



การศึกษาคุณสมบัติของไบโอดีเซลและสารตั้งต้นพร้อมสร้างเครื่องผลิต

น้ำมันไบโอดีเซลขนาดพกพา

Study The Properties of Biodiesel and Their Reactants Include Portable

Biodiesel Reactor Design

นายอุดมศักดิ์

จันทร์ปาน

นางสาวรัฐศิริ

นวลศิริ

นายเนรมิต

ทองเอี่ยม

14043212

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ...../...../.....
เลขทะเบียน..... 05000167
เลขเรียกหนังสือ.....
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2549



ใบรับรองโครงการ

หัวข้อโครงการ : การศึกษาคุณสมบัติของไบโอดีเซลและสารตั้งต้น
พร้อมสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดพกพา
(Study The Properties of Biodiesel and Their Reactant
Include Portable Biodiesel Reactor Design)

ผู้ดำเนินโครงการ : นายอุดมศักดิ์ จันทร์ปาน รหัสประจำตัวนิสิต 46361093
นางสาวรัฐศิริ นวลศิริ รหัสประจำตัวนิสิต 46362711
นายเนรมิต ทองเอี่ยม รหัสประจำตัวนิสิต 46362802

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2549

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการ

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์)

.....กรรมการ
(ดร. ภาณุ พุททวงศ์)

.....กรรมการ
(ดร. กุลยา กนกजारูจิตร)

.....กรรมการ
(อาจารย์ศิษย์ภัณฑ์ แกนลา)

หัวข้อโครงการ : การศึกษาคุณสมบัติของไบโอดีเซลและสารตั้งต้นพร้อมสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดพกพา

: (Study The Properties of Biodiesel and Their Reactant Include Portable Biodiesel Reactor Design)

ผู้ดำเนินโครงการ : นายอุดมศักดิ์ จันทร์ปาน รหัสประจำตัวนิสิต 46361093
นางสาวรัฐศิริ นวลศิริ รหัสประจำตัวนิสิต 46362711
นายเนรมิต ทองเอี่ยม รหัสประจำตัวนิสิต 46362802

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลซึ่งได้จากพืชและสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสมในการนำไปทดแทนการใช้น้ำมันดีเซล เพื่อช่วยในการประหยัดพลังงานและลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้วิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดพกพา เพื่อทดสอบคุณสมบัติของไบโอดีเซลชนิดต่าง ๆ โดยพบว่าค่าตัวแปรในการทำปฏิกิริยาต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่เหมาะสม ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 30 นาที ความเร็วรอบของอัตราการกวนน้ำมันซึ่งกำหนดให้คงที่ 600 รอบต่อนาที ปริมาณเมทานอล 15 % โดยปริมาตร สารเร่งปฏิกิริยา (NaOH) 0.35% โดยมวล และที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งจะให้ค่าปริมาตรสุทธิน้ำมันไบโอดีเซลเท่ากับ 94.40% ซึ่งสูงกว่าอัตราส่วนตัวแปรอื่น ๆ จากการทดสอบโดยตัวแปรข้างต้นพบว่า ไบโอดีเซลจกน้ำมันปาล์มมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ ด้านความร้อนในการเผาไหม้ไบโอดีเซลของน้ำมันพืชใช้แล้วจากการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ให้ค่าความร้อนออกมาได้มากและใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด สำหรับดัชนีความหนืดพบว่าน้ำมันไบโอดีเซลทานตะวันมีค่าน้อยที่สุด ค่าความหนาแน่นของไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป มีค่ามากที่สุด ส่วนน้ำมันที่ค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกับดีเซลมากที่สุดคือไบโอดีเซลของน้ำมันทานตะวัน

Project Title : Study the properties of biodiesel and their reactant include portable biodiesel reactor diesign

Name : Mr.Udomsak Janpan Code 46361093

: MissRattasiri Nualsiri Code 46362711

: Mr.Neramit Thongiam Code 46362802

Project Advisor : Mr.Sittichoke Phukepan

Departmet : Mechanical Engineering

Academic Year : 2006

Abstract

This research studied the property of biodiesel, which made from various kinds of plants and animals, to find out the most suitable type of biodiesel that can substitute in diesel for energy conservation and pollution decrease. This research analyzed the variables in the process of making biodiesel that affected the design of portable biodiesel reactor. From experiment, the most appropriate variables found as followed; the reaction time should be 30 minutes, the agitation by stirrer fixed as 600 rounds/ minute. The amount of methanol should be 15% of the biodiesel, the quantity of NaOH should be 0.35% of biodiesel, and temperature was 35 °C. These variables yielded 94.40% which highest rate compared to any other values. From those variables, palm oil held the most appropriate characteristics to replace diesel. In addition, the biodiesel made from used oil of instant noodle produces the highest heating value and highest density. The biodiesel made from sunflower seed had lowest the viscosity index. Lastly the density of biodiesel from sunflower closed to diesel.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่องการศึกษาคุณสมบัติของใบไอดีเซลและสารตั้งต้นพร้อมสร้างเครื่องผลิตน้ำมันใบไอดีเซลขนาดพกพานี้สำเร็จล่วงได้ด้วยดีนั้น ทางคณะผู้ดำเนินโครงการขอพระคุณบิดามารดาที่ให้การสนับสนุนด้านการเงินและกำลังใจตลอดมา , อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่คอยให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดี ,อาจารย์อนุสรณ์ วรสิงห์ อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมี ที่ให้คำแนะนำและตัวอย่างน้ำมันใบไอดีเซล รวมถึงอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยให้ความคิดเห็น และขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้คำปรึกษาและมีส่วนช่วยให้โครงการฉบับนี้สำเร็จล่วงได้ด้วยดี

คณะผู้ดำเนินโครงการ



สารบัญ

หน้า

ใบรับรองโครงการ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ(Abstract)	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
สารบัญกราฟ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบข่ายของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 งบประมาณที่ใช้	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 สถานการณ์พืชน้ำมันในประเทศไทย	5
2.2 กระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล	5
2.3 การขจัดสารตกค้างในน้ำมันไบโอดีเซล	7
2.4 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำมัน	8
2.5-งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 ศึกษาตัวแปรที่ผลต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซล	16
3.2 ศึกษาวิธีทำการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลปาล์ม	18
3.3 ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมัน	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง	
4.1 ผลการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซล	29
4.2 ผลการทดลองการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซลขนาดพกพา	33
4.3 ผลการทดลองการหาค่าคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซล	35
บทที่ 5 การวิเคราะห์และสรุปผลโครงการ	
5.1 สรุปการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซล	41
5.2 สรุปการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มจากเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดพกพา	41
5.3 สรุปการศึกษาค่าคุณสมบัติของน้ำมัน	41
5.4 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	42
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	44
ภาคผนวก ก. ตัวอย่างการคำนวณ	45
ภาคผนวก ข. ตารางประกอบกรคำนวณหาค่าความหนืดของน้ำมัน	47
ภาคผนวก ค. การออกแบบเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดพกพา	52
ประวัติผู้ทำโครงการ	55

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณการผลิตพืชน้ำมันของประเทศไทย (พื้นต้น)	5
ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติและองค์ประกอบหลักของน้ำมันพืช	9
ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติมาตรฐาน ASTM ของไบโอดีเซล	11
ตารางที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชชนิดต่างๆ	12
ตารางที่ 4.1 แสดงการทดลองอุณหภูมิคงที่ที่ 45 °C	29
สารเร่งปฏิกิริยาครั้งที่ 0.35% โดยมวลและเวลาทำปฏิกิริยา 30 นาที	
ตารางที่ 4.2 แสดงการทดลองอุณหภูมิคงที่ที่ 35 °C	30
สารเร่งปฏิกิริยาครั้งที่ 0.35% และเวลาทำปฏิกิริยาครั้งที่ 30 นาที	
ตารางที่ 4.3 แสดงการทดลองปริมาณเมทานอลคงที่ 15% โดยปริมาณน้ำมันปาล์ม อุณหภูมิคงที่ที่ 35 °C และเวลาทำปฏิกิริยาครั้งที่ 30 นาที	31
ตารางที่ 4.4 แสดงการทดลองปริมาณเมทานอลคงที่ที่ 15% โดยปริมาณน้ำมันปาล์ม สารเร่งปฏิกิริยาครั้งที่ 0.35% สารเร่งปฏิกิริยา 0.35 % โดยปริมาณน้ำมันปาล์ม	32
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าคุณสมบัติในระหว่างกระบวนการจัดสารตกค้าง	33
ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติของน้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มที่ได้จากการผลิต	34
ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองค่าความร้อนของน้ำมัน	35
ตารางที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อนของน้ำมันพืชกับไบโอดีเซล	36
ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดลองค่าความหนืดของน้ำมัน	37
ตารางที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่าความหนืดของน้ำมันพืชกับไบโอดีเซล	38
ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดลองค่าความหนาแน่นของน้ำมัน	39
ตารางที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของน้ำมันพืชกับไบโอดีเซล	40

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ปฏิกริยา tranesterification	6
รูปที่ 3.1 เครื่อง magnetic stirrer	17
รูปที่ 3.2 เครื่องชั่งมวลสาร	17
รูปที่ 3.3 แสดงกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลปาล์ม	18
รูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดพกพา	19
รูปที่ 3.5 แสดงเทอร์โมมิเตอร์	19
รูปที่ 3.6 แสดง ฮีตเตอร์	20
รูปที่ 3.7 แสดงสว่าน	20
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรปรับความเร็วรอบ	20
รูปที่ 3.9 แสดงฉนวนโฟมโพลีเอทรีลีน	21
รูปที่ 3.10 แสดงการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ภายนอก	21
รูปที่ 3.11 แสดงการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ภายใน	21
รูปที่ 3.12 แสดงการติดตั้งฮีตเตอร์ภายนอก	22
รูปที่ 3.13 แสดงการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ภายใน	22
รูปที่ 3.14 แสดงการหุ้มฉนวน	22
รูปที่ 3.15 แสดงฝาปิดที่เจาะรูด้านบน	22
รูปที่ 3.16 แสดงส่วนของถังที่เสร็จสมบูรณ์	22
รูปที่ 3.17 แสดงการติดตั้งสว่าน	22
รูปที่ 3.18 แสดงการติดตั้งชุดควบคุมความเร็วรอบ	22
รูปที่ 3.19 แสดงเครื่องผลิตไบโอดีเซล ขนาดพกพาที่เสร็จสมบูรณ์	22
รูปที่ 3.20 แสดงถังผลิตน้ำมันไบโอดีเซล	23
รูปที่ 3.21 แสดงน้ำมันปาล์มปริมาณ 10 ลิตร	23
รูปที่ 3.22 แสดงโซเดียมไฮดรอกไซด์ 35 กรัมผสมกับเมทานอล 1.5 ลิตร	24
แล้วใส่ลงใน น้ำมันปาล์มที่อุ่นแล้ว	
รูปที่ 3.23 แสดงน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มที่ เตรียมตั้งทิ้งไว้	24
รูปที่ 3.24 แสดงน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มที่แยกกลีเซอรอลออกแล้ว	24
รูปที่ 3.25 แสดงเติมน้ำลงในน้ำมันไบโอดีเซลปาล์ม	24
รูปที่ 3.26 แสดงคนน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มกับน้ำให้เข้ากัน	24
รูปที่ 3.27 แสดงตั้งทิ้งไว้จนเกิดการแยกชั้น	24
รูปที่ 3.28 แสดงปล่อยน้ำออก	25

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.29 แสดงวัดค่า pH ที่น้ำ	25
รูปที่ 3.30 แสดง Bomb Calorimeter	25
รูปที่ 3.31 แสดง Thermostat ของ Schott Gerate	26
รูปที่ 3.32 แสดงลักษณะของหลอดแก้ว Cannon –Fenske	27



สารบัญกราฟ

	หน้า
กราฟที่ 4.1 แสดงการทดลองอุณหภูมิคงที่ที่ 45 °C	29
สารเร่งปฏิกิริยาคงที่ที่ 0.35% และเวลาทำปฏิกิริยา 30 นาที	
กราฟที่ 4.2 แสดงการทดลองอุณหภูมิคงที่ที่ 35 °C	30
สารเร่งปฏิกิริยาคงที่ที่ 0.35% และเวลาทำปฏิกิริยา 30 นาที	
กราฟที่ 4.3 แสดงการทดลองปริมาณเมทานอลคงที่ 15% โดยปริมาณน้ำมันปาล์ม	31
อุณหภูมิคงที่ที่ 35 °C และเวลาทำปฏิกิริยาคงที่ที่ 30 นาที	
กราฟที่ 4.4 แสดงการทดลองปริมาณเมทานอลคงที่ 15% โดยปริมาณน้ำมันปาล์ม	32
สารเร่งปฏิกิริยาคงที่ที่ 0.35% สารเร่งปฏิกิริยา 0.35 % โดยปริมาณน้ำมันปาล์ม	



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

เป็นที่ทราบกันดีว่าประเทศไทยมีความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณมากโดยเฉพาะน้ำมันดีเซล ซึ่งมีสัดส่วนการใช้สูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ มีสาเหตุเนื่องมาจากใช้ในการขนส่งสินค้าและกระบวนการผลิตของประเทศ อีกทั้งราคาน้ำมันก็ปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง รวมถึงความต้องการลดมลภาวะเพื่อให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น ทำให้มีการนำเอาวัตถุดิบภายในประเทศมาพัฒนา เช่น น้ำมันพืชชนิดต่างๆ น้ำมันพืชใช้แล้ว ฯลฯ มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใช้แทนน้ำมันดีเซลเรียกว่า “ไบโอดีเซล”

ไบโอดีเซลเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำมันพืชชนิดต่างๆ หรือน้ำมันสัตว์มาสกัดเอายางเหนียวและสิ่งสกปรกออก จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า Transesterification วัตถุประสงค์ของกระบวนการดังกล่าวคือ ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันในเรื่องความหนืดให้เหมาะสมกับการใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลและเพิ่มค่าดัชนีการคิดไฟหรือค่าซีเทน นอกจากนี้ไบโอดีเซลมีคุณสมบัติทางกายภาพคล้ายกับดีเซลปกติมาก แต่จะให้การเผาไหม้ที่สะอาดกว่า ทั้งนี้เพราะในไบโอดีเซลมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบประมาณ 10% โดยน้ำหนัก และไม่มีธาตุกำมะถัน จึงช่วยลดมลภาวะที่เกิดจากสารซัลเฟต นอกจากนี้ยังมีขม่าฝุ่นละอองน้อยจึงไม่ทำให้เกิดการอุดตันของระบบไอเสียได้ง่าย แต่ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายที่ดีจึงอาจทำให้ท่อทางเดินน้ำมันซึ่งทำจากยางและพลาสติกบวมหรือรั่วได้

เนื่องจากน้ำมันพืชที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตไบโอดีเซลส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ เพื่อการบริโภค และการผลิตในอุตสาหกรรม ดังนั้น น้ำมันปาล์มซึ่งเป็น น้ำมันพืชที่มีอัตราการผลิตภายในประเทศสูง สามารถเพาะปลูกได้ง่าย เทคโนโลยีในการคั้นน้ำมันไม่ซับซ้อน และให้ปริมาณน้ำมันต่อเมล็ดค่อนข้างสูง จึงมีความเหมาะสมที่จะถูกนำมาศึกษาในการนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตไบโอดีเซล

ดังนั้นโครงการนี้นอกจากจะศึกษาถึงกระบวนการที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มแล้ว ยังมุ่งเน้นการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบในการการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยเครื่องต้นแบบจะถูกออกแบบให้มีกำลังการผลิตที่พอเหมาะกับการใช้งานของชุมชน และมีขนาดที่สามารถพกพาได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาคุณสมบัติ เพื่อเปรียบเทียบหาความเหมาะสมของน้ำมันพืชและไบโอดีเซลจากน้ำมันพืช
2. ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องเพื่อหาค่าที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์ม
3. ออกแบบสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลชนิดพกพา ขนาดไม่ต่ำกว่า 15 ลิตร

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ศึกษาเปรียบเทียบ ค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำมันไบโอดีเซล 15 ชนิด ได้แก่ ไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าว, ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม, ไบโอดีเซลจากน้ำมันทานตะวัน, ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้แล้วจากการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป, น้ำมันมะพร้าวหีบ, น้ำมันสบูดำหีบ (ผ่านการกรองตะกอนแล้ว), น้ำมันสบูดำหีบ (มีตะกอน), น้ำมันปาล์มหีบ (ผ่านการกรองตะกอนแล้ว), น้ำมันปาล์มหีบ (มีตะกอน), น้ำมันทานตะวัน (commercial grade), น้ำมันปาล์ม (commercial grade), น้ำมันมะพร้าว (commercial grade), น้ำมันถั่วเหลือง (commercial grade), น้ำมันรำข้าว (commercial grade), น้ำมันพืชที่ผ่านการใช้แล้วจากการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปกับน้ำมันพืชที่ใช้เป็นสารตั้งต้นรวมถึงน้ำมันดีเซล

2. ศึกษาคุณสมบัติดังนี้คือ ค่าความหนืด(viscosity), ค่าความร้อนของการเผาไหม้ (heating value), ค่าความหนาแน่น (density)

3. ศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมของกระบวนการ tranesterification ของน้ำมันปาล์ม โดยทำการทดลองที่ค่าตัวแปรดังนี้

3.1. ปริมาตรของเมทานอลซึ่งใช้เป็นสารทำปฏิกิริยาทำการทดสอบ โดยใช้ปริมาตรเมทานอล 15%, 20%, และ 25% โดยปริมาตร

3.2. อุณหภูมิของน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยา ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 35 และ 45 °C

3.3. ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการทดสอบปริมาณ 0.25%, 0.35% และ 0.45% โดยมวล

3.4. เวลาในการทำปฏิกิริยา ทำการทดสอบค่าเป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที

4. ความเร็วรอบของอัตรากรวนกำหนดให้คงที่ ที่ 600 รอบต่อนาที

5. ทำการขจัดสารตกค้าง น้ำมันโดยวิธีการ stir washing

6. สร้างเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซลขนาดไม่เกิน 15 ลิตรพร้อมทดสอบการผลิต

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ

กิจกรรม	พ.ศ.2549								
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1.รวบรวมข้อมูล และเอกสารที่ เกี่ยวข้องกับไบโอ ดีเซลและสารตั้งต้น	←→								
2.ศึกษาตัวแปรที่มี ผลต่อการผลิตไบโอ ดีเซลเพื่อหาค่าที่ เหมาะสม	←→								
3.ทดสอบคุณสมบัติ ทางด้านความหนืด, ความหนาแน่น,ค่า ความร้อนของสารตั้ง ต้นและไบโอดีเซล รวบรวมผลการ ทดลองและ เปรียบเทียบ		←→							
4.ออกแบบสร้าง เครื่องผลิตไบโอ ดีเซลชนิดพกพา ขนาดไม่ต่ำกว่า 15 ลิตร					←→				
5.สรุปผลและเขียน รายงาน							←→		

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงคุณสมบัติที่เหมาะสมของสารตั้งต้นและน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม
2. ทราบถึงตัวแปรที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม
3. ได้เครื่องผลิตไบโอดีเซลชนิดพกพา ขนาดไม่ต่ำกว่า 15 ลิตร

1.6 งบประมาณที่ใช้

1.6.1 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานวิจัย

- ค่าจัดพิมพ์และการเข้ารูปเล่ม	1,000	บาท
- ค่าวัสดุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	1,500	บาท
- ค่าถ่ายเอกสารข้อมูลความรู้ต่างๆ	500	บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	3,000	บาท

1.6.2 ค่าใช้จ่ายวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดพกพา

- ถังสังกะสีขนาด 20 ลิตร	50	บาท
- เทอร์โมมิเตอร์	350	บาท
- ฮีตเตอร์	850	บาท
- ฉนวน	100	บาท
- ส่วน	1,600	บาท
- ตัวกวน	30	บาท
- ขาดังส่วนและชุดปรับความเร็วรอบ	1,300	บาท
- กาวประสาน, เกลียวนอกและเกลียวใน, ลวด, เทปพันเกลียว, ประเก็นไม้ก๊อก	250	บาท
รวมทั้งหมด	4,530	บาท

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 สถานการณ์พืชน้ำมันในประเทศไทย

สถิติการเกษตรของประเทศไทยโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรในปี พ.ศ.2541-2546 ประเทศไทยทำการเพาะปลูกพืชน้ำมัน 6 ชนิด คือ ถั่วเหลือง ปาล์มน้ำมัน ถั่วลิสง มะพร้าว ละหุ่ง และงา โดยมีรายงานปริมาณผลผลิตของพืชน้ำมันทั้ง 6 ชนิด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณการผลิตพืชน้ำมันของประเทศไทย (พันตัน)

ปี พ.ศ.	ปาล์มน้ำมัน	มะพร้าว	ถั่วเหลือง	ถั่วลิสง	ละหุ่ง	งา
2541/42	2,465	1,372	321	135	7	36
2542/43	3,514	1,381	319	138	7	37
2543/44	3,256	1,400	312	132	9	39
2544/45	4,089	1,396	261	107	9	39
2545/46	4,001	1,418	260	112	10	40

ที่มา : สถิติการเกษตรของประเทศไทย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2541-2546

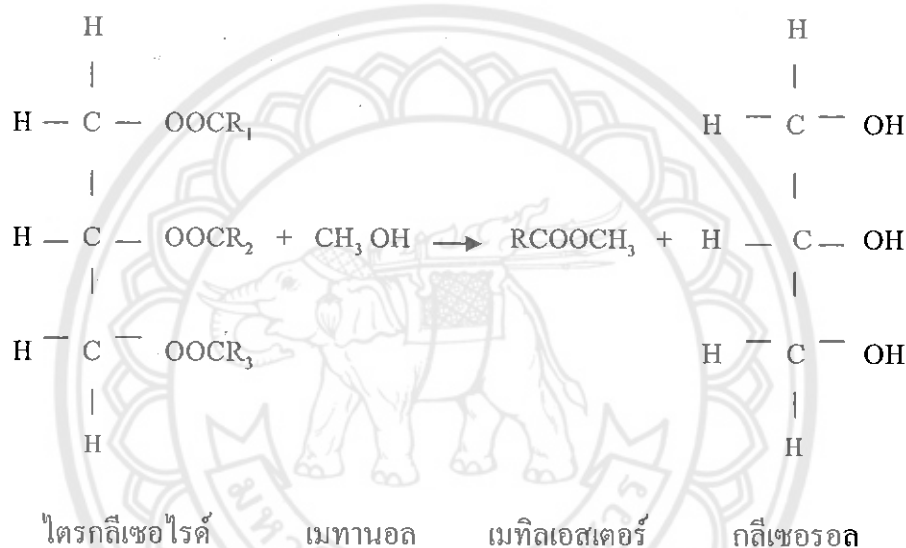
เมื่อพิจารณาถึงปริมาณผลผลิต ปาล์มน้ำมันมีรายงานปริมาณผลผลิตในแต่ละปีสูงที่สุด อีกทั้งยังมีแนวโน้มที่จะมียอดการผลิตที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นปาล์มจึงเป็นพืชที่เหมาะสมแก่การนำมาศึกษาและทดลองนำมาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อใช้ในอนาคต

2.2 กระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

ไบโอดีเซล (biodiesel) เป็นเชื้อเพลิงดีเซลที่ผลิตจากแหล่งทรัพยากรหมุนเวียน เช่น น้ำมันพืช ไขมันสัตว์มาสกัดเอาไขมันและสิ่งสกปรกออก (Degumming) จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการทางเคมีไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือก นอกเหนือจากดีเซลที่ผลิตจากปิโตรเลียม โดยมีคุณสมบัติการเผาไหม้ เหมือนกับดีเซลจากปิโตรเลียมมาก และสามารถใช้แทนกันได้ คุณสมบัติสำคัญของไบโอดีเซลคือ สามารถย่อยสลายได้เอง ตามกระบวนการชีวภาพในธรรมชาติ (biodegradable) และไม่เป็นพิษ (non-toxic)

2.2.1 กระบวนการ tranesterification

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ เป็นไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ซึ่งเป็นสารประกอบทางเคมี ที่ประกอบด้วยกรดไขมัน (Fatty acid) และกลีเซอริน (Glycerine) เมื่อไตรกลีเซอไรด์นี้ รวมตัวกับปริมาณแอลกอฮอล์ที่เกินพอ (Excess alcohol) โดยมี สารเร่งปฏิกิริยาชนิดที่เป็นด่าง (Base catalyst) เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide (KOH) หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะทำให้เกิดการรวมพันธะของกรดไขมัน และแอลกอฮอล์ เกิดเป็นไบโอดีเซล โดยได้กลีเซอรอล (Glycerol) ซึ่งเป็นสารเคมีที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในอุตสาหกรรมยา และเครื่องสำอาง เป็นผลพลอยได้ (By product) ปฏิกิริยานี้ เรียกว่า "Trans-esterification" ดังรูปที่ 1



รูปที่ 2.1 ปฏิกิริยา Tranesterification ในการผลิตไบโอดีเซล จากน้ำมันพืช

โดยที่ R คือ คาร์บอน 16-18 อะตอม ซึ่งมีพันธะคู่ระหว่าง C = C ตั้งแต่ 1-3 คู่

เมื่อน้ำมันพืชถูกเปลี่ยนเป็นเมทิลเอสเทอร์แล้วขนาดโมเลกุลจะลดลงเหลือ 1 ใน 3 เป็นผลทำให้ความหนืดของน้ำมันลดลงอย่างมากใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล วัตถุประสงค์ของกระบวนการ tranesterification คือ ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันในเรื่องความหนืดให้เหมาะสมกับการใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซล และเพิ่มค่า Cetane number เนื่องจากไบโอดีเซลไม่มีธาตุกำมะถัน แต่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบประมาณ 10% โดยน้ำหนัก จึงช่วยการเผาไหม้ได้ดีขึ้นและลดมลพิษซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละออง ฯลฯ ดังนั้นใช้ไบโอดีเซลสามารถลดมลพิษทางอากาศ ซึ่งเป็นผลจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ได้ส่วนหนึ่ง

2.3 การขจัดสารตกค้างน้ำมันไบโอดีเซล

กระบวนการนี้ คือกระบวนการขจัดสารเร่งปฏิกิริยา, แอลกอฮอล์และกลีเซอริน ที่ยังตกค้างอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซล และยังปรับค่าความเป็นด่างของน้ำมันไบโอดีเซลให้มีความเป็นกลางอีกด้วย ดังนั้นน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากกระบวนการผลิตนั้นควรทำกระบวนการขจัดสารตกค้างโดยมี 4 วิธีดังนี้

2.3.1 กระบวนการขจัดสารตกค้างโดยใช้ฟองอากาศ (Bubble Washing)

โดยทั่วไปมักใช้น้ำตั้งแต่ 25 - 50 % ของน้ำมันไบโอดีเซล โดยเทน้ำลงไปผสมกับน้ำมันไบโอดีเซลในถังที่จะใช้ทำกระบวนการขจัดสารตกค้างจากนั้นติดตั้ง airpump และ airstone ใช้สำหรับผลิตออกซิเจนให้กับน้ำ โดยเราจะเปิดให้ airpump และ airstone ทำงาน 6 - 8 ชั่วโมง จากนั้นตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมงก็จะเกิดการแยกชั้นของน้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำ โดยชั้นของน้ำจะอยู่ด้านล่าง และในการขจัดสารตกค้างครั้งแรกชั้นของน้ำที่ได้จะขุ่น ดังนั้นควรทำการขจัดสารตกค้าง 3 - 4 ครั้งจนกว่าน้ำที่ได้จากการขจัดสารตกค้างจะใส และมีค่า pH = 7 การ washing วิธีนี้สามารถทำได้ง่าย , ใช้น้ำในการขจัดสารตกค้างน้อย , เครื่องมือหาได้ง่าย สะดวกและเมื่อเปิด airpump และ airstone รอให้ครบเวลาที่กำหนดแล้วจึงปิดเครื่องมือ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ง่ายและเร็ว อาจจะทำให้เกิดการบดบังของปฏิกิริยาที่ไม่สมบูรณ์ได้

2.3.2 กระบวนการขจัดสารตกค้างโดยใช้การสเปรย์ (Mist - Washing)

โดยใช้การฉีดสเปรย์น้ำที่อยู่บนถังที่จะใช้ทำกระบวนการขจัดสารตกค้างลงไปที้น้ำมันไบโอดีเซล โดยไม่ต้องเขย่าถังและปล่อยสเปรย์น้ำอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดชั้นของอิมัลชันจากนั้นตั้งทิ้งไว้เพื่อรอให้เกิดการแยกชั้นของน้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำ โดยชั้นของน้ำจะอยู่ด้านล่าง และในการขจัดสารตกค้างครั้งแรกชั้นของน้ำที่ได้จะขุ่น ดังนั้นควรทำการขจัดสารตกค้าง 3 - 4 ครั้งจนกว่าน้ำที่ได้จากการขจัดสารตกค้างจะใส และมีค่า pH 7 การขจัดสารตกค้างวิธีนี้ใช้ปริมาณน้ำมากในการขจัดสารตกค้างแต่ละครั้ง , ใช้อุปกรณ์มาก และ ผลลัพธ์ที่ออกมามักจะเป็นปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์

2.3.3 กระบวนการขจัดสารตกค้างโดยการกวน (Stir Washing)

โดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนที่ติดอยู่กับถังที่จะใช้ทำกระบวนการขจัดสารตกค้าง โดยเราจะเทน้ำเข้าไปผสมกับน้ำมันไบโอดีเซลประมาณ 1/3 ของน้ำมันไบโอดีเซล แล้วทำการเปิดสวิทช์ให้ตัวกวนทำงานประมาณ 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง ก็จะเกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำ โดยชั้นของน้ำจะอยู่ด้านล่าง และในการขจัดสารตกค้างครั้งแรกชั้นของน้ำที่ได้จะขุ่น ดังนั้นควรทำการขจัดสารตกค้าง 3 - 4 ครั้งจนกว่าน้ำที่ได้จากการขจัดสารตกค้างจะใส

และมีค่า pH 7 กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่เร็วและมีประสิทธิภาพ ,ไม่เกิดการบดบังของปฏิกิริยา และไม่เกิดออกซิเดชันทำให้เกิดการขจัดสารตกค้างที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำ แต่ว่าการเตรียมอุปกรณ์อาจจะยุ่งยาก

2.3.4 กระบวนการขจัดสารตกค้างโดยการผสมกับน้ำ(Mix Washing)

เริ่มโดยเหน้าประมาณ 50% ของน้ำมันไบโอดีเซล เข้าไปผสมกับน้ำมันไบโอดีเซลในถังที่จะใช้ทำกระบวนการขจัดสารตกค้างจากนั้นปิดฝาตั้งทิ้งไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง ก็จะเกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำ โดยชั้นของน้ำจะอยู่ด้านล่าง และในการขจัดสารตกค้างครั้งแรกชั้นของน้ำที่ได้จะขุ่น ดังนั้นควรทำการขจัดสารตกค้าง 3 – 4 ครั้งจนกว่าน้ำที่ได้จากการ ขจัดสารตกค้างจะใส และมีค่า pH 7

2.4 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำมัน

2.4.1 ลักษณะและคุณสมบัติของน้ำมันพืช

น้ำมันพืช และ ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสะอาด ไม่มีกำมะถัน เมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเมืองใหญ่ และพื้นที่ที่มีปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม จะลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมได้

การที่น้ำมันพืชมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้หัวฉีดน้ำมัน ฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยได้ยาก เกิดเป็นอุปสรรคต่อการป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ และเกิดการสันดาปไม่สมบูรณ์ นอกจากนั้นแล้ว น้ำมันพืชมีคุณสมบัติที่ระเหยตัวกลายเป็นไอได้ช้า และน้อยมาก (slow/low volatility) ยิ่งทำให้เกิดการจุดระเบิดได้ยาก เครื่องยนต์ติดยาก และหลงเหลือคราบเขม่าเกาะที่หัวฉีด ผนังลูกสูบ แหวนและวาล์ว จากคุณสมบัติที่น้ำมันพืชมีความหนืดสูง และ ระเหยตัวได้ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลนี้ ทำให้เกิดความยุ่งยาก เมื่อใช้น้ำมันพืชล้วนๆ โดยตรงในเครื่องยนต์

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติและองค์ประกอบหลักของน้ำมันพืช

ชนิดของ น้ำมันพืช	ค่า ไอโอดีน	ความถ่วงจำเพาะ (กรัม/มล.)ที่ 21°C	CN	ค่าความร้อน (kJ/kg)	ค่าความหนืด (mm ² /s)	CP (°C)	PP (°C)	FP (°C)
ละหุ่ง	82-88	-	-	39500	29.7 (38°C)	-	-31.7	260
มะพร้าว	6-12	0.915	-	-	27.61(38°C)	-	-	-
ข้าวโพด	103-140	-	37.6	39500	34.9 (38°C)	-1.1	-40	277
เมล็ดฝ้าย	90-119	-	41.8	39468	33.5 (38°C)	1.7	-15	234
มะกอก	75-94	-	-	-	-	-	-	-
ปาล์ม	35-61	0.898	42	-	-	-	-	-
ถั่วลิสง	80-106	0.914	41.8	39782	39.6 (38°C)	12.8	-6.7	271
เมล็ดเรพ	94-120	-	37.6	39709	37.0 (38°C)	-3.9	-31.7	246
ดอกคำฝอย	126-152	-	41.3	39519	31.3 (38°C)	18.3	-6.7	260
งา	104-120	-	40.2	39349	35.5 (38°C)	-3.9	-9.4	260
ถั่วเหลือง	117-143	0.918	37.9	39623	32.6 (38°C)	-3.9	-12.2	254
ดอก ทานตะวัน	110-143	0.918	37.1	39575	37.1 (38°C)	7.2	-15	274

CN = cetane number; CP = cloud point, PP = pour point, FP = flash point

ที่มา; combined from Applewhite, T.H., in Kirk-Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*; Third Ed.; John-Wiley & Sons: New York, NY, 1980, Vol. 9; pp. 795-811; and Gunstone, F.D.; Harwood, J.L.; Padley, F.B. *Lipid Handbook*; Second Ed.; Chapman & Hall: London, 1994. Fuel properties from Goering, C.E.; Schwab, A.W.; Daugherty, M.J.; Pryde, E.H.; Heakin, A.J. *Trans. ASAE* 1982, 25, 1472-1477 & 1483.

จากตารางที่ 2.2 แสดงถึงค่าคุณสมบัติต่างๆที่ควรพิจารณาในน้ำมันพืชที่จะนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซล

ค่าไอโอดีน หมายถึง ดัชนีชี้บอถึงการเกิดสารเหนียวที่เหลือจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ ดังนั้นการเลือกใช้น้ำมันพืชควรเลือกที่มีค่าไอโอดีนต่ำ

Cetane number หมายถึง ตัวเลขที่บอถึงการ ignition delay ของน้ำมันดีเซลที่ได้จากการทดสอบจากเครื่องยนต์ทดสอบมาตรฐาน โดยวิธีการทดสอบ มาตรฐาน ASTM D613 เป็นค่า

บอกถึงความสามารถในการจุดระเบิดและการจุดติดไฟได้เร็ว ซึ่งมีผลต่อการสตาร์ทติดของเครื่องยนต์ การเผาไหม้ และปริมาณมลพิษในไอเสีย

ค่าความร้อน	หมายถึง ค่าที่บ่งบอกพลังงานความร้อนที่น้ำมันจะให้ออกมาเมื่อมีการเผาไหม้
ค่าความหนืด	หมายถึง คำนีความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเป็นตัวบ่งชี้ว่าน้ำมันหล่อลื่นชนิดนี้จะมี ความหนืดเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิอย่างไร น้ำมันที่มีดัชนีความหนืดสูงจะเป็น น้ำมันคุณภาพดี สามารถใช้งานได้ดี แม้มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมาก
Cloud point	หมายถึง จุดขุ่นมัวเป็นอุณหภูมิต่ำที่น้ำมันจะเปลี่ยนเป็นสีขุ่นขึ้น
Pour point	หมายถึง อุณหภูมิ ณ จุดที่น้ำมันแข็งตัวและไม่สามารถไหลได้สะดวก หมายถึงว่า ถ้าอุณหภูมิของน้ำมันต่ำกว่าจุดไหลเท น้ำมันดิบก็จะแข็ง น้ำมันที่มีปริมาณไฮโดรเจนสูงก็จะมีจุดไหลเทสูง
Flash point	หมายถึง อุณหภูมิต่ำสุดน้ำมันที่ทำให้เกิดไอน้ำมันเป็นปริมาณมากพอ เมื่อสัมผัสเปลวไฟก็จะทำให้ลุกไหม้ทันที จุดวาบไฟไม่มีผลต่อคุณภาพหรือการใช้งานโดยตรง ถ้าเกินอุณหภูมิจุดนี้ไปแล้วจะเป็นจุดติดไฟ

ในการใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล เนื่องจากน้ำมันพืชมีค่าความร้อนประมาณ 83-85% ของน้ำมันดีเซล แต่มีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลเป็น 10 เท่า ที่อุณหภูมิต่ำลง น้ำมันพืชยังมีความหนืดสูงขึ้นเป็นลำดับ จนเกิดเป็นไข เช่น น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว สำหรับน้ำมันมะพร้าว จะเริ่มเป็นไขที่อุณหภูมิ 24-26°C และมีปริมาณไขถึง 36% ที่อุณหภูมิ 20°C ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการป้อนเชื้อเพลิง และใช้งานในพื้นที่และบางฤดูกาล ที่มีอุณหภูมิต่ำ นอกจากนั้นแล้ว น้ำมันพืชมีคุณสมบัติที่ระเหยตัวได้น้อยมาก (low volatility) ทำให้เมื่อป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ จุดระเบิดได้ช้ากว่า และมีคาร์บอนหลงเหลือหลังการเผาไหม้สูงกว่าน้ำมันดีเซล

2.4.2 มาตรฐานของไบโอดีเซล

เป็นค่ามาตรฐานที่อำนวยความสะดวกผู้ใช้ไบโอดีเซล บริษัทผลิตเครื่องยนต์ และส่วนที่เกี่ยวข้องในด้านอื่นๆ ได้เลือกใช้หรือพัฒนาเครื่องยนต์ได้อย่างถูกต้อง โดยมีหลายองค์กรที่ได้

กำหนดมาตรฐานเอาไว้แต่ที่แนะนำและใช้อย่างแพร่หลายคือ มาตรฐานของ ASTM D-6751

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติมาตรฐาน ASTM ของไบโอดีเซล

Property	ASTM Method	Limits	Units
Flash Point	93	100.0 min	°C
Water & Sediment	1796	0.050 max.	vol.-%
Carbon Residue, 100% sample	4530	0.050 max.	wt.-%
Sulfated Ash	874	0.020 max.	wt.-%
Kinematic Viscosity, 40°C	445	1.9-6.0	$\frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$
Sulfur	2622	0.05 max.	wt.-%
Cetane	613	40 min.	-
Cloud Point	2500	By customer	°C
Copper Strip Corrosion	130	No. 3b max.	-
Acid Number	664	0.80 max.	mg KOH / g

ที่มา; Gerhard Knothe*, Robert O. Dunn and Marvin O. Bagby Oil Chemical Research, National Center for Agricultural Utilization Research, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, Peoria, IL 61604

จุดวาบไฟของไบโอดีเซล มีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้มีความปลอดภัยในการใช้และการขนส่ง นอกจากนั้นแล้ว ค่าซีเทนที่เป็นดัชนีบอกถึงคุณภาพการติดไฟของไบโอดีเซล ยังมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซลด้วย

ในการผลิตไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจำหน่ายในต่างประเทศ เชื้อเพลิงชนิดนี้ มีความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และมีความคงตัว ความหนืดเปลี่ยนแปลงได้น้อยมาก เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง จุดวาบไฟของไบโอดีเซล มีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้มีความปลอดภัยในการใช้และการขนส่ง นอกจากนั้นแล้ว ค่าซีเทนที่เป็นดัชนีบอกถึงคุณภาพการติดไฟของไบโอดีเซล ยังมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซลด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชชนิดต่างๆ

ไบโอดีเซลจากน้ำมัน	ความถ่วงจำเพาะ (ก/มล.)	จุดวาบไฟ (°C)	ค่าซีเทน	ค่าความร้อน (กิโลจูลล์/กก.)
ปาล์ม	0.887	167	62-65	39,300
เมล็ดธัญพืช	0.883	> 170	58	37,100
ถั่วเหลือง	na	na	51-53	na
ทานตะวัน	na	na	52	na
น้ำมันดีเซลตาม ประกาศของกระทรวง พาณิชย์	0.81-0.87	>52	>47	46,800

ที่มา; เจนวนิชาปัญจกุล (2525)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 การศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

ปี ค.ศ.1991 Roger A. Korus และคณะ[1] จากมหาวิทยาลัยไอดาโฮได้ทำการศึกษาดังปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดธัญพืช การทดลองกระทำโดยการใช้ไขมันจากเมล็ดธัญพืช 250 กรัม ใส่ลงไปในหลอดแก้ว conical flasks จากนั้นใส่สารเร่งปฏิกิริยาที่ต้องการทดสอบ และให้ความร้อนแก่เอทานอลเพื่อให้สารเร่งปฏิกิริยาละลายอย่างสมบูรณ์ ระหว่างนั้นจะมีการนำตัวอย่างออกมาทำการตรวจสอบทุกนาทีที่ 1, 30, 60 และ 120 หลังจากการเกิดปฏิกิริยาเสร็จสิ้นแล้วผลิตภัณฑ์ที่ได้จะแบ่งตัวอย่างออกเป็นสองชั้น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ของเอสเตอร์จะก่อตัวอยู่ในชั้นบนและชั้นล่างเป็นกลีเซอรอล การแยกสารเร่งปฏิกิริยาและแอลกอฮอล์ทำได้โดยการใช้น้ำผ่านเข้าไปอย่างช้าๆ ก็จะได้เอสเตอร์จากเมล็ดธัญพืช โดยทำการเปรียบเทียบค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้เพื่อหาค่าตัวแปรที่เหมาะสม อัตราการเขย่า เปรียบเทียบระหว่าง ความรุนแรงของการเขย่า 2 ระดับ อุณหภูมิ เปรียบเทียบระหว่าง 75 และ 30 องศาเซลเซียส สารเร่งปฏิกิริยา เปรียบเทียบระหว่าง KOH และ NaOC_2H_5 , เอทานอล เปรียบเทียบระหว่าง เอทานอลบริสุทธิ์ และเอทานอลผสมน้ำ 5% จากการทดลองสรุปผลได้ดังนี้ อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงสุดเกิดที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ตัวเร่งปฏิกิริยาจาก sodium methoxide ทำให้การเกิดไบโอดีเซลได้ปริมาณมากที่สุดและง่ายต่อการแยกตัวของไบโอดีเซล การเขย่าที่รุนแรงจะช่วยให้การเกิดปฏิกิริยาเป็นไปได้เร็วกว่าการเขย่าแบบเบาๆ เอทานอลบริสุทธิ์จะให้การเกิดของผลิตภัณฑ์ออกมาได้มากที่สุด

ชาวีรัตน์ วรรณมานนท์, สลักจิต บัวทอง[2] จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง ได้ศึกษาการเตรียมเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืชที่สกัดได้จากรำข้าว ขอบเขตการศึกษานี้เป็นการหาภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน เพื่อให้ได้เมทิลเอสเทอร์มากที่สุดและต้นทุนในการผลิตต่ำ โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลในการศึกษามี 4 ตัวแปร ดังนี้คือ เวลาในการทำปฏิกิริยา อุณหภูมิของน้ำมันรำก่อนทำปฏิกิริยา ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งใช้เป็นสารเร่งปฏิกิริยา และปริมาณของเมทานอลซึ่งใช้เป็นสารทำปฏิกิริยา เมทิลเอสเทอร์ที่เตรียมได้นำไปทดสอบทางด้านปิโตรเคมีดังนี้คือ ความหนืด จุดวาบไฟ ค่าดัชนีซีเทน % ที่ได้กลับคืนจากการกลั่น นอกจากนี้จะนำไปทดสอบด้วยวิธี ไฮเพรสเซอร์ ลิววิต โครมาโทกราฟี (HPLC) เพื่อหาปริมาณของโมโนเอสเทอร์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักและปริมาณของกรดไขมันอื่นๆที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา ช่วงของภาวะที่ทำการศึกษามีดังนี้ เวลาในการผสม 30 -120 นาที อุณหภูมิของน้ำมันรำก่อนผสม 50-80 องศาเซลเซียส ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6-9 กรัม ปริมาณของเมทานอล 100 -150 มิลลิลิตร หลังจากทำการศึกษา พบว่า เวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โซเดียมไฮดรอกไซด์ 7 กรัม และเมทานอล 100 มิลลิลิตร เมื่อใช้ปริมาณน้ำมันรำ 500 มิลลิลิตร โดยจะสามารถเตรียมเมทิลเอสเทอร์ได้ผลผลิตประมาณร้อยละ 90 ค่าความหนืดอยู่ในช่วง 5.360 – 5.488 เซนติสโตก จุดวาบไฟที่ 320 องศาเซลเซียส และค่าดัชนีซีเทนประมาณ 46 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับ น้ำมันดีเซลทั่วไป

ปิยะ คำสุข [3] จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง ทำการศึกษาไบโอดีเซลเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันถั่วเหลืองได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันถั่วเหลืองกับเมทานอลและมีโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในงานวิจัยนี้ มีการศึกษาการเตรียมเมทิลเอสเทอร์ 2 รูปแบบคือทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันขั้นตอนเดียว (single stage transesterification) ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันสองขั้นตอน (two stage transesterification) ผลการปรับเปลี่ยนเมทานอลจาก 22-30% เทียบกับน้ำมันถั่วเหลือง เวลาการทำปฏิกิริยาจาก 30-120 นาที พบว่าสภาวะที่ดีที่สุดของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันขั้นตอนเดียวคือ การใช้น้ำมันถั่วเหลือง 500 mL โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.85 g เมทานอล 30% อุณหภูมิ 60°C และเวลา 120 นาที ได้ไบโอดีเซลที่มีเมทิลเอสเทอร์ (ME) 90.6%, ไตรกลีเซอไรด์ (TG) 3.6%, ไดกลีเซอไรด์ (DG) 1.29% และโมโนกลีเซอไรด์พร้อมกรดไขมันอิสระ (MG+FFA) 4.5% ส่วนสภาวะที่เหมาะสมในปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอนได้แก่ การใช้น้ำมันถั่วเหลือง 500 mL โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.85 g เมทานอล 30% อุณหภูมิ 60°C และเวลา 90 นาที ได้ ME 94.5%, TG 0.09%, DG 0% และ MG+FFA 5.39% ไบโอดีเซลที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันสองขั้นตอนให้ผลใกล้เคียงมาตรฐานไบโอดีเซล (ASTM) ทั้งทางเคมีและทางปิโตรเลียม โดยไบโอดีเซลมีความหนืด 4.14 cSt อุณหภูมิการกลั่นที่ได้ส่วนกลั่น 90% เท่ากับ 305-335°C

2.5.2 การทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล

มหาวิทยาลัยไอคาโฮ [4] ทำการทดสอบเครื่องยนต์ยี่ห้อ 3 สูบ 4 จังหวะ เครื่องยนต์แบบฉีดน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้โดยตรงจำนวน 3 เครื่อง เป็นเวลา 1000 ชั่วโมง โดยทดสอบน้ำมัน 3 ชนิด คือน้ำมันเมทิลเอสเทอร์จากเมล็ดเรพ 100% และน้ำมันผสมเมทิลเอสเทอร์จากเมล็ดเรพ 50% กับน้ำมันดีเซล 50% และน้ำมันดีเซลเบอร์ 2 100% เครื่องยนต์ทั้ง 3 เครื่องจะปฏิบัติเหมือนกันทุกประการ และทุก 100 ชั่วโมงจะมีการหยุดพักเพื่อตรวจสอบดูความสึกหรอของเครื่องยนต์เช่น กระบอกสูบและการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อพิจารณาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแล้วพบว่า น้ำมันเมทิลเอสเทอร์จากเมล็ดเรพ 100% สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากที่สุด รองมาคือน้ำมันดีเซลเบอร์ 2 และที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงน้อยที่สุดคือน้ำมันไบโอดีเซลผสมเมทิลเอสเทอร์จากเมล็ดเรพ 50% กับน้ำมันดีเซล 50% เมื่อเริ่มทำการทดสอบเครื่องยนต์ พบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเบอร์ 2 100% ให้กำลังมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันผสมเมทิลเอสเทอร์จากเมล็ดเรพ 50% กับน้ำมันดีเซล 50% และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเมทิลเอสเทอร์จากเมล็ดเรพ 100% ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไปเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเบอร์ 2 100% นั้นกำลังจะตกลงเรื่อยๆ ส่วนเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันผสมเมทิลเอสเทอร์จากเมล็ดเรพ 50% กับน้ำมันดีเซล 50% คงที่ แต่เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเมทิลเอสเทอร์จากเมล็ดเรพ 100% กำลังจะเพิ่มขึ้นจนสูงกว่าเครื่องยนต์ทั้งสองและแรงบิดที่ได้จะมีลักษณะคล้ายกัน คือเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเมทิลเอสเทอร์จากเมล็ดเรพ 100% ให้แรงบิดมากที่สุด

รัตนชัย ไพรินทร์ [5] จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้ทำการศึกษาสมรรถนะและมลพิษจากการใช้เมทิลเอสเทอร์น้ำมันปาล์ม เพื่อนำมาใช้ในเครื่องยนต์ 4 สูบ 4 จังหวะ ยี่ห้อ อิชูชู โตโยต้า และนิสสัน โดยทำการทดสอบกับเชื้อเพลิง 3 ชนิด คือ น้ำมันดีเซล น้ำมันผสมดีเซลเอสเทอร์ 50% และน้ำมันเอสเทอร์ 100% ที่ความเร็วรอบต่างๆ ผลการศึกษาเครื่องยนต์ทั้ง 3 ยี่ห้อ ให้ผลสอดคล้องกัน พบว่าค่าแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเอสเทอร์จะมีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซลและมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าน้ำมันดีเซล แต่เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเอสเทอร์จะมีปริมาณควันดำน้อยกว่าน้ำมันดีเซล สำหรับน้ำมันผสมเอสเทอร์ 50% ให้ผลการทดลองใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) [6] ได้ทดลองนำ Fatty Acid Methyl Ester จากน้ำมันปาล์ม หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า เอสเตอร์ของน้ำมันปาล์ม มาเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลด้วย Fatty Acid Methyl Ester ที่นำมาใช้ทดลองนี้ได้วิจัยขึ้นในห้องปฏิบัติการโดยใช้น้ำมันปาล์มดิบทำปฏิกิริยากับเมทานอล มีกรดเป็นอะตอมอิสระ เอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มที่ได้ มีค่าความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และมีค่า Cetane สูงกว่าน้ำมันดีเซล ในการทดลองกับ

