

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อแคบสำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพแบบต่อเนื่อง



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 62887
วัน,เดือน,ปี... 23 ส.ค. 2549

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NARROW TUBULAR REACTOR FOR CONTINUOUS BIODIESEL PRODUCTION



A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตรเรื่อง เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อแคบสำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ
แบบต่อเนื่อง
โดย นายกานต์ เข้มน้มนวล รหัสนักศึกษา 45010041
นางสาวเกศกนก ขุ่มด้วง รหัสนักศึกษา 45010066
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.นริศรา ทองบุญชู

ปริญญาบัตรนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดมหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญาบัตร

.....ประธานกรรมการ

(รศ.ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์)

.....กรรมการ

(ดร.นริศรา ทองบุญชู)

.....กรรมการ

(ดร.สุรัตน์ อารีรัตน์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ศิริพันธ์ มุทธาธัญลักษณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อแคบสำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพแบบต่อเนื่อง		
โดย	นายกานต์	แฉ่มนันทน์	รหัสนักศึกษา 45010041
	นางสาวเกศกนก	ชุมด้วง	รหัสนักศึกษา 45010066
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี	คณะวิศวกรรมศาสตร์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ไพศาล นาคพัฒนา		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.นริศรา ทองบุญชู		
ปริญญานิพนธ์	ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง		

บทคัดย่อ

โครงการนี้ศึกษาการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพแบบต่อเนื่องด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อแคบด้วยวิธีการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันระหว่างน้ำมันปาล์มกับเมทานอล โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและให้ความร้อนแก่สารตั้งต้นให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของปฏิกิริยาก่อนป้อนเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ เครื่องปฏิกรณ์ทำด้วยท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก $\frac{1}{4}$ นิ้ว ยาว 15 เมตร ขดเป็นคอยล์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 เซนติเมตรมีปริมาตรประมาณ 120 มิลลิลิตร อัตราส่วนโดยปริมาตรของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลเท่ากับ 5:1 และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.55 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักของน้ำมันปาล์มเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อทำการศึกษาผลของอุณหภูมิและอัตราการไหลต่อค่าความหนืดและร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้

ทำการทดลองที่อัตราการไหลรวมของสารตั้งต้น 30, 40 และ 50 มิลลิลิตรต่อนาที และที่อุณหภูมิของปฏิกิริยา 65, 70, 75 และ 80 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เมทิลเอสเทอร์ที่ได้จะมีค่าความหนืดลดลงและร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้มากขึ้น สภาวะที่เหมาะสมของเครื่องปฏิกรณ์ที่ให้ผลผลิตมากที่สุด คือ อัตราการไหลรวมของสารตั้งต้น 30 มิลลิลิตรต่อนาที และอุณหภูมิของปฏิกิริยา 80 องศาเซลเซียส เมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้มีค่าความหนืดเฉลี่ย 4.55 เซนติสโตกส์ คิดเป็นร้อยละของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 99.74 เปอร์เซ็นต์

Report Title Narrow Tubular reactor for Continuous Biodiesel Production

By Mr. Karn Yamnimnual ID 45010041

 Miss Keskanok Khumduang ID 45010066

Advisor Assoc. Prof. Dr. Paisal Nakpipat

Co-advisor Dr. Narisara Thongboonchoo

Report for Bachelor Degree of Chemical Engineering

 Department of Chemical Engineering

 King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

This project studies continuous of biodiesel from transesterification reaction of palm oil and methanol in narrow tubular reactor. The catalyst is sodium hydroxide and preheating the reactants before feeding into the reactor. The reactor was made of ¼ inches outer diameter copper tube with a total length of 15 m, forming into 23 cm. diameter of coil pattern. The total volume of the reactor is approximately 120 ml. With volumn ratio of 5:1 (palm oil : methanol) and 0.55 % sodium hydroxide by weight of oil. The purpose is to determine temperature and flow rate that relation with viscosity and percent yield of product.

The experiments were performed at total feed flow rate 30, 40 and 50 ml/min, and reaction temperature of 65, 70, 75 and 80 °C. The results have showed that when the temperature increased percent yield of product increased and viscosity decreased. The good condition of biodiesel from palm oil for reactor in this study that obtained maximum conversion was feed flow rate 30 ml/min at reaction temperature 80 °C , that gave yield of methyl ester with the lower viscosity of 4.55 cSt. and yield of 99.74 %

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณพิสันต์ ผลโพธิ์ เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรม-
ศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำ
แนะนำในการใช้ เครื่องมือในการสร้างอุปกรณ์ในการทดลอง

ขอขอบคุณ รศ.ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์ และ ดร.นริศรา ทองบุญชู อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้
คำแนะนำตลอดจนจัดหาอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องปฏิกรณ์

สุดท้ายนี้ หากมีสิ่งผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำขออภัยและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นายกานต์ แชนน์มณฑล
นางสาวเกศกนก ขุ่มด้วง
1 มีนาคม 2549



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปริญญานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	4
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	4
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ไขมันและน้ำมัน.....	6
2.2 น้ำมันดีเซล.....	10
2.3 การผลิตไบโอดีเซล.....	14
2.4 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน.....	15
2.5 การไหลและการผสมภายในท่อ.....	19
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการ.....	26
3.1 การออกแบบอุปกรณ์.....	26
3.2 การทดลอง.....	28
3.2.1 การสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อแคบ.....	28
3.2.2 การวิเคราะห์ค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้.....	31
3.2.3 การหาค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์.....	31
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	32
4.1 ผลการทดลองการวิเคราะห์ค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้.....	32
4.2 ผลการทดลองการหาค่าร้อยละผลิตภัณฑ์เมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้.....	33
บทที่ 5 วิจัยและสรุปผลการทดลอง.....	36
5.1 วิจัยผลการทดลอง.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2 ข้อเสนอแนะการทดลอง.....	39
5.3 สรุปผลการทดลอง.....	40
เอกสารอ้างอิง.....	41
ภาคผนวก.....	42
ภาคผนวก ก สมบัติของน้ำมัน.....	43
ภาคผนวก ข การคำนวณ.....	44
ภาคผนวก ค การหาค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์.....	46



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง เมื่อใช้น้ำมันพืชทั้ง 5 ชนิด ที่ความเร็วรอบสูงสุด 2,400 รอบต่อนาที.....	3
2.1 ปริมาณการผลิตพืชน้ำมันของประเทศ.....	7
2.2 คุณสมบัติและองค์ประกอบกรดไขมันหลักของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ.....	9
2.3 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติต่างๆของน้ำมันดีเซลและผลต่อการใช้งานกับเครื่องยนต์.....	12
2.4 ลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็วและหมุนช้า.....	13
3.1 อัตราการไหลของสารตั้งต้นที่ใช้ในการทดลอง.....	31
4.1 ความหนืดของเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้ที่สภาวะต่างๆ.....	32
4.2 ปริมาตรและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่วัดได้.....	33
4.3 เวลาที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์.....	34
4.4 ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ที่วัดได้.....	34
4.5 ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่วัดได้.....	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปร่าง

รูปที่	หน้า
2.1 ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันทานตะวันซึ่งเป็นไตรกลีเซอไรด์โดยใช้เมทานอล.....	15
2.2 ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (R_1, R_2, R_3 คือสารประกอบไฮโดรคาร์บอน).....	16
2.3 ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน โดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกริยา.....	17
2.4 ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน โดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกริยา.....	17
2.5 Mixing Chamber.....	21
2.6 ลักษณะการไหลแบบหัวฉีด.....	24
3.1 ห้องผสมแบบ Swirl-Well Chamber.....	26
3.2 ขดท่อทองแดงพร้อมโครมอีโคอะลูมิเนียม.....	27
3.3 การต่ออุปกรณ์.....	27
3.4 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	29
3.5 การแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเทอร์กับกลีเซอรอล.....	30
4.1 ความหนืดของเมทิลเอสเทอร์กับอัตราการไหลรวมของสารตั้งต้นที่อุณหภูมิในการทำปฏิกริยาต่างๆ.....	33
5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของเมทิลเอสเทอร์กับอุณหภูมิที่อัตราการไหลรวมของสารตั้งต้น 30 40 และ 50 cm^3/min	37
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์กับอุณหภูมิที่อัตราการไหลรวมของสารตั้งต้น 30 40 และ 50 cm^3/min	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

เนื่องจากปัจจุบันราคาน้ำมันดิบได้มีราคาสูงขึ้น อันเกิดจากความไม่สมดุลของปริมาณการใช้น้ำมันดิบที่มีความต้องการสูงอย่างมากกับการผลิต ทำให้ราคาน้ำมันที่ขายปลีกในปัจจุบันมีราคาสูงถึงลิตรละ 26-28 บาท แล้วแต่ภูมิภาค ซึ่งเป็นผลมาจากราคาน้ำมันที่ผันผวนอย่างรุนแรงในตลาดน้ำมันโลก เนื่องมาจากประเทศผู้ผลิตน้ำมันส่งออก (OPEC) จำกัดจำนวนการผลิต ซึ่งทำให้น้ำมันราคาสูงขึ้น อีกทั้งโลกมีปัญหาในเรื่องของการก่อการร้ายก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ซึ่งเกิดผลกระทบต่อประเทศไทยเช่นกัน โดยเฉพาะน้ำมันดีเซลที่มีผลต่อสภาพเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งเป็นน้ำมันที่ส่วนใหญ่เป็นน้ำมันที่ใช้กับรถที่มีการขนส่งสินค้า หรือเป็นต้นทุนของราคาสินค้าต่าง ๆ จึงทำให้ในปัจจุบันมีการหาพลังงานทดแทน หรือเพื่อลดปริมาณการใช้ เช่น การใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ต่าง ๆ การใช้รถพลังงานไฟฟ้า และการผลิตน้ำมันดีเซล หรือน้ำมันดีเซลชีวภาพ (Biodiesel) ซึ่งเป็นพลังงานที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (Renewable energy) เพราะเราสามารถปลูกพืชที่ให้ไขมันต่าง ๆ ได้ และมีหลายชนิดให้เลือกใช้ในการผลิต แล้วยังรวมไปถึงน้ำมันพืชที่ใช้แล้วก็ยังสามารถ นำมาเป็นสารตั้งต้นได้ด้วย

แม้ว่าการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจะยังไม่สามารถนำมาทดแทนน้ำมันดีเซลได้ทั้งหมด แต่การวิจัยและพัฒนาที่มีความจำเป็นเพราะน้ำมันอาจจะหมดไปในอนาคต หากไม่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เมื่อถึงเวลาที่จำเป็นก็อาจจะทำให้คุณภาพ และปริมาณการผลิตไม่สามารถรองรับได้อย่างเพียงพอ

น้ำมันพืชถูกทดลองนำมาใช้แทนน้ำมันดีเซลก่อน แต่ประสบปัญหาด้านความหนืดที่มากกว่าน้ำมันดีเซลจริง ๆ จึงมีการปรับปรุงเพื่อทำให้น้ำมันพืชให้ไปอยู่ในรูปของสารประกอบของอัลคิลเอสเทอร์ โดยนำน้ำมันพืชหรือไขมันจากสัตว์ที่ผ่านการกรองทำปฏิกิริยาเคมีกับแอลกอฮอล์ ซึ่งเรียกว่าปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification) ซึ่งใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา แล้วเปลี่ยนเป็นสารประกอบดังกล่าว และกลีเซอรอล (Glycerol) เมื่อเราแยกเอากลีเซอรอลออกมาแล้ว โมเลกุลของเอสเทอร์ที่ได้จะมีคุณสมบัติที่คล้ายกับน้ำมันดีเซลมาก ซึ่งคุณภาพของน้ำมันที่ผลิตได้ก็ข้อมขึ้นกับคุณภาพของน้ำมันและกรรมวิธีในการแยกน้ำมัน ซึ่งสามารถใช้ได้กับน้ำมันพืชหลายชนิดตามแต่ท้องถิ่น จึงทำให้น้ำมันไบโอดีเซลนั้นมีความยืดหยุ่นและสามารถผลิตกันได้ทั่วประเทศ

งานวิจัยการใช้น้ำมันพืชและไบโอดีเซลภายในประเทศ [1]

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 ประเทศไทยมีงานวิจัยในเรื่องการใช้ น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ (Jatropha curcas) น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม รวมถึงเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์ม เป็นพลังงานทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซล

เจนวนิชปัญจกุล และคณะ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) รายงานการวิจัยโดยใช้น้ำมันถั่วลิสงเป็นเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ พบว่า น้ำมันถั่วลิสงทั้งชนิดดิบและรีไฟน์ มีความหนืดสูง การติดเครื่องยนต์เป็นไปได้ยาก มีปัญหาในการเดินเครื่อง ที่รอบต่ำ ๆ เครื่องเดินสะดุด การสั่นคาบเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ และไม่ต่อเนื่อง เพื่อแก้ปัญหาเรื่องความหนืดสูง จึงได้ทดลองเดินเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันผสมระหว่าง น้ำมันถั่วลิสงในน้ำมันดีเซล และ น้ำมันก๊าด โดยให้มีความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ได้ใช้ส่วนผสมในอัตราส่วนน้ำมันถั่วลิสงชนิดดิบ 40% ในน้ำมันดีเซล และ น้ำมันถั่วลิสงชนิดดิบ 50 % ในน้ำมันก๊าด ผลการศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ในระยะสั้น พบว่า ใช้งานได้ดี ติดเครื่องได้ง่าย เกิดการสั่นคาบได้อย่างต่อเนื่อง และไม่เกิดปัญหาเครื่องยนต์เดินสะดุดที่รอบต่ำเหมือนการใช้ น้ำมันถั่วลิสงล้วนๆ และได้ทดลองใช้น้ำมันปาล์มดิบทำปฏิกิริยากับเมทานอล มีกรดเป็นคะตะลิสต์ เอสเทอร์ของน้ำมันปาล์มที่ได้ มีค่าความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และมีค่าซีเทนสูงกว่าน้ำมันดีเซล ในการทดลองกับเครื่องยนต์ พบว่าเครื่องยนต์ให้กำลังเทียบเท่ากับการใช้น้ำมันดีเซลทุกประการ

