30] จากรายงานการวิจัยของ Ali และคณะ [30] ที่ได้ทดสอบ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีเซลของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันถั่วเหลืองผสมน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่าเมื่อปริมาณน้ำมันดีเซลชีวภาพในน้ำมันผสมเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีเซลจะลดลงแต่ลดลงน้อยกว่าการลดลงของค่าความร้อนต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรที่อัตราส่วนการผสมเดียวกัน ดังนั้น Ali และคณะจึงสรุปว่าแม้ว่าน้ำมันดีเซลชีวภาพมีค่าความร้อนน้อยกว่าน้ำมันดีเซลแต่มีการเผาไหม้ที่ดีกว่าน้ำมันดีเซล

4.4.4 ความหนืด

ความหนืดของน้ำมันดีเซลชีวภาพมีค่ามากกว่าน้ำมันดีเซลถึง 48% ความหนืดของน้ำมันผสมมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันดีเซล โดยที่ปริมาณการผสมด้วยดีเซล 30%vol. เป็นต้นไปให้ค่าความหนืดที่ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดกระทรวงพาณิชย์ และมาตรฐาน ASTM D975 ซึ่งสามารถแก้ปัญหาที่เป็นจุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ได้

4.4.5 จุดไหลเท

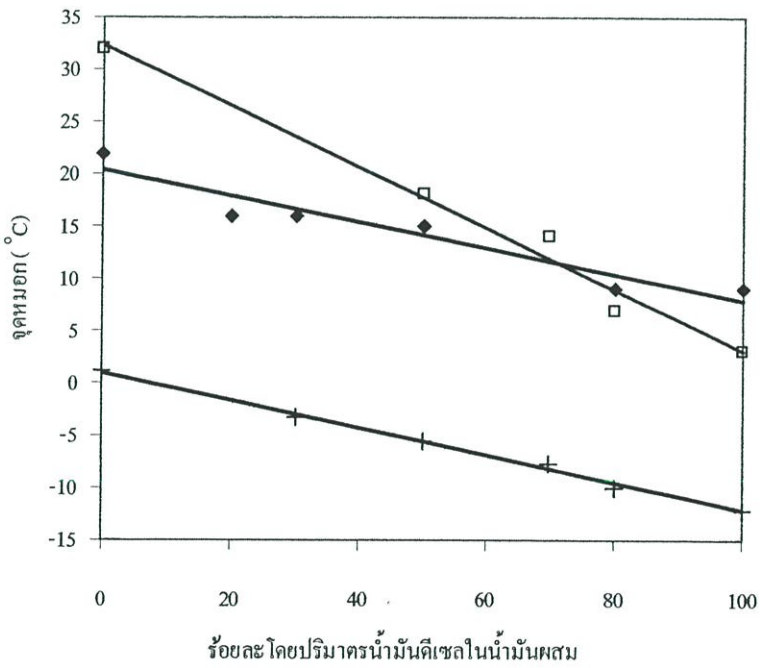
จุดไหลเทของน้ำมันดีเซลชีวภาพมีค่ามากกว่าน้ำมันดีเซลถึง 2 เท่า ที่ปริมาณการผสมน้ำมันดีเซล 20 และ 30%vol. มีค่าจุดไหลเทคือ 13°C ซึ่งมีค่าลดลงจากจุดไหลเทของน้ำมันดีเซลชีวภาพเพียง 23% และไม่ผ่านข้อกำหนดกระทรวงพาณิชย์ เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันดีเซลในน้ำมันผสมเป็น 50 และ 80% ค่าจุดไหลเทลดลงเป็น 7°C และ 4°C ตามลำดับซึ่งผ่านข้อกำหนดกระทรวงพาณิชย์

4.4.6 จุดหมอก

จุดหมอกน้ำมันดีเซลชีวภาพมีค่าประมาณ 2 เท่าของน้ำมันดีเซลซึ่งจุดหมอกจะมีค่าสูงกว่าจุดไหลเทในทุกๆปริมาณการผสม จากตารางที่ 4.1 พบว่าจุดหมอกของน้ำมันผสม

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากปาล์มสเตียรีนผสมน้ำมันดีเซลที่มี
ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น $P = a + b \times D$ โดย P คือ คุณสมบัติต่างๆ
 D คือ %vol.น้ำมันดีเซลในน้ำมันผสม a และ b คือค่าคงที่ของ
ความสัมพันธ์เชิงเส้น

P	หน่วย	a	b	R ²
ความถ่วงจำเพาะ	-	0.8709	-0.0003	0.94
ปริมาณกำมะถัน	%wt.	-0.0005	0.0004	0.99
ค่าความร้อน	kJ/kg	39587	56.84	0.98
ความหนืด	cSt	4.5628	-0.0151	0.99
กากถ่าน	%wt.	0.3495	-0.003	0.98
จุดไหลเท	°C	15.65	-0.1318	0.93
จุดหมอก	°C	20.322	-0.1248	0.91



◆ เอสเทอร์ของปาล์มสเตียรีน+น้ำมันดีเซล □ เอสเทอร์น้ำมันถั่วเหลือง+น้ำมันดีเซล *
+ เอสเทอร์น้ำมันถั่วเหลือง+น้ำมันดีเซล **

รูปที่ 4.2 จุดหมอกของการผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพจากปาล์มสเตียรีนกับน้ำมันดีเซล และ
น้ำมันดีเซลถั่วเหลืองกับน้ำมันดีเซล

หมายเหตุ * ข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง [37] จุดหมอกน้ำมันดีเซลชีวภาพ และน้ำมันดีเซล มีค่าเท่ากับ 32°C และ 3°C ($R^2 = 0.98$)
** ข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง [26] จุดหมอกน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันดีเซล มีค่าเท่ากับ 1°C และ -12°C ($R^2 = 0.99$)

มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันดีเซล ซึ่งมีอัตราการลดลงของจุดหมอกไม่มากนัก จากรูปที่ 4.2 เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพกับน้ำมันดีเซลที่มีจุดหมอกแตกต่างกันมากกว่า จะทำให้น้ำมันดีเซลชีวภาพมีอัตราการลดลงของจุดหมอกมากกว่า

4.3.7 ปริมาณกากถ่าน

น้ำมันดีเซลชีวภาพที่สังเคราะห์ได้มีปริมาณกากถ่าน 0.35%wt ซึ่งมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซลมากกว่า 8 เท่าแต่ก็มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ASTM ของน้ำมันดีเซล (ตารางที่ 4.1) และเมื่อเปรียบเทียบข้อกำหนดกระทรวงพาณิชย์กับเกณฑ์ของมาตรฐานน้ำมันดีเซลชีวภาพพบว่า ข้อกำหนดกระทรวงให้มีกากถ่านไม่เกิน 0.05%wt ในส่วนกลั่น 10%vol.ที่เหลือ ส่วนมาตรฐานน้ำมันดีเซลชีวภาพ UNI10635 ให้มีกากถ่านได้ไม่เกิน 0.5%wt ของน้ำมันดีเซลชีวภาพในส่วนกลั่น 10%vol.ที่เหลือ จากผลการทดลองการผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยน้ำมันดีเซลเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันดีเซลในน้ำมันผสมจะทำให้ปริมาณกากถ่านของน้ำมันผสมลดลง

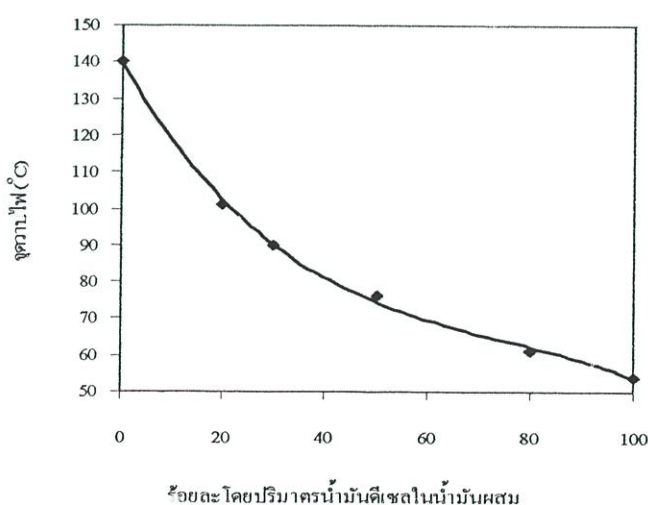
4.3.8 จุดวาบไฟ

จุดวาบไฟของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากปาล์มสเตียรีนมีค่าเป็นสามเท่าของจุดวาบไฟของน้ำมันดีเซล ดังนั้นการผสมด้วยดีเซลจะทำให้น้ำมันผสมมีจุดวาบไฟลดลงมาก มีความสัมพันธ์ระหว่างค่าจุดวาบไฟกับปริมาณดีเซลในน้ำมันผสมเป็นเส้นโค้งแสดงในรูปที่ 4.3 และจากการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ด้วยวิธีถดถอยพหุนามอันดับที่ 3 ได้สมการความสัมพันธ์เป็น

$$F = 139.53 - 2.3524D + 0.027D^2 - 0.0001D^3 \quad (R^2 = 0.9986)$$

เมื่อ F = จุดวาบไฟ ($^{\circ}\text{C}$)

D = ปริมาณดีเซลในน้ำมันผสม (%vol.)



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดวาบไฟ กับร้อยละ โดยปริมาตรน้ำมันดีเซลในน้ำมันดีเซลชีวภาพผสม

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยเอทานอลสามารถลดค่าความหนืด จุดไหลเท จุดหมอก แต่อาจทำให้จุดควบไพลดลงมากจนไม่ผ่านเกณฑ์ที่ปริมาณการผสมเอทานอล 35%vol.

การผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยน้ำมันดีเซลที่ 50%vol. มีเพียงปริมาณกากถ่านเท่านั้นที่ไม่ผ่านข้อกำหนดกระทรวงพาณิชย์แต่ก็มีค่าลดลงมากจากน้ำมันดีเซลชีวภาพถึง 46% นอกจากนั้นค่าความร้อนโดยน้ำหนัก ที่ลดลงจากน้ำมันดีเซลเพียง 8% ซึ่งอาจจะทำให้มีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเมื่อทำงานที่สภาวะเดียวกันกับน้ำมันดีเซล แต่อย่างไรก็ตามการพิจารณาความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเป็นต้องพิจารณาคุณสมบัติอื่นๆ ควบคู่ไปด้วยเช่นค่าซีเทนนิมเบอร์ ค่าความหนืด สภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ [30] ส่วนจุดหมอกนั้นลดลงเป็น 15°C ซึ่งลดลงจากจุดหมอกของน้ำมันดีเซลชีวภาพเพียง 31% และมีค่าลดลงเป็น 9°C ที่ปริมาณการผสมน้ำมันดีเซล 80%vol. ซึ่งหากต้องการใช้งานน้ำมันดีเซลชีวภาพที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15°C และ 9°C อาจจะเลือกน้ำมันดีเซลที่มีจุดหมอกต่ำกว่า 9°C มาผสม