เครื่องยนต์ พบว่าเครื่องยนต์ให้กำลังเทียบเท่ากับการใช้น้ำมันดีเซลทุกประการ อย่างไรก็ตามไม่มีรายงานการทดลอง และผลที่มีต่อเครื่องยนต์เมื่อใช้ในระยะเวลา



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาตัวแปรที่ผลต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

เป็นการศึกษาถึงตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการผลิต และค่าคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซล โดยตัวแปรที่ทำการทดสอบมี ตัวแปรดังนี้

1. ปริมาตรของเมทานอลซึ่งใช้เป็นสารทำปฏิกิริยา ทำการทดสอบโดยใช้ปริมาณเมทานอล 15%, 20%, และ 25% โดยปริมาตร

2. ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ทำการทดสอบปริมาณ 0.35% โดยน้ำหนัก ต่อปริมาณของน้ำมันปาล์ม จากนั้นดูค่าปริมาตรไบโอดีเซลที่มากที่สุดที่ได้จากการเปลี่ยนค่า ปริมาณของเมทานอล เปลี่ยนค่าโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็น 0.25% และ 0.45% โดยมวล

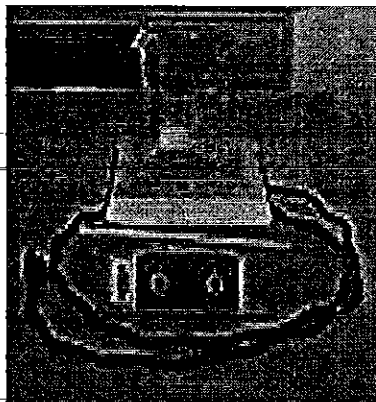
3. อุณหภูมิของน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยา ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 35 และ 45 °C

4. เวลาในการทำปฏิกิริยา ทำการทดสอบค่าเป็นเวลา 30 นาทีจากนั้นดูค่าปริมาตรไบโอดีเซลที่มากที่สุดจากการเปลี่ยนตัวแปรทั้งหมด เปลี่ยนเวลาในการทดสอบเป็น 20 และ 10 นาที ตามลำดับ

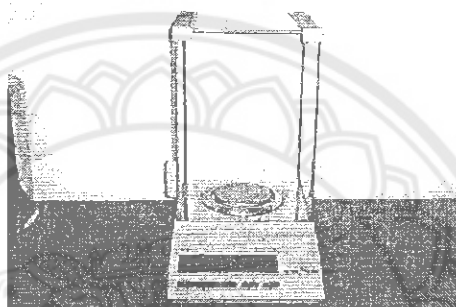
กำหนดให้ความเร็วรอบของอัตราการกวนกำหนดให้คงที่ ที่ 600 รอบต่อนาที

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ปฏิบัติการ

- เครื่อง magnetic stirrer
- บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
- บีกเกอร์ ขนาด 10 มิลลิลิตร
- เครื่องชั่งน้ำหนักมวลสาร มีค่าความละเอียด 0.0001 – 100.0 กรัม



รูปที่ 3.1 เครื่อง magnetic stirrer



รูปที่ 3.2 เครื่องชั่งมวลสาร

3.1.2 วิธีการทดลอง

1. ตวงปริมาณน้ำมันปาล์ม 200 CC ใส่บีกเกอร์แล้วนำไปให้ความร้อนโดยเครื่อง magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 45 °C
2. ตวงปริมาณเมทานอลปริมาณ 15% โดยปริมาตร ใส่ลงในขวด จากนั้นตวงโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.35% โดยมวล ทำการคนให้เข้ากันจะได้สารละลายโซเดียมเมทอกไซด์
3. เติสารละลายโซเดียมเมทอกไซด์ลงในน้ำมันปาล์มที่อุ่นคนให้เข้ากันที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
4. ยกส่วนผสมลงจากเตาให้ความร้อนจากนั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำมันไบโอดีเซล (เมทิลเอสเทอร์) กับกลีเซอริน
5. นำน้ำมันที่ได้มาทำการวัดค่าปริมาตร และค่า pH ก่อนจะทำการขจัดสารตกค้างโดยวิธีการกวน (stir washing)
6. นำน้ำมันไบโอดีเซลมาทำการขจัดสารตกค้างเพื่อกำจัดเมทานอลและโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ตกค้าง

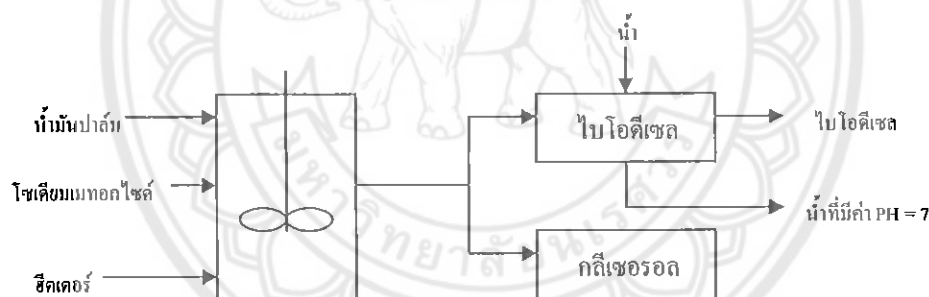
7.ทำการเปลี่ยนค่าปริมาณของเมทานอลเป็น 20% และ 25% โดยปริมาตร ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที และความเร็วรอบของอัตราการกวนที่ 600 รอบต่อนาที ทำการทดลองตามข้อ 1 ถึง ข้อ 6

8.ทำการเปลี่ยนค่าอุณหภูมิของการทดสอบเป็น 45 °C โดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที และความเร็วรอบของอัตราการกวนที่ 600 รอบต่อนาที ทำการทดลองตามข้อ 1 ถึง ข้อ 7

9.ทำการทดลอง โดยใช้ปริมาณของโซเดียมฮดรอกไซด์เป็น 0.35% โดยมวล โดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที และความเร็วรอบของอัตราการกวนที่ 600 รอบต่อนาที จากนั้นดูค่าปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่มากที่สุดที่ผลิตได้จากการการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณเมทานอล และอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ เลือกใช้ปริมาณนั้นแต่ทำการเปลี่ยนค่าโซเดียมฮดรอกไซด์เป็น 0.25% และ 0.45% โดยมวล ทำการทดลองตามข้อ 1 ถึง ข้อ 6

10.ทำการทดลอง โดยใช้ตัวแปรที่ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลมากที่สุด จากนั้นทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้ทดลองเป็น 20 และ 10 นาทีตามลำดับ

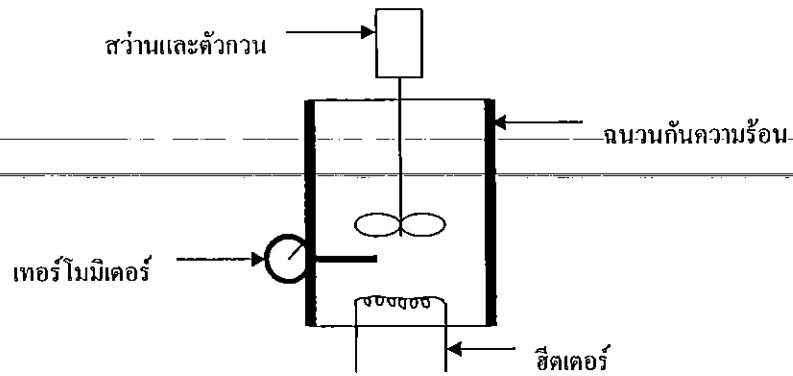
3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซลปาล์ม



รูปที่ 3.3 แสดงกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลปาล์ม

3.2.1 กระบวนการออกแบบ

กำหนดอัตราการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลสูงสุด 15 ลิตรต่อครั้ง อัตราความเร็วในการกวนสูงสุด 1,500 รอบต่อนาที และเวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที

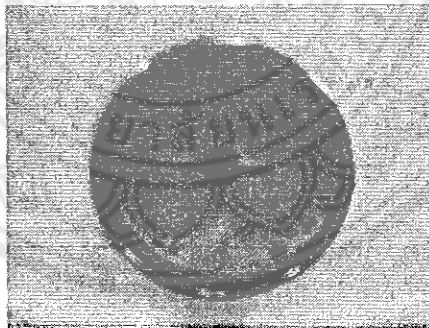


รูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดพกพา

ในกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลประกอบด้วยถังปฏิกริยา ขนาด 20 ลิตร มีเทอร์โมมิเตอร์ไว้สำหรับวัดอุณหภูมิ มีฮีตเตอร์ไว้สำหรับอุ่นน้ำมัน มีส่วนต่อกับใบพัดกวนไว้สำหรับผสมน้ำมัน และได้มีการหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนขณะทำการผลิต

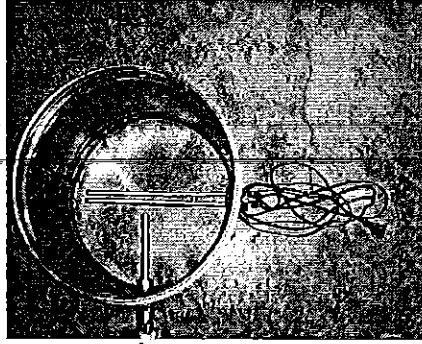
3.2.2 รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้

- เทอร์โมมิเตอร์ ยี่ห้อ MAXTHERMO สามารถวัดอุณหภูมิต่ำสุด 0 °C และสามารถวัดอุณหภูมิสูงสุด 150 °C



รูปที่ 3.5 แสดงเทอร์โมมิเตอร์

- ฮีตเตอร์ ขนาดกำลังไฟฟ้า 1,000 W

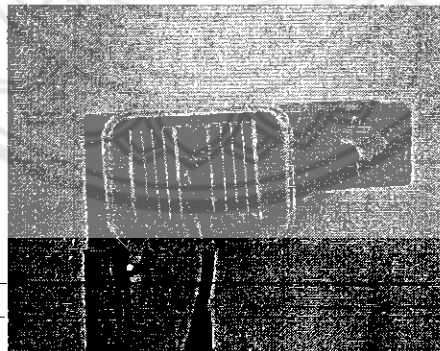


รูปที่ 3.6 แสดง ฮีตเตอร์

- สว่าน ยี่ห้อ MAKTEC รุ่น MT 650 สามารถใส่ดอกสว่านที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด 6.5 mm., ขนาดกำลังไฟฟ้า 230 W และ มีความเร็วรอบสูงสุด 4500 รอบต่อนาทีและมีวงจรปรับความเร็วรอบ



รูปที่ 3.7 แสดงสว่าน



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรปรับความเร็วรอบ

- ฉนวนโพลีเอทิลีนกันความร้อน ยี่ห้อ M – PE มีความหนา 10 mm. , มีค่าความต้านทานความร้อน 12 hr.ft².F/Btu, ค่าการสะท้อนรังสีความร้อน 86% , ค่าการแผ่รังสีความร้อน 0.14 , ค่า

ความนำความร้อน 0.030 W/m.k. , ค่าการลดการส่งผ่านความร้อน (ที่อุณหภูมิ 65°C) 25°C และไม่มีคุณสมบัติในจุดซึมน้ำ

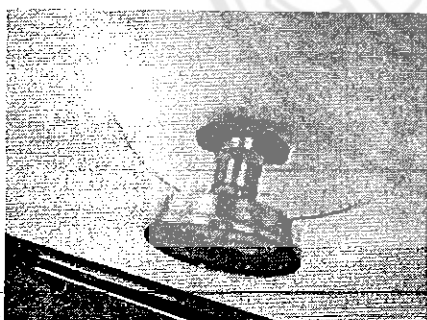


รูปที่ 3.9 แสดงฉนวนโพรพิลีนเทอร์โมอิเล็กทริก

3.2.3 วิธีการสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดพกพา

นำถังปฏิริยาขนาด 20 ลิตรมาเจาะรูแล้วติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์กับเกลียวนอกและเกลียวในและฮีตเตอร์ โดยมีการมีการพันเกลียวด้วยเทปพันเกลียว ทากาว และมีประเก็นรองไว้ด้านนอก จากนั้นหุ้มฉนวนที่ตัวถัง 2 ชั้นโดยยึดฉนวนด้วยลวด เจาะรูที่ฝาปิดถังสำหรับใส่ตัวกวน แล้วสร้างฐานตั้งสว่านและติดตั้งสว่าน ต่อวงจรเข้ากับชุดปรับความเร็วรอบสว่าน

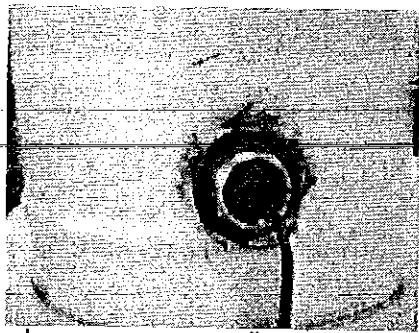
3.2.4 ภาพแสดงวิธีการสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดพกพา



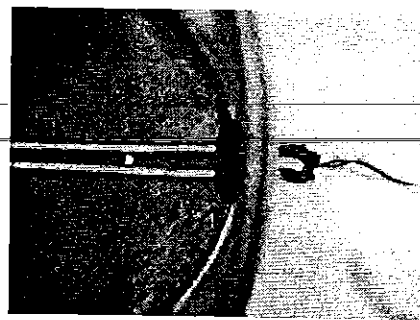
รูปที่ 3.10 แสดงการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ภายนอก



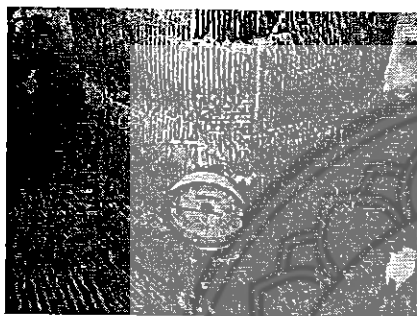
รูปที่ 3.11 แสดงการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ภายใน



รูปที่ 3.12 แสดงการติดตั้งฮีตเตอร์ภายนอก



รูปที่ 3.13 แสดงการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์
ภายใน



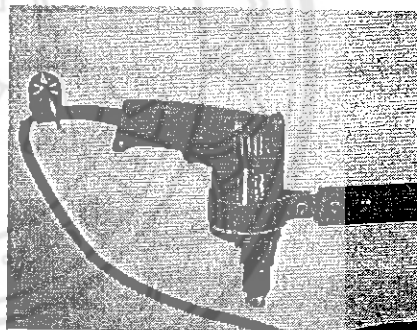
รูปที่ 3.14 แสดงการหุ้มฉนวน



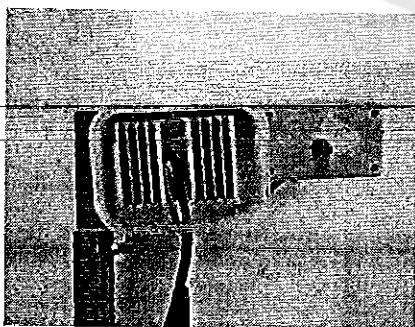
รูปที่ 3.15 แสดงฝาปิดที่เจาะรูด้านบน



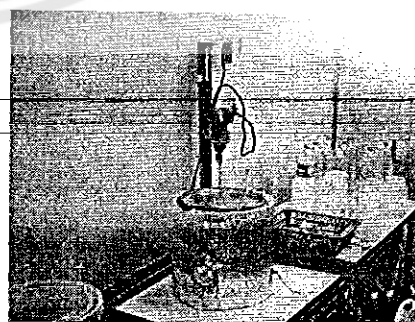
รูปที่ 3.16 แสดงส่วนของถังที่เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 3.17 แสดงการติดตั้งสว่าน



รูปที่ 3.18 แสดงการติดตั้งชุดควบคุมความเร็วรอบ



รูปที่ 3.19 แสดงเครื่องผลิตไอน้ำไฮโดรเจน
ขนาดพกพาที่เสร็จสมบูรณ์

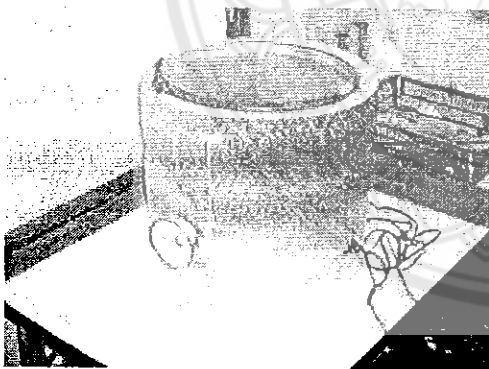
จากการทดลองหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซลปาล์ม ในการผลิตไบโอดีเซลปาล์มจะผลิตที่ปริมาณ 10 ลิตร ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.35% โดยน้ำหนักต่อปริมาณของน้ำมันปาล์ม (35-กรัม) ผสมกับเมทานอล 15% ของน้ำมันปาล์ม (1.5 ลิตร)

