ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาด 50 ลิตร

Design and construct 50 liters biodiesel reactor for used oil

นายดนฤทธิ์ โรจน์ปาน

นายวรวิทย์ บุญวัฒน์

นายอภินันท์ ปรีชาวรพันธ์

I 508032

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ...../...../.....
เลขทะเบียน 5200053
เลขเรียกหนังสือ.....
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2550

ใบรับรองโครงงาน

หัวข้อโครงงาน : ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาด 50 ลิตร

: Design and construct 50 liters biodiesel reactor for used oil

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายดนฤทธิ์ โรจน์ป่าน รหัสประจำตัวนิสิต 47362843

: นายวรวิทย์ บุญวัฒน์ รหัสประจำตัวนิสิต 47363015

: นายอภินันท์ ปรีชาวรพันธ์ รหัสประจำตัวนิสิต 47363155

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2550

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงาน

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ สิทธิโชค ผูกพันธุ์)

.....กรรมการ

(ดร. ภาณุ พุทธวงศ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปฐมศก วิไลพล)

หัวข้อโครงงาน	: ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาด 50 ลิตร
	: Design and construct 50 liters biodiesel reactor for used oil
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นายดนฤทธิ์ โรจน์ปาน รหัสประจำตัวนิสิต 47362843
	: นายวรวิทย์ บุญวัฒน์ รหัสประจำตัวนิสิต 47363015
	: นายอภินันท์ ปรีชาวรพันธ์ รหัสประจำตัวนิสิต 47363155
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	: อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	: 2550

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ทำการศึกษาความเหมาะสมของตัวแปรต่างๆในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว 2 แหล่ง คือ น้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหาร และ น้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อออกแบบและสร้างถังผลิตน้ำมันไบโอดีเซลต้นแบบขนาด 50 ลิตร โดยพบว่าค่าตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่เหมาะสม เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาทำการทดสอบเป็นเวลา 20 นาที ในกรณีน้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหารพบว่า เมทานอลปริมาณ 15% โดยปริมาตร เมื่อใช้สารปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 6.3 กรัม จะให้ปริมาณเอสเทอร์เท่ากับ 85.65 % ซึ่งมากกว่าปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากร้านอาหารที่ทำการทดลองโดยใช้ปริมาณตัวแปรอื่นๆ ในกรณีน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนยพบว่า เมทานอลปริมาณ 15% โดยปริมาตร เมื่อใช้สารปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 8.5 กรัมจะให้ปริมาณเอสเทอร์เท่ากับ 86.95 % ซึ่งมากกว่าปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านการทอดกล้วยอบเนยจากที่ทำการทดลองโดยใช้ปริมาณตัวแปรอื่นๆ คุณสมบัติต่างๆเช่น ความหนาแน่น ความหนืดเชิงจลน์ น้ำมันไบโอดีเซลจากการทอดกล้วยอบเนยให้ค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด ส่วนค่าความร้อนจากการเผาไหม้นั้นน้ำมันไบโอดีเซลจากร้านอาหารให้ค่าความร้อนใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลที่มากสุด จากการทดลองผลิตโดยเครื่องต้นแบบพบว่าสามารถผลิตไบโอดีเซลซึ่งสามารถนำไปใช้ได้จริงโดยใช้เวลาทั้งหมด 72 ชั่วโมงสามารถผลิตไบโอดีเซลได้ 50 ลิตร

Project Title	: Design and construct 50 liters biodiesel reactor for used oil	
Name	: Mr. Donnarit Roteparn	code : 47362843
	: Mr. Worravit Boonwat	code 47363015
	: Mr. Apinan Phreechaworapan	code 47363155
Project Advision	: Mr. Sittichoke Pookpunt	
Department	: Mechanical Engineering	
Academic Year	: 2007	

Abstract

This project studied about the optimize reactants in biodiesel production from 2 sources of used oil. The first one was from restaurant and another was from fried bananas chip. The data that took from 1 liter experimentals was used to design and construct 50 liters biodiesel reactor. The affects on the process of biodiesel production was based on 20 minutes in reaction. The used oil from the restaurant that reacted with Methanol 15%W/V by using potassium hydroxide (KOH) 6.3 g for catalyst produced ester 85.65%. This was the most yield for used oil from restaurant which experiment by other reactant ratio. Moreover the used oil from fried bananas chip that reacted with methanol 15%W/V by using potassium hydroxide (KOH) 8.5 g for catalyst produced ester 86.95%. This was the most yield for used oil from fried bananas chip which experiment by other reactant ratio. This project also studied about the properties such as density, viscosity and heading value. The study found that the properties were insignificant different between biodiesel from both used oil and diesel. Finally This project designed and constructed the prototype of biodiesel reactor. The designed reactor can product 50 liter in 72 hours. The product of reactor can be applied to use as fuel.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาด 50 ลิตรสำเร็จได้ด้วยดีนั้น ทางคณะผู้ดำเนินโครงงานต้องขอบพระคุณบิดามารดาที่ให้การสนับสนุนด้านการเงินและเป็นกำลังใจตลอดมา , อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่คอยให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนเป็นอย่างดี ในการทำโครงงาน , ขอบคุณภาควิชา เครื่องกลที่ให้ใช้ตึกเพื่อการทดลองและสร้างถังน้ำมัน รวมถึงอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยให้ความคิดเห็น และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้คำปรึกษาและมีส่วนช่วยเหลือในโครงงานฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คณะผู้ดำเนินโครงงาน

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงาน	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ช
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract)	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
สารบัญกราฟ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 งบประมาณที่ใช้	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 สถานการณ์พืชน้ำมันในประเทศไทย	5
2.2 สารตั้งต้นในการผลิต	5
2.3 กระบวนการทรานเอสเตอริฟิเคชั่น	7
2.4 การไทเทรต	8
2.5 การขจัดสารตกค้าง	9
2.6 กระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล	10
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว	11
3.2 การศึกษาคุณสมบัติน้ำมัน	14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซล 18

4.2 ผลการทดสอบค่าความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล 24

4.3 ผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่น 25

4.4 ผลการทดลองหาค่าความร้อนของไบโอดีเซล 25

4.5 วิเคราะห์ผลการทดลองหาตัวแปรที่เหมาะสมต่อการผลิตไบโอดีเซล 26

บทที่ 5 การออกแบบและทดสอบ

5.1 แนวคิดในการออกแบบ 29

5.2 การเลือกอุปกรณ์และเหตุผล 30

5.3 ขั้นตอนในการสร้าง 34

5.4 การทดลองผลิตไบโอดีเซลจากเครื่องต้นแบบ 40

5.5 วิเคราะห์ผลการทดลองการผลิตไบโอดีเซลจากเครื่องต้นแบบ 45

5.6 รายงานการตรวจสอบ 46

บทที่ 6 การออกแบบและทดสอบ

5.1 สรุปการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร 47

5.2 สรุปการทดสอบเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาด 50 ลิตร 47

5.3 ปัญหาและข้อเสนอแนะ 48

บรรณานุกรม 50

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ตัวอย่างการคำนวณ 53

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณการผลิตพืชน้ำมันของประเทศไทย(พันตัน)	5
ตารางที่ 2.2 แสดงสถิติการใช้น้ำมันพืชในประเทศไทย	6
ตารางที่ 2.3 แสดงสมบัติและองค์ประกอบของกรดไขมันหลักของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ	7
ตารางที่ 4.1 แสดงการทดลองสารเร่งปฏิกิริยาคงที่ที่ 7 กรัม	18
ตารางที่ 4.2 แสดงการทดลองเมื่อปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาลดลง 10%	19
ตารางที่ 4.3 แสดงการทดลองเมื่อสารเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น 10%	19
ตารางที่ 4.4 แสดงการทดลองเมื่อใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นสารเร่งปฏิกิริยา	20
ตารางที่ 4.5 แสดงการทดลองสารเร่งปฏิกิริยาคงที่ที่ 7.7 กรัม	21
ตารางที่ 4.6 การทดลองเมื่อปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาลดลง 10%	21
ตารางที่ 4.7 แสดงการทดลองเมื่อสารเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น 10%	22
ตารางที่ 4.8 การทดลองสารเร่งปฏิกิริยาคงที่ที่ 5 กรัม	23
ตารางที่ 4.9 การทดลองเมื่อปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาลดลง 10%	23
ตารางที่ 4.10 การทดลองเมื่อปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น 10%	23
ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดลองค่าความหนืดของไบโอดีเซล	24
ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดลองค่าความหนาแน่นของไบโอดีเซล	25
ตารางที่ 4.13 แสดงผลการทดลองค่าความร้อนของไบโอดีเซล	25
ตารางที่ 4.14 แสดงสัดส่วนสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหาร	27
ตารางที่ 4.15 แสดงสัดส่วนสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับทำไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย	28
ตารางที่ 5.1 แสดงอัตตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตไบโอดีเซลด้วยเครื่องต้นแบบ	40
ตารางที่ 5.2 แสดงผลการผลิตไบโอดีเซลด้วยเครื่องต้นแบบ	45

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงปฏิกิริยาการเกิดไบโอดีเซล	8
รูปที่ 2.2 แสดงผังการผลิตไบโอดีเซลในกระบวนการ Batch Process	10
รูปที่ 3.1 แสดงเตาไฟฟ้าและชุดเครื่องผลิตไบโอดีเซล	11
รูปที่ 3.2 แสดงเครื่อง Isoperibol Bomb Calorimeter	15
รูปที่ 3.3 แสดงเครื่อง Thermosta ของ Schott Gerate	15
รูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบสำคัญของหลอดแก้ว Cannon – Fenske	16
รูปที่ 3.5 แสดงหลอดแก้ว Cannon – Fenske	16
รูปที่ 3.6 เครื่องชั่งมวลสาร	17
รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณเอสเตอร์จากการทดลองสารเร่งปฏิกิริยา KOH คงที่ที่ 7 กรัมปริมาณเมทานอลที่ 20,15,10 % โดยปริมาตร	18
รูปที่ 4.2 แสดงปริมาณเอสเตอร์จากการทดลองสารเร่งปฏิกิริยา NaOH คงที่ที่ 5.5 กรัมปริมาณเมทานอลที่ 20,15,10 % โดยปริมาตร	20
รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณเอสเตอร์จากการทดลองสารเร่งปฏิกิริยา KOH คงที่ที่ 7.7 กรัมปริมาณเมทานอลที่ 20,15,10 % โดยปริมาตร	21
รูปที่ 4.4 แสดงปริมาณเอสเตอร์จากการทดลองสารเร่งปฏิกิริยา NaOH คงที่ที่ 5 กรัมปริมาณเมทานอลที่ 20,15,10 % โดยปริมาตร	22
รูปที่ 5.1 แสดงไดอะแกรมของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล	29
รูปที่ 5.2 แสดงอุปกรณ์ต่างๆของเครื่องผลิตไบโอดีเซลต้นแบบ	30
รูปที่ 5.3 แสดงถังน้ำมันขนาดความจุ 200 ลิตร	31
รูปที่ 5.4 แสดงปั๊มน้ำขนาด 40 ลิตร/นาที	31
รูปที่ 5.5 แสดงท่อและวาล์ว PVC ขนาด 1 นิ้ว	32
รูปที่ 5.6 แสดงปั๊มลม	32
รูปที่ 5.7 แสดง Heater ขนาด 1000 W	33
รูปที่ 5.8 แสดง Thermometer	34
รูปที่ 5.9 แสดงแบบเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาด 50 ลิตร	35
รูปที่ 5.10 แสดงแบบของถังปฏิกิริยา	36
รูปที่ 5.11 แสดงแบบของถังแยกกลีเซอร์ลีน กังล้าง และ ถังพัก	37
รูปที่ 5.12 แสดงโครงสร้างของถังปฏิกิริยา และ กังแยกกลีเซอร์ลีน	38

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.13 แสดงโครงสร้างของถังล้าง และ ถังพัก	39
รูปที่ 5.14 แสดง เครื่องผลิตไบโอดีเซลต้นแบบ	40
รูปที่ 5.15 แสดงอุปกรณ์ตางๆของเครื่องต้นแบบ	41
รูปที่ 5.16 แสดงการผสมเมทอกไซด์กับน้ำมันพืชในถังปฏิกิริยา	41
รูปที่ 5.17 แสดงการทำปฏิกิริยาภายในถัง Reactor	42
รูปที่ 5.18 แสดงการแยกกลีเซอลีน	42
รูปที่ 5.19 แสดงการเติมน้ำเพื่อเตรียมล้าง	43
รูปที่ 5.20 แสดงปั๊มลมซึ่งใช้ในขั้นตอนการล้างด้วยฟองอากาศ	43
รูปที่ 5.21 แสดงการล้างด้วยฟองอากาศ	43
รูปที่ 5.22 แสดงการแยกน้ำออกหลังผ่านกระบวนการล้าง	44
รูปที่ 5.23 แสดงน้ำมันไบโอดีเซลซึ่งผลิตได้จากเครื่องต้นแบบ	44
รูปที่ 5.24 เปรียบเทียบน้ำมันในขั้นตอนต่างๆ	45
รูปที่ 6.1 แสดงน้ำมันที่ตกค้างในสายยาง	48
รูปที่ 6.2 แสดงปัญหาการเกิดฟองหลังขั้นตอนการล้าง	49

สารบัญกราฟ

	หน้า
กราฟที่ 4.1 แสดงสรุปสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตไบโอดีเซลของน้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหารโดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา KOH	26
กราฟที่ 4.2 แสดงสรุปสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตไบโอดีเซลของน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยขอบเนยโดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา KOH	27
กราฟที่ 4.3 แสดงสรุปสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตไบโอดีเซลของน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยขอบเนยโดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา NaOH	28

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากเชื้อเพลิงปิโตรเลียมเป็นเชื้อเพลิงที่มีอยู่อย่างจำกัด ต้องนำเข้าจากต่างประเทศในปริมาณมากและยังมีแนวโน้มราคาที่สูงขึ้นตลอดเวลา โดยเฉพาะน้ำมันดีเซลซึ่งเป็นต้นทุนในการผลิตทั้งในภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม รวมไปถึงการขนส่ง ปัญหาดังกล่าวจึงมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศอย่างมาก ดังนั้นในปัจจุบันประเทศไทยจึงจำเป็นต้องมีการนำแหล่งพลังงานทดแทนอื่นมาใช้เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม และสามารถลดการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศได้

ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ เนื่องจากประเทศไทยมีการบริโภคน้ำมันพืช 573.9 ล้านลิตรต่อปี (พ.ศ.2548) ส่งผลให้มีน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้แล้วถึง 74.5 ล้านลิตร น้ำมันเหล่านี้สามารถนำไปผลิตเป็นไบโอดีเซลได้โดยผ่านกระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดเนื่องจากมีกระบวนการผลิตที่ง่าย และสารผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ เอสเทอร์ของกรดไขมัน (ethyl esters) หรือไบโอดีเซลซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล สามารถนำไปใช้ได้โดยตรงกับเครื่องยนต์ดีเซลโดยไม่ต้องดัดแปลง และยังเกิดตะกอนสะสมในหัวฉีดและห้องเผาไหม้ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล

ดังนั้นโครงงานนี้จะทำการศึกษากระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วจาก 2 แหล่ง แล้วทำการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลซึ่งมีกำลังการผลิตไม่ต่ำกว่า 50 ลิตร โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีราคาถูกเพื่อลดต้นทุนในการผลิตและเหมาะสมกับการใช้งานภายในชุมชน

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษากระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว
2. ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องเพื่อหาค่าที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว 2 แหล่ง คือ น้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหาร และน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย
3. ออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องผลิตไบโอดีเซลซึ่งมีกำลังการผลิตไม่ต่ำกว่า 50 ลิตร

1.3 ขอบเขต

1.ศึกษาคุณสมบัติของตัวแปรที่เหมาะสมต่อกระบวนการ tranesterification มีผลต่อกระบวนการผลิตดังนี้

1.1. ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา 2 ชนิดได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KoH)

1.2. ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ทำการทดสอบโดยการไทเทรต

1.3. ปริมาณของเมทานอลซึ่งใช้เป็นสารทำปฏิกิริยา ทำการทดสอบโดยใช้ปริมาณเมทานอล 10% 15% และ 20%

2. ศึกษาคุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลดังนี้

2.1 ค่าความหนืด (viscosity)

2.2 ค่าความร้อนของการเผาไหม้ (heating value)

2.3 ค่าความหนาแน่น (Density)

3. ทำการขจัดสารตกค้างโดยวิธีการล้างด้วยฟองอากาศ

4. สร้างเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซลขนาด 50 ลิตรพร้อมทดสอบการผลิต

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม	พ.ศ.2550								
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีพื้นฐาน									
ศึกษาและทดลองเพื่อหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมกับการผลิตไบโอดีเซลจาก									
ออกแบบสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซล ขนาด 50 ลิตร									
วิเคราะห์ปัญหา และ แก้ไข									
สรุปผลและเขียนรายงาน									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ทราบถึงตัวแปรที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว

2.ได้เครื่องผลิตไบโอดีเซลมีกำลังการผลิตไม่ต่ำกว่า 50 ลิตร

1.6 งบประมาณที่ใช้

1.6.1 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานวิจัย

1.ค่าจัดพิมพ์และการเข้ารูปเล่ม	1,000	บาท
2.ค่าวัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	1,500	บาท
3.ค่าถ่ายเอกสารข้อมูลต่างๆ	500	บาท
รวมเป็นเงิน	**3,000**	**บาท**

หมายเหตุ : ขออนุมัติถัวเฉลี่ยทุกรายการ

1.6.2 ค่าใช้จ่ายวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลต้นแบบ

1.ถัง 200 ลิตร จำนวน 4 ถัง	1,400	บาท
2.ปั๊มน้ำขนาด 40 L/min	1,000	บาท
3.ปั๊มลม	1,000	บาท
4.สายยาง	200	บาท
5.ท่อ และ วาลว์ ขนาด 1 นิ้ว	500	บาท
6.ค่าเหล็ก	1,000	บาท
7.ค่าใช้จ่ายในการจัดจ้าง	6,000	บาท
รวมเป็นเงิน	11,100	บาท

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 สถานการณ์พืชน้ำมันในประเทศไทย

สถิติการเกษตรของประเทศไทยโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรในปี พ.ศ. 2541 – 2548 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	2465	1372	321	135	7	36
2542/43	3514	1381	319	138	7	37
2543/44	3256	1400	312	132	9	39
2544/45	4089	1396	261	107	9	39
2545/46	4001	1418	260	72	10	40
2546/47	5182	1848	218	66	10	41
2547/48	5003	1674	221	67	10	42

ที่มา : สถิติการเกษตรของประเทศไทย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2541 -2548

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณผลผลิต ปาล์มน้ำมันมีรายงานปริมาณผลผลิตในแต่ละปีสูงที่สุด อีกทั้งยังมีแนวโน้มที่จะมีอัตราการผลิตที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นปาล์มจึงเป็นพืชที่เหมาะสมแก่การนำมาศึกษาและทดลองนำมาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อใช้ในอนาคต

2.2 สารตั้งต้นในการผลิต

น้ำมันพืชใช้แล้วเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลซึ่งสามารถแบ่งแหล่งที่มาของน้ำมันพืชใช้แล้วได้ 4 แหล่ง คือ บ้านเรือน สถานประกอบการ โรงงานอุตสาหกรรมอาหารและผู้จำหน่ายของทอดในตลาด ซึ่งจากการสำรวจปริมาณน้ำมันพืชใช้แล้วในประเทศไทย (สถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2548) พบว่า ปริมาณน้ำมันพืชที่เหลือทิ้งหมดของทุกกลุ่ม เท่ากับ 74.5 ล้านลิตร โดยกลุ่มครัวเรือนมีปริมาณน้ำมันพืชเหลือมากที่สุดคือ 47.2 ล้าน

ลิตรต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 63.4 รองลงมาคือสถานประกอบการณ์ มีปริมาณน้ำมันพืชเหลือ 22.5 ล้านลิตรต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 30.3 ส่วนน้ำมันพืชที่เหลือในกลุ่มของโรงงานอุตสาหกรรม 3.4 ล้านลิตรต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 4.6 ท้ายสุดกลุ่มผู้จำหน่ายของทอดในตลาดมีปริมาณน้ำมันพืชเหลือ 1.3 ล้านลิตรต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 1.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.2 แสดงสถิติการใช้น้ำมันพืชในประเทศไทย

กลุ่ม	น้ำมันพืชที่ใช้		น้ำมันพืชที่เหลือ	
	ล้านลิตรต่อปี	ร้อยละ	ล้านลิตรต่อปี	ร้อยละ
ครัวเรือน	429.2	74.8	47.2	63.4
สถานประกอบการ	83.8	14.6	22.5	30.3
โรงงานอุตสาหกรรม	51.7	9.0	3.4	4.6
ผู้จำหน่ายของทอดในตลาด	9.2	1.6	1.3	1.7
รวม	573.9	100	74.5	100

ที่มา : สถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2548

น้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์เป็นสารประกอบไตรกลีเซอร์ไรด์ มีโครงสร้างเป็น $-C_3H_5$ เชื่อมต่อกับกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 ถึง 300 ตัว จำนวน 3 โซ่ น้ำมันพืชและไขมันสัตว์มีกรดไขมันหลากหลายชนิดเป็นองค์ประกอบ โดยมีปริมาณกรดไขมันอยู่ในโครงสร้างถึงร้อยละ 94-96 ของน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอรไรด์ ทำให้คุณสมบัติของน้ำมันแต่ละชนิดทั้งทางเคมีและกายภาพแตกต่างกันตามสมบัติของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบน้ำมันพืชส่วนใหญ่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในกรดไขมันระหว่าง 12-18 ตัว มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวแตกต่างกัน น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณที่สูง จะมีค่าไอโอดีนต่ำ การเลือกน้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนต่ำเป็นเชื้อเพลิง จะป้องกันการเป็นสารเหนียวอันเนื่องมาจากปฏิกิยาพอลิเมอไรเซชันในการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ สมบัติและองค์ประกอบของกรดไขมันหลักของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.3 แสดงสมบัติและองค์ประกอบของกรดไขมันหลักของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ

ชนิดน้ำมันดิบ	ค่าไอโอดีน	องค์ประกอบกรดไขมันหลัก						
		C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
ปาล์ม	14.1-21.0	ND-0.5	0.5-2.0	39.3-47.5	3.5-6.0	36.0-44.0	9.0-12.0	ND-0.5
ปาล์มโอลีน	>56	0.1-0.5	0.5-1.5	38.0-43.5	3.5-5.0	39.0-46.0	10.0-13.5	ND-0.6
ปาล์มสเตียรีน	>48	0.1-0.5	1.0-2.0	48.0-74.0	3.9-6.0	15.5-36.0	3.0-10.0	0.5
เมล็ดในปาล์ม	50.0-55.0	45.0-55.0	14.0-18.0	6.5-10.0	1.0-3.0	12.0-19.0	1.0-3.5	ND-0.2
มะพร้าว	6.3-10.6	45.1-53.2	16.8-21.0	7.5-10.2	2.0-4.0	5.0-10.0	1.0-2.5	ND
ถั่วเหลือง	86-107	ND-0.1	ND-0.1	8.0-14.0	1.0-4.5	35.0-67.0	13.0-43.0	ND-0.3
เมล็ดสบู่ดำ	101	ND	ND	14.9	6.0	41.2	37.4	ND
นิเด็ดเรพ	94-120	ND	ND-0.2	1.5-6.0	0.5-3.1	8.0-60.0	11.0-23.0	5.0-13.0
ดักพลีอร	124-139	ND-0.1	ND-0.2	8.0-13.5	2.0-5.4	17.7-28.0	49.8-59.0	5.0-11.0

หมายเหตุ : ND (Not Detect) คือ ไม่พบ

ที่มา : Codex Alimentarius Commission, FAO/WHO, August 2000

[1] รวมถึง C20 : 0 < 1.0-2.0

[2] เจนวนิชนิบุลกุล (2524)

2.3 กระบวนการทรานเอสเตอริฟิเคชั่น

Transesterification คือ การเปลี่ยนหมู่ของชนิดเอสเตอร์ (esters) การทำทรานส์เอสเตอริฟิเคชันของไขมันและน้ำมัน เป็นกระบวนการที่นิยมใช้มากที่สุดในการผลิตเมทิลเอสเตอร์ ไตรกลีเซอไรด์จะกลายเป็นเอสเตอร์และกลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้ที่ความดันบรรยากาศและที่อุณหภูมิประมาณ 50-70 เซลเซียส โดยทำปฏิกิริยากับเมทานอลที่มากเกินพอ ที่มีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอัลคาไลน์ ภายใต้เงื่อนไขนี้ต้องมีการขจัดกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ออกจากน้ำมัน (ปริมาณกรดต้องไม่เกิน 1%) ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการทรานเอสเตอริฟิเคชัน ซึ่งสามารถแสดงปฏิกิริยาการเกิดเมทิลเอสเตอร์ดังภาพที่ 1

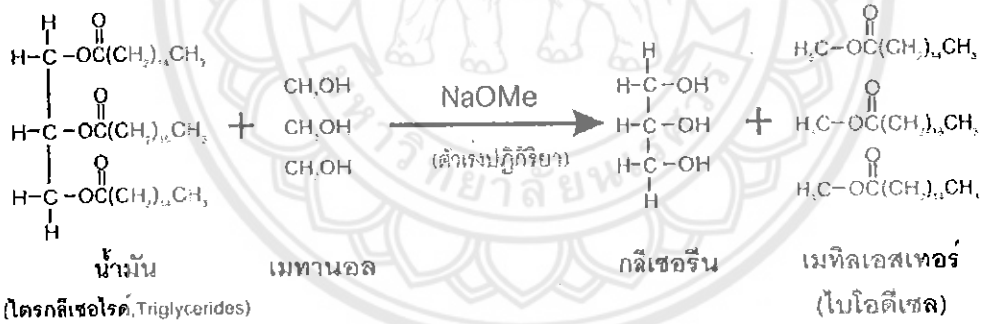
การเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันแท้จริงแล้วประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 2 กล่าวคือ ไตรกลีเซอไรด์เริ่มต้นทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ ได้ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride) และเอสเตอร์ หลังจากนั้นไดกลีเซอไรด์ที่ได้ทำปฏิกิริยาต่อกับแอลกอฮอล์ เกิดโมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride) และเอสเตอ์ และท้ายที่สุดโมโนกลีเซอไรด์ทำปฏิกิริยาต่อกับ แอลกอฮอล์ ได้เป็นกลีเซอรอลและเอสเตอร์ ดังนั้นเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ จำเป็นต้องใช้แอลกอฮอล์ 3 โมล ต่อ ไตรกลีเซอไรด์ 1 โมล และผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ กลีเซอรอล 1 โมล และเอสเตอร์ 3 โมล ซึ่งปฏิกิริยาทั้ง 3 ปฏิกิริยาย้อนกลับได้ (Reversible Reaction) และการใช้แอลกอฮอล์ในปริมาณที่มากเกินพอ (Excess) จะช่วยทำให้ปฏิกิริยาเลื่อนไปข้างหน้าและเพิ่มปริมาณการเกิดเอสเตอร์ (ไบโอดีเซล) การใช้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่มากเกินพอพบว่า จะทำให้ได้ปฏิกิริยาไปข้างหน้าเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม (Pseudo-First-Order) และปฏิกิริยาย้อนกลับเป็นปฏิกิริยาอันดับสอง (Meher, Sagar and Naik 2006)

แอลกอฮอล์ที่นิยมใช้ในปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชัน ส่วนใหญ่จะใช้แอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่คาร์บอนสั้น (Short Chain Alcohol) มีความเป็นขั้วสูง ในการทำปฏิกิริยาเป็นหลัก โดยเฉพาะเมทานอล เนื่องจากราคาที่ถูก และไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ นอกจากนี้ยังมีแอลกอฮอล์ชนิดอื่นที่สามารถนำผลิตไบโอดีเซล เช่น เอทานอล และไอโซโพรพานอล ซึ่งอัตราส่วนเชิงโมลของสารตั้งต้นแอลกอฮอล์ต่อไตรกลีเซอไรด์อย่างน้อยเท่ากับ 6 ต่อ 1 เป็นค่าที่เหมาะสม เพื่อให้ได้การเปลี่ยนแปลงของน้ำมันไปเป็นไบโอดีเซลมากที่สุด

สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยา โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 3 ชนิด

1) กรด
2) เบส
3) เอนไซม์

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่พบว่ามีประสิทธิภาพดี คือ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบสได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมเมทท็อกไซด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมแมทท็อกไซด์ (เมทท็อกไซด์จัดว่าเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในกลุ่มนี้) เป็นต้น ส่วนในกรณีของการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะนิยมใช้กรดซัลฟิวริก กรดซัลโฟนิก กรดฟอสฟอริก และกรดไฮโดรคลอริก และนิยมใช้กรณีที่วัตถุดิบน้ำมันพืชมีกรดไขมันอิสระสูงและสำหรับเอนไซม์พบว่า เอนไซม์ไลเปส (Lipase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพที่มีประสิทธิภาพสูง แต่ราคาสูง



รูปที่ 2.1 แสดงปฏิกิริยาการเกิดไบโอดีเซล

2.4 การไทเทรต

เนื่องจากน้ำมันที่เป็นสารตั้งต้นเป็นน้ำมันที่ใช้แล้วทำให้มีกรดไขมันอิสระมากกว่าน้ำมันพืชบริสุทธิ์ จึงต้องทำการไทเทรตเพื่อหาค่าของกรดไขมันอิสระและคำนวณปริมาณของตัวแคตาไลสท์เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาพอดี

การไทเทรต เป็นวิธีการหาปริมาณของสารละลายมาตรฐาน (Standard Solution) สารที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอน โดยให้ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายที่ไม่ทราบความเข้มข้นแต่

ทราบปริมาตร (Unknown sample) และใช้การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์เป็นเกณฑ์ในการบอกจุดยุติ (End Point) เมื่อกรดและด่างทำปฏิกิริยากันพอดีกันตามจุดสมมูล (Equivalent Point) ก็จะทราบปริมาตรของสารละลายมาตรฐานแล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายอื่นได้ การไทเทรตเพื่อหาปริมาณด่างที่ต้องใช้ในปริมาณที่พอดีกับน้ำมันชนิดนั้น ทำได้ 2 วิธี

1. แบบใช้กระดาษลิตมัส
2. แบบที่ใช้สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน

2.5 การขจัดสารตกค้าง

กระบวนการนี้ คือกระบวนการขจัดสารเร่งปฏิกิริยา,แอลกอฮอล์และกลีเซอร์รีน ที่ยังตกค้างอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซล และยังปรับค่าความเป็นด่างของน้ำมันไบโอดีเซลให้มีความเป็นกลางอีกด้วย ดังนั้นน้ำไบโอดีเซลที่ได้จากกระบวนการผลิตนั้นควรทำกระบวนการขจัดสารตกค้าง โดยมี 4 วิธีดังนี้

2.4.1 กระบวนการขจัดสารตกค้างโดยใช้ฟองอากาศ (Buble 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 สะดวก

2.4.2 กระบวนการขจัดสารตกค้างโดยใช้การสเปรย์ (Mist - Washing)

โดยใช้การฉีดสเปรย์น้ำที่อยู่บนถังที่จะใช้ทำกระบวนการขจัดสารตกค้างลงไปที่น้ำมันไบโอดีเซล โดยไม่ต้องเขย่าถังและปล่อยสเปรย์น้ำอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดชั้นของอิมัลชั่น จากนั้นตั้งทิ้งไว้เพื่อรอให้เกิดการแยกชั้นของน้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำ โดยชั้นของน้ำจะอยู่ด้านล่าง และในการขจัดสารตกค้างครั้งแรกชั้นของน้ำที่ได้จะขุ่น ดังนั้นควรทำการขจัดสารตกค้าง 3 -4 ครั้งจนกว่าน้ำที่ได้จากการขจัดสารตกค้างจะใส และมีค่า pH 7 การขจัดสารตกค้างวิธีนี้ใช้ปริมาณน้ำมากในการขจัดสารตกค้างแต่ละครั้ง , ใช้อุปกรณ์มาก และผลลัพธ์ที่ออกมามักจะเป็นปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์

2.4.3 กระบวนการขจัดสารตกค้างโดยการกวน (Stir Washing)

โดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับตัวกวนที่ติดอยู่กับถังที่จะใช้ทำกระบวนการขจัดสารตกค้างโดยเราจะเทน้ำไปผสมกับน้ำมันไบโอดีเซลประมาณ 1/3 ของน้ำมันไบโอดีเซล แล้วทำการเปิดสวิทช์ให้ตัวกวนทำงานประมาณ 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง ก็จะเกิดการ แยกชั้นระหว่างน้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำ โดยชั้นของน้ำจะอยู่ด้านล่าง และในการขจัดสารตกค้างครั้งแรกชั้นของน้ำ

ที่ได้จะขุ่น ดังนั้นควรทำการขจัดสารตกค้าง 3 – 4 ครั้งจนกว่าน้ำที่ได้จากการขจัดสารตกค้างจะใส และมีค่า pH 7 กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่เร็วและมีประสิทธิภาพ , ไม่เกิดการบดบังของปฏิกิริยา และไม่เกิดออกซิเดชั่นทำให้เกิดการขจัดสารตกค้างที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำ

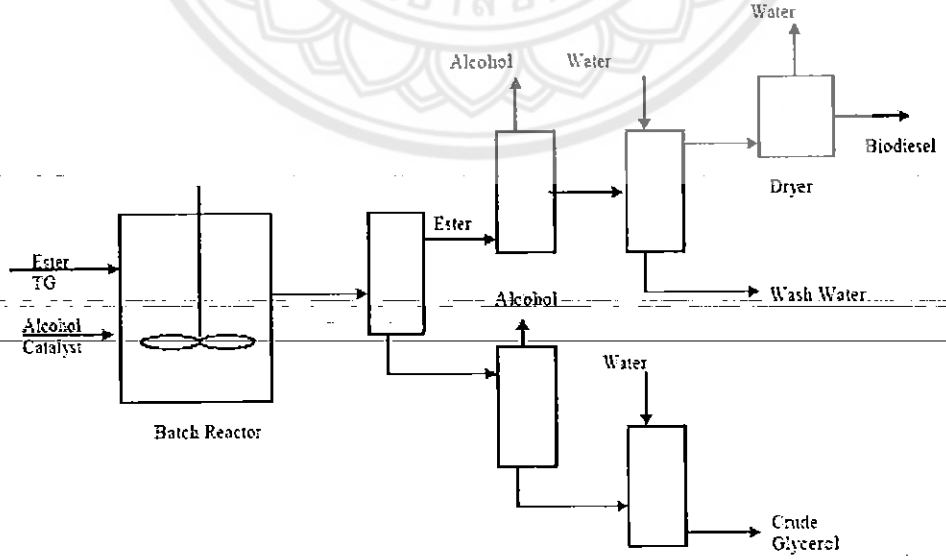
2.3.4 กระบวนการขจัดสารตกค้างโดยการผสมกับน้ำ (Mix Washing)

เริ่มโดยเทน้ำประมาณ 50 % ของน้ำมันไบโอดีเซล เข้าไปผสมกับน้ำมันไบโอดีเซลในถังที่จะใช้ทำกระบวนการขจัดสารตกค้างจากนั้นปิดฝาตั้งทิ้งไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง ก็จะเกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำ โดยชั้นของน้ำจะอยู่ด้านล่าง และในการขจัดสารตกค้างครั้งแรกชั้นของน้ำที่ได้จะขุ่น ดังนั้นควรทำการขจัดสารตกค้าง 3 -4 ครั้งจนกว่าน้ำที่ได้จากการขจัดสารตกค้างจะใส และมีค่า pH 7

2.6 กระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

เมื่อพิจารณาเทคโนโลยีในการผลิตไบโอดีเซลทั้งในทางพาณิชย์และการทดสอบในห้องทดลอง สามารถแบ่งได้ดังนี้

กระบวนการผลิตแบบ Batch Process เป็นกระบวนการที่ง่ายที่สุดในการผลิต โดยทั่วไปจะผสมแอลกอฮอล์กับไตรกลีเซอไรด์ในอัตราส่วนโดยปริมาตร 4:1 ถึง 20:1 (ปกติที่ 6:1) ในถังปฏิกิริยา โดยรักษาให้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาไว้ไม่เกิน 65 $^{\circ}C$ และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโปรแตสเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณร้อยละ 0.3 ถึง 1.5 เป็นแคตาไลสท์ โดยเริ่มทำปฏิกิริยาโดยการผสม น้ำมัน แคตาไลสท์ และแอล์กอฮอล์ในถังปฏิกิริยา จนปฏิกิริยาสิ้นสุดสร้างสารผลิตภัณฑ์คือเอสเธอร์และกลีเซอรีนแยกชั้นกัน โดยทั่วไปจะให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 85-94% ดังรูปที่ 3 แสดงผังกระบวนการในระบบ Batch Processing



รูปที่ 2.2 แสดงผังการผลิตไบโอดีเซลในกระบวนการ Batch Process

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว

เป็นการศึกษาถึงตัวแปรที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต และปริมาณของไบโอดีเซลจาก 2 แหล่ง คือ น้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหาร และน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยขอบเนย โดยตัวแปรที่ทำการทดสอบมีดังนี้

1. ปริมาณของเมทานอลซึ่งใช้เป็นสารทำปฏิกิริยา ทำการทดสอบโดยใช้ปริมาณเมททานอล 10%,15% และ 20% โดยปริมาตร

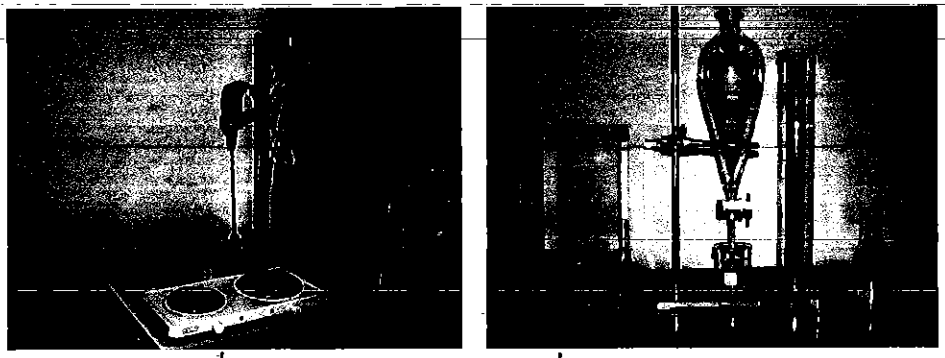
2. ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KoH) ที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalysts) ทำการทดสอบโดยใช้ปริมาณที่ได้จากการไทรเทรต จากนั้นทำการเปลี่ยนค่าปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ทดสอบโดยการกำหนดช่วงของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ทดสอบ (ปริมาณที่ได้จากการไทรเทรต ±10%)

3.ทำการทดสอบที่อุณหภูมิน้ำมัน 40-50 °C

4.กำหนดเวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

- บีกเกอร์ขนาด 250 cc
- บีกเกอร์ 50 cc
- เครื่องชั่งมวลสาร มีค่าความละเอียด 0.0001 – 100.0 กรัม
- เตาไฟฟ้า
- ชุดเครื่องผลิตไบโอดีเซล



รูปที่ 3.1 แสดงเตาไฟฟ้าและชุดเครื่องผลิตไบโอดีเซล

3.1.2 วิธีการทดลอง

3.1.2.1 กรณีใช้สารเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

ขั้นตอนการไทรเทรต

1. นำสารละลายโพพานอล 10 cc ผสมกับน้ำมันพืชใช้แล้ว 1 cc
2. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) 1% ลงที 0.5 cc แล้วทำการตรวจวัดค่า pH
3. เมื่อได้ค่า pH 7-8 ให้นับจำนวน cc ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมลงไป
4. นำจำนวน cc ที่ได้มา +3.5 จะได้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่จะต้องใช้(กรัม)

ขั้นตอนการทำปฏิกิริยา

1. ตวงน้ำมันพืชใช้แล้วปริมาณ 1000 cc ใส่ถังสแตนเลสแล้วนำไปให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้า ทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 40-50 °C

2. ตวงเมทานอลปริมาณ 10% โดยปริมาตรใส่ลงในขวดชมพู่ จากนั้นตวงโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการคนให้เข้ากันจะได้สารละลายโซเดียมเมทอกไซด์

3. เทสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในน้ำมันที่อุ่นเตรียมไว้ ทำการคนให้เข้ากันเป็นเวลา 20 นาที

4. ยกส่วนผสมลงจากเตาไฟฟ้าจากนั้นนำไปใส่ในหลอดทดลองขนาด 1000 cc ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำมันไบโอดีเซล(เมทิลเอสเทอร์) กับกลีเซอรีน

5. ทำการบันทึกค่าปริมาณน้ำมันไบโอดีเซล และกลีเซอรีนที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยา

6. ทำการขจัดสารตกค้างโดยวิธีการกวน หรือวิธีใช้ฟองอากาศ

7. ทำการวัดค่า pH ของน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองว่ามีความเป็นกลาง(pH 7-8) ถ้าค่า pH ยังไม่เป็นกลางให้ทำการขจัดสารตกค้างซ้ำ

8. ทำการเปลี่ยนปริมาณเมทานอลเป็น 15% และ 20% โดยปริมาตร ตามลำดับ ทำการทดลองซ้ำตามข้อที่ 1 ถึง ข้อที่ 6

9. ทำการทำการเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งได้จากการไทรเทตรขึ้น 10% ทำการทดลองซ้ำตามข้อที่ 1 ถึง ข้อที่ 8

10. ทำการทำการลดปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งได้จากการไทรเทตรลง 10% ทำการทดลองซ้ำตามข้อที่ 1 ถึง ข้อที่ 8

3.1.2.2 กรณีใช้สารเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH)

ขั้นตอนการไทรเทรต

1. นำสารละลายโพพานอล 10 cc ผสมกับน้ำมันพืชใช้แล้ว 1 cc

2. เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH) 1% ลงที่ 0.5 cc แล้วทำการตรวจวัดค่า pH

3. เมื่อได้ค่า pH 7-8 ให้นับจำนวน cc ของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่เติมลงไป

4. นำจำนวน cc ที่ได้มา +3.5 แล้ว X1.4 จะได้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่จะต้องใช้(กรัม)

ขั้นตอนการทำปฏิกิริยา

1. ตวงน้ำมันพืชใช้แล้วปริมาณ 1000 cc ใส่ถังสแตนเลสแล้วนำไปให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้า ทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 40-50 °C

2. ตวงเมทานอลปริมาณ 10% โดยปริมาตรใส่ลงในขวดชมพู่ จากนั้นตวงโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการคนให้เข้ากันจะได้สารละลายโซเดียมเมทอกไซด์

3. เทสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ลงในน้ำมันที่อุ่นเตรียมไว้ ทำการคนให้เข้ากันเป็นเวลา 20 นาที

4. ยกส่วนผสมลงจากเตาไฟฟ้าจากนั้นนำไปใส่ในหลอดทดลองขนาด 1000 cc ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำมันไบโอดีเซล(เมทิลเอสเทอร์) กับกลีเซอรีน

5. ทำการบันทึกค่าปริมาณน้ำมันไบโอดีเซล และกลีเซอรีนที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยา

6. ทำการขจัดสารตกค้างโดยวิธีการกวน หรือวิธีใช้ฟองอากาศ

7. ทำการวัดค่า pH ของน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองว่ามีความเป็นกลาง(pH 7-8) ถ้าค่า pH ยังไม่เป็นกลางให้ทำการขจัดสารตกค้างซ้ำ

8. ทำการเปลี่ยนปริมาณเมทานอลเป็น 15% และ 20% โดยปริมาตร ตามลำดับ ทำการทดลองซ้ำตามข้อที่ 1 ถึง ข้อที่ 6

9. ทำการทำการเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งได้จากการไทรเทตรขึ้น 10% ทำการทดลองซ้ำตามข้อที่ 1 ถึง ข้อที่ 8

10. ทำการทำการลดปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งได้จากการไทรเทตรลง 10% ทำการทดลองซ้ำตามข้อที่ 1 ถึง ข้อที่ 8

3.2 การศึกษาคุณสมบัติน้ำมัน

3.2.1 การทดสอบหาค่าความร้อน

เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์สำหรับปฏิบัติการ

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

ขั้นตอนการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักของน้ำมันบันทึกค่ามวลที่ได้

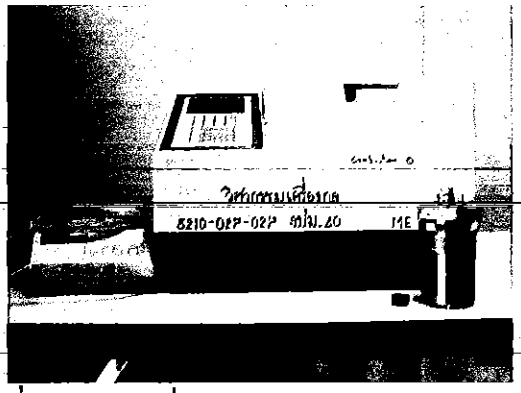
2. นำน้ำมันเทใส่ใน Bomb head ตัด fuse wire ยาว 10 cm. แล้วร้อยเข้าที่รูขั้วอิเลคโทรดทั้งสอง โดยจัดให้ fuse สัมผัสกับสารตัวอย่าง เรียบร้อยแล้ว ใส่ใน body bomb

3. อัดออกซิเจน โดยเสียบหัวอัดเข้าที่วาล์วบรรจุบรรจุที่ bomb head แล้วกดคีย์ O2 Fill บนเครื่องเพื่อเริ่มทำการอัด เมื่ออัดเสร็จเครื่องจะส่งสัญญาณเสียง beep บอกและหน้าจอจะหยุดกระพริบ

4. ทำการเปิดเครื่อง Isoperibol Bomb Calorimeter แล้วนำ Colorimeter วางลงในเครื่อง Isoperibol Bomb Calorimeter

5. เมื่อทำการป้อนค่ามวลของน้ำมันเสร็จ เครื่องจะเริ่มทำการทดลองสอบสารตัวอย่าง เมื่อเผาไหม้สมบูรณ์เครื่องจะให้ตัดสัญญาณเสียง beep เครื่องจะแสดงค่าความร้อนที่คำนวณได้บนหน้าจอ

6. เมื่อสัญญาณไฟของเครื่องจะกระพริบที่ fuse ให้ป้อนค่าความยาวฟิวส์ ที่ใช้ หลังจากนั้นสัญญาณไฟ sulfer จะกระพริบ ให้ป้อนค่ากรดกำมะถันที่เกิดจากการเผาไหม้ เมื่อป้อนข้อมูลเสร็จเครื่องจะทำการพิมพ์ข้อมูลต่างๆ ออกมา

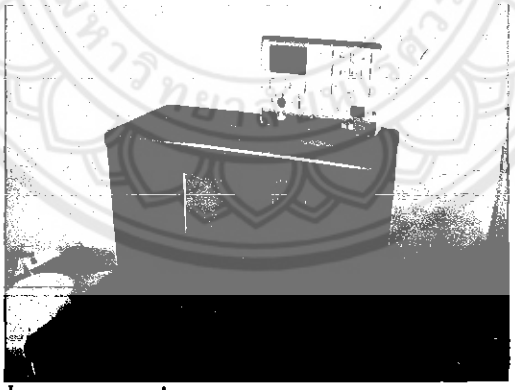


รูปที่ 3.2 แสดงเครื่อง Isoperibol Bomb Calorimeter

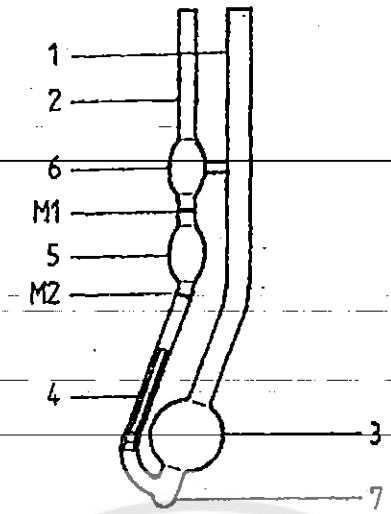
3.2.2 การทดลองหาค่าความหนืด

เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์สำหรับปฏิบัติการ

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



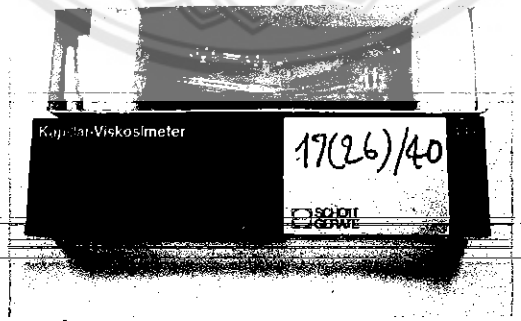
รูปที่ 3.3 แสดงเครื่อง Therrmosta ของ Schott Gerate



รูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบสำคัญของหลอดแก้ว Cannon – Fenske

แสดงหลอดแก้ว Cannon – Fenske ประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่

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



รูปที่ 3.5 แสดงหลอดแก้ว Cannon – Fenske

ขั้นตอนการทดลอง

1. ปรับอุณหภูมิ Therrmostat เป็น 40°C
2. ตวงน้ำมันปริมาตร 10 มิลลิตรเทลงในหลอดแก้ว Cannon – Fenske

3. เมื่อเครื่องทำงานได้อุณหภูมิที่ต้องการแล้ว หย่อนหลอดแก้ว พร้อมตัวหนีบลงใน Thermostat Bath
4. เพื่อเป็นการอุ่นน้ำมัน รอ 10-15 นาที จากนั้นให้ใช้ลูกยางค่อยๆ ดูดของเหลวที่หลอด (2) มาให้ถึงกึ่งกลางของกระเปาะ (6) Pre – Rum จากนั้นให้ปล่อยของเหลวค่อยๆ ไหลลง
5. เริ่มจับเวลาเมื่อของเหลวไหลมาถึงขีด M1 และหยุดนาฬิกาเมื่อของเหลวไหลมาถึงขีด M2 จดบันทึก
6. เปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 80 และ 100°C และทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 3 จนครบอุณหภูมิที่ต้องการ

3.2.3 การทดสอบหาค่าความหนาแน่น

เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์สำหรับปฏิบัติการ

- เครื่องชั่งมวลสาร มีค่าความละเอียด 0.0001 – 100.0 กรัม
- บิกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
- หลอดแก้วใส่สาร ขนาด 50 มิลลิลิตร

รูปที่ 3.6 เครื่องชั่งมวลสาร

ขั้นตอนการทดลอง

1. บิกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ขึ้นชั่งเพื่อหาน้ำหนักของหลอดแก้วแล้วจดบันทึก
2. ตวงน้ำมันในหลอดตวงขนาด 50 มิลลิลิตรให้ได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปใส่หลอดแก้วเพื่อชั่ง
3. บิกเกอร์ที่ใส่น้ำมันแล้วขึ้นชั่งแล้วจดบันทึกค่าน้ำหนักที่ได้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

ทดลองโดยใช้น้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหารเป็นสารตั้งต้น และใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เป็นสารเร่งปฏิกิริยา

รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณเอสเตอร์จากการทดลองสารเร่งปฏิกิริยา KOH คงที่ที่ 7 กรัมปริมาณเมทานอลที่ 20,15,10 % โดยปริมาตร

ตารางที่ 4.1 แสดงการทดลองสารเร่งปฏิกิริยาคงที่ที่ 7 กรัม

ครั้งที่	ปริมาณเมทานอล (% โดยปริมาตร)	สารเร่งปฏิกิริยา (g)	ปริมาณรวม (cc)	ปริมาณกลีเซอร์ลีน (cc)	ปริมาณเอสเตอร์ (cc)	ปริมาณเอสเตอร์(%)	หมายเหตุ
1	20	7	1130	120	1010	84.16	
2	15	7	1100	120	980	85.21	
3	10	7	-	-	-	-	ไม่แยกชั้น

จากการทดลอง (ตารางที่ 4.1) พบว่า เมื่อปริมาณเมทานอลในการทำปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงไป ค่าปริมาตรสุทธิที่ได้จากการทดลองที่อยู่ในช่วงเมทานอล 10 – 20 % จะได้ค่าปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุดคือ 85.21% ที่เมทานอล 15%โดยปริมาตร

ตารางที่ 4.2 แสดงการทดลองเมื่อปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาลดลง 10%

ครั้งที่	ปริมาณเมทานอล (% โดยปริมาตร)	สารเร่งปฏิกิริยา (g)	ปริมาณรวม (cc)	ปริมาณกลีเซอร์ลีน(cc)	ปริมาณเอสเตอร์ (cc)	ปริมาณเอสเตอร์(%)	หมายเหตุ
1	20	6.3	1130	120	1010	84.16	
2	15	6.3	1100	115	985	85.65	
3	10	6.3	-	-	-	-	ไม่แยกชั้น

จากการทดลองลดปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาลง 10% (ตารางที่ 4.2) ที่ปริมาณเมทานอล 10 – 20%โดยปริมาตรจะได้ค่าปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุดคือ 85.65% ที่เมทานอล 15% โดยปริมาตร

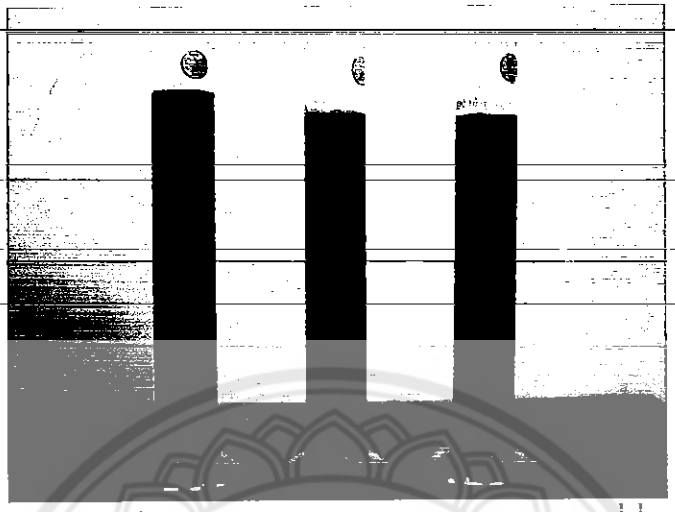
ตารางที่ 4.3 แสดงการทดลองเมื่อสารเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น 10%

ครั้งที่	ปริมาณเมทานอล (% โดยปริมาตร)	สารเร่งปฏิกิริยา (g)	ปริมาณรวม (cc)	ปริมาณกลีเซอร์ลีน(cc)	ปริมาณเอสเตอร์ (cc)	ปริมาณเอสเตอร์(%)	หมายเหตุ
1	20	7.7	1130	130	1000	83.33	
2	15	7.7	1100	115	985	85.21	
3	10	7.7	-	-	-	-	ไม่แยกชั้น

จากการทดลองเพิ่มปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาขึ้น 10% (ตารางที่ 4.3) ที่ปริมาณเมทานอลช่วง 10 – 20% จะได้ค่าปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุดคือ 85.21% ที่เมทานอล 15% โดยปริมาตร

***จากผลการทดลองผลิตไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหาร และใช้สารเร่งปฏิกิริยาเป็นโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) จะได้ปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุดคือ 85.65 % โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา 6.3 กรัม และเมทานอล 15 %โดยปริมาตร

ทดลองโดยใช้น้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหารเป็นสารตั้งต้น และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นสารเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 4.2 แสดงปริมาณเอสเตอร์จากการทดลองสารเร่งปฏิกิริยา NaOH คงที่ที่ 5.5 กรัมปริมาณเมทานอลที่ 20,15,10 % โดยปริมาตร

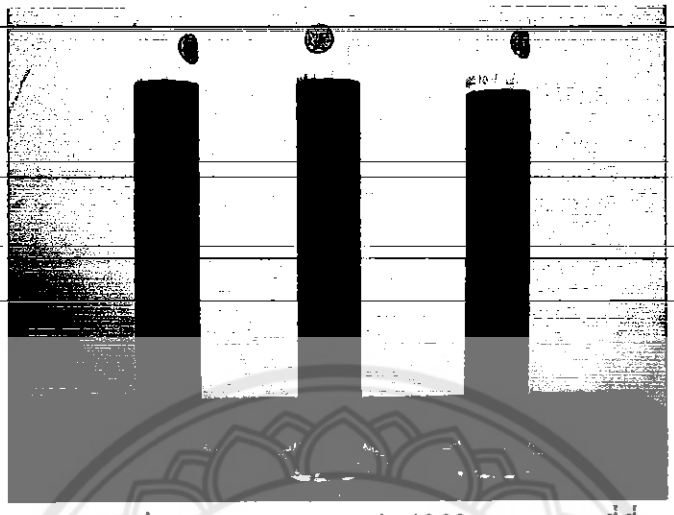
ตารางที่ 4.4 แสดงการทดลองเมื่อใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นสารเร่งปฏิกิริยา

ครั้งที่	ปริมาณเมทานอล (% โดยปริมาตร)	สารเร่งปฏิกิริยา (g)	ปริมาณรวม (cc)	ปริมาณกลีเซอร์ลีน(cc)	ปริมาณเอสเตอร์ (cc)	ปริมาณเอสเตอร์(%)	หมายเหตุ
1	20	6.5	1120	290	830	69.16	
2	15	5.5	1140	140	1000	83.33	
3	10	4.5	-	-	-	-	ไม่แยกชั้น

จากการทดลอง (ตารางที่ 4.4) พบว่าเมื่อปริมาตรเมทานอลที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาในช่วง 10 – 20 % จะได้ค่าปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุดคือ 83.33 % โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา NaOH 5.5 กรัม

***จากผลการทดลองผลิตไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหาร และใช้สารเร่งปฏิกิริยาเป็นโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะได้ปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุดคือ 83.33 % โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา 5.5 กรัม และเมทานอล 20 %โดยปริมาตร

ทดลองโดยใช้น้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนยเป็นสารตั้งต้น และใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เป็นสารเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณเอสเตอร์จากการทดลองสารเร่งปฏิกิริยา KOH คงที่ที่ 7.7 กรัมปริมาณเมทานอลที่ 20,15,10 % โดยปริมาตร

ตารางที่ 4.5 แสดงการทดลองสารเร่งปฏิกิริยาคงที่ที่ 7.7 กรัม

ครั้งที่	ปริมาณเมทานอล (% โดยปริมาตร)	สารเร่งปฏิกิริยา (g)	ปริมาณรวม (cc)	ปริมาณกลีเซอร์ลีน(cc)	ปริมาณเอสเตอร์ (cc)	ปริมาณเอสเตอร์(%)	หมายเหตุ
1	20	7.7	1120	120	1000	83.33	
2	15	7.7	1100	140	960	83.47	
3	10	7.7	-	-	-	-	ไม่แยกชั้น

จากการทดลอง (ตารางที่ 4.5) พบว่าเมื่อปริมาตรเมทานอลที่ทำปฏิกิริยาในช่วง 10 – 20 % จะได้ค่าปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุดคือ 83.47 % ที่เมทานอล 15 % โดยปริมาตร

ตารางที่ 4.6 การทดลองเมื่อปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาลดลง 10%

ครั้งที่	ปริมาณเมทานอล (% โดยปริมาตร)	สารเร่งปฏิกิริยา (g)	ปริมาณรวม (cc)	ปริมาณกลีเซอร์ลีน(cc)	ปริมาณเอสเตอร์ (cc)	ปริมาณเอสเตอร์(%)	หมายเหตุ
1	20	6.9	1140	120	1020	85	
2	15	6.9	1140	120	1020	85	
3	10	6.9	-	-	-	-	ไม่แยกชั้น

จากการทดลองลดปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาลง 10% (ตารางที่ 4.6) พบว่าเมื่อปริมาณเมทานอลที่ทำปฏิกิริยาในช่วง 10 – 20% จะได้ปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุดคือ 85% ที่เมทานอล 20% โดยปริมาตร

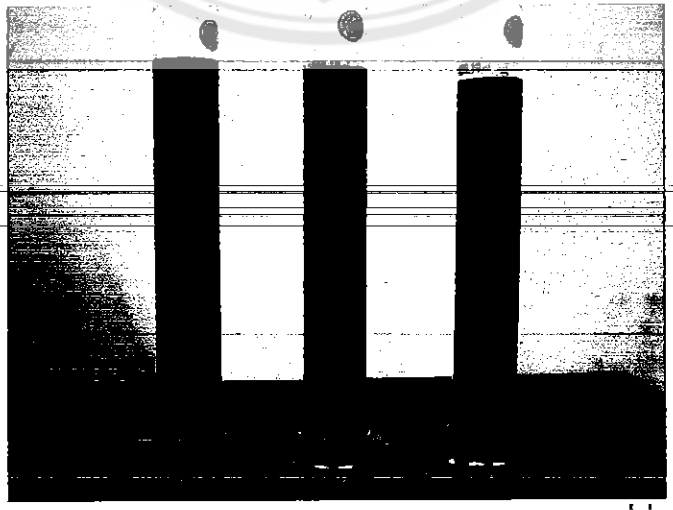
ตารางที่ 4.7 แสดงการทดลองเมื่อสารเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น 10%

ครั้งที่	ปริมาณเมทานอล (% โดยปริมาตร)	สารเร่งปฏิกิริยา (g)	ปริมาณรวม (cc)	ปริมาณกลีเซอร์ลีน(cc)	ปริมาณเอสเตอร์ (cc)	ปริมาณเอสเตอร์(%)	หมายเหตุ
1	20	8.5	1140	140	1000	83.33	
2	15	8.5	1120	120	1000	86.95	
3	10	8.5	-	-	-	-	ไม่แยกชั้น

จากการทดลองเพิ่มปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาขึ้น 10% (ตารางที่ 4.7) ที่ปริมาณเมทานอล 10 – 20% จะได้ค่าปริมาตรสุทธิที่มีค่ามากที่สุดที่ 86.95% ที่เมทานอล 15% โดยปริมาตร

***จากผลการทดลองผลิตไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้จากการทอดกล้วยอบเนย และใช้สารเร่งปฏิกิริยาเป็นโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) จะได้ปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุดคือ 86.95 % โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา 8.5 กรัม และเมทานอล 15 %โดยปริมาตร

ทดลองโดยใช้น้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนยเป็นสารตั้งต้น และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นสารเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 4.4 แสดงปริมาณเอสเตอร์จากการทดลองสารเร่งปฏิกิริยา NaOH คงที่ที่ 5 กรัมปริมาณเมทานอลที่ 20,15,10 % โดยปริมาตร

ตารางที่ 4.8 การทดลองสารเร่งปฏิกิริยาคงที่ที่ 5 กรัม

ครั้งที่	ปริมาณเมทานอล (% โดยปริมาตร)	สารเร่งปฏิกิริยา (g)	ปริมาณรวม (cc)	ปริมาณกลีเซอร์ลีน(cc)	ปริมาณเอสเตอร์ (cc)	ปริมาณเอสเตอร์(%)	หมายเหตุ
1	20	5	1140	130	1010	84.16	
2	15	5	1100	110	990	86.08	
3	10	5	-	-	-	-	ไม่แยกชั้น

จากการทดลอง (ตารางที่ 4.8) พบว่าเมื่อปริมาตรเมทานอลที่ทำปฏิกิริยาในช่วง 10 – 20 % จะได้ค่าปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุดคือ 86.08% ที่เมทานอล 15 % โดยปริมาตร

ตารางที่ 4.9 การทดลองเมื่อปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาลดลง 10%

ครั้งที่	ปริมาณเมทานอล (% โดยปริมาตร)	สารเร่งปฏิกิริยา (g)	ปริมาณรวม (cc)	ปริมาณกลีเซอร์ลีน(cc)	ปริมาณเอสเตอร์ (cc)	ปริมาณเอสเตอร์(%)	หมายเหตุ
1	20	4.5	1120	110	1010	84.16	
2	15	4.5	1080	80	1000	86.95	
3	10	4.5	-	-	-	-	ไม่แยกชั้น

จากการทดลองลดปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาลง 10% (ตารางที่ 4.9) พบว่าเมื่อปริมาตรเมทานอลที่ทำปฏิกิริยาในช่วง 10 – 20 % จะได้ค่าปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุดคือ 86.95% ที่เมทานอล 15 % โดยปริมาตร

ตารางที่ 4.10 การทดลองเมื่อปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น 10%

ครั้งที่	ปริมาณเมทานอล (% โดยปริมาตร)	สารเร่งปฏิกิริยา (g)	ปริมาณรวม (cc)	ปริมาณกลีเซอร์ลีน(cc)	ปริมาณเอสเตอร์ (cc)	ปริมาณเอสเตอร์(%)	หมายเหตุ
1	20	5.5	1140	130	1010	84.16	
2	15	5.5	1090	150	940	81.73	
3	10	5.5	-	-	-	-	ไม่แยกชั้น

จากการทดลองเพิ่มปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาขึ้น 10% (ตารางที่ 4.10) พบว่าเมื่อปริมาตรเมทานอลที่ทำปฏิกิริยาในช่วง 10 – 20 % จะได้ปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุดคือ 84.16% ที่เมทานอล 20 % โดยปริมาตร

***จากผลการทดลองผลิตไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย และใช้สารเร่งปฏิกิริยาเป็นโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะได้ปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุด คือ 86.95 % โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา 4.5 กรัม และเมทานอล 15 %โดยปริมาตร

4.2 ผลการทดสอบค่าความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซล

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดลองค่าความหนืดของไบโอดีเซล

ชนิดของน้ำมัน	ความหนืดเชิงจลน์(mm^2/s) ที่ 40°C	ความหนืดเชิงจลน์(mm^2/s) ที่ 100°C	ค่าความหนืดเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลที่ 40°C (%)
Diesel	3.43	1.73	-
น้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย	32.81	7.03	306.36
ไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย	3.75	1.59	8.09
น้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหาร	43.18	9.27	435.84
ไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหาร	4.16	2.02	16.76

จากผลการทดลองที่ได้พบว่า น้ำมันพืชที่ผ่านการใช้แล้วทั้งสองชนิดมีค่าความหนืดแตกต่างกับน้ำมันดีเซลมาก แต่หลังจากผ่านกระบวนการจนได้เป็นน้ำมันไบโอดีเซลแล้วค่าความหนืดจะลดลงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล

น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันพืชใช้แล้ว 2 ตัวอย่างข้างต้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลจะมีค่าความหนืดใกล้เคียงกันและมีสมบัติทางกายภาพที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งจากการทดลองทดสอบความหนืดค่าที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากที่สุดคือไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

5200053
1508320
มร.
ค1268
2550

4.3 ผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่น

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดลองค่าความหนาแน่นของไบโอดีเซล

ชนิดของน้ำมัน	ความหนาแน่น (kg/m^3)	ความหนาแน่นเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล (%)
ดีเซล	822	-
น้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย	919	10.52
ไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย	908	10.46
น้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหาร	929	11.64
ไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหาร	922	11.01

จากการทดลองพบว่าค่าความหนาแน่นลดลงเล็กน้อยเมื่อผ่านกระบวนแปรสภาพเป็นไบโอดีเซล และ เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของน้ำมันดีเซลกับน้ำมันไบโอดีเซล จะพบว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่มีค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากที่สุดคือไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนยมีซึ่งมีค่าความแตกต่างกับน้ำมันดีเซล 10.46 %

4.4 ผลการทดลองหาค่าความร้อนของไบโอดีเซล

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการทดลองค่าความร้อนของไบโอดีเซล

ชนิดของน้ำมัน	Heating value (kJ/kg)	ค่าความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล (%)
ดีเซล	44,307	-
น้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย	36,710	17.15
ไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย	37,248	15.93
น้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหาร	37,577	15.19
ไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหาร	37,899	14.46

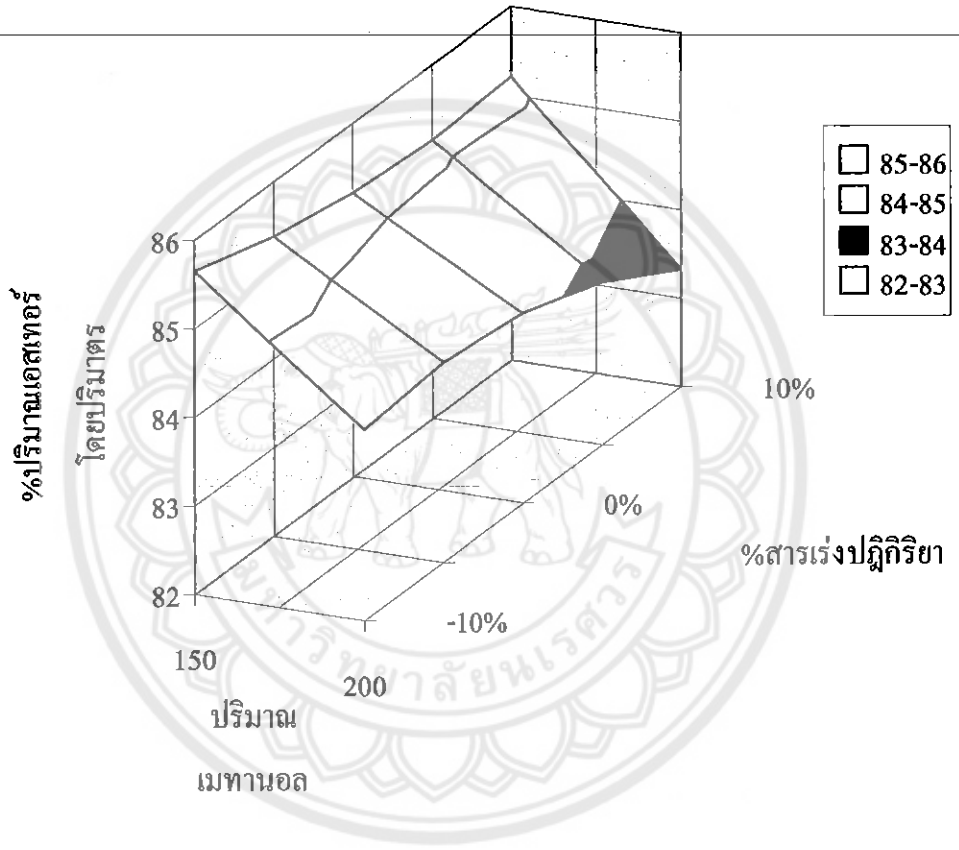
จากผลการทดลองจะสังเกตเห็นว่าค่าความร้อนเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการแปรสภาพจากน้ำมันพืชเป็นไบโอดีเซล และ เมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลกับน้ำมันไบโอดีเซล จะพบว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่ให้ค่าความร้อนใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากที่สุดคือไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากการร้านอาหารมีซึ่งมีค่าความแตกต่างกับน้ำมันดีเซล 14.46 %

4.5 วิเคราะห์ผลการทดลองหาตัวแปรที่เหมาะสมต่อการผลิตไบโอดีเซล

4.5.1.กรณีของน้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหาร

- - จากผลการทดลองข้างต้นสามารถนำมาสร้างเป็นกราฟเพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชทั้ง 2 ชนิดได้ดังนี้

กราฟที่ 4.1 แสดงสรุปสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตไบโอดีเซลของน้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหารโดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา KOH



กราฟที่ได้จากการทดลองผลิตไบโอดีเซลของน้ำมันใช้แล้วจากร้านอาหารโดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาเป็น KOH พบว่าการใช้ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาที่ –10% และปริมาณเมทานอลที่ 150 cc ต่อปริมาณน้ำมันพืชใช้แล้ว 1 ลิตร ให้ปริมาณเอสเทอร์สูงสุดที่ 85.65%

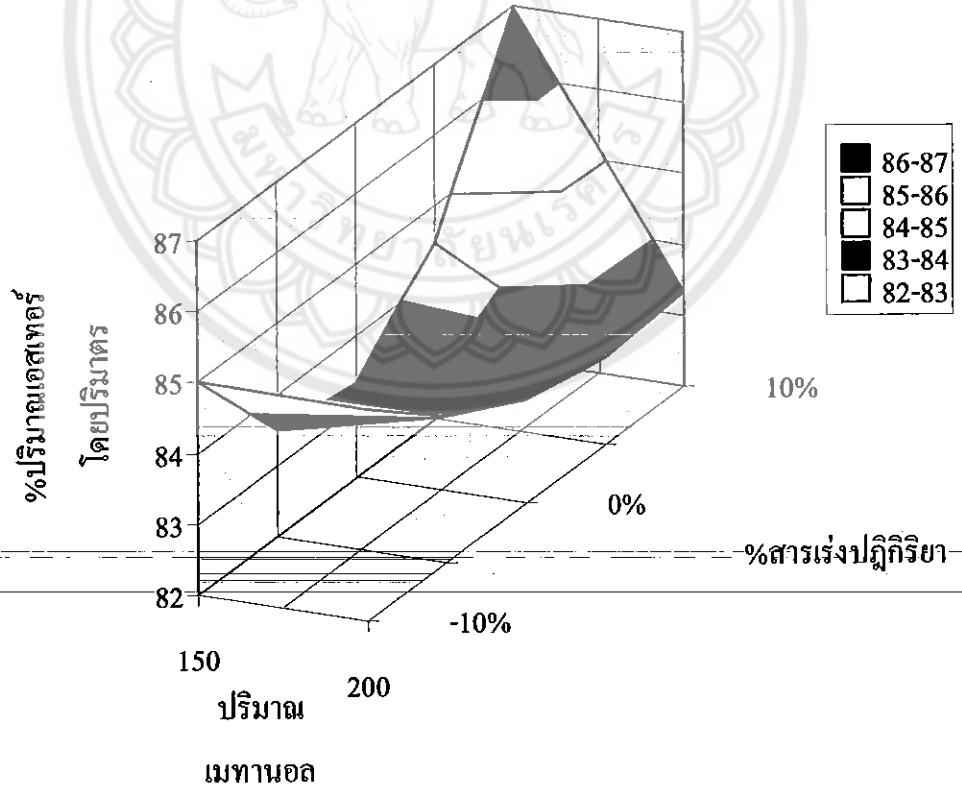
จากการทดลองผลิตไบโอดีเซลของน้ำมันใช้แล้วจากร้านอาหารโดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาเป็น NaOH พบว่าการใช้ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาที่ 0% (เท่ากับการไทเทรต) และปริมาณเมทานอลที่ 150 cc ต่อปริมาณน้ำมันพืชใช้แล้ว 1 ลิตร ให้ปริมาณเอสเทอร์สูงสุดที่ 83.33%

ตารางที่ 4.14 แสดงสัดส่วนสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหาร

ชนิดของสารเร่งปฏิกิริยา	ปริมาณเมทนอล (% โดยปริมาตร)	สารเร่งปฏิกิริยา (g)	ปริมาณรวม (cc)	ปริมาณกลีเซอร์ลีน (cc)	ปริมาณเอสเตอร์ (cc)	ปริมาณเอสเตอร์ (%)
KOH	15	6.3	1100	115	985	85.65
NaOH	20	5.5	1140	140	1000	83.33

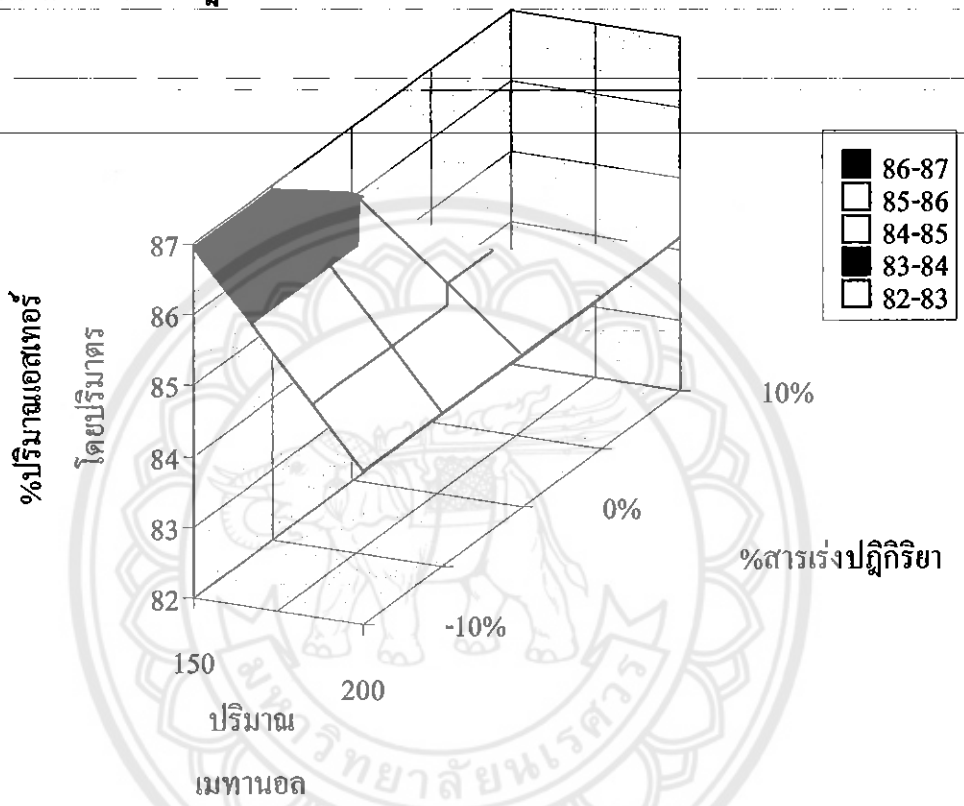
4.5.2 กรณีของน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย

กราฟที่ 4.2 แสดงสรุปสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตไบโอดีเซลของน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนยโดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา KOH



กราฟที่ได้จากการทดลองผลิตไบโอดีเซลของน้ำมันใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาเป็น KOH พบว่าการใช้ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาที่ 10% และปริมาณเมทานอลที่ 150 cc ต่อปริมาณน้ำมันพืชใช้แล้ว 1 ลิตร ให้ปริมาณเอสเทอร์สูงสุดที่ 86.95%

กราฟที่ 4.3 แสดงสรุปสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตไบโอดีเซลของน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนยโดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา NaOH



กราฟที่ได้จากการทดลองผลิตไบโอดีเซลของน้ำมันใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาเป็น NaOH พบว่าการใช้ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาที่ –10% และปริมาณเมทานอลที่ 150 cc ต่อปริมาณน้ำมันพืชใช้แล้ว 1 ลิตร ให้ปริมาณเอสเทอร์สูงสุดที่ 86.95%

ตารางที่ 4.15 แสดงสัดส่วนสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับทำไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย

ชนิดของสารเร่งปฏิกิริยา	ปริมาณเมทนอล (% โดยปริมาตร)	สารเร่งปฏิกิริยา (g)	ปริมาณรวม (cc)	ปริมาณกลีเซอร์ลีน(cc)	ปริมาณเอสเตอร์ (cc)	ปริมาณเอสเตอร์ (%)
KOH	15	8.5	1120	120	1000	86.95
NaOH	15	4.5	1080	80	1000	86.95

บทที่ 5

การออกแบบและทดสอบ

5.1 แนวคิดในการออกแบบ

5.1.1 จากการศึกษากระบวนการผลิตไบโอดีเซลแบบ Batch Process จะพบว่ามีกระบวนการที่สำคัญอยู่ 4 ขั้นตอนคือ

1.การเตรียมและผสมสารเคมี

2.กระบวนการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายเมท็อกไซด์และน้ำมันพืช

3.กระบวนการแยกกลีเซอร์ลีนออกจากเอสเตอร์

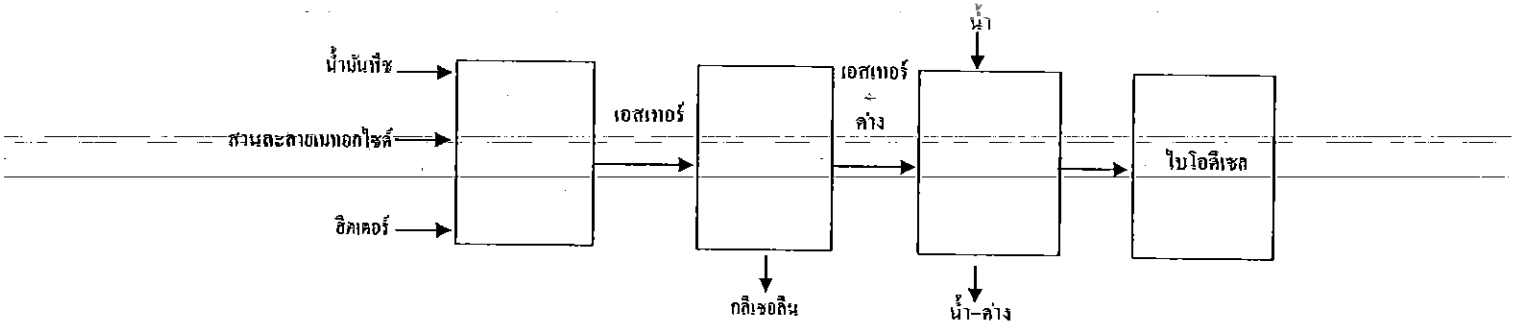
4.กระบวนการล้าง

5.1.2 จากลักษณะกลีเซอร์ลีนที่แข็งของตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้เป็นอุปสรรคต่อกระบวนการผลิตแบบ Batch Process เนื่องจากในขั้นตอนแยกกลีเซอร์ลีนออกจากน้ำมันไบโอดีเซลล์ทำได้ยากกว่ากลีเซอร์ลีนที่เป็นของเหลว และปริมาณเอสเตอร์ที่ได้จากการใช้สารเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ดังนันจึงทำการออกแบบให้เหมาะสมกับสารเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

5.1.3 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้จะต้องมีราคาไม่แพงสามารถหาได้ทั่วไปพร้อมทั้งมีอายุการใช้งานที่เหมาะสมกับราคา

5.1.4 .กำหนดให้มีกำลังผลิตครั้งละไม่ต่ำกว่า 50 ลิตร

จากแนวคิดในการออกแบบทั้ง 4 ข้อสามารถนำมาเขียนเป็นผังแสดงกระบวนการได้ดังรูป



รูปที่ 5.1 แสดงไดอะแกรมของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

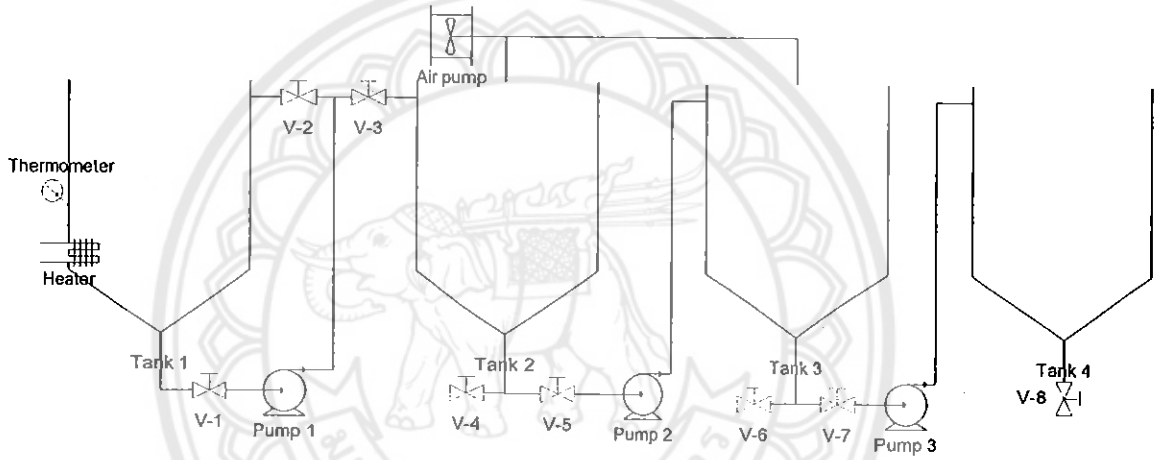
จากการข้อมูลในข้างต้นพบว่ากระบวนผลิตแบบ Batch process เป็นกระบวนการที่ง่ายไม่ซับซ้อนและสามารถออกแบบเพื่อให้นำมาประยุกต์ใช้งานในภาคเกษตรกรรมได้อย่างดี โดยแบ่งออกอุปกรณ์หลักดังรูปซึ่งประกอบไปด้วย

1.ถังปฏิกิริยา มีหน้าที่ทำปฏิกิริยารานเอสเทอริฟิเคชั่นของสารตั้งต้นพร้อมทั้งอุ่นให้ความร้อน

2. ถังทำแยกกลีเซอรอล ทำหน้าที่แยกกลีเซอรอลและเอสเตอร์ออกจากกัน

3.ถังล้าง ทำหน้าล้างสารเร่งปฏิกิริยาและเมทานอลที่เหลืออยู่หลังการทำปฏิกิริยาโดยจะใช้การล้างแบบใช้ฟองอากาศ

4.ถังพัก ใช้สำหรับพักไบโอดีเซลก่อนนำไปใช้งาน



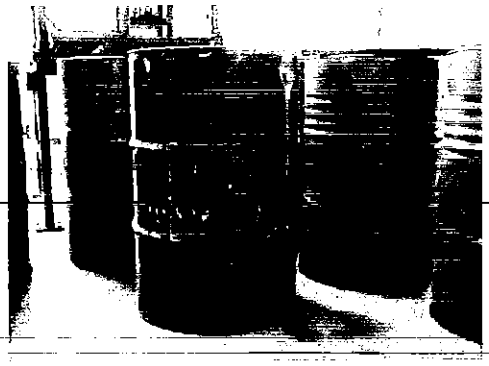
รูปที่ 5.2 แสดงอุปกรณ์ต่างๆของเครื่องผลิตไบโอดีเซลต้นแบบ

5.2 การเลือกอุปกรณ์และเหตุผล

5.2.1 การเลือก ถังปฏิกิริยา ถังล้าง และ ถังแยกกลีเซอลีน

เลือกใช้ถังน้ำมันซึ่งผ่านการใช้งานแล้วตัวถังเป็นเหล็กบาง เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุน และในการทำปฏิกิริยาและเอสเทอร์ไม่มีการทำปฏิกิริยากับตัวถัง

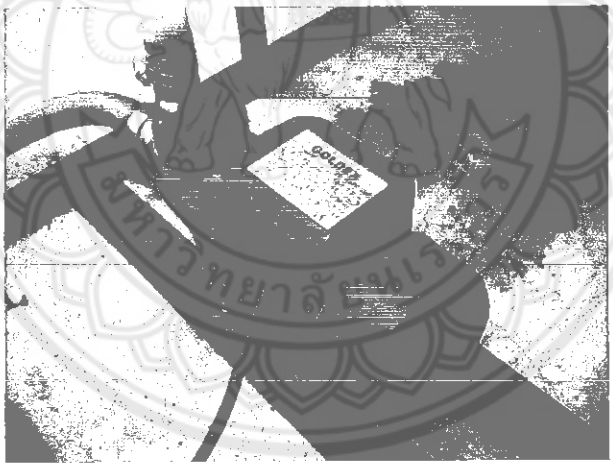
ถังต้องมีขนาดความจุขนาด 200 ลิตร เนื่องจากการผลิตในแต่ละครั้งต้องการปริมาณไบโอดีเซลไม่ต่ำกว่า 50 ลิตร ในการเลือกถังในการทำปฏิกิริยาต้องคำนึงถึงสัดส่วนของเมทานอลอีกด้วย และในขั้นตอนการล้างนั้นจำเป็นจะต้องเติมน้ำประมาณ 3 เท่าของปริมาณเอสเทอร์ที่ผลิตได้



รูปที่ 5.3 แสดงถังน้ำมันขนาดความจุ 200 ลิตร

5.2.2 การเลือกปั๊ม

เลือกใช้ปั๊มซึ่งมีอัตราการไหล 40 ลิตร/นาที เพื่อใช้ในกระบวนการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันพืชใช้แล้วกับเมทอกไซด์ เพราะอัตราการไหลใกล้เคียงกับปริมาณการผลิตไบโอดีเซลใน 1 ครั้งและเพิ่มการไหลเวียนในการทำปฏิกิริยา อีกทั้งใช้ในการถ่ายเอสเทอร์ไปกระบวนการถัดไป



รูปที่ 5.4 แสดงปั๊มน้ำขนาด 40 ลิตร/นาที

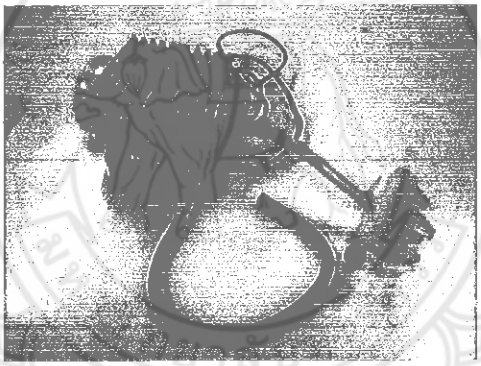
5.2.3 ท่อน้ำ และ วาล์ว PVC ขนาด 1 นิ้ว

เลือกใช้ท่อน้ำซึ่งวัสดุเป็นพลาสติก *PVC* เนื่องจากทำการติดตั้งได้ง่ายราคาไม่แพงและมีความทนทานต่อเอสเทอร์ได้เป็นอย่างดี

รูปที่ 5.5 แสดงท่อและวาลว์ PVC ขนาด 1 นิ้ว

5.2.4 ปั๊มลม

เลือกใช้ปั๊มลมที่ใช้พลังงาน 90 W ให้ความดัน 0.035 MPa อัตราการไหลของอากาศ 100 L/min ในการล้างเอสเทอร์พบว่าวิธีการล้างด้วยฟองอากาศนั้นเป็นวิธีที่รวดเร็วที่สุดและมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการน้อยกว่าแบบอื่น



รูปที่ 5.6 แสดงปั๊มลม

5.2.5 Heater

ทำการคำนวณเพื่อหาค่าความร้อนที่ใช้ในการอุ่นน้ำมันพืชปริมาณ 50 ลิตร กำหนดให้ใช้เวลาในการอุ่นน้ำมันพืช 60 นาที

ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำมันไบโอดีเซล(C_p)	2.02	kJ/kg·K
ปริมาตรของน้ำมัน (V)	50	ลิตร
ความหนาแน่นของน้ำมันพืช(ρ)	*0.902*	kg/m^3
อุณหภูมิที่ใช้ในการอุ่นน้ำมันจาก 25 °C เป็น 60 °C (ΔT)	35	°C

หามวลของน้ำมันพืช (m)

จากสมการ $m = \rho V$

$= 0.902 \times 50$

$= 45.1$ kg

หาค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ในการอุ่นน้ำมันพืช 50 ลิตร (Q)

จากสมการ $Q = mc_p\Delta T$

$= 45.1 \times 3.02 \times 35$

$= 3,189$ kJ

กำหนดให้ใช้เวลาในการอุ่นน้ำมันพืช 60 นาที

$= 3,189 / 3,600$

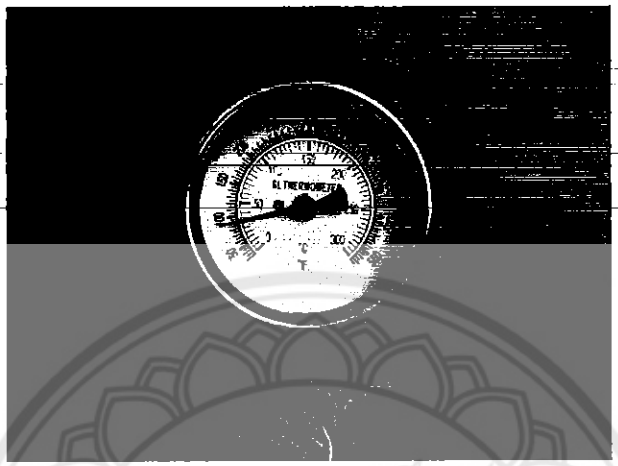
$= 0.9$ kW

รูปที่ 5.7 แสดง Heater ขนาด 1000 W

จากการคำนวณพลังงานที่ต้องการในเวลา 60 นาทีพลังงานที่คำนวณได้ 900 W จึงเลือกใช้ Heater ขนาด 1000 W ในการให้ความร้อนซึ่งเพียงพอในการอุ่นน้ำมันพืช

5.2.6 Thermo meter

ทำการติดตั้ง Thermo meter ในถังปฏิกิริยา เพื่อต้องการทราบถึงอุณหภูมิน้ำมันพืชภายในถังปฏิกิริยาเพื่อควบคุมไม่ให้น้ำมันพืชมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของเมทานอล (เมทานอลมีจุดเดือดที่ 64.6°C)



รูปที่ 5.8 แสดง Thermometer

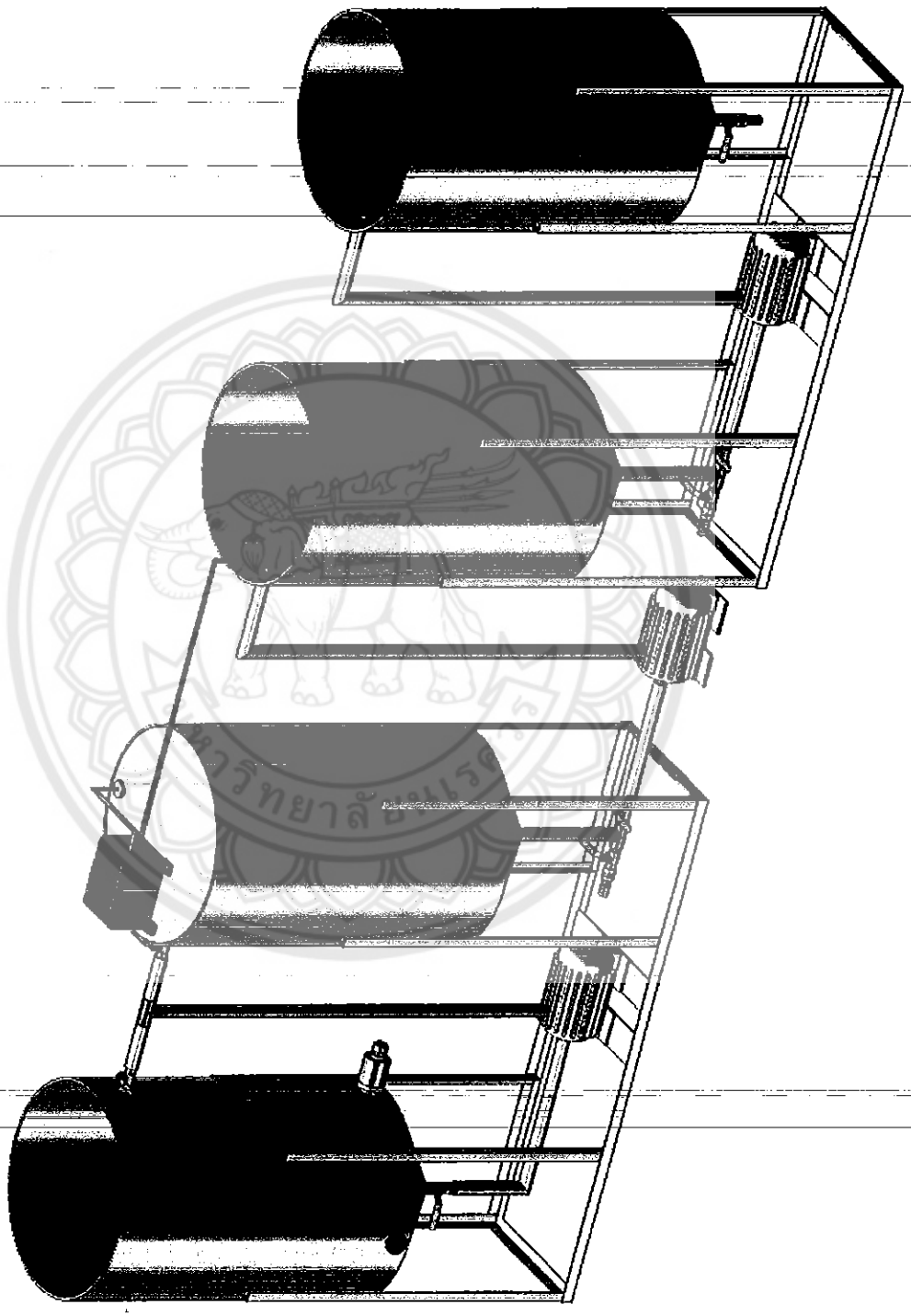
5.3 ขั้นตอนในการสร้าง

5.3.1 ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solid work เขียนแบบถังต่างๆ โดยออกแบบให้ด้านล่างของตัวถังเป็นรูปทรงกรวยเพื่อไม่ให้น้ำมันตกค้างอยู่ภายในถัง แล้วจึงกำหนดตำแหน่งเพื่อการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ฮีตเตอร์ เทอร์โมมิตเตอร์

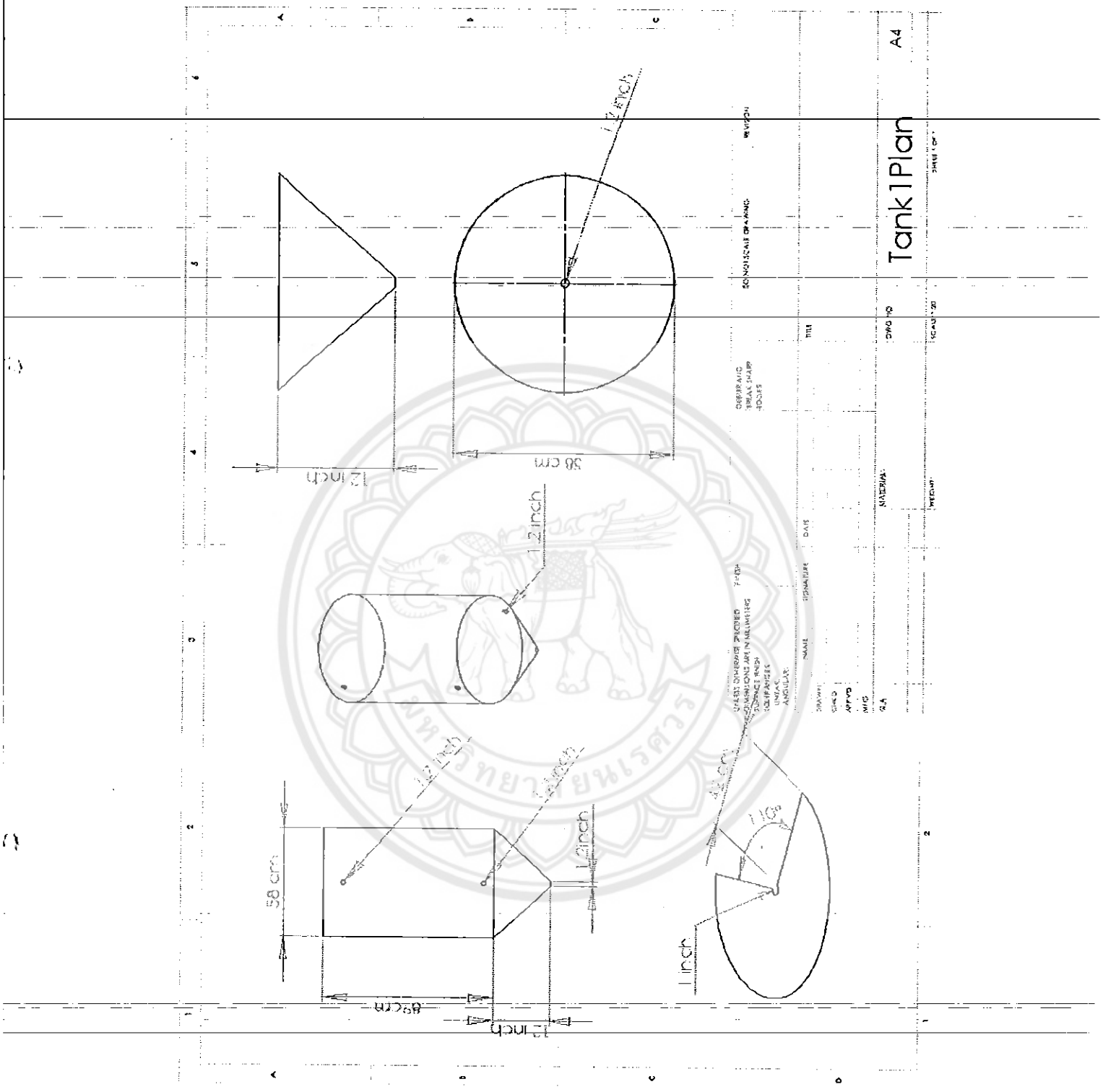
5.3.2 สั่งซื้ออุปกรณ์ต่างๆจากร้านค้า

5.3.3 ทำการจัดจ้างในการสร้างถังปฏิกิริยา ถังแยกกลีเซอลีน ถังล้าง และ ถังพัก รวมทั้งขาตั้งตามที่ได้ทำการออกแบบเอาไว้

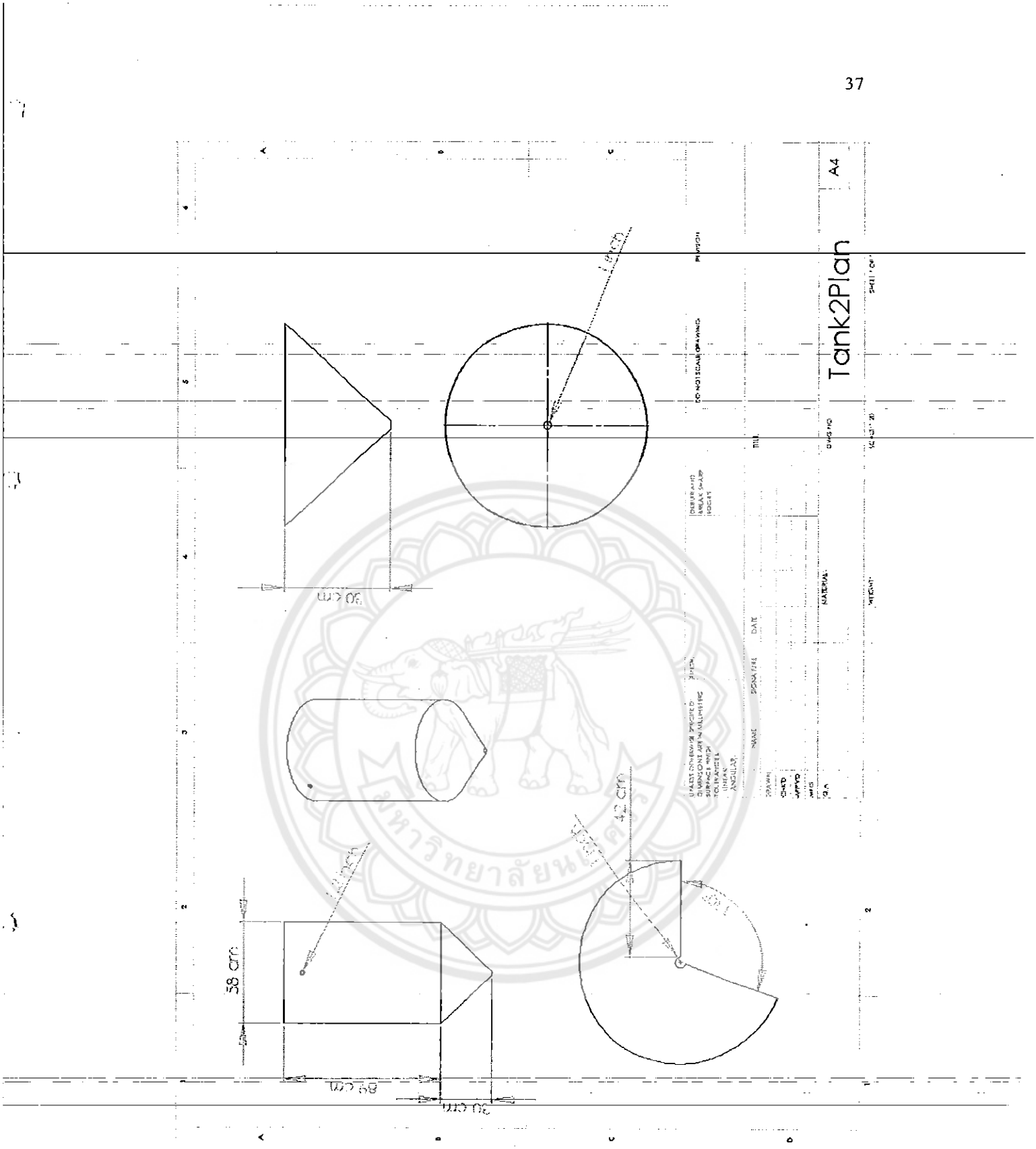
5.3.4 ทำการติดตั้ง เทอร์โมมิเตอร์ ฮีตเตอร์ ปั๊มน้ำ และ เดินระบบท่อซึ่งใช้ในการถ่ายเทเอสเทอร์ไปยังกระบวนการต่างๆ



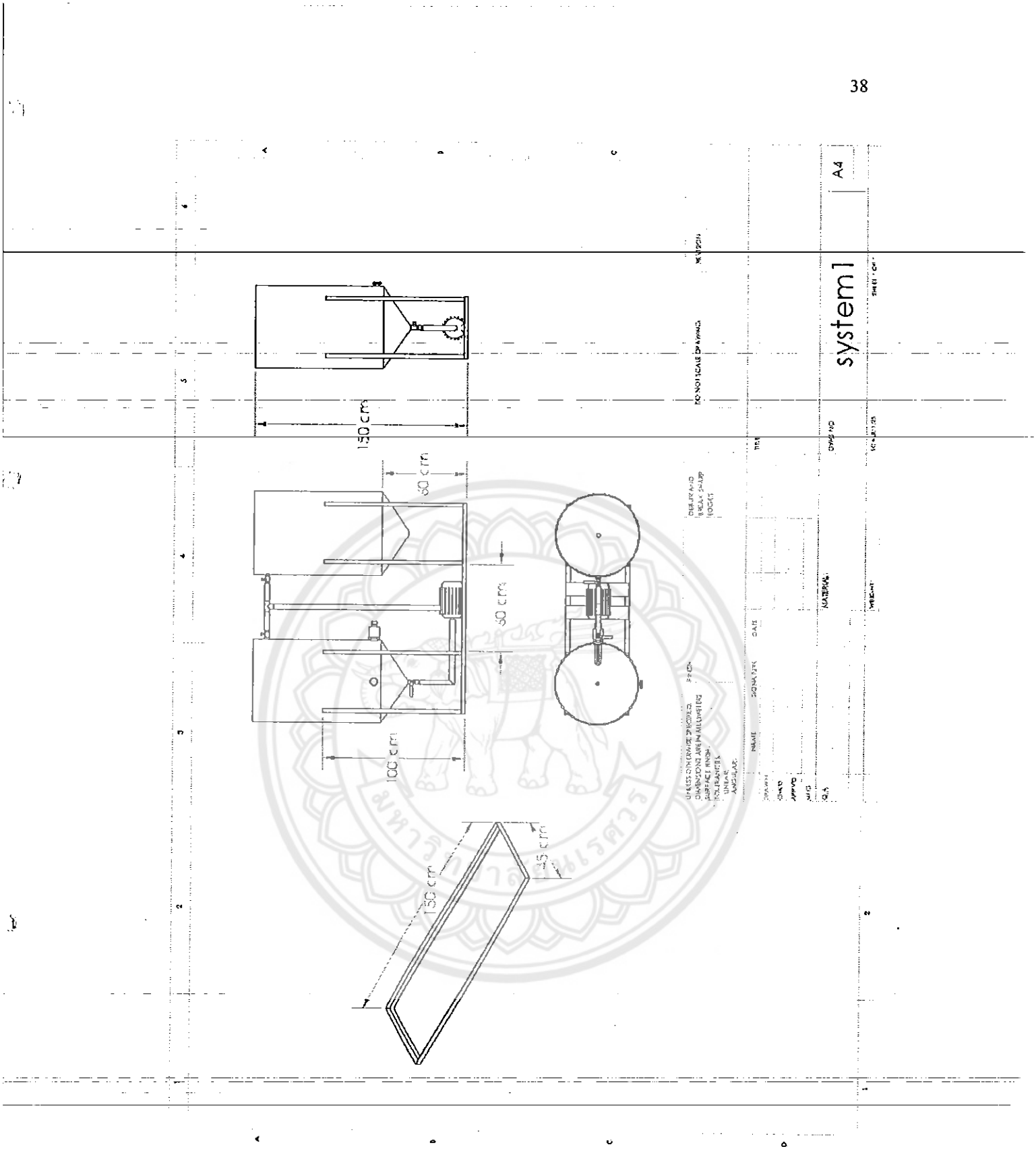
รูปที่ 5.9 แสดงแบบเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาด 50 ลิตร



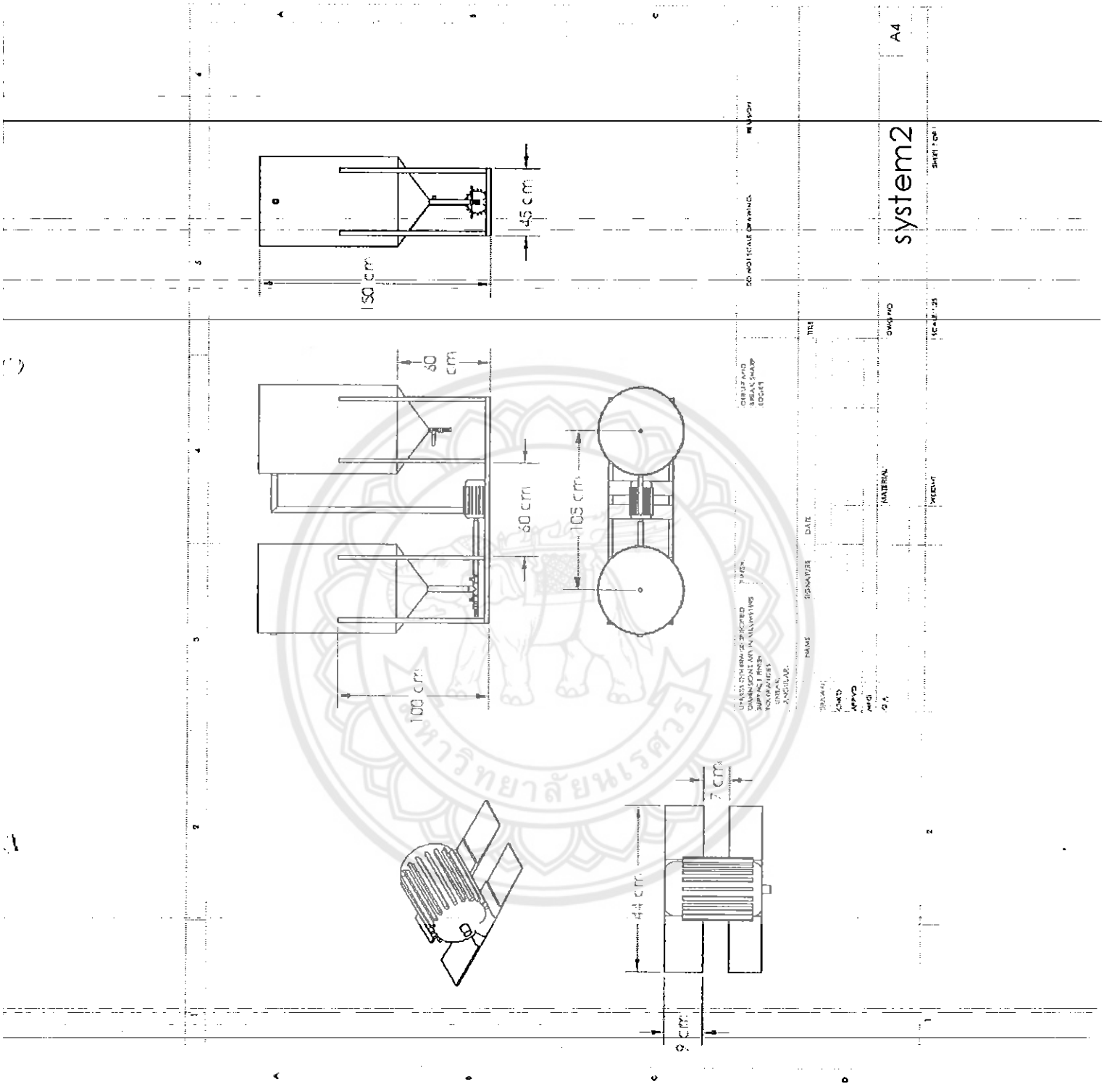
รูปที่ 5.10 แสดงแบบของถังปฏิกิริยา



รูปที่ 5.11 แสดงแบบของถังแยกกลีเซอร์ลีน กังล้าง และ ถังพัก



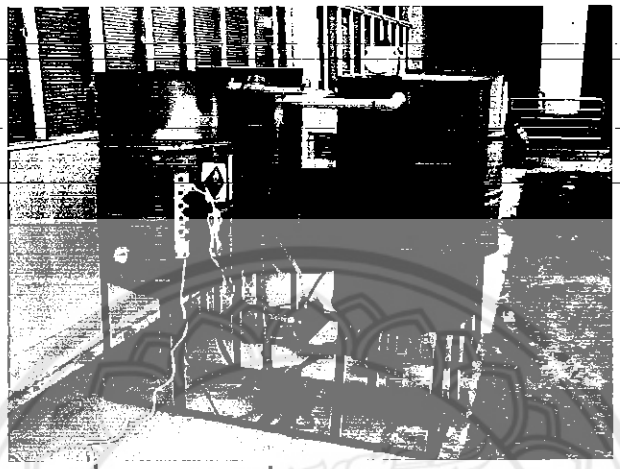
รูปที่ 5.12 แสดงโครงสร้างของถังปฏิกิริยา และ กังแยกกลีเซอร์ลีน



รูปที่ 5.13 แสดงโครงสร้างของถังล้าง และ ถังพัก

5.4 การทดลองผลิตไบโอดีเซลจากเครื่องต้นแบบ

สารเคมีทั้ง 2 ชนิดที่นำมาทดสอบมีผลต่อลักษณะของกลีเซอร์ลีน เมื่อใช้สารเร่งปฏิกิริยาเป็นโซเดียมไฮดรอกไซด์ กลีเซอร์ลีนที่ได้จะมีลักษณะแข็งเป็นก้อน แต่เมื่อเปลี่ยนสารเร่งปฏิกิริยาเป็นโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ กลีเซอร์ลีนที่ได้จะมีลักษณะเป็นของเหลว

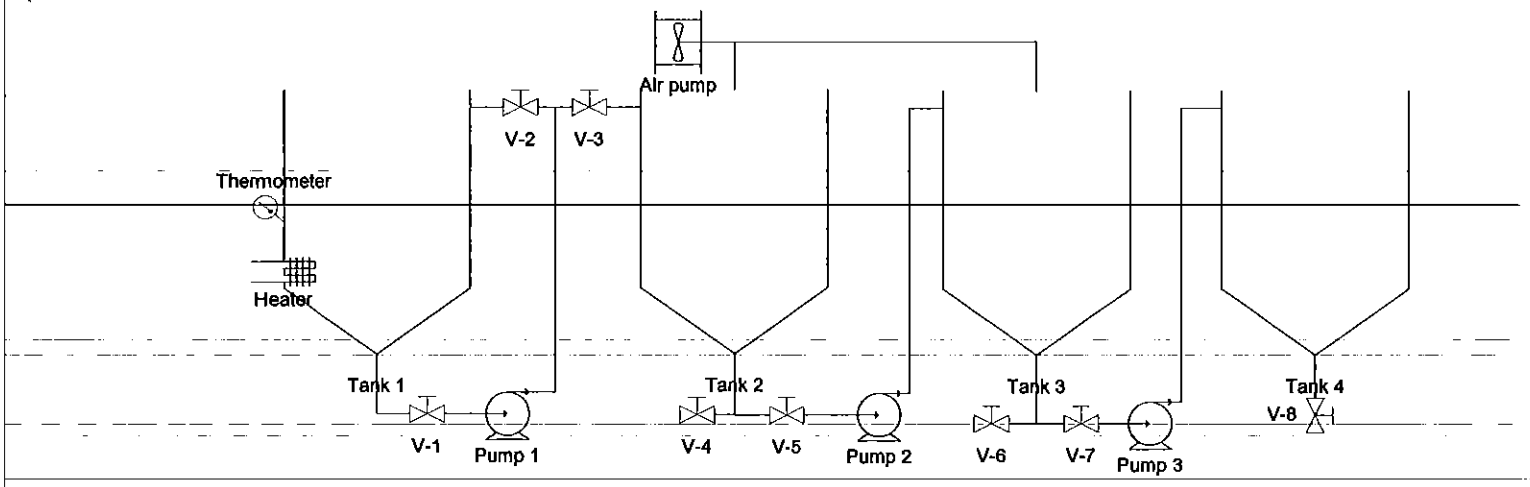


รูปที่ 5.14 แสดง เครื่องผลิตไบโอดีเซลต้นแบบ

1.เตรียมสารเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และเมททานอลตามสัดส่วนที่ได้จากการทดลองดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงอัตตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตไบโอดีเซลด้วยเครื่องต้นแบบ

ชนิดของน้ำมันพืช	ปริมาณเมทนอล (% โดยปริมาตร)	สารเร่งปฏิกิริยา KOH (g/l)	ปริมาณน้ำมันพืช (l)	ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา (g)	ปริมาณเมทานอล (l)
ร้านอาหาร	15	6.3	60	378	7.5
ทอดกล้วยอบเนย	15	8.5	60	510	7.5



รูปที่ 5.15 แสดงอุปกรณ์ต่างๆของเครื่องต้นแบบ

2.ละลายสารเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในเมทานอลจะได้สารละลายเมทอกไซด์

3.เทน้ำมันพืชลงในถังปฏิกิริยา ทำการเปิดสวิตฮีตเตอร์ให้ความร้อนจนกว่าน้ำมันพืชจะมีอุณหภูมิ 40-50

4.ทำการเปิดวาลว์ที่ 1,2 พร้อมทั้งเปิดปั้ม 1 เพื่อให้น้ำมันไหลเวียน และเทสารละลายเมทอกไซด์ลงในถังปฏิกิริยา

รูปที่ 5.16 แสดงการผสมเมทอกไซด์กับน้ำมันพืชในถังปฏิกิริยา

5.ใช้เวลาในทำปฏิกิริยาประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง

รูปที่ 5.17 แสดงการทำปฏิกิริยาภายในถัง Reactor

6.ทำการเปิดวาลว์ที่ 3 และปิดฮีตเตอร์พร้อมกับปิดวาลว์ที่ 2 เพื่อถ่ายเอสเทอร์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาไปยังถังแยกกลีเซอร์ลีน เมื่อเอสเทอร์ถูกถ่ายไปจนหมดให้ปิดปั้ม 1

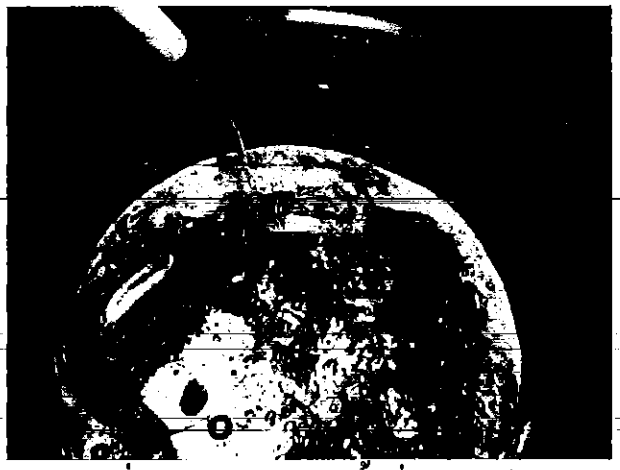
7.ทิ้งให้กลีเซอร์ลีนแยกตัวออกจากเอสเทอร์ใช้เวลาประมาณ 1 วัน

8.ทำการแยกกลีเซอร์ลีนออกจากเอสเทอร์โดยการเปิดวาลว์ 4

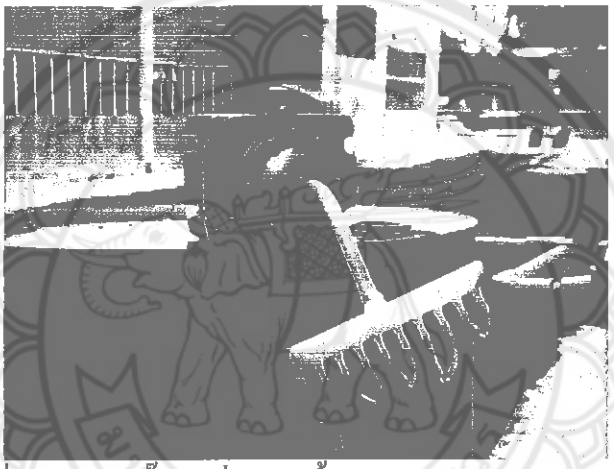
รูปที่ 5.18 แสดงการแยกกลีเซอลีน

9.เปิดวาลว์ 5 และปั้ม 2 เพื่อทำการถ่ายเอสเทอร์ไปยังถังล้าง

10.ทำการเติมน้ำประมาณ 3 เท่าของปริมาณเอสเทอร์

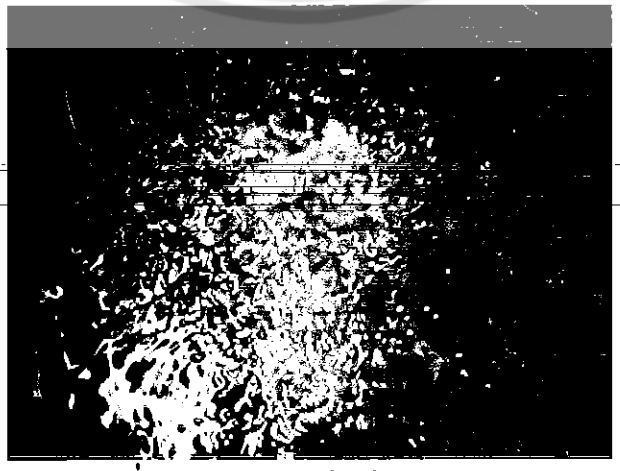


รูปที่ 5.19 แสดงการเติมน้ำเพื่อเตรียมล้าง



รูปที่ 5.20 แสดงปั๊มลมซึ่งใช้ในขั้นตอนการล้างด้วยฟองอากาศ

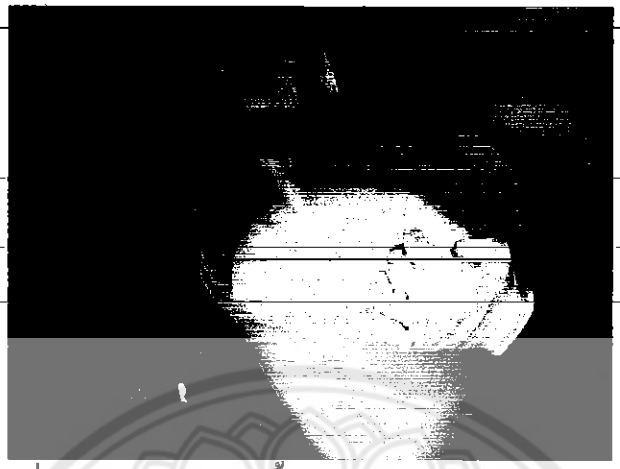
11.**เปิดปั๊มลม**เพื่อทำการล้างด้วยฟองอากาศ ใช้เวลาประมาณ 4-6 ชั่วโมง



รูปที่ 5.21 แสดงการล้างด้วยฟองอากาศ

12.ทิ้งไว้ให้แยกชั้นประมาณ 1 วัน

13.ถ่ายน้ำออกโดยการเปิดวาลว์ 6



รูปที่ 5.22 แสดงการแยกน้ำออกหลังผ่านกระบวนการล้าง

14.ทำการตรวจสอบค่า ph ว่าอยู่ในช่วง 7-8 หรือไม่ถ้ายังไม่เป็นกลางให้ทำขั้นตอนที่ 10 – 13 ซ้ำอีก 1 ครั้ง

15.ทำการเปิดวาลว์ 7 เพื่อถ่ายไบโอดีเซลไปยังถังพักเพื่อรอการนำไปใช้งาน

รูปที่ 5.23 แสดงน้ำมันไบโอดีเซลซึ่งผลิตได้จากเครื่องต้นแบบ

5.5 วิเคราะห์ผลการทดลองการผลิตไบโอดีเซลจากเครื่องต้นแบบ

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการผลิตไบโอดีเซลด้วยเครื่องต้นแบบ

ชนิดของน้ำมันพืช	ปริมาณ เอสเทอร์ (l)	ปริมาณ กลีเซอลีน (l)	ปริมาณ เอสเทอร์ (%)	ปริมาณ ไบโอดีเซล (l)	ปริมาณ ไบโอดีเซล (%)
ร้านอาหาร	58	9.5	85.92	-	-
ทอดกล้วยอบเนย	57.5	10	85.18	53	78.51

รูปที่ 5.24 เปรียบเทียบน้ำมันในขั้นตอนต่างๆ

หลังจากได้ทำการทดสอบผลิตไบโอดีเซลด้วยเครื่องต้นแบบพบว่าตัวเครื่องนั้นสามารถผลิตไบโอดีเซล 50 ลิตร ใช้เวลาโดยประมาณ 72 ชั่วโมง และ จากผลการทดลองพบว่า เอสเทอร์ที่ได้จากน้ำมันใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนยซึ่งผลิตได้จากเครื่องต้นแบบนั้นมีปริมาณใกล้เคียงกับการทดสอบในห้องทดลอง แต่ปริมาณไบโอดีเซลที่ได้จากเครื่องต้นแบบนั้นยังน้อยกว่าไบโอดีเซลจากห้องทดลองเนื่องจากในห้องทดลองการล้างเอสเทอร์ด้วยน้ำจะทำให้เกิดการสูญเสียไปเพียง 2-3 % โดยปริมาตรเพราะเป็นการผลิตซึ่งมีปริมาณเพียง 1 ลิตรเท่านั้นแต่การผลิตด้วยเครื่องต้นแบบเป็นการผลิตทีละมากๆอาจทำให้เกิดการสูญเสียในกระบวนการต่างๆได้ เช่น ตกค้างในสายยาง สูญเสียไปในการล้าง เกิดการระเหยของเมทานอลในระหว่างการทำปฏิกิริยา จึงทำให้เหลือปริมาณไบโอดีเซลเพียง 78.51 %

ในส่วนของน้ำมันใช้แล้วจากร้านอาหารซึ่งผลิตได้จากเครื่องต้นแบบนั้นมีปริมาณใกล้เคียงกับการทดสอบในห้องทดลอง แต่พบปัญหาในกระบวนการล้างเนื่องจากเกิดการรวมตัวของเอสเทอร์กับน้ำทำให้ไบโอดีเซลไม่แยกตัวออกจากน้ำและเกิดเป็นไขมันลอยอยู่ เป็นผลมาจากการทำปฏิกิริยายังไม่สมบูรณ์ส่งผลให้ขจัดไขมันต่างๆได้ไม่มากพอที่จะทำให้เกิดเมทิลเอสเทอร์ได้สมบูรณ์

5.6 รายงานการตรวจสอบ (กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

5.6.1 น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (ผลิตจากเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาด 20 ลิตร)

ผลการทดสอบ		
เมทิลเอสเทอร์	ร้อยละ	88.5
กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์	ร้อยละ	0.57
จุดวาบไฟ(ถ้วยปิดแบบเพนสกี้ มาร์เทนส์)	องศาเซลเซียส	153.5
สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด	ร้อยละ	0.0086
ค่าความเป็นกรด	มิลลิกรัม โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม	0.35
กลีเซอรีนอิสระ	ร้อยละ	น้อยกว่า 0.01
กลีเซอรีนทั้งหมด	ร้อยละ	น้อยกว่า 0.32
จุดขุ่น	องศาเซลเซียส	8
จุดไหลเท	องศาเซลเซียส	9

จากการทดสอบ พบค่าความเป็นเมทิลเอสเทอร์ ในน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีค่า ร้อยละ 88.5 ซึ่งตัวช่วยในการเผาไหม้ของน้ำมัน จุดวาบไฟเป็นจุดที่บ่งบอกว่าน้ำมันมีโอกาสติดไฟเมื่ออุณหภูมิ 153.5 องศาเซลเซียส(ที่อุณหภูมิห้อง) จะพบว่าค่าที่ได้ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ที่มีดี เนื่องจากเป็นการผลิตในจากเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาด 20 ลิตร ใช้ใบพัดในการกวนสารเพื่อเร่งปฏิกิริยา ทำให้น้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากการผลิตได้ความเป็นไบโอดีเซลที่สูง

5.6.2 น้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านการทอดกล้วยอบเนย(ผลิตจากเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซลต้นแบบ ปริมาณ 50 ลิตร)

ผลการทดสอบ		
เมทิลเอสเทอร์	ร้อยละ	61.5
กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์	ร้อยละ	0.1
จุดวาบไฟ(ถ้วยปิดแบบเพนสกี้ มาร์เทนส์)	องศาเซลเซียส	136.0
สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด	ร้อยละ	0.0016
ค่าความเป็นกรด	มิลลิกรัม โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม	0.08
กลีเซอรีนอิสระ	ร้อยละ	น้อยกว่า 0.01
กลีเซอรีนทั้งหมด	ร้อยละ	น้อยกว่า 1.6
จุดขุ่น	องศาเซลเซียส	13
จุดไหลเท	องศาเซลเซียส	3

จากการทดสอบ พบค่าความเป็นเมทิลเอสเทอร์ ในน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านการทอดกล้วยอบเนยมีค่าร้อยละ 61.5 จุดวาบไฟเป็นจุดที่บ่งบอกว่าน้ำมันมีโอกาสติดไฟเมื่ออุณหภูมิ 136.0 องศาเซลเซียส(ที่อุณหภูมิห้อง) จะพบว่าผลการทดลองที่ได้มีค่าความเป็นน้ำมันไบโอดีเซลน้อยกว่าน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ เนื่องจากการผลิตจากเครื่องไบโอดีเซลต้นแบบ เป็นกระบวนการที่มีขนาดใหญ่กว่าการทดลองน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ทำให้การเกิดปฏิกิริยาของสารเคมีไม่ดีเท่ากับการผลิตจากน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

บทที่ 6
การสรุปผลและวิเคราะห์โครงงาน

6.1 สรุปการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร

น้ำมันพืชที่นำมาทำการทดลองคือน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว เพื่อหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซล เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที

1.ในกรณีของน้ำมันพืชใช้แล้วจากร้านอาหารพบว่า เมื่อใช้สารเร่งปฏิกิริยาเป็นโพแทสเซียนไฮดรอกไซด์ (KOH) จะได้ปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุดคือ 85.65% โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา 0.72% โดยน้ำหนักของน้ำมันตัวอย่าง และเมทานอล 15%โดยปริมาตร และ เมื่อใช้สารเร่งปฏิกิริยาเป็นโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะได้ปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุดคือ 83.33% โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา 0.60% โดยน้ำหนักของน้ำมันตัวอย่างและเมทานอล 20% โดยปริมาตร โดยไบโอดีเซลที่ผลิตได้จะมีค่าความร้อน 37,899 kJ/kg ซึ่งน้อยกว่าน้ำมันดีเซล 14.46% ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 922 kg/m^3 ซึ่งมีค่ามากกว่าน้ำมันดีเซล 11.01% และ มีค่าความหนืดเชิงจลน์ 2.02 mm^2/s ซึ่งมีค่ามากกว่าน้ำมันดีเซล 16.06%

2.ในกรณีของน้ำมันพืชใช้แล้วจากกกการทอดกล้วยอบเนยพบว่า เมื่อใช้สารเร่งปฏิกิริยาเป็นโพแทสเซียนไฮดรอกไซด์ (KOH) จะได้ปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุดคือ 86.95 % โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา 0.94% โดยน้ำหนักของน้ำมันตัวอย่าง และเมทานอล 15%โดยปริมาตร และ เมื่อใช้สารเร่งปฏิกิริยาเป็นโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะได้ปริมาตรสุทธิของเอสเตอร์ซึ่งมีค่ามากที่สุดคือ 86.95 % โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา 0.50% โดยน้ำหนักของน้ำมันตัวอย่าง และเมทานอล 15%โดยปริมาตร โดยไบโอดีเซลที่ผลิตได้จะมีค่าความร้อน 37,248 kJ/kg น้อยกว่าน้ำมันดีเซล 15.93 % ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 908 kg/m^3 ซึ่งมีค่ามากกว่าน้ำมันดีเซล 10.46% และ มีค่าความหนืดเชิงจลน์ 1.59 mm^2/s ซึ่งมีค่าน้อยกว่าน้ำมันดีเซล 8.09%

6.2 สรุปการทดสอบเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาด 50 ลิตร

ได้ทำการสร้างเครื่องต้นแบบที่มีกำลังการผลิต 50 ลิตร ขึ้นมาทดสอบโดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาเป็นโพแทสเซียนไฮดรอกไซด์ (KOH) (เนื่องจากสารเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ให้กลีเซอร์ลีนเป็นของแข็งซึ่งไม่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตที่จำเป็นจะต้องถ่ายของเหลวไปยังกระบวนการต่างๆ) พบว่าปริมาณเอสเตอร์ที่ได้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับการผลิตปริมาณ 1 ลิตรนั้นมีค่าลดลงเนื่องจากเกิดปัญหาการตกค้างของน้ำมันในสายยางจากกระบวนการเปลี่ยนถ่ายจากถังปฏิกิริยาไปยังถังแยกกลีเซอลีน และได้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลคิดเป็น 78.51 %

โดยปริมาตรของน้ำมันตัวอย่าง เครื่องต้นแบบสามารถผลิตไบโอดีเซลปริมาณ 50 ลิตร ใช้เวลาในการผลิตเพียง 72 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นการผลิตโดยใช้กระบวนการแบบ Batch Process แต่ละกระบวนการแยกออกจากกันเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการนั้นๆแล้วสามารถนำวัตถุดิบใหม่เข้ามาทำการผลิตต่อได้

จากรายงานการทดสอบทางเคมีของน้ำมันไบโอดีเซลซึ่งผลิตจากเครื่องต้นแบบนั้นพบว่าปริมาณเมทิลเอสเทอร์ยังต่ำกว่ามาตรฐานซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยาซึ่งยังไม่ดีพอ และทำให้ปริมาณไขมันอิสระมีปริมาณเกินมาตรฐาน ส่วน ค่าจุดวาบไฟ สิ่งปนเปื้อน เถ้าซัลเฟต ค่าความเป็นกรด จุดขุ่น และ จุดไหลเท ได้ค่าตามมาตรฐานทั้งหมด

6.3 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

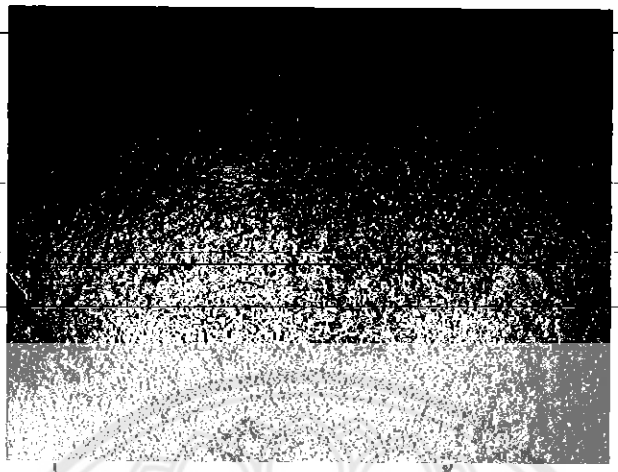
1. ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลแบบขนาด 50 ลิตร ในกระบวนการโอนถ่ายน้ำมันมีการตกค้างของน้ำมันในสายยางที่เชื่อมต่อระหว่างถังแต่ละถัง เนื่องจากปั๊มที่ใช้ทำการดูดน้ำมันไม่สามารถดูดน้ำมันเพื่อทำการโอนถ่ายได้หมด ทำให้เหลือค้างอยู่ในสายยาง

รูปที่ 6.1 แสดงน้ำมันที่ตกค้างในสายยาง

2. ถังที่ใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลแบบขนาด 50 ลิตร นำถังน้ำมันขนาด 200 ลิตรมาดัดแปลงสร้างเป็นถังในกระบวนการต่างๆในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งถังดังกล่าวเป็นสนิมได้ง่ายส่งผลให้ขั้นตอนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลอาจมีสนิมผสมกับน้ำมันไบโอดีเซลได้ จึงควรทำการกรองไบโอดีเซลก่อนนำไปใช้งาน

3. กระบวนการทำปฏิกิริยาอาจไม่สมบูรณ์ เนื่องจากปกติจะใช้มอเตอร์ติดใบพัดในการหมุนเพื่อเร่งการเกิดปฏิกิริยา แต่เครื่องต้นแบบใช้การเซอร์คูเรตในการเร่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ทำให้น้ำมันพืชกับเมทอกไซด์ทำปฏิกิริยาไม่ทั่วถึงกันเมื่อเทียบกับที่กรณีใช้ใบพัดมอเตอร์ ปัญหาดังกล่าวจะส่งผลในกระบวนการล้างเป็นอย่างมากเพราะเมื่อทำการล้างด้วยวิธีฟองอากาศจะพบว่า

ส่วนที่ทำปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์นั้นรวมตัวกับน้ำเกิดเป็นโฟมสีขาวทำให้ใช้เวลาการแยกชั้นนานกว่าปกติ จึงควรติดใบพัดมอเตอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำปฏิกิริยา



รูปที่ 6.2 แสดงปัญหาการเกิดฟองหลังขั้นตอนการล้าง

4. ในการล้างด่างออกจากเอสเตอร์ใช้น้ำในการล้างเป็นจำนวนมาก ซึ่งน้ำที่ได้หลังจากการล้างเอสเตอร์นั้นจะมีค่าความเป็นด่างสูงส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม

บรรณานุกรม

ประเสริฐ เทียนนิมิต.เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น. กรุงเทพ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2521

พูลพร แสงบางปลา "ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์"
สารสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ไทย ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2550) : หน้า 38

http://www.biodiesel.eng.psu.ac.th/index2.php

http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/cp_3_2549_biodiesel.pdf

คู่มือปฏิบัติการ Laboratory for mechanical engineers I

คู่มือปฏิบัติการ Laboratory for mechanical engineers II

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณ

- การคำนวณความหนืดเชิงจลน์ใช้สมการ

$$v = K \times t$$

โดยที่ค่า K เป็นค่าคงที่ของหลอดแก้ว Canon – Fenske Routine Viscometer ที่ใช้ในการทดลองซึ่งในการทดลองนี้หลอดแก้วที่ผลิตโดยบริษัท Schott Gerate และมี Tube capillary number 200 ซึ่งมีค่า K เป็น 0.1062

- ความหนาแน่นของน้ำมันหาได้จาก

ความหนาแน่น = น้ำหนักมวลสาร/ปริมาตร

ตัวอย่าง หาค่าความหนืดของไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย จากการทดลองจับเวลาการไหลของน้ำมันภายในหลอด Canon – Fenske Routine Viscometer ได้ 35.31 วินาที ค่า K ของหลอดมีค่าเท่ากับ 0.1062 จะได้

$$\therefore v = K \times t = 0.1062 \times 35.31 = 3.75 mm^2/s \text{ ที่ } 40^\circ C$$

ตัวอย่าง หาค่าความหนาแน่นของไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย น้ำหนักของไบโอดีเซลน้ำมันพืชใช้แล้วจากการทอดกล้วยอบเนย 10 มิลลิลิตร เท่ากับ 9.08 กรัม

ความหนาแน่น = น้ำหนักมวลสาร/ปริมาตร

$$= \frac{9.08}{10} \times 1000 = 0.908 kg/m^3$$

ประวัติผู้ทำโครงงาน

ชื่อ นายดนฤทธิ์ โรจน์ปาน

วันเกิด 31 มกราคม 2529

ที่อยู่ 9/1 หมู่ 1 ต.ทุ่งโพ อ.หนองฉาง จ.อุทัยธานี

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษาปีที่ 6	โรงเรียงวัดหนองขุนชาติ	จ.อุทัยธานี
มัธยมศึกษาปีที่ 3	โรงเรียนหนองฉางวิทยา	จ.อุทัยธานี
มัธยมศึกษาปีที่ 6	โรงเรียนหนองฉางวิทยา	จ.อุทัยธานี
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยนเรศวร	จ.พิษณุโลก

ชื่อ นาย วรวิทย์ บุญวัฒน์

วันเกิด 18 มกราคม 2527

ที่อยู่ 703/6 หมู่ 6 ต.ลาดยาว อ.ลาดยาว จ.นครสวรรค์

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษาปีที่ 6	โรงเรียงอนุบาลนครสวรรค์	จ.นครสวรรค์
มัธยมศึกษาปีที่ 3	โรงเรียนนครสวรรค์	จ.นครสวรรค์
มัธยมศึกษาปีที่ 6	โรงเรียนนครสวรรค์	จ.นครสวรรค์
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยนเรศวร	จ.พิษณุโลก

ชื่อ นายอภินันท์ ปรีชาวรพันธ์

วันเกิด 18 มกราคม 2527

ที่อยู่ 777/130 หมู่ 9 ต.อรัญญิก อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

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