โสภณ สกุลอำนาจพงศา [2] ทำการศึกษาใช้น้ำมันปาล์มแทนน้ำมันดีเซลด้วย โดยใช้แนวทางเดียวกับการใช้น้ำมันมะพร้าว กล่าวคือ ใช้ผสมกับน้ำมันดีเซล และน้ำมันก๊าด เพื่อให้ได้น้ำมันผสมที่มีความหนืดที่เหมาะสม สัดส่วนน้ำมันผสมที่ดีที่สุดคือ น้ำมันปาล์มผสมในน้ำมันดีเซลและน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน น้ำมันปาล์ม : น้ำมันดีเซล : น้ำมันก๊าด 60 : 40 : 7 โดยปริมาตร และได้นำน้ำมันดังกล่าวนี้เดินเครื่องยนต์ ทั้งที่ไม่ได้รับน้ำหนักบรรทุก (no load), ใช้สูบน้ำ และใช้ในการเดินทางไกลด้วยรถเกษตรกรแต่ไม่มีรายละเอียด เพียงแต่รายงานว่า น้ำมันผสมในอัตราส่วนข้างต้นใช้ได้ดีเช่นเดียวกับน้ำมันดีเซล

สมรรถนะของเครื่องยนต์ และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเมื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 5 ชนิด ข้างต้นเปรียบเทียบกัน ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเมื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 5 ชนิดที่ความเร็วรอบสูงสุด 2,400 รอบ ต่อนาที [1]

เชื้อเพลิง	แรงม้าเบรค สูงสุดของ เครื่องยนต์	อัตราการสิ้น เปลืองเชื้อเพลิง (ลิตร ต่อชม.)	อัตราการสิ้นเปลือง เชื้อเพลิงเฉพาะ (ลิตร ต่อแรงม้าเบรค-ชม.)
1. น้ำมันดีเซล	5.98	2.09	0.3495
2. น้ำมันถั่วลิสงชนิดคิบ	5.85	1.93	0.3299
3. น้ำมันถั่วลิสงชนิดคิบ 40% ในน้ำมันดีเซล	5.22	1.77	0.3391
4. น้ำมันถั่วลิสงชนิดคิบ 50 % ในน้ำมันก๊าด	5.31	1.91	0.3597
5. เอสเตอร์ของน้ำมัน ปาล์ม หรือ FAME ของ น้ำมันปาล์ม	5.98	1.97	0.3294

โอกาสการพัฒนาใช้น้ำมันพืชและไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนในประเทศ

โอกาสในการใช้น้ำมันพืช และไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนในประเทศ ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น ราคา ความเพียงพอในด้านปริมาณ และชนิดของน้ำมันพืช ความสะดวกในการใช้ และผลที่มีต่อเครื่องยนต์ ปัญหาสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากพืชน้ำมันเป็นผลผลิตทางการเกษตรของประเทศ มีปริมาณที่ผลิตได้ไม่สม่ำเสมอ บางฤดูกาลล้มตลาด บางฤดูกาลมีไม่เพียงพอ และน้ำมันพืชเป็นสินค้าที่ทดแทนกันได้ จึงทำให้ราคาของน้ำมันพืชมีความผันแปร และเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ขึ้นกับอุปสงค์และอุปทานของทั้งตลาดภายในและภายนอก น้ำมันพืชที่ผลิตขึ้นภายในประเทศ ส่วนใหญ่ใช้ในการบริโภค และมีการส่งออกน้ำมันพืช เช่น น้ำมันเมล็ดในปาล์ม น้ำมันปาล์มสเตียริน และน้ำมันมะพร้าว ที่เหลือจากความต้องการผลิตในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ปริมาณความต้องการใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงจะขึ้นอยู่กับราคาเป็นปัจจัยหลัก ในภาวะที่ผลผลิตน้ำมันพืชล้มตลาด และมีราคาตกต่ำ ในขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาแพง จะมีความต้องการใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงสูง เนื่องจากมีราคาถูกกว่า เมื่อมีผู้สนใจหันมาใช้มากยิ่งขึ้น จะทำให้

เกิดภาวะการขาดแคลนน้ำมันพืชเพื่อบริโภค และส่งผลให้ราคาสูงขึ้นเป็นลำดับ จนราคาน้ำมันพืชไม่จูงใจให้ใช้เป็นเชื้อเพลิงอีกต่อไป เมื่อพิจารณาถึงปริมาณผลผลิต และคุณสมบัติของน้ำมันพืช น้ำมันมะพร้าว น้ำมันเมล็ดในปาล์ม และน้ำมันปาล์มสเตียริน มีแนวโน้มสูงที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากมีความต้องการเป็นอาหารน้อยกว่าน้ำมันชนิดอื่นนอกจากนั้นแล้ว ยังมีน้ำมันเมล็ดสบู่ดำ และน้ำมันพืชหรือน้ำมันจากสัตว์ที่ใช้แล้ว ที่มีโอกาสนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงด้วย ทั้งนี้เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนน้ำมันพืชบริโภคที่จะตามมา แม้ว่าน้ำมันพืชมีศักยภาพสูงในการใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ความสะดวกในการใช้งาน และผลที่มีต่อเครื่องยนต์ เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ดึงดูดให้มีการสนใจใช้

เนื่องจากน้ำมันพืช และไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสะอาด มีกำมะถันอยู่ในปริมาณที่น้อยมากเมื่อเทียบกับในน้ำมันดีเซล เมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเมืองใหญ่ และพื้นที่ที่มีปัญหาค้นสิ่งแวดล้อม จะลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นโอกาสการพัฒนาใช้น้ำมันพืชและไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จำเป็นต้องมีการกำหนดนโยบาย และจัดทำแผนแม่บทกำหนดทิศทางการใช้พลังงานทดแทนจากน้ำมันพืช รวมถึงแนวทางการพัฒนาทั้งระยะสั้น และระยะยาวทั้งระบบ ตั้งแต่วัตถุดิบ ที่ควรมีการกำหนดพื้นที่เพาะปลูกพืชน้ำมัน ศึกษาความเพียงพอที่ใช้เพื่อการบริโภค หรือเพื่อเป็นเชื้อเพลิง จนถึงการผลิต การตลาด เพื่อให้เกิดการใช้ใช้น้ำมันพืช และไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนได้อย่างยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาวิธีการสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์โดยเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อแคบ
2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์ที่ให้คุณภาพที่ดีโดยเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อแคบ
3. ศึกษาสมบัติของเมทิลเอสเทอร์ที่ได้
4. เรียนรู้ทักษะในการค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลสำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
5. เพิ่มพูนทักษะในการทำงานในลักษณะงานวิจัย

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อแคบ
2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อแคบที่สร้างขึ้น เช่น อุณหภูมิของปฏิกิริยา อัตราการไหลของสารตั้งต้น
3. ทดสอบคุณสมบัติของเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้โดยการวัดค่าความหนืด
4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาหาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ทำการออกแบบและสร้างเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อแคบและอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
3. ออกแบบการทดลอง และจัดหาวัสดุที่เกี่ยวกับข้องกับการทดลอง
4. ทำการทดลองและทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้
5. สรุปผลการทดลองและจัดทำปริญญานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพจากเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อแคบที่สร้างขึ้นได้
2. ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถนำไปใช้ประยุกต์กับเครื่องยนต์ดีเซลได้
3. สามารถนำเครื่องปฏิกรณ์ที่สร้างไปประยุกต์ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลในปริมาณมากได้
4. เพิ่มทักษะในการทำงานวิจัย การวางแผน และการดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไขมันและน้ำมัน [3]

ไขมันและน้ำมันที่ได้จากพืชและสัตว์เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งไขมันและน้ำมันเป็นสารประกอบประเภทเอสเทอร์ของกรดไขมันกับกลีเซอริน ซึ่งไขมันกับน้ำมันไม่แตกต่างกันในเรื่องขององค์ประกอบ แต่ไขมันจะเป็นของแข็ง และน้ำมันจะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งไขมันจะให้พลังงานประมาณ 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม โดยไขมันที่อยู่ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตจะถือเป็นแหล่งพลังงาน และยังเปรียบเสมือนนวมป้องกันอวัยวะภายในของสัตว์ต่าง ๆ อีกด้วย ซึ่งไขมันนี้เป็นทั้งประโยชน์และโทษ ซึ่งหากรับประทานไขมันมาก ๆ ก็จะไปสะสมที่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายทำให้เกิดโรคภัยได้

ไขมันและน้ำมันสามารถพบได้ในพืชและสัตว์ ซึ่งสะสมในส่วนต่างๆ ที่แตกต่างกัน ซึ่งหากในพืชมักจะอยู่ในผลและเมล็ด แต่หากเป็นสัตว์ก็มักจะอยู่ในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ

2.1.1 ความสำคัญของน้ำมันและไขมันต่อระบบเศรษฐกิจ

น้ำมันพืชและไขมันจากสัตว์ถือเป็นน้ำมันที่ให้ผลตอบแทนเศรษฐกิจสูงชนิดหนึ่ง โดยเฉพาะน้ำมันพืชช่วยให้เกษตรกรมีรายได้จากการปลูกพืชน้ำมันชนิดต่าง ๆ แล้วยังให้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง กล่าวคือ สามารถนำไปแปรรูปเป็นน้ำมันที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคในชีวิตประจำวัน เช่น อุตสาหกรรมสบู่ เนยเทียม ไขมันแข็ง ส่วนประกอบของผงซักฟอก เครื่องสำอาง และอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร อุตสาหกรรมยา โลหะ และโลหะต่าง ๆ และน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น

จากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ประเทศไทยทำการเพาะปลูกพืชน้ำมัน 6 ชนิด คือ ถั่วเหลือง ปาล์มน้ำมัน ถั่วลิสง มะพร้าว ละหุ่ง และงา ในพืชน้ำมัน 6 ชนิดนี้ ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีรายงานปริมาณผลผลิต ในแต่ละปีสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ มะพร้าว ปริมาณผลผลิตของพืชน้ำมัน 6 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.1

สำหรับปาล์มน้ำมัน มีทั้งการนำเข้าและส่งออกในรูปของน้ำมันปาล์มดิบ สกัด ผ่านกรรมวิธี และ ชนิดเค็มไฮโดรเจน การส่งออกน้ำมันปาล์มส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ในรูปของน้ำมันเมล็ดในปาล์มชนิดดิบ และน้ำมันปาล์มสเตียริน (palm stearin) ในปริมาณ 20,000 และ 30,000 ตัน/ปี ตามลำดับ ส่วนมะพร้าวมีการนำเข้าในปริมาณน้อยมาก และมีการส่งออก ในรูปของมะพร้าวทั้งผล และ น้ำมันมะพร้าว

ตารางที่ 2.1 ปริมาณการผลิตพืชน้ำมันของประเทศ (พันตัน)

ปี พ.ศ.	ปาล์มน้ำมัน	มะพร้าว	ถั่วเหลือง	ถั่วลิสง	กะทูน	งา
2538/39	2,255	1,413	386	147	6	34
2539/40	2,688	1,419	359	147	6	34
2540/41	2,681	1,386	338	126	6	35
2541/42	2,465	1,372	321	135	7	36
2542/43	3,512	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, n/a : not available (ไม่มีข้อมูล)

2.1.2 การทำให้บริสุทธิ์ [4]

การกลั่นน้ำมันพืชให้มีความบริสุทธิ์นั้นเป็นการนำน้ำมันพืชหรือไขมันมาจัดเอาสิ่งเจือปนออกไป จนกระทั่งน้ำมันมีความบริสุทธิ์สูง หรือได้ตามมาตรฐานกำหนด สำหรับสารเจือปนในน้ำมันดิบมีดังนี้

1. ประเภทไม่ละลายในน้ำมันและไขมัน ได้แก่ พวกเนื้อเยื่อต่าง ๆ รวมทั้งฝุ่นและความชื้นที่ปะปนมา ซึ่งสามารถกำจัดออกได้โดย

1.1 ทิ้งไว้ให้แยกชั้น (Setting) พวกสิ่งเจือปนซึ่งมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าจะตกตะกอนแยกออกได้

1.2 กรอง (Filter) การกรองสามารถแยกสิ่งเจือปนที่มีขนาดใหญ่ออกได้

1.3 การปั่น (Centrifuge) โดยอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะจะสามารถแยกสิ่งเจือปนออกได้อย่างรวดเร็ว

2. ประเภทที่ละลายในน้ำมันและไขมัน ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 สิ่งเจือปนที่แขวนลอย (Colloidal Suspension) สิ่งเจือปนพวกนี้จะปนแขวนลอยอยู่ในน้ำมันไม่สามารถมองเห็นได้ เช่น พวกสารฟอสเฟต สารคาร์โบไฮเดรต สารโปรตีน การกำจัดนั้นต้องพยายามทำให้สารแขวนลอยนี้เกิดการรวมตัวกันตกตะกอน (Coagulation) ซึ่งอาจทำได้หลายวิธีด้วยกันคือ

2.1.1 การทำให้ความร้อนที่สูงประมาณ 240 -280 องศาเซลเซียส

2.1.2 ใช้ไอน้ำหรือน้ำร้อนเข้าไปรวมกับน้ำมัน เพื่อที่จะเปลี่ยนรูปของสิ่งเจือปนจากลักษณะแอนไฮดรัสเป็นรูปไฮเดรต ซึ่งจะมีลักษณะเป็นก้อนเหนียว (Gelatin) มีความถ่วงจำเพาะสูงมาก สามารถแยกออกจากน้ำมันโดยการหมุนเหวี่ยง

2.1.3 การเติมสารเคมีบางอย่างลงไปทำปฏิกิริยา

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

2.1.3 น้ำมันที่ใช้ในการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ [1]

โดยทั่วไปแล้ว น้ำมันพืช และสัตว์ เป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) มีโครงสร้างเป็น C_3H_5 เชื่อมต่อกับกรดไขมัน ที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 ถึง 30 ตัว น้ำมันพืชและสัตว์ มีกรดไขมันชนิดต่าง ๆ กันเป็นองค์ประกอบ โดยที่มีปริมาณของกรดไขมันอยู่ในโครงสร้าง ถึงร้อยละ 94-96% ของน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ทำให้คุณสมบัติของน้ำมันแต่ละชนิดทั้งทางเคมี และกายภาพ แตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของกรดไขมันนั้นๆ ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ น้ำมันพืชส่วนใหญ่แล้วมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในกรดไขมันระหว่าง 12 ถึง 18 ตัว มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวแตกต่างกัน น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณสูง จะมีค่าไอโอดีนต่ำ และเมื่อมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวลดลง หรือมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงขึ้นค่าไอโอดีนจะสูงขึ้นตามลำดับ

น้ำมันพืชเป็นสารที่ไม่เสถียรสามารถถูกออกซิไดส์ได้ง่าย และเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรส์ได้ที่อุณหภูมิสูง เมื่อเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรส์แล้ว น้ำมันจะเกิดเป็นสารเหนียวขึ้น โดยทั่วไปค่าไอโอดีนของน้ำมันพืชจะเป็นดัชนีชี้บอกถึงการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรส์ได้มากหรือน้อย ฉะนั้น การเลือกใช้น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนต่ำเป็นเชื้อเพลิง จะเป็นการป้องกันการเกิดสารเหนียวที่เกิดจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรส์ในเครื่องยนต์ได้ในเบื้องต้น ซึ่งการแบ่งชนิดของน้ำมันพืชตามค่าไอโอดีน แบ่งเป็น 3 พวกใหญ่ๆ ดังนี้

1. น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนระหว่าง 160-230 เป็นน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรส์ได้มาก หรือเรียกว่าเป็นน้ำมันซักแห้ง (drying oils)
2. น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนระหว่าง 125-150 เป็นน้ำมันกึ่งซักแห้ง (semi-drying oils)

3. น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนต่ำกว่า 120 เป็นน้ำมันไม่แข็งแห้ง (non-drying oils)
คุณสมบัติและองค์ประกอบกรดไขมันหลักของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติ และองค์ประกอบกรดไขมันหลัก ของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ

น้ำมันชนิดดิบ	ค่าไอโอดีน	องค์ประกอบกรดไขมันหลัก						
		C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
น้ำมันปาล์ม	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
น้ำมันปาล์ม โอลีน	> 56	0.1- 0.5	0.5- 1.5	38.0- 43.5	3.5- 5.0	39.8- 46.0	10.0- 13.5	ND - 0.6
น้ำมันปาล์ม สเตียรีน	< 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
น้ำมันเมล็ดใน ปาล์ม	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
น้ำมันมะพร้าว	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
น้ำมันถั่วลิสง	86-107	ND- 0.1	ND- 0.1	8.0- 14.0	1.0- 4.5	35.5- 67.0	13.0- 43.0	ND- 0.3
น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ	101	ND	ND	14.9	6.0	41.2	37.4	ND
น้ำมันเมล็ดเรป	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
น้ำมันถั่วเหลือง	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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 น้ำมันดีเซล [5]

น้ำมันดีเซล คือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนในกลุ่มพาราฟิน ซึ่งเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันที่ระเหยช้าโดยมีจุดเดือดอยู่ในช่วง 150 ถึง 360 องศาเซลเซียส สามารถจุดระเบิดได้เองด้วยการอัด ในปัจจุบันน้ำมันดีเซลที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

ประเภทของน้ำมันดีเซล

1. น้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องยนต์หมุนช้า (Low speed diesel) หรือเรียกกันในชื่ออื่นๆ เช่น Industrial Diesel Oil (IDO) หรือน้ำมันซีโล้ เหมาะสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลที่มีความเร็วรอบต่ำกว่า 300 รอบต่อนาที เช่น ใช้ในการขับเคลื่อนเรือเดินทะเลและการผลิตไฟฟ้า

2. น้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องยนต์หมุนเร็ว (High speed diesel) หรือเรียกกันในชื่ออื่นๆ เช่น Automotive Diesel Oil (ADO), Gas Oil หรือน้ำมันโซล่าเหมาะสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลที่มีความเร็วรอบสูงกว่า 1,000 รอบต่อนาที เช่น รถกระบะ รถบรรทุก และรถโดยสาร เป็นต้น

คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันดีเซล

2.1 ค่าความหนืด เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความต้านทานในตัวต่อการไหลของน้ำมัน คือ น้ำมันที่มีความหนืดน้อยจะไหลได้ง่าย น้ำมันที่มีความหนืดมากกว่าจะไหลได้ยากกว่า ความหนืดมีผลต่อระบบการฉีดน้ำมันและมีส่วนในการหล่อลื่นปั๊มเชื้อเพลิงแรงดันสูง โดยน้ำมันที่มีความหนืดมากเกินไปจะทำให้ละอองน้ำมันที่ฉีดออกไปไม่กระจายเท่าที่ควร แต่หากน้ำมันที่มีความหนืดน้อยเกินไปก็ไม่เพียงพอต่อการหล่อลื่น

2.2 ค่าซีเทน เป็นค่าที่แสดงถึงคุณภาพในการจุดระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงคือเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการจุดระเบิดและการลุกติดไฟได้เร็ว ยิ่งค่าซีเทนมีค่าสูงจะมีช่วงเวลาความหน่วงในการจุดระเบิดสั้นลงและทำให้ปริมาณของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการจุดระเบิดมีค่าน้อยลง ดังนั้นเชื้อเพลิงที่มีค่าซีเทนสูงกว่าจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของความดันที่น้อยกว่าและทำให้ควบคุมการเผาไหม้ได้ดีกว่า นอกจากนั้นยังเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์ เนื่องจากมีช่วงเวลาคความหน่วงในการจุดระเบิดสั้นทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงที่สะสมในห้องเผาไหม้จะลดลงก่อนถึงการลุกติดไฟ และยังลดการปล่อยไฮโดรเจนคาร์บอนและก๊าซจําพวกไนโตรเจนออกไซด์อีกด้วย นอร์มัลเฮกซะเดเคน (ซีเทน) ซึ่งสามารถติดไฟได้ง่ายได้ถูกกำหนดให้มีค่าซีเทนเป็น 100 และให้เฮปตะเมทิล -

โนเนนที่ติดไฟยากมีค่าซีเทนเป็น 15 ซึ่งเชื้อเพลิงที่มีค่าซีเทนสูงจะมีความสามารถในการต้านทานการน็อกของเครื่องยนต์ที่มากขึ้นด้วย

2.3 ค่าดัชนีซีเทน เป็นค่าประมาณสำหรับค่าซีเทน เนื่องจากการหาค่าซีเทนต้องใช้เครื่องยนต์พิเศษ โดยเฉพาะในการเปรียบเทียบคุณภาพในการจุดระเบิดกับเชื้อเพลิงมาตรฐาน ซึ่งใช้ค่าใช้จ่ายสูงและสิ้นเปลืองเวลาจึงได้มีการประมาณค่าซีเทนด้วยดัชนีซีเทน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการวัดค่าความถ่วงเอฟไอและอุณหภูมิการกลั่นที่ 50 เปอร์เซ็นต์

2.4 จุดวาบไฟ เป็นอุณหภูมิที่เชื้อเพลิงได้รับความร้อนจะเกิดส่วนผสมของไอน้ำมันและอากาศที่ติดไฟได้เหนือผิวหน้าของน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อน้ำมันเป็นตัวล่อ จุดวาบไฟมีความสำคัญในการขนส่งและการสำรองเชื้อเพลิงในแง่ของอันตรายจากอัคคีภัย นอกจากนี้ น้ำมันที่มีจุดวาบไฟต่ำยังก่อให้เกิดการลื่นเปื้อนเนื่องจากมีการระเหยเมื่อไปเกาะอยู่ตามผนังกระบอกสูบ

2.5 อุณหภูมิการกลั่น เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการระเหยของน้ำมันมีผลต่อเครื่องยนต์ดังนี้

2.5.1 อุณหภูมิที่มีน้ำมันกลั่นออกมา 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร แสดงถึงความยากง่ายในการติดเครื่องยนต์ ยิ่งมีค่ามากเครื่องยนต์จะยิ่งติดยาก

2.5.2 อุณหภูมิที่มีน้ำมันกลั่นออกมา 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เป็นจุดที่ทำให้การอุ่นเครื่องยนต์ทำได้เร็วการกระจายไอน้ำมันไปยังกระบอกสูบต่างๆเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและปรับส่วนผสมของน้ำมันกับอากาศได้ถูกต้องตลอดเวลา ทำให้เร่งเครื่องได้ดี เครื่องยนต์มีพลังงานสูง

2.5.3 อุณหภูมิที่มีน้ำมันกลั่นออกมา 90 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ต้องมีการกำหนดค่าสูงสุดไว้เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานให้ได้พลังงานสูงสุดและประหยัดเชื้อเพลิง

2.5.4 อุณหภูมิที่จุดสิ้นสุด และส่วนที่เหลือจากการกลั่น มีการกำหนดค่าสูงสุดไว้เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันที่ไม่เผาไหม้เกิดการผสมกับน้ำมันเครื่องมากเกินไป

2.6 ปริมาณกำมะถัน ในน้ำมันดีเซลนั้นอยู่ในรูปต่างๆ เช่น เมอร์แคปแทน ซัลไฟด์ และไดซัลไฟด์ เป็นต้น กำมะถันเมื่อผ่านห้องเผาไหม้แล้วจะเปลี่ยนเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับน้ำหรือความชื้นกลายเป็นกรดกำมะถันก่อให้เกิดการกัดกร่อนชิ้นส่วน ในเครื่องยนต์

ตัวอย่างความสัมพันธ์ของคุณสมบัติต่างๆของน้ำมันดีเซลและผลต่อการใช้งานกับเครื่องยนต์ แสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติต่างๆของน้ำมันดีเซลและผลต่อการใช้งานกับเครื่องยนต์ [6]

คุณสมบัติ	ผลต่อการใช้งานกับเครื่องยนต์
ความหนืด	ผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์ คือ เครื่องยนต์ความเร็วรอบต่ำ สามารถใช้น้ำมันที่มีความหนืดสูงกว่าเครื่องยนต์ความเร็วรอบสูง
อุณหภูมิการกลั่น	ค่าอุณหภูมิการกลั่นถ้ามีค่าสูงเกินไปจะทำให้ให้น้ำมันดีเซลมีจุดเดือดสูงเกินไปจะทำให้เกิดควัน มีกลิ่นเหม็น และเกิดความสกปรกต่อ เครื่องยนต์
จุดวาบไฟ	จุดวาบไฟมีความสัมพันธ์กับการระเหยและการติดไฟระหว่างเครื่องยนต์ทำงาน แต่ถ้ามีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานกำหนดจะมีผลต่อความปลอดภัยในระหว่างการเก็บสำรองและการขนส่ง
จุดไหลเท	ถ้ารับมาตรฐานของจุดไหลเทของน้ำมันดีเซลมีผลต่อการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่กำหนดเพราะจะทำให้ น้ำมันแข็งตัวมีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์
ดัชนีซีเทน	ดัชนีซีเทนเป็นค่าที่บอกถึงความสามารถในการจุดระเบิดและการถูกติดไฟ ซึ่งมีผลต่อการติดเครื่องยนต์ การเผาไหม้ และปริมาณมลพิษในไอเสีย ยิ่งค่าดัชนีซีเทนมีค่ามากขึ้นมีผลทำให้เครื่องยนต์ทำงาน ได้เต็มประสิทธิภาพมากขึ้น
ค่าความร้อน	ค่าความร้อนมีผลต่อกำลังของเครื่องยนต์และการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซล ถ้าน้ำมันดีเซลมีค่ากักร้อนแผ่นทองแดงมากกว่าค่ามาตรฐานมีผลทำให้
การกักร้อนแผ่นทองแดง	การกักร้อนขึ้นส่วนโลหะในเครื่องยนต์มากขึ้น
ปริมาณกากถ่าน	ปริมาณกากที่เหลือหลังจากการเผาไหม้เป็นสิ่งสกปรกที่เครื่องยนต์
ปริมาณเถ้า	เถ้าเป็นสารอนินทรีย์ที่คงเหลืออยู่หลังจากการเผาไหม้ซึ่งเกาะผนังเครื่องยนต์ทำให้เครื่องยนต์มีความสกปรก
ปริมาณน้ำและกรดตะกอน	น้ำและกรดตะกอนมีผลต่ออายุการใช้งานของไส้กรองและหัวฉีด หากมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด
ปริมาณกำมะถัน	กำมะถันทำให้เกิดการกักร้อนและทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ หลังการเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็วและหมุนช้า

ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด	น้ำมันดีเซล		วิธีทดสอบ
		หมุนเร็ว	หมุนช้า	
1. ความถี่จําเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6 °ซ	ไม่ต่ำกว่า ไม่สูงกว่า	0.81 0.87	- 0.92	ASTM D 1298
2. จำนวนซีเทน หรือดัชนีซีเทน	ไม่ต่ำกว่า	47	45	ASTM D 613
3. ความหนืด เซนติสโตกส์				ASTM D 445
3.1 ณ อุณหภูมิ 40 °ซ	ไม่ต่ำกว่า ไม่สูงกว่า	1.8 4.1	- 8.0	
3.2 ณ อุณหภูมิ 50 °ซ	ไม่ต่ำกว่า ไม่สูงกว่า	- -	- 6.0	
4. จุดไหลเท °ซ	ไม่สูงกว่า	10	1.6	ASTM D 97
5. ปริมาณกำมะถัน ร้อยละ โดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.05	1.5	ASTM D 2622
6. การกัดกร่อนแผ่นทองแดง,หมายเลข	ไม่สูงกว่า	1	-	ASTM D 130
7. ปริมาณกากถ่าน ร้อยละ โดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.05	-	ASTM D 189
8. ปริมาณน้ำและตะกอน ร้อยละโดยปริมาตร	ไม่สูงกว่า	0.05	0.3	ASTM D 2709
9. ปริมาณเถ้า ร้อยละ โดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า	0.01	0.02	ASTM D 482
10. จุดวาบไฟ °ซ	ไม่ต่ำกว่า	52	52	ASTM D 93
11. การกลั่น อุณหภูมิของส่วนที่กลั่น ได้โดยปริมาตร ในอัตราร้อยละเก้าสิบ	ไม่สูงกว่า	357	-	ASTM D 86
12. สี	ไม่ต่ำกว่า ไม่สูงกว่า	- 4.0	4.5 4.7	ASTM D 1500
13. คุณสมบัติการหล่อลื่น ทดสอบโดย เครื่องเอชเอฟอาร์ ไมโครเมตร	ไม่สูงกว่า	460	-	CEC F-06-A-96
14. สารเติมแต่ง (ถ้ามี)	-	-	-	-

ที่มา : ประกาศกรมทะเบียนการค้า (พ.ศ. 2545) www.thaigro.com

เรื่องกำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การผลิตไบโอดีเซล [7]

2.3.1 การนำมาใช้โดยตรงและการผสม (Direct use and blending)

การนำมาใช้โดยตรง คือ การนำน้ำมันจากสิ่งมีชีวิต (พืช หรือ สัตว์) มาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล โดยตรง เช่น น้ำมันมะพร้าวคิบ น้ำมันปาล์มคิบ ตลอดจนนำมันพืชที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์แล้วก็ตาม เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลืองการผสมให้น้ำมันดีเซลหรือน้ำมันก๊าดเป็นตัวทำละลายผสมกับน้ำมันพืชหรือน้ำมันจากสัตว์โดยตรงในสัดส่วนต่างๆเพื่อต้องการลดความหนืดของน้ำมันพืชและไม่ให้เกิดผลกระทบต่อเครื่องยนต์ในระยะยาว ในทางปฏิบัติปัญหาที่เห็นได้ชัด คือ น้ำมันพืชหรือน้ำมันจากสัตว์มีความหนืดสูงเพราะมีส่วนประกอบของกรดไขมันอิสระอยู่ทำให้เกิดเป็นยางเหนียวจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างการเก็บรักษากับปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากการเผาไหม้และเกิดคราบคาร์บอนสะสม

2.3.2 การทำเป็นไมโครอิมัลชัน (Microemulsion)

การทำเป็นไมโครอิมัลชันเป็นการกระจายอนุภาคของเหลวที่แขวนลอยในตัวกลางของเหลวอีกชนิดหนึ่งอย่างสมดุล ขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 1-150 นาโนเมตร โดยของเหลวทั้งสองชนิดไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน และกระจายตัวอยู่ได้ด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดมีประจุและไม่มีประจุ วัตถุประสงค์ของวิธีการนี้ คือ เพื่อแก้ปัญหาเรื่องความหนืดของน้ำมันพืชหรือน้ำมันจากไขมันสัตว์ที่มีค่าสูงโดยใช้ตัวทำละลาย เช่น เมทานอล เอทานอล และ 1-บิวทานอล ในการทำ ไมโครอิมัลชันวิธีการนี้สามารถปรับปรุงลักษณะการฉีดเป็นละอองฝอยของน้ำมันพืชหรือน้ำมัน จาก ไขมันสัตว์จากหัวฉีด

2.3.3 การแตกสลายด้วยความร้อนหรือกระบวนการไพโรไลซิส (Thermal cracking or Pyrolysis)

กระบวนการไพโรไลซิสเป็นการเปลี่ยนสารหนึ่งไปเป็นสารอื่นมากกว่าหนึ่งสารโดยใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียวหรือโดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมด้วยโดยไม่ใช้ออกซิเจนหรือออกซิเจนและการแตกพันธะเคมีไปเป็นโมเลกุลเล็กๆ วัตถุประสงค์ที่ทำไพโรไลซิสอาจเป็นน้ำมันพืช น้ำมันจากไขมันสัตว์ กรดไขมันธรรมชาติ และเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน

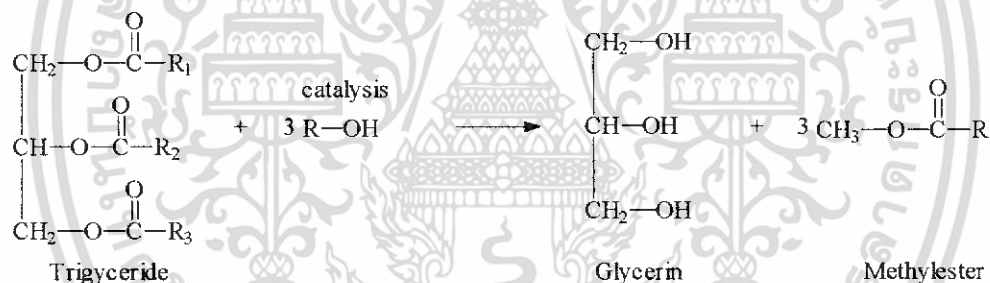
2.3.4 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification)

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันหรือน้ำมันจากไขมันสัตว์และแอลกอฮอล์เพื่อเกิดเป็นเอสเทอร์และกลีเซอรอล โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยา และผลผลิตด้วย เนื่องจากปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาที่ย้อนกลับได้ การใส่แอลกอฮอล์มากเกินไปจะช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดไปทางผลิตภัณฑ์ได้ดี ซึ่งเอสเทอร์ที่ได้จากปฏิกิริยาจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับมันดีเซล ซึ่งปัจจัยหลักที่มีผลต่อการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน คือ

1. อัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์ต่อไตรกลีเซอไรด์
2. ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา
3. อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา
4. เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา
5. ปริมาณของกรดไขมันอิสระกับน้ำในน้ำมัน
6. ความเร็วรอบในการปั่นกวน

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า อัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์ต่อไตรกลีเซอไรด์ที่ใช้กันมากคือ อัตราส่วน 6 ต่อ 1 [8] การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบสจะให้ประสิทธิภาพที่คิดว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรด หรือเอนไซม์ และปริมาณเบสที่ใช้ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของน้ำมันหรือไขมัน [9] และการใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่สูงจะช่วยเร่งปฏิกิริยาให้เกิดเร็วขึ้น และทำให้เวลาในการทำปฏิกิริยาลดลง [8]

ตัวอย่าง ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันทานตะวันซึ่งเป็นไตรกลีเซอไรด์โดยใช้เมทานอลปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นดังรูปที่ 2.1



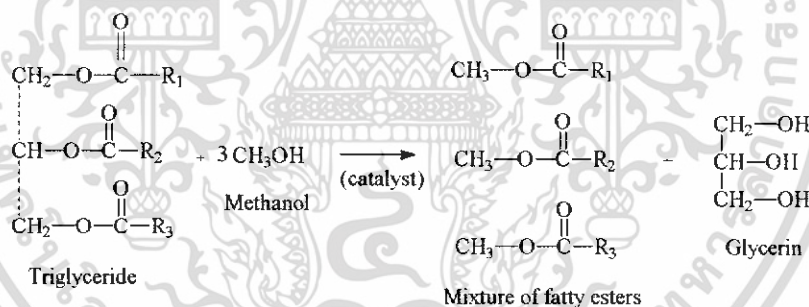
รูปที่ 2.1 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันทานตะวันซึ่งเป็นไตรกลีเซอไรด์โดยใช้เมทานอล

การเตรียมเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืช เนื่องจากน้ำมันพืชเป็นเอสเทอร์ของกลีเซอรอล ดังนั้นการเตรียมเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืชจึงเป็นการเปลี่ยนจากเอสเทอร์ของกลีเซอรอลเป็นเมทิลเอสเทอร์ที่มีกรดเป็นตัวเดียวกัน โดยมีกรด ต่าง โลหะอัลคอกไซด์ (Metal Alkoxide) รวมทั้งความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวเรียกว่าปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน การเตรียมเมทิลเอสเทอร์จะใช้น้ำมันพืชซึ่งเป็นไตรกลีเซอไรด์ทำปฏิกิริยากับเมทานอลโดยใช้ตัวเร่งชนิดต่างๆ ผลของปฏิกิริยาจะได้เป็นเมทิลเอสเทอร์และกลีเซอรอล ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่นักศึกษานำมาใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

2.4 ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน คือ ปฏิกริยาที่ทำให้เกิดน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งเป็นปฏิกริยาระหว่างน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ และแอลกอฮอล์โดยใช้กรดหรือด่างเป็นตัวเร่งปฏิกริยา ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ เอสเทอร์และกลีเซอริน ซึ่งเอสเทอร์ที่ได้จะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันไบโอดีเซล และปฏิกริยาเป็นปฏิกริยาที่ผันกลับได้ ทำให้การใช้แอลกอฮอล์ที่มากเกินไปจะช่วยให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ดี แต่ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นจะต้องไม่มีน้ำ เนื่องจากจะเกิดปฏิกริยาสปอนนิฟิเคชัน (Sponification) หรือการเกิดสบู่แทน ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตลดลง และการแยกเอากลีเซอรินออกจากเอสเทอร์จะทำได้ยากมากขึ้น ดังนั้นการเตรียมตัวเร่งปฏิกริยาจะใช้แอลกอฮอล์ละลายแทนน้ำ

แอลกอฮอล์ที่นิยมใช้ในการผลิตได้แก่เมทานอล เพราะมีราคาถูก ส่วนตัวเร่งปฏิกริยาที่ใช้กันในปัจจุบันจะเป็นเบส เนื่องจากให้อัตราการเกิดปฏิกริยาเร็วกว่ากรด สามารถเกิดปฏิกริยาได้ที่อุณหภูมิและความดันต่ำ ได้ผลิตภัณฑ์มาก ผลข้างเคียงและเวลาการผลิตน้อย สามารถเกิดปฏิกริยาโดยไม่ต้องใช้กระบวนการอื่น เรียกชนิดของน้ำมันดีเซลชีวภาพตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกริยา ดังที่ได้แสดงไว้แล้ว



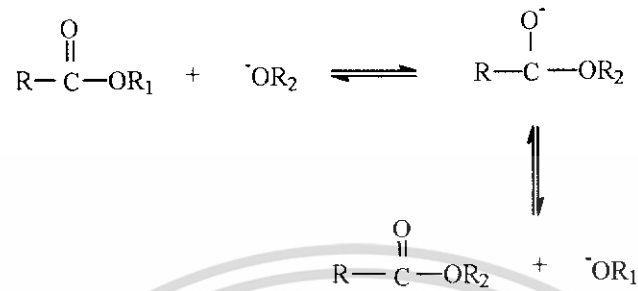
รูปที่ 2.2 ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (R_1, R_2, R_3 คือสารประกอบไฮโดรคาร์บอน)

กลไกการเกิดปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน [10-12]

ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันเป็นปฏิกริยาระหว่างแอลกอฮอล์และกรดไขมัน โดยใช้กรดหรือเบสเป็นตัวเร่งปฏิกริยา ซึ่งประเภทของสารประกอบเอสเทอร์ที่ได้จากปฏิกริยาขึ้นอยู่กับแอลกอฮอล์ที่เข้าทำปฏิกริยา เช่น ใช้เมทานอลในการทำปฏิกริยา จะได้สารเมทิลเอสเทอร์ หรือ FAME (Fatty Acid Methyl Ester) ซึ่งการเกิดปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันที่เกิดขึ้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ตามตัวเร่งปฏิกริยาที่ใช้ ได้แก่

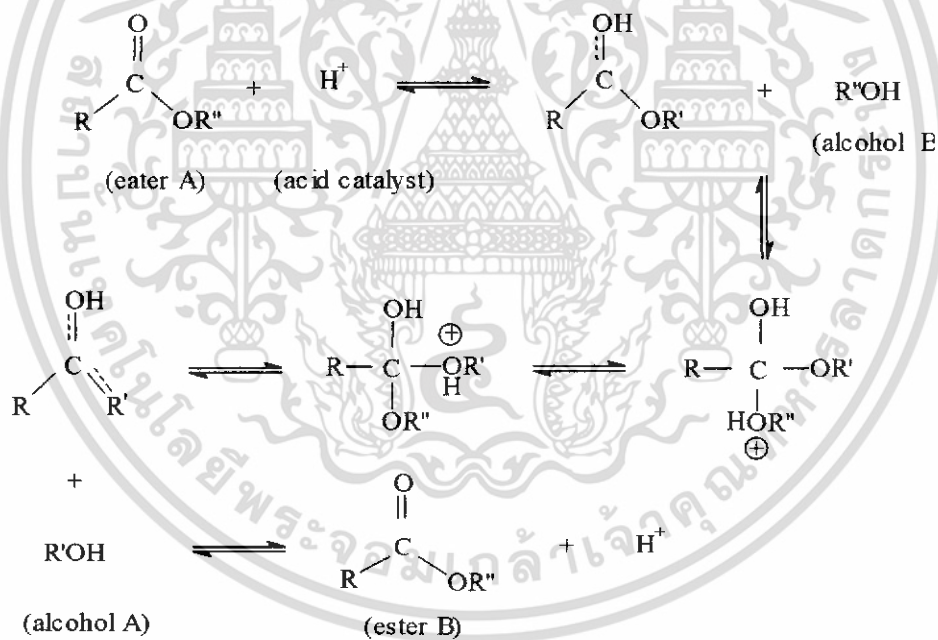
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กลไกการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

2. กลไกการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 2.4 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

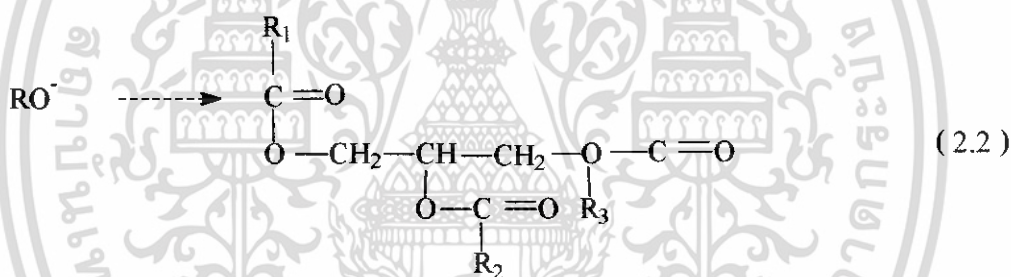
62887

โดยกลไกการเกิดปฏิกิริยามีดังนี้
 กลไกการเกิดปฏิกิริยาเริ่มจากเบส (โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์) ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์เพื่อ
 ที่จะทำให้เกิดตัวกระตุ้นปฏิกิริยาที่มีประจุลบ

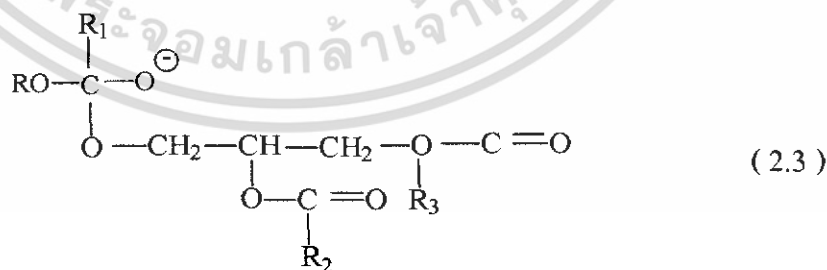


เนื่องจากเบสที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นเบสแก่ ดังนั้นสมมูลของปฏิกิริยาจึงเลื่อนไปทางขวา
 โดยแอลกอฮอล์ (ROH) จำเป็นจะต้องแห้งมาก ๆ เนื่องจากปริมาณน้ำในแอลกอฮอล์จะไปลดปริมาณ
 ของอัลคอกไซด์ (RO⁻) ซึ่งเป็นสารที่ไวต่อปฏิกิริยามาก

อัลคอกไซด์จะเข้าทำปฏิกิริยากับคาร์บอนอะตอมของกลีเซอไรด์ที่มีประจุบวกเล็กน้อย และ
 ออกซิเจนที่มีประจุลบเล็กน้อย ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ตรงตำแหน่งบนออกซิเจนในพันธะคู่



ผลที่ได้ในขั้นช่วงเปลี่ยนคือ จะมีอิเล็กตรอนคู่จากพันธะระหว่างคาร์บอนและออกซิเจน (C=O)
 จะย้ายไปอยู่บนออกซิเจน



แล้วอิเล็กตรอนเหล่านี้ก็จะกลับไปอยู่ที่คาร์บอนและผลักไกลคอลลอก

V คือ ความเร็วเฉลี่ยของของไหล(เมตรต่อวินาที)

μ คือ ความหนืดของของไหล(ปาสคาล วินาที)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ(เมตร)

ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์จะแบ่งการไหลเป็น 2 แบบ คือ

1. การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow)

มีค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์น้อยกว่า 2,100 สำหรับการไหลในท่อ ของไหลจะขนานไปกันตลอด การไหลลักษณะนี้เกิดจากของไหลมีความเหนียวชั้นมาก เช่น ก๊าซเซอรอล น้ำมันเตา อนุของสารเหล่านี้จับตัวกันแน่น ทำให้อัตราการไหลมีค่าต่ำมาก ๆ

2. การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow)

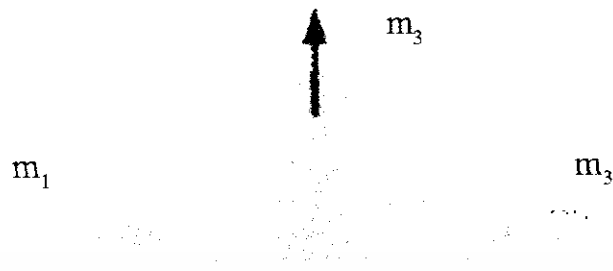
มีค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์มากกว่า 4,000 สำหรับการไหลในท่อ การไหลส่วนใหญ่ที่พบเป็นแบบนี้ทั้งสิ้น เป็นลักษณะการไหลจะเป็นไปอย่างไม่มีระเบียบ ไม่มีชั้นที่แน่นอน การไหลลักษณะนี้เป็นไปอยู่ในท่อ ซึ่งเราไม่สามารถเห็นได้ จะต้องพิจารณาจากค่าเรย์โนลด์์เท่านั้น

จากการทดลองนี้เป็นเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง สารตั้งต้นที่ใช้ในการทดลองควรเป็นสารที่มีความหนืดต่ำ เนื่องจากในท่อมมีปริมาตรน้อยและเวลาในสารผสมกันน้อย จึงควรให้ค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์มีค่ามาก ๆ เพื่อให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วน ทำให้การผสมเกิดได้ดี ซึ่งค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์แปรผกผันกับความหนืดของสาร ดังนั้นเมื่อเราเพิ่มอุณหภูมิทำให้น้ำมันมีความหนืดลดลง จึงทำให้ค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์มีค่าสูงขึ้น ทำให้เกิดการผสมได้ดี

Mixing chamber[14]

Mixing chamber เป็นอุปกรณ์ที่นำเอาของไหลที่เป็นของไหล 2 ชนิด ที่แตกต่างกันมาผสมกัน ยกตัวอย่างเช่น การปรับเปลี่ยนอุณหภูมิของของไหลให้เหมาะสม อย่างเช่นการรวมน้ำเย็นกับน้ำร้อนเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้น้ำอุ่น ความแตกต่างที่อุปกรณ์นี้แตกต่างกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนก็คืออุปกรณ์นี้ของไหลจะเข้าร่วมตัวกันโดยตรง ไม่เหมือนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ของไหลต้องผ่านตัวกลางไม่มีการสัมผัสกันโดยตรง

อุปกรณ์รวมการไหลนั้นมีหลายรูปแบบอาจจะเป็นแบบที่มีถังเก็บมีท่อของไหลไหลเข้าและท่อของไหลไหลออก หรืออาจจะเป็นเพียงท่อสามทางธรรมดาตามรูปที่ 2.5 ก็ได้



รูปที่ 2.5 Mixing Chamber

การผสมภายใน mixing chamber เราสามารถหาค่าอัตราการไหล และอุณหภูมิที่เกี่ยวข้องในการผสม โดยการทำสมดุลมวลและพลังงานได้ โดยสามารถพิจารณาสมการดังนี้

จากสมการกฏทรงมวล

$$\sum \dot{m} = \sum \dot{m} \quad (2.6)$$

หรือ $\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3$

เมื่อ \dot{m} คือ อัตราการไหล โดยมวล

จากกฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์ จะได้ดังนี้

$$\Delta U = Q - W \quad (2.7)$$

และ

$$\Delta U = \sum_{out} \dot{m} \cdot h - \sum_{in} \dot{m} \cdot h + \Delta KE + \Delta PE \quad (2.8)$$

ดังนั้น

$$Q - W = \sum_{out} \dot{m} \cdot h - \sum_{in} \dot{m} \cdot h + \Delta KE + \Delta PE \quad (2.9)$$

สามารถตั้งสมมติฐานดังต่อไปนี้ โดยการวิเคราะห์พลังงานและแบ่งพิจารณาเป็นส่วน ๆ ดังนี้

1. ความร้อน เนื่องจากว่าของไหลมีเวลาอยู่ในอุปกรณ์เหล่านี้เป็นระยะเวลาสั้นๆ จึงทำให้เวลาที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนน้อยและอุปกรณ์บางชนิดก็มีการหุ้มฉนวนไว้ด้วย เป็นผลให้ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจะน้อยเมื่อเทียบกับพลังงานส่วนอื่นๆ
2. งาน สำหรับอุปกรณ์เหล่านี้ไม่มีงานใดเข้ามาเกี่ยวข้องกับข้าง ดังนั้น $w = 0$
3. การเปลี่ยนแปลงเอนทัลปี จะมีปริมาณที่สูงเนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้จะเป็นการถ่ายโอนพลังงานความร้อนระหว่างของไหล การสูญเสียพลังงานในรูปเอนทัลปีของของไหลตัวหนึ่งจะต้องเท่ากับการเพิ่มขึ้นของเอนทัลปีของของไหลอีกตัวหนึ่ง
4. พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากและไม่นำมาพิจารณา
5. มวล มวลของของไหลที่ไหลเข้า รวมกันแล้วจะต้องเท่ากับมวลของไหลที่ไหลออก

และจากสมมติฐานที่ผ่านมาจะได้

$$\sum_{in} \dot{m} \cdot h = \sum_{out} \dot{m} \cdot h \quad (2.10)$$

หรือตามรูปที่ 2.5 จะได้

$$\dot{m}_1 \cdot h_1 + \dot{m}_2 \cdot h_2 = \dot{m}_3 \cdot h_3 \quad (2.11)$$

ทำให้สามารถหาอัตราการไหลโดยมวล และอุณหภูมิของแต่ละสายของของไหลได้โดยสามารถคำนวณได้จากค่าเอนทัลปีของแต่ละสายได้ดังนี้

$$h = \Delta H = mc_p \Delta T \quad (2.12)$$

การไหลผ่านหัวฉีด

หลังจากพิจารณาถึงอุณหภูมิและอัตราการไหลของสารหลังจากเข้ามาใน mixing chamber การฉีดของสารที่ผ่านหัวฉีดภายใน mixing chamber ก็ถือเป็นส่วนสำคัญ และมีผลต่อการผสมหลังจากของเหลวผ่านหัวฉีดพ่นฝอย ซึ่งมีลักษณะการผสมดังนี้ [15]

หลังจากที่ของเหลวทั้ง 2 ชนิดถูกปั๊มผ่านหัวฉีด ของเหลวทั้ง 2 ชนิดจะกระจายตัวเข้าสู่กระแสนการไหลของกันและกัน ซึ่งการผสมจะเกิดขึ้นเมื่อของเหลวทั้ง 2 ชนิดมีความตึงผิวต่ำ การผสมแบบนี้

จะทำให้ของเหลวผสมกันได้ดี แต่อาจมีความจำเป็นต้องใช้พลังงานสูงขึ้นในการอัดสารให้ผ่านหัวฉีดด้วย

หากเกิดการผสมในท่อใหญ่ๆ มักจะเป็นการเหนียวมาจากการฉีดสารชนิดหนึ่ง หรือมากกว่า บางครั้งการฉีดจะเกิดขึ้นเป็นกลุ่มในถัง การฉีดจากหัวฉีดจากหัวฉีดเดียวจะมีคุณสมบัติที่ดีคือความเร็วในการฉีดมีค่าคงที่ และมีลักษณะเหมือนกันตลอด ความเร็วของสารที่ถูกฉีดออกมาจะยังคงอยู่ที่จุดแกนกลาง และจะค่อยๆ ลดลงเมื่อระยะห่างจากหัวฉีดมากขึ้น แกนกลางจะเป็นการขยายตัวของการไหลแบบปั่นป่วน และจะค่อยๆ ลดลงเมื่อระยะห่างจากหัวฉีดมากขึ้น และความเร็วตามแนวแกนรัศมีจะมีค่าลดลง เมื่อยิ่งห่างจากเส้นศูนย์กลางการมีวนตัวก็จะสูงขึ้น

จากค่าเรย์โนลด์สของของไหลภายในท่อ โดยหัวฉีดแบบที่ใช้จะเป็นหัวฉีดอิสระ ซึ่งของไหลที่ถูกฉีดจะไปสู่ของไหลที่มีปริมาตรมากกว่า โดยจะทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของหัวฉีดบริเวณผนังของอุปกรณ์รวมของไหล (Mixing chamber) ซึ่งหาก

$$C_c > 0.75$$

โดย C_c คือค่า Craya-Curtet number ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$C_c = \frac{(V-1)D^2 + 1}{D(V^2 - V - 0.5D^2(V-2)^2)^{0.5}} \quad (2.13)$$

ซึ่ง

$$V = \frac{\text{jet velocity, } V_j}{\text{fluid velocity, } V_s}$$

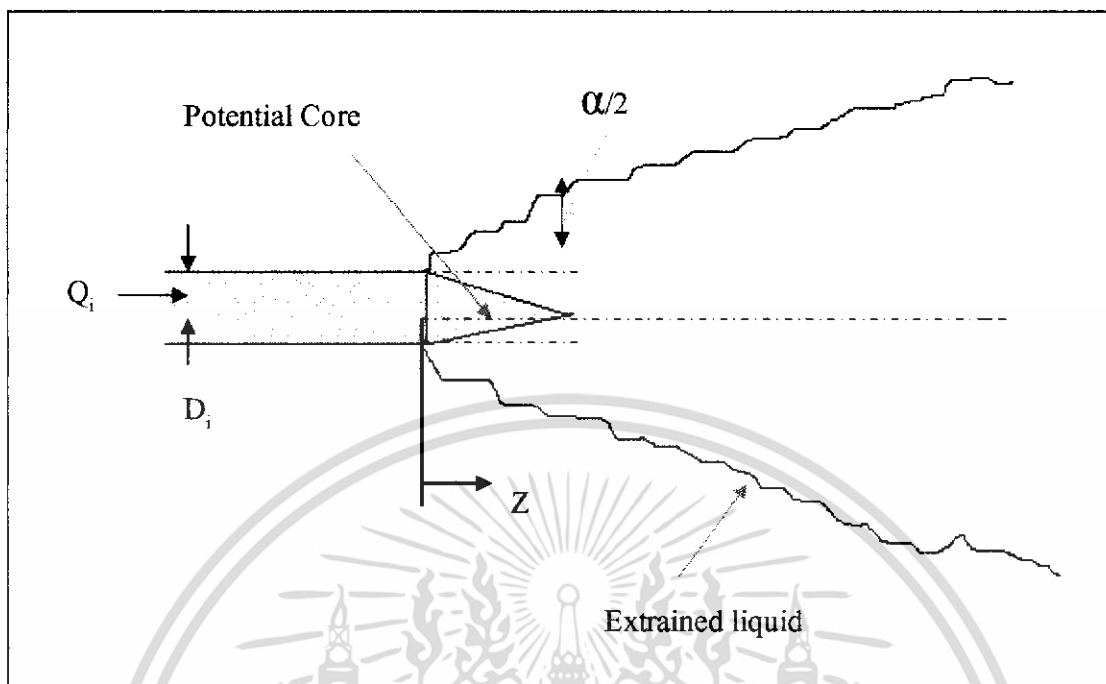
และ

$$D = \frac{\text{jet Diameter, } D_j}{\text{pipe diameter, } D_s}$$

ถ้า $C_c < 0.75$

จะทำให้บริเวณที่เกิดการหมุนวนจะเกิดใกล้ๆ กับผนังท่อผสม ซึ่งจะทำให้ของเหลวขยายตัวออกไปเป็นมุม α ซึ่งไม่สามารถหาค่าที่แน่นอนได้

โดยการไหลของหัวฉีดแบบปั่นป่วนสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนที่เด่นชัด คือบริเวณหลัก (core region) และบริเวณที่พัฒนาอย่างสมบูรณ์ (fully developed region) ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะการไหลแบบหัวฉีด

และจากการหาอัตราการไหลโดยปริมาตรของของเหลวนั้นเป็นไปได้ยาก และไม่สามารถวัดค่าที่แน่นอนได้แต่จะสามารถหาอัตราส่วนได้ดังนี้

$$\frac{Q_e}{Q_j} = \frac{fz}{D_j} \quad (2.14)$$

เมื่อ

Q_e คือ อัตราการไหลผ่านหัวฉีดบริเวณหน้าตัด

Q_j คือ อัตราการไหลที่หัวฉีด

z คือ ระยะทางตามแนวแกน หรือความยาวที่หัวฉีดมีประสิทธิภาพ

และจะสามารถหาความเร็วของเส้นกึ่งกลางหัวฉีด (V_m) ได้ดังนี้

$$\frac{V_m}{V_j} \approx \frac{6D_j}{z} \quad (2.15)$$

เมื่อ

V_m คือ ความเร็วในการผสม

V_j คือ ความเร็วหัวฉีด

และค่าความเข้มข้นที่เส้นกึ่งกลางหัวฉีดคือ C_m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{C_m}{C_j} \approx \frac{4.5D_j}{z} \quad (2.16)$$

ซึ่งจะเห็นได้จากสมการ จะเห็นว่าความเร็วที่ศูนย์กลางของหัวฉีด V_m และค่าความเข้มข้น C_m จะมีค่าลดลงเป็นร้อยละ 5 ของค่าเริ่มต้น หลังเมื่อห่างจากแกนกลางไปประมาณ 100 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง และเมื่อห่างจากหัวฉีดเป็นระยะทางสี่ร้อยเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดความเร็วจะมีค่าต่ำมาก จะทำให้ผลของการผสมของหัวฉีดมีค่าลดลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

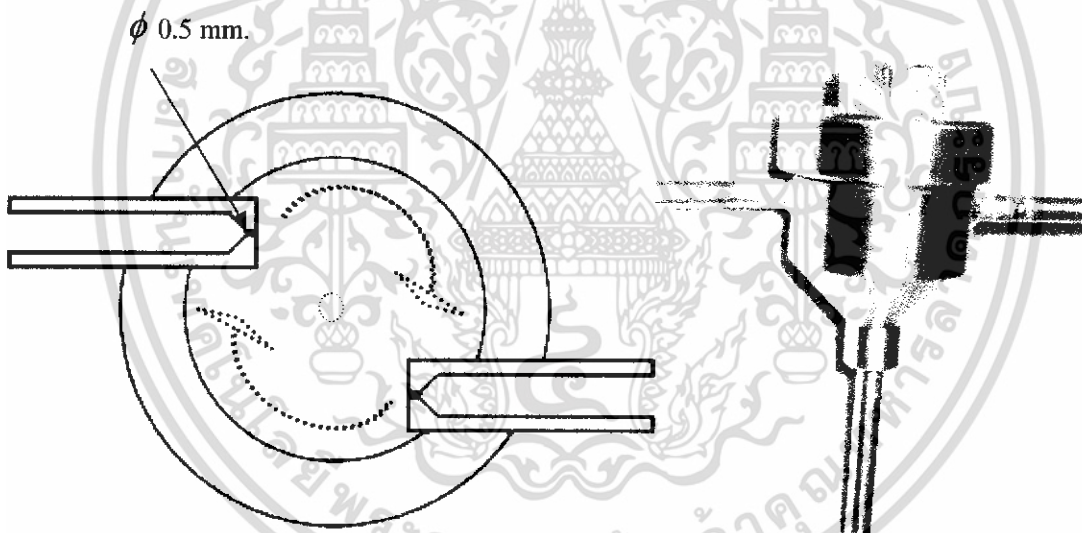
บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินการ

3.1 การออกแบบอุปกรณ์

3.1.1 การออกแบบห้องผสมแบบ Swirl-Well Chamber

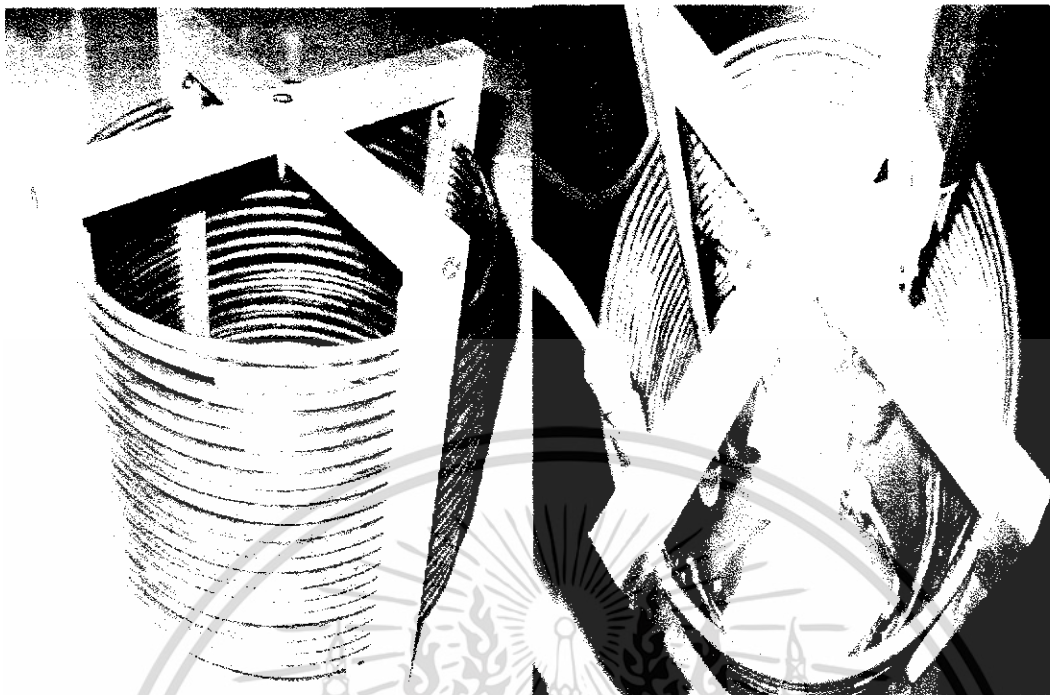
ห้องผสมแบบ Swirl-Well Chamber ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม เจาะและเชื่อมติดด้วยท่อเหล็กกล้าไร้สนิมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{1}{4}$ นิ้ว 3 ท่อ ซึ่งใช้เป็นท่อสำหรับป้อนสาร 2 ท่อเจาะตรงข้ามกันเพื่อให้การไหลเป็นแบบไหลสวนทางกัน และท่อสำหรับสารออก 1 ท่อ สำหรับท่อที่ป้อนสารเข้าปลายท่อที่เจาะเข้าไปเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อถูกทำให้มีขนาด 0.5 มิลลิเมตรเพื่อให้สารที่ป้อนเข้าไปมีลักษณะเป็นฝอย และต่อท่อสำหรับให้สารออก ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งมีปริมาตรภายในของห้องผสม 15 มิลลิลิตร



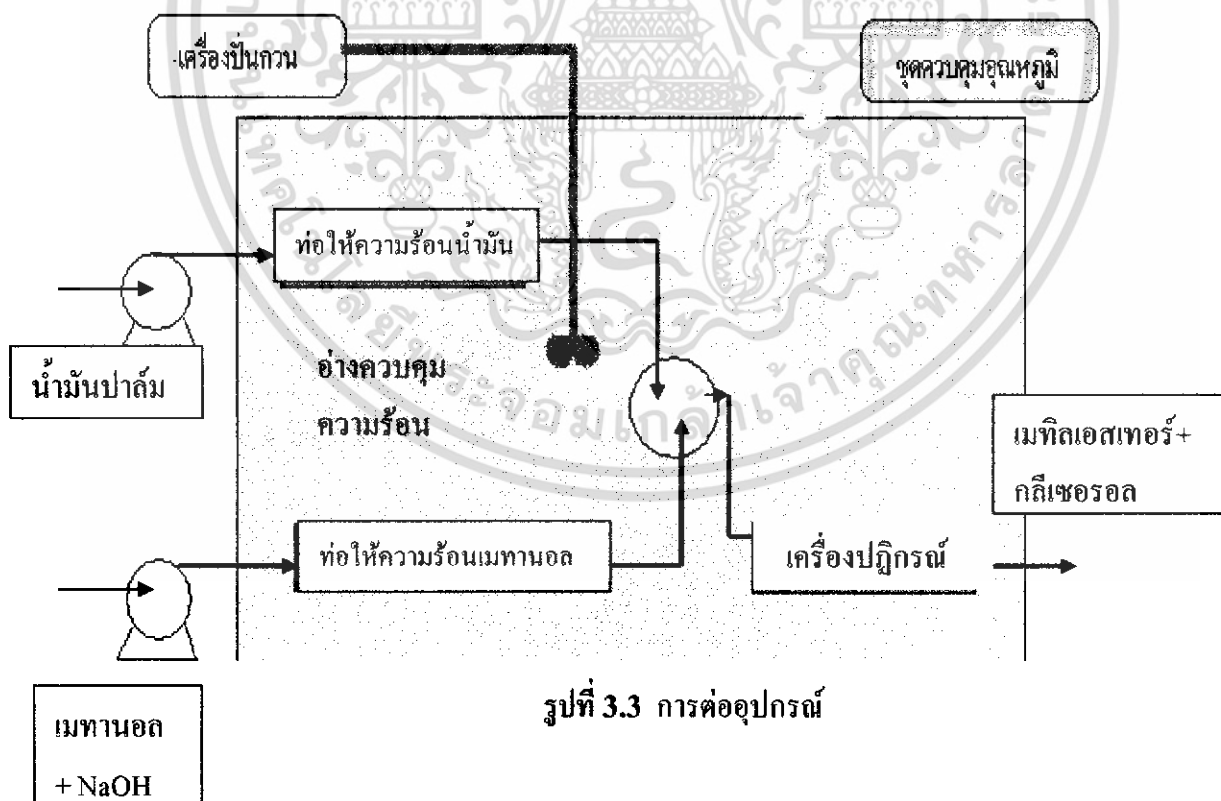
รูปที่ 3.1 ห้องผสมแบบ Swirl-Well Chamber

3.1.2 การออกแบบเครื่องปฏิกรณ์

เครื่องปฏิกรณ์ทำด้วยท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{1}{4}$ นิ้ว ยาว 15 เมตร ขดเป็นคอยล์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 เซนติเมตร ปริมาตรประมาณ 475 มิลลิลิตร ยึดด้วยโครงอะลูมิเนียมดังรูปที่ 3.2 และต่อเข้ากับอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 ขดท่อทองแดงพร้อมโครงยึดอะลูมิเนียม



รูปที่ 3.3 การต่ออุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดลอง

3.2.1 การสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อแคบ

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อแคบ
2. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
3. เครื่องปั่นกวน
4. ชุดอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ
5. บั้มแบบปรับอัตราการไหลได้
6. ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{1}{4}$ นิ้ว
7. เครื่องให้ความร้อนแบบจุ่มแช่ขนาด 1,500 วัตต์
8. ปีกเกอร์
9. กระจกคดง
10. นาฬิกาจับเวลา
11. แท่งแก้วคนสาร
12. ขวดรูปชมพู่
13. Hot plate
14. กรวยแยก
15. เครื่องชั่ง
16. กระจกชนิดมีส

สารเคมี

1. น้ำมันปาล์ม
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์
3. เมทานอล
4. น้ำรีเวอร์สออสโมซิส

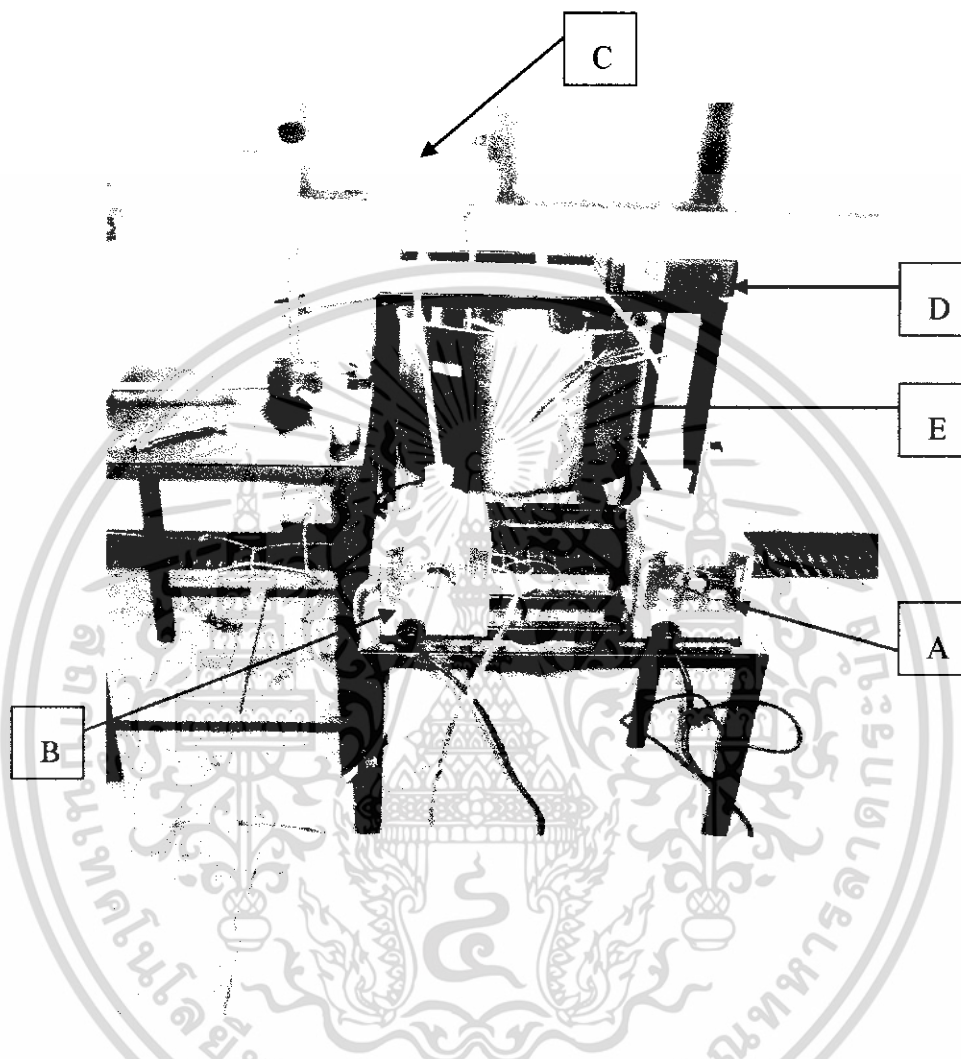
การเตรียมสารเคมี

1. ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 12.45 กรัม ผสมกับเมทานอลความบริสุทธิ์ 95 % ปริมาตร 500 cm^3 แล้วคนจนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
2. เตรียมน้ำมันปาล์ม(ดรามรกด)ปริมาตร 500 cm^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- จากรูป A คือ ปุ่มแบบปรับอัตราการไหลได้สำหรับป้อนเมทานอล
 B คือ ปุ่มแบบปรับอัตราการไหลได้สำหรับป้อนน้ำมันพืช
 C คือ เครื่องปั่นกวน
 D คือ ชุดควบคุมอุณหภูมิ
 E คือ อ่างควบคุมอุณหภูมิ

2. ให้ความร้อนแก่น้ำในถังที่ติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อแคบ โดยใช้เครื่องปั่นกวนและเครื่องให้ความร้อนแบบจุ่มแช่เพื่อให้น้ำมีอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในเมทานอลที่เตรียมไว้และน้ำมันปาล์มใส่ในบีกเกอร์แล้วต่อเข้ากับปั๊ม
4. ปรับอัตราการไหลของน้ำมันปาล์มให้ได้ 25 มิลลิลิตรต่อนาที แล้วปรับอัตราการไหลของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็น 5 มิลลิลิตรต่อนาที รวมเป็น 30 มิลลิลิตรต่อนาที
5. เก็บผลิตภัณฑ์ จดปริมาณของน้ำมันและสารละลายขณะเริ่มต้นและเมื่อหยุดเดินเครื่องแล้วจดบันทึกผล
6. นำน้ำมันที่ได้ไปแยกเอามetil ester ออกจาก glycerol ด้วยกรวยแยก โดยชั้นของเหลวข้างบนคือชั้นของ methyl ester และชั้นล่างคือชั้นของ glycerol แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเทอร์กับกลีเซอรอล

7. นำเมทิลเอสเทอร์ที่ได้ไปล้าง โดยนำเมทิลเอสเทอร์ใส่ในกรวยแยกแล้วเติมน้ำอุ่นอุณหภูมิประมาณ 70-80 องศาเซลเซียส แล้วเขย่าเบาๆ ทิ้งให้แยกชั้น ทำซ้ำอย่างน้อยประมาณ 5-6 ครั้งหรือจนกระทั่งน้ำที่ล้างออกมามีค่า pH เป็นกลาง
8. นำเมทิลเอสเทอร์ที่ผ่านการล้างแล้วไปให้ความร้อนด้วย hot plate ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อระเหยน้ำออก เก็บผลิตภัณฑ์ที่ได้เพื่อหาความหนืดและร้อยละของผลิตภัณฑ์ต่อไป
9. ทำการทดลองซ้ำที่อัตราการไหลรวม 40 และ 50 มิลลิลิตรต่อนาที
10. ทำการทดลองซ้ำที่อุณหภูมิ 70 ,75 และ 80 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 อัตราการไหลของสารตั้งต้นที่ใช้ในการทดลอง

อัตราการไหลรวม ของสารตั้งต้น (ml/min)	อัตราการไหลของ น้ำมันปาล์ม (ml/min)	อัตราการไหลของ เมทานอล (ml/min)	อัตราส่วนโดยปริมาตร ของน้ำมันต่อเมทานอล
30	25.01	5.02	4.98:1
40	33.30	6.67	4.99:1
50	41.67	8.34	4.99:1

3.2.2 การวิเคราะห์หาค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้

ขั้นตอนการวัดความหนืดตามมาตรฐาน ASTM D88

1. เปิดสวิตช์ของเครื่องวัดความหนืด
2. ปิดจุกคอรักที่ปากทางออกของหลอดบรรจุของเหลวของเครื่องวัดความหนืด
3. เทน้ำมันลงในท่อที่จะทดสอบในระดับที่ต่ำกว่าขอบเล็กน้อย โดยปรับเครื่องทดสอบให้มีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และรอจนน้ำมันที่จะทดสอบมีอุณหภูมิคงที่เท่ากับ 40 องศาเซลเซียส
4. นำขวดวัดปริมาตรขนาด 60 มิลลิลิตร วางไว้ใต้จุกคอรัก โดยประมาณให้น้ำมันที่ไหลจากรูรั่วสัมผัสกับด้านในของขวด เพื่อป้องกันการกระเด็นและการเกิดฟอง
5. ดึงจุกคอรักออกพร้อมเริ่มจับเวลา จนกระทั่งระดับของน้ำมันในขวดถึงขีดวัดปริมาตร 60 มิลลิลิตร บันทึกเวลาที่ได้เป็นวินาที
6. ทำการทดลองซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย

3.2.3 การหาค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์

คำนวณค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์จากสูตร

$$\text{ร้อยละของผลิตภัณฑ์} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำมันปาล์มที่เปลี่ยนเป็นเมทิลเอสเทอร์}}{\text{น้ำหนักของน้ำมันปาล์มที่ใช้}} \times 100$$

หมายเหตุ : การทดสอบหาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ได้ทดสอบหาค่าความหนืด และความหนาแน่นเท่านั้น เนื่องจากเวลาและอุปกรณ์ในการทำการทดลองที่จำกัดและสังเกตเห็นว่าค่าความหนืดเป็นค่าที่เป็นตัวแปรที่สำคัญต่อคุณสมบัติของน้ำมันที่ผลิตได้ โดยเฉพาะร้อยละของผลิตภัณฑ์ และความหนืดก็ถือได้ว่าเป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองการวิเคราะห์ค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้

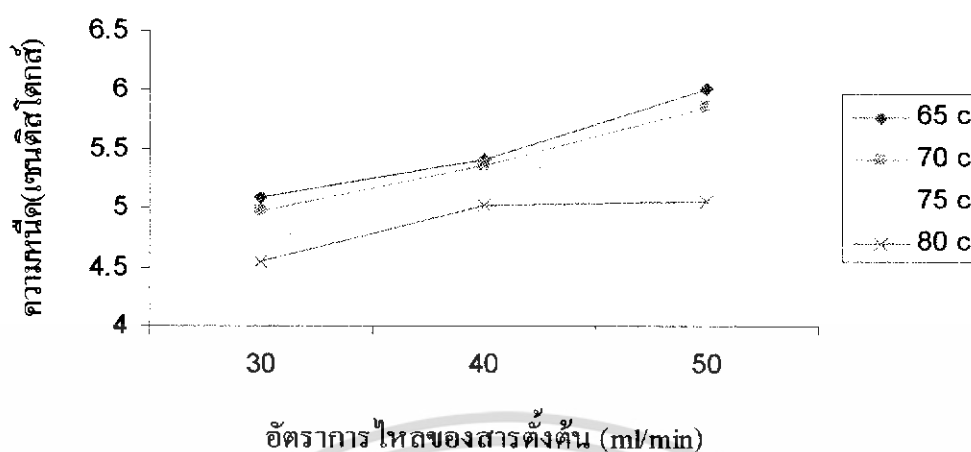
จากการทดลองศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาและอัตราการไหลรวมของสารตั้งต้นที่สภาวะต่างๆที่เหมาะสมสำหรับเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อแคบเมื่อใช้อัตราส่วนโดยปริมาตรของน้ำมันพืชต่อเมทานอลเท่ากับ 5 : 1 และ ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.55% ของน้ำหนักของน้ำมันปาล์มเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยทำการตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันดีเซลชีวภาพจากความหนืดที่วัดได้ผลการวัดค่าความหนืดที่ได้ของผลิตภัณฑ์แสดงดังตารางที่ 4.1

ตาราง 4.1 ความหนืดของเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้ที่สภาวะต่างๆ

อัตราการไหล (ml/min)	ความหนืดของเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้ (cSt)		
	อุณหภูมิ (°C)	เวลาที่วัดได้ (s)	ความหนืด (cSt)
30	65	42.69	5.08
	70	42.35	4.97
	75	41.56	4.70
	80	41.12	4.55
40	65	43.68	5.41
	70	43.54	5.36
	75	43.07	5.30
	80	42.51	5.02
50	65	45.57	6.01
	70	45.07	5.86
	75	44.00	5.51
	80	42.64	5.06

จากข้อมูลข้างต้นนำมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ความหนืดของเมทิลเอสเทอร์กับอัตราการไหลรวมของสารตั้งต้นที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาต่างๆ

4.2 ผลการทดลองหาค่าร้อยละผลิตภัณฑ์เมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้

ตาราง 4.2 ปริมาตรและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่วัดได้

อัตราการไหล (มิลลิลิตรต่อนาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	น้ำหนัก (กรัม)
30	65	500	429.40
	70	516	433.97
	75	536	445.20
	80	550	451.80
40	65	484	416.50
	70	498	418.39
	75	511	424.60
	80	526	431.80
50	65	459	395.00
	70	476	400.00
	75	497	412.80
	80	524	430.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.3 เวลาที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์

อัตราการไหล (มิลลิลิตรต่อนาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์ (นาที)
30	65	37.0
	70	36.0
	75	36.3
	80	36.2
40	65	31.5
	70	30.4
	75	32.5
	80	31.0
50	65	28.7
	70	28.0
	75	28.0
	80	27.0

ตาราง 4.4 ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ที่ได้

อุณหภูมิ	65 (°C)		70 (°C)		75 (°C)		80 (°C)	
	น้ำหนัก (กรัม)	ความ หนาแน่น (g/cm ³)	น้ำหนัก (กรัม)	ความ หนาแน่น (g/cm ³)	น้ำหนัก (กรัม)	ความ หนาแน่น (g/cm ³)	น้ำหนัก (กรัม)	ความ หนาแน่น (g/cm ³)
30	21.5	0.86	21.00	0.84	20.80	0.83	20.50	0.82
40	21.25	0.85	21.00	0.84	20.80	0.83	20.25	0.81
50	21.50	0.86	21.00	0.85	21.00	0.84	20.5	0.82
ค่าเฉลี่ย		0.856		0.843		0.833		0.816

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.5 ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง (°C)	ร้อยละของผลิตภัณฑ์ ณ อัตราการไหลต่างกันดังนี้		
	30 (ml/min)	40 (ml/min)	50 (ml/min)
65	94.78	91.94	87.20
70	95.80	92.36	88.34
75	98.28	93.73	91.12
80	99.74	95.32	94.96



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

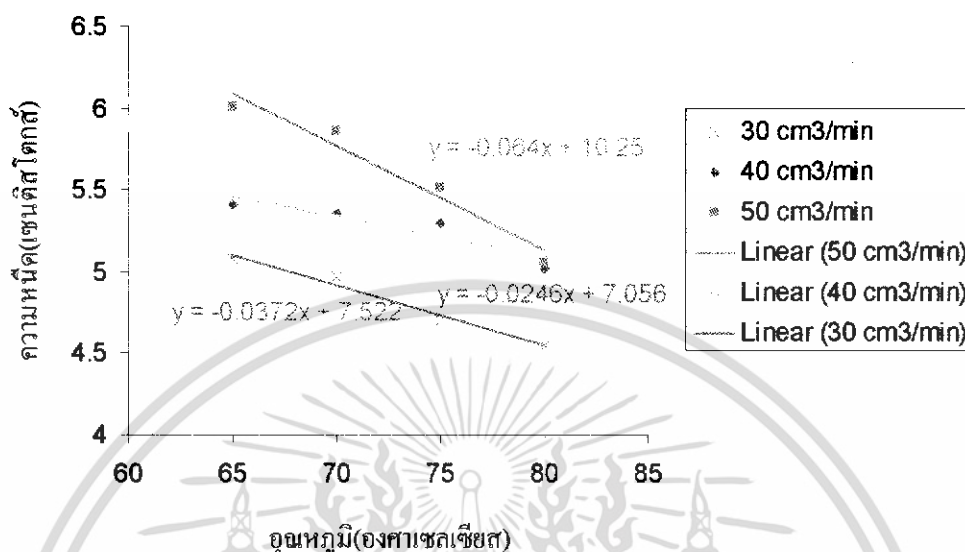
บทที่ 5

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

5.1 วิจารณ์ผลการทดลอง

1. จากผลการทดลอง เมื่อพิจารณาถึงอัตราการไหลที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาจะเห็นว่า การทดลองที่อัตราการไหลรวมที่ 30 40 และ 50 มิลลิลิตรต่อนาที ได้ผลว่าที่อัตราการไหลรวม 30 มิลลิลิตรต่อนาที ให้ค่าความหนืดที่ต่ำกว่าที่อัตราการไหลอื่น ๆ และยังมีร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่มากด้วยซึ่งเป็นผลเนื่องจากเวลาในการทำปฏิกิริยา (space time) หากอัตราการไหลต่ำ ๆ ก็จะมีเวลาของการทำปฏิกิริยาที่มาก ทำให้ค่าของร้อยละของผลิตภัณฑ์มากขึ้นไปด้วย
2. จากการทดลองเปลี่ยนอุณหภูมิที่ทำการทดลองแตกต่างกัน ที่ 65 70 75 และ 80 องศาเซลเซียส เมื่อทำการวัดค่าความหนืดและร้อยละของผลิตภัณฑ์ แล้วเปรียบเทียบแนวโน้มของค่าดังกล่าว จะเห็นว่าที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะให้ค่าความหนืดที่ต่ำ และมีร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่สูง เนื่องจากที่อุณหภูมิที่สูงจะทำให้ค่าความหนืดต่ำ ซึ่งทำให้การผสมกันของสารตั้งต้นผสมกันได้ดีและทำให้พลังงานที่ใช้ในการทำปฏิกิริยามาก ทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดี แต่หากนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ การใช้อุณหภูมิที่ใช้พลังงานมากที่สุดอาจไม่ใช่ทางเลือกที่ดีที่สุดแม้ว่าจะได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่มากก็ตามเพราะพลังงานที่เสียไปไม่คุ้มค่ากับผลิตภัณฑ์ที่ได้มา
3. จากการทำการทดลอง ที่อุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียสให้ค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์มากที่สุด และค่าความหนืดที่ต่ำสุด ไม่ว่าที่อัตราการไหลใด ๆ โดยจากการทดลองจะเห็นได้ชัดเจนว่าการไหลของสารละลายแอลกอฮอล์มีการไหลแบบปั่นป่วน และอยู่ในสภาพเกือบเป็นไอ หากไม่ทำการควบคุมความดันก็จะกลายเป็นไอได้ เนื่องจากจุดเดือด (boiling point) ของแอลกอฮอล์ที่ใช้คือเมทานอล คือ 65.6 องศาเซลเซียส และน้ำมันที่ใส่เข้าไปก็จะมีค่าความหนืดต่ำสุด ทำให้เกิดการผสมและเกิดปฏิกิริยาได้ดีมาก

4. จากการทดลองสามารถแสดงความสัมพันธ์ของความหนืดและอุณหภูมิที่อัตราการไหลต่างกันได้ดังนี้

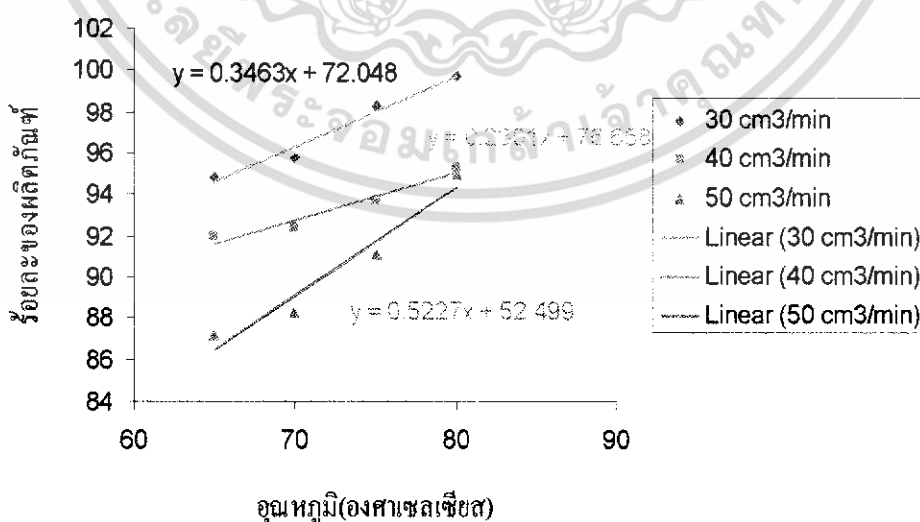


รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของเมทิลเอสเทอร์กับอุณหภูมิที่อัตราการไหลรวมของสารตั้งต้น 30 40 และ 50 cm³/min.

โดยจะเห็นได้จากรูปที่ 5.1ว่าเป็นไปตามที่กล่าวไว้คือ ที่อุณหภูมิสูงขึ้นความหนืดจะลดลง และ ที่อัตราการไหลที่ต่ำลงความหนืดก็จะลดลงด้วย

5. ความสัมพันธ์ของร้อยละของผลิตภัณฑ์และอุณหภูมิที่อัตราการไหลต่างๆกันแสดงได้รูปที่

5.2

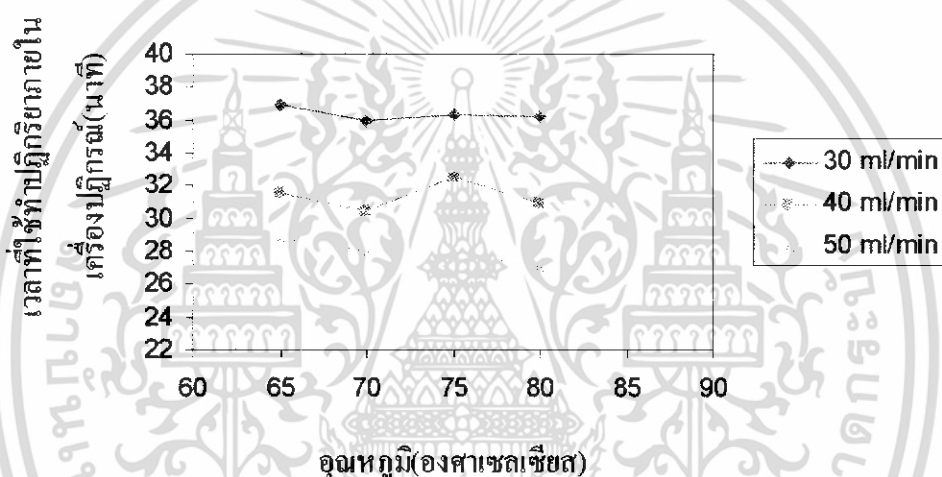


รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์กับอุณหภูมิที่อัตราการไหลรวมของสาร
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งต้น 30 40 และ 50 cm³/min.

โดยจะเห็นว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นและที่อัตราการไหลต่ำ ๆ จะทำให้ร้อยละของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น เป็นผลจาก space time และพลังงานที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยามีเพียงพอ แต่จากผลการทดลองจะเห็นว่า แนวโน้มที่อุณหภูมิสูงมาก ๆ ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่อัตราการไหลสูงจะได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ต่ำกว่า

6. การทดลองอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้หลายประการ โดยเฉพาะการตั้งค่าอัตราการไหลที่ บิ๊มซึ่งทำได้ยากหากที่อัตราการไหลต่ำ ๆ จึงควรทำการตั้งค่ามาตรฐานบิ๊มทุกครั้งก่อนทำการทดลอง เพื่อให้ได้ค่าอัตราการไหลที่ถูกต้อง
7. ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์ (residence time) และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา ณ อัตราการไหลต่าง ๆ กัน



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์กับอุณหภูมิ ณ อัตราการไหลต่าง ๆ กัน

ซึ่งจากกราฟนี้ จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าที่อัตราการไหลที่สูงขึ้นจะมีเวลาในการเกิดปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์ (residence time) ที่ลดลง ซึ่งย่อมทำให้ปริมาณร้อยละของผลิตภัณฑ์ลดลงเพราะมีเวลาในการเกิดปฏิกิริยาน้อย

8. ต้องทำการควบคุมความดันของการทำการทดลอง เพราะที่อุณหภูมิสูง ๆ แอลกอฮอล์จะกลายเป็นไอ ซึ่งทำให้ผลการทดลองผิดพลาด จึงควรปรับความดันให้เหมาะสม โดยสามารถสังเกตได้ว่า หากแอลกอฮอล์กลายเป็นไอแล้วจะถูกดันออกมาข้างนอกก่อน ซึ่งต้องทำการเพิ่มความดันจนกว่าไม่มีแอลกอฮอล์ในสภาพไอออกมา
9. ถึงแม้ว่าที่อัตราการไหลที่ต่ำ และที่อุณหภูมิสูงจะสามารถให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ แต่ต้องใช้เวลาในการทำการผลิตและยังต้องใช้พลังงานในการผลิตสูงอีกด้วย จึงไม่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากจะนำสถานะนี้ไปใช้ในการผลิตในเชิงพาณิชย์ หากต้องนำไปใช้ผลิตในเชิงพาณิชย์มีความจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของมูลค่า และจุดคุ้มทุนอีกครั้ง

5.2 ข้อเสนอแนะการทดลอง

1. การทำการทดลองควรทำการตั้งค่ามาตรฐานอัตราการไหลของปั๊มและชุดควบคุมอุณหภูมิ ก่อนทุกครั้งเพื่อความถูกต้องของการทดลอง
2. ขณะละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในแอลกอฮอล์ควรละลายให้หมดหรือจนเป็นเนื้อเดียวกัน เพราะจะทำให้การเกิดปฏิกิริยาเกิดได้ดีและสมบูรณ์
3. ในการออกแบบหัวฉีดของอุปกรณ์ห้องผสมแบบ swirl-well chamber ควรมีการคำนึงถึงค่าของความหนืดที่ไม่เท่ากันของสารตั้งต้น ซึ่งอาจทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสมของแต่ละหัวฉีดควรมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งอาจให้เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดของน้ำมันมีขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อย
4. ตรวจสอบสภาพของข้อต่อและวาล์วต่าง ๆ ในระบบให้ดี เพราะในระบบไม่ควรมีