

ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราและการประยุกต์ใช้งาน
BIODIESEL FROM RUBBER SEED OIL AND ITS APPLICATION

เฉลิมพร ณ พัทลุง
CHALEAMPORN NAPATTALUNG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

ISBN 974-8308-14-6

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราและการประยุกต์ใช้งาน

BIODIESEL FROM RUBBER SEED OIL AND ITS APPLICATION

เฉลิมพร ณ พัทลุง

CHALEAMPORN NAPATTALUNG

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 69078
วัน,เดือน,ปี - 7 ก.พ. 2550

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

ISBN 974 - 8308 - 14 - 6

BIODIESEL FROM RUBBER SEED OIL AND ITS APPLICATION

CHALEAMPORN NAPATTALUNG

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

2006

ISBN 974 - 8308 - 14 - 6

COPYRIGHT 2006

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราและการประยุกต์ใช้งาน
นักศึกษา	นางสาวเฉลิมพร ณ พัทลุง
รหัสนักศึกษา	47060312
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราในประเทศไทย เพื่อเป็นพลังงานทดแทนสำหรับเครื่องยนต์ เนื่องจากการนำน้ำมันเมล็ดยางพารามาใช้ในเครื่องยนต์โดยตรง จะเกิดปัญหาเกี่ยวกับหัวฉีดและระบบเผาไหม้ เนื่องจากการนำน้ำมันมีความหนืดสูง และอัตราการระเหยตัวต่ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงแก้ปัญหาดังกล่าวโดยนำน้ำมันมาผ่านกระบวนการสกัดเอสเตอร์ฟิเคชันก่อน ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นคือ ไบโอดีเซลในรูปของเอทิลเอสเตอร์น้ำมันเมล็ดยางพารา จากนั้นทำการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพ และมีการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลในระยะสั้นเปรียบเทียบกับการใช้ น้ำมันดีเซลมาตรฐาน ซึ่งจากการนำไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ผลิตได้ด้วยวิธีทรานส์เอสเตอร์ฟิเคชัน โดยงานวิจัยนี้ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 1% โดยมวลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และอัตราส่วนโดยโมลของเอทานอล : น้ำมัน ที่ใช้คือ 6:1 สามารถผลิตไบโอดีเซล 84% ของผลได้ และไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีความบริสุทธิ์ 94 % เมื่อนำมาทดสอบกับเครื่องยนต์ ปรากฏว่า เครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้โดยตรง อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารา มีค่ามากกว่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเมื่อนำน้ำมันดีเซลประมาณ 10 - 20% และเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้ช่วย อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่ามากกว่าเมื่อนำน้ำมันดีเซลประมาณ 30-40% ส่วนควันท่อของเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้โดยตรง เมื่อใช้ไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารามีค่าน้อยกว่าน้ำมันเมื่อใช้ดีเซลประมาณ 60% และของเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้ช่วย มีค่าน้อยกว่าเมื่อนำน้ำมันดีเซลประมาณ 50% สำหรับประสิทธิภาพเชิงความร้อนเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้โดยตรง เมื่อใช้ไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารามีค่าสูงกว่าเมื่อนำน้ำมันดีเซลประมาณ 3% ส่วนเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้ช่วย มีค่าต่ำกว่าเมื่อนำน้ำมันดีเซลประมาณ 2% จากผลการทดสอบกับเครื่องยนต์ในระยะสั้นสามารถสรุปได้ว่า ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราสามารถใช้ได้ทั้งกับเครื่องยนต์แบบห้องเผาไหม้โดยตรง และเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้ช่วย

Thesis Title	Biodiesel from Rubber Seed Oil and its Application
Student	Miss. Chaleamporn Napattalung
Student ID.	47060312
Degree	Master of Engineering
Programme	Mechanical Engineering
Year	2006
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr.Chinda Charoenphonphanich

ABSTRACT

This paper presents the biodiesel which is produced from rubber seed oil in Thailand. Using crude rubber seed oil could causes a problem of injection and combustion in engines because of its high viscosity. These problems can be solved by transform it to biodiesel. In this study, the rubber seed oil was transesterification process reacted with ethanol 6:1 by mole using Potassium hydroxide (KOH)1% by mass as a catalyst. The yield of Biodiesel is 84% of raw material and its purity is 94%. The physical characteristics of biodiesel were compared to the conventional diesel fuel. The biodiesel was then tested in a diesel engine DI and IDI. As the results, the biodiesel from rubber seed oil provides brake specific fuel consumption higher than diesel fuel 10-20% in the DI Engine and 30-40% in the IDI Engine. The Smoke density is lower than diesel fuel 60% in the DI Engine and 50% in the IDI Engine. Brake thermal efficiency of biodiesel is higher than diesel fuel 3% in DI engine whereas in IDI engine it is lower than diesel fuel 2%. As the results of engine test in short period of time, it could be conclude that the biodiesel from rubber seed oil can be used in both DI and IDI engine.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะในการแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างปริญญานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณบัวชุม อุดมทรัพย์ ผู้ให้คำปรึกษาที่ดีตลอดมา

ขอขอบคุณพี่ ๆ และเพื่อน ๆ ในห้องปฏิบัติการทุกคน

ขอขอบคุณคุณภักดี บุญยะผลานันท์ และคณะจากบริษัทยันมาร์เอส พี ประเทศไทย จำกัด และบริษัท ดี ไอ เอ็นจิน จำกัด ที่ให้การสนับสนุนเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ โดยใช้น้ำมันพืช ผสม

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา คุณป้า คุณตา คุณยาย ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

เฉลิมพร ณ พัทลุง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....I	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II	II
กิตติกรรมประกาศ.....III	III
สารบัญ.....IV	IV
สารบัญตาราง.....VIII	VIII
สารบัญรูป.....IX	IX
บทที่1 บทนำ.....1	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....2	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....3	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....3	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3	3
1.7 ขั้นตอนการศึกษา.....4	4
บทที่2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5	5
2.1 งานวิจัยภายในประเทศ.....5	5
2.2 งานวิจัยภายนอกประเทศ.....7	7
บทที่3 ทฤษฎี.....12	12
3.1 ไขมันและน้ำมัน.....12	12
3.1.1 กรดไขมัน.....12	12
3.1.2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไขมัน.....13	13
3.1.3 การวิเคราะห์ทางเคมี.....17	17
3.1.4 สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์.....18	18
3.2 ยางพารา.....18	18
3.3 กาลีเซอรอล.....19	19
3.4 เอทานอล.....20	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 กลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมี.....	21
3.5.1 ปฏิกิริยาการแทนที่.....	21
3.5.2 อิทธิพลของสเตอริคบนนิวคลีโอฟิลิกซิตี (Steric effect on nucleophilicity).....	21
3.6 การนำน้ำมันพืชหรือไขสัตว์มาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล.....	23
3.6.1 Blending.....	23
3.6.2 Microemulsions.....	23
3.6.3 Pyrolysis.....	23
3.6.4 Transesterification.....	23
3.7 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	24
3.7.1 การใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	25
3.7.2 การใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	25
3.7.3 การใช้เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	25
3.8 ตัวแปรที่มีผลต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	26
3.8.1 อิทธิพลของความชื้นและกรดไขมันอิสระ.....	26
3.8.2 ชนิดและร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยา.....	26
3.8.3 อิทธิพลของอัตราส่วน โดยโมล.....	26
3.8.4 อิทธิพลของอุณหภูมิ.....	27
3.8.5 อิทธิพลของเวลา.....	27
3.9 ไบโอดีเซล.....	27
3.10 น้ำมันดีเซล.....	27
3.10.1 ชนิดรอบต่ำ.....	27
3.10.2 ชนิดรอบปานกลาง.....	28
3.10.3 ชนิดรอบสูง.....	28
3.11 สมบัติของน้ำมันดีเซล.....	28
3.11.1 คุณภาพการจุดติด (Ignition Quality).....	28
3.11.2 ค่าเกี่ยวกับการระเหย (Volatility).....	28
3.11.3 ค่าเกี่ยวกับการไหล (Fluidity).....	29
3.11.4 ค่าเกี่ยวกับความสะอาด.....	29
3.12 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องยนต์ดีเซล.....	30
3.12.1 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด.....	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.13 ปริมาณและการเกิดมลพิษในเครื่องยนต์ดีเซล.....	31
3.13.1. เขม่า (ควีนดำ).....	32
3.13.2 ไฮโดรคาร์บอน.....	32
3.13.3 ไนโตรเจนออกไซด์.....	33
3.13.4 คาร์บอนมอนอกไซด์.....	33
บทที่ 4 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	35
4.1 รูปแบบการศึกษา.....	35
4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	35
4.3 สารเคมีที่ใช้งานวิจัย.....	37
4.4 วัตถุประสงค์.....	37
4.5 ขั้นตอนการวิจัย.....	37
4.5.1 วิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นน้ำมันเมล็ดในยางพารา.....	37
4.5.2 ขั้นตอนการดำเนินงานทดลอง.....	37
4.5.3 การวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของผลิตภัณฑ์.....	38
4.6 การทดสอบเครื่องยนต์.....	39
บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์การทดลอง.....	41
5.1 ผลการศึกษาสมบัติสารตั้งต้น.....	41
5.2 ผลของการศึกษาสมบัติเอทิลเอสเทอร์.....	43
5.2.1 การวิเคราะห์โครงสร้างของเอทิลเอสเทอร์.....	43
5.2.2 การทดสอบสมบัติทางเชื้อเพลิง.....	44
5.2.3 ลักษณะการสเปรของน้ำมันเชื้อเพลิง.....	45
5.3 ผลการศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้ช่วยเมื่อใช้ เอทิลเอสเทอร์น้ำมันเมล็ดยางพารา.....	46
5.4 ผลการศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้โดยตรง เมื่อใช้เอทิลเอสเทอร์น้ำมันเมล็ดยางพารา.....	48
5.5 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้ช่วย และแบบมีห้องเผาไหม้โดยตรงเมื่อใช้เอทิลเอสเทอร์น้ำมันเมล็ดยางพารา.....	50

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.6 ผลการศึกษาผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลจาก น้ำมันเมล็ดคางพารา.....	54
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	55
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	55
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	56
เอกสารอ้างอิง.....	57
ภาคผนวก.....	59
ภาคผนวก ก. การคำนวณปริมาณของผลิตภัณฑ์.....	60
ภาคผนวก ข. มาตรฐานต่างๆ.....	64
ภาคผนวก ค. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	75
ประวัติผู้เขียน.....	92

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมบัติทางเคมี, ทางกายภาพ และทางเชื้อเพลิงของน้ำมัน Jatropha curcas และเมทิลกับเอทิลเอสเทอร์.....	9
3.1 สมบัติของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันพืช.....	13
3.2 จุดหลอมเหลวของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ.....	14
3.3 อุณหภูมิที่เป็นควันของน้ำมันและไขมันชนิดต่าง ๆ.....	16
3.4 สมบัติและค่าความร้อนของน้ำมันพืชต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล.....	18
3.5 การเปรียบเทียบสมบัติของเมทานอลและเอทานอล.....	22
4.1 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ทดสอบแบบมีห้องเผาไหม้ช่วย.....	39
4.2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ทดสอบแบบมีห้องเผาไหม้โดยตรง.....	40
5.1 ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืชตัวอย่าง.....	41
5.2 สมบัติของน้ำมันเมล็ดในยางพาราเทียบกับน้ำมันดีเซล.....	42
5.3 สมบัติของเอทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วนโดยโมล 6:1 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำมันดีเซลหมุนช้า และไบโอดีเซล.....	44

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1 กลุ่มอัลคิลที่ต้องเข้าไปชนที่ตำแหน่งคาร์บอนอะตอม.....	22
3.2 ปฏิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	24
3.3 ปฏิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิริยา.....	24
3.4 ปฏิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิริยา.....	24
4.1 แผนภาพชุดเครื่องกวน.....	36
4.2 ภาพชุดอุปกรณ์ทดลองในห้องปฏิบัติการ.....	36
4.3 ลักษณะการแยกชั้นระหว่างเอสเทอร์และกลีเซอรอล.....	38
4.4 แสดงการล้างเอสเทอร์.....	38
5.1 โครมาโทแกรมเอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันเมล็ดขางพารา.....	43
5.2 แสดงลักษณะการสเปรของไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดขางพารา.....	45
5.3 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด.....	46
5.4 แสดงปริมาณควันดำที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด.....	46
5.5 แสดงอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด.....	47
5.6 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด.....	48
5.7 แสดงปริมาณควันดำสภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด.....	48
5.8 แสดงอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด.....	49
5.9 แสดงอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด.....	49
5.10 แสดงอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด.....	50
5.11 เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ระหว่างเครื่องยนต์ DI และเครื่องยนต์ IDI.....	50
5.12 เปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองพลังงานระหว่างเครื่องยนต์ DI และเครื่องยนต์ IDI.....	51
5.13 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนระหว่างเครื่องยนต์ DI และเครื่องยนต์ IDI.....	52
5.14 เปรียบเทียบปริมาณควันดำระหว่างเครื่องยนต์ DI และเครื่องยนต์ IDI.....	52
5.15 เปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียระหว่างเครื่องยนต์ DI และเครื่องยนต์ IDI.....	53
5.16 แสดงลักษณะคราบเขม่าการเผาไหม้ของดีเซล.....	54
5.17 แสดงลักษณะเขม่าการเผาไหม้เอทิลเอสเทอร์น้ำมันเมล็ดขางพารา.....	54

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในภาวะปัจจุบันความต้องการทางด้านพลังงานมีแนวโน้มสูงมากขึ้น เนื่องจากเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมที่ขยายกำลังการผลิตอย่างต่อเนื่อง ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีทรัพยากรทางด้านพลังงานน้อยจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ ส่งผลให้ต้องนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ทำให้สูญเสียเงินตราออกนอกประเทศ ด้วยเหตุนี้จึงพยายามหาแหล่งพลังงานหมุนเวียนมาใช้ทดแทนน้ำมันปิโตรเลียม เช่น การใช้แอลกอฮอล์ในเครื่องยนต์เบนซิน การผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ลม กระแสน้ำ และการสังเคราะห์ก๊าซชีวมวล เป็นต้น[1]

ในต่างประเทศมีการนำน้ำมันพืชมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล ตั้งแต่ช่วงสงครามโลกครั้งที่สอง แต่พบปัญหาเกิดขึ้นมากมาย เนื่องจากสมบัติของน้ำมันพืชและน้ำมันดีเซลมีความแตกต่างกัน ซึ่งน้ำมันพืชมีความหนืดสูงและระเหยตัวต่ำ ทำให้การจุดระเบิดได้ยาก การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดเขม่าของคาร์บอนอุดตันที่หัวฉีด และเครื่องยนต์ไม่สามารถใช้งานได้ที่รอบต่ำ ปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดย นำน้ำมันพืชมาสังเคราะห์เป็นเมทิลหรือเอทิลเอสเทอร์ที่มีสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ซึ่งเป็นสารประกอบหลักในน้ำมันพืชทำปฏิกิริยากับหมู่อัลคอกไซด์ในแอลกอฮอล์ เรียกว่า ไบโอดีเซล เชื้อเพลิงชนิดนี้มีความหนืดและสมบัติทางเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล[2]

การสังเคราะห์เมทิลหรือเอทิลเอสเทอร์เพื่อใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล หรือเรียกว่าไบโอดีเซล ได้รับความสนใจอย่างมากเมื่อไม่นานมานี้ เนื่องจากผลิตขึ้นโดยใช้ทรัพยากรหมุนเวียนทางธรรมชาติได้และเป็นประโยชน์ในด้านสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซล ควรจะเป็นผลิตผลทางการเกษตรหรือไขสัตว์ที่ผลิตได้มากภายในประเทศ เช่น ในยุโรปใช้น้ำมันเมล็ดเรพ (rapeseed oil) และน้ำมันดอกทานตะวัน ในสหรัฐอเมริกาใช้น้ำมันถั่วเหลือง ประเทศมาเลเซียใช้น้ำมันปาล์ม เพราะราคาของวัตถุดิบยังเป็นอุปสรรคสำคัญในการผลิตเพื่อการค้า การใช้วัตถุดิบทางการเกษตรที่ผลิตมากภายในประเทศจะสามารถลดต้นทุนการผลิตได้มาก น้ำมันพืชหรือไขสัตว์ที่นิยมใช้ เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันหมู ตลอดจนน้ำมันที่ผ่านการใช้แล้ว สำหรับงานวิจัยนี้ใช้น้ำมันจากเมล็ดคางพาราซึ่งมีอยู่มากมายในประเทศไทย เพื่อผลิตเอทิลเอสเทอร์น้ำมันเมล็ดคางพารา นอกจากนี้เอทานอลเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลซึ่งน่าสนใจมาก เนื่องจากเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงทางชีวภาพที่ได้จากการหมักพืชและผลผลิตทางการเกษตรประเภทแป้งและน้ำตาลต่างจากเมทานอลซึ่งเป็นสารที่เป็นพิษ และกระทรวงแรงงานมีนโยบายสร้างโรงงานผลิตเอทานอลอีกหลายแห่งในประเทศ ซึ่ง

จะเกินความต้องการในอนาคต อีกทั้งกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีการส่งเสริมการเพาะปลูกพืชที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลจึงช่วยให้ต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลลดลง

การนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลไม่ใช่แนวคิดใหม่ แต่สมัยก่อนน้ำมันปิโตรเลียมยังคงมีราคาถูก และหาได้ง่าย ทำให้เชื้อเพลิงจากน้ำมันพืชไม่ได้รับความสนใจ ต่อมาเมื่อเกิดวิกฤตการณ์ขาดแคลนน้ำมันในปี ค.ศ. 1971 เชื้อเพลิงจากน้ำมันพืชกลับมาได้รับความสนใจอีกครั้ง ทั้งนี้เพราะเป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สามารถหาได้จากท้องถิ่นต่างๆ ในต่างประเทศมีการนำน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันทานตะวัน และน้ำมันใช้แล้วมาใช้ทดลองเดินเครื่องยนต์ สำหรับประเทศไทยได้เริ่มทำการวิจัยครั้งแรกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 โดยใช้น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันสบู่ดำ น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม รวมถึงเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มด้วย แต่เมื่อวิกฤตการณ์น้ำมันผ่านไป ความสนใจในการผลิตเชื้อเพลิงจากน้ำมันพืชน้อยลง เป็นผลให้ข้อมูลการใช้้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงในประเทศไทยมีจำกัด จนกระทั่งเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันขึ้นอีกครั้งเมื่อต้นปี พ.ศ. 2544 จึงทำให้ประเทศไทยมีความตื่นตัวในเรื่องของการหาแหล่งพลังงานทดแทนน้ำมันกันอย่างมากมายเช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล ไบโอดีเซล และไบโอดีเซลมากขึ้น[3]

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลโดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ของน้ำมันเมล็ดคางพารากับเอทานอล โดยมีด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
2. ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้ช่วย และผลกระทบต่อเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลที่ผลิตจากเมล็ดคางพารา
3. ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้โดยตรง และผลกระทบต่อเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลที่ผลิตจากเมล็ดคางพารา

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1. การผลิตไบโอดีเซล โดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันเมล็ดคางพารากับเอทานอล โดยมีด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยานั้น ผลลัพท์ที่เกิดขึ้นจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล
2. สามารถนำไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดคางพารา ไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลแบบมีห้องเผาไหม้ช่วยได้โดยไม่ต้องปรับปรุงเครื่องยนต์
3. สามารถนำไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดคางพาราไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลแบบมีห้องเผาไหม้โดยตรงได้โดยไม่ต้องปรับปรุงเครื่องยนต์

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลสามารถเตรียมหลายวิธี เช่น การนำน้ำมันพืชมาผสมกับน้ำมันดีเซลโดยตรง แต่ผลเสียคือถ้าผสมมากเกินไปจะส่งผลให้การระเหยตัวต่ำ ทำให้เกิดการอุดตันที่หัวฉีด หรืออาจใช้วิธีไมโครอิมัลชัน ซึ่งเป็นการกระจายตัวของอนุภาคของเหลว ที่แขวนลอยในตัวกลางของเหลวอีกชนิดหนึ่งอย่างสมดุล ส่วนวิธี Pyrolysis เป็นวิธีที่ใช้เปลี่ยนสารหนึ่งไปเป็นสารอื่น ๆ มากกว่าหนึ่งสาร โดยให้ความร้อนเพียงอย่างเดียว หรือมีตัวเร่งปฏิกิริยาช่วย เพื่อทำให้น้ำมันที่มีโมเลกุลใหญ่แตกเป็น โมเลกุลที่เล็กลง โดยมี heterogeneous catalyst เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา[4]

นอกจากนี้สามารถใช้วิธีทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน เป็นกระบวนการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันหรือไขมันพืชให้เป็นสารประกอบเอสเทอร์ โดยการทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ ในภาวะที่ใช้หรือไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถใช้ได้ทั้งเบส กรด และเอนไซม์ ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้วิธีทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันจากเมล็ดยางพารา กับเอทานอล โดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นคือไบโอดีเซลในรูปของเอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันเมล็ดยางพารา

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาการผลิตไบโอดีเซล โดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันเมล็ดยางพารา กับเอทานอล โดยมีโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ใช้อัตราส่วนโดยโมลของเอทานอล:น้ำมันเมล็ดยางพารา คือ 6:1 และใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 1% โดยมวลของน้ำมันเมล็ดยางพารา ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง
2. ศึกษาคุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตได้
3. ศึกษาผลกระทบของไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารา ที่มีผลต่อสมรรถนะเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้ช่วยในระยะสั้น
4. ศึกษาผลกระทบของไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารา ที่มีผลต่อสมรรถนะเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้โดยตรงในระยะสั้น

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถผลิตเชื้อเพลิงสังเคราะห์ จากน้ำมันเมล็ดในยางพารา และเอทานอล ซึ่งเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ
2. สามารถนำไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้เพื่อเป็นพลังงานทดแทนสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล

1.7 ขั้นตอนของการศึกษา

1. ผลิตน้ำมันเมล็ดยางพารา โดยนำเมล็ดยางพาราจากจังหวัดพัทลุงกะเทาะเปลือกออก แล้วบีบอัด ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นคือน้ำมันเมล็ดยางพาราดิบ
2. ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเมล็ดยางพารา
3. ศึกษาการผลิตไบโอดีเซล โดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันเมล็ดยางพารากับเอทานอล โดยมีโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
4. ศึกษาคุณสมบัติของไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา
5. ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ และผลกระทบต่อเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลที่ผลิตจากเมล็ดในยางพารา
6. สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศ ซึ่งเกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซลของไขมันชนิดต่างๆ อัตราส่วนที่ใช้ทำปฏิกิริยา รวมไปถึงผลที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา

2.1 งานวิจัยภายในประเทศ

กนกอร รัตนกิจ[4] ศึกษาการนำเมทิลเอสเทอร์ของไขมันปาล์มบริสุทธิ์และเอทิลเอสเทอร์ของน้ำมันมะพร้าวไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล โดยนำไขมันปาล์มบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าวไปผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันและใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือไบโอดีเซลในรูปของเมทิลเอสเทอร์ของไขมันปาล์มบริสุทธิ์ และเอทิลเอสเทอร์ของน้ำมันมะพร้าว พบว่า อัตราส่วนผสมไบโอดีเซลต่อน้ำมันดีเซลโดยปริมาตรที่ 10% มีคุณสมบัติการใช้งานที่ดีที่สุด นอกจากนั้นการใช้ไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์ยังทำให้มลพิษลดลงอีกด้วย

ธนาทิพย์ อัสวผดุงสิทธิ์[5] ศึกษาการสังเคราะห์เอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มเมล็ดในและเอทานอลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาค่าง พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ในช่วงร้อยละ 1-5 โดยน้ำหนัก ทำให้ร้อยละโดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตามถ้าปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์มากกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก กลับทำให้ร้อยละโดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณเบสมากเกินไปจะทำให้เกิดอิมัลชันจนกระทั่งก่อตัวเป็นเจล และเกิดปัญหาในการแยกชั้นกลีเซอรอลออกจากเอสเทอร์ ทำให้ปริมาณเอสเทอร์ลดลง ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเอทานอลกับน้ำมันพืช จากการคำนวณสารสัมพันธ์ของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ต้องการแอลกอฮอล์ 3 โมล และไตรกลีเซอไรด์ 1 โมล เพื่อให้ได้เอสเทอร์ของกรดไขมัน 3 โมล กับกลีเซอรอล 1 โมล ซึ่งการใช้อัตราส่วนโดยโมลสูงกว่า 3 โมลของแอลกอฮอล์ จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์มากขึ้น สำหรับผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ โดยทั่วไปมักใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาใกล้จุดเดือดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ ซึ่งเอทานอลมีจุดเดือดอยู่ที่ 78 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ ดังนั้นอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาไม่ควรมากกว่าจุดเดือดของแอลกอฮอล์มากนัก ผลของการเปลี่ยนแปลงเวลา ปรากฏว่าปฏิกิริยาดำเนินไปอย่างรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุลเร็วขึ้น นั่นคือใช้เวลาประมาณ 3-10 นาที ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์เอทิลเอสเทอร์ในการทดลองนี้คือ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเอทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 15:1 อุณหภูมิที่ใช้ทำ

ปฏิกิริยา 80 องศาเซลเซียส ปริมาณโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 3% และเวลาในการทำปฏิกิริยา 3 นาที

นันทมนตรี จันท์ศิริกุล[6] ศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขปล้ำมสเตียร์นโดยการผสม เริ่มจากการสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพจากปล้ำมสเตียร์น โดยทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันด้วยอัตราส่วนโดยโมลปล้ำมสเตียร์นต่อเมทานอล 1:6 และใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.5% โดยน้ำหนักของปล้ำมสเตียร์นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ที่ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที ในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ น้ำมันดีเซลชีวภาพที่สังเคราะห์ได้มีความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส 4.6 cSt และมีจุดไหลเท 16 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่เป็นไปตามคุณภาพน้ำมันดีเซลหมุนเร็วตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ จึงปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพโดยนำมาผสมกับเอทานอล พบว่าที่อัตราส่วน 50% โดยปริมาตร ทำให้ความหนืดลดลงมีค่าเท่ากับ 3.5 cSt และมีจุดไหลเท 7 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นไปตามคุณภาพน้ำมันดีเซล

นพวรรณ เจริญวิริยะ[2] ศึกษาปฏิกิริยาวิธีทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันปล้ำมกับเอทานอล(99.5%) โดยใช้โลหะโซเดียมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และในขั้นตอนการล้างเบสด้วยน้ำจะเกิดอิมัลชัน จึงใช้เฮกเซนละลายเอสเตอร์ออกมา ภาวะที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้คือน้ำมัน 100 มิลลิลิตร กับเอทานอล 35 มิลลิลิตร ใช้โลหะโซเดียม 0.45 กรัม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิมากกว่า 80 องศาเซลเซียส ได้ร้อยละโดยปริมาตรของผลิตภัณฑ์ลดลง และในช่วง 2 นาทีแรกปฏิกิริยาเกิดเร็วมาก หลังจากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป 60 นาที ปริมาณเอสเตอร์ที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แสดงว่าปฏิกิริยาเกิดช้าลง นอกจากนี้ได้นำเอสเตอร์ไปทดสอบสมบัติทางเชื้อเพลิงต่างๆ พบว่าค่าความหนืด ค่าความหนาแน่น และปริมาณคาร์บอนมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล แต่ไม่เกินมาตรฐานกำหนด ส่วนค่าดัชนีซีเทนและจุดวาบไฟมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล

บัวชุม อุดมทรัพย์[7] ศึกษาการสังเคราะห์เอทิลเอสเตอร์จากน้ำมันปล้ำมดิบและไขปล้ำมสเตียร์นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาด่าง พบว่าน้ำมันปล้ำมดิบและไขปล้ำมสเตียร์นมีภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์เอสเตอร์ที่เหมือนกัน คืออัตราส่วนโดยโมลระหว่างเอทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 12:1 อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา 75 องศาเซลเซียส ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1% และเวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันปล้ำมดิบ และไขปล้ำมสเตียร์นคือ 87.79 และ 94.42 โดยน้ำหนัก ลักษณะเอทิลเอสเตอร์ที่เกิดขึ้นมีลักษณะสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลหมุนช้า

วัชร ทยสมุทรร และคณะ[8] ศึกษาการเปลี่ยนน้ำมันพืชที่ใช้แล้วไปเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลด้วยวิธีทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยสังเคราะห์จากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วกับเอทานอล ใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล 1 สูบ ขนาด 11 แรงม้า ซึ่งไม่มีการ

ดัดแปลงชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ พบว่าการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะ (specific fuel consumption) ของน้ำมันดีเซลมากกว่าเอสเทอร์ที่ได้จากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน(thermal efficiency)และอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง(air-fuel ratio) ของน้ำมันดีเซลต่ำกว่าเอสเทอร์ที่ได้จากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว โดยที่ 3.45 กิโลวัตต์ และความเร็รรอบ 1400 รอบต่อชั่วโมง การใช้เชื้อเพลิงจำเพาะของน้ำมันดีเซลและเอสเทอร์ที่ได้จากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วมีค่า 0.2530 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง และ 0.1695 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของน้ำมันดีเซลและเอสเทอร์ที่ได้จากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว มีค่าร้อยละ 33.48 และ 49.97 ตามลำดับ และอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลและเอสเทอร์ที่ได้จากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วมีค่า 6.967 และ 12.803 ตามลำดับ

2.2 งานวิจัยภายนอกประเทศ

Darmoko และคณะ [9] ศึกษาการเตรียมเมทิลเอสเทอร์ ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันปาล์มกับเมทานอล โดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิ 50,55,60 และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิไปถึง 60 องศาเซลเซียส อัตราการเกิดปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์ ไคลิเซอไรด์ มอนอกลิเซอไรด์ คือ 0.018-0.191 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อนาที และที่อุณหภูมิสูงๆจะเกิดปฏิกิริยาของมอนอกลิเซอไรด์สูงกว่าไตรกลีเซอไรด์

Encinar, J.M. et al. [10] ศึกษาการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน จากน้ำมันคาโนลา กับเอทานอล ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ภาวะที่ใช้ในการทดลอง คือ อุณหภูมิ 25-75 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.25-1.5 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนโดยโมลของเอทานอลต่อน้ำมัน 3:1 – 15:1 โดยใช้น้ำมัน 200 กรัม เวลาทำปฏิกิริยา 120 นาที ซึ่งตลอดการทดลองจะควบคุมตัวแปรต่างๆไปให้เหมือนกันหมด วิเคราะห์ความเข้มข้นของเอทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography และทดสอบสมบัติทางเคมี ได้แก่ ความหนืด ความหนาแน่น ค่าความร้อน ค่าซีเทน จุดหมอก จุดไหลเท จุดวาบไฟ จุดเผาไหม้ และค่าอุณหภูมิการกลั่น พบว่าภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองนี้ คือ อัตราส่วนโดยโมลของเอทานอลต่อน้ำมัน 12:1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล พบว่ามีสมบัติใกล้เคียงกัน

Felizardo และคณะ[11] ศึกษาการทำปฏิกิริยามทาโนไลซิสของน้ำมันที่ใช้แล้ว โดยมีโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองนี้ คือ อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 4.8:1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และการเพิ่มปริมาณเมทานอลหรือปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยามีผลทำให้การแยกชั้นของกลีเซอรอลและเอสเทอร์ยากขึ้น

Fillieres และคณะ [12] ศึกษาการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน จากน้ำมันเร้ฟกับเอทานอล โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าภาวะที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนโดยโมลของเอทานอลต่อน้ำมันคือ 6:1 โดยใช้ น้ำมัน 100 กรัม เวลาทำปฏิกิริยา 15 นาที ซึ่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากเวลาผ่านไป 5 นาที ได้เอทิลเอสเทอร์ ร้อยละ 94 ปฏิกิริยาเริ่มเข้าสู่สมดุลหลักจาก 30 นาที

Foidl, N. et al [13] ศึกษาการใช้ น้ำมันจาก *Jatropha curcas* 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ Coboverde และพันธุ์ Nicaragua มาสังเคราะห์เมทิลและเอทิลเอสเทอร์ ซึ่งในการเตรียมเมทิลเอสเทอร์นำ น้ำมันดิบ 2000 กรัม (2.3 โมล) ผสมกับ โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 30 กรัม (0.53 โมล) ที่ละลายในเอทานอล 331 กรัม (10.34 โมล) ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 4 ลิตร กวนที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปใส่ในกรวยแยก ทิ้งไว้ 5 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์จะแยกเป็น 2 ชั้น แล้วใช้น้ำอุ่น 50 องศาเซลเซียส ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ล้างเอสเทอร์ที่ได้ 3 ครั้ง หลังจากนั้นทำให้แห้งด้วยโซเดียมซัลเฟต แล้วจะได้เมทิลเอสเทอร์ที่บริสุทธิ์ 1850 กรัม (ร้อยละ 92 โดยน้ำหนัก) ส่วนการเตรียมเอทิลเอสเทอร์ใช้น้ำมันดิบ 1000 กรัม (1.14 โมล) ผสมกับ 30 กรัมของโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (0.53 โมล) และเอทานอล 317.7 กรัม (6.9 โมล) กวนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปใส่ในกรวยแยก เติม purified glycerol เพื่อให้แน่ใจว่าจะแยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นเอทิลเอสเทอร์ (671 กรัม) เป็นส่วนใหญ่ ส่วนชั้นล่างประกอบด้วย เอทิลเอสเทอร์ กลีเซอรอล และเกลือของโปแทสเซียม นำชั้นล่างไปสกัดเอสเทอร์ออกจากชั้นนี้ได้อีก โดยกำจัดเบสที่เหลืออยู่ในชั้นกลีเซอรอลด้วยกรดซัลฟิวริก (กรดซัลฟิวริก ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก) และระเหยเอทานอลออกที่ 70 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำปฏิกิริยาเอทานอลิซิส (ethanolysis reaction) กับกรดซัลฟิวริก (conc. H₂SO₄) แล้วนำชั้นเอสเทอร์ที่ได้จากกระบวนการนี้ไปรวมกับชั้นเอสเทอร์ที่ได้จากกระบวนการแรก หลังจากนั้นล้างเอสเทอร์ด้วยน้ำอุ่น 50 องศาเซลเซียส ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเพื่อกำจัดกรดไขมันอิสระ และทำให้แห้งด้วยโซเดียมซัลเฟต จะได้เอทิลเอสเทอร์ 930 กรัม (ร้อยละ 88.4 โดยน้ำหนัก) วิเคราะห์กลีเซอไรด์ กลีเซอรอลอิสระ และเอสเทอร์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี สำหรับสมบัติทางเชื้อเพลิงของเอสเทอร์ วิเคราะห์ตามมาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย (O – NORM C 1190, 1995) และมาตรฐานของประเทศเยอรมัน (DIN V 51606 , 1994) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติที่น่าสนใจคือ ค่าซีเทนซึ่งมีค่าสูง โดยเมทิลเอสเทอร์มีค่าซีเทนเท่ากับ 51 ส่วนเอทิลเอสเทอร์มีค่าซีเทนเท่ากับ 59