ดังหัวข้อ 3.1 จากการทดลองหาค่าค่า yeild โดยปริมาตรสูงสุด

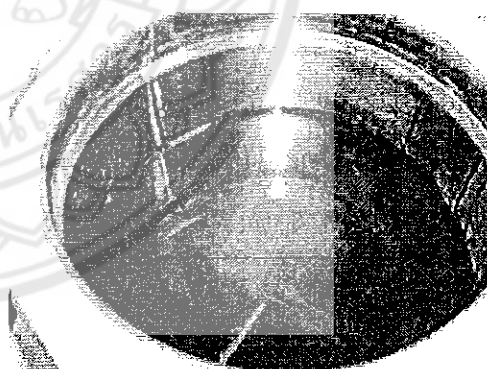
3.2.5 วิธีทำการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลปาล์ม

การทดลองเริ่มจากเตรียมน้ำมันปาล์มปริมาณ 10 ลิตร ใส่ลงในถังผลิตน้ำมันไบโอดีเซล จากนั้นเปิดฮีตเตอร์อุ่นน้ำมันปาล์มให้มีอุณหภูมิ 35°C นำโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.35% โดยมวล (35 กรัม) ผสมกับเมทานอล 15% โดยปริมาตร (1.5 ลิตร) แล้วใส่ลงในน้ำมันปาล์มที่อุ่นแล้ว เปิดตัวกวนโดยใช้เวลากวน 30 นาทีแล้วจึงปิดน้ำมันที่ได้ใส่ถังอีกถังหนึ่งแล้วตั้งทิ้งไว้โดยปิดฝาให้สนิทประมาณ 1 คืน จะได้ผลของการแยกชั้นระหว่างน้ำมันไบโอดีเซลกับกลีเซอรอล แยกน้ำมันไบโอดีเซลออกเพื่อไปทำการขจัดสารตกค้าง 2 ครั้งจะได้ค่า pH ของน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มและน้ำที่ได้จากกระบวนการขจัดสารตกค้างเท่ากับ 7 นำไปหาค่าความหนืดเชิงจลน์ที่อุณหภูมิ 40 และ 100 องศา เซลเซียส และหาค่าความร้อนการเผาไหม้ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล

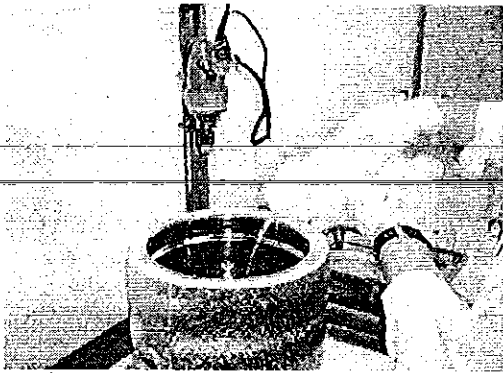
3.2.6 ภาพวิธีทำการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลปาล์ม



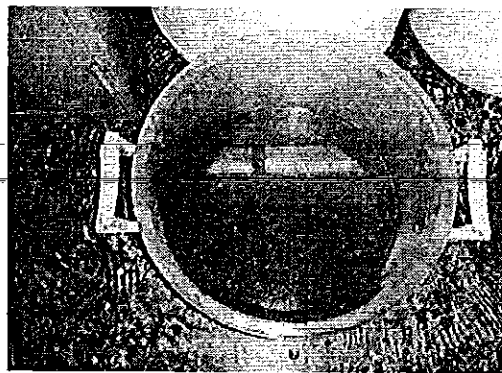
รูปที่ 3.20 แสดงถังผลิตน้ำมันไบโอดีเซล



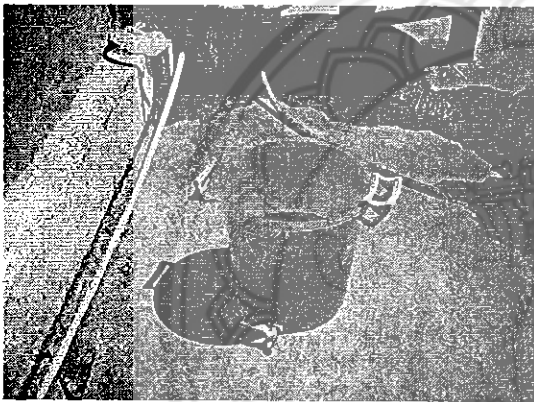
รูปที่ 3.21 แสดงน้ำมันปาล์มปริมาณ 10 ลิตร



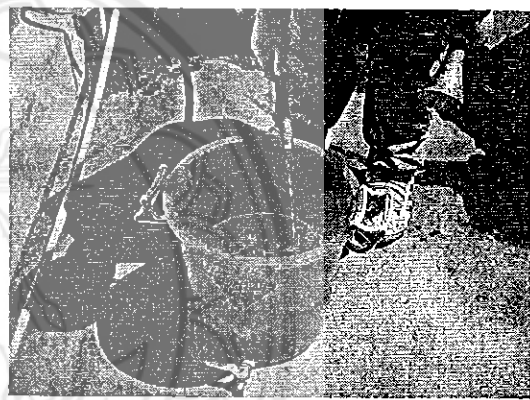
รูปที่ 3.22 แสดงโซเดียมไฮดรอกไซด์ 35 กรัม
ผสมกับเมทานอล 1.5 ลิตร แล้วใส่ลงใน
น้ำมันปาล์มที่อุ่นแล้ว



รูปที่ 3.23 แสดงน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มที่
เตรียมตั้งทิ้งไว้



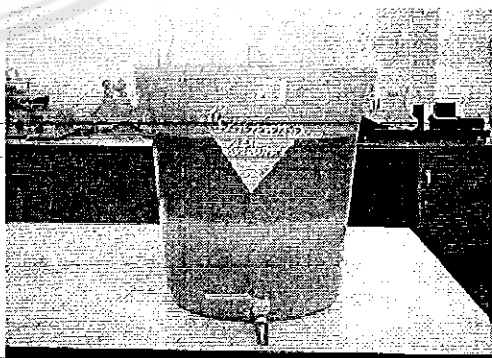
รูปที่ 3.24 แสดงน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มที่แยก
กลีเซอรอลออกแล้ว



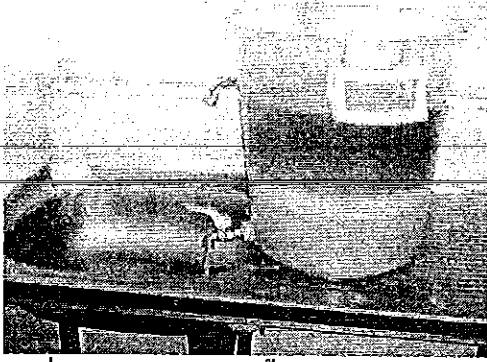
รูปที่ 3.25 แสดงเติมน้ำลงในน้ำมันไบโอดีเซลปาล์ม



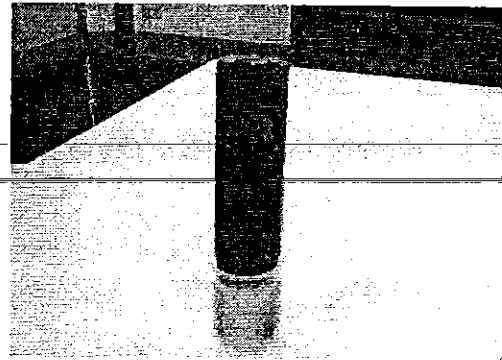
รูปที่ 3.26 แสดงคนน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มกับ
น้ำให้เข้ากัน



รูปที่ 3.27 แสดงตั้งทิ้งไว้จนเกิดการแยกชั้น



รูปที่ 3.28 แสดงปล่อยน้ำออก



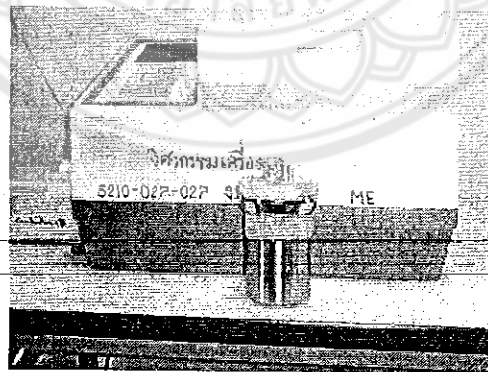
รูปที่ 3.29 แสดงวัดค่า pH ที่น้ำ

3.3 ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมัน

3.3.1 การทดสอบหาค่าความร้อน

เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์สำหรับปฏิบัติการ

- | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| - Isoperibol Bomb Calorimeter | ยี่ห้อ Parr. | รุ่น 1261 |
| - Oxygen Combustion Bomb | ยี่ห้อ Parr. | รุ่น 1108 |
| - Water Cooler | ยี่ห้อ Parr. | รุ่น 1552 |
| - Water Handling System | ยี่ห้อ Parr. | รุ่น 1563 |
| - Printer | ยี่ห้อ Mettler Toledo | |
| - Calorimeter Bucket | ยี่ห้อ Parr. | |
| - Firing Wire | ความยาว 10 cm. (ค่า Heat of Combustion = 1400 cal./g หรือ = 3.2 Cal./cm.) | |



รูปที่ 3.30 แสดง Bomb Calorimeter

ขั้นตอนการทดลอง

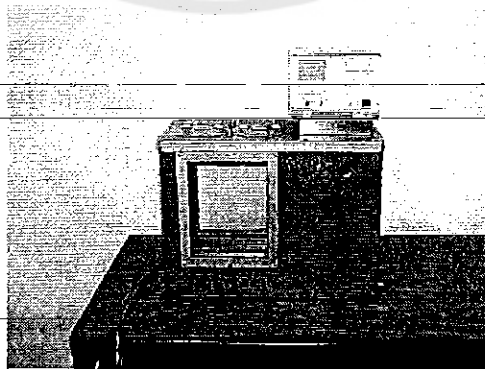
1. ชั่งน้ำหนักของน้ำมัน บันทึกค่ามวลที่ได้
2. นำน้ำมันเทใส่ใน bomb head ตัด fuse wire ยาว 10 cm. แล้วร้อยเข้าที่รูขั้วอิเล็กโทรดทั้งสอง โดยจัดให้ fuse สัมผัสกับสารตัวอย่าง เรียบร้อยแล้ว ใส่ใน body bomb
3. อัดออกซิเจน โดยเสียบที่หัวอัดเข้าที่วาล์วบรรจุบรรจุที่ bomb head แล้วกดคีย์ O₂ Fill เพื่อเริ่มทำการอัด เมื่ออัดเสร็จเครื่องจะส่งสัญญาณเสียง beep บอกรอบและหน้าจอจะหยุดกะพริบ
4. ทำการเปิดเครื่อง Isoperibol Bomb Calorimeter แล้วนำ colorimeter วางลงในเครื่อง Isoperibol Bomb Calorimeter

5. เมื่อทำการป้อนค่ามวลของน้ำมันเสร็จ เครื่องจะเริ่มทำการทดสอบสารตัวอย่าง เมื่อเผาไหม้สมบูรณ์เครื่องจะให้ตัดสัญญาณเสียง beep เครื่องจะแสดงค่าความร้อนที่คำนวณได้บนหน้าจอ
6. เมื่อสัญญาณไฟของเครื่องจะกะพริบที่ fuse ให้ป้อนค่าความยาวฟิวส์ที่ใช้ หลังจากนั้นสัญญาณไฟ sulfur จะกะพริบ ให้ป้อนค่ากรดกำมะถันที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ เมื่อป้อนข้อมูลเสร็จ เครื่องจะทำการพิมพ์ข้อมูลต่างๆ ออกมา

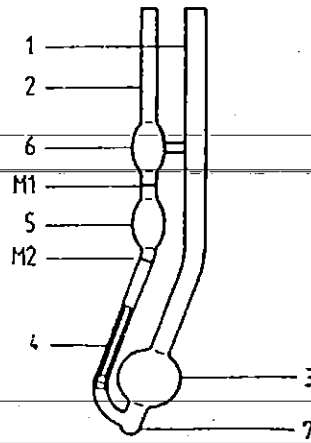
3.3.2 การทดสอบหาค่าความหนืด

เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์สำหรับปฏิบัติการ

- หลอด Cannon –Fenske Routine Viscometer ชนิดหลอดเอียง
- Thermostat ของ Schott Gerate ซึ่งมี Silicone oil เป็นตัวกลางพาความร้อน
- ถ้วยตวงแก้ว 1 ใบ
- บีเปตสำหรับวัดปริมาตรของน้ำมันหล่อลื่น ขนาด 5 มล.
- ลูกยางสำหรับดูด/ถ่ายน้ำมัน 1 ชิ้น
- นาฬิกาจับเวลา



รูปที่ 3.31 แสดง Thermostat ของ Schott Gerate



รูปที่ 3.32 แสดงลักษณะของหลอดแก้ว Cannon – Fenske

แสดงหลอดแก้ว Cannon – Fenske ประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่

- หลอดแก้ว 2 ข้าง (1) และ (2)
- แหล่งเก็บ หรือ Reservoir (3)
- ท่อ Capillary (4)
- มาตรฐานทรงกลม (5)
- ทรงกลม Pre-run (6)

ขั้นตอนการทดลอง

1. ปรับอุณหภูมิ Thermostat เป็น 40°C
2. ควมน้ำมันปริมาตร 10 มิลลิลิตร เทลงในหลอดแก้ว Cannon – Fenske
3. เมื่อเครื่องทำงานได้อุณหภูมิที่ต้องการแล้ว หย่อนหลอดแก้ว พร้อมตัวหนีบลงใน Thermostat

Bath

4. เพื่อเป็นการอุ่นน้ำมัน รอ 10 -15 นาที จากนั้นให้ใช้ลูกยางค่อยๆ ดูดของเหลวที่หลอด (2) มาให้ถึงกึ่งกลางของกระเปาะ (6) Pre – Run จากนั้นให้ปล่อยของเหลวค่อยๆ ไหลลง
5. เริ่มจับเวลาเมื่อของเหลวไหลมาถึงขีด M1 และหยุดนาฬิกาเมื่อของเหลวไหลมาถึงขีด M2

จดบันทึก

6. เปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 60, 80 และ 100°C และทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 3 จนครบอุณหภูมิที่ต้องการ

3.3.3 การทดสอบหาค่าความหนาแน่น

เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์สำหรับปฏิบัติการ

- เครื่องชั่งมวลสาร มีค่าความละเอียด 0.0001 – 100.0 กรัม
- หลอดตวงขนาด 250 มิลลิลิตร
- หลอดแก้วใส่สาร ขนาด 50 มิลลิลิตร

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำหลอดแก้วขนาด 50 มิลลิลิตร ขึ้นชั่งเพื่อหาน้ำหนักของหลอดแก้วแล้วจดบันทึก
2. ตวงน้ำมันในหลอดตวงขนาด 250 มิลลิลิตรให้ได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปใส่

หลอดแก้วเพื่อชั่ง

3. นำหลอดแก้วที่ใส่น้ำมันแล้วขึ้นชั่งแล้วจดบันทึกค่าน้ำหนักที่ได้



บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

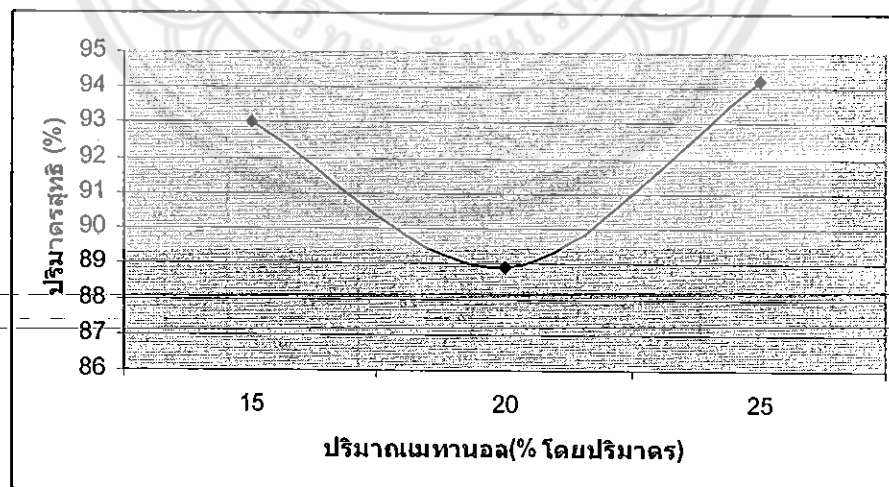
ในทุกการทดลองใช้น้ำมันปาล์มเป็นสารตั้งต้นกำหนดการทดสอบที่ความเร็วรอบคงที่ 600

รอบต่อนาที

ตารางที่ 4.1 แสดงการทดลองอุณหภูมิคงที่ที่ 45 °C สารเร่งปฏิกิริยาคงที่ที่ 0.35% โดยมวลและเวลาทำปฏิกิริยา 30 นาที

ครั้งที่	ปริมาณเมทานอล (% โดยปริมาตร)	อุณหภูมิ (องศา)	สารเร่งปฏิกิริยา (% โดยมวล)	เวลา (นาที)	ปริมาณสุทธิ (%)	pH ก่อนขจัดสารตกค้าง
1	15	45	0.35	30	93	-
2	20	45	0.35	30	88.89	10.3
3	25	45	0.35	30	94.2	8.1

กราฟที่ 4.1 แสดงการทดลองอุณหภูมิคงที่ที่ 45 °C สารเร่งปฏิกิริยาคงที่ที่ 0.35% และเวลาทำปฏิกิริยา 30 นาที



จากการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณเมทานอลในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ค่าปริมาณสุทธิที่ได้จากการทดลองในช่วง 20-25% จะลดลง แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเมทานอลในช่วง 20-25% พบว่าค่า

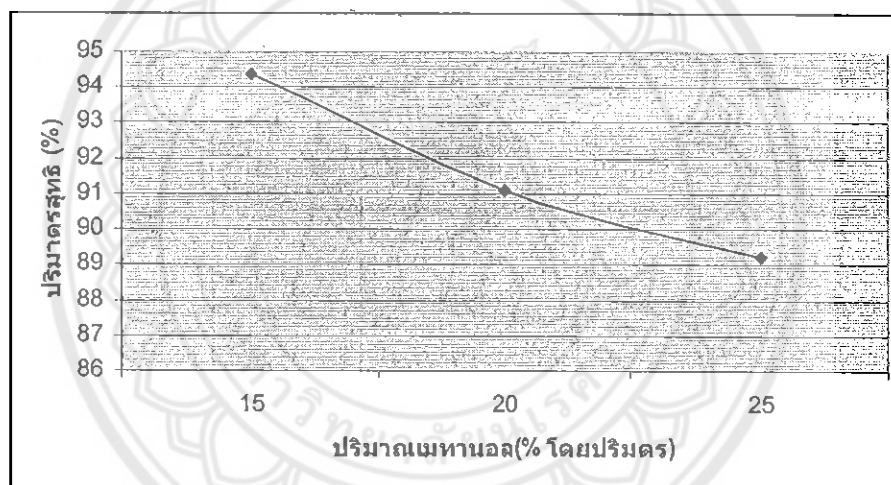
ปริมาณสุทธิเพิ่มขึ้น และปริมาณเมทานอล 25 % โดยปริมาตร จะทำให้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซล
สุทธิตั้งที่สุดคือ 94.2%

ตารางที่ 4.2 แสดงการทดลองอุณหภูมิคงที่ที่ 35°C สารเร่งปฏิกิริยาครั้งที่ 0.35% และเวลาทำ

ปฏิกิริยาครั้งที่ 30 นาที

ครั้งที่	ปริมาณเมทานอล (% โดยปริมาตร)	อุณหภูมิ (องศา)	สารเร่งปฏิกิริยา (% โดยมวล)	เวลา (นาที)	ปริมาณสุทธิ (%)	pH ก่อนขจัดสารตกค้าง
4	15	35	0.35	30	94.4	8.6
5	20	35	0.35	30	91.1	8.4
6	25	35	0.35	30	89.2	8.92

กราฟที่ 4.2 แสดงการทดลองอุณหภูมิคงที่ที่ 35°C สารเร่งปฏิกิริยาครั้งที่ 0.35% และเวลาทำ
ปฏิกิริยาครั้งที่ 30 นาที



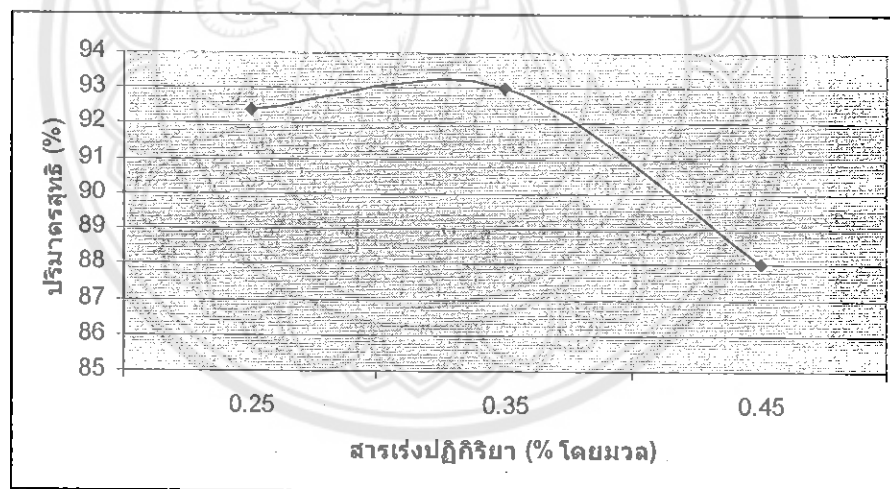
จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเมทานอล จะทำให้ปริมาณไบโอดีเซลที่ได้มีค่าน้อยลง และปริมาณเมทานอล 15% โดยปริมาตร จะทำให้ได้ปริมาณไบโอดีเซลสุทธิตั้งที่สุดคือ 94.4%

เมื่อทำการทดลองใช้ปริมาณเมทานอลในการทดลองเป็น 15 ,20 ,25% โดยปริมาตร และ อุณหภูมิในการทดลองเป็น 35 และ 45°C พบว่าการใช้ปริมาณเมทานอล 15% โดยปริมาตร และ อุณหภูมิ 35°C เป็นสัดส่วนที่ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลมากที่สุด จากนั้นจึงทำการ เปลี่ยนแปลงปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา ในการทดลองเป็น 0.25,0.35 และ 0.45% โดยมวล ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 แสดงการทดลองปริมาณเมทานอลคงที่ 15% โดยปริมาณน้ำมันปาล์ม อุณหภูมิคงที่ที่ 35 °C และเวลาทำปฏิกิริยาคงที่ที่ 30 นาที

ครั้งที่	ปริมาณเมทานอล (% โดยปริมาตร)	อุณหภูมิ (องศา)	สารเร่งปฏิกิริยา (% โดยมวล)	เวลา (นาที)	ปริมาณสุทธิ (%)	pH ก่อนขจัดสารตกค้าง
8	15	35	0.25	30	92.4	9.24
1	15	35	0.35	30	93	-
7	15	35	0.45	30	88	8.8

กราฟที่ 4.3 แสดงการทดลองปริมาณเมทานอลคงที่ 15% โดยปริมาณน้ำมันปาล์ม อุณหภูมิคงที่ที่ 35 °C และเวลาทำปฏิกิริยาคงที่ที่ 30 นาที



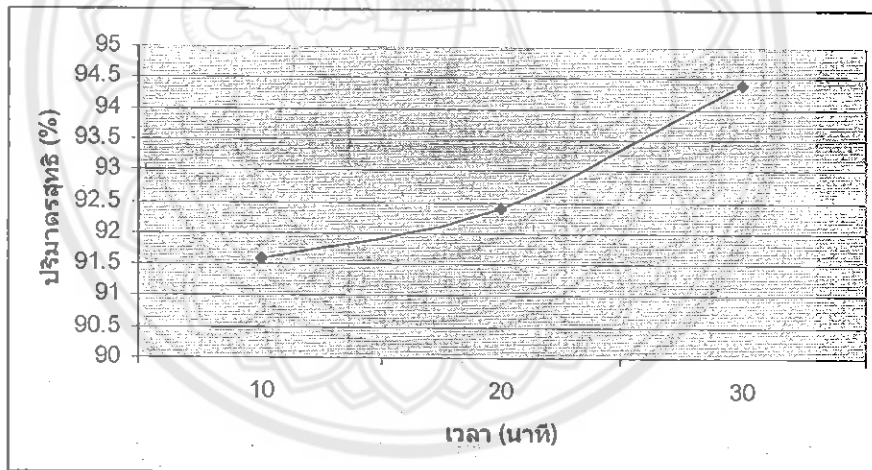
จากผลการทดลองพบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยมวลเพิ่มขึ้น ปริมาณสุทธิของน้ำมันไบโอดีเซลจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในระหว่างที่ใช้ปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.25-0.35 % โดยมวล และค่าปริมาณสุทธิมากที่สุดคือ 94.4% เมื่อใช้ปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.35% โดยมวล แต่จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณต่อไปอีก

เมื่อทำการทดลองใช้ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาในการทดลองเป็น 0.25, 0.35 และ 0.45% โดยมวล เป็นสัดส่วนที่ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลสุทธิมากที่สุด จากนั้นทำการเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยาเป็น 10, 20 และ 30 นาที ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 แสดงการทดลองปริมาณเมทานอลลงที่ 15% โดยปริมาณน้ำมันปาล์ม สารเร่งปฏิกิริยา 0.35% สารเร่งปฏิกิริยา 0.35 % โดยปริมาณน้ำมันปาล์ม

ครั้งที่	ปริมาณเมทานอล (% โดยปริมาตร)	อุณหภูมิ (องศา)	สารเร่งปฏิกิริยา (% โดยมวล)	เวลา (นาที)	ปริมาณสุทธิ (%)	pH ก่อนขจัดสารตกค้าง
10	15	35	0.35	10	91.6	8
9	15	35	0.35	20	92.4	8.3
4	15	35	0.35	30	94.4	8.6

กราฟที่ 4.4 แสดงการทดลองปริมาณเมทานอลลงที่ 15% โดยปริมาณน้ำมันปาล์ม สารเร่งปฏิกิริยา 0.35% สารเร่งปฏิกิริยา 0.35 % โดยปริมาณน้ำมันปาล์ม



จากการทดลองพบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเวลาในการกวนให้มากขึ้น จะทำให้ค่าปริมาณสุทธิของน้ำมันไบโอดีเซลมีค่าเพิ่มขึ้น โดย เวลาที่ใช้ในการทดลอง 30 นาทีจะทำให้ได้ปริมาณสุทธิมากที่สุดคือ 94.4%

จากการทดลองทั้งหมดพบว่า การทดลองโดยใช้ปริมาณเมทานอล 15% โดยปริมาตร และ ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา 0.35% โดยมวล เมื่อใช้อุณหภูมิ 35 °C พบว่าปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้ คิดเป็น 94.40% ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุด จากนั้นเมื่อทำการทดลองโดยเปลี่ยนค่าสารเร่งปฏิกิริยาเป็น 0.45% และ 0.25% โดยมวล พบว่าปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้ น้อยกว่าการใช้ปริมาณสารเร่ง 0.35% โดยมวล

เมื่อทำการเปลี่ยนค่าเวลาที่ใช้ในการทดลองเป็น 10 นาที และ 20 นาที โดยใช้ตัวแปรอื่นๆ คงเดิมคือปริมาณเมทานอล 15% โดยปริมาตร และปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา 0.35% โดยมวล เมื่อใช้อุณหภูมิ 35 °C พบว่าปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้มีค่าน้อยกว่าทำการทดลองโดยใช้เวลา 30 นาที

4.2 ผลการทดลองการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซลขนาด

พหุพา

ในกระบวนการผลิตวิธีทำการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มปริมาณ 10 ลิตรจากเครื่องผลิต น้ำมันไบโอดีเซลขนาดพหุพา ทำให้ได้น้ำมันไบโอดีเซลปาล์มที่มีค่าคุณสมบัติดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าคุณสมบัติในระหว่างกระบวนการขจัดสารตกค้าง

น้ำมันไบโอดีเซลปาล์ม	pH น้ำมันไบโอดีเซล	pHของน้ำที่ได้จากการขจัดสารตกค้าง	ค่าความหนาแน่น (kg/m ³)	ปริมาตรสุทธิ (%)
ยังไม่ผ่านขจัดสารตกค้าง	8.2	-	856.20	94.41
หลังจากขจัดสารตกค้างครั้งที่ 1	8.1	8.2	860.80	-
หลังจากขจัดสารตกค้างครั้งที่ 2	7.0	7.0	865.60	-

เมื่อทำกระบวนการขจัดสารตกค้างน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มจนได้ค่า pH ของน้ำมันไบโอดีเซลและน้ำที่ได้จากการขจัดสารตกค้างเท่ากับ 7 แล้ว นำมาวัดค่าคุณสมบัติแล้วเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลและค่ามาตรฐานได้ค่าดังนี้

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มที่ได้จากการผลิต

ชนิดของน้ำมัน	ค่าความหนาแน่น (kg/m ³)	ค่าความหนืดเชิงเปรียบเทียบ (kg/m ³)	ความหนืดเชิงจลน์ (mm ² /s ที่ 40 องศาเซลเซียส)	ความหนืดเชิงจลน์ (mm ² /s ที่ 100 องศาเซลเซียส)	ค่าความร้อน การเผาไหม้ (kJ/kg)	ค่าความร้อน การเผาไหม้เปรียบเทียบ (kJ/kg)
ดีเซล	841.89	810-870	3.43	1.73	49606.04	46800
ไบโอดีเซลปาล์ม	865.60	890	7.53	2.73	38265.93	39300

*ที่มา; เจนวนิชปัญญากุล (2525)[8]

จากตารางที่ได้กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติต่างๆ คือค่าความหนาแน่น ,ค่าความหนาแน่นมาตรฐาน ,ความหนืดเชิงจลน์ ที่ 40 °C และ 100 °C, ค่าความร้อนการเผาไหม้ และค่าความร้อนการเผาไหม้มาตรฐานของน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มที่ได้จากการผลิต ที่มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักและสามารถนำน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มมาใช้แทนน้ำมันดีเซลได้



4.3 ผลการทดลองการหาค่าคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซล

4.3.1 ผลการทดลองค่าความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซล

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองค่าความร้อนของน้ำมัน

ชนิดของน้ำมัน	Heating value (kJ /kg)	Heating value เปรียบเทียบ (kJ /kg)	ค่าความต่างเมื่อ เปรียบเทียบ(%)
1. Diesel	49606.04	46800	5.23
2. ไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าว	38538.78	-	-
3. ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม	40225.81	39300	1.86
4. ไบโอดีเซลจากน้ำมันทานตะวัน	37488.27	-	-
5. ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วจากการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป	41707.39	-	-
6. น้ำมันมะพร้าวหีบ	36578.61	-	-
7. น้ำมันสุญต์หีบ(ผ่านการกรองตะกอนแล้ว)	44382.17	39000	11.73
8. น้ำมันสุญต์หีบ(มีตะกอน)	42750.58	-	-
9. น้ำมันปาล์มหีบ(ผ่านการกรองตะกอนแล้ว)	42920.98	-	-
10. น้ำมันปาล์มหีบ(มีตะกอน)	42270.77	-	-
11. น้ำมันทานตะวัน(commercial grade)	39284.91	39490	-0.97
12. น้ำมันปาล์ม(commercial grade)	42496.44	39550	6.51
13. น้ำมันมะพร้าว(commercial grade)	40414.68	37540	6.69
14. น้ำมันถั่วเหลือง(commercial grade)	40940.54	39350	3.45
15. น้ำมันรำข้าว(commercial grade)	41412.43	-	-
16. น้ำมันพืชที่ใช้แล้วจากการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป	41915.73	-	-

*ที่มา; เจนวนิชปัญญากุล (2525)[8]

จากผลการทดลองพบว่าน้ำมันดีเซลให้ค่าความร้อนออกมาได้มากที่สุด และน้ำมันที่ให้ค่าความร้อนต่ำที่สุดคือ น้ำมันมะพร้าวหีบ ส่วนน้ำมันไบโอดีเซลที่ให้ค่าความร้อนออกมาได้ใกล้เคียงกับดีเซลที่สุดคือ ไบโอดีเซลน้ำมันพืชที่ใช้แล้วจากการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป และรองลงมาคือไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าว ส่วนไบโอดีเซลจากน้ำมันทานตะวันให้ค่าความร้อนน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อนของน้ำมันพืชกับไบโอดีเซล

ชนิดของน้ำมัน	ค่าความร้อน (kJ/kg)	น้ำมันพืช	ไบโอดีเซล	ค่าความต่างเมื่อเปรียบเทียบ(%)
1.น้ำมันรำข้าว		41412.43	38538.78	-6.93
2.น้ำมันปาล์ม		42496.44	40225.81	-5.64
3.น้ำมันทานตะวัน		39284.91	37488.27	-4.79
4.น้ำมันพืชใช้แล้วจากการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป		41915.73	41707.39	-0.49

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างค่าความร้อนของน้ำมันพืชกับไบโอดีเซลของพืชประเภทเดียวกันพบว่าค่าความร้อนที่ได้มีทั้งที่เพิ่มขึ้นและลดลงแต่ส่วนใหญ่จะมีแนวโน้มที่ลดลงเล็กน้อย



4.3.2 ผลการทดสอบค่าความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล

ตารางที่ 4-9 แสดงผลการทดลองค่าความหนืดของน้ำมัน

ชนิดของน้ำมัน	ความหนืดเชิง จลน์ (mm ² /s) ที่ 40°C	ความหนืดเชิง จลน์ (mm ² /s) ที่ 100°C	ดัชนีความหนืดที่ 40°C
1. Diesel	3.43	1.73	252.15
2. ไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าว	5.17	2.37	247.73
3. ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม	5.45	2.69	273.50
4. ไบโอดีเซลจากน้ำมันทานตะวัน	4.53	2.12	239.47
5. ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วจากการผลิต บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป	7.12	2.97	248.06
6. น้ำมันมะพร้าวหีบ	25.49	6.30	170.49
7. น้ำมันสบูดำหีบ(ผ่านการกรองตะกอนแล้ว)	35.58	8.46	159.10
8. น้ำมันสบูดำหีบ(มีตะกอน)	33.81	8.57	168.69
9. น้ำมันปาล์มหีบ(ผ่านการกรองตะกอนแล้ว)	35.01	8.32	157.54
10. น้ำมันปาล์มหีบ(มีตะกอน)	36.11	8.63	164.30
11. น้ำมันทานตะวัน (commercial grade)	36.39	8.99	166.44
12. น้ำมันปาล์ม (commercial grade)	43.01	9.35	156.90
13. น้ำมันมะพร้าว (commercial grade)	27.61	6.73	168.61
14. น้ำมันถั่วเหลือง (commercial grade)	31.93	8.92	174.68
15. น้ำมันรำข้าว (commercial grade)	39.83	8.71	157.36
16. น้ำมันพืชใช้แล้วจากการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป	40.21	9.74	164.37

จากผลการทดลองที่ได้พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิที่ Thermostat เท่ากับ 40°C พบว่าจะใช้เวลาในการไหลของน้ำมันพืชมาก แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ Thermostat ให้สูงขึ้น พบว่าการไหลของน้ำมันพืชใช้เวลาน้อยลง จากผลที่ได้ทำให้ ค่าความหนืดเชิงจลน์ ได้ผลไปในแนวทางเดียวกัน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นความหนืดเชิงจลน์จะลดลง แต่เมื่อให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ก็ทำให้การไหลของน้ำมันพืชเร็วขึ้น

น้ำมันไบโอดีเซลที่มีดัชนีความหนืด(Viscosity Index) มากที่สุดคือไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มซึ่งให้ค่าดัชนีที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลอีกด้วย และน้ำมันที่มีค่าดัชนีความหนืดต่ำสุดคือ น้ำมันทานตะวัน (comercial-grade)- ส่วนน้ำมันที่มีค่าความหนืด (Viscosity) ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลที่สุดคือไบโอดีเซลจากทานตะวัน

ตารางที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่าความหนืดของน้ำมันพืชกับไบโอดีเซล

ชนิดของน้ำมัน	ดัชนีความหนืดที่ 40°C		
	น้ำมันพืช	ไบโอดีเซล	ค่าความต่างเมื่อเปรียบเทียบ(%)
1.น้ำมันรำข้าว	157.36	247.73	63.52
2.น้ำมันปาล์ม	156.89	273.49	57.37
3.น้ำมันทานตะวัน	166.43	239.46	69.50
4.น้ำมันพืชใช้แล้วจากการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป	164.36	248.05	66.26

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างค่าดัชนีความหนืด (Viscosity Index) ของน้ำมันพืชกับไบโอดีเซลของพืชประเภทเดียวกันพบว่าเมื่อเป็นไบโอดีเซลดัชนีความหนืด (Viscosity) จะดีมากขึ้นกว่าเดิมถึง 50-75% และความหนืดจะลงน้อยลงเช่นกัน

4.3.3 ผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นของน้ำมันไบโอดีเซล

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดลองหาค่าความหนาแน่นของน้ำมัน

ชนิดของน้ำมัน	ความหนาแน่น (kg/m ³)	ค่าความหนาแน่นเปรียบเทียบ (kg/m ³)
1. Diesel	841.89	810-870
2. ไบโอดีเซลจากน้ำมันรำข้าว	868.96	-
3. ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม	870.15	890
4. ไบโอดีเซลจากน้ำมันทานตะวัน	853.76	-
5. ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วจากการผลิต บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป	872.35	-
6. น้ำมันมะพร้าวหีบ	887.67	-
7. น้ำมันสุญต์หีบ(ผ่านการกรองตะกอนแล้ว)	878.86	910
8. น้ำมันสุญต์หีบ(มีตะกอน)	881.48	-
9. น้ำมันปาล์มหีบ(ผ่านการกรองตะกอนแล้ว)	864.39	-
10. น้ำมันปาล์มหีบ(มีตะกอน)	870.74	-
11. น้ำมันทานตะวัน(commercial grade)	884.07	910
12. น้ำมันปาล์ม(commercial grade)	848.88	890
13. น้ำมันมะพร้าว(commercial grade)	880.62	910
14. น้ำมันถั่วเหลือง(commercial grade)	905.88	920
15. น้ำมันรำข้าว(commercial grade)	863.15	-
16. น้ำมันพืชใช้แล้วจากการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป	873.34	-

ที่มา; เจนวนิชปัญญากุล (2525)[8]

จากผลการทดลองพบว่าน้ำมันดีเซลมีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุดและน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าความหนาแน่นมากที่สุด ส่วนน้ำมันที่ค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกับดีเซลมากที่สุดคือไบโอดีเซลของน้ำมันทานตะวัน

ตารางที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของน้ำมันพืชกับไบโอดีเซล

ชนิดของน้ำมัน	ความหนาแน่นที่ 25°C	น้ำมันพืช	ไบโอดีเซล	ค่าความต่างเมื่อเปรียบเทียบ(%)
1.น้ำมันรำข้าว		863.15	868.96	0.67
2.น้ำมันปาล์ม		848.88	870.15	2.50
3.น้ำมันทานตะวัน		884.07	853.76	-3.42
4.น้ำมันพืชใช้แล้วจากการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป		873.34	872.35	-0.10

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างค่าความหนาแน่นของน้ำมันพืชกับไบโอดีเซลของพืชประเภทเดียวกันพบว่าการเปลี่ยนแปลงทั้งเพิ่มและลดไม่แน่นอนประมาณ $\pm 3\%$



บทที่ 5

การสรุปผลและวิเคราะห์โครงการ

5.1 สรุปการศึกษาตัวแปรที่ผลต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

น้ำมันพืชที่นำมาทำการทดลองคือน้ำมันปาล์ม เพื่อหาค่าตัวแปรต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่เหมาะสม เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาในการทำทดสอบค่าเป็นเวลา 30 นาที และใช้ความเร็วรอบของอัตราการกวนกำหนดให้คงที่ ที่ 600 รอบต่อนาที พบว่า เมทานอลปริมาณ 15% ของน้ำมันพืช เมื่อใช้สารเร่งปฏิกิริยา (NaOH) 0.35% โดยมวล ที่อุณหภูมิ 35 °C จะให้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลเท่ากับ 94.40% ซึ่งมากกว่าปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ทำการทดลองโดยใช้ปริมาณตัวแปรอื่นๆ

5.2 สรุปการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มจากเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดพกพา

ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มที่ได้มีค่าความหนาแน่น 865.60 kg/m³ ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความหนาแน่นของน้ำมันดีเซล 841.89 kg/m³ แต่มีค่าแตกต่างกับค่าความหนาแน่นมาตรฐานของน้ำมันไบโอดีเซลปาล์ม 890 kg/m³ เพียงเล็กน้อย ส่วนค่าความหนืดเชิงจลน์ที่อุณหภูมิ 40 และ 100 °C ของน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มคือ 7.53 mm²/s และ 2.73 mm²/s ตามลำดับมีค่ามากกว่าค่าความหนืดเชิงจลน์ของน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิ 40 และ 100 องศาเซลเซียสคือ 3.43 mm²/s และ 1.73 mm²/s ตามลำดับ แต่ค่าความร้อนการเผาไหม้ของน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มคือ 38265.93 kJ/kg มีค่าน้อยกว่าค่าความร้อนการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซลซึ่งเท่ากับ 49606.04 kJ/kg และใกล้เคียงกับค่าความร้อนการเผาไหม้ของน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มที่มาตรฐานคือ 39300 kJ/kg มีผลทำให้การเผาไหม้ของน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มเกิดปริมาณความร้อนและความคล่องตัวในการไหลของน้ำมันน้อยกว่า ซึ่งมีความแตกต่างเพียงเล็กน้อยและสามารถนำมาใช้ในทางปฏิบัติได้จริง

5.3 สรุปการศึกษาค่าคุณสมบัติของน้ำมัน

น้ำมันที่ต่างชนิดกันได้ส่งผลให้ค่าความร้อนที่ได้ออกมาที่มีค่าที่ต่างกัน โดยไบโอดีเซลของน้ำมันพืชใช้แล้วจากการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปได้ให้ค่าความร้อนออกมาได้มากและใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด และค่าความร้อนที่ได้นั้นต่างกันเพียงเล็กน้อย (-15.92%) และพบว่าน้ำมันทานตะวันเมื่อนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซลแล้วจะให้ค่าความร้อนออกมาน้อยที่สุดและเมื่อ

เปรียบเทียบกันระหว่างค่าความร้อนของน้ำมันพืชกับไบโอดีเซลของพืชประเภทเดียวกันพบว่าค่าความร้อนที่ได้ส่วนใหญ่จะมีแนวโน้มที่ลดลงเล็กน้อย

ในส่วน of ดัชนีความหนืด (Viscosity-Index) พบว่าน้ำมันน้ำมันไบโอดีเซลที่มีดัชนีความหนืดมากที่สุดคือไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มซึ่งให้ค่าดัชนีที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลอีกด้วย (+8.46%) และน้ำมันไบโอดีเซลทานตะวันนั้นพบว่ามีความหนืดที่น้อยที่สุดและเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างค่าดัชนีความหนืดของน้ำมันพืชกับไบโอดีเซลของพืชประเภทเดียวกันพบว่าเมื่อเป็นไบโอดีเซลดัชนีความหนืดจะตีมากขึ้นกว่าเดิมถึง 50-70%

ความหนาแน่นของไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ค่ำมากที่สุด ส่วนน้ำมันที่ค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกับดีเซลมากที่สุดคือไบโอดีเซลของน้ำมันทานตะวัน (+1.41%) และความหนาแน่นของน้ำมันเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างค่าความหนาแน่นของน้ำมันพืชกับไบโอดีเซลของพืชประเภทเดียวกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ($\pm 3\%$)

5.4 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาตรของน้ำมันยังมีความละเอียดน้อยกว่าที่ควรทำให้การตรวจวัดเป็นไปได้ยาก อาจเป็นผลให้ค่าที่ได้จากการทดลองมีการคลาดเคลื่อนเล็กน้อย ซึ่งหากมีอุปกรณ์และเครื่องมือที่เหมาะสมแล้วก็จะสามารถทำให้ผลการทดลองที่ได้มีความเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น
2. ความหนืดของน้ำมันบางตัวมีค่าสูงทำให้การเทน้ำมันออกจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดเป็นไปได้ยากและอาจมีน้ำมันหลงเหลือในอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดทำให้ได้น้ำมันน้อยกว่าปริมาตรที่ทำการตรวจวัดเล็กน้อย ซึ่งการถ่ายโอนน้ำมันควรทำให้เหลือตกค้างน้อยที่สุด
3. ในเครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบขนาดพกพา ดังที่ใช้ผลิตหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตแล้วทำการเก็บรักษาไว้ เมื่อนำมาใช้ในการผลิตครั้งต่อมาพบว่ามีสนิมเกิดขึ้นภายในดังที่ใช้ผลิตแม้ว่าได้ซ้โลมน้ำมันไว้แล้วก็ตาม ทำให้ต้องมีการขัดล้างใหม่ทุกครั้งก่อนทำการผลิต ซึ่งหากมีการเปลี่ยนถังที่ใช้ผลิตเป็นวัสดุที่ไม่เกิดสนิม เช่น อลูมิเนียมหรือสแตนเลสสตีล ก็จะแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้

บรรณานุกรม

1. Roger A. Korus. Transesterification process to manufacture ethyl ester of rape oil,
Department of Chemical Engineering , University of Idaho, Moscow
2. www.scisoc.or.th/stt/28/web/content/C_03/C24.htm
3. www.scisoc.or.th/stt/28/web/content/C_03/C22.htm
4. Chales L. Peterson and Dick L. Auld. Technical overview of vegetable oil as a transportation fuel, Vol.12, Solid Fuel Conversion for the Transportation Sector ASME 1991.
5. <http://www.nsm.or.th/modules.php?name=News&file=print&sid=116>
6. www2.dede.go.th/News/plam.pdf
7. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สถิติการเพาะปลูกของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2546/2546., หจก.ไอเคีย สแควร์
8. พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล. แนวคิดและความก้าวหน้าของการใช้น้ำมันพืชเป็นพลังงานทดแทนกับเครื่องยนต์ดีเซล โดย และ สุภัทรา มั่นสกุล วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 14 (4) : 157 - 163 (2524)
9. คณะกรรมาธิการการพลังงาน สภาผู้แทนราษฎร. พลังงานทดแทนเอทานอลและไบโอดีเซล, บริษัท แปลน พรินท์ติ้ง จำกัด, ธันวาคม 2545
10. http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=90&i2=10000
11. คู่มือปฏิบัติการ Laboratory for mechanical engineers I
12. คู่มือปฏิบัติการ Laboratory for mechanical engineers II
13. <http://www.energy.go.th/th/forumDetail.asp?topicID=106&page=2&keyword=>
14. <http://www.most.go.th/news/newspaper/default.asp?GID=54>
15. <http://www.asoke.info/09Communication/DharmaPublicize/Kid/k170/065.html>





ตัวอย่างการคำนวณ

- การคำนวณความหนืดเชิงจลน์ใช้สมการ

$$v = Kxt$$

โดยที่ค่า K เป็นค่าคงที่ของหลอดแก้ว Canon - Fenske Routine Viscometer ที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งในการทดลองนี้หลอดแก้วผลิตโดยบริษัท Schott Gerate และมี Tube capillary number 200 ซึ่งมีค่า K เป็น 0.1062

- การคำนวณค่า VI (Viscosity Index) คำนวณได้จากสมการ

$$VI = \frac{L-U}{L-H} \times 100\%$$

โดยค่า U คือความหนืดเชิงจลน์ที่ 40 °C ของน้ำมันที่ต้องการหาค่า VI ซึ่งค่า L และ H สามารถเปิดและ Interpolate ได้จากตารางเลขเพราะในน้ำมันหล่อลื่นที่ 100 °C จะมีค่าน้อยกว่า 70 mm²/s ซึ่งสามารถใช้ค่า L และ H จากตารางที่ 3

- ความหนาแน่นของน้ำมันหาได้จาก

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{น้ำหนักมวลสาร/ปริมาตร}}$$

ตัวอย่าง หาค่าความหนืดของไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม

จากการทดลองจับเวลาการไหลของน้ำมันในหลอด Cannon - Fenske Routine Viscometer ได้ 25.33 วินาที ค่า K ของหลอด Viscometer เป็น 0.1062 จะได้

$$\therefore v = Kxt = 0.1062 \times 51.33 = 5.451246 \text{ mm}^2/\text{s} \text{ ที่ } 40^\circ\text{C}$$

$$\therefore v = Kxt = 0.1062 \times 25.33 = 2.690046 \text{ mm}^2/\text{s} \text{ ที่ } 100^\circ\text{C}$$

นำค่าที่ได้ไปเปิดตารางที่ 3 ได้ค่า L = 12.9213 H = 10.189977 จะได้

$$\therefore VI = \frac{L-U}{L-H} \times 100\% = \frac{12.9213 - 5.4512}{12.9213 - 10.1899} \times 100\% = 273.49$$

ตัวอย่าง -หาค่าความหนาแน่นของไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม

น้ำหนักน้ำมันของไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม 50 มิลลิลิตร เท่ากับ 43.51 กรัม จะได้

$$\therefore \text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{น้ำหนักมวลสาร/ปริมาตร}}{\times 1000}$$

$$= \frac{43.51}{50} \times 1000 = 870.2 \text{ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร}$$

ภาคผนวก ข. ตารางประกอบการคำนวณหาค่าความหนืดของน้ำมัน



ตารางที่ ก.1 ประกอบการกำหนดค่าความหนืด

Table 1 Basic Values for L and H for Kinematic Viscosity in 40-100°C System

Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)	Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)		Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)		Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)		Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)		Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)							
	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H						
2.00	7.994	6.394	7.00	48.57	12.0	201.9	108.0	17.0	369.4	180.2	683.9	24.0	301.8	42.5	1935	714.9
2.10	8.640	6.894	7.10	49.61	12.1	204.8	109.4	17.1	373.3	181.7	694.5	24.2	305.6	43.0	1978	728.2
2.20	9.309	7.410	7.20	50.69	12.2	207.8	110.7	17.2	377.1	183.3	704.2	24.4	309.4	43.5	2021	741.3
2.30	10.00	7.944	7.30	51.78	12.3	210.7	112.0	17.3	381.0	184.9	714.9	24.6	313.0	44.0	2064	754.4
2.40	10.71	8.496	7.40	52.88	12.4	213.6	113.3	17.4	384.9	186.5	725.7	24.8	317.0	44.5	2108	767.5
2.50	11.45	9.063	7.5	53.98	12.5	216.6	114.7	17.5	388.9	188.1	736.5	25.0	320.9	45.0	2152	780.9
2.60	12.21	9.647	7.6	55.09	12.6	219.6	116.0	17.6	392.7	189.7	747.2	25.2	324.9	45.5	2197	794.5
2.70	13.00	10.25	7.7	56.20	12.7	222.5	117.4	17.7	396.7	191.3	758.2	25.4	328.8	46.0	2243	808.2
2.80	13.80	10.87	7.8	57.31	12.8	225.7	118.7	17.8	400.7	192.9	769.3	25.6	332.7	46.5	2288	821.9
2.90	14.63	11.50	7.9	58.45	12.9	228.8	120.1	17.9	404.6	194.6	779.7	25.8	336.7	47.0	2333	835.5
3.00	15.49	12.15	8.0	59.60	13.0	231.9	121.5	18.0	408.6	196.2	790.4	26.0	340.5	47.5	2380	849.2
3.10	16.36	12.82	8.1	60.74	13.1	235.0	122.9	18.1	412.6	197.8	801.6	26.2	344.4	48.0	2426	863.0
3.20	17.26	13.51	8.2	61.89	13.2	238.1	124.2	18.2	416.7	199.4	812.8	26.4	348.4	48.5	2471	876.9
3.30	18.18	14.21	8.3	63.05	13.3	241.2	125.6	18.3	420.7	201.0	824.1	26.6	352.3	49.0	2521	890.9
3.40	19.12	14.93	8.4	64.18	13.4	244.3	127.0	18.4	424.9	202.6	835.5	26.8	356.4	49.5	2570	905.3

ตารางที่ ก.1 ประกอบการกำหนดค่าความหนืด (ต่อ)

Table 1 Basic Values for I and II for Kinematic Viscosity in 40-100°C System (ต่อ)

Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)	Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)		Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)		Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)		Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)		Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)							
	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H						
3.50	20.02	15.66	8.5	65.32	13.5	247.4	128.4	18.5	429.0	204.3	27.0	847.0	360.5	50.0	2618	919.6
3.60	21.08	16.42	8.6	66.48	13.6	250.6	129.8	18.6	433.2	205.9	27.2	857.5	364.6	50.5	2667	933.6
3.70	22.09	17.19	8.7	67.64	13.7	253.8	131.2	18.7	437.3	207.6	27.4	869.0	368.3	51.0	2717	948.2
3.80	23.13	17.97	8.8	68.79	13.8	257.0	132.6	18.8	441.5	209.3	27.6	880.6	372.3	51.5	2767	962.9
3.90	24.19	18.77	8.9	69.94	13.9	260.1	134.0	18.9	445.7	211.0	27.8	892.3	376.4	52.0	2817	977.5
4.00	25.32	19.56	9.00	71.10	14.0	263.3	135.4	19.0	449.9	212.7	28.0	904.1	380.6	52.5	2867	992.1
4.10	26.50	20.37	9.10	72.27	14.1	266.6	136.8	19.1	454.2	214.4	28.2	915.8	384.6	53.0	2918	1007
4.20	27.75	21.21	9.20	73.47	14.2	269.8	138.2	19.2	458.4	216.1	28.4	927.6	388.8	53.5	2969	1021
4.30	29.07	22.05	9.30	74.57	14.3	273.0	139.6	19.3	462.7	217.7	28.6	938.6	393.0	54.0	3020	1036
4.40	30.48	22.92	9.40	75.73	14.4	276.3	141.0	19.4	467.0	219.4	28.8	951.2	396.6	54.5	3073	1051
4.50	31.96	23.81	9.50	76.91	14.5	279.6	142.4	19.5	471.3	221.1	29.0	963.4	401.1	55.0	3126	1066
4.60	33.52	24.71	9.60	78.08	14.6	283.0	143.9	19.6	475.7	222.8	29.2	975.4	405.3	55.5	3180	1082
4.70	35.13	25.63	9.70	79.27	14.7	286.4	145.3	19.7	479.7	224.5	29.4	987.1	409.5	56.0	3233	1097
4.80	36.79	26.57	9.80	80.45	14.8	289.7	146.8	19.8	483.9	226.2	29.6	998.9	413.5	56.5	3286	1112
4.90	38.50	27.53	9.90	81.67	14.9	293.0	148.2	19.9	488.6	227.7	29.8	1011	417.6	57.0	3340	1127

ตารางที่ ก.1 ประกอบการกำหนดค่าความหนืด (ต่อ)

Table ก.1 Basic Values for I and II (a) Kinematic Viscosity in 40-100°C System (ต่อ)

Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)	Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)		Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)		Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)		Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)		Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)		Kinematic Viscosity at 100°C, cSt (mm ² /s)	
	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
5.00	40.23	28.49	10.0	82.87	15.0	149.7	20.0	229.5	25.0	296.5	30.0	493.2
5.10	41.99	29.46	10.1	84.08	15.1	151.2	20.2	233.0	25.2	300.0	30.5	501.5
5.20	43.76	30.43	10.2	85.30	15.2	152.6	20.4	236.4	25.4	303.4	31.0	510.8
5.30	45.53	31.40	10.3	86.51	15.3	154.1	20.6	240.1	25.6	306.9	31.5	519.9
5.40	47.31	32.37	10.4	87.72	15.4	155.6	20.8	243.5	25.8	310.3	32.0	528.8
5.50	49.09	33.34	10.5	88.95	15.5	157.0	21.0	247.1	26.0	313.9	32.5	538.4
5.60	50.87	34.32	10.6	90.19	15.6	158.6	21.2	250.7	26.2	317.5	33.0	547.5
5.70	52.64	35.29	10.7	91.40	15.7	160.1	21.4	254.2	26.4	321.1	33.5	556.7
5.80	54.42	36.26	10.8	92.65	15.8	161.6	21.6	257.8	26.6	324.6	34.0	566.4
5.90	56.20	37.23	10.9	93.92	15.9	163.1	21.8	261.5	26.8	328.3	34.5	575.6
6.00	57.97	38.19	11.0	95.19	16.0	164.6	22.0	264.9	27.0	331.9	35.0	585.5
6.10	59.74	39.17	11.1	96.45	16.1	166.1	22.2	268.6	27.2	335.5	35.5	595.0
6.20	61.52	40.15	11.2	97.71	16.2	167.7	22.4	272.3	27.4	339.2	36.0	604.3
6.30	63.32	41.13	11.3	98.97	16.3	169.2	22.6	275.8	27.6	342.9	36.5	614.2
6.40	65.18	42.14	11.4	100.2	16.4	170.7	22.8	279.6	27.8	346.6	37.0	624.1

ตารางที่ ก.1 ประกอบการคำนวณหาความหนืด (ต่อ)

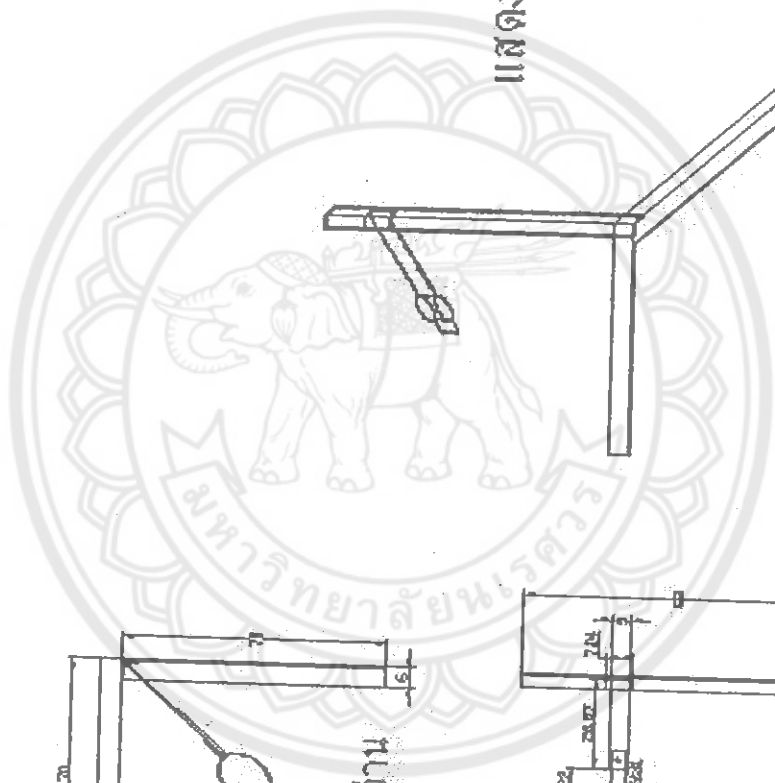
Table 1 Basic Values for I, and II for Kinematic Viscosity in 40-100 °C System (ต่อ)

Kinematic Viscosity at 100 °C, cSt (mm ² /s)	I	H	Kinematic Viscosity at 100 °C, cSt (mm ² /s)		L	H	Kinematic Viscosity at 100 °C, cSt (mm ² /s)		L	H	Kinematic Viscosity at 100 °C, cSt (mm ² /s)		L	H			
			L	H			L	H			L	H					
6.50	67.12	43.18	11.5	187.6	101.5	16.5	350.3	172.3	23.0	633.6	283.3	37.5	1538	591.3	65.0	4268	1386
6.60	69.16	44.24	11.6	190.4	102.8	16.6	354.1	173.8	23.2	643.4	286.8	38.0	1575	603.1	65.5	4329	1402
6.70	71.29	45.33	11.7	193.3	104.1	16.7	358.0	175.4	23.4	653.6	290.5	38.5	1613	615.0	66.0	4392	1419
6.80	73.48	46.44	11.8	196.2	105.4	16.8	361.7	177.0	23.6	663.3	294.4	39.0	1651	627.1	66.5	4455	1436
6.90	75.72	47.51	11.9	199.0	106.7	16.9	365.6	178.6	23.8	673.7	297.9	39.5	1691	639.2	67.0	4517	1454
									40.0			40.0	1730	651.8	67.5	4580	1471
									40.5			40.5	1770	664.2	68.0	4645	1488
									41.0			41.0	1810	676.6	68.5	4709	1506
									41.5			41.5	1851	689.1	69.0	4773	1523
									42.0			42.0	1892	701.9	69.5	4839	1541
															70.0	4905	1558



ภาคผนวก ค.การออกแบบเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดพกพา

แสดงขนาดในหน่วยเซนติเมตร



Top View

ท่งใส่ถ่าน

Side View

FACULTY OF ENGINEERING
NARESUAN UNIVERSITY

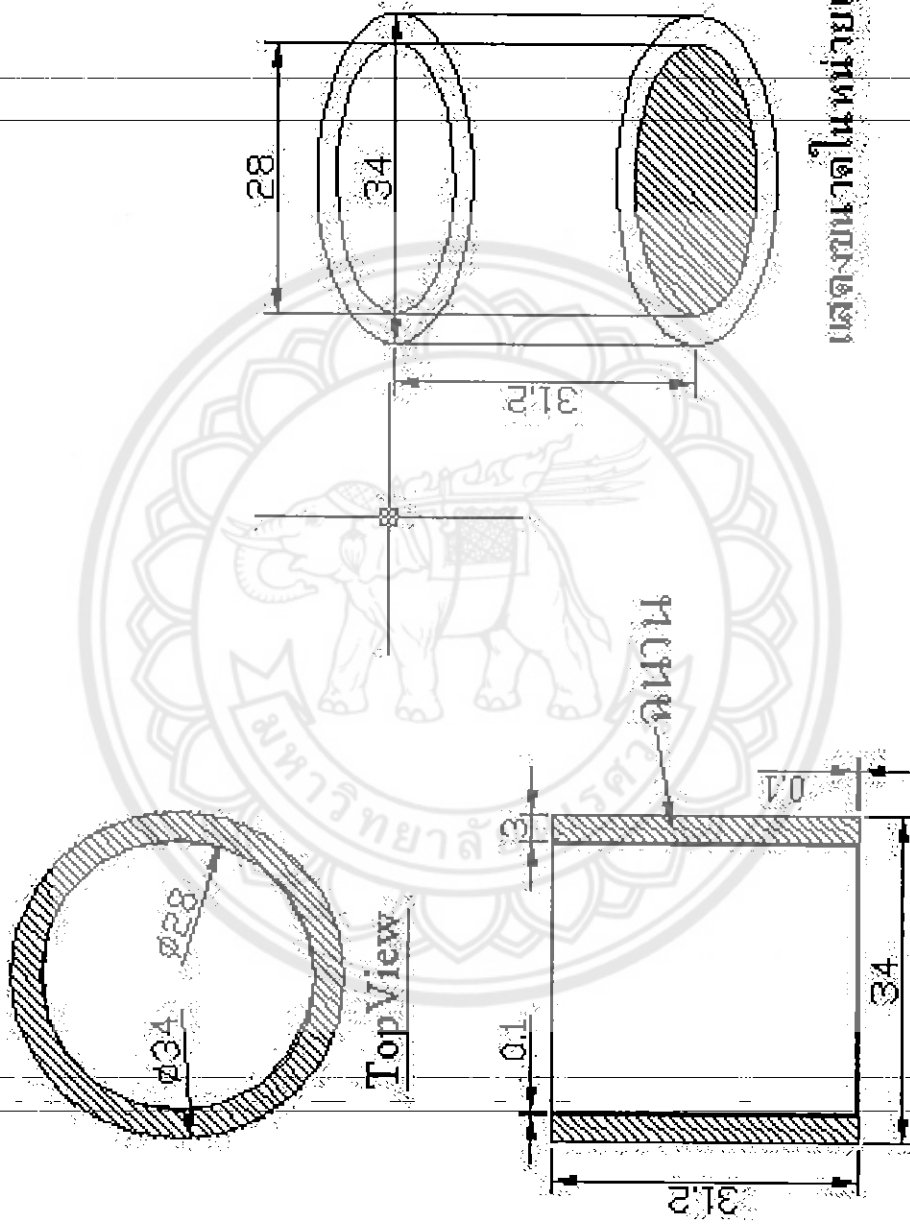
แสดงรูปโครงที่ใช้บางส่วน

PROJECT
DATE 23/10/06

PLATE 1/2
SCALE 1:20

Mr. Uthairak Jiraprasit
Mr. Kamnol Chaiyaporn

DN BY:



วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต	PROJECT: PLATE 2/2	SCALE: 1:15
	DATE: 23/10/06	DN BY:
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต	FACULTY OF ENGINEERING MAHESUTHAJAKUNIVERSITY	

ประวัติผู้ทำโครงการ

ชื่อ นาย อุดมศักดิ์ จันทร์ปาน
 วันเกิด 7 ตุลาคม 2527
 ที่อยู่ 10 หมู่ 4 ต.หนองกะท้าว อ.นครไทย จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษาปีที่ 6	โรงเรียนบ้านหนองกะท้าว	จ.พิษณุโลก
มัธยมศึกษาปีที่ 3	โรงเรียนบ้านหนองกะท้าว	จ.พิษณุโลก
มัธยมศึกษาปีที่ 6	โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม	จ.พิษณุโลก
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยนเรศวร	จ.พิษณุโลก

ชื่อ นางสาว รัฐศิริ นวลศิริ
 วันเกิด 6 มิถุนายน 2527
 ที่อยู่ 450/3 ถ.มิตรภาพ 2 อ.วังทอง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษาปีที่ 6	โรงเรียนอนุบาลพิษณุโลก	จ.พิษณุโลก
มัธยมศึกษาปีที่ 3	โรงเรียนเฉลิมขวัญสตรีพิษณุโลก	จ.พิษณุโลก
มัธยมศึกษาปีที่ 6	โรงเรียนเฉลิมขวัญสตรีพิษณุโลก	จ.พิษณุโลก
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยนเรศวร	จ.พิษณุโลก

ชื่อ นาย เนรมิต ทองเอี่ยม
 วันเกิด 12 กันยายน 2527
 ที่อยู่ 62/7 หมู่ 5 ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษาปีที่ 6	โรงเรียนอนุบาลโรจนวิทย์	จ.พิษณุโลก
มัธยมศึกษาปีที่ 3	โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม	จ.พิษณุโลก
มัธยมศึกษาปีที่ 6	โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม	จ.พิษณุโลก
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยนเรศวร	จ.พิษณุโลก