สำหรับค่าซีเทนนิมเบอร์ที่ไม่ได้ทำการทดสอบในงานวิจัยนี้เนื่องจากการทดสอบต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก และสำหรับน้ำมันดีเซลชีวภาพไม่สามารถใช้การคำนวณดัชนีซีเทนเพื่อประมาณค่าซีเทนนิมเบอร์ แต่อย่างไรก็ตามจากการรวบรวมข้อมูลค่าซีเทนนิมเบอร์ของน้ำมันดีเซลชีวภาพชนิดต่างๆ พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 48 ถึง 60 [24] ซึ่งมีค่าสูงเกินข้อกำหนดกระทรวงพาณิชย์ และมาตรฐาน ASTM D975

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 คุณสมบัติน้ำมันดีเซลชีวภาพ

เนื่องจากในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติน้ำมันดีเซลชีวภาพจากปาล์มสเตียร์นให้มีคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซล ดังนั้นควรทำการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำมันดีเซลที่มีกำหนดมาตรฐานน้ำมันดีเซลชีวภาพบางประการที่ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ เช่น ปริมาณกลีเซอรินทั้งหมด หรือปริมาณกลีเซอรินอิสระ เนื่องจากปริมาณกลีเซอรินในน้ำมันดีเซลชีวภาพนั้นมีผลต่อค่าความหนืด และมีโอกาสก่อให้เกิดการเกาะตัวของคาร์บอนในเครื่องยนต์เช่นกัน

5.2.2 จุดไหลเทและจุดหมอก

นอกเหนือจากการลดจุดหมอก และจุดไหลเทของน้ำมันดีเซลชีวภาพโดยการผสมด้วยน้ำมันดีเซลที่มีจุดหมอกและจุดไหลเทที่ต่ำกว่า แต่การเติมสารเติมแต่งที่ช่วยลดจุดไหลเท

ในน้ำมันดีเซลปิโตรเลียมนั้นก็เป็นที่ควรที่จะวิจัยต่อไปว่าสามารถลดจุดไหลเท และจุดหมอกของน้ำมันดีเซลชีวภาพ และน้ำมันดีเซลชีวภาพผสมได้หรือไม่ และต้องเติมด้วยปริมาณเท่าใดเพื่อให้ส่วนผสมมีจุดไหลเทตามต้องการ

ควรมีการวิจัยที่ลึกซึ้งถึงการแก้ไขสาเหตุที่ทำให้ น้ำมันดีเซลชีวภาพมีค่าจุดหมอก และจุดไหลเทสูง เช่น วิจัยหาสารเติมแต่งที่จะช่วยลดจุดหมอก และจุดไหลเท

5.2.3 การทดสอบการใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซล

ควรมีการทดสอบน้ำมันดีเซลชีวภาพ และน้ำมันดีเซลชีวภาพผสมน้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อเปรียบเทียบในด้านปริมาณความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ปริมาณ และองค์ประกอบต่างๆ ในไอเสีย เช่น ปริมาณอนุภาคของแข็ง ปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ และปริมาณ NO_x เพื่อหาว่าสัดส่วนการผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยน้ำมันดีเซลสัดส่วนใดให้ประโยชน์สูงสุด

5.2.4 การใช้งาน

ควรจะพิจารณาทดลองใช้งานน้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขปาล์มในแง่เป็นสารเติมแต่งที่ช่วยลดมลพิษทางอากาศ ของรถยนต์ดีเซลที่ใช้ในเมืองใหญ่ ที่มีวันเลืยหนาแน่นการถ่ายเทอากาศไม่ดี ว่าที่อัตราส่วนการผสมใดสามารถช่วยลดมลพิษได้ดีที่สุด และมีราคาที่เหมาะสมที่จะใช้งานได้จริง

เอกสารอ้างอิง

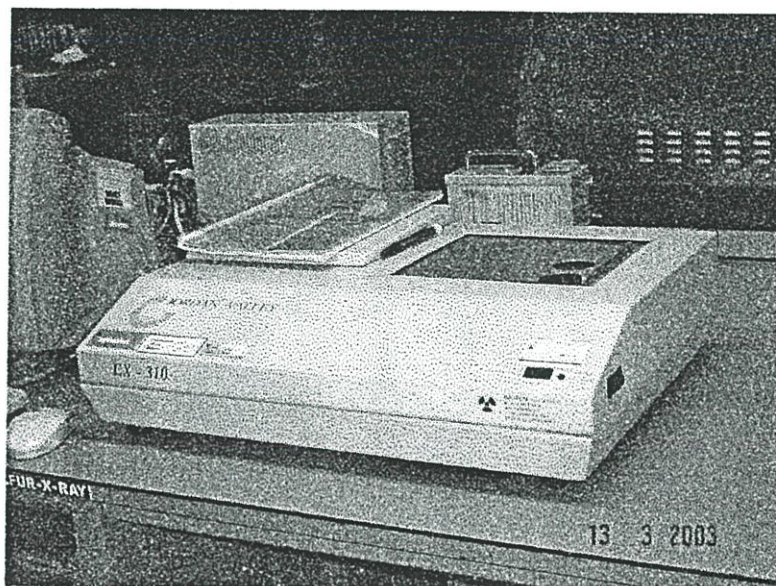
- [1] สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. “พลังงานเพื่อความเข้าใจใช้อย่างรู้คุณค่าพัฒนาสู่ความยั่งยืน” มกราคม 2543
- [2] Korbitz, W. “New Trends in Developing Biodiesel World-wide, Evaluating & Exploiting the Commercial Uses of Ethanol.” Fuel Alcohol & Biodiesel., 2002; 22-23 April, Singapore
- [3] สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. “สถานการณ์พลังงานของประเทศไทยในช่วงไตรมาสแรกของปี 2545” วารสารนโยบายพลังงาน ฉบับที่ 56 เมษายน-มิถุนายน 2545
- [4] Ma F. and Hanna M.A. “Biodiesel Production: a Review.” Bioresource Technology., vol.70, 1999. pp. 1-15
- [5] Lang X., Dalai A.K., Bnhshi N.N., Reaney M.J. and Hertz P.B. “Preparation and Characterization of Bio-diesels from Various Bio-oils.” Bioresource Technology, vol.80, 2001. pp. 53-62
- [6] Tyson K.S. “Biodiesel Handling and Use Guidelines.”, NREL/TP-580-30004 2001.
- [7] Sheehan J., Camobreco, V., Duffield, J., Graboski M. and Shapouri, H. “An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles” NREL/TP-580-24772 1998
- [8] Schumacher, L.G. “Biodiesel Emissions Data from Series 60 DDC Engines.”, 1995 American Public Transit Association Bus Operations and Technology Conference, Reno, Nevada, May 1995. pp. 1-9
- [9] Hofman V.; and Solseng E. “Biodiesel Fuel Use in an Unmodified Diesel Engine.” ASAE/CSAE North-Central Intersectional Meeting, Canada, 27-28 September, 2002. pp. 1-5
- [10] สุริยา อยขานันท์. “ศักยภาพปาล์มน้ำมันกับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ.”, จดหมายข่าว ปาล์มน้ำมัน, ปีที่ 3 ฉบับที่ 1, 2545. หน้า 10-12
- [11] [Online]. Viable: http://www.britanniafood.com/english/invite_02.htm#characteristecs
- [12] [Online]. Viable: <http://www.cpi-th.com/thai/products/ind.htm>
- [13] ปราโมทย์ ไชยเวช. ปีโตรเลียมเทคโนโลยี กรุงเทพฯ ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2533.
- [14] บริษัท บางจาก. “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำมันดีเซล” [Online]. Viable: http://www.bangchack.co.th/refinery/rfnry_desel2.html

- [15] “Global Diesel Specification” [Online]. Viable:
<http://www.fueltechinc.com/global%20DIESEL%20Specs%20C.htm>
- [16] Anjana S. and Ram P. “Triglycerides-Based Diesel Fuels.”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 4, 2000. pp. 111-33
- [17] Hideki F., Akihiko K. and Hideo N. “Review.”, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, vol. 92 No. 5 2001. pp. 405-416
- [18] Ma F., Clement L.D. and Hanna M. “The Effect of Catalyst, Free Fatty Acids and Water on Transesterification of Beef Tallow.”, *Transaction of the ASAE*, vol. 41, No. 5, 1998. pp. 1261-1264
- [19] Feedman B., Pryde E.H. and Mounts T.L. “Variables Affecting the Yields of Fatty ester from Transesterified vegetable oils.”, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, vol. 61, 1984. pp. 1638-1643
- [20] “Biodiesel Production and Quality” [Online]. Viable
http://www.biodiesel.org/pdf_files/prod_quality.pdf
- [21] Zhang Y., Dube M.A., McLean D.D. and Kates M. “Biodiesel Production from Waste Cooking Oil: 1. Process design and technological assessment.”, vol. 89, 2003. pp. 1-16
- [22] Sengupta B. “Devolvement of Biofuels” [Online]. Viable: <http://www.cpcbnicin/>
- [23] สุริยา อยชานันท์. “การแปรรูปปาล์มน้ำมัน และผลิตภัณฑ์จากน้ำมันปาล์ม” จดหมายข่าวปาล์มน้ำมัน, ปีที่ 4 ฉบับที่ 1, มีนาคม-พฤษภาคม 2545. หน้า 10-12
- [24] Graboski M.S. and McCormick R.L., “Combustion of Fat and Vegetable Oil Derived Fuels in Diesel Engines.” *Progress in Energy and Combustion Science.*, Vol.24, 1998. pp. 125-164
- [25] Gergard K., Andrew C. and Ryan T.W. “Cetane Number of Branched and Straight-Chain Fatty Esters Determined in an Ignition Quality Tester.”, *Fuel.*, vol. 82, 2003. pp. 971-975
- [26] Schumacher L. “The Physical and Chemical Characterization of Biodiesel Low Sulfur Diesel Fuel Blends”. Final Report, National Biodiesel Board, 1995.
- [27] Ali Y. and Hanna M.A. “Physical Properties of Tallow Ester and Diesel Fuel Blends.”, *Bioresource Technology.*, vol. 47, 1994. pp. 131-134.
- [28] Ali Y., Hanna M.A. and Cuppett S.L. “Fuel Properties of Tallow and Soybean Oil Esters.”, *JAOCs.*, vol.72, No.12, 1995. pp. 1557-1564

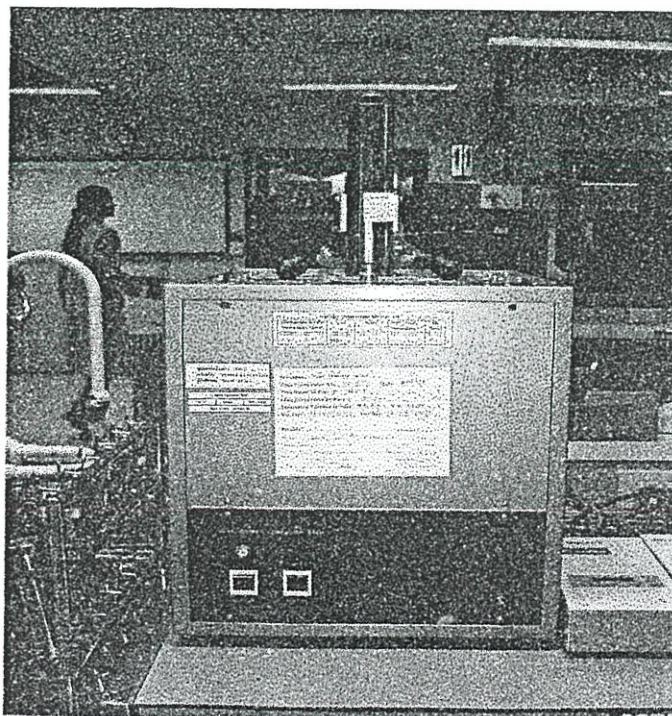
- [29] Ali Y., Hanna M.A. and Joseph E.B. "Optimization of Diesel, Methyl Tallowate and Ethanol Blend for Reducing Emissions from Diesel Engine.", *Bioresource Technology.*, vol.52, 1995. pp. 237-243
- [30] Ali, Y., Hanna, M.A. and Leviticus, L.I., "Emissions and Power Characteristic of Diesel Engines on Methyl Soyate and Diesel Fuel Blends.", *Bioresource Technology*, Vol.52, 1995. pp. 185-195
- [31] Schumacher L.G., Borgelt S.C., Fosseen D., Goetz W. and Hires W.G. "Heavy-Duty Engine Exhaust emission tests Using Methyl Ester Soybean Oil/Diesel Fuel Blends.", *Bioresource Technology.*, Vol.57, 1996. pp. 31-36
- [32] Mustafa E.T. and Jon H. V.G. "The Kinematics Viscosity of Biodiesel and its Blends with Diesel Fuel.", *JAOCs.*, vol. 76, No. 12 1999. pp. 1511-1513
- [33] Dorado M.P., Arnal J.M., Gomez J., Gil A. and Lopez F.J. "The Effect of a Waste Vegetable oil Blend with Diesel on Engine performance." *Transaction of the ASAE*, vol. 45, No. 3, 2002. pp. 519-529
- [34] Pramanik K. "Properties and Use of Jatropha curcas Oil and Diesel Fuel Blends in Compression Ignition Engine.", *Renewable Energy.*, vol. 28, 2003. pp. 239-248
- [35] จิรพนธ์ แดงจำ และ พีระพงศ์ เนียรภาค, การศึกษาการสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากไขปลาคาร์ป. ปริญญานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 2544.
- [36] "Carbon Residue" [Online]. Viable:
http://www.bunkerworld.com/technical/tech_mcr.htm
- [37] Hart K.L. "On the Road to Fueling the Future." *IRI Fuels Information Services*, National Biodiesel Board, 2001.

ภาคผนวก ก

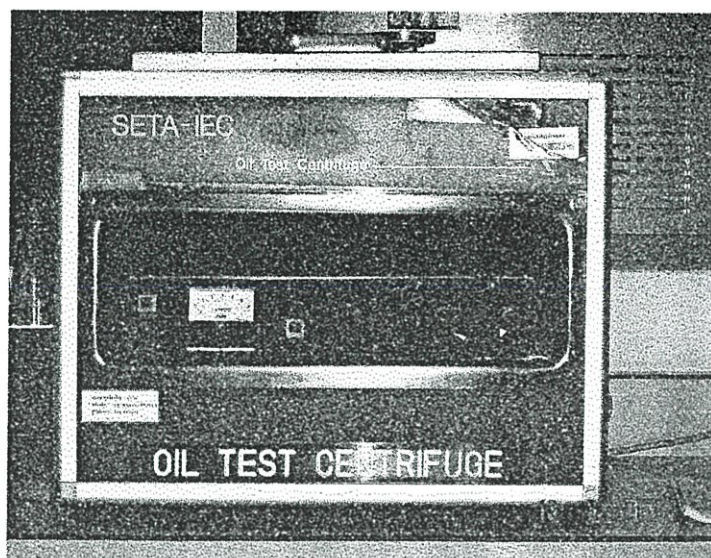
รูปภาพเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซล



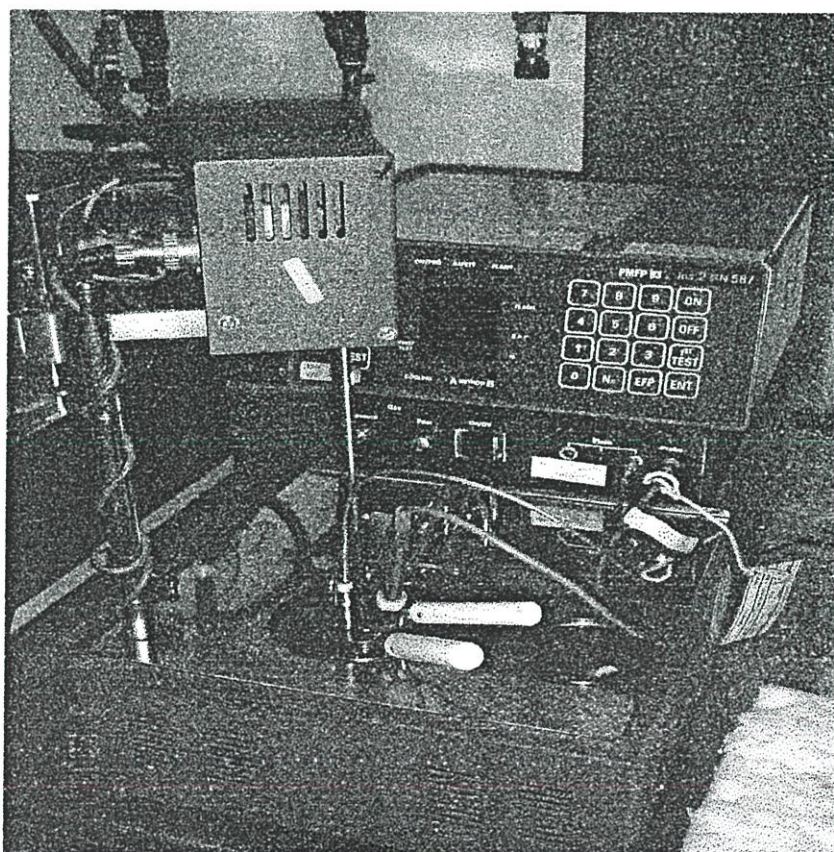
รูปที่ ก.1 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุกำมะถัน ASTM D130



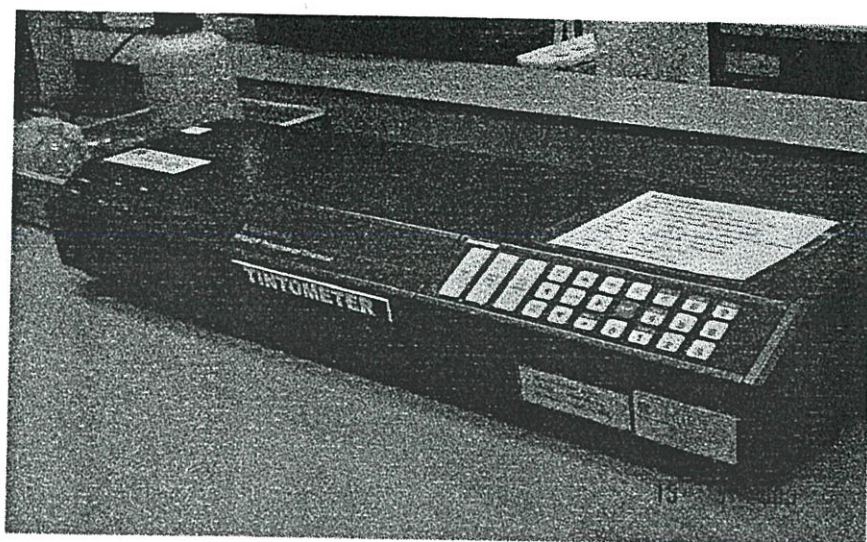
รูปที่ ก.2 เครื่องวิเคราะห์การกัดกร่อนทองแดง ASTM D130



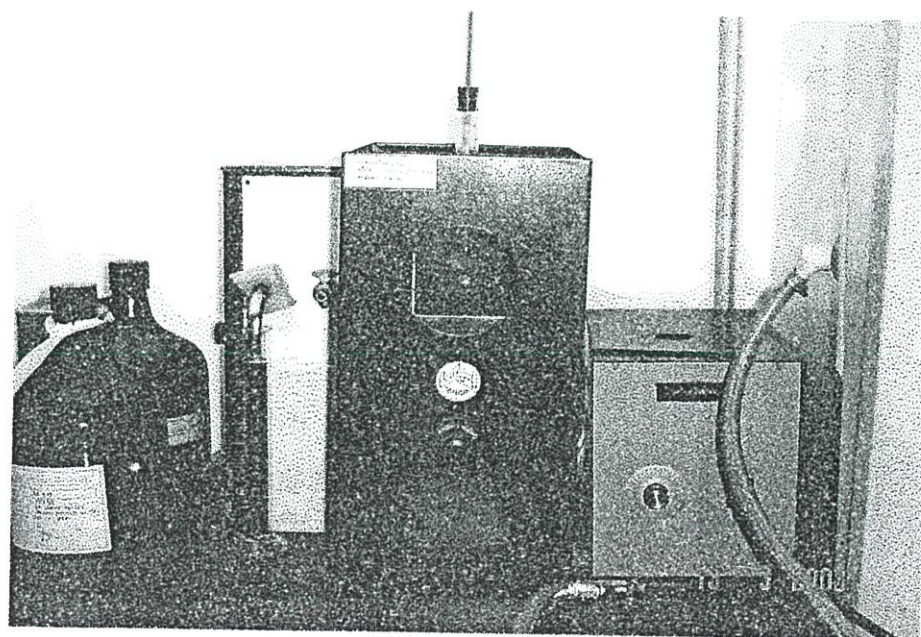
รูปที่ ก.3 เครื่องวิเคราะห์น้ำและตะกอน ASTM D2709



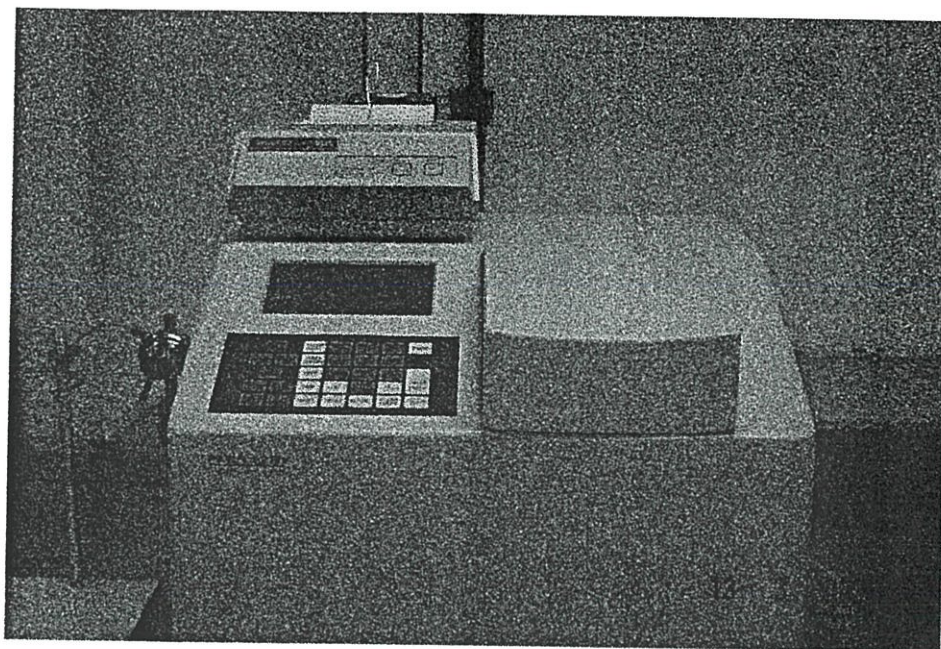
รูปที่ ก.4 เครื่องวิเคราะห์หุ้ควาบไฟ ASTM D93



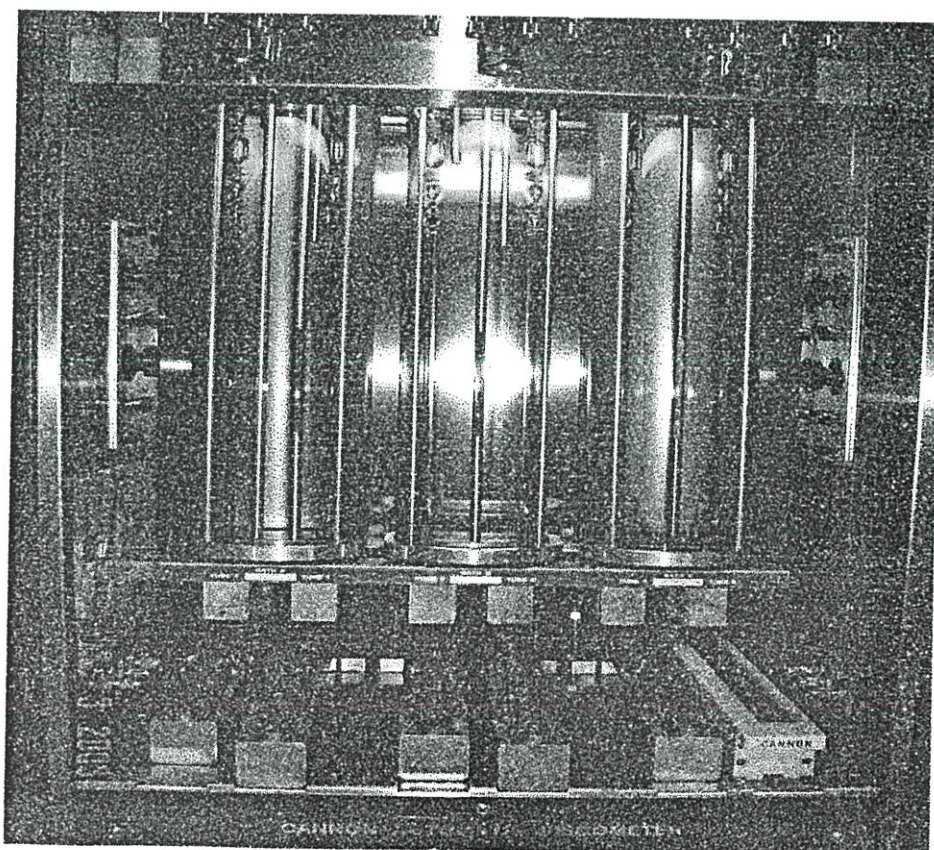
รูปที่ ก.5 เครื่องวิเคราะห์สีของน้ำมันดีเซล ASTM D1500



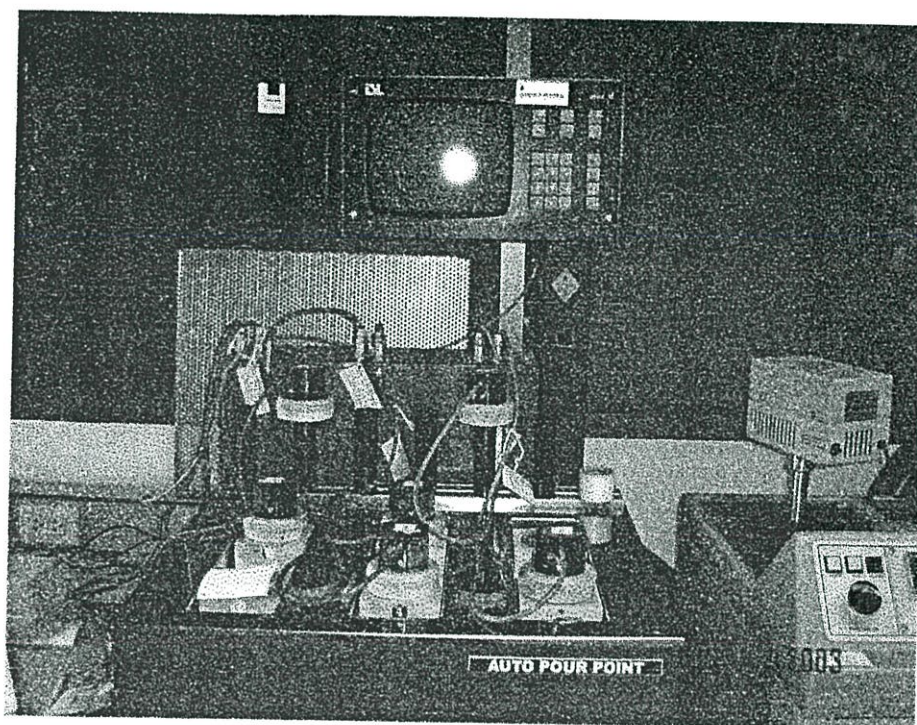
รูปที่ ก.6 เครื่องวิเคราะห์อุณหภูมิการกลั่น ASTM D86



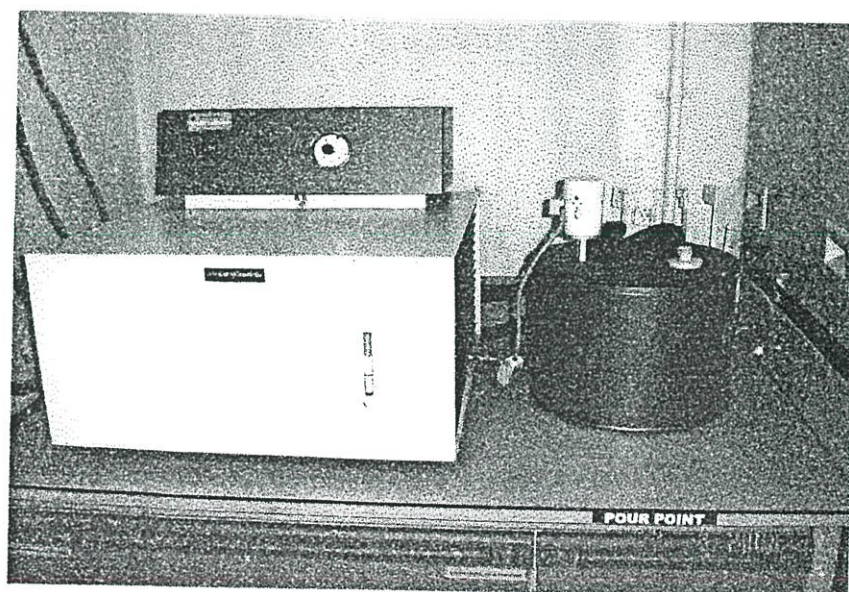
รูปที่ ก.7 เครื่องวิเคราะห์ค่าความร้อน ASTM D240



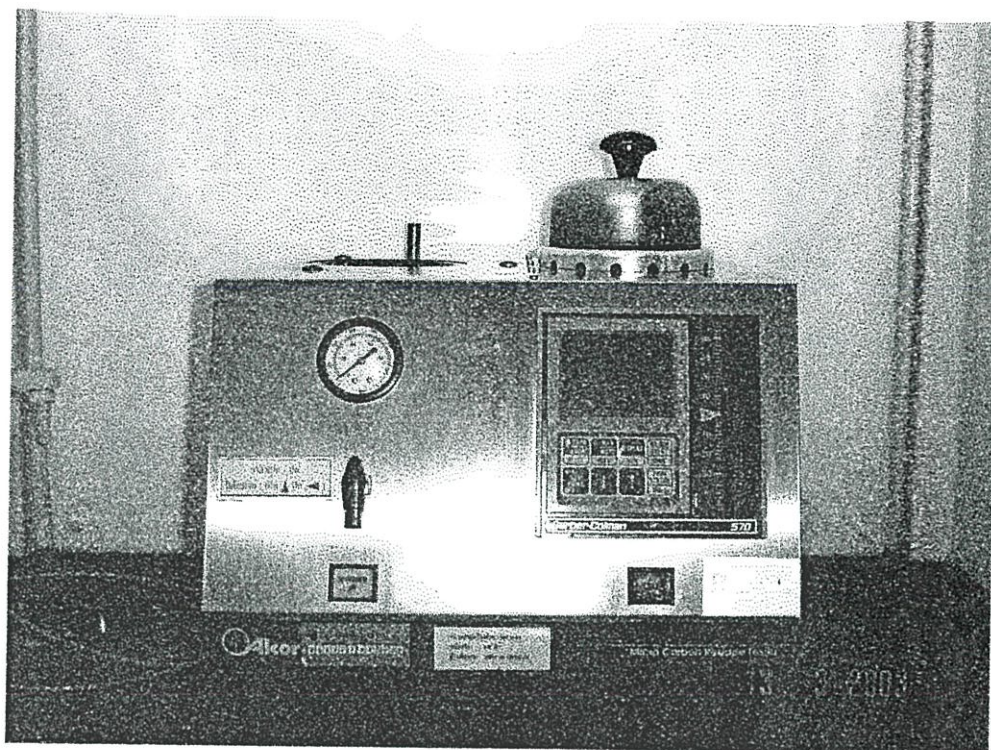
รูปที่ ก.8 เครื่องวิเคราะห์ค่าความหนืด ณ 40°C ASTM D445



รูปที่ ก.9 เครื่องวิเคราะห์ค่าจุดไหลเท ASTM D97



รูปที่ ก.10 เครื่องวิเคราะห์ค่าจุดหมอก ASTM D2500



รูปที่ ก.11 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณกากถ่าน ASTM D4530

ประวัติผู้เขียน

นางสาวนันทมนตร์ จันทศิริสกุล เกิดที่จังหวัดกรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาวชิยา
ศาสตรบัณฑิต (เคมี) จากมหาวิทยาลัยรามคำแหง ปีการศึกษา 2539 ปี พ.ศ. 2539-2540 ทำงาน
ในตำแหน่ง นักเคมี ที่บริษัท SGS (Thailand) ปี พ.ศ. 2540-2542 ทำงานในแผนกควบคุม
คุณภาพ และการผลิต บริษัท ยูนิเพลท เอ บี เอส จำกัด

ผลงานตีพิมพ์

-“Effect of bed length of adsorbent and humid air flow rate on adsorption
efficiency of silica gel”, KKU Engineering Journal Vol.27 No. 4 (47-56) Oct.Dec.2000

-“การปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขปลาล้มสเดียริน โดยวิธีผสม”
วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 51 (เดือนธันวาคม 2546-มีนาคม 2547)