ในการผลิตเมทิลและเอทิลเอสเทอร์จากน้ำมัน *Jatropha curcas* มีความเหมาะสมพอกัน ส่วนทางเศรษฐกิจในการผลิตเมทิลเอสเทอร์จะเสียค่าใช้จ่ายในการผลิตสูงกว่าเอทิลเอสเทอร์

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางเคมี, ทางกายภาพ และทางเชื้อเพลิงของน้ำมัน *Jatropha curcas* และเมทิลกับเอทิลเอสเทอร์[23]

	Unit	Jatropha Curcas oil	Methyl ester of Jatropha Curcas oil	Ethyl ester of Jatropha Curcas oil
Density at 15°C	g/cm ³	0.920	0.879	0.886
Viscosity at 30°C	CSt	52	4.84	5.54
Flash point	°C	240	191	190
Neutralization number	mg KOH/g	0.92	0.24	0.08
Sulfate ash	%Weight	-	0.014	-
Cetane number		-	51	59
Conradson carbon residue ^a	%Weight	-	0.02	50.018
Methyl and ethyl ester content	%Weight	-	99.6	99.3
Methanol	%Weight	97.3	-	-
Water	%Weight	-	0.06	0.05

เป็นวิธีการหา carbon residue โดยใช้น้ำหนักของตัวอย่าง 10.0 กรัม

Freedman, B. [14] พบว่ากระบวนการทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน ของน้ำมันพืชจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิปานกลาง และพบว่าปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาทำปฏิกิริยาเพียง 1 ชั่วโมง และปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ใช้เวลาทำปฏิกิริยา 4 ชั่วโมง

Korbitz, W. [15] ในการประชุมปี ค.ศ. 1996 ของ European Commission ได้ตั้งเป้าหมายการใช้ไบโอดีเซลในสัดส่วนร้อยละ 12 ของตลาดโลกในปี ค.ศ. 2020 โดยไบโอดีเซลซึ่งมีสมบัติจุดวาบไฟที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลจะมีความปลอดภัยกว่า และน้ำมันพืชปราศจากกำมะถัน ทำให้ลดการปลดปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ร้อยละ 99 ลดการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ร้อยละ 20 ลดปริมาณไฮโดรคาร์บอนร้อยละ 32 ลดควันดำลงได้ร้อยละ 50 และลดการปลดปล่อยอนุภาคของแข็ง (particulate matter) ร้อยละ 39 โดยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ขึ้นเล็กน้อย แต่อุปสรรคหลักในการผลิตไบโอดีเซลคือราคาวัตถุดิบที่สูง

Nimcevic, D. et al. [16] ศึกษาการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน จากน้ำมันเรพกับแอลกอฮอล์ (methanol, ethanol, n-propanol, isopropanol, n-butanol, i-butanol, t-butanol) โดยใช้โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์และกรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่าเมื่อใช้โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์

จะสามารถเกิดเฉพาะเมทิลเอสเทอร์และเอทิลเอสเทอร์ (methyl and ethyl esters) สำหรับกรดซัลฟิวริก จะสามารถเกิดโพรพิลเอสเทอร์และบิวทิลเอสเทอร์(propyl and butyl esters)ได้เท่านั้น นอกจากนี้ที่ อุณหภูมิใกล้จุดเดือดของแอลกอฮอล์ การใช้กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำให้ลดเวลาในการ ทำปฏิกิริยาและแอลกอฮอล์ชนิดโซ่กิ่ง (branched-chain alcohols) มีส่วนทำให้เกิดปฏิกิริยาช้ากว่า แอลกอฮอล์ชนิดโซ่ตรง ในขณะที่ t-butanol ไม่เกิดปฏิกิริยา

Lang, X. and Dalai, A.K. [17] เอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันคาโนลา น้ำมันลินซีดจากต้นแฟลกซ์ และน้ำมันดอกทานตะวัน สามารถเตรียมด้วยวิธีเดียวกับเมทิลเอสเทอร์ เพียงแต่ใช้โซเดียมเมทอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเท่านั้น ภาวะที่เหมาะสมของการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันคือ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พร้อมกับกวนจนกระทั่งปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ เอทิล เอสเทอร์มีโอกาสเกิดเป็นอิมัลชันได้ง่าย ดังนั้นจึงใช้น้ำเกลืออุ่นๆ (50-60 องศาเซลเซียส) ล้าง แทน การใช้น้ำเปล่าอย่างเดียวเพื่อลดการเกิดอิมัลชัน การใส่กรดแทนนิกในน้ำ (ร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก) จะ ช่วยล้างเบสออกได้ดีขึ้น แล้วกวนด้วยความเร็วปานกลาง สบู่และแอลกอฮอล์ส่วนใหญ่จะถูกกำจัด ออกไปกับน้ำ หลังจากล้างน้ำ 3 ครั้ง จึงนำไปคูลน้ำด้วยโซเดียมซัลเฟต วิเคราะห์ส่วนประกอบทาง เคมีของเอสเทอร์ด้วย HPLC และวิเคราะห์ส่วนประกอบกรดไขมันด้วย GC

Tashtoush. etal. [18] ศึกษาภาวะที่เหมาะสมเพื่อเปลี่ยนไขมันสัตว์ที่ใช้แล้วไปเป็นเมทิลและ เอทิลเอสเทอร์ ตัวแปรที่ศึกษาคือ เวลา (2 และ 3 ชั่วโมง) อุณหภูมิ (50 70 และ 90 องศาเซลเซียส) และร้อยละความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่มากเกินไป (100 150 และ 200) โดยใช้กรดซัลฟิวริก 2.25 โมลต่อลิตร เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากการทดลองพบว่าร้อยละความเข้มข้นของเอทานอลที่มากเกินไป สามารถเปลี่ยนไขมันสัตว์เป็นเอสเทอร์ได้มากกว่าไขมันทานอล และได้เอทิลเอสเทอร์ที่มีความหนืดต่ำ กว่าเมทิลเอสเทอร์ อุณหภูมิไม่มีผลโดยตรงต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของเอสเทอร์และความหนืด แต่ อุณหภูมิทำให้เกิดการเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ได้เร็วขึ้น นอกจากนี้เวลาและอุณหภูมิมิผลเป็นอันตรกิริยา ต่อกันในทุกการทดลอง ภาวะที่เหมาะสมสำหรับแอลกอฮอล์ชนิดเอทานอลของงานวิจัยคือ ร้อยละ ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่มากเกินไปที่ 100 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง เกิดเอทิลเอสเทอร์ร้อยละ 78

จากงานวิจัยที่ผ่านมาเป็นการนำน้ำมันพืชชนิดต่างๆ เช่น ไขมันปาล์มบริสุทธิ์ ปาล์มสเตียรีน น้ำมันปาล์มเมล็ดใน น้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันคาโนลา น้ำมันเรพ น้ำมันจาโทรปา น้ำมันลินซีด น้ำมันดอกทานตะวัน และไขมันสัตว์ มาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันกับแอลกอฮอล์ชนิดเอทานอลหรือเมทานอล โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้คือ โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดซัลฟิวริก อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันต่อแอลกอฮอล์ที่ใช้มีตั้งแต่ 1:4.5 ถึง 1:15 ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้มีตั้งแต่ 0.1 ถึง 5% โดยน้ำหนัก ซึ่งถ้าใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสมากเกินไปกลับทำให้แนวโน้มของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากจะทำให้เกิดอิมัลชันส่งผล ต่อการแยกชั้นกลีเซอรอลออกจากเอสเทอร์ สำหรับอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาไม่ควรเกินจุด เดือดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ ซึ่งเอทานอลมีจุดเดือด 78 องศาเซลเซียส และเมทานอลมีจุดเดือด 65 องศา

เซลเซียส ส่วนเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาใช้ตั้งแต่ 15 นาที ถึง 3 ชั่วโมง ซึ่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากเวลาผ่านไป 3 ถึง 10 นาทีแรก และปฏิกิริยาเริ่มเข้าสู่สมดุลหลังจาก 30 นาที สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาจะได้ว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปฏิกิริยาจะเข้าสู่สมดุลเร็วขึ้น จากงานวิจัยส่วนใหญ่เอสเทอร์(ไบโอดีเซล)ที่เกิดขึ้นมีความหนืดลดลง และมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล เมื่อนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย ส่วนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ปริมาณไฮโดรคาร์บอน กวัันดำ และอนุภาคของแข็งลดลง ส่วนปริมาณไนโตรเจนออกไซด์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

บทที่ 3

ทฤษฎี

ในบทนี้กล่าวถึง คุณสมบัติของสารต่างๆที่ใช้ในการวิจัย ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทำปฏิกิริยาของการผลิตไบโอดีเซลด้วยวิธีทรานส์เอสเตอร์ฟิเคชัน และคุณสมบัติต่างๆของเชื้อเพลิง

3.1 ไบมันและน้ำมัน

ไบมันและน้ำมันเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับกลีเซอริน ไบมันจะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ส่วนน้ำมันจะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ไบมันและน้ำมันมีส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกัน กรดไขมันที่อยู่ในไบมันและน้ำมันอาจเป็นชนิดเดียวกันทั้ง 3 โมเลกุล หรือต่างชนิดกันก็ได้ ไบมันหรือน้ำมันจากสัตว์ มีกรดไขมันที่อิ่มตัวอยู่มากและมักเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ไบมันและน้ำมันจากสัตว์ได้แก่ ไบมันในเนื้อสัตว์ ไบมันในไข่แดง ไบมันในนม และน้ำมันหมู ส่วนไบมันและน้ำมันจากพืชมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่มาก (ยกเว้นน้ำมันมะพร้าว) ได้แก่ น้ำมันรำ น้ำมันถั่ว น้ำมันมะกอก น้ำมันข้าวโพด น้ำมันดอกคำฝอย และน้ำมันดอกทานตะวัน เป็นต้น [19]

3.1.1 กรดไขมัน

กรดไขมันเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีคาร์บอนอะตอมที่เกาะกันเป็นเส้นตรง กรดไขมันมี 2 ประเภทคือ กรดไขมันชนิดอิ่มตัวและชนิดไม่อิ่มตัว กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะมีพันธะคู่ ระหว่างคาร์บอน 1 แห่ง หรือ 2 แห่ง กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันพืช แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 ไบมันและน้ำมันมีชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่แตกต่างกัน เช่น ไข่วัว มีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวโมเลกุลยาวจำนวนมาก จึงมีจุดหลอมเหลวสูง ทำให้มีลักษณะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิปกติ ส่วนน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวโมเลกุลสั้นจำนวนมาก มีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวจำนวนน้อย จึงมีจุดหลอมต่ำสูง อยู่ในสภาพของเหลวที่อุณหภูมิปกติ กรด linoleic และ linolenic เรียกว่า กรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential fatty acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่ไม่สามารถสร้างขึ้นในร่างกายได้ จึงต้องได้รับจากอาหาร ส่วนกรด arachidic นั้นก็จัดว่าเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย แต่สามารถสร้างขึ้นในร่างกายมนุษย์ได้จากกรด linoleic ซึ่งมีมากในน้ำมันข้าวโพด น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันถั่วลิสง และน้ำมันถั่วเหลือง

ตารางที่ 3.1 สมบัติของ กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันพืช[7]

Name	Moleccular Weigh	Melting point (°C)	Boiling point (°C)	Heat of Combustion (kg – cal/mole)
Caprylic acid	144.22	16.5	239.3	-
Capric acid	172.27	31.5	270	1453.07
Lauric acid	200.32	44	131	1763.25
Myristic acid	228.38	58	250.5	2073.91
Palmitic acid	256.43	63	350	2384.76
Stearic acid	284.48	71	360	2696.12
Oleic acid	282.47	16	286	2657.14
Linoleic acid	280.45	-5	229-230	-
Erucic acid	335.58	33-34	265	-

นอกจากกรดไขมันเหล่านี้ ยังมีกรดไขมันอื่นๆอีกมากที่พบในน้ำมันพืชและไขสัตว์ ซึ่งน้ำมันพืชและไขสัตว์ส่วนใหญ่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในกรดไขมัน ระหว่าง 12-18 คาร์บอน น้ำมันพืชและไขสัตว์ที่ใช้ผลิตไบโอดีเซลมีกรดไขมันแต่ละชนิดแตกต่างกัน

3.1.2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไขมัน

3.1.2.1 เมื่อบริสุทธิ์จะปราศจากสีและรส

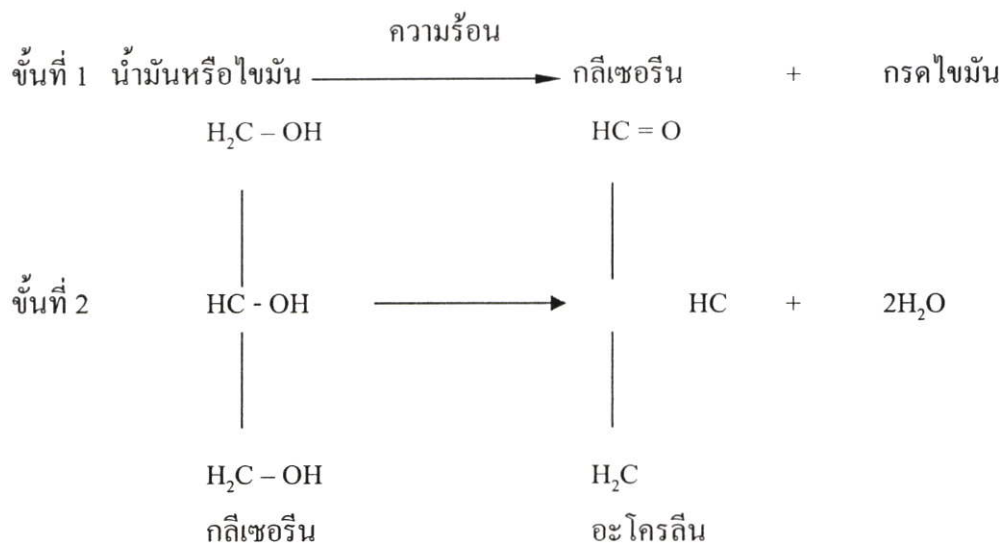
3.1.2.2 ไม่ละลายในน้ำ (ยกเว้นน้ำมันงา) และแอลกอฮอล์ที่เย็น ละลายในแอลกอฮอล์ที่ร้อนได้เล็กน้อยละลายได้ดีในคลอโรฟอร์ม อีเทอร์ คาร์บอนไดซัลไฟด์ คาร์บอนเตตระคลอไรด์ และปิโตรเลียมอีเทอร์

3.1.2.3 ไขมันจะหลอมละลายเมื่อได้รับความร้อน ไขมันจะค่อยๆอ่อนตัวหลอมละลาย ทั้งนี้เพราะไขมันประกอบไปด้วยกรดไขมันหลายชนิด จุดหลอมเหลวของกรดไขมันขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่มีอยู่ในไขมัน กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมีจุดหลอมเหลวต่ำ ยังมีจำนวนพันธะคู่มากในโมเลกุล จุดหลอมเหลวก็ยิ่งต่ำ กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีโมเลกุลยาว จะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรดไขมันชนิดอิ่มตัวโมเลกุลสั้น จุดหลอมเหลวของกรดไขมันชนิดต่างๆมีดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 จุดหลอมเหลวของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ [19]

จำนวนคาร์บอน	กรดไขมัน	จุดหลอมเหลว °C
	กรดอิ่มตัว	
4	บิวไทริก C ₃ H ₇ COOH	-7.9
6	คาโพรอิก C ₅ H ₁₁ COOH	-3.4
8	คาโพรลิก C ₇ H ₁₅ COOH	16.7
10	คาพริก C ₉ H ₁₉ COOH	31.6
12	ลอริก C ₁₁ H ₂₃ COOH	44.2
14	ไมริสติก C ₁₃ H ₂₇ COOH	54.4
16	ปาล์มติก C ₁₅ H ₃₁ COOH	62.9
18	สเตียริก C ₁₇ H ₃₅ COOH	69.6
20	อะราคิติก C ₁₉ H ₃₉ COOH	75.3
22	บีฮีนิก C ₂₁ H ₄₃ COOH	79.9
24	ลิกโนซีริก C ₂₃ H ₄₇ COOH	84.1
	กรดไม่อิ่มตัว	
16	ปาล์มมิโตเลอิก CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH 9-hexadecenoic	0.5
18	โอเลอิก CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH cis-9-octadecenoic	16.3
18	อีไลติก CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH Trans-9- octadecenoic	43.7
18	ไลโนเลอิก CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH cis-cis-9-12-15-octadecadienoic	-5.0
18	ไลโนเลนิก CH ₃ CH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH cis-cis-9-12-15-octadecatrienoic	-11.0
20	อะราคิโดนิก CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=(CHCH ₂ CH) ₃ =CH(CH ₂) ₃ COOH	-49.5
22	cis-cis-cis-cis-5-8-11-octade อีรูซิก CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₁₁ COOH cis-13cocosenoic	33.7

3.1.2.4 เมื่อเผาให้ความร้อน จะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (ยกเว้นน้ำมันซักแห้ง) เมื่ออุณหภูมิเกิน 250 องศาเซลเซียส จะมีการสลายตัวได้สารที่มีกลิ่น เรียกว่า อะโครลีน (acrolein) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของกลีเซอริน อะโครลีน เป็นสารที่ระเหยได้ ทำให้ผู้อยู่ใกล้เคียงรู้สึกแสบตา และทำให้อาหารมีกลิ่นไม่น่ารับประทาน ลำดับการเปลี่ยนแปลงมีดังนี้



อุณหภูมิที่ทำให้ไขมันหรือน้ำมันเป็นควันเรียกว่า จุดเกิดควัน (smoking point) ไขมันหรือน้ำมันจากสัตว์มีอุณหภูมิที่เกิดเป็นควันต่ำกว่าน้ำมันพืช อุณหภูมิที่เป็นควันนี้ใช้ทดสอบความบริสุทธิ์ของไขมันได้ ซึ่งน้ำมันและไขมันแต่ละชนิดจะสลายตัวที่อุณหภูมิต่างกัน

นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณกรดไขมันอิสระ ถ้าในน้ำมันมีปริมาณของกรดไขมันอิสระสูง จะมีอุณหภูมิที่เกิดเป็นควันต่ำ เช่น น้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิสระในรูปของกรดโอเลอิกร้อยละ 1.90 สูงกว่าไขมันทุกชนิด จึงมีอุณหภูมิที่เป็นควันต่ำสุด น้ำมันที่ใช้แล้วมีอุณหภูมิที่เป็นควันต่ำลงซึ่งเป็นไปตามที่กล่าวมา คือ เมื่อน้ำมันได้รับความร้อน โมเลกุลของไขมันสลายตัวเป็นกรดไขมันอิสระในน้ำมัน จึงมีปริมาณกรดไขมันอิสระมากขึ้นทำให้อุณหภูมิที่เป็นควันต่ำลง ดังกรณีของน้ำมันหมูที่แสดงในตารางที่ 3.3

การสัมผัสกับอากาศ ถ้าน้ำมันสัมผัสกับอากาศได้มากขึ้น อุณหภูมิที่เป็นควันของน้ำมันจะลดลงดังนั้นการทอดอาหารในภาชนะที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ จะทำให้จุดเป็นควันของน้ำมันลดต่ำลงเร็วกว่าน้ำมันที่ทอดในภาชนะเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า

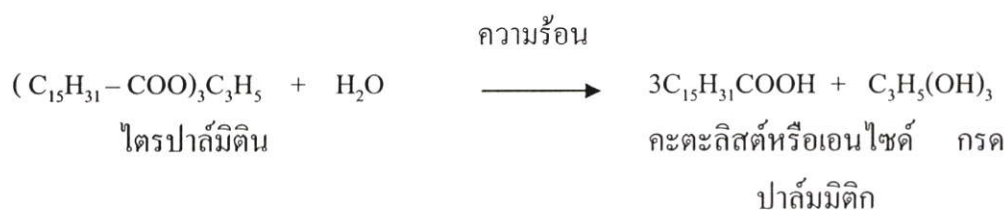
ตารางที่ 3.3 อุณหภูมิที่เป็นควันของน้ำมันและไขมันชนิดต่างๆ[19]

ชนิดของไขมัน	อุณหภูมิที่เป็นควัน °C	กรดไขมันอิสระ (กรดโอเลอิก)%
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	233	0.07
น้ำมันหมู (มันเหลว)	221	0.15
น้ำมันหมู (มันแข็ง)	194	0.51
น้ำมันหมูใช้แล้ว (5 ชั่วโมง)	204	0.34
น้ำมันหมูใช้แล้วนานกว่า 5 ชั่วโมง	190	0.61
น้ำมันมะกอก	170	0.92
น้ำมันถั่วลิสง	149-162	1.64-1.10
น้ำมันมะพร้าว	138	1.90
เนย	208	0.28

เศษอาหารที่ปะปนในน้ำมัน เช่น แป้ง จะทำให้อุณหภูมิที่เป็นควันของน้ำมันต่ำลงเร็วขึ้น ฉะนั้นน้ำมันที่ใช้แล้วควรกรองเอาเศษอาหารออกเสียก่อนที่จะทอดในคราวต่อไป ถ้าน้ำมันได้รับความร้อนสูงขึ้นเรื่อยๆ จากจุดเป็นควัน น้ำมันอาจลุกเป็นไฟได้เรียกจุดนั้นว่าจุดเริ่มติดไฟหรือจุดวาบไฟ (flash point) และถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นอีก จะลุกเป็นไฟได้เรียก จุดลุกติดไฟ (fire point)

3.1.2.5 ไขมันทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ โดยเฉพาะเมื่อมีแสงและความชื้นจะได้กรดไขมัน อิสระมากขึ้น และจะเปลี่ยนเป็นแอลดีไฮด์ และกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ทำให้มีกลิ่นเหม็นและรสชาติเปลี่ยนไป เรียกว่าเกิดการเหม็นหืน (rancid)

3.1.2.6 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เมื่อไฮโดรไลซ์ไขมันด้วยกรด หรือเอนไซม์ จะได้กรดไขมันกับกลีเซอริน ดังสมการ



3.1.2.7 การทำให้เกิดสบู่ (saponification) เป็นปฏิกิริยาของไขมันกับเบสแก่ เช่น NaOH หรือ KOH จะได้สบู่ ดังสมการ



3.1.2.8 การเติมไฮโดรเจน (hydrogenation) น้ำมันมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวจะเปลี่ยนเป็นไขมันได้โดยการผ่านไฮโดรเจนลงไป จะทำให้กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวเป็นกรด

ไขมันที่อิ่มตัวและไขมันที่ได้จะแข็งขึ้น ปฏิกริยานี้มีประโยชน์ในอุตสาหกรรมทำซอรัทเทนนิ่ง ซึ่งเป็นไขมันที่เป็นของแข็งเช่นเดียวกับเนย แต่นุ่มและหนืดปฏิกริยานี้ใช้ทำเนยเทียม (margarine) โอลีโอมาร์การีนทำจากการผ่านไฮโดรเจนลงในไตรโอเลอิน แล้วเติมสี กลิ่น วิตามินเอและดีลงไป



3.1.2.9 ปฏิกริยาออกซิเดชัน (spontaneous oxidation) น้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่มาก เช่น น้ำมันถั่วเหลืองจะถูกเติมออกซิเจนได้ง่าย เกิดสารที่เป็นของแข็งไม่เปียกน้ำ ใช้ผสมในสีทาบ้านและเคลือบผิว เรียกว่าน้ำมันพวกนี้ว่า น้ำมันชักแห้ง (drying oil)

3.1.3 การวิเคราะห์ทางเคมี

3.1.3.1 ค่าแซพอนิฟิเคชัน (saponification number) หมายถึงจำนวนมิลลิกรัมของโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกริยาพอดีกับน้ำมันหรือไขมัน 1 กรัม เป็นตัวบ่งชี้ให้ทราบถึงขนาดหรือน้ำหนักของโมเลกุลของกรดไขมัน ที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมันนั้น ไขมันหรือน้ำมันที่โมเลกุลประกอบด้วยกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำหรือขนาดของโมเลกุลเล็ก หรือมีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลน้อยจะมีค่าแซพอนิฟิเคชันสูง ในทางตรงกันข้าม ไขมันหรือน้ำมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จะให้ค่าแซพอนิฟิเคชันต่ำ

3.1.3.2. ค่าของกรด (acid value) เป็นจำนวนมิลลิกรัมของ KOH ที่ทำให้กรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมัน 1 กรัม สะเทินพอดี กรดไขมันอิสระที่มีในน้ำมันก็เนื่องมาจากการสลายตัวของกลีเซอไรด์ทางเคมีหรือโดยการกระทำของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าไตรกลีเซอไรด์ที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน ถูกทำลายด้วยเอ็นไซม์ไลเปส เกิดเป็นกรดไขมันอิสระมากน้อยเพียงใด ถ้าค่าสูงแสดงว่าไตรกลีเซอไรด์ถูกทำลายได้เป็นกรดไขมันอิสระมาก

3.1.3.3. ค่าไอโอดีน (iodine value) หมายถึงจำนวนกรัมของไอโอดีนที่ถูกดูดซึมโดยน้ำมัน 100 กรัม ค่าไอโอดีนจะบอกให้ทราบถึงความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันที่มีในน้ำมัน เป็นดัชนีบ่งชี้การเกิดพอลิเมอร์มากหรือน้อย ถ้าค่าตัวเลขไอโอดีนสูง การเกิดพอลิเมอร์จะสูงด้วย ถ้าค่าตัวเลขไอโอดีนต่ำ เมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะป้องกันการเกิดพอลิเมอร์ในเครื่องยนต์ได้

3.1.4 สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์

สมบัติในทางเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชและไขมันสัตว์สามารถสรุปสาระสำคัญดังนี้[21]

- 3.1.4.1 ค่าความร้อนของน้ำมันพืชมีค่าประมาณร้อยละ 83-85 ของน้ำมันดีเซล
- 3.1.4.2 น้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์มีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลเป็น 10 เท่า ถ้าอุณหภูมิ ต่ำลงน้ำมันพืชจะยังมีความหนืดสูงขึ้นจนเกิดเป็นไข เช่น น้ำมันปาล์มและน้ำมัน มะพร้าว การที่น้ำมันพืชมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลทำให้หัวฉีดน้ำมันเป็น ฝอยได้ยาก และเป็นอุปสรรคต่อการป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาและการ สันดาปจะไม่สมบูรณ์
- 3.1.4.3 น้ำมันพืชมีสมบัติที่ระเหยตัวได้น้อยมาก (low volatility) ทำให้เมื่อป้อนเข้าสู่ ห้องเผาจะจุดระเบิดได้ช้ากว่า และมีกาการรับองหลงเหลือหลังการเผาไหม้ มากกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งตารางที่ 3.4 แสดงสมบัติและค่าความร้อนของน้ำมันพืช ต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล

ตารางที่ 3.4 สมบัติและค่าความร้อนของน้ำมันพืชต่างๆเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล[21]

น้ำมัน	ความถ่วงจำเพาะ(ที่21 ⁰ c) (กรัม/มิลลิตร)	ความหนืด (ที่ 21 ⁰ c) เซนติพอยส์	ค่าความร้อน (กิโลจูล/กิโลกรัม)
ถั่วเหลือง	0.918	57.2	39,350
ทานตะวัน	0.918	60.0	39,490
มะพร้าว	0.915	51.9	37,540
ถั่วลิสง	0.914	67.1	39,470
ปาล์ม	0.898	88.6	39,550
เมล็ดในปาล์ม	0.904	66.3	39,720
เมล็ดสนุดำ	0.915	36.9 (ที่ 38 ⁰ C)	39,000
น้ำมันเมล็ดขางพารา	0.924	27.05(ที่ 40 ⁰ C)	39,000
น้ำมันดีเซล	0.845	3.8	46,800

3.2 ยางพารา

ถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ที่ทวีปอเมริกาใต้ ต้นยางพาราเรียกตามภาษาพฤกษศาสตร์ว่า *Hevea brasiliensis* ชื่อสามัญเรียก ยางพารา หรือต้นยางพารา (Para rubber)

ผลยางพารามีลักษณะเป็นพวง 3 พวง มีเมล็ดอยู่ภายใน ผลอ่อนสีเขียว ผลแก่มีสีน้ำตาล

เมล็ดยางพารามีสีน้ำตาลกลายขาวคล้ายสีของเมล็ดคละหุ้ง ยาวประมาณ 2-2.5 cm. กว้าง ประมาณ 1.5-2.5 cm. หนักประมาณ 3-6 g. เมล็ดคางจะรักษาความงอกไว้ได้ประมาณ 20 วัน

นับตั้งแต่ปี 2534 เป็นต้นมาจนถึงปัจจุบัน ประเทศไทยได้ก้าวขึ้นเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางพาราเป็นอันดับ 1 ของโลก จากการสำรวจเมื่อปี 2537 พบว่า มีพื้นที่ปลูกยางพาราประมาณ 11.9 ล้านไร่ ผลิตยางได้ 1.72 ล้านตัน สามารถส่งออกขายยังต่างประเทศได้ถึง 1.6 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 41,352 ล้านบาท ดังนั้น ยางพาราจึงเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ สามารถนำรายได้เข้าสู่ประเทศได้มากพืชหนึ่ง

3.3 กลีเซอรอล

กลีเซอรอล (กลีเซอรินหรือ 1, 2, 3 propanetriol หรือ 1, 2-3-trihydroxy propane) มีจุดหลอมเหลว (melting point) 17.8 องศาเซลเซียส และจุดเดือด 290 องศาเซลเซียส สามารถติดไฟได้ เป็นสารประเภท Trihydric alcohol เนื่องจากสูตร โครงสร้างมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ละลายได้ดีในน้ำ แอลกอฮอล์ และละลายได้บ้างในตัวทำละลายชนิดอื่น ยกเว้นสารจำพวกไฮโดรคาร์บอน กลีเซอรอลมีลักษณะใส ไม่มีสี ไม่มีพิษ หนืด ก่อนข้างคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชัน ทำให้สามารถเก็บรักษาโดยไม่มีกลิ่น รส สีได้นาน กลีเซอรอลที่จะนำไปจำหน่ายต้องผ่านการทำให้เป็นกลางโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก กรดฟอสฟอริก หรือโซเดียมคลอไรด์ สำหรับสีของกลีเซอรอลสามารถขจัดออกได้โดยการกรองผ่านถ่าน[22]

กลีเซอรอลสามารถทำปฏิกิริยาเคมีและให้สารอนุพันธ์ (derivatives) หลายชนิด จึงนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท เมื่อถูกทำให้เย็นจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลว (supercooled) แต่ไม่แข็งตัว กลีเซอรอลสามารถละลายได้ดีทั้งในน้ำและแอลกอฮอล์ จึงเป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับองค์ประกอบในอุตสาหกรรมต่างๆ และเนื่องจากมีความหนืดสูงจึงมักใช้เป็น thickening agent หรือ bodying agent หรือสารเพิ่มbody สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว และผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเจล กลีเซอรอลจะมีรสหวานเล็กน้อย ไม่มีกลิ่นรุนแรง สามารถใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลได้ กลีเซอรอลเป็นสาร hygroscopic ดูดซับความชื้นจากอากาศได้ดี จึงนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความนุ่ม (Softness) ความหยุ่นตัว (Flexibility) และความเป็นครีม (creaminess) ในทางการค้ามีการใช้กลีเซอรอลเป็นสารรักษาความชุ่มชื้น เป็นตัวเพิ่มสภาพพลาสติกชนิดที่ช่วยเก็บรักษาความอ่อนนุ่ม และความหนืด กลีเซอรอลถูกใช้ในผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับช่องปาก เช่น ยาสีฟัน น้ำยาบ้วนปาก เนื่องจากสมบัติในการเป็นสารดูดความชื้นและการระเหยต่ำ จึงถูกใช้เพื่อป้องกันไม่ให้ยาสีฟันแห้งแข็งในหลอด กลีเซอรอลส่วนใหญ่ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอางจะเป็นตัวทำละลายและเป็นสารดูดความชื้น โมโนกลีเซอไรด์ที่ได้จากกลีเซอรอลถูกใช้ให้เป็นสารอิมัลชันและสารเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์ประเภทมาการีน น้ำสลัด และลูกกวาด ในผลิตภัณฑ์ยาสูบ บุหรี่ จะใช้กลีเซอรอลเพื่อรักษาความชื้นให้กับใบยาสูบ

และใช้เป็นส่วนผสมในไส้กรอง ในอุตสาหกรรมยาใช้กลีเซอรอลเป็นสารให้ความหวานและเป็นสารให้ความนุ่ม ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางใช้เป็นสารอิมัลชัน

3.4 เอทานอล

เอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) มีสูตรทางเคมีคือ C_2H_5OH ลักษณะของเอทานอลเป็นของเหลวใส ไม่มีสี เกิดจากกระบวนการหมัก (Fermentation) วัตถุดิบจำพวกพืช เศษซากพืช เพื่อเปลี่ยนแปลงหรือเซลลูโลสจากพืชให้เป็นน้ำตาลแล้วเปลี่ยนจากน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ วัตถุดิบที่สำคัญ ได้แก่ พืชที่มีส่วนประกอบของน้ำตาล เช่น อ้อย หัวบีทรูท(หัวผักกาดหวาน) หรือพืชที่ให้ความหวานอื่นๆ ซึ่งสามารถนำเข้าสู่กระบวนการหมักได้เลย ส่วนพืชจำพวกแป้ง เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง มันฝรั่ง มันเทศ นั้นจะต้องนำมาบดแล้วใช้เอนไซม์ย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลก่อน นอกเหนือจากนี้เรายังสามารถนำเอาเศษวัสดุที่เป็นเซลลูโลส เช่น ชีเลื้อย เศษไม้ ฟางข้าว ผักตบชวา หญ้าแฝกหรือเยื่อใยจากพืชอื่นๆมาผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยกรดหรือแบคทีเรียให้กลายเป็นน้ำตาลเพื่อหมักเป็นเอทานอลได้เช่นกัน กระบวนการผลิตเอทานอลหลังขั้นตอนการหมักด้วยจุลินทรีย์ สำหรือยีสต์แล้ว ก็จะนำไปสู่กระบวนการกลั่น (Distillation) เพื่อแยกเอทานอลออกจากส่วนผสมจะได้เอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 95 โดยปริมาตร ซึ่งนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์ เครื่องสำอางหรืออุตสาหกรรมอื่นๆ ปัจจุบันไทยมีโรงงานผลิตเอทานอลร้อยละ 95 โดยปริมาตร ในประเทศประมาณ 22 โรงแต่ในการที่จะนำเอทานอลเพื่อใช้งานในรูปแบบของน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นจะต้องใช้เอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 99.5 โดยปริมาตร ในการผลิตจึงต้องนำไปผ่านกระบวนการแยกน้ำ (Dehydration) ทั้งนี้ในการผลิตเอทานอล 1 ลิตร จะต้องใช้วัตถุดิบเช่น หัวมันสดประมาณ 5.5-6.5 กิโลกรัม ต้นอ้อยประมาณ 11-14 กิโลกรัม กากน้ำตาลประมาณ 3.8-4.5 กิโลกรัม ข้าวโพด 2.8 กิโลกรัม หรือต้นข้าวประมาณ 2.3 กิโลกรัม เป็นต้น[21]

ปัจจุบันนำเอทานอลมาใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยนำเอทานอลร้อยละ 10 ผสมกับน้ำมันเบนซินใช้กับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล หรือเอทานอลร้อยละ 10 - 15 ผสมกับน้ำมันดีเซล ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กและเครื่องจักรกลเกษตรซึ่งใช้ในโครงการสาธิต โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา และมีการนำเอทานอล มาใช้เป็นสารเพิ่มออกเทน (Octane) แก่เครื่องยนต์ โดยการเปลี่ยนรูปเอทานอลมาเป็นสาร ETBE (Ethyl Tertiary Butyl Ether) สามารถใช้ทดแทนสาร MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) ซึ่งเป็นสารเติมแต่งในน้ำมันเบนซินที่หลายประเทศประกาศห้ามใช้ เนื่องจากก่อให้เกิดมลภาวะในอากาศสูง หากจะนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผสมแก๊สโซฮอล์ หรือดีโซฮอล์ ต้องใช้เอทานอลที่มีความเข้มข้นร้อยละ 99 โดยปริมาตร

3.5 กลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมี (Reaction mechanism)

กลไกของปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์ แบ่งเป็นแบบมีขั้ว และแบบไม่มีขั้ว กลไกของปฏิกิริยาชนิดมีขั้วแบ่งออกได้เป็นสองประเภท คือ ประเภทชอบนิวเคลียส (nucleophilic) และประเภทชอบอิเล็กตรอน (electrophilic) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสารที่เข้าทำปฏิกิริยา ส่วนกลไกของปฏิกิริยาชนิดที่ไม่มีขั้ว จะกล่าวถึงเฉพาะประเภทเรดิคัลอิสระเท่านั้น ดังนั้นการแบ่งประเภทปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์ตามกลไกของปฏิกิริยาได้[19]

3.5.1 ปฏิกิริยาการแทนที่

ปฏิกิริยาการแทนที่แบ่งตามกลไกการเกิดปฏิกิริยาออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

3.5.1.1 ปฏิกิริยาแทนที่ด้วยสารที่ชอบนิวเคลียส (nucleophilic substitution) หรือสารที่มีประจุเป็นลบ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

ก. กลไกแบบ เอส.เอน.วัน (S_{N1} mechanism) เป็นปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยสารที่ชอบนิวเคลียส โดยแบ่งออกเป็นสองขั้น คือ ขั้นแรกสารเริ่มต้นเป็น คาร์โบเนียมไอออน (carbonium ion) หรือ C^+ อย่างช้าๆ และขั้นที่สอง สารที่ชอบนิวเคลียสจะเข้ามาชน (attack) อย่างรวดเร็ว อัตราเร็วของปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารเริ่มต้นเพียงสารเดียว ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารที่ชอบนิวเคลียส

ข. กลไกแบบ เอส.เอน.ทู (S_{N2} mechanism) เป็นปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยสารที่ชอบนิวเคลียสที่สารชอบนิวเคลียสเข้าชนขณะที่หมู่จาก (leaving group) หลุดออกไปจากสารเริ่มต้น อัตราเร็วของปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารเริ่มต้นและสารที่ชอบนิวเคลียส

3.5.1.2 ปฏิกิริยาแทนที่ด้วยสารที่ชอบอิเล็กตรอน (electrophilic substitution) หรือสารที่มีประจุบวก ซึ่งมักจะเกิดกับสารประกอบอะโรมาติก โดยสารที่ชอบอิเล็กตรอนเข้าชนโมเลกุลสารเริ่มต้นตรงบริเวณที่มีความหนาแน่นของอิเล็กตรอน

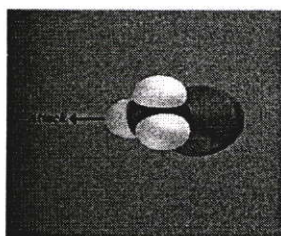
3.5.1.3 ปฏิกิริยาแทนที่ด้วยกลไกเรดิคัลอิสระ (radical mechanism) เป็นปฏิกิริยาการแทนที่พวกสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว แบ่งออกเป็นสองขั้น คือ ขั้นแรกสารเริ่มต้นและสารคู่ปฏิกิริยาต่างก็แตกตัวเป็นเรดิคัลอิสระอย่างช้าๆ ขั้นที่สองพวกเรดิคัลอิสระจะเข้ารวมสลัปที่จากเดิมอย่างรวดเร็ว

3.5.2 อิทธิพลของสเตอริคบนนิวคลีโอฟิลิกซิตี (Steric effect on nucleophilicity)

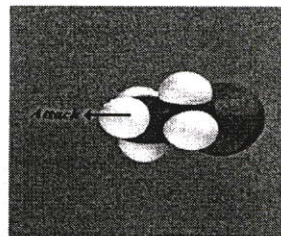
นิวคลีโอไฟล์ เป็นไอออนหรือโมเลกุลที่ต้องเข้าไปชนที่ตำแหน่งคาร์บอนอะตอม ดังนั้นถ้านิวคลีโอไฟล์มีกลุ่มเกาะเกาะมาก จะไปขัดขวางการเข้าชนที่ตำแหน่งคาร์บอน ซึ่งจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาช้าลง เช่นเมื่อพิจารณา t-butoxide ion และ ethoxide ion ซึ่ง t-butoxide ion เป็นเบสแก่กว่า ethoxide ion (ดีงโปรตอน) และมีหมู่เมทิล 3 กลุ่ม ซึ่งส่งผลให้เกิดความเกาะเกาะต่อ

การเข้าใกล้ตำแหน่งคาร์บอน ดังนั้น ethoxide ion จึงเป็นนิวคลีโอไฟล์ที่ดีกว่า t-butoxide ion ดังรูปที่ 3.1 [5]

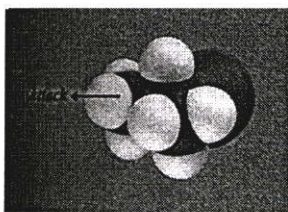
- a = methyl group (CH_3X) b = primary group (1°)
 c = secondary group (2°) d = tertiary group (3°)



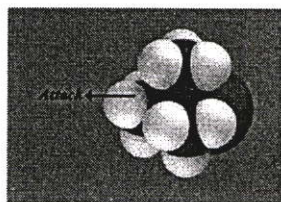
a



b



c



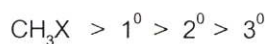
d

รูปที่ 3.1 กลุ่มอัลคิลที่ต้องเข้าไปชนที่ตำแหน่งคาร์บอนอะตอม สมบัติที่ต่างกันระหว่างเมทานอลกับเอทานอล ส่วนหนึ่งมาจากอิทธิพลของสเตอริคบน นิวคลีโอไฟล์ลิกซิดี ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 การเปรียบเทียบสมบัติของเมทานอลและเอทานอล[5]

ลำดับ	เมทานอล	เอทานอล
1	สูตรโครงสร้าง = CH_3OH	สูตรโครงสร้าง = $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
2	ความหนาแน่น = 0.79	ความหนาแน่น = 0.79
3	จุดหลอมเหลว = -97 จุดเดือด = 65	จุดหลอมเหลว = -114 จุดเดือด = 78
4	ละลายน้ำได้ดีที่ 25°C	ละลายน้ำได้ดีที่ 25°C
5	เมทอกไซด์ ไอออน	เอทอกไซด์ ไอออน

โครงสร้างของสารตั้งต้นมีผลอย่างมากกับ reactivity โดยโครงสร้างที่มีหมู่อัลคิลเกาะมากจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลงหรือเป็นผลมาจาก steric hindrance ซึ่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลงตามลำดับดังนี้



3.6 การนำน้ำมันพืชหรือไขสัตว์มาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล

ในการนำน้ำมันพืชหรือไขสัตว์มาใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลสามารถเตรียมได้ 4 วิธี คือ[23]

3.6.1 Blending (การผสมน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซล)

เป็นการนำน้ำมันพืชมาผสมกับน้ำมันดีเซลโดยตรงหรือผสมกับตัวทำละลายอื่นๆ เช่น เอทานอล ในอัตราส่วนโดยมวลต่างๆ เพื่อให้ความหนืดของน้ำมันพืชลดลง สามารถผสมน้ำมันพืชได้ตั้งแต่ 10 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปตามความเหมาะสมของน้ำมันพืชที่ใช้ แต่ถ้าผสมมากเกินไปจะมีข้อเสียคือ การกลายเป็นไอต่ำ เกิดโค้กพอกบนหัวฉีดของเครื่องยนต์[5]

3.6.2 Microemulsions (การทำเป็นของผสมไมโครอิมัลชัน)

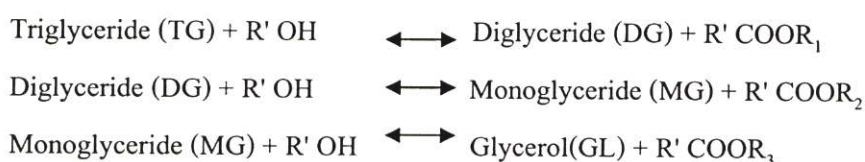
การทำไมโครอิมัลชัน เป็นการกระจายของอนุภาคของเหลวที่แขวนลอยในตัวกลางของเหลวอีกชนิดหนึ่งอย่างสมดุล ด้วยการผสมน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่สั้น เช่น เมทานอล หรือ เอทานอล ซึ่งของเหลวทั้งสองชนิดไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน แต่จะกระจายตัวอยู่ได้ด้วยสารลดแรงตึงผิว วิธีนี้สามารถปรับปรุงลักษณะที่เป็นละอองฝอยจากหัวฉีด เนื่องจากตัวทำละลายมีจุดเดือดต่ำเมื่อเทียบกับน้ำมันพืช พบว่าไมโครอิมัลชันของน้ำมันพืชที่ผสมเมทานอลจะได้เชื้อเพลิงที่มีสมบัติใกล้เคียงน้ำมันดีเซล[7]

3.6.3 Pyrolysis (การสลายน้ำมันพืชด้วยความร้อน)

Pyrolysis เป็นการเปลี่ยนสารหนึ่งไปเป็นสารอื่นๆ มากกว่าหนึ่งสาร โดยให้ความร้อนเพียงอย่างเดียว หรือมีตัวเร่งปฏิกิริยาช่วย เพื่อให้ได้น้ำมันที่มีโมเลกุลใหญ่แตกเป็นโมเลกุลที่เล็กลง โดยมี heterogeneous catalyst (ซีโอไลต์, Na_2CO_3) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาไม่มีแก๊สออกซิเจนหรืออากาศ การเปลี่ยนแปลงจะสลับซับซ้อนและเกิดเป็นสารได้หลายชนิดพร้อมกัน

3.6.4 Transesterification (ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน)

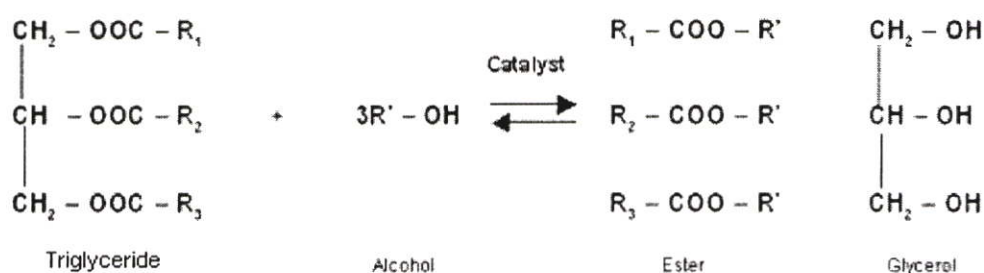
เป็นกระบวนการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันหรือไขมันพืช ให้เป็นสารประกอบเอสเทอร์ โดยการทำให้ปฏิกิริยากับ แอลกอฮอล์ ในภาวะที่ใช้หรือไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถใช้ได้ทั้งเบส กรด และเอนไซม์ โดยที่จลนพลศาสตร์และกลไกการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันมีดังนี้



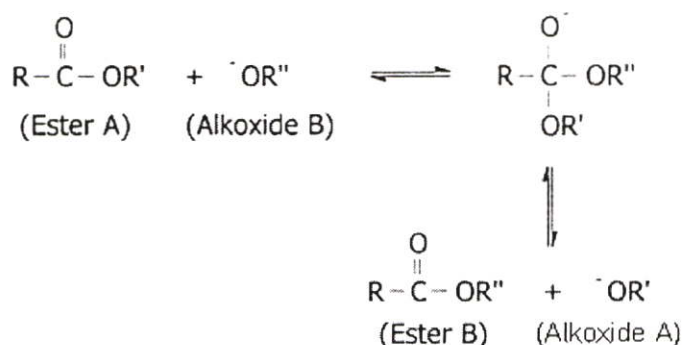
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถย้อนกลับได้ แอลกอฮอล์ที่มากเกินไปจะผลักดันสมดุลไปข้างหน้าเพื่อเกิดผลิตภัณฑ์เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง

3.7. ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

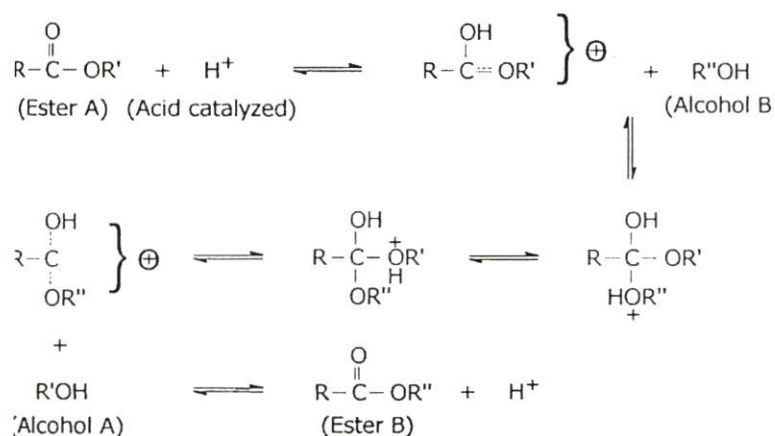
กลไกการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน คือ ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์ทำให้ได้แอลคิลเอสเทอร์ของกรดไขมันและกลีเซอรอล เมื่อดังผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดการแยกชั้น กลีเซอรอลที่ได้จะอยู่ชั้นล่าง ไตรกลีเซอไรด์และมอนอกลิเซอไรด์เป็นตัวกลางในการทำปฏิกิริยา[4]



รูปที่ 3.2 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน



รูปที่ 3.3 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 3.4 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

3.7.1 การใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะเกิดช้ากว่าเมื่อใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และต้องใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลามากกว่า 3 ชั่วโมงถึงจะเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์[23] อย่างไรก็ตามถ้ากลีเซอไรด์มีส่วนประกอบของกรดไขมันอิสระและน้ำอยู่มาก การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรดจะดีกว่า[16] กรดที่ใช้ควรเป็นกรดซัลฟิวริก กรดฟอสฟอริก กรดไฮโดรคลอริก หรือกรดซัลโฟนิคของสารอินทรีย์

กลไกการเกิดปฏิกิริยาของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเมื่อใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา แสดงดังรูปที่ 3.4 แสดงการเกิดปฏิกิริยาของโมโนกลีเซอไรด์ซึ่งปฏิกิริยาเริ่มจากที่ตำแหน่งคาร์บอนิลเกิดโปรโตเนชัน (Protonation) เปลี่ยนไปเป็นลักษณะของคาร์โบเคชัน (carbocation) หลังจากนั้นแอลกอฮอล์ซึ่งมีสมบัติเป็นนิวคลีโอไฟล์จะเข้าไปชนที่ตำแหน่งคาร์โบเคชัน เกิดการจัดโครงสร้างใหม่ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเอสเทอร์ และกลีเซอรอล[24]

3.7.2 การใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

การเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เบสที่ใช้กันประกอบด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมเมทอกไซด์ โซเดียมเอไมด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมเมทอกไซด์ โพแทสเซียมเอไมด์ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมเมทอกไซด์มีประสิทธิภาพมากกว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์[16] เพราะข้อสมมติฐานที่ว่าน้ำเกิดขึ้นเล็กน้อยระหว่างการผสม โซเดียมไฮดรอกไซด์กับเมทานอล แต่กลับนำเสนอผลที่ตรงกันข้ามคือมีน้ำเกิดขึ้นจำนวนมากระหว่างการผสม โซเดียมไฮดรอกไซด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์มีราคาถูก เกิดการกัดกร่อนน้อยกว่ากรดและใช้กันอย่างกว้างขวางในระดับการผลิตที่ใหญ่

กลไกการเกิดปฏิกิริยาเริ่มจากตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าไปดึงไฮโดรเจนจากแอลกอฮอล์ เกิดเป็นนิวคลีโอไฟล์จะเข้าไปชนที่กลุ่มคาร์บอนิล(carbonyl group) เกิดการจัดโครงสร้างเปลี่ยนไปเป็นเอสเทอร์ และกลีเซอรอล ดังรูปที่ 3.3

3.7.3 การใช้เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ไฮโดรไลติกเอนไซม์ (hydrolytic enzyme) นำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในการสังเคราะห์สารอินทรีย์ แต่ในกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันยังใช้เอนไซม์กันไม่แพร่หลาย โดยปัจจัยที่ศึกษากันโดยทั่วไป เช่น ตัวทำละลาย อุณหภูมิ และชนิดของเอนไซม์ ปัจจัยเหล่านี้ต้องศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม แต่อย่างไรก็ตามเวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยาและปริมาณผลผลิตที่ได้ยังน้อยกว่าการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส[23]

การสังเคราะห์เอสเทอร์มีหลายกระบวนการแต่วิธีที่นิยมที่สุด คือการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลและแก้ปัญหาต่อเครื่องยนต์น้อยที่สุด เอสเทอร์ที่ได้เรียกตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ เช่น เมทิลเอสเทอร์ เอทิล

เอสเทอร์ เป็นต้น ตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) และ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide) นอกจากจะได้เอสเทอร์แล้ว ยังได้กลีเซอรอล เป็นผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้การใช้ปฏิกิริยา Transesterification สามารถทำปฏิกิริยาที่ความดันสูง โดยไม่ต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดเป็นเอสเทอร์และกลีเซอรอลเช่นกัน

3.8 ตัวแปรที่มีผลต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

3.8.1 อิทธิพลของความชื้นและกรดไขมันอิสระ[7]

สมบัติของสารตั้งต้นที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ที่มีเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ควรมีค่ากรดต่ำกว่า 1 และสารตั้งต้นไม่ควรมีน้ำเจือปน ถ้าค่ากรดมากกว่า 1 ต้องใช้เบสมากขึ้น เพราะต้องใช้ในการทำปฏิกิริยาและสะเทินกรดไขมันอิสระ น้ำและเบสเป็นสาเหตุทำให้เกิดสบู่ สบู่ที่เกิดทำให้น้ำมันมีความหนืดสูงขึ้น เกิดเป็นเจลและทำให้การแยกชั้นของกลีเซอรอลยากขึ้น[5]

3.8.2 ชนิดและร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถใช้ได้ทั้ง กรด เบส และเอนไซม์ ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่มีเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดได้เร็วกว่ากรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เบสที่ใช้กันโดยทั่วไปคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมเมทอกไซด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมเมทอกไซด์ แต่ถ้าน้ำมันมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงควรใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ กรดซัลฟิวริก กรดฟอสฟอริก กรดไอโดรคลอริก กรดซัลโฟนิกของสารอินทรีย์[5]

ปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในช่วงร้อยละ 1-5 โดยน้ำหนัก ทำให้ร้อยละโดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันมากนัก[5] อย่างไรก็ตามถ้าปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์มากกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก กลับทำให้ร้อยละโดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณเบสมากเกินไปจะทำให้เกิดอิมัลชันจนกระทั่งก่อตัวเป็นเจล และเกิดปัญหาในการแยกชั้นกลีเซอรอลออกจากเอสเทอร์ ทำให้ปริมาณเอสเทอร์ลดลง

3.8.3 อิทธิพลของอัตราส่วนโดยโมล

อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเอทานอลกับน้ำมันเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเอทานอลกับน้ำมันพืช จากการทรมวลสารสัมพันธ์ของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ต้องการแอลกอฮอล์ 3 โมล และไตรกลีเซอไรด์ 1 โมล เพื่อให้ได้เอสเทอร์ของกรดไขมัน 3 โมล กับกลีเซอรอล 1 โมล เพื่อให้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเข้าสู่สมดุลต้องใช้แอลกอฮอล์มากเกินไปเพื่อผลักดันให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า ซึ่งการใช้อัตราส่วนโดยโมลสูงกว่า 3 โมลของแอลกอฮอล์จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์มากขึ้น แต่อัตราส่วนโดยโมล

ระหว่างเอทานอลกับน้ำมันสูงๆจะมีผลต่อการแยกชั้น เนื่องจากปริมาณแอลกอฮอล์มากทำให้มีน้ำอยู่ในปฏิกิริยามากตามไปด้วย ไม่ว่าจะเป็นน้ำที่มีอยู่ในแอลกอฮอล์อยู่แล้วหรือน้ำที่เกิดจากการทำปฏิกิริยา ซึ่งน้ำจะทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมันอิสระ หรือผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ และเกิดปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชันตามมา ทำให้ได้เกลือของกรดไขมันหรือสบู่ขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ลดลง และเกิดการแยกชั้นยากขึ้นด้วย[5]

3.8.4 อิทธิพลของอุณหภูมิ

สำหรับผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ โดยทั่วไปมักใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาใกล้จุดเดือดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ ซึ่งเอทานอลมีจุดเดือดอยู่ที่ 78 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ ดังนั้นอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาไม่ควรเกินจุดเดือดของแอลกอฮอล์มากนัก ผลของการเปลี่ยนแปลงเวลา ปรากฏว่าปฏิกิริยาดำเนินไปอย่างรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุลเร็วขึ้น

3.8.5 อิทธิพลของเวลา

อัตราการเปลี่ยนแปลงเป็นเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเมื่อเวลามากขึ้น ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ได้สูงในช่วง 10 นาทีแรก ต่อจากนั้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย[7]

3.9 ไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลเป็นชื่อที่ใช้เรียกเชื้อเพลิงที่เป็นสารเอสเทอร์ (ester) เท่านั้น ซึ่งเตรียมได้จากการทำปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันพืชหรือไขสัตว์กับแอลกอฮอล์ เชื้อเพลิงที่ได้มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม สามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์และไอเสียมีมลพิษต่ำกว่ากรณีใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล[25]

3.10 น้ำมันดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์แรงอัดสูงและจุดระเบิดด้วยตัวเอง (High Compression, Self Ignition Engine) ซึ่งการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงเกิดขึ้นจากความร้อนจากแรงอัดสูงของอากาศในกระบอกสูบโดยไม่ต้องใช้หัวเทียน วงจรของเครื่องยนต์ประกอบไปด้วยขั้นตอนการส่งอากาศเข้าไปในห้องเผาไหม้ การอัดอากาศภายในกระบอกสูบ การฉีดเชื้อเพลิงเป็นฝอยเข้าไปซึ่งเผาไหม้ทันที ก๊าซจากการเผาไหม้ขยายตัว และปล่อยก๊าซจากการเผาไหม้ออกไป เครื่องยนต์ดีเซลมีหลายขนาด อาจแบ่งได้เป็น[3]

3.10.1 ชนิดรอบต่ำ

น้อยกว่า 300 รอบต่อนาที ใช้สำหรับงานหนักต่อเนื่อง โดยมีรอบคงที่ เช่น การขับเคลื่อนเรือเดินทะเล การผลิตกำลังไฟฟ้า เป็นต้น

3.10.2 ชนิดรอบปานกลาง

ระหว่าง 300-1,000 รอบต่อนาที ใช้สำหรับงานค่อนข้างหนักและรอบค่อนข้างคงที่เช่น สถานีผลิตไฟฟ้า สถานีสูบน้ำ เป็นต้น

3.10.3 ชนิดรอบสูง

ตั้งแต่ 1,000 รอบต่อนาทีขึ้นไป ใช้สำหรับงานที่มีการเปลี่ยนแปลงรอบของเครื่องยนต์บ่อยๆและความเร็วเปลี่ยนแปลงไปมากเช่น รถขนส่ง รถบรรทุก และรถไฟ เป็นต้น

3.11 สมบัติของน้ำมันดีเซล

ความต้องการพื้นฐานของน้ำมันดีเซล คือ ต้องจุดระเบิดได้เองโดยเร็วและเผาไหม้ได้หมดภายใต้ภาวะภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ สามารถส่งถ่ายได้ด้วยอุปกรณ์การฉีดน้ำมัน และจะต้องเหมาะสมกับการส่งถ่าย และจะต้องเหมาะสมกับการส่งถ่ายจากโรงกลั่นถึงถึงน้ำมันเครื่องยนต์ โดยไม่เสื่อมสภาพและไม่อันตรายต่อพื้นที่ผิวสัมผัส สมบัติของน้ำมันดีเซลประกอบไปด้วย[3]

3.11.1 คุณภาพการจุดติด (Ignition Quality)

การจุดระเบิดหรือติดไฟได้เองจะเร็วหรือช้าขึ้นกับประเภทของไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในน้ำมัน โดยพาราฟินติดไฟได้เร็วที่สุดตรงกันข้ามกับพวกแอมโรแมติกจะติดไฟได้ช้าโดยเฉพาะแอมโรแมติกที่มีจำนวนวงแหวนมาก การวัดจึงใช้ไฮโดรคาร์บอนสองประเภทดังกล่าวเป็นหลัก เรียกว่า ค่าซีเทน

ค่าซีเทน (ASTM D 613) เป็นตัวเลขที่แสดงถึงผลทดสอบน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อประเมินค่าช่วงเวลาหน่วงก่อนจุดระเบิด (Ignition Delay) โดยใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงอ้างอิงสองชนิดคือ ซีเทน (n - cetane) ให้ค่าซีเทนเท่ากับ 100 และ Heptamethylnonane ให้ค่าซีเทนเท่ากับ 15 โดย

$$\text{Cetane no.} = \%n - \text{cetane} + (0.15)(\% \text{Heptamethylnonane})$$

ดัชนีซีเทน (ASTM D 86) เนื่องจากค่าซีเทนต้องใช้เครื่องยนต์ดีเซลพิเศษ สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่าย จึงใช้วิธีคำนวณ (Calculated Cetane Index Formula) แทน ซึ่งประมาณค่าจากค่าความถ่วงจำเพาะและช่วงอุณหภูมิการกลั่นที่ 50 เอรร์เซ็นต์ ค่าที่ได้เรียก ดัชนีซีเทน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าซีเทนมาก ใช้แทนกันได้

3.11.2 ค่าเกี่ยวกับการระเหย (Volatility)

อุณหภูมิการกลั่น (ASTM D 86) ความสามารถในการระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งวัดโดยการกลั่น วิธีทดสอบคือ ทำให้เชื้อเพลิงกลายเป็นไอแล้วจับบนที่อุณหภูมิของไอเชื้อเพลิงสำหรับแต่ละเปอร์เซ็นต์ของน้ำมัน สมบัติข้อนี้มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

โดยเฉพาะในเครื่องยนต์รอบปานกลางและรอบสูง การใช้เชื้อเพลิงที่ระเหยง่ายเกินไปจะทำให้กำลังและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลง เนื่องจากอาจเกิด Vapour lock ในระบบเชื้อเพลิงหรือหยดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกจากหัวฉีดไม่สามารถที่จะไปไกลได้เท่าที่ควร โดยทั่วไปช่วงการกลั่นของน้ำมันควรต่ำสุด โดยไม่ทำให้สมบัติทางด้านจุดวาบไฟ การลุกติดไฟ ค่าความร้อน ตลอดจนความใสเปลี่ยนไป การระเหยตัวและช่วงจุดเดือดที่เหมาะสม จะช่วยให้เครื่องยนต์ติดง่าย ไม่เกิดเขม่า เกิดควันจากท่อไอเสียน้อย เครื่องยนต์มีกำลังและประหยัดเชื้อเพลิง

จุดวาบไฟ (ASTM D 93) เชื้อเพลิงจะถูกให้ความร้อนเพื่อที่จะก่อให้เกิดส่วนผสมของไอน้ำมัน และอากาศที่จุดติดไฟได้เหนือผิวหน้าของน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อมีน้ำมันเป็นตัวล่อ จุดวาบไฟมีความสำคัญในด้านอันตรายจากอัคคีภัย ในการขนส่งและการใช้งานเท่านั้น แต่ไม่มีความสำคัญโดยตรงต่อการสันดาปและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังใช้จุดวาบไฟสำหรับตรวจสอบหากมีน้ำมันชนิดเบาเจือปนอยู่

3.11.3 ค่าเกี่ยวกับการไหล (Fluidity)

ค่าความหนืด (ASTM D 445) มีผลต่อการทำงานของปั๊มและหัวฉีดเพราะถ้าไหลเกินไปหรือข้นเกินไปจะฉีดเป็นฝอยได้ไม่ค่อยดี เป็นผลเสียต่อการเผาไหม้ทำให้กำลังตกและเกิดควันดำ เครื่องยนต์รอบต่ำสามารถใช้น้ำมันที่มีความหนืดสูงกว่าเครื่องยนต์รอบสูง

ค่าไหลเท (ASTM D 97) จุดไหลเท คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันไหลได้ โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก เนื่องจาก ณ อุณหภูมิต่ำ องค์ประกอบของพวกที่เป็นพาราฟิน ของน้ำมันดีเซลอาจแยกออกเป็นไข ซึ่งจะอุดตันทางเดินของน้ำมันเชื้อเพลิงและหม้อกรองเชื้อเพลิง ทำให้เครื่องยนต์ติดปกติและดับในที่สุด ซึ่งอุณหภูมินี้จะเป็นเท่าไรขึ้นกับแหล่งน้ำมันดิบ และอุณหภูมิการกลั่นของน้ำมันนั้น

ค่าจุดหมอก (ASTM D 2500) เป็นจุดที่สารพาราฟินจะตกผลึกเป็นไข ซึ่งอาจอุดตันไส้กรองของน้ำมันได้ สำคัญมากในเขตหนาว ในประเทศไทยไม่มีข้อกำหนดนี้

3.11.4 ค่าเกี่ยวกับความสะอาด

สี (ASTM D 1500) ปกติน้ำมันดีเซลจะมีสีชาอ่อน เพื่อป้องกันการปลอมปน จึงมีข้อกำหนดให้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วมีสีไม่เกิน 2.0 ส่วนน้ำมันดีเซลหมุนช้าให้มีสีเข้มมากคือ 4.5 – 7.5

ปริมาณกากถ่าน (ASTM D 189) ปริมาณกากถ่านในน้ำมันอาจเป็นสาเหตุให้เครื่องยนต์และหัวฉีดสกปรก จึงต้องมีข้อกำหนดนี้

กำมะถัน (ASTM D 129) นอกจากทำให้กัดกร่อนเครื่องยนต์และไอเสียแล้ว กำมะถันยังทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศเมื่อเผาไหม้ จึงต้องมีข้อกำหนดไว้ เครื่องยนต์รอบต่ำจะทนต่อสารประกอบกำมะถันได้สูงกว่าเครื่องยนต์รอบสูง

ค่าอื่นๆ เช่น ค่าเข้า ปริมาณน้ำ จัดเป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมในด้านความสะอาด

3.12 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องยนต์ดีเซล

3.12.1 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด

ลักษณะที่สำคัญของกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด[26]

เครื่องยนต์ดีเซล คือ เชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบโดยระบบฉีดเชื้อเพลิงที่ปลายของจังหวะอัดก่อนการเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ต้องการเล็กน้อย ตามปกติแล้วเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปด้วยความเร็วสูงโดยผ่านรูหัวฉีดเดี่ยวหรือหลายรู เมื่อเชื้อเพลิงผ่านพื้นปลายของหัวฉีดก็จะแตกเป็นฝอยละอองและพุ่งไปในห้องเผาไหม้และจะระเหย และผสมกับอากาศที่อุณหภูมิและความดันสูงที่อยู่ในกระบอกสูบ เนื่องจากอุณหภูมิและความดันของอากาศสูงกว่าจุดการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง ทำให้การจุดระเบิดเองของส่วนที่เป็นสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศจะเกิดขึ้น ความดันกระบอกสูบก็จะเพิ่มขึ้นเป็นผลให้เกิดการอัดส่วนที่ยังไม่เผาไหม้ ซึ่งทำให้ช่วงเวลาล่าช้าก่อนไม่ก่อกองศาของมุมเพลาคือข้อเหวี่ยง เมื่อการเผาไหม้ของสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศเกิดขึ้น ความดันกระบอกสูบก็จะเพิ่มขึ้นเป็นผลให้เกิดการอัดส่วนที่ยังไม่เผาไหม้ ซึ่งทำให้ช่วงเวลาล่าช้าก่อนการจุดระเบิดของสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศที่ได้ผสมกัน โดยมีสัดส่วนอยู่ในขีดจำกัดที่สามารถเผาไหม้ได้นั้นสั้นลง การเผาไหม้ก็จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ เมื่อเกิดการเผาไหม้แล้วเวลาในการระเหยของเชื้อเพลิงที่เหลือก็จะลดลงด้วย สำหรับการฉีดเชื้อเพลิงก็จะมีต่อเนื่องไปจนกระทั่งปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องการได้เข้าไปในกระบอกสูบแล้ว ส่วนกระบวนการแตกเป็นฝอยละออง การระเหย การผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ และการเผาไหม้ ก็จะมีต่อเนื่องไปจนกระทั่งเชื้อเพลิงทั้งหมดได้ผ่านแต่ละกระบวนการดังกล่าว นอกจากนี้ การผสมของอากาศที่เหลือในกระบอกสูบกับแก๊สที่กำลังเผาไหม้แล้ว ก็จะเกิดขึ้นต่อไปตลอดกระบวนการเผาไหม้และกระบวนการขยายตัว

รายละเอียดของกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด จะขึ้นอยู่กับสมบัติของเชื้อเพลิง การออกแบบห้องเผาไหม้และระบบฉีดเชื้อเพลิงและสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ผลที่สำคัญของกระบวนการเผาไหม้ ที่มีต่อการทำงานของเครื่องยนต์มีดังนี้

3.12.1.1 เนื่องจากการฉีดเชื้อเพลิงเกิดก่อนการเริ่มต้นการเผาไหม้เล็กน้อย ดังนั้นจึงไม่มีข้อจำกัดของการน็อกเหมือนในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟซึ่งเป็นผลมาจากการจุดระเบิดเองของเชื้อเพลิงและอากาศที่ผสมกันก่อนแล้วในแก๊สส่วนสุดท้าย ดังนั้นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดจึงสามารถใช้อัตราส่วนการอัดสูงกว่าได้ เป็นผลให้ประสิทธิภาพ การเปลี่ยนแปลงพลังงานเชื้อเพลิงสูงกว่า เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ

3.12.1.2 เนื่องจากจังหวะการฉีดเชื้อเพลิงถูกใช้ในการควบคุมจังหวะการเผาไหม้ ช่วงล่าช้าระหว่างการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงและการเริ่มต้นการเผาไหม้จะต้องสั้น ซึ่งช่วงล่าช้าที่สั้นนี้ยังจำเป็นต่อการรักษาความดันกระบอกสูบสูงสุดที่เครื่องยนต์จะทนได้ ดังนั้นคุณสมบัติในการจุดระเบิดเองสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศจึงต้องอยู่ในช่วงที่กำหนด ซึ่งกระทำได้โดยใช้น้ำมันที่มีค่าซีเทนสูงกว่าค่าที่กำหนด

3.13 ปริมาณและการเกิดมลพิษในเครื่องยนต์ดีเซล

ไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลโดยทั่วไปประกอบด้วยสารที่ถือว่าเป็นมลพิษที่คล้ายๆกับของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ แต่เป็นปริมาณของมลพิษบางตัวจะแตกต่างจากเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟโดยในไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลนั้นความเข้มข้นของ NO_x จะใกล้เคียงกับไอเสียของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ส่วนไฮโดรคาร์บอนที่ออกมากับไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลจะต่ำกว่าไอเสียของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟประมาณ 5 เท่า ซึ่งไฮโดรคาร์บอนในไอเสียนี้ อาจควบแน่นเกิดเป็นควันขาวในช่วงการติดและอุ่นเครื่องยนต์ได้ นอกจากนี้ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนบางชนิดในไอเสียยังเป็นกลิ่นของไอเสียอีกด้วยสำหรับ CO ที่ออกมารับไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลนั้นน้อยมาก ทั้งนี้ เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลตามปกติแล้วจะทำงานด้วยสารประสมบาง แต่ในไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลจะมีสารละอองที่เป็นอนุภาคขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ $0.1 \mu\text{m}$) รวบรวมอยู่ 0.2 ถึงร้อยละ 0.5 ของมวลเชื้อเพลิงของสารละอองนี้ประกอบด้วยเขม่าเป็นส่วนใหญ่ และมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ถูกดูดซับไว้อยู่บ้าง[26]

การเกิดมลพิษในเครื่องยนต์ดีเซล จะขึ้นอยู่กับการกระจายเชื้อเพลิงและลักษณะของการกระจายที่แปรผันกับเวลาอันเนื่องจากการผสม ทั้งนี้ เนื่องจากในเครื่องยนต์ดีเซลนั้นเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบก่อนการเผาไหม้เริ่มต้นเล็กน้อย การกระจายเชื้อเพลิงจึงไม่สม่ำเสมอ และในช่วงการเผาไหม้ที่ควบคุมด้วยการผสมในเครื่องยนต์ดีเซล ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงมีการไหลวนซึ่งจะพบว่า NO_x เกิดขึ้นในบริเวณแก๊สที่เผาไหม้แล้วที่มีอุณหภูมิสูงเหมือนกับการเกิด NO_x ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยเครื่องประกายไฟ แต่ในเครื่องยนต์ดีเซลการกระจายของอุณหภูมิ และอัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงต่ออากาศภายในบริเวณแก๊สที่เผาไหม้แล้วไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นอัตราการเกิดจะสูงในบริเวณสารผสมที่ใกล้สารผสมพอดี เขม่าจะเกิดขึ้นในบริเวณแกนของสเปรย์ที่มีน้ำมันเชื้อเพลิงที่ยังไม่เผาไหม้ แล้วเขม่าก็จะถูกออกซิไดส์ในบริเวณเปลวไฟเมื่อไปสัมผัสกับออกซิเจน ทำให้เปลวไฟมีลักษณะเป็นสีเหลืองสว่าง ส่วนไฮโดรคาร์บอนและอัลดีไฮด์ (aldehyde) จะเกิดในบริเวณที่เปลวไฟดับทั้งที่ผนังและในบริเวณที่ซึ่งถูกเงาจากด้วยอากาศมากเกินไปจนการเผาไหม้ไม่สามารถเริ่มหรือเกิดต่อไปจนสมบูรณ์ได้ นอกจากนี้ ไอเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงที่เหลืออยู่ที่ปลายหัวฉีดในช่วงหลังการเผาไหม้ก็จะเป็นแหล่งของไฮโดรคาร์บอนอีก

แหล่งหนึ่ง สำหรับเสียงที่เกิดจากการเผาไหม้นั้นจะถูกควบคุมโดยส่วนแรกของกระบวนการเผาไหม้ซึ่งมีการเผาไหม้ความร้อนที่รวดเร็วทันทีที่หลังช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด โดยพยายามไม่ให้เกิดการเผาไหม้ของสารที่ผสมที่เกิดขึ้นพร้อมกันทันทีในปริมาณที่มากเกินไป

เมื่อพิจารณาถึงแก๊สไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซล จะต้องแยกระหว่างส่วนประกอบที่เป็นอนุภาคและส่วนประกอบที่เป็นแก๊ส

ส่วนประกอบที่เป็นอนุภาคซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเขม่าที่อนุภาคของคาร์บอนแก๊สที่เป็นพิษที่สำคัญในไอเสียได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน (HC) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ด้วยสัดส่วนที่มากที่สุดของไอเสียจะประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำแก๊สไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซลมีดังนี้

3.13.1. เขม่า (ควันดำ)

เขม่าประกอบด้วยอนุภาคของคาร์บอนที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ (Incomplete combustions) การฉีกน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์จะเข้าไปผสมกับอากาศ แม้ว่าอากาศในห้องเผาไหม้จะมีปริมาณอากาศเกินพอมาก แต่การผสมจะไม่สมบูรณ์ในทุกบริเวณ ซึ่งหมายความว่าในบริเวณนั้นมีน้ำมันเชื้อเพลิงเกิน ดังนั้นที่อุณหภูมิสูงและมีการขาดออกซิเจน (ส่วนผสมหนา) การกลั่นแฉ่งของคาร์บอนไฮโดรในน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะเกิดขึ้น เนื่องจากการแยกตัวของไฮโดรเจน ผลที่ได้ก็คือ คาร์บอน เมื่อการเผาไหม้เกิดขึ้นต่อไป คาร์บอนก็จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ซึ่งจะได้คาร์บอนมอนอกไซด์ถ้ามีออกซิเจนเพียงพอและอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 100 °C

ถ้าออกซิเจนไม่เพียงพอ หรืออุณหภูมิต่ำเกินไปอนุภาคของคาร์บอนจะยังคงเป็นอนุภาคและออกไปกับไอเสียซึ่งเห็นเป็นควันดำนั่นเอง อนุภาคจะรวมตัวกันเป็นเม็ดเล็ก ๆ แต่ก็มีรายงานการวิจัยบางแห่งได้ระบุว่า ควันดำไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพแต่อาจสามารถทำหน้าที่เป็นตัวจับสารที่เป็นอันตราย แต่อย่างไรก็ตาม ควันดำจะเป็นสาเหตุของการเคืองตา เพราะเป็นสาเหตุทำให้การมองเห็นลดลงแะทำให้พื้นที่บริเวณที่มีเขม่าโดยรอบมีสีดำ

3.13.2 ไฮโดรคาร์บอน

ด้วยชื่อ HC จะถูกใช้เพื่อแทนกลุ่มไฮโดรคาร์บอนต่าง ๆ ที่มากกว่า 100 ชนิด ไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในไอเสียที่ออกมาจากเครื่องยนต์ดีเซล จะเป็นผลเบื้องต้นมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง รวมน้ำมันเชื้อเพลิงที่ระเหยจากระบบน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยส่วนใหญ่ของ ไฮโดรคาร์บอน ที่ออกมาจะไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ แต่บางส่วนก็มีกลิ่นฉุน และบางส่วนจะระคายเคืองต่อดวงตาและหลอดลม

ปริมาณไฮโดรคาร์บอน และในไอเสียจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวกับกระบวนการเผาไหม้หลายประการ ตัวอย่างเช่น อุณหภูมิสูงจะให้ปริมาณ ไฮโดรคาร์บอนต่ำ วิธีการหนึ่งที่จะลดไฮโดรคาร์บอนก็คือการออกแบบเครื่องยนต์ที่ให้อุณหภูมิสูง ในระหว่างกระบวนการเผาไหม้

ภายใต้สภาวะโหลดน้อย ๆ ปริมาณของไฮโดรคาร์บอนของน้ำมันดีเซลแบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้า โดยตรงจะขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงเหลืออยู่ที่ปลายของหัวฉีดด้วย

ไฮโดรคาร์บอนที่ปล่อยออกมาได้มีการศึกษาเป็นพิเศษในสหรัฐอเมริกา เนื่องจากจะทำให้เกิดผลปฏิกิริยาทางแสงและทางเคมีที่เรียกว่า สมีอก (Smog) สมีอกเป็นผลของปฏิกิริยาหลากหลายในบรรยากาศที่เริ่มจากการแผ่รังสีอัลตราไวโอเลตปฏิกิริยาเหล่านี้จะทำให้เกิดสารบางอย่างซึ่งทำให้การมองเห็นลดลง ระบายเคียงตา และทำความเสียหายให้กับพืช สมีอกสามารถเกิดในที่ซึ่งมีการรวมตัวกันของไอเสียที่ออกมาเป็นจำนวนมาก การหมุนเวียนของอากาศไม่ดีและแสงแดดจ้า สภาวะของสมีอกเกิดขึ้นครั้งแรกในลอสแอนเจลิส แต่ในปัจจุบันส่วนมากจะเห็นได้จากเมืองใหญ่ ๆ ของสหรัฐอเมริกา

ในข้อเท็จจริงแล้วสมีอกเกิดขึ้นในลอสแอนเจลิส มาก่อนที่จะมีรถยนต์เสียอีก ซึ่งเนื่องมาจากมลภาวะทางอากาศจากแหล่งธรรมชาติ

3.13.3 ไนโตรเจนออกไซด์

NO_x เป็นสูตรที่ใช้แทนไนโตรเจนออกไซด์ทั้งหมด ออกไซด์ของไนโตรเจนที่มีอยู่ในไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลคือ ไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)

ไนตริกออกไซด์ไม่มีสีและไม่มีการกลั่น ในอากาศไนตริกออกไซด์จะรวมตัวกับออกซิเจนเป็นไนโตรเจนออกไซด์ซึ่งจะมีสีน้ำตาลแดง มีกลิ่นฉุน และทำให้ระคายเคือง ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อปอด นอกจากนี้ไนโตรเจนออกไซด์จะรวมได้ง่ายกับเฮโมโกลบินของเลือดป้องกันเลือดจากการดูดซับ และขนส่งออกซิเจนจากปอดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งจะเหมือนพิษของคาร์บอนมอนอกไซด์ และผลสุดท้ายก็คือทำให้หายใจไม่ออก

ไนโตรเจนออกไซด์ในไอเสียเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไนโตรเจนและออกซิเจน ซึ่งปฏิกิริยานี้ขึ้นอยู่กับสภาวะที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้คือ อุณหภูมิสูง ความดันสูง และมีออกซิเจนอยู่จะทำให้เกิด NO_x สูง

3.13.4 คาร์บอนมอนอกไซด์

(CO) ไม่มีกลิ่นไม่มีสีคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นพิษเนื่องจากสามารถรวมตัวเข้ากันได้กับเฮโมโกลบินของเลือดแล้วไปป้องกันเลือดจากการดูดซับและขนส่งออกซิเจนผ่านไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย และผลสุดท้ายก็คือหายใจไม่ออก

คาร์บอนมอนอกไซด์จะเกิดขึ้นระหว่างช่วงกลางการเผาไหม้ หลังจากนั้นก็จะรวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ไม่เป็นพิษ คาร์บอนมอนอกไซด์ จะเกิดในไอเสียถ้าการเผาไหม้มีออกซิเจนไม่เพียงพอเท่านั้น เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลทำงาน (มีการเผาไหม้) โดยมีอากาศ (ออกซิเจน) เกินพอ ปริมาณไอเสียในคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียจึงต่ำ

จากทฤษฎีข้างต้นกล่าวถึงไขมัน น้ำมัน และแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยจะใช้หรือไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาก็ได้ ตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถ

ใช้ได้ทั้งกรดและเบส ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นคือไบโอดีเซลและกลีเซอรอล สำหรับงานวิจัยนี้สารตั้งต้นที่ใช้คือน้ำมันจากเมล็ดยางพาราและเอทานอล นอกจากนี้ยังกล่าวถึงคุณสมบัติของน้ำมันพืช คุณสมบัติของไบโอดีเซล และคุณสมบัติของน้ำมันดีเซล รวมไปถึงการนำมันพืชไปใช้ในเครื่องยนต์ด้วยวิธีการต่างๆ

บทที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในงานวิจัย สารเคมีและวัสดุคิบที่ใช้ในงานวิจัย ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย รวมไปถึงวิธีการทดสอบผลที่ได้จากการวิจัยทั้งการทดสอบวิเคราะห์คุณสมบัติ ตลอดจนถึงวิธีการทดสอบเครื่องยนต์

4.1 รูปแบบการศึกษา

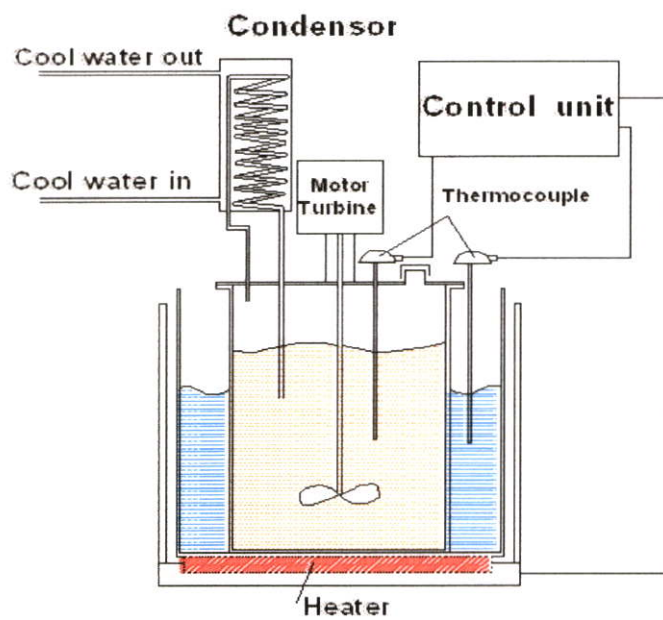
งานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยเพื่อศึกษาการสังเคราะห์เอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันเมล็ดในยางพารา ด้วยวิธีทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส โดยกำหนดอัตราส่วนโดยโมลของน้ำมัน:เอทานอล เป็น 1:6 เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมา[6,10,13] และเนื่องจากจากการทำมวลสารสัมพันธ์ ของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ต้องการแอลกอฮอล์ 3 โมล และไตรกลีเซอไรด์ 1 โมล เพื่อให้ได้เอสเทอร์ของกรดไขมัน 3 โมล กับกลีเซอรอล 1 โมล ซึ่งการใช้อัตราส่วนโดยโมลสูงกว่า 3 โมลของแอลกอฮอล์ จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์มากขึ้น[5] เลือกใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากโดยทั่วไปมักใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาใกล้จุดเดือดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ ซึ่งเอทานอลมีจุดเดือดอยู่ที่ 78 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ[5] และเลือกใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 1 % โดยน้ำหนัก พร้อมทั้งนำเอทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้ไปใช้ทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

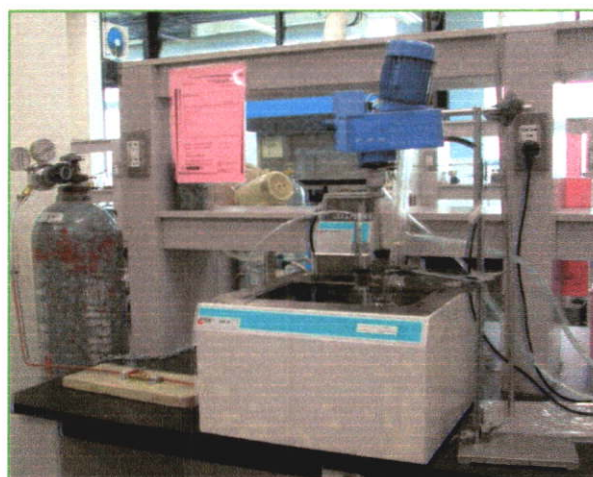
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยดังแสดงในรูปที่ 4.1และรูปที่ 4.2 ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1. เครื่องอ่างน้ำ (Water Bath) พร้อมชุดควบคุมอุณหภูมิ
2. ใบพัดกวนพร้อมมอเตอร์
3. กรวยแยก (Funnel)
4. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
5. บีกเกอร์ (Beaker)
6. ขวดก้นกลม 3 คอ (Three Neck Bottle)
7. กระบอกตวง (Cylinder)
8. เครื่องชั่งน้ำหนัก
9. ชุดคอนเดนเซอร์

10. ขนาดขนาดเล็ก (Vial 1.5 ml)



รูปที่ 4.1 แผนภาพชุดเครื่องกลวน



รูปที่ 4.2 ภาพชุดอุปกรณ์ทดลองในห้องปฏิบัติการ

4.3 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1. น้ำมันเมล็ดในยางพารา
2. เอทานอล 95 (C₂H₅OH)
3. โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เกรด Analytical Reagent
4. น้ำกลั่น
5. กระดาษกรอง
6. ตัวชี้บ่งชี้ความเป็นกรด-เบส แบบสากล (Universal Indicator)

4.4 วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย

วัตถุดิบที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นน้ำมันเมล็ดในยางพาราจากจังหวัดพัทลุง มีลักษณะเป็นน้ำมันสีส้มเข้ม โดยนำมากรองสิ่งสกปรกออกก่อนนำมาใช้ด้วยกระดาษกรอง

4.5 ขั้นตอนการวิจัยเอทิลเอสเทอร์

4.5.1 วิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นน้ำมันเมล็ดในยางพารา

1. ค่ากรด (Acid Value) ตามวิธีมาตรฐาน AOCS Cd-3D63
2. ชนิดและปริมาณกรดไขมัน (fatty acid composition) ตามวิธีมาตรฐาน AOCS Ce-2 –66
3. ค่าความหนืด ตามมาตรฐาน ASTM D 445
4. จุดวาบไฟ ตามมาตรฐาน ASTM D 93
5. จุดติดไฟ ตามมาตรฐาน ASTM D 93
6. ค่าความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM D 240

หมายเหตุ (ส่งวิเคราะห์กรมวิชาการเกษตร)

4.5.2 ขั้นตอนการดำเนินงานทดลอง

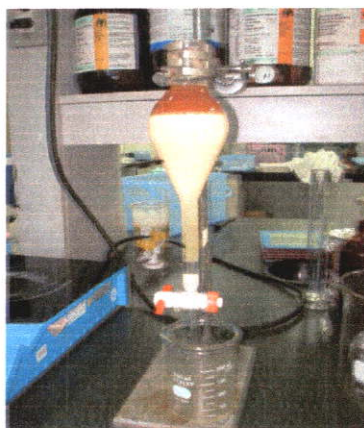
1. ให้ความร้อนแก่น้ำมันประมาณ 75 องศาเซลเซียส 30 นาที เพื่อกำจัดน้ำ (ใช้น้ำมัน 100 กรัม)[ผนวก ก]
2. นำสารเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสละลายในเอทานอล (เอทานอล 31.52 กรัม และเบส 1 กรัม)
3. นำน้ำมันจากข้อที่ 1 มาให้ความร้อนจนอุณหภูมิของน้ำมันอยู่ที่ 70 องศาเซลเซียส แล้วนำสารละลายเอทานอลที่มีเบสละลายอยู่เทลงในขวดสามคอที่ติดตั้งเครื่องกวน และต่อเครื่องควมแน่นไว้พร้อมกับกวนสารละลายภายในขวดสามคอและเริ่มจับเวลา ซึ่งใช้เวลาทดลอง 60 นาที แสดงชุดอุปกรณ์ทดลองดังรูปที่ 4.1. และ 4.2.
4. นำน้ำมันจากข้อที่ 3 เทใส่กรวยแยกแล้วตั้งทิ้งไว้ เพื่อให้เอสเทอร์และกลีเซอรอลแยกชั้นประมาณ 1 วัน ลักษณะการแยกชั้นระหว่างเอสเทอร์และกลีเซอรอลแสดงดังรูปที่ 4.3.

5. น้ำมันที่แยกเป็นสองชั้นแล้วให้นำเฉพาะส่วนบน(เอสเทอร์)
จนกระทั่งน้ำที่ล้างเป็นกลาง ดังรูปที่ 4.4.

ไปล้างด้วยน้ำอุ่น



รูปที่ 4.3 ลักษณะการแยกชั้นระหว่างเอสเทอร์และกลีเซอรอล



รูปที่ 4.4 แสดงการล้างเอสเทอร์

4.5.3 การวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์นั้น จะวิเคราะห์เฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ได้ แล้วนำ
ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลโดยสมบัติที่ทำการวิเคราะห์ประกอบด้วย

- 1.API ทดสอบโดยมาตรฐาน ASTM
2. ค่าความหนืด ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 445
- 3.จุดวาบไฟ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 93
4. ค่าความร้อน ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 240
5. ครรชนีซีเทน ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 976
6. ค่าการกลั่น ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 86

7. จุดหมอก และจุดไหลเท ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 97-97a

8. ค่าการคาร์บอน ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 4530

4.6 การทดสอบเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบมีทั้งแบบมีห้องเผาไหม้ช่วย ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ยี่ห้อ TF85 ดังตารางที่ 4.1 และแบบที่มีห้องเผาไหม้โดยตรง เป็นเครื่องยนต์รุ่นอีดีไอ 95 ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ทดสอบแบบห้องเผาไหม้ช่วย

ชนิด	ดีเซล4จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
ระบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้ช่วย
จำนวนสูบ	1 กระบอกสูบ
ความโตกระบอกสูบ x ช่วงชัก	85x87 มม.
ความจุ	0.493 ลิตร
กำลังม้าต่อเนื่อง	7.50/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
กำลังม้าสูงสุด	8.50/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
แรงบิดสูงสุด	3.10/1600กิโลกรัมเมตร/รอบต่อนาที
อัตราส่วนการอัด	22.4
ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง	13องศา ก่อนศูนย์ตายบน

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ทดสอบแบบมีห้องเผาไหม้โดยตรง

ชนิด	ดีเซล4จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
ระบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้โดยตรง
จำนวนสูบ	1 กระบอกสูบ
ความโตกระบอกสูบ x ช่วงชัก	94x90 มม.
ความจุ	0.493 ลิตร
กำลังม้าต่อเนื่อง	10.50/2400แรงม้า/รอบต่อนาที
กำลังม้าสูงสุด	2/2400แรงม้า/รอบต่อนาที
แรงบิดสูงสุด	3.10/1600กิโลกรัมเมตร/รอบต่อนาที
ชนิด	ดีเซล4จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
อัตราส่วนการอัด	18/1
ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง	-

ในการทดสอบทำการทดสอบ ใช้เครื่องยนต์ซึ่งมีข้อมูลจำเพาะดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2. โดยกำหนดให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงที่ 1600 rpm. เนื่องจากเป็นจุดที่ให้แรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ และเพิ่มภาระ โหลดตั้งแต่ 0-100% โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.ก่อนทดสอบต้องทำความสะอาด บริเวณหัวลูก ฝาสูบให้เรียบร้อย และ ตั้งระยะห่าง วาล์ว พร้อมทั้งบันทึกภาพไว้ จากนั้นนำน้ำมันจากถังค่อเข้ากับเครื่องยนต์ โดยแบ่งแหล่งจ่าย ออกเป็นสองแหล่งคือส่วนที่อยู่บนตาสั่งและถังสำหรับจ่ายปกติ โดยมีโซลินอยด์ วาล์วเป็นตัว สวิตซ์ เลือกว่าจะใช้น้ำมันจากส่วนไหนและไทม์เมอร์ ตัดต่อตามที่ควบคุม และไล่ลมในระบบให้หมดโดยไม่ให้มีฟองอากาศเหลืออยู่เลย

2.ต่อชุดเทอร์โมคัปเปิ้ลสำหรับวัดอุณหภูมิไอเสีย และอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น ตรวจสอบ น้ำหล่อเย็นและระดับน้ำมันหล่อลื่น และติดเครื่องยนต์อุ่นเครื่องยนต์อย่างน้อย 15 นาที ปรับ ความเร็วรอบให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงที่ 1600 rpm. หลังจากเครื่องยนต์นิ่งแล้ว จึงทำการเก็บข้อมูลของอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ความเข้มของไอเสีย อุณหภูมิไอเสีย และ อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น

3.ปรับเพิ่มภาระ โหลดของเครื่องยนต์ โดยวัดแรงบิดเป็น 0.6 Kg-m, 1.2 Kg-m , 1.8 Kg-m, 2.4 Kg-m และแรงบิดสูงสุด โดยรักษาความเร็วรอบให้คงที่ที่ 1600 rpm. พร้อมกับเก็บข้อมูลต่างๆ ตาม ข้อ 2.

4.หลังจากทดสอบค่าทุกอย่างเรียบร้อยแล้ว ถอดฝาสูบออกมาเพื่อตรวจสอบคราบเขม่า บริเวณฝาสูบและหัวลูกสูบ หลังจาก ทำความสะอาดบริเวณหัวลูก ฝาสูบเรียบร้อยแล้วทำการ เปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็น ไบโอดีเซล มาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบ ตามขั้นตอน เช่นเดียวกัน

บทที่ 5

ผลการวิเคราะห์การทดลอง

5.1 ผลการศึกษาสมบัติสารตั้งต้น

น้ำมันพืชเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) มีโครงสร้างเป็น C_3H_5 -เชื่อมต่อกับกรดไขมัน ที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 ถึง 30 อะตอม น้ำมันพืชมีกรดไขมันเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 94-96 ของน้ำหนักไตรกลีเซอไรด์ ทำให้สมบัติของน้ำมันแต่ละชนิดทั้งทางเคมีและกายภาพแตกต่างกัน น้ำมันพืชประกอบไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ซึ่งถ้ามีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูงจะเป็นสารที่ไม่อยู่ตัวถูกออกซิไดส์ได้ง่าย และเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันที่อุณหภูมิสูงได้ การเลือกใช้น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง เป็นเชื้อเพลิงจะสามารถป้องกันการเกิดพอลิเมอไรเซชันได้ ดังนั้นก่อนทำการทดลองจำเป็นต้องทดสอบสมบัติของน้ำมันพืช เพื่อจะได้ทราบแนวโน้มสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ซึ่งชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืชตัวอย่างแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืชตัวอย่าง[27]

Fatty acid Composition	India	Thai
C16:0 palmitic acid	10.2	10.17
C18:0 stearic acid	8.7	8.67
Saturated	18.9	19.84
C18:1 oleic acid	24.6	25.23
C18:2 linoleic acid	39.6	40.36
C18:3 linolenic acid	16.3	15.56
Unsaturated	80.5	81.15
Others	0.6	0.88

หน้านี้ไม่มีในต้นฉบับ

ตารางที่ 5.2 สมบัติของน้ำมันเมล็ดในยางพาราเทียบกับน้ำมันดีเซล[5]

สมบัติ	น้ำมันดีเซลหมุนช้า	น้ำมันเมล็ดในยางพารา
ค่าความร้อน (เมกะจูล/กิโลกรัม)	46.0	38.85
ค่าความหนืด (มิลลิเมตร ² /วินาที)	3.4	27.05
ค่าจุดวาบไฟ (องศาเซลเซียส)	77	230
ค่ากรด (มิลลิกรัมของ KOH/กรัมของน้ำมัน)	-	60.21
ความถ่วงจำเพาะ	0.835	0.924

จากตารางที่ 5.1 พบว่าน้ำมันในเมล็ดในยางพารามีค่ากรดสูง เมื่อนำไปทดลอง จะต้องใช้ปริมาณเบสในการเกิดปฏิกิริยามากขึ้น เพราะปริมาณเบสส่วนหนึ่งจะถูกใช้ไปสะเทินกรดไขมันอิสระ และส่วนที่เหลือจึงเป็นส่วนที่ใช้ทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ค่าแซพอนิฟิเคชันทำให้ทราบถึงขนาดของน้ำมัน โดยน้ำมันที่มีค่าแซพอนิฟิเคชันต่ำจะมีขนาดโมเลกุลใหญ่

จากตารางที่ 5.2 แสดงสมบัติของน้ำมันเมล็ดในยางพารา พบว่าน้ำมันเมล็ดในยางพารามีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งเมื่อนำไป ใช้กับเครื่องยนต์รอบสูงกำลังจะตก ความหนืดของน้ำมันเมล็ดในยาง พารามากกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งความหนืดสูงเป็นอุปสรรคสำคัญต่อระบบหัวฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ โดยหัวฉีดจะไม่สามารถฉีดน้ำมันเป็นฝอยได้ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์สำหรับจุดวาบไฟเป็นสมบัติของน้ำมันพืชที่ทำให้ทราบว่าน้ำมันชนิดนั้น มีความสามารถในการระเหยมากหรือน้อย ซึ่งน้ำมันเมล็ดในยางพารามีความสามารถในการระเหยต่ำ จุดวาบไฟมีค่าสูงมากทำให้การจุดระเบิดของเครื่องยนต์เป็นไปได้ยากโดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำ การลดความหนืดและจุดวาบไฟของน้ำมันพืช เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการนำน้ำมันไปใช้เป็นเชื้อเพลิง การวิเคราะห์ค่ากรดทำให้ทราบว่าน้ำมันพืชมีกรดไขมันอิสระอยู่เล็กน้อยเพียงใด น้ำมันพืชที่มีค่ากรดสูงจะมีกรดไขมันอิสระมาก เกิดการหมั่นหืนไวกว่าและมีจุดเกิดควันต่ำกว่าน้ำมันที่มีค่ากรดต่ำ

5.2.2 การทดสอบสมบัติทางเชื้อเพลิง

นอกจากศึกษาโครงสร้างของเอทิลเอสเทอร์แล้วสมบัติทางเชื้อเพลิงต้องวิเคราะห์ก่อนนำไปใช้กับเครื่องยนต์ โดยผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 สมบัติของเอทิลเอสเทอร์ที่อัตราส่วนโดยโมล 6:1 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำมันดีเซลหมุนช้า และไบโอดีเซล[7]

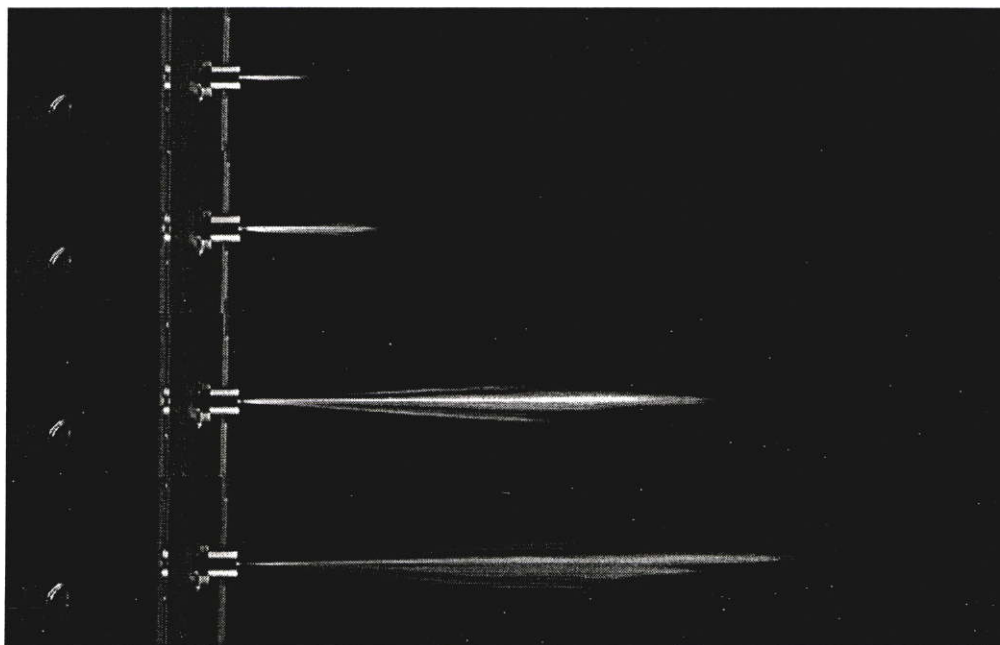
สมบัติ	มาตรฐานของน้ำมันดีเซลหมุนช้าและไบโอดีเซล			ดีเซลหมุนช้า	เอทิลเอสเทอร์
	วิธีทดสอบ	ดีเซลหมุนช้า	ไบโอดีเซล		
ค่าความถ่วงจำเพาะ 15.6 องศาเซลเซียส	ASTM D1298	0.92 max.	-	0.836	-
ค่าซีเทน	ASTM D976	45 min.	40 min.	55	-
จุดวาบไฟ(องศาเซลเซียส)	ASTM D93	52 min.	100 min.	77	150
ค่าความร้อน(เมกะจูล/กิโลกรัม)	ASTM D240	45.2 min.	-	46.0	39.2
ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส	ASTM D445	8 max.	1.9-6.5	3.4	5.6

เอทิลเอสเทอร์ที่ได้จากภาวะที่เหมาะสมเมื่อนำไปทดสอบสมบัติทางเชื้อเพลิง พบว่าความหนืดของเอทิลเอสเทอร์มีค่าสูงกว่ากับความหนืดของน้ำมันดีเซลหมุนช้าเล็กน้อย ความหนืดของน้ำมันดีเซลหมุนช้ามีค่า 3.4 มิลลิเมตร²/วินาที ส่วนความหนืดของเอทิลเอสเทอร์มีค่า 5.6 มิลลิเมตร²/วินาที

จุดวาบไฟของเอทิลเอสเทอร์สูงกว่าจุดวาบไฟของน้ำมันดีเซล จุดวาบไฟของน้ำมันดีเซลมีค่า 77 องศาเซลเซียส ส่วนจุดวาบไฟของเอทิลเอสเทอร์มีค่า 150 องศาเซลเซียส เอทิลเอสเทอร์ที่ได้จึงมีความปลอดภัยในการเก็บรักษาและการขนส่งมากกว่าน้ำมันดีเซล

นอกจากนี้ค่าความร้อนของเอทิลเอสเทอร์น้อยกว่าค่าความร้อนของน้ำมันดีเซล ค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลมีค่า 46 เมกะจูล/กิโลกรัม ส่วนค่าความร้อนของเอทิลเอสเทอร์มีค่า 36.2 เมกะจูล/กิโลกรัม ซึ่งน้ำมันที่มีค่าความร้อนต่ำจะมีผลต่อกำลังของเครื่องยนต์ และการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการเดินเครื่องยนต์มากขึ้น

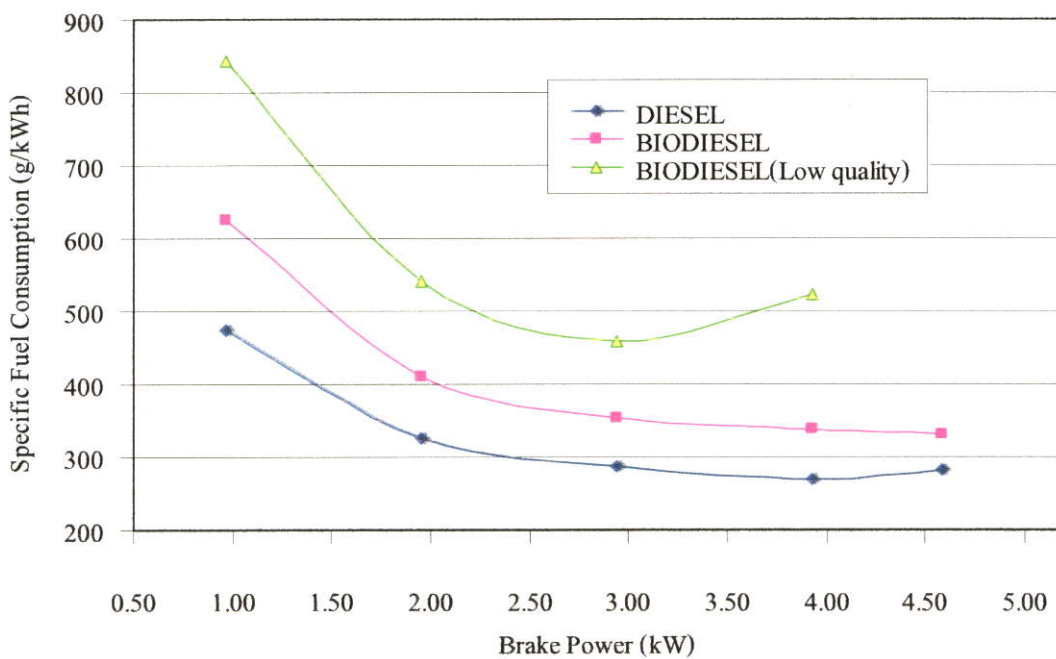
5.2.3 ลักษณะการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิง



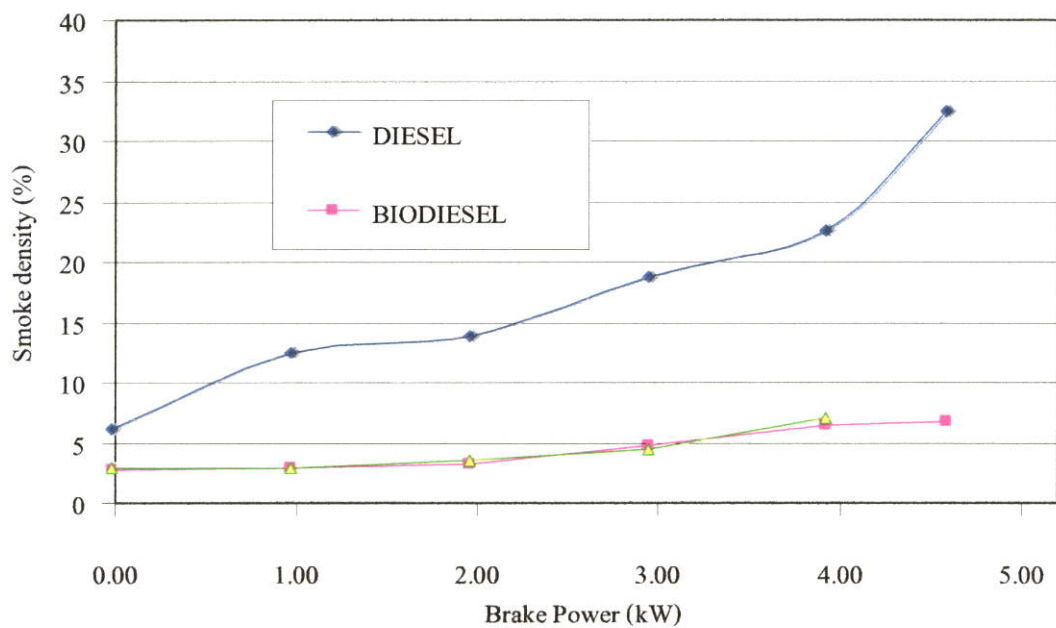
รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะการสเปรย์ของไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดขางพารา

ไบโอดีเซลที่ผลิตได้ มีลักษณะการสเปรย์ที่ดีพอสมควร ดังรูปที่ 5.2 จึงสามารถนำไบโอดีเซลที่ผลิตนี้ไปใช้กับเครื่องยนต์

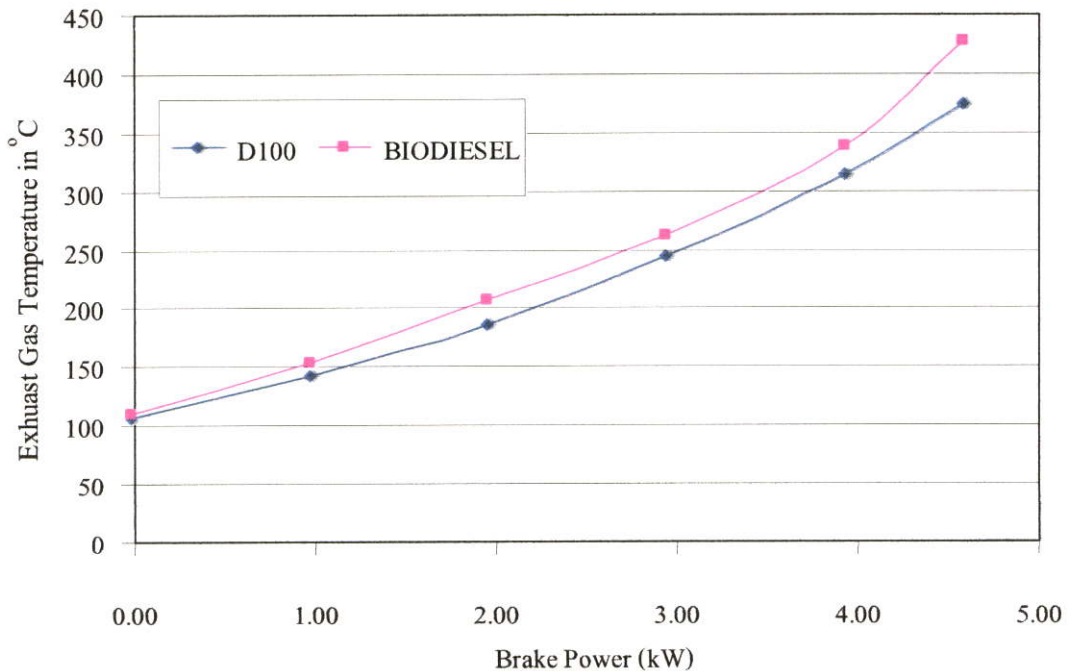
5.3 ผลการศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้ช่วยเมื่อใช้เอทิลเอสเทอร์น้ำมันเมล็ดยางพารา



รูปที่ 5.3 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 5.4 แสดงปริมาณควันดำที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 5.5 แสดงอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

หมายเหตุ BIODIESEL (Low quality) คือเอสเทอร์ที่ล้างไม่สะอาด

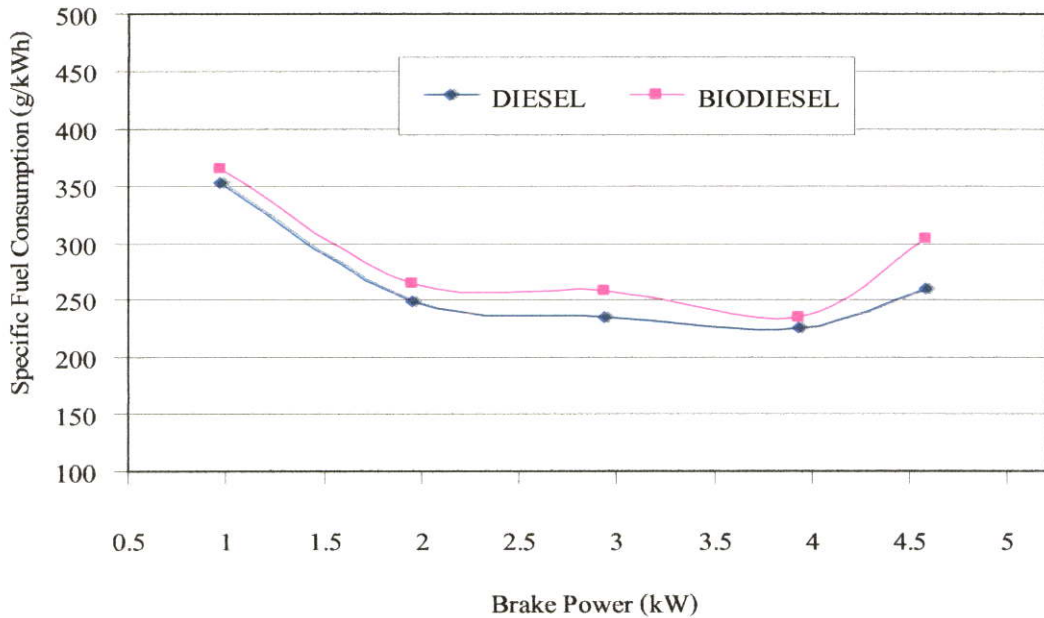
BIODIESEL คือเอทิลเอสเทอร์ที่ล้างส่วนผสมอื่นๆออก แล้วนำไประเหยน้ำ

จากผลการทดสอบเครื่องยนต์ อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ของไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดขางพาราที่ล้างไม่สะอาด จะสิ้นเปลืองมากกว่าไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดขางพาราที่ล้างสะอาด แล้วนำไประเหยน้ำออก และน้ำมันดีเซล ตามลำดับ เป็นผลมาจากไบโอดีเซลที่ล้างไม่สะอาดจะมี น้ำและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ผสมอยู่เมื่อรวมตัวกับน้ำมันที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา จะเกิด สบู่ ส่งผลให้หนืดมากขึ้น นอกจากนั้นน้ำมันเมล็ดขางพารา มีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงน้อยกว่า น้ำมันดีเซล จึงส่งผลต่ออัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น ดังแสดงใน รูปที่ 5.3

ถ้าปริมาณควันท่อจากการเผาไหม้ของไบโอดีเซลน้ำมันจากเมล็ดขางพารา ที่ล้างไม่ สะอาด และไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดขางพาราใกล้เคียงกันมาก แต่จะต่ำกว่าน้ำมันดีเซลอย่างเห็นได้ ชัด ดังแสดงในรูปที่ 5.4

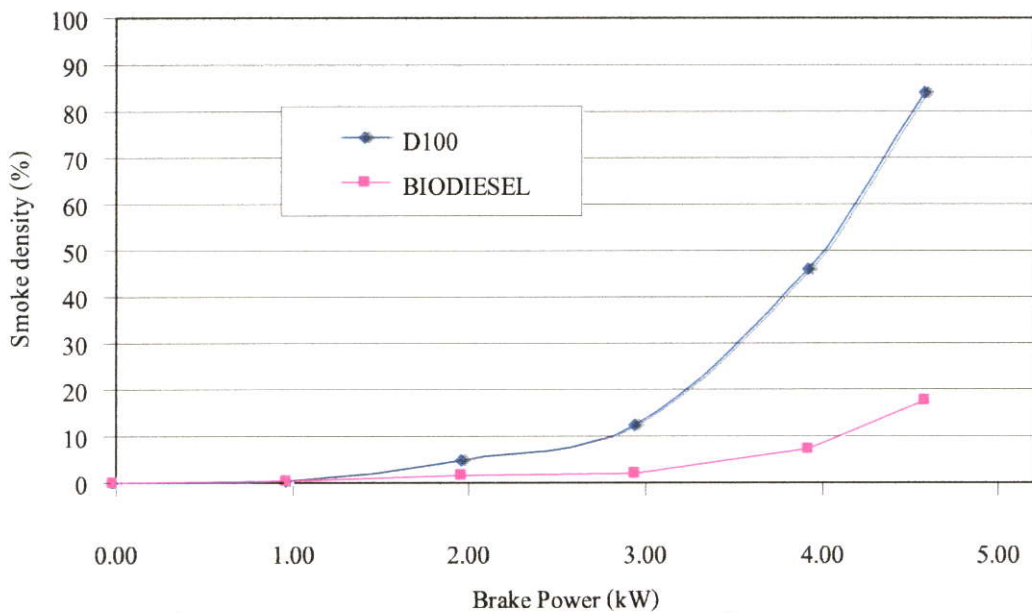
อุณหภูมิไอเสียของการใช้ไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดขางพารา สูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซล เล็กน้อย เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำมันใกล้เคียงกัน และไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดขางพารามี ออกซิเจนเป็นองค์ประกอบจึงช่วยในการเผาไหม้ดีขึ้น ดังรูปที่ 5.5

5.4 ผลการศึกษาศมรรถนะของเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้โดยตรงเมื่อใช้เอทิลเอสเทอร์น้ำมันเมล็ดยางพารา



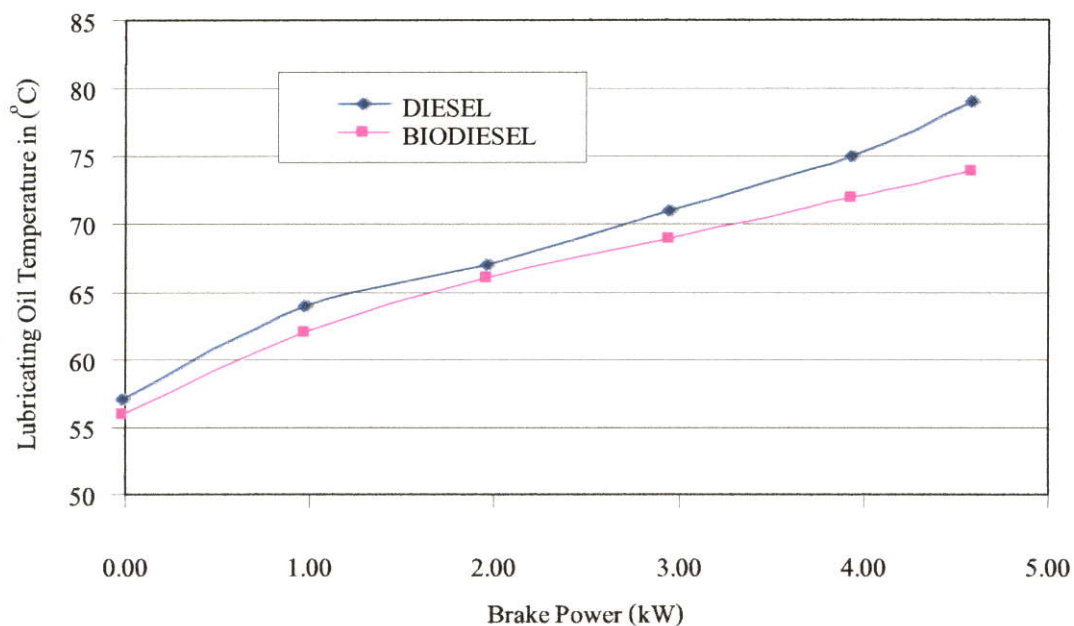
รูปที่ 5.6 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

สำหรับเครื่องยนต์ DI อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลจะสูงกว่าดีเซลเล็กน้อยถึงแม้ว่าการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ DI จะดีขึ้นก็ตาม แต่ค่าความร้อนของไบโอดีเซลที่ยังต่ำกว่าดีเซล ส่งผลให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลจะสูงกว่าดีเซลดังรูปที่ 5.6

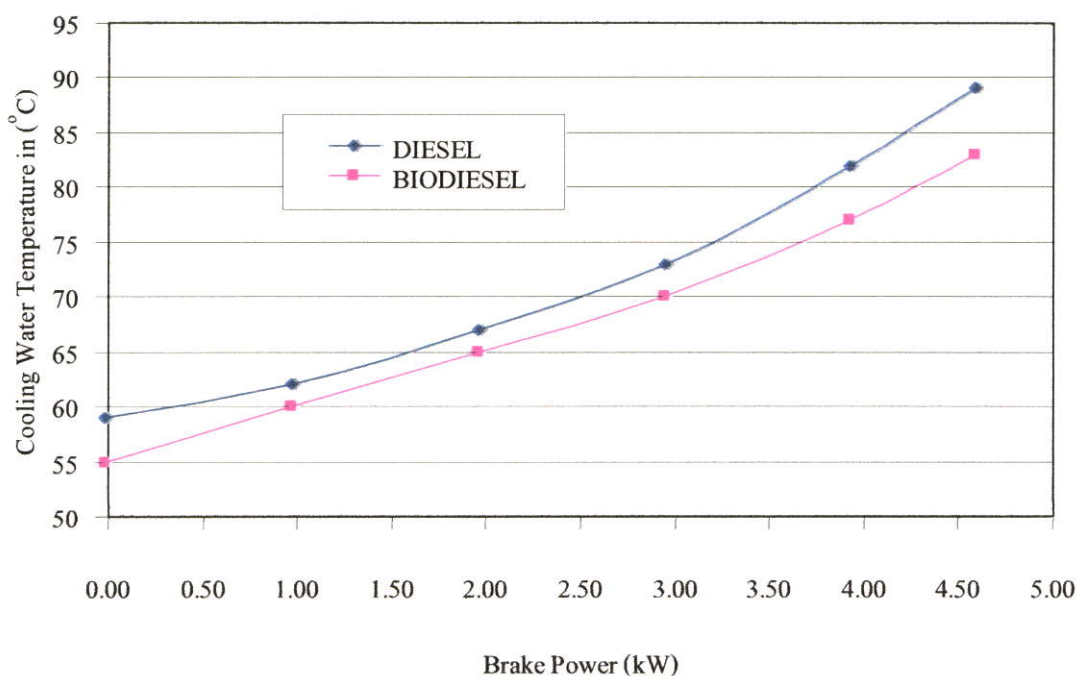


รูปที่ 5.7 แสดงปริมาณควันดำที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

ค่าปริมาณควันดำของการเผาไหม้ไบโอดีเซลจะน้อยกว่าดีเซลดังรูปที่ 5.7

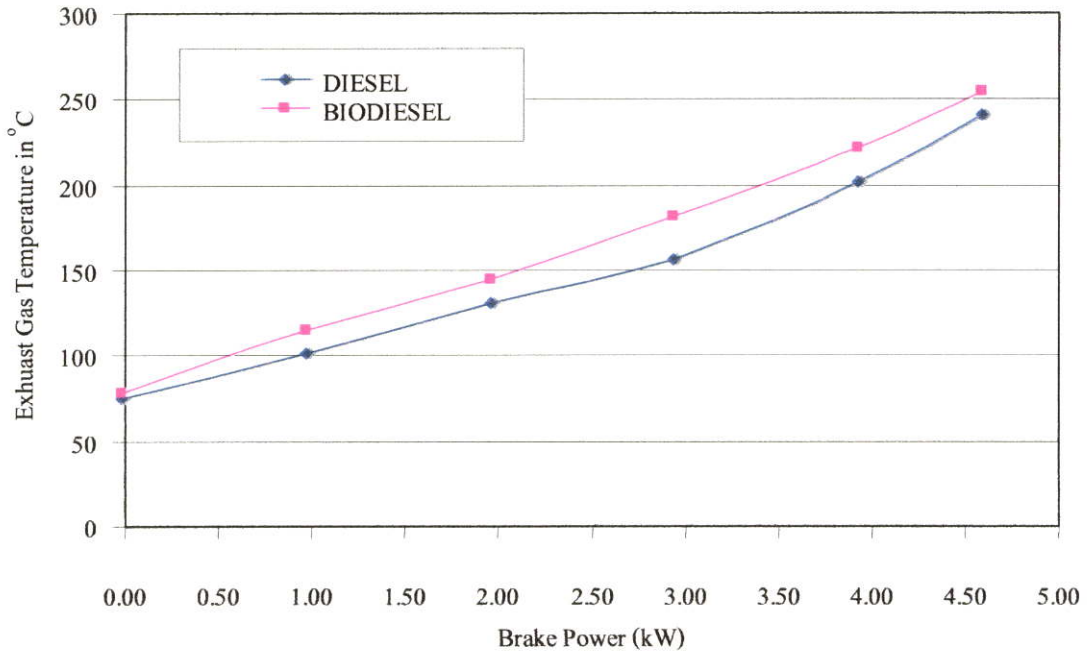


รูปที่ 5.8 แสดงอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่ 5.9 แสดงอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

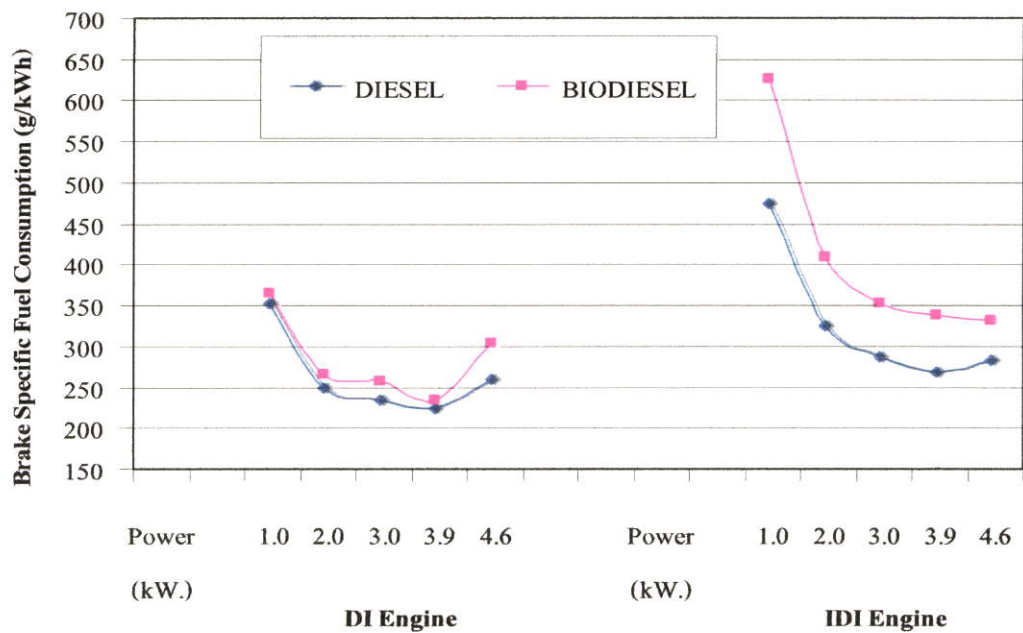
จากการเผาไหม้อย่างรวดเร็วสามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้อยู่ในรูปความดัน และเปลี่ยนพลังงานกลของการเผาไหม้ไบโอดีเซล ทำให้การถ่ายเทความร้อนไปยังน้ำมันหล่อลื่น และน้ำหล่อเย็นลดน้อยลง ส่งผลให้อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น และน้ำหล่อเย็นลดน้อยลงเมื่อใช้ไบโอดีเซล ดังรูปที่ 5.8 และ รูปที่ 5.9



รูปที่ 5.10 แสดงอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

จากรูป 5.10 สำหรับเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้โดยตรง อุณหภูมิไอเสียเมื่อใช้ไบโอดีเซลสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล

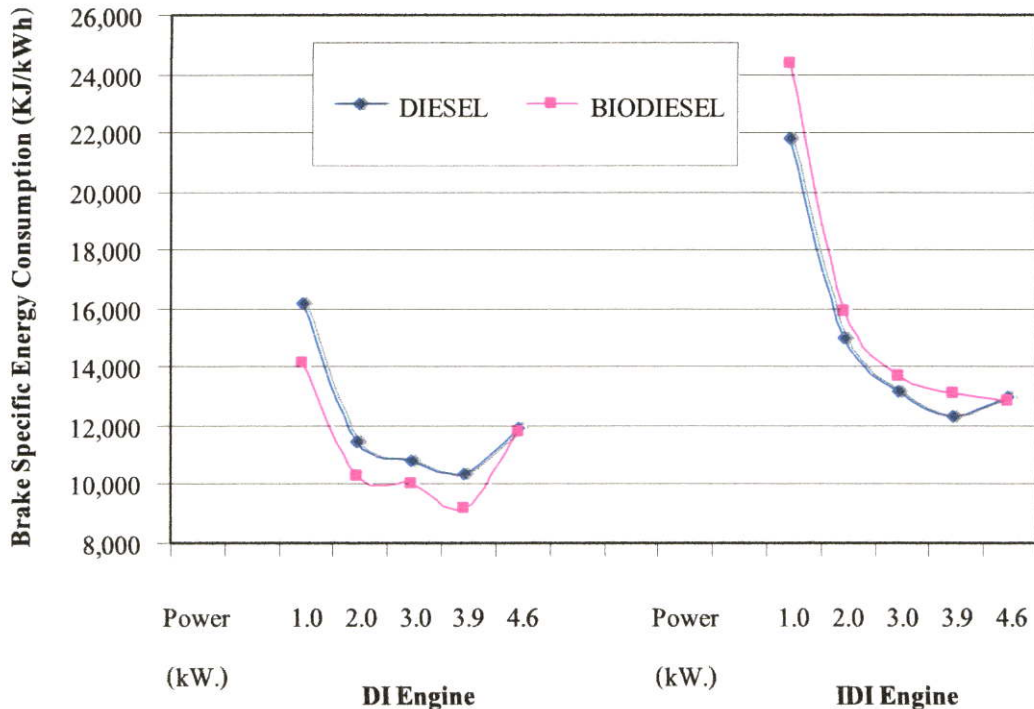
5.5 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้ช่วยและแบบมีห้องเผาไหม้โดยตรงเมื่อใช้เอทิลเอสเทอร์น้ำมันเมล็ดยางพารา



รูปที่ 5.11 เปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงระหว่างเครื่องยนต์ DI และเครื่องยนต์ IDI

เครื่องยนต์ DI มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลสูงกว่าดีเซลเล็กน้อย แต่เครื่องยนต์ IDI มีอัตราสิ้นเปลืองของไบโอดีเซลสูงกว่าดีเซลมากอย่างเห็นได้ชัด ดังรูปที่ 5.11

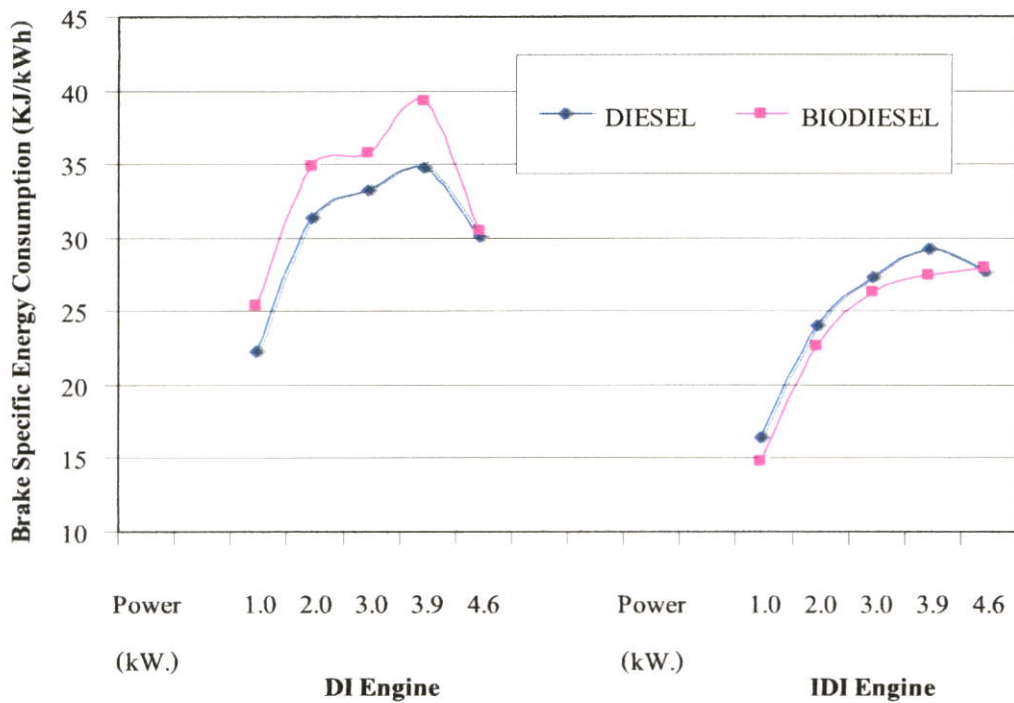
แต่อย่างไรก็ตามโดยรวมแล้ว อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงทั้งไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซลเมื่อทดสอบกับเครื่องยนต์ DI จะต่ำกว่าเครื่องยนต์ IDI



รูปที่ 5.12 เปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองพลังงานระหว่างเครื่องยนต์ DI และเครื่องยนต์ IDI

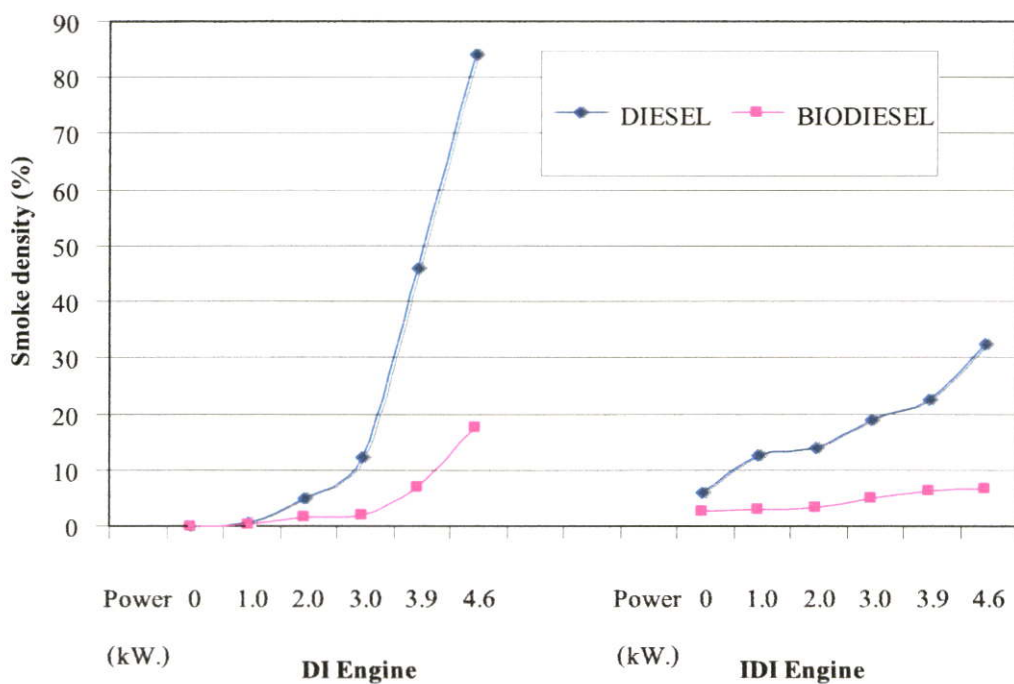
เมื่อพิจารณาอัตราสิ้นเปลืองพลังงานในรูปที่ 5.12 จะเห็นได้ว่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ DI ต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล เพราะถึงแม้ว่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลจะสูงกว่าก็ตาม แต่ค่าความร้อนของไบโอดีเซลต่ำกว่าดีเซล ดังนั้นถ้าคิดในรูปของพลังงานจึงประหยัดกว่า แต่สำหรับเครื่องยนต์ IDI เนื่องจากอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลสูงกว่าดีเซลอยู่มากดังรูปที่ 5.11 ดังนั้นเมื่อคิดในรูปอัตราสิ้นเปลืองพลังงานจึงทำให้สิ้นเปลืองกว่าดีเซลอยู่เล็กน้อยดังรูป 5.13

แต่อย่างไรก็ตามโดยรวมแล้วเครื่องยนต์ DI สิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าเครื่องยนต์ IDI นั่นเอง



รูปที่ 5.13 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนระหว่างเครื่องยนต์ DI และเครื่องยนต์ IDI

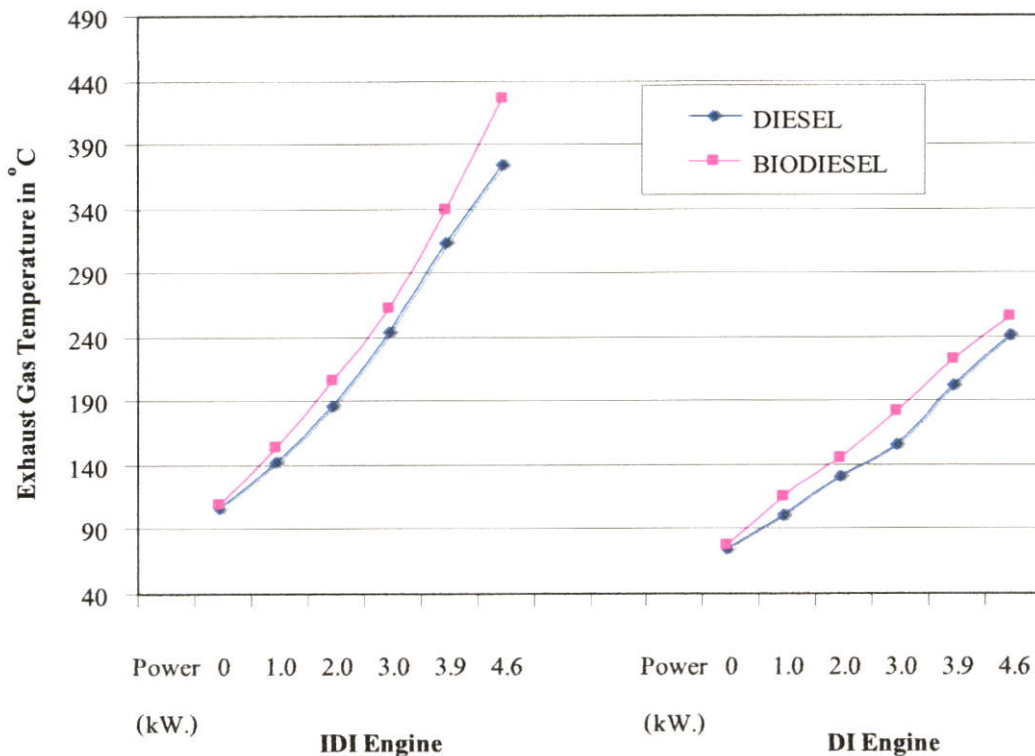
ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน ก็เกิดขึ้นในทำนองเดียวกัน ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ DI เมื่อใช้ไบโอดีเซล จะสูงกว่าเมื่อน้ำมันดีเซล เนื่องจากค่าความร้อนของไบโอดีเซลต่ำกว่า และ DI ประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีแนวโน้มสูงกว่าเครื่องยนต์ IDI ซึ่งเป็นไปตามปกติ



รูปที่ 5.14 เปรียบเทียบปริมาณควันดำระหว่างเครื่องยนต์ DI และเครื่องยนต์ IDI

ควันท้าของเครื่องยนต์ DI และเครื่องยนต์ IDI มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน นั่นคือควันท้าของไบโอดีเซลจะจางกว่าดีเซล

ที่สภาวะโหลดสูงๆเครื่องยนต์ DI จะมีความเข้มไอเสียจากการใช้น้ำมันดีเซลสูงมาก ดังรูปที่ 5.14

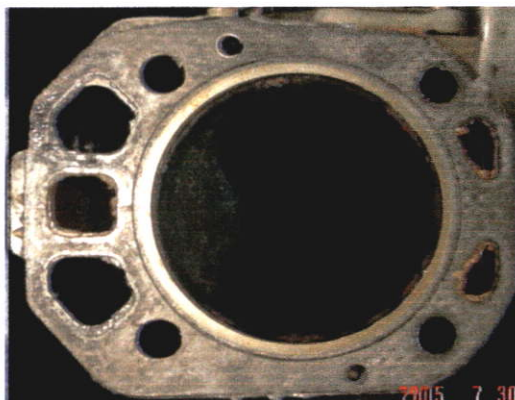


รูปที่ 5.15 เปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียที่ระหว่างเครื่องยนต์ DI และเครื่องยนต์ IDI

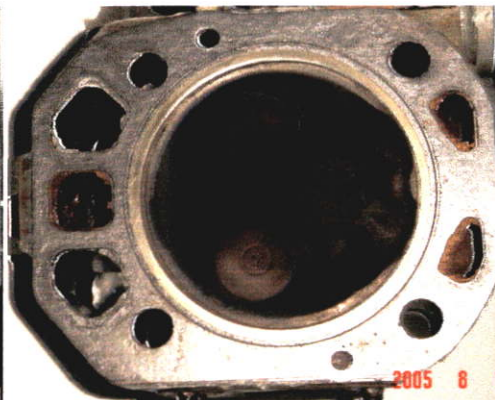
จากกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสีย จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิไอเสียของการเผาไหม้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลระหว่างเครื่องยนต์ DI และเครื่องยนต์ IDI มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คืออุณหภูมิไอเสียของการเผาไหม้ไบโอดีเซลจะสูงกว่าเมื่อใช้ดีเซล ทั้งนี้เนื่องจากไบโอดีเซลมีความหนืดสูงกว่าดีเซลอยู่เล็กน้อย การกระจายตัวของสเปรย์ยังด้อยกว่าดีเซล ทำให้มีการเผาไหม้อนุภาคเล็กๆ ก่อนเผาไหม้ระยะหนึ่ง ยังคงมีอนุภาคบางส่วนระเหยตัวช้า จึงเกิดการเผาไหม้ใกล้จังหวะคาย ส่งผลให้การเผาไหม้ของไบโอดีเซลเกิดขึ้นช้ากว่าดีเซล ถึงแม้ว่าไบโอดีเซลมีออกซิเจนอยู่ด้วยก็ตาม จึงทำให้อุณหภูมิไอเสียสูงกว่าดีเซล

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียที่ระหว่างเครื่องยนต์ DI และเครื่องยนต์ IDI จะเห็นว่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ DI จะต่ำกว่า เนื่องจากการเผาไหม้ที่แตกต่างกัน นั่นคือเครื่องยนต์ DI น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้โดยตรงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่รวดเร็วกว่า อุณหภูมิไอเสียจึงต่ำกว่านั่นเอง ดังรูปที่ 5.15

5.6 ผลการศึกษาผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมัน เมล็ดยางพารา



รูปที่ 5.16 แสดงลักษณะคราบเขม่า
การเผาไหม้ของดีเซล



รูปที่ 5.17 แสดงลักษณะเขม่าการเผา
ไหม้เอทิลเอสเทอร์น้ำมัน
เมล็ดยางพารา

เมื่อทดสอบใช้ไบโอดีเซลที่ผลิตได้ในเครื่องยนต์ดีเซล จากการทดสอบช่วงสั้นๆ โดยก่อนทดสอบแต่ละครั้งมีการทำความสะอาดทุกครั้ง แล้วเปรียบเทียบคราบเขม่าบริเวณหัวลูกสูบและฝาสูบ คราบเขม่าจากการเผาไหม้ไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารา มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้มอมเทา ส่วนคราบเขม่าจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลมีสีดำ ดังรูปที่ 5.16 และ รูปที่ 5.17

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ผลจากการนำไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ผลิตได้โดยวิธีวิธีทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส (KOH) 1% โดยมวล และอัตราส่วนโดยโมลของเอทานอล : น้ำมันที่ใช้คือ 6:1 ได้ผลดังนี้

1. สามารถผลิตไบโอดีเซล 84% ของผลได้ คั่งในภาคผนวก ก
2. จากโครมาโทแกรมเอทิลเอสเทอร์น้ำมันเมล็ดยางพารา ไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีความบริสุทธิ์ 94 % ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานไบโอดีเซลของกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเอทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน อยู่ 2%
3. ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา สามารถลดความหนืดลงจาก 27.05 มิลลิเมตร²/วินาที เหลือ 5.6 มิลลิเมตร²/วินาที ซึ่งสามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลทั้งแบบมีห้องเผาไหม้ช่วยและแบบเครื่องเผาไหม้โดยตรงในระยะสั้น โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์
4. เครื่องยนต์ DI มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารามากกว่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเมื่อน้ำมันดีเซลประมาณ 20% ส่วนเครื่องยนต์ IDI อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารามีค่ามากกว่าเมื่อน้ำมันดีเซลประมาณ 30-40% เนื่องจากค่าความร้อนของไบโอดีเซลต่ำกว่านั่นเอง
5. ค่าวันค่าของเครื่องยนต์ DI เมื่อใช้ไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารามีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 60% ส่วนของเครื่องยนต์ IDI ค่าวันค่าเมื่อใช้ไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารามีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 50% ซึ่งเมื่อพิจารณาครบถ้วนบริเวณหัวลูกสูบ และฝาสูบปรากฏว่าคราบเขม่าที่เกิดจากการใช้ไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารามีสีน้ำตาลอมเทา
6. อัตราสิ้นเปลืองพลังงานของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ DI ต่ำกว่าเมื่อน้ำมันดีเซล เนื่องจากค่าความร้อนของไบโอดีเซลต่ำกว่าดีเซล ดังนั้นถ้าคิดในรูปของพลังงานจึงประหยัดกว่า แต่สำหรับเครื่องยนต์ IDI เนื่องจากอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลสูงกว่าดีเซลอยู่มาก ดังนั้นเมื่อคิดในรูปอัตราสิ้นเปลืองพลังงานจึงทำให้สิ้นเปลืองพลังงานกว่าดีเซลอยู่เล็กน้อย
7. ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเครื่องยนต์ DI เมื่อใช้ไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารา มีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 3% ส่วนเครื่องยนต์ IDI มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเมื่อใช้ไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพาราต่ำกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 2%

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรกำจัดกัมหรือยางเหนียวออกก่อนทำปฏิกิริยา
2. ควรสะเทินเบสด้วยกรดก่อนนำเอสเทอร์ไปล้างด้วยน้ำกลั่น เพราะจะทำให้ง่ายต่อการล้างเบสออก เนื่องจากเบสที่เหลืออยู่จะทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับน้ำอุ่นที่ล้าง ทำให้เกิดอิมัลชันและส่งผลให้การแยกชั้นของเอสเทอร์กับน้ำยากขึ้น
3. ขั้นตอนการล้างเอสเทอร์ควรผสมโซเดียมคลอไรด์(เกลือแกง)กับน้ำ เพื่อทำให้เกิดการแยกชั้นง่ายขึ้น
4. เกลือของกรดไขมันที่ถูกสะเทินด้วยกรด สามารถกำจัดโดยการกรอง หรือการ centrifugation เนื่องจากเครื่องเหวี่ยงสามารถทำเกลือของกรดไขมันและกลีเซอรอลแยกชั้นได้ดี จึงทำให้เอสเทอร์ที่ได้มีความบริสุทธิ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] กฤษณ์ เรื่องพุงศักดิ์ “ การใช้น้ำมันชีวภาพที่สกัดจากกากของเสียในเครื่องยนต์ดีเซล”วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2547: 27-32
- [2] นพวรรณ เจริญวัฒนะ (2544) ศึกษาปฏิกิริยาวิธีทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันปาล์มกับเอทานอลโดยใช้โลหะโซเดียมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าพระนครเหนือ,2544
- [3] ปราโมทย์ ไชยเวช ปีโตรเลียมเทคโนโลยี .กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์สุนทรออฟเซต,2537 : 80-89
- [4] กนกอร รจนากิจ “ การนำเมทิลเอสเทอร์ของไขมันปาล์มบริสุทธิ์และเอทิลเอสเทอร์ของไขมันมะพร้าวมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล”วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [5] ธนาทิพย์ อัสวคุณสิทธิ์. การสังเคราะห์เอทิลเอสเทอร์เทอร์จากน้ำมันปาล์มเมล็ดในและเอทานอล ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาด่าง . วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
- [6] นันทมนต์ จันทรศรีกุล. การปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากไขมันปาล์มสดเคียวโดยการผสม .วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2546:30-38
- [7] บัวหุ่ม อุดมทรัพย์ ศึกษาการสังเคราะห์เอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มดิบและไขมันปาล์มสดเคียวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาด่าง วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548
- [8] วัชรระ ลอยสมุทร อุฬารวิศว์ ครอบงูทธ และสุรัชย์ พันแก้ว. การปรับปรุงน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล. วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยรังสิต 3 (2542): 34-37.
- [9] Dramorko, D.; and Cheryan,M. Kinetics of Plam Oil Transestrification in a BatchReactor. JAOCS 77 (2000): 1263-1267.
- [10] Encinar, J.M.; Gonzalez, J.F.; Rodriguez, J.J.; and Tejedor, A. Biodiesel Fuels fromVegetable Oils: Transesterification of Cynara cardunculus L. Ois with Ethanol. Energy & Fuels 16 (2002): 443-450.
- [11] Felizardo, P.; Correia, M.J.N. ; Reposo ,I.; Mendes, J.F.; Berkemeier , R and Bordado, J.M. production of biodisesel from waste frying oils. Waste Management (2005): 1-8.

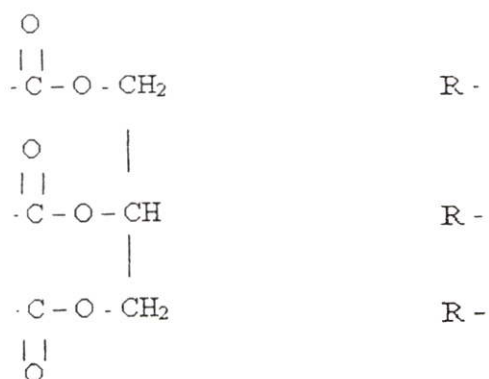
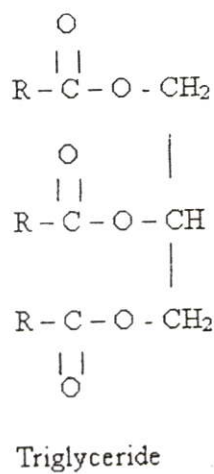
- [12] Fillieres, R.; Mlayah, B.; and Delmas, M. Ethanolysis of rapeseedoil: Quantitation of ethyl esters, mono-, di-,and triglycerides and glycerol by Hight PerformanceSize-Exclusion Chromatography. JAOCS 72 (1995): 427-432.
- [13] Foil, N.; Foidl , G.; Sanchez, M.; Mittelbach, M.; and Hackel, S. Jatropha Curcas Las and source for the production of biofuel in Nicaragua. Bioresource Technology 58 (1996): 77-82.
- [14] Freedman, B., Pryde, E.H.; and Mounts, T.L. Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils. JAOCS 61(1984): 1638-1643.
- [15] Korbitz,W.Biodisel Production in Europe and North America and Encouraging Prospect. Renewable Energy 16 (1999):1078-1083
- [16] Nimcevic, D.;Punti,R.;Worgetter,M.;and Richard, G.J.Preparation of Repeseed Oil Esterof Lower Aliphatic Alcohols.JAOCS 77 (2000):275-280
- [17] Lang, X.,Dalai, A.K.; Bakhshi, N.N.; Reaney , M. J. ; and Hertz ,P.B.Preparation and characterization of bio-diesels from various bio-oils . Bioresource Technology 80 (2001): 53-62 .
- [18] ประดิษฐ์ มีสุข.เคมีอินทรีย์เบื้องต้น. การผลิตเอกสารและตำรา มหาวิทยาลัยทักษิณ,2544 :44-45
- [19] ศศิเกษม ทองขงค์ และพรณี เดชกำแหง. เคมีอาหารเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร:โดรงพิมพ์โอเดียนสโตร์,2530:119-142
- [20] คณะกรรมการการพลังงาน สภาผู้แทนราษฎร . พลังงานทดแทน เอทานอล และไบโอดีเซล. พิมพ์ครั้งแรก. (ม.ป.ท.) แพลน กราฟิค , 2545 , หน้า 28-96
- [21] มลฤดี เขาวรัตน์, เอสเทอร์ฟิเคชันของกรดไขมันอิสระในรำข้าวและไฮโดรไลซิสน้ำมันรำข้าว,วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,2540 :64-68
- [22] Ma, F.; and Hanna, M.A. Biodiesel production: a review. Bioresource Technology 70 (1999): 1-15
- [23] Schuchardt} U; Sercheli, R.; and Vargas , R.M.Transesterification of Vegetable Oils: a review . J. Braz.Chem. Soc.9 (1998):199-210
- [24] กัญญา บุญเกียรติ และ สุกัญญา มากมี. โอดีเซล.วารสารวิทยาศาสตร์ 3 (พฤษภาคม – มิถุนายน, 2544):148-152
- [25] John B. Heywood. Internal Combustion Engine Fundamentals. By McGraw-Hill, Inc.1998
- [26] B.K. Barnwal, M.p.Sharma Altemate Hydro Energy Centre, Indian Institute of Tecknology, Roorkee 247667, Uttaranchal, India Received 7 April 2004;accepted 7 May 2004

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การคำนวณปริมาณของผลิตภัณฑ์

1. การคำนวณน้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันเมล็ดยางพารา

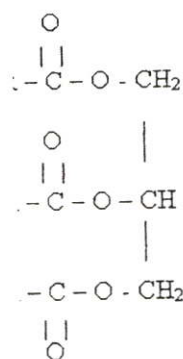


Fatty acid composition of rubber seed oil

Fatty acid Composition (%)

C16:0 palmitic acid	10.17 %
C18:0 stearic acid	8.67 %
Unsaturated	18.84 %
C18:1 oleic acid	25.23 %
C18:2 linoleic acid	40.36 %
C18:3 linolenic acid	15.56 %
Saturated	81.15 %
Others	0.6 %

1.1 การคำนวณน้ำหนักโมเลกุลของ



จะได้ $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_6$ มีมวลโมเลกุล 173

1.2 การคำนวณน้ำหนักโมเลกุลของ R

Palmitic	$\text{C}_{15}\text{H}_{31}$	มีมวลโมเลกุล 211	มี 10.70 %	คิดเป็น 22.577
Stearic	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}$	มีมวลโมเลกุล 239	มี 8.67 %	คิดเป็น 20.721
Oleic	$\text{C}_{17}\text{H}_{33}$	มีมวลโมเลกุล 237	มี 25.23 %	คิดเป็น 59.795
Linoleic	$\text{C}_{17}\text{H}_{31}$	มีมวลโมเลกุล 235	มี 40.36 %	คิดเป็น 94.846
Linolenic	$\text{C}_{17}\text{H}_{29}$	มีมวลโมเลกุล 233	มี 15.56 %	คิดเป็น 36.255

จะได้มวลโมเลกุลรวมทั้งหมด 234.194 มี R ทั้งหมด 3 ตัว รวมเป็น 702.583
 จะได้มวลโมเลกุลรวมของน้ำมันพืช $173 + 702.583 = 875.583$

1.3 การคำนวณมวลโมเลกุลของเอธานอล

$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ มีมวลโมเลกุล 46

1.4 การคำนวณมวลของน้ำมันและเอธานอล

จากสูตร มวล = โมล \times มวลโมเลกุล

ถ้าใช้อัตราส่วนของเอธานอล:น้ำมัน 6:1

ต้องเปลี่ยน โมลให้เป็นกรัม

เอธานอล $6 \times 46 = 276$ กรัม

น้ำมัน $1 \times 875.583 = 875.583$ กรัม

1.5 สรุปผลการคำนวณ

ใช้อัตราส่วนของเอธานอล:น้ำมัน 6:1

ใช้ KOH 1 % โดยน้ำหนัก

นั่นคือ ถ้าใช้น้ำมัน 100 กรัม ต้องใช้เอธานอล 31.52 กรัม

และใช้ KOH 1 กรัม

2. การคำนวณร้อยละของผลได้

$$\text{ร้อยละของผลได้} = \frac{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์}}{\text{น้ำหนักของสารตั้งต้น}} \times 100$$

$$\text{น้ำหนักของน้ำมัน} = 100 \text{ กรัม}$$

$$\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์} = 84 \text{ กรัม}$$

$$\text{ดังนั้นร้อยละของผลได้} = [84 (\text{กรัม}) \times 100] / 100 (\text{กรัม})$$

$$= 84$$

3. การคำนวณร้อยละของเอทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์

$$\%EE = \frac{C}{W_i} \times 100$$

โดย

$$C = \text{น้ำหนักของเอทิลเอสเทอร์}$$

$$W_i = \text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่นำมาเตรียมเป็นสารละลาย}$$

ภาคผนวก ข.
มาตรฐานต่างๆ



ที่ กษ 0925/ 0738

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการ
เก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร
กรุงเทพฯ 10900

๘ มีนาคม 2548

เรื่อง ขอส่งรายงานผลการทดสอบ

เรียน นายวิโรจน์ จิตสุต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

สิ่งที่ส่งมาด้วย รายงานผลการทดสอบ จำนวน 1 ฉบับ

ตามที่ท่านได้ส่งตัวอย่าง น้ำมันจากเมล็ดยางพารา จำนวน 1 ตัวอย่าง ให้สำนักวิจัยและพัฒนา
วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตรทำการทดสอบ นั้น บัดนี้ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการ
หลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตรได้ทำการทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงขอส่งรายงานผลการทดสอบที่
1053/48 ลงวันที่ 4 มีนาคม 2548 ตามที่แนบ

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(นางสมคิด รินภาคภูมิ)

นักวิจัยเกษตร 8 ว ปฏิบัติราชการแทน
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการ
หลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

กลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพ
สินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก
โทรศัพท์ 0 2940 7166
โทรสาร 0 2940 7448



สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม.10900

กน ๐925/

รายงานผลการวิเคราะห์

โทร : 0-2579-8600 ต่อ 600

0-29405468-9 Fax: 0-2940-5470

ผู้ส่งตัวอย่าง: นายวิโรจน์ จันสุด	CP.No. 608/48 OSL.No. 76-48
ที่อยู่: สดงันเทคโนโอดีพระจอมเกล้า 269 ต.สุขุมวิท ส.มาคตาหุด กทม.อง ๑.ระยอง 21150	วันที่รับตัวอย่าง: 22 กุมภาพันธ์ 2548
โทรศัพท์: 038-685600 ,09-1739077 โทรสาร :	วันที่ดำเนินการ: 24 กุมภาพันธ์ 2548
ชนิดและลักษณะตัวอย่าง: น้ำมันจากเมล็ดของพารา จำนวน 1 ตัวอย่าง	บรรจุภัณฑ์และสภาพตัวอย่าง: ขวดพลาสติก ปิดสนิท

รายงานผลการวิเคราะห์ดังนี้

รายการ	ผลวิเคราะห์	วิธีวิเคราะห์
Fatty acid composition (%)		Ce 2-66, Ce 1-62 AOCS 1993
C16:0 Palmitic acid	10.17	
C18:0 Stearic acid	8.67	
Total Saturated fatty acid	18.84	
C18:1 Oleic acid	25.23	
C18:2 Linoleic acid	40.36	
C18:3 Linolenic acid	15.56	
Total Unsaturated fatty acid	81.16	
Specific gravity ที่ 50°C	0.9241	AOCS Ce 10a-25 Reapproved 1993
Smoke point (°C)	220	AOCS Ce 9a-48 1997
Flash point (°C)	230	AOCS Ce 9a-48 1997
Fire point (°C)	250	AOCS Ce 9a-48 1997
Cloud point (°C)	10	AOCS Ce 6-25 1997
Viscosity ที่ 60°C	25.6 (mPas)	Haake Method
Acid value (mg KOH/g)	60.21	ISO 660 1996

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น

วันที่ 1 มี.ก. 48
 รายงานที่ 1053/28
 วันที่รับมอบ 4 มีนาคม 2548

นางสาววิไลศรี ลิมปโยชน)

ผู้วิเคราะห์

นางสาวกนิษฐ์ อัครวาทะพงศ์
 หัวหน้ากลุ่ม

(นางสมคิด รันภาควณี)

นักวิทยาศาสตร์ อ. ๑ ปฏิบัติราชการแทน
 ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการ
 หลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร



ที่ วท 0306/ **6183**

ถึง นางสาวเฉลิมพร ณ พัทลุง

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ วัตถุตัวอย่าง ตาม คำร้อง
ลงวันที่ 26 เมษายน 2548 เลขรับ 2965 วันที่ 26 เมษายน 2548

ซึ่งกรมวิทยาศาสตร์ฯ ได้รับเมื่อวันที่ 26 เมษายน 2548

โครงการเคมี

โทร. 0 2201 7215-6



รายงานการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย	หมายเลข	ค่าความร้อนการเผาไหม้แบบกรอส (Gross)
ตามที่ยุ่ส่งเรียก	ที่ระบุตัวอย่าง	ปฏิบัติการ	แคลอรีต่อกรัม
น้ำมันจากเมล็ด ยางพารา	-	XX.928	9295

Sirita Chiraporn

(นางรติกร อลงกรณ์โรตติกุล)

นักวิทยาศาสตร์ 6ว

รายงานนี้ : วัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ ทดสอบ เท่านั้น
ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง

ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน

เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน

พ.ศ. ๒๕๔๘

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน เพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเชิงพาณิชย์ และสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภค อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๕ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติการค้าน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. ๒๕๔๓ อธิบดีกรมธุรกิจพลังงานออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ประกาศนี้เรียกว่า “ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. ๒๕๔๘”

ข้อ ๒ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นสามสิบวันนับตั้งแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ ๓ ประกาศฉบับนี้มีให้ใช้บังคับกับไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่จำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายไปนอกราชอาณาจักรโดยการขนส่งทางทะเล

ข้อ ๔ ภายใต้บังคับของข้อ ๕ ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันให้เป็นไปตามรายละเอียดแนบท้ายประกาศนี้

การเติมสารเติมแต่งในไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน ให้ผู้ค้าน้ำมันแจ้งขอความเห็นชอบและต้องได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงานก่อน จึงจะดำเนินการได้

ข้อ ๕ ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ผู้ค้าน้ำมันจำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายดังต่อไปนี้ จะไม่เป็นตามที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้ายประกาศนี้ก็ได้ แต่ผู้ค้าน้ำมันต้องแจ้งลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดังกล่าวเฉพาะส่วนที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้าย เพื่อขอความเห็นชอบและต้องได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงานก่อน

(๑) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสำหรับการส่งออกไปนอกราชอาณาจักร นอกจากการขนส่งทางทะเล

(๒) ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสำหรับการนำไปใช้กับยานพาหนะที่ส่งออกไปนอกราชอาณาจักร

รายละเอียดแบบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน
เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน
พ.ศ. 2548

รายการ	ข้อกำหนด		อัตราสูงต่ำ		วิธีทดสอบ ^ข
			ไม่ต่ำกว่า	ไม่สูงกว่า	
1	เมทิลเอสเทอร์ (Methyl Ester,	ร้อยละโดยน้ำหนัก % พ.)	ไม่ต่ำกว่า	96.5	EN 14103
2	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 ^o ซ (Density at 15 ^o C ,	กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร kg/m ³)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	860 900	ASTM D 1298
3	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 ^o ซ (Viscosity at 40 ^o C ,	เซนติสโตกส์ cSt)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	3.5 5.0	ASTM D 445
4	จุดวาบไฟ (Flash Point ,	องศาเซลเซียส °C)	ไม่ต่ำกว่า	120	ASTM D 93
5	กำมะถัน (Sulphur,	ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.0010	ASTM D 2622
6	กากดำ (ร้อยละ 10 ของกากที่เหลือจากการกลั่น) (Carbon Residue , on 10 % distillation residue ,	ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.30	ASTM D 4530
7	จำนวนซีเทน (Cetane Number)		ไม่ต่ำกว่า	51	ASTM D 613
8	เถ้าซัลเฟต (Sulfated Ash,	ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.02	ASTM D 874
9	น้ำ (Water,	ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.050	ASTM D 2709
10	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (Total Contaminate,	ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.0024	ASTM D 5452
11	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)		ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1	ASTM D 130
12	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส (Oxidation Stability at 110 ^o C ,	ชั่วโมง hours)	ไม่ต่ำกว่า	6	EN 14112

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด		วิธีทดสอบ ^{1/}
13	ค่าความเป็นกรด (Acid Value , มิลลิกรัมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม mg KOH/g)	ไม่สูงกว่า	0.50	ASTM D 664
14	ค่าไอโอดีน (Iodine Value , กรัมไอโอดีน/100 กรัม g Iodine/100 g)	ไม่สูงกว่า	120	EN 14111
15	กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์ (Linolenic Acid Methyl Ester, ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	12.0	EN 14103
16	เมทานอล (Methanol, ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14110
17	โมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride, ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.80	EN 14105
18	ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride, ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14105
19	ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride, ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14105
20	กลีเซอรินอิสระ (Free glycerin, ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.02	EN 14105
21	กลีเซอรินทั้งหมด (Total glycerin, ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.25	EN 14105
22	โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียมและโปแตสเซียม) มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Group I metals (Na+K) mg/kg)	ไม่สูงกว่า	5.0	EN 14108 และ EN 14109
	โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียมและแมกนีเซียม) มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Group II metals (Ca+Mg) mg/kg)	ไม่สูงกว่า	5.0	prEN 14538
23	ฟอสฟอรัส (Phosphorus, ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.0010	ASTM D 4951
24	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากอธิบดี กรมธุรกิจพลังงาน		

หมายเหตุ 1/ วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่ากันได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้ายนี้

รายละเอียดแนบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน
เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล
(ฉบับที่ 3) ท.ศ. 2548

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด	น้ำมันดีเซล			วิธีทดสอบ ^u
			หมุนเร็ว		หมุนช้า	
			ธรรมดา	บี5		
1	ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 องศาเซลเซียส (Specific Gravity at 15.6/15.6 °C)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	0.81 0.87	0.81 0.87	- 0.920	ASTM D 1298
2	จำนวนซีเทน (Cetane Number) หรือ ดัชนีซีเทน (Calculated Cetane Index)	ไม่ต่ำกว่า	47	47	45	ASTM D 613 ASTM D 976
3	ความหนืด เซนติสโตกส์ (Viscosity, cSt)					ASTM D 445
	3.1 ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (at 40 °C)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	1.8 4.1	1.8 4.1	- 8.0	
	หรือ 3.2 ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (at 50 °C)	ไม่สูงกว่า	-	-	6.0	
4	จุดไหลเท องศาเซลเซียส (Pour Point, °C)	ไม่สูงกว่า	10	10	16	ASTM D 97
5	กำมะถัน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.035	0.035	1.5	ASTM D 4294
6	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)	ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1	หมายเลข 1	-	ASTM D 130
7	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน กรัม/ลูกบาศก์เมตร (Oxidation Stability, g/m ³)	ไม่สูงกว่า	-	25	-	ASTM D 2274
8	กากถ่าน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Carbon Residue, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.05	0.05	-	ASTM D 189
9	น้ำและตะกอน ร้อยละโดยปริมาตร (Water and Sediment, %vol.)	ไม่สูงกว่า	0.05	0.05	0.3	ASTM D 2709
10	เถ้า ร้อยละโดยน้ำหนัก (Ash, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.01	0.01	0.02	ASTM D 482
11	จุดวาบไฟ องศาเซลเซียส (Flash Point, °C)	ไม่ต่ำกว่า	52	52	52	ASTM D 93

(ต่อ-2-)

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	น้ำมันดีเซล			วิธีทดสอบ ^{1/}	
			หมุนเร็ว		หมุนช้า		
			ธรรมดา	บี5			
12	การกลั่น (Distillation , อุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้โดยปริมาตรในอัตราร้อยละเก้าสิบ (90% recovered)	องศาเซลเซียส °C)	ไม่สูงกว่า	357	357	-	ASTM D 86
13	สี (Colour) 12.1 ชนิดของสี (Hue) 12.2 เนื้อสี (Dye .	มิลลิกรัม/ลิตร mg/l)	ไม่ต่ำกว่า		น้ำเงิน ^{2/}		(1) เปรียบเทียบสี และปริมาณเนื้อสีกับ น้ำมันมาตรฐานที่ เตรียมขึ้นใหม่ โดย ใช้สีละลายในน้ำมัน ก่อนการขย้อมสีให้มี ปริมาณเท่ากับที่ กำหนด แล้วนำมา บรรจุแยกกันใน ภาชนะที่ใช้ในการ วัดสีตามวิธีทดสอบ ASTM D 1500 แล้ว ตรวจพินิจด้วยสายตา หรือ (2) ASTM D 2392 ASTM D 1500
	12.3 ความเข้มของสี (Intensity)		ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	- 4.0		4.5 7.5	
14	ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (Methyl Ester of Fatty Acid.	ร้อยละโดยปริมาตร % vol.)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า		4 5		EN 14078
15	คุณสมบัติการหล่อลื่น (Lubricity.	ไมโครเมตร µm)	ไม่สูงกว่า	460	460	-	CEC F-06-A-96
16	สารเติมแต่ง (ตัวมี) (Additive)		ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน				

หมายเหตุ 1/ วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้ายนี้

2/ ใช้สารประกอบประเภท 1,4 diaikylamino anthraquinone และใช้วิธีทดสอบตาม (1) และ(2)

EUROPEAN UNION

EC 2000 and EC 2005 ("Euro 3" and "Euro 4")

Directive 70/220/EEC, as amended by Directive 2003/76/EC

⇒ Exhaust and evaporative emissions testing revisions for passenger cars and light duty trucks

⇒ Quality of market gasoline and diesel fuels (Directive 98/70/EC, as amended by 2003/17/EC)

PASSENGER CARS (≤ 2.5 t GVW)

TEST	EMISSIONS	UNIT	EC 2000 / Euro 3		EC 2005 / Euro 4	
			TA	FR	TA	FR
			1/2000 - 1/2001		1/2005 - 1/2006	
			Gasoline, LPG, NG	Diesel ¹⁾	Gasoline, LPG, NG	Diesel
Rev	HC		0.20	-	0.10	-
Urban	NOx		0.15	0.50	0.08	0.25
+	HC+NOx	g/km	-	0.56	-	0.30
EUDC	CO		2.3	0.64	1.0	0.50
	PM		-	0.05	-	0.025

Assigned multiplicative deterioration factors for 80 000 km limits

Gasoline: CO, HC, NOx: 1.2

Diesel: CO: 1.1, NOx: HC+NOx: 1.0, PM: 1.2

¹⁾ Until 12/2002, diesel cars with GVW > 2 t and

a) > 6 seats or

b) off-road vehicles shall be considered as N1 vehicles

Exhaust Emissions Standards

8

EUROPEAN UNION

EC 2000 and EC 2005 ("Euro 3" and "Euro 4")

LARGE PASSENGER CARS (> 2.5 t GVW) AND LIGHT DUTY TRUCKS (≤ 3.5t GVW)

TEST	EMISSIONS	UNIT	Class I ≤ 1305 kg ¹⁾				Class II > 1305 kg ≤ 1760 kg ¹⁾				Class III > 1760 kg ≤ 3500 kg ¹⁾			
			EC 2000 / Euro 3		EC 2005 / Euro 4		EC 2000 / Euro 3		EC 2005 / Euro 4		EC 2000 / Euro 3		EC 2005 / Euro 4	
			TA	FR	TA	FR	TA	FR	TA	FR	TA	FR	TA	FR
			Gasoline only	Diesel only	Gasoline only	Diesel only	Gasoline only	Diesel only	Gasoline only	Diesel only	Gasoline only	Diesel only	Gasoline only	Diesel only
Rev	HC		0.20	-	0.10	-	0.25	-	0.13	-	0.29	-	0.16	-
Urban	NOx		0.15	0.50	0.08	0.25	0.18	0.65	0.10	0.33	0.21	0.78	0.11	0.39
+	HC+NOx	g/km	-	0.56	-	0.30	-	0.72	-	0.39	-	0.65	-	0.46
EUDC	CO		2.3	0.64	1.0	0.50	4.17	0.80	1.81	0.63	5.22	0.95	2.27	0.74
	PM		-	0.05	-	0.025	-	0.07	-	0.04	-	0.10	-	0.06

¹⁾ Reference weight in running order plus 25 kg

Exhaust Emissions Standards

9

ภาคผนวก ก.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

prince of songkhla university




ME-NETT 19th

The 19th Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

“การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล
แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 19
ณ โรงแรม เดอะ รอยัล พาราไดส์ ภูเก็ต”

สาขาวิชา

- Energy Technology and Management
- Thermal Systems and Fluid Mechanics
- Applied Mechanics, Materials and Manufacturing
- Dynamic Systems, Robotics and Control
- Aerospace and Marine Engineering
- Computational and Simulation Techniques

ISO 9002 Certified
THE ROYAL PARADISE HOTEL

Providing Hospitality with International Standard

E-mail: me-nett@me.psu.ac.th เว็บไซต์ : www.me.psu.ac.th



การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 19
19-21 ตุลาคม 2548 จังหวัดภูเก็ต

ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา

เฉลิมพร ณ พัทลุง, จินดา เจริญพรหาญชัย *

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 3 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Tel: 0-2326-4197 Fax: 0-2326-4198 *E-mail: kchchind@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพาราในประเทศไทยเพื่อเป็นพลังงานทดแทนสำหรับเครื่องยนต์ เนื่องจากการนำมันพืชผสมมาใช้กับเครื่องยนต์ จะเกิดปัญหากับหัวฉีดและระบบเผาไหม้ เพราะน้ำมันพืชมีความหนืดสูง และอัตราการระเหยต่ำดังนั้นจึงต้องแก้ปัญหาโดยผ่านกระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย และใช้โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นคือไบโอดีเซลในรูปของเอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันเมล็ดยางพารามาทำการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และมีการทดสอบกับเครื่องยนต์ ดีเซลในระยะสั้นเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลมาตรฐานปรากฏว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารามีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าดีเซล 100% แต่อุณหภูมิและความเข้มของไอเสียน้อยกว่ามาก

ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา

Biodiesel from Rubber Seed Oil

เฉลิมพร ณ พัทลุง , จินดา เจริญพรพาณิชย์ ^๑

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 3 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Tel: 0-2326-4197 Fax: 0-2326-4198 ^๑E-mail: kchchind@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพาราในประเทศไทยเพื่อเป็นพลังงานทดแทนสำหรับเครื่องยนต์ เนื่องจากการนำมันพืชผสมมาใช้กับเครื่องยนต์ จะเกิดปัญหากับหัวฉีดและระบบเผาไหม้ เพราะน้ำมันพืชมีความหนืดสูง และอัตราความหนืดจะสูงขึ้นจึงต้องแก้ปัญหาโดยผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย และใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลผลิตที่เกิดขึ้นคือไบโอดีเซลในรูปของเอทิลเอสเตอร์จากน้ำมันเมล็ดยางพารา มาทำการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และมีการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลในระยะสั้นเปรียบเทียบกับการใช้ น้ำมันดีเซลมาตรฐานปรากฏว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารามีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าดีเซล 1 แต่อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอเสียน้อยกว่ามาก

คำหลัก : น้ำมันจากเมล็ดยางพารา, ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน,

ไบโอดีเซล

Abstract

The biodiesel was produced from rubber seed oil in Thailand for using as an alternative fuel. Neat rubber seed oil has high viscosity that causes problem with injection and combustion in engines. These problems can be minimized by transform it to biodiesel. In this study, the rubber seed oil was reacted with ethanol using potassium hydroxide as a catalyst. The physical characteristics of biodiesel were compared to the conventional diesel. The biodiesel was then tested in a diesel engine to compare with the conventional diesel. As the results, the biodiesel from rubber seed oil provides higher brake specific fuel consumption but lower smoke density.

Key word : Rubber Seed Oil, Transesterification, biodiesel

1. บทนำ

ในภาวะปัจจุบันความต้องการทางด้านพลังงานมีแนวโน้มสูงมากขึ้น เนื่องจากเศรษฐกิจ และอุตสาหกรรมที่ขยายกำลังการผลิตอย่างต่อเนื่อง ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีทรัพยากรทางด้านพลังงาน

น้อยจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ ส่งผลให้ต้องนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ทำให้สูญเสียเงินตราออกนอกประเทศ ด้วยเหตุนี้จึงพยายามหาแหล่งพลังงานหมุนเวียน มาใช้ทดแทนน้ำมันปิโตรเลียม

ในต่างประเทศมีการนำน้ำมันพืชมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล ตั้งแต่ช่วงสงครามโลกครั้งที่สอง แต่พบปัญหาเกิดขึ้นมากมาย เนื่องจากสมบัติของน้ำมันพืชและน้ำมันดีเซลมีความแตกต่างกัน ซึ่งน้ำมันพืชมีความหนืดสูงและระเหยตัวช้า ทำให้การจุดระเบิดได้ยาก การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดเขม่าของคาร์บอนอุดตันที่หัวฉีดและเครื่องยนต์ไม่สามารถใช้งานได้ที่รอบต่ำ ปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยนำน้ำมันพืชมาสังเคราะห์เป็นเมทิลเอทิลเอสเตอร์โดยสสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ที่เป็นสารประกอบหลักในน้ำมันพืชทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ในแอลกอฮอล์ เรียกว่า ไบโอดีเซล เชื้อเพลิงชนิดนี้มีความหนืดและสมบัติทางเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล[1]

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพาราซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศ อีกทั้งเป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายในอุตสาหกรรมต่างๆ นอกจากนี้อเอทานอลเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลและนำเสนองาน เนื่องจากเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงทางชีวภาพที่ได้จากการหมักพืชและผลผลิตทางการเกษตรประเภทแป้งและน้ำตาล ต่างจากเมทานอลซึ่งเป็นสารที่เป็นพิษและกระทรวงแรงงานมีนโยบายสร้างโรงงานผลิตเอทานอลอีกหลายแห่งในประเทศ อีกทั้งกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีการส่งเสริมการเพาะปลูกพืชที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลจึงช่วยทำให้ต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลลดลง

การใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงในประเทศไทยมีจำกัด จนกระทั่งเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันขึ้นอีกครั้งเมื่อต้นปี พ.ศ. 2544 จึงทำให้ประเทศไทยมีความตื่นตัวในเรื่องของการหาแหล่งพลังงานทดแทนน้ำมันกันอย่างมากไบโอดีเซลจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลโดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันเมล็ดยางพารากับเอทานอล โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา
2. ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ และผลกระทบต่อเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลที่ผลิตจากเมล็ดยางพารา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถผลิตเชื้อเพลิงสังเคราะห์ จากน้ำมันเมล็ดในยางพารา และเอทานอล ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ
2. สามารถนำไปโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้เพื่อเป็นพลังงานทดแทนสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล

2 ทฤษฎี

ไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลเป็นชื่อที่ใช้เรียกเชื้อเพลิง ที่เป็นสารเอสเทอร์ (ester) เท่านั้น ซึ่งเตรียมได้จากการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์กับแอลกอฮอล์ เชื้อเพลิงที่ได้มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม สามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ และไอเสียมีมลพิษต่ำกว่ากรณีใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล [1]

ยางพารา

ถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ที่ทวีปอเมริกาใต้ ต่อมาเมื่อประมาณ 100 ปีก่อนมีการนำมาปลูกในทวีปเอเชียและทวีปแอฟริกา ต้นยางพาราเรียกตามภาษาพฤกษศาสตร์ว่า *Hevea brasiliensis* ชื่อสามัญเรียก ยางพารา หรือต้นยางพารา (*Para rubber*)

ผลยางพารามีลักษณะเป็นพู่ 3 พู่ มีเมล็ดอยู่ภายใน ผลอ่อนสีเขียว ผลแก่มีสีน้ำตาล

เมล็ดยางพารามีสีน้ำตาลหลายขนาดสายสีของเมล็ดจะพุ่ง ยาวประมาณ 2-2.5 cm. กว้างประมาณ 1.5-2.5 cm. หนักประมาณ 3-6 g. เมล็ดยางพาราจะรักษาความงอกไว้ได้ประมาณ 20 วัน

ประเทศไทย ผลิตยางพาราธรรมชาติได้มากที่สุดในโลก เนื้อที่ปลูกประมาณ 12.3 ล้านไร่ มีผลผลิตยางส่งออกปีละประมาณ 2.4 ล้านตัน มูลค่า 100,000 ล้านบาท และในปัจจุบันนี้มีการส่งเสริมให้ปลูกยางพาราเพิ่มมากขึ้นทั่วทุกภาคของประเทศไทย นั่นก็คือปริมาณเมล็ดยางพารามีปริมาณมากขึ้นด้วย [2]

เอทานอล

เอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) มีสูตรทางเคมีคือ C_2H_5OH เป็นแอลกอฮอล์ที่เกิดจากกระบวนการหมัก (Fermentation) วัตถุดิบจำพวกพืช เศษซากพืช เพื่อเปลี่ยนแป้งหรือเซลลูโลสจากพืชให้เป็นน้ำตาลแล้วเปลี่ยนจากน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ กระบวนการผลิตเอทานอลหลังขั้นตอนการหมักด้วยจุลินทรีย์ สำหรับยีสต์แล้ว ก็จะไปสู่กระบวนการกลั่น (Distillation) เพื่อแยกเอทานอลออกจากส่วนผสม จะได้เอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 95 โดยปริมาตร ซึ่งนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์ เครื่องสำอาง หรืออุตสาหกรรมอื่นๆ ปัจจุบันไทยมีโรงงานผลิตเอทานอลร้อยละ 95 โดยปริมาตร ในประเทศประมาณ 22 โรง แต่ในการที่จะนำเอทานอลเพื่อใช้งานในรูปแบบของน้ำมันเชื้อเพลิงนั้น จะต้องใช้เอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 โดยปริมาตร ในการผลิตจึงต้องนำไปผ่านกระบวนการแยกน้ำ (Dehydration) สมบัติที่ต่างกันระหว่างเมทานอลกับเอทานอลส่วนหนึ่งมาจากอิทธิพลของเสถียรคิบนิวคลีโอฟิลิกซิดซึ่งแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. การเปรียบเทียบสมบัติของเมทานอลและเอทานอล

ลำดับ	เมทานอล	เอทานอล
1	สูตรโครงสร้าง = CH_3OH	สูตรโครงสร้าง = CH_3CH_2OH
2	ความหนาแน่น = 0.79	ความหนาแน่น = 0.79
3	จุดหลอมเหลว = -97 จุดเดือด = 65	จุดหลอมเหลว = -114 จุดเดือด = 78
4	ละลายน้ำได้ดีที่ $25^{\circ}C$	ละลายน้ำได้ดีที่ $25^{\circ}C$
5	เมทอกไซด์ ไอออน	เอทอกไซด์ ไอออน

ไขมันและน้ำมัน

เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับกลีเซอรอล ไขมันจะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ส่วนน้ำมันจะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ไขมันและน้ำมันมีส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกัน กรดไขมันที่อยู่ในไขมันและน้ำมันอาจเป็นชนิดเดียวกันทั้ง 3 โมเลกุล หรือคนละชนิดกันก็ได้ ส่วนไขมันและน้ำมันจากพืชมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่มาก

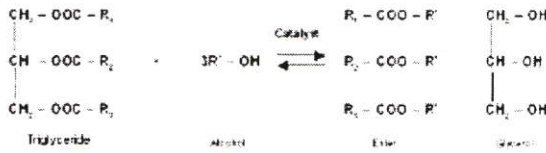
ตารางที่ 2. สมบัติและค่าความร้อนของน้ำมันพืชต่างๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล

น้ำมัน	ความถ่วงจำเพาะ (ที่ $21^{\circ}C$) (กรัม/มิลลิลิตร)	ความหนืด (ที่ $21^{\circ}C$) เซนติพอยส์	ค่าความร้อน (กิโลจูล/กิโลกรัม)
ถั่วเหลือง	0.918	57.2	39,350
ทานตะวัน	0.918	60.0	39,490
มะพร้าว	0.915	51.9	37,540
ถั่วลิสง	0.914	67.1	39,470
ปาล์ม	0.898	88.6	39,550
เมล็ดในปาล์ม	0.904	66.3	39,720
เมล็ดปศุสัตว์	0.915	36.9 (ที่ $38^{\circ}C$)	39,000
น้ำมันเมล็ดในยางพารา			39,000
น้ำมันดีเซล	0.845	3.8	46,800

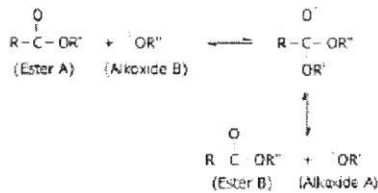
การนำไขมันพืชหรือไขมันสัตว์มาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลโดยวิธีทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

Transesterification เป็นกระบวนการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ของไขมัน หรือไขมันพืชให้เป็นสารประกอบเอสเทอร์ โดยการนำปฏิกิริยา

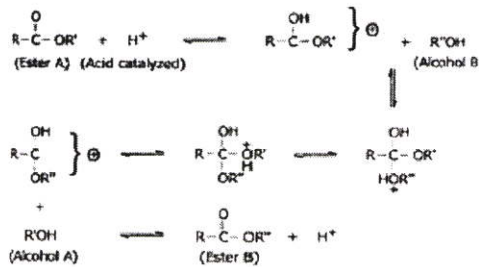
กับ แอลกอฮอล์ ในภาวะที่ใช้หรือไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถใช้ได้ทั้งเบส กรด และเอนไซม์



รูปที่ 1. ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน



รูปที่ 2. ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 3. ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา [3]

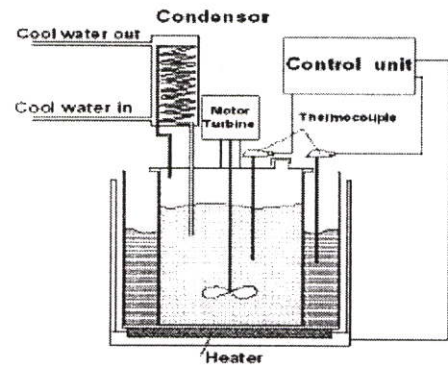
3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการศึกษา

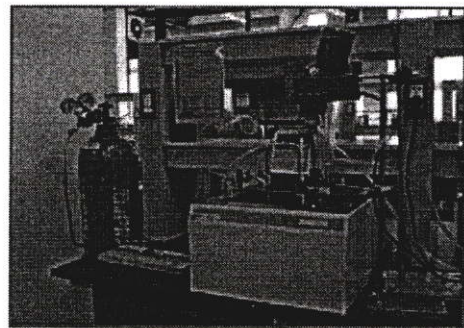
งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัย เพื่อศึกษาการสังเคราะห์เอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันเมล็ดในยางพารา ในกระบวนการแบบกะด้วยวิธีทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส (KOH) พร้อมทั้งทดสอบสมรรถนะของเครื่องย่นส์

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องอังน้ำ (Water Bath) พร้อมชุดควบคุมอุณหภูมิ
2. โบทักกานพร้อมมอเตอร์
3. กรวยแยก (Funnel)
4. เทอร์มิมิเตอร์ (Thermometer)
5. บีกเกอร์ (Beaker)
6. ขวดก้นกลม 3 คอ (Three Neck Bottle)
7. กระจกอกควง (Cylinder)
8. เครื่องชั่งน้ำหนัก
9. ขวดขนาดเล็ก (Vial 1.5 ml)



รูปที่ 4. แผนภาพชุดเครื่องกลวน



รูปที่ 5. ภาพชุดอุปกรณ์ทดลอง

3.3 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1. น้ำมันเมล็ดในยางพารา
2. เอทานอล 95 (C₂H₅OH)
3. โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เกรด Analytical Reagent
4. น้ำกลั่น
5. กระจกตาชกรอง
6. ตัวชี้บอกความเป็นกรด-เบส แบบสากล (Universal Indicator)

3.4 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นน้ำมันเมล็ดในยางพาราจากจังหวัดพัทลุง มีลักษณะเป็นน้ำมันสีส้มเข้ม โดยนำมากรองสิ่งสกปรกออกก่อนนำมาใช้ด้วยกระจกตาชกรอง

3.5 ขั้นตอนการวิจัยเอทิลเอสเทอร์

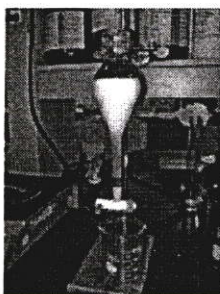
3.5.1 วิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นน้ำมันเมล็ดในยางพารา

1. ค่ากรด (Acid Value) ตามวิธีมาตรฐาน AOCS Cd-3D63
2. ชนิดและปริมาณกรดไขมัน (fatty acid composition) ตามวิธีมาตรฐาน AOCS Ce-2 -66
3. ค่าความหนืด ตามมาตรฐาน ASTM D 445
4. จุดวาบไฟ ตามมาตรฐาน ASTM D 93
5. จุดติดไฟ ตามมาตรฐาน ASTM D 93
6. ค่าความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM D 240

หมายเหตุ (ส่งวิเคราะห์กรมวิชาการเกษตร)

3.5.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1. ให้ความร้อนแก่น้ำมันประมาณ 75 องศาเซลเซียสประมาณ 30 นาที เพื่อกำจัดน้ำ (ใช้น้ำมัน 100 กรัม)
2. นำสารเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสละลายในเอทานอล (เอทานอล 31.52 กรัม และเบส 1 กรัม)
3. นำน้ำมันจากข้อที่ 1 มาให้ความร้อนจนอุณหภูมิของน้ำมันอยู่ที่ 70 องศาเซลเซียส แล้วนำสารละลายเอทานอลที่มีเบสละลายอยู่เทลงในขวดสามคอที่ติดตั้งเครื่องกวนและต่อเครื่องควบคุมแรงไฟพร้อมกับกวนสารละลายภายในขวดสามคอและเริ่มจับเวลา ซึ่งใช้เวลาทดลอง 60 นาที แสดงชุดอุปกรณ์ทดลองดังรูปที่ 4 และ 5
4. นำน้ำมันจากข้อที่ 3 เทใส่กรวยแยกแล้วตั้งทิ้งไว้ เพื่อให้เอสเทอร์และกลีเซอรอลแยกชั้นประมาณ 1 วัน ลักษณะการแยกชั้นระหว่างเอสเทอร์และกลีเซอรอลแสดงดังรูปที่ 6.
5. น้ำมันที่แยกเป็นสองชั้นแล้วให้นำเฉพาะส่วนบน(เอสเทอร์) ไปล้างด้วยน้ำอุ่น จนกระทั่งน้ำที่ล้างเป็นกลาง



รูปที่ 6. ลักษณะการแยกชั้นระหว่างเอสเทอร์และกลีเซอรอล

3.6 การทดสอบเครื่องยนต์ [5]

ตารางที่ 3. ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ทดสอบ

ชนิด	ดีเซล4จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
ระบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้ช่วย
จำนวนสูบ	1 กระบอกสูบ
ความโตกระบอกสูบ x ช่วงชัก	85x87 มม.
ความจุ	0.493 ลิตร
กำลังม้าต่อเนื่อง	7.50/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
กำลังม้าสูงสุด	8.50/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
แรงบิดสูงสุด	3.10/1600กิโลกรัมเมตร/รอบต่อนาที
อัตราส่วนการอัด	22.4
ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง	13องศาที่อนุศูนย์ตายบน

4. ผลการทดลอง

4.1. ผลการศึกษาสมบัติสารตั้งต้น

น้ำมันพืชเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) มีโครงสร้างเป็น C₃H₅- เชื่อมต่อกับกรดไขมัน ที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 ถึง 30 อะตอม น้ำมันพืชมีกรดไขมันเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 94 - 96 ของน้ำหนักไตรกลีเซอไรด์ ทำให้สมบัติของน้ำมันแต่ละชนิดทั้งทางเคมีและกายภาพแตกต่างกัน น้ำมันพืชประกอบไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ซึ่งถ้ามีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูงจะเป็นสารที่ไม่อยู่ตัวถูกออกซิไดส์ได้ง่าย และเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันที่อุณหภูมิสูงได้ การเลือกใช้น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง เป็นเชื้อเพลิงจะสามารถป้องกันการเกิดพอลิเมอไรเซชันได้ ดังนั้นก่อนทำการทดลองจำเป็นต้องทดสอบสมบัติของน้ำมันพืช เพื่อจะได้ทราบแนวโน้มสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ซึ่งชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืชตัวอย่างแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4. ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืชตัวอย่าง[4]

Fatty acid Composition	India	Thai
C16:0 palmitic acid	10.2	10.7
C18:0 stearic acid	8.7	8.67
Saturated	18.9	19.84
C18:1 oleic acid	24.6	25.23
C18:2 linoleic acid	39.6	40.36
C18:3 linolenic acid	16.3	15.56
Unsaturated	80.5	81.15
Others	0.6	0.88

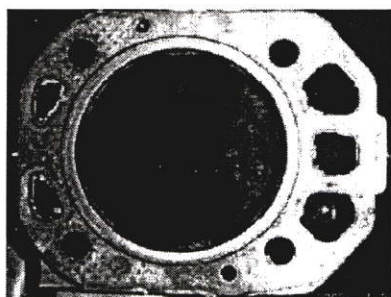
ตารางที่ 5. สมบัติของน้ำมันเมล็ดในยางพาราเทียบกับน้ำมันดีเซล

สมบัติ	น้ำมันดีเซลหมุนช้า	น้ำมันเมล็ดในยางพารา
ค่าความร้อน (เมกะจูล/กิโลกรัม)	46.0	38.85
ค่าความหนืด (มิลลิเมตร ² /วินาที)	3.4	27.05
ค่าจุดความไฟ (องศาเซลเซียส)	77	230
ค่ากรด (มิลลิลิตรของ KOH/กรัมของน้ำมัน)	-	60.21
ความถ่วงจำเพาะ	0.835	0.924

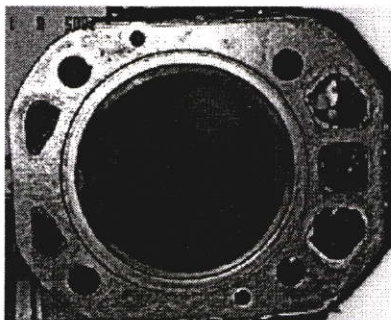
จากตารางที่ 4. พบว่าน้ำมันในเมล็ดในยางพารามีค่ากรดสูงเมื่อนำไปทดลอง จะต้องใช้ปริมาณเบสในการเกิดปฏิกิริยามากขึ้น เพราะปริมาณเบสส่วนหนึ่งจะถูกใช้ไปสะเทินกรดไขมันอิสระ และส่วนที่เหลือจึงเป็นส่วนที่ใช้ทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ค่าแซพอนิฟิเคชันทำให้ทราบถึงขนาดของน้ำมัน โดยน้ำมันที่มีค่าแซพอนิฟิเคชันต่ำจะมีขนาดโมเลกุลใหญ่

จากตารางที่ 5. แสดงสมบัติของน้ำมันเมล็ดยางพารา พบว่าน้ำมันเมล็ดในยางพารามีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งเมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์รอบสูงกำลังจะตก ความหนืดของน้ำมันเมล็ดในยางพารามากกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งความหนืดสูงเป็นอุปสรรคสำคัญต่อระบบหัวฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ โดยหัวฉีดจะไม่สามารถฉีดน้ำมันเป็นฝอยได้ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ สำหรับจุดวาบไฟเป็นสมบัติของน้ำมันพืชที่ทำให้ทราบว่าน้ำมันชนิดนั้น มีความสามารถในการระเหยมากหรือน้อย ซึ่งน้ำมันเมล็ดในยางพารามีความสามารถในการระเหยต่ำ จุดวาบไฟมีค่าสูงมากทำให้การจุดระเบิดของเครื่องยนต์เป็นไปได้ยากโดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำ การลดความหนืดและจุดวาบไฟของน้ำมันพืชเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับกวนน้ำมันไปใช้เป็นเชื้อเพลิง การวิเคราะห์ค่ากรดทำให้ทราบว่าน้ำมันพืชมีกรดไขมันอิสระอยู่เล็กน้อยเพียงใด น้ำมันพืชที่มีค่ากรดสูงจะมีกรดไขมันอิสระมาก เกิดการเหม็นหืนไวกว่าและมีจุดเกิดควันต่ำกว่าน้ำมันที่มีค่ากรดต่ำ

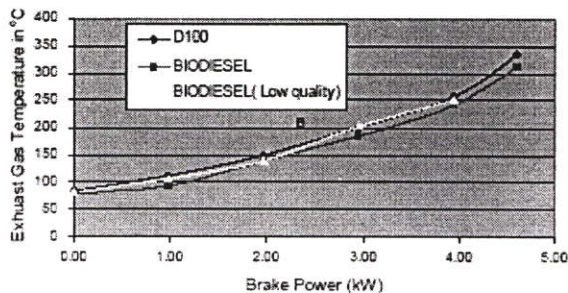
4.2 ผลการศึกษาผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพารา



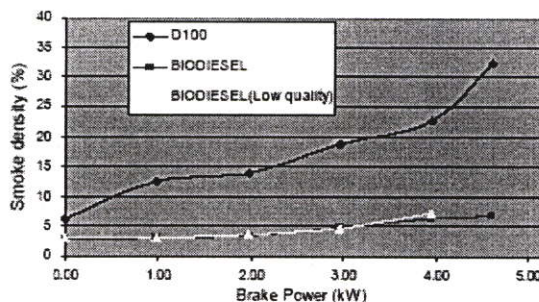
รูปที่7. แสดงลักษณะความเสียหายการเผาไหม้ของ ดีเซล 100%



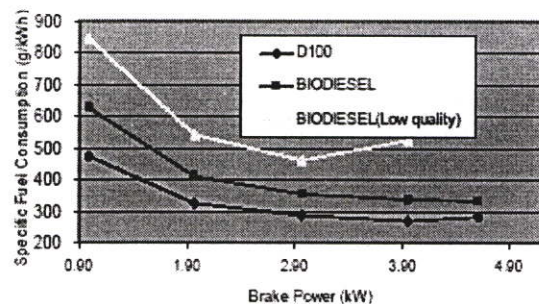
รูปที่8. แสดงลักษณะความเสียหายการเผาไหม้ของไบโอดีเซลเมล็ดในยางพารา



รูปที่9. แสดงอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะโหลดต่างของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่10. แสดงความเข้มข้นไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด



รูปที่11. แสดงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สภาวะโหลดต่างของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

หมายเหตุ BIODIESEL (Low quality) คือเอสเทอร์ที่สังเคราะห์จาก BIODIESEL คือเอทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์จากกรดไขมันแล้วนำไประเหยน้ำออกโดยสมบูรณ์

จากการเปรียบเทียบคราบเขม่าบริเวณหัวลูกสูบ และฝาสูบ ครอบเขม่าจากการเผาไหม้ไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดในยางพารา มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้ม และเกิดเขม่าน้อยกว่าน้ำมันดีเซล ดัง รูปที่7. และ รูปที่8.

จากผลการทดสอบเครื่องยนต์จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิไอเสียของการใช้ไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารา มีอุณหภูมิไอเสียต่ำกว่าการใช้ไขมันดีเซลเล็กน้อย เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำมันใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 9.

ค่าความชื้นของไอเสียจากการเผาไหม้ของไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ไม่ได้ล้างและไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ล้างแล้วใกล้เคียงกันมาก แต่จะต่ำกว่าน้ำมันดีเซลอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในรูปที่ 10. เนื่องจากไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารามีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ค่าความชื้นของไอเสียจึงน้อยกว่าการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซล

อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จะเห็นได้ว่าไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ไม่ได้ล้าง จะสิ้นเปลืองมากกว่าไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ล้างแล้ว และน้ำมันดีเซล ตามลำดับ เป็นผลมาจากไบโอดีเซลที่ยังไม่ได้ล้างจะมีน้ำและสบู่มลอยู่ นอกจากนี้ น้ำมันเมล็ดยางพารา มีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงน้อยกว่าน้ำมันดีเซล ดังแสดงรูปที่ 11.

5. สรุปผลการทดลอง

จากการนำไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดในยางพาราที่ผลิตได้โดยวิธีวิธีการานสอเสทอริฟิเคชัน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส (KOH) 1% โดยมวล และอัตราส่วนเอทานอล : น้ำมันที่ใช้คือ 6:1

1. สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ 84% โดยปริมาตรของสารตั้งต้น
2. ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดในยางพารามีความหนืดลดลงสามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ โดยอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพาราถึงจะมีค่ามากกว่าน้ำมันดีเซล
3. มลภาวะจากการเผาไหม้ กรณีของไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดในยางพารา จะมีค่าความชื้นของควันดำน้อยกว่าน้ำมันดีเซล
4. ในการทดสอบเครื่องยนต์ครั้งนี้เป็นการทดลองในระยะสั้นค่าประสิทธิภาพและสมรรถนะใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซลมาก และประสิทธิภาพเครื่องยนต์จะดีมากขึ้นแต่ให้ขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัชวี ไทยสุชาติ " การสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วในเครื่องปฏิกรณ์กวนผสมแบบต่อเนื่อง" พ.ศ.2547 ISBN 974 - 15 -1349 - 6 หน้า 2 - 12
- [2] 103บี ยางพาราไทย <http://www.munqlung.com/index.htm>. พ.ศ.2548
- [3] กนกอร รจนากิจ."การนำเมทิลเอสเทอร์ของไขมันปาล์มบริสุทธิ์ และเอทิลเอสเทอร์ของน้ำมันมะพร้าวมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล" สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2547 ISBN 974 - 324 - 335 - 6
- [4] B.K. Barnwal, M.p.Sharma Alternate Hydro Energy Centre. Indian Institute of Tecknology, Roorkee 247687.

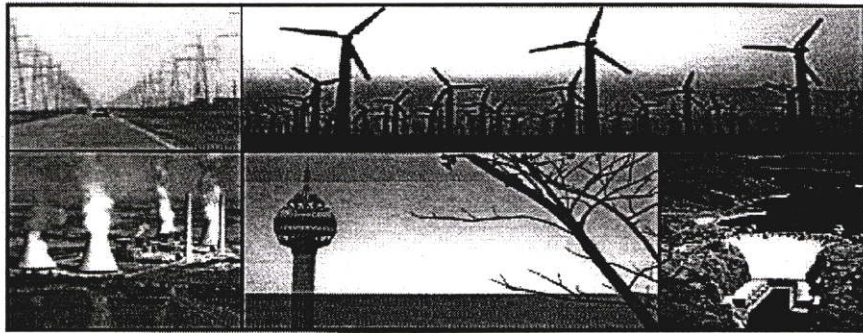
Uttaranchal, India Received 7 April 2004;accepted 7 May 2004 pp.363 – 378

- [5] กฤษณ์ เรืองพยุงค์ดี. " การใช้ไขมันชีวภาพที่สกัดจากกากของเสียในเครื่องยนต์ดีเซลสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2547.974 - 15 - 1029 - 2 หน้า 33 – 48



2nd 2006
E-NETT
Engineering Network of Thailand

บทความและบทสรุปของบทความวิจัย
การประชุมเชิงวิชาการ
เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2



ณ อาคารสุรสมณาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
ระหว่างวันที่ ๒๗ - ๒๙ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๔๙



LEONICS®



สมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา

เฉลิมพร ณ พัทลุง และ จินดา เจริญพรพาณิชย์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพารา ในประเทศไทยเพื่อเป็นพลังงานทดแทนสำหรับเครื่องยนต์ เนื่องจากการนำน้ำมันพืชผสมมาใช้กับเครื่องยนต์ จะเกิดปัญหากับหัวฉีดและระบบเผาไหม้ เพราะน้ำมันพืชมีความหนืดสูง และอัตราการระเหยต่ำ ดังนั้นจึงต้องแก้ปัญหาโดยผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย และใช้โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นคือไบโอดีเซลในรูปของเอซิลเอสเทอร์จากน้ำมันเมล็ดยางพารา นำมาทำการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางฟิสิกส์ และมีการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลในระยะสั้นเปรียบเทียบกับการใช้้ำมันดีเซลมาตรฐานปรากฏว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารามีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าดีเซล และอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้โดยตรงต่ำกว่าเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้ช่วย ส่วนอุณหภูมิและความเข้มของไอเสียเมื่อใช้ไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพาราน้อยกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล

บทสรุป

จากการนำไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพาราที่ผลิตได้โดยวิธี ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส (KOH) 1% โดยมวล และอัตราส่วนเอทานอล : น้ำมันที่ใช้คือ 6:1

1. สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ 84% โดยปริมาตรของสารตั้งต้น
2. ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา มีความหนืดลดลงสามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล ที่ไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ โดยอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ของไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยาง พาราจะมีค่ามากกว่าน้ำมันดีเซล
3. ผลการทดสอบเครื่องยนต์ทั้งแบบมีห้องเผาไหม้ช่วย และแบบมีห้องเผาไหม้โดยตรง มีแนวโน้มทิศทางเดียวกัน
4. ในการทดสอบเครื่องยนต์ครั้งนี้เป็นการทดลองในระยะสั้นค่าประสิทธิภาพและสมรรถนะ โกล์เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซลมากและประสิทธิภาพเครื่องยนต์จะดีมากขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลด้วย

สมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา

Performance of an Engine using Biodiesel from Rubber Seed Oil

เฉลิมพร ณ พัทลุง . จินดา เจริญพรพาณิชย์ *

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 3 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Tel: 0-2326-4197 Fax: 0-2326-4198 *E-mail: kchchind@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดยางพาราในประเทศไทยเพื่อเป็นพลังงานทดแทนสำหรับเครื่องยนต์ เนื่องจากการนำน้ำมันพืชผสมมาใช้กับเครื่องยนต์ จะเกิดปัญหากับหัวฉีดและระบบเผาไหม้ เพราะน้ำมันพืชมีความหนืดสูง และอัตราการระเหยต่ำ ดังนั้นจึงต้องแก้ปัญหาโดยผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย และใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นคือไบโอดีเซลในรูปของเอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันเมล็ดยางพารา นำมาทำการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางฟิสิกส์ และมีการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลในระยะสั้นเปรียบเทียบกับการใช้ น้ำมันดีเซลมาตรฐานปรากฏว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารามีอัตราการเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าดีเซล แต่อุณหภูมิและความชื้นของไอเสียน้อยกว่ามาก

Abstract

The biodiesel was produced from rubber seed oil in Thailand for using as an alternative fuel. Neat rubber seed oil has high viscosity that causes problem with injection and combustion in engines. These problems can be minimized by transform it to biodiesel. In this study, the rubber seed oil was reacted with ethanol using potassium hydroxide as a catalyst. The physical characteristics of biodiesel were compared to the conventional diesel. The biodiesel was then tested in a diesel engine to compare with the conventional diesel. As the results, the biodiesel from rubber seed oil provides higher brake specific fuel consumption but lower smoke density.

1. บทนำ

ปัจจุบันมีงานวิจัยเพื่อนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นพลังงานทดแทนหลายงานวิจัยด้วยกัน ส่วนใหญ่พบว่าการนำน้ำมันพืชมาใช้มักมีปัญหาเกิดขึ้น เนื่องจากสมบัติของน้ำมันพืชและน้ำมันดีเซลแตกต่างกัน ซึ่ง

น้ำมันพืชมีความหนืดสูงและระเหยช้า ทำให้จุดระเบิดได้ยาก การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดเขม่าของคาร์บอนออกตันที่หัวฉีด และเครื่องยนต์ไม่สามารถใช้งานที่รอบต่ำ ปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้ด้วย การนำน้ำมันพืชมาสังเคราะห์เป็นเมทิลหรือเอทิลเอสเทอร์ โดยสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ที่เป็นสารประกอบหลักในน้ำมันพืชทำปฏิกิริยากับหมู่แอลกอฮอล์ในแอลกอฮอล์ เรียกว่าไบโอดีเซล ซึ่งเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นเป็นสารเอสเทอร์ (ester) น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดนี้มีความหนืดและสมบัติทางเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล[1]

การนำน้ำมันพืชมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลโดยวิธีทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ควรคำนึงถึงสิ่งต่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาดังนี้

เอทานอล

เอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) มีสูตรทางเคมีคือ C_2H_5OH เกิดจากกระบวนการหมัก (Fermentation) เพื่อเปลี่ยนแป้งหรือเซลลูโลสจากพืชให้เป็นน้ำตาล แล้วเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งเอทานอลมีสมบัติที่ต่างกับเมทานอล ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. เปรียบเทียบสมบัติของเมทานอลและเอทานอล[2]

ลำดับ	เมทานอล	เอทานอล
1	สูตรโครงสร้าง = CH_3OH	สูตรโครงสร้าง = CH_3CH_2OH
2	ความหนาแน่น = 0.79	ความหนาแน่น = 0.79
3	จุดหลอมเหลว = -97 จุดเดือด = 65	จุดหลอมเหลว = -114 จุดเดือด = 78
4	ละลายน้ำได้ดีที่ $25^{\circ}C$	ละลายน้ำได้ดีที่ $25^{\circ}C$
5	เมทอกไซด์ ไอออน	เอทอกไซด์ ไอออน

ไขมันและน้ำมัน

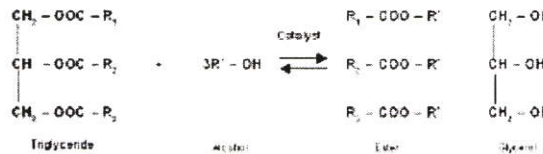
เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับกลีเซอริน ไขมันจะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ส่วนน้ำมันจะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ไขมันและน้ำมันมีส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกัน กรดไขมันที่อยู่ในรูปไขมันและน้ำมันอาจเป็นชนิดเดียวกันทั้ง 3 โมเลกุล หรือต่างชนิดกันก็ได้ การนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นพลังงานทดแทนมักมีปัญหาเกิดขึ้น เนื่องจากสมบัติของน้ำมันพืชและน้ำมันดีเซลแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. สมบัติและค่าความร้อนของน้ำมันพืชต่างๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล[2]

น้ำมัน	ความต่างจำเพาะ (ที่ 21 ° c) (กรัม/มิลลิเมตร)	ความหนืด (ที่ 21 ° c) เซนติพอยส์	ค่าความร้อน (กิโลจูล/ กิโลกรัม)
ถั่วเหลือง	0.918	67.2	39,350
ทานตะวัน	0.918	60.0	39,490
มะพร้าว	0.915	51.9	37,540
ถั่วลิสง	0.914	67.1	39,470
ปาล์ม	0.898	88.6	39,550
เมล็ดในปาล์ม	0.904	66.3	39,720
เมล็ดสับปะรด	0.915	36.9 (ที่ 38 ° C)	39,000
น้ำมันเมล็ดในยางพารา	0.924	27.05 (ที่ 40 ° C)	39,000
น้ำมันดีเซล	0.845	3.8	46,800

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

Transesterification เป็นกระบวนการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมัน หรือไขมันพืชให้เป็นสารประกอบเอสเทอร์ โดยการหาปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ ในภาวะที่ใช้หรือไม่ใช่ตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถใช้ได้ทั้งเบส กรด และเอนไซม์ จะเกิดปฏิกิริยาดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน [3]

ตัวแปรที่มีผลต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน[4]

- อิทธิพลของความชื้นและกรดไขมันอิสระ

สมบัติของสารตั้งต้น ที่ใช้ในการหาปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ที่มีเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ควรมีค่ากรดต่ำกว่า 1 และ สารตั้งต้นไม่ควรมีน้ำเจือปน เพราะน้ำและเบสเป็นสาเหตุทำให้เกิดสบู่ สบู่ที่เกิดทำให้ให้น้ำมันมีความหนืดสูงขึ้น เกิดเป็นเจลและทำให้การแยกชั้นของกลีเซอรอลยากขึ้น

- ชนิดและร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยา

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่มีเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดได้เร็วกว่าใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ปริมาณโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ในช่วงร้อยละ 1-5โดยน้ำหนัก ทำให้ร้อยละโดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตามค่าโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์มากกว่าร้อยละ 5โดยน้ำหนัก กลับทำให้ร้อยละโดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเบสมากเกินไป ทำให้เกิดอิมัลชันจนกระทั่งก่อตัวเป็นเจล และเกิดปัญหาในการแยกชั้นกลีเซอรอลออกจากเอสเทอร์

- อิทธิพลของอัตราส่วนโดยโมล

อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเอทานอลกับน้ำมันเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดจากการหามวลสารสัมพันธ์ ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันต้องการแอลกอฮอล์ 3โมล และไตรกลีเซอไรด์ 1โมล เพื่อให้ได้เอสเทอร์ของกรดไขมัน 3 โมล กับกลีเซอรอล 1โมล เพื่อให้ปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุลต้องใช้แอลกอฮอล์มากเกินไปเพื่อผลักดันให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์มากขึ้น แต่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเอทานอลกับน้ำมันสูงๆจะมีผลต่อการแยกชั้น เนื่องจากทำให้มีน้ำอยู่ในปฏิกิริยามาก จึงเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันตามมา ทำให้ได้กลีเซอรอลของกรดไขมันหรือสบู่ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ลดลงและเกิดการแยกชั้นยากขึ้นด้วย

- อิทธิพลของอุณหภูมิ

โดยทั่วไปมักใช้อุณหภูมิในการหาปฏิกิริยาใกล้จุดเดือดหรือไม่ควรเกินจุดเดือดของแอลกอฮอล์ที่ใช้มากนัก ซึ่งเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุลเร็วขึ้น

- อิทธิพลของเวลา

อัตราการเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเมื่อเวลามากขึ้น

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้น้ำมันจากเมล็ดยางพารา เนื่องจากยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย ถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ที่ทวีปอเมริกาใต้ ต่อมาเมื่อประมาณ 100ปีก่อนมีการนำมาปลูกในทวีปเอเชีย และทวีปแอฟริกา ต้นยางพาราเรียกตามภาษาพฤกษศาสตร์ว่า Hevea brasiliensis ชื่อสามัญเรียก บางพารา หรือต้นยางพารา (Para rubber) ผลยางพารามีลักษณะเป็นพุ่ม 3 พุ่ม มีเมล็ดอยู่ภายใน ผลอ่อนสีเขียว ผลแก่มีสีน้ำตาล

เมล็ดยางพารามีสีน้ำตาลหลายขนาดสายสีเขียวของเมล็ดละพุ่ม ยาวประมาณ 2-2.5 cm. กว้างประมาณ 1.5-2.5 cm. หนักประมาณ 3-6 g. เมล็ดยางพาราจะรักษาความงอกไว้ได้ประมาณ 20 วัน

ประเทศไทย ผลิตยางพาราธรรมชาติได้มากที่สุดในโลก เนื้อที่ปลูกประมาณ 12.3 ล้านไร่ มีผลผลิตยางส่งออกปีละประมาณ 2.4 ล้านตัน มูลค่า 100,000 ล้านบาทปี [4] อีกทั้งเป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายในอุตสาหกรรมต่างๆ จึงนิยมปลูกแพร่หลายมากขึ้น ส่งผลให้มีเมล็ดยางพาราจำนวนมาก ที่ยังไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นมากนัก นอกจากนี้เอทานอลเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลและนำสนใจมาก เนื่องจากเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงทางชีวภาพที่ ได้จากการหมักพืชและผลผลิตทางการเกษตรประเภทแป้งและน้ำตาล ต่างจากเมทานอลซึ่งเป็นสารที่เป็นพิษ และกระทรวงแรงงาน มีนโยบายสร้างโรงงานผลิตเอทานอลอีกหลายแห่งในประเทศ อีกทั้งกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีการส่งเสริมการเพาะปลูกพืชที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล จึงช่วยทำให้ต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลลดลง นอกจากนี้ไบโอดีเซลยังเป็นเชื้อเพลิงที่มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม สามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ และโอเอซีมีมลพิษต่ำกว่ากรณีใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล [1]

E-NETT49-013-3

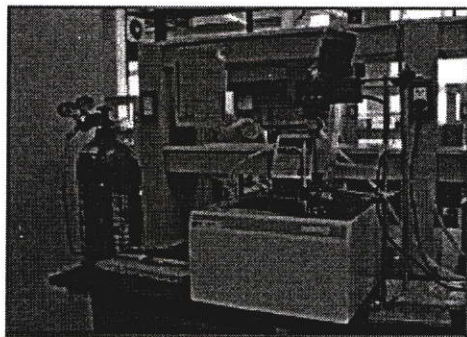
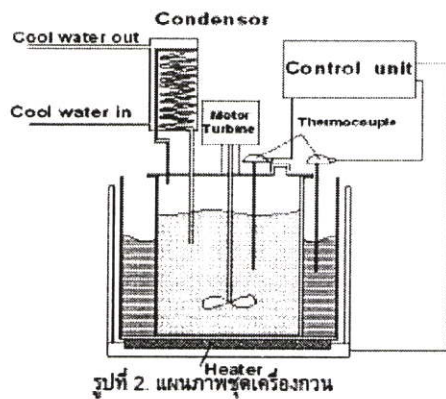
2 วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 รูปแบบการศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาการสังเคราะห์เอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันเมล็ดยางพาราด้วยวิธีทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้เบส(KOH)เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พร้อมทั้งทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องอ่างน้ำ (Water Bath) พร้อมชุดควบคุมอุณหภูมิ
2. โบริกควานพร้อมมอเตอร์
3. กรวยแยก (Funnel)
4. เทอร์มิเตอร์ (Thermometer)
5. บีกเกอร์ (Beaker)
6. ขวดก้นกลม 3 คอ (Three Neck Bottle)
7. กระบอกตวง (Cylinder)
8. เครื่องชั่งน้ำหนัก
9. ขวดขนาดเล็ก (Vial 1.5 ml)



รูปที่ 3. ภาพชุดอุปกรณ์ทดลอง

2.3 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1. น้ำมันเมล็ดในยางพารา
2. เอทานอล 95 (C₂H₅OH)
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เกรด Analytical Reagent
4. น้ำกลั่น

5. กระดาษกรอง

6. ตัวชี้บอกความเป็นกรด-เบส แบบสากล (Universal Indicator)

2.4 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นน้ำมันเมล็ดในยางพาราจากจังหวัดพัทลุง มีลักษณะเป็นน้ำมันสีส้มเข้ม โดยนำมากรองสิ่งสกปรกออกก่อนนำมาใช้

2.5 ขั้นตอนการวิจัยเอทิลเอสเทอร์

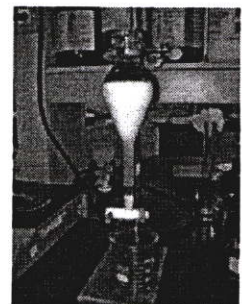
2.5.1 วิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นน้ำมันเมล็ดในยางพารา

1. ค่ากรด (Acid Value) ตามวิธีมาตรฐาน AOCS Cd-3D63
2. ชนิดและปริมาณกรดไขมัน (fatty acid composition) ตามวิธีมาตรฐาน AOCS Ce-2-66
3. ค่าความหนืด ตามมาตรฐาน ASTM D 445
4. จุดวาบไฟ ตามมาตรฐาน ASTM D 93
5. จุดติดไฟ ตามมาตรฐาน ASTM D 93
6. ค่าความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM D 240

หมายเหตุ (ส่งวิเคราะห์กรมวิชาการเกษตร)

2.5.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1. ให้ความร้อนแก่น้ำมันประมาณ 75 องศาเซลเซียสประมาณ 30 นาที เพื่อกำจัดน้ำ (ใช้น้ำมัน 100 กรัม)
2. นำสารเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสละลายในเอทานอล (เอทานอล 31.52 กรัม และเบส 1 กรัม)
3. นำน้ำมันจากข้อที่ 1 มาให้ความร้อนจนอุณหภูมิของน้ำมันอยู่ที่ 70 องศาเซลเซียส แล้วนำสารละลายเอทานอลที่มีเบสละลายอยู่เทลงในขวดสามคอที่ติดตั้งเครื่องกลั่นและต่อเครื่องควบแน่นไว้พร้อมกับกวนสารละลายภายในขวดสามคอและเริ่มจับเวลา ซึ่งใช้เวลาทดลอง 60 นาที แสดงชุดอุปกรณ์ทดลองดังรูปที่ 2 และ 3
4. นำน้ำมันจากข้อที่ 3 เทใส่กรวยแยก แล้วตั้งทิ้งไว้ เพื่อให้เอสเทอร์และกลีเซอรอลแยกชั้น ลักษณะการแยกชั้นระหว่างเอสเทอร์และกลีเซอรอลแสดงดังรูปที่ 4.
5. น้ำมันที่แยกเป็นชั้นแล้วให้นำเฉพาะส่วนบน(เอสเทอร์) ไปล้างด้วยน้ำอุ่น จนกระทั่งน้ำที่ล้างเป็นกลาง



รูปที่ 4. ลักษณะการแยกชั้นระหว่างเอสเทอร์และกลีเซอรอล

2.6 การทดสอบเครื่องยนต์

ตารางที่ 3. ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ทดสอบห้องเผาไหม้ช่วย

ชนิด	ดีเซล4จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
ระบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้ช่วย
จำนวนสูบ	1 กระบอกสูบ
ความโตกระบอกสูบxช่วงชัก	85x87 มม.
ความจุ	0.493 ลิตร
กำลังม้าต่อเนื่อง	7.50/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
กำลังม้าสูงสุด	8.50/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
แรงบิดสูงสุด	3.10/1600กิโลกรัมเมตร/รอบต่อนาที
อัตราส่วนการอัด	22.4
ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง	13องศา ก่อนศูนย์คายบน

ตารางที่ 4. ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ทดสอบห้องเผาไหม้โดยตรง

ชนิด	ดีเซล4จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
ระบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้โดยตรง
จำนวนสูบ	1 กระบอกสูบ
ความโตกระบอกสูบxช่วงชัก	86x90 มิลลิเมตร
ความจุ	0.522 ลิตร
กำลังม้าต่อเนื่อง	8.5/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
กำลังม้าสูงสุด	9.5/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
แรงบิดสูงสุด	3.8/1600กิโลกรัมเมตร/รอบต่อนาที
ชนิด	ดีเซล4จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
อัตราส่วนการอัด	18/1
ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง	-

ทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ซึ่งมีข้อมูลจำเพาะดังตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4 ในช่วงสั้นสั้น โดยใช้ใบไอดีเซลที่สังเคราะห์ได้

3. ผลการทดลอง

3.1. ผลการศึกษาสมบัติสารตั้งต้น

น้ำมันพืชเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) มีโครงสร้างเป็น C_3H_5 - เชื่อมต่อกับกรดไขมัน ที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 ถึง 30 อะตอม น้ำมันพืชมีกรดไขมันเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 94 - 96 ของน้ำหนักไตรกลีเซอไรด์ ทำให้สมบัติของน้ำมันแต่ละชนิดทั้งทางเคมีและกายภาพแตกต่างกัน น้ำมันพืชประกอบไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ซึ่งถ้ามีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูงจะเป็นสารที่ไม่อยู่ตัว ถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย และเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันที่อุณหภูมิสูงได้ การเลือกใช้น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง เป็นเชื้อเพลิงจะสามารถป้องกันการเกิดพอลิเมอไรเซชันได้ ดังนั้นก่อนทำการทดลองจำเป็นต้องทดสอบสมบัติของน้ำมันพืช เพื่อจะได้ทราบแนวโน้มสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ซึ่งชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืชตัวอย่างแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5. ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันเมล็ดยางพารา[5]

Fatty acid Composition	India	Thai
C16:0 palmitic acid	10.2	10.7
C18:0 stearic acid	8.7	8.67
Saturated	18.9	19.84
C18:1 oleic acid	24.6	25.23
C18:2 linoleic acid	39.6	40.36
C18:3 linolenic acid	16.3	15.56
Unsaturated	80.5	81.15
Others	0.6	0.88

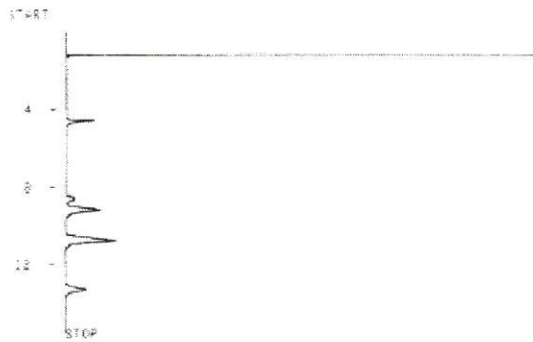
ตารางที่ 6. คุณสมบัติของน้ำมันเมล็ดในยางพาราเทียบกับน้ำมันดีเซล

สมบัติ	น้ำมันดีเซลหมุนช้า	น้ำมันเมล็ดในยางพารา
ค่าความร้อน (เมกะจูล/กิโลกรัม)	46.0	38.85
ค่าความหนืด(มิลลิเมตร ² /วินาที)	3.4	27.05
ค่าจุดวาบไฟ (องศาเซลเซียส)	77	230
ค่ากรด (มิลลิกรัมของ KOH/กรัมของน้ำมัน)	-	60.21
ความต่างจำเพาะ	0.835	0.924

จากตารางที่ 5. พบว่าน้ำมันในเมล็ดในยางพารามีค่ากรดสูง เมื่อนำไปทดลอง จะต้องใช้ปริมาณเบนโซในการเกิดปฏิกิริยามากขึ้น เพราะปริมาณเบนโซส่วนหนึ่งจะถูกใช้ไปละเทินกรดไขมันอิสระ และส่วนที่เหลือจึงเป็นส่วนที่ใช้ทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน ค่าแชนพอนิฟิเคชันทำให้ทราบถึงขนาดของน้ำมัน โดยน้ำมันที่มีค่าแชนพอนิฟิเคชันต่ำจะมีขนาดโมเลกุลใหญ่

จากตารางที่ 6. แสดงสมบัติของน้ำมันเมล็ดยางพารา พบว่าน้ำมันเมล็ดในยางพารามีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งเมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์รอบสูงกำลังจะตก ความหนืดของน้ำมันเมล็ดยางพาราสูงกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งความหนืดสูงเป็นอุปสรรคสำคัญต่อระบบหัวฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ โดยหัวฉีดจะไม่สามารถฉีดน้ำมันเป็นฝอยได้ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ สำหรับจุดวาบไฟเป็นสมบัติของน้ำมันพืชที่ทำให้ทราบว่าน้ำมันชนิดนั้น มีความสามารถในการระเหยมากหรือน้อย ซึ่งน้ำมันเมล็ดในยางพารามีความสามารถในการระเหยต่ำ จุดวาบไฟมีค่าสูงมากทำให้การจุดระเบิดของเครื่องยนต์เป็นไปได้ยาก โดยเฉพาะที่อุณหภูมิค่า การลดความหนืดและจุดวาบไฟของน้ำมันพืชเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการนำน้ำมันไปใช้เป็นเชื้อเพลิง การวิเคราะห์ค่ากรดทำให้ทราบว่าน้ำมันพืชมีกรดไขมันอิสระอยู่เล็กน้อยเพียงใด น้ำมันพืชที่มีค่ากรดสูงจะมีกรดไขมันอิสระมาก เกิดการเหม็นหืนไวกว่า และมีจุดเกิดควันต่ำกว่าน้ำมันที่มีค่ากรดต่ำ

3.2 ผลของการศึกษามบิตเอทิลเอเทอร์



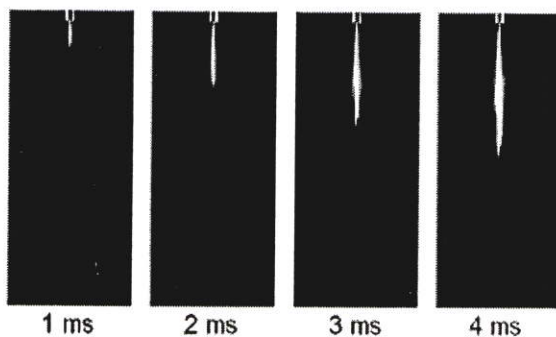
PKNO	TIME	AREA	PK	IDNO	CONC	NAME
1	1.235	87902	S		64.0481	
2	4.517	3464	I		3.8744	
3	8.595	2704			2.5679	
4	9.100	4103	M		8.2965	
5	18.805	15536			17.187	
6	19.325	5191			6.2224	
TOTAL		100000			100	

รูปที่ 5 แสดงโครมาโทแกรมเอทิลเอเทอร์จากน้ำมันเมล็ดยางพารา

จากโครมาโทแกรมในรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าเอทิลเอเทอร์ที่ได้จากน้ำมันเมล็ดยางพารามีโครงสร้างเป็นสารประกอบเอทิลเอเทอร์

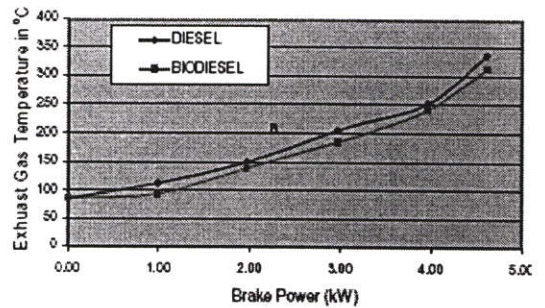
3.3 ลักษณะการสเปรของไบโอดีเซล

การสเปรของไบโอดีเซลจากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าลักษณะสเปรแต่ละช่วงเวลาเป็นละอองและมีมุมการฉีดกว้างพอสมควร จึงสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ได้

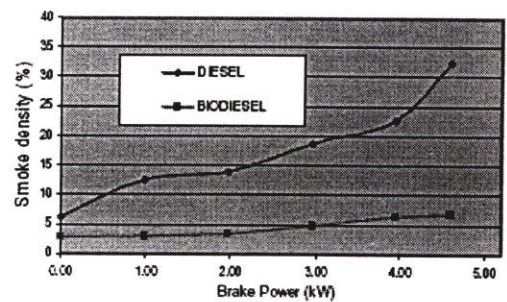


รูปที่ 6 แสดงลักษณะการสเปรของไบโอดีเซล

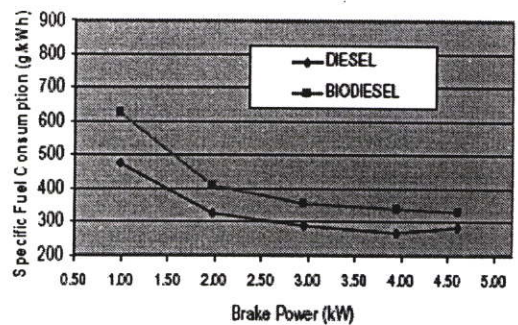
3.4 ผลการศึกษสมรรถนะของเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้ช่วยเมื่อใช้เอทิลเอเทอร์น้ำมันเมล็ดยางพารา



รูปที่ 7 แสดงอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิง



รูปที่ 8 แสดงความเข้มไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิง



รูปที่ 9 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

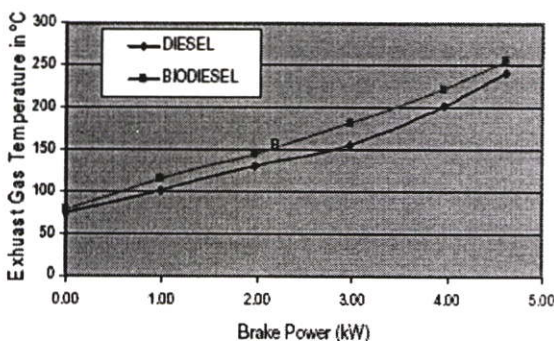
จากผลการทดสอบเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้ช่วย จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิไอเสียของการใช้ไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารา มีอุณหภูมิไอเสียต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเล็กน้อย เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำมันใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 7

ค่าความเข้มของไอเสีย จากการเผาไหม้ของไบโอดีเซลน้ำมันจากเมล็ดยางพารา มีความเข้มของไอเสียต่ำกว่าน้ำมันดีเซลอย่างเห็นได้ชัด ดังในรูปที่ 8 เนื่องจาก ไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารามีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ค่าความเข้มของไอเสียจึงน้อยกว่าการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซล

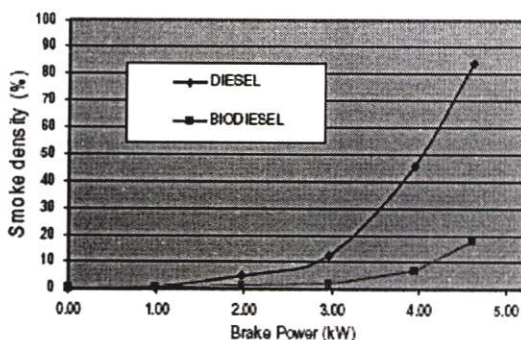
E-NETT49-013-6

อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพาราจะสิ้นเปลืองมากกว่าน้ำมันดีเซล เป็นผลมาจากไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารา มีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงน้อยกว่าน้ำมันดีเซล ดังรูปที่ 9

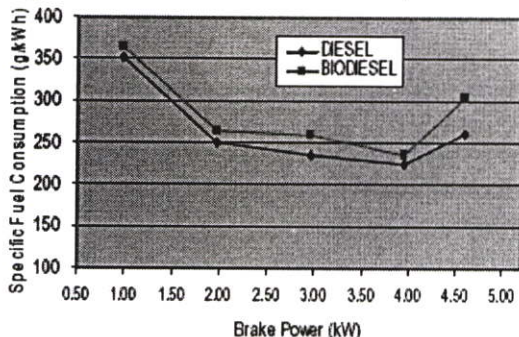
3.5 ผลการศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ แบบมีห้องเผาไหม้โดยตรงเมื่อใช้เอทิลเอสเทอร์น้ำมันเมล็ดยางพารา



รูปที่ 10 แสดงอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิง



รูปที่ 11 แสดงความเข้มไอเสียที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิง



รูปที่ 12 แสดงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สภาวะโหลดต่างๆของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

จากผลการทดสอบเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้โดยตรง อุณหภูมิไอเสียของการใช้ไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพารา ต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเล็กน้อย และอุณหภูมิไอเสียต่ำกว่าเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้ช่วย เนื่องจากห้องเผาไหม้โดยตรงเผาไหม้เร็วกว่าดังรูป 10

ค่าความเข้มของไอเสีย จากการเผาไหม้ของไบโอดีเซลน้ำมันจากเมล็ดยางพาราต่ำกว่าน้ำมันดีเซลอย่างเห็นได้ชัด แต่ความเข้มไอเสียสูงกว่าเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้ช่วย เนื่องจากการดูดกลืนในห้องเผาไหม้ช่วยสูงกว่าและมีการคลุกเคล้าที่ดีกว่าในห้องเผาไหม้โดยตรง ดังในรูปที่ 11

อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดยางพาราจะสิ้นเปลืองมากกว่าน้ำมันดีเซล และอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำกว่าเครื่องยนต์แบบมีห้องเผาไหม้ช่วย เนื่องจากห้องเผาไหม้ช่วยต้องสูญเสียพลังงานในการเผาไหม้ผ่านช่องแคบ ดังรูปที่ 12

4. สรุปผลการทดลอง

จากการนำไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดในยางพารา ที่ผลิตได้โดยวิธีทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกโคบ (KOH) 1% โดยมวล และอัตราส่วนเอทานอล : น้ำมันที่ใช้คือ 6:1

1. สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ 84% โดยปริมาตรของสารตั้งต้น
2. ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดในยางพารา มีความหนืดลดลงสามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล ที่ไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ โดยอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ของไบโอดีเซลน้ำมันเมล็ดในยางพาราจะมีความมากกว่าน้ำมันดีเซล
3. ผลการทดสอบเครื่องยนต์ทั้งแบบมีห้องเผาไหม้ช่วย และแบบมีห้องเผาไหม้โดยตรง มีแนวโน้มทิศทางเดียวกัน
4. ในการทดสอบเครื่องยนต์ครั้งนี้เป็นการทดลองในระยะสั้นค่าประสิทธิภาพและสมรรถนะ โดดเดี่ยวกับการใช้น้ำมันดีเซลมาก และประสิทธิภาพเครื่องยนต์จะดีมกน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัชวี ไทยสุชาติ - การสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วในเครื่องปฏิกรณ์ภาวนผสมแบบต่อเนื่อง พ.ศ.2547 ISBN 974 - 15 -1349 - 6 หน้า 2 - 12
- [2] ธนาทิพย์ อัครคุณสิทธิ์ - การสังเคราะห์เอทิลเอสเทอร์เทอร์จากน้ำมันปาล์มเมล็ดในและเอทานอล ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาต่างๆ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2547.
- [3] กนกอร รจนากิจการนำเมล็ดเอสเทอร์ของใช้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และเอทิลเอสเทอร์ของน้ำมันมะพร้าวมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2547 ISBN 974 - 324 - 335 - 6
- [4] 103บี ยางพาราไทย <http://www.munlung.com/index.htm>. พ.ศ.2548
- [5] B.K. Barnwal, M.p.Sharma Alternate Hydro Energy Centre, Indian Institute of Tecknology, Roorkee 247667, Uttaranchal, India Received 7 April 2004;accepted 7 May 2004 pp.363 - 378

ประวัติผู้เขียน

นางสาวเฉลิมพร ณ พัทลุง เกิดเมื่อวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ.2518 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2542 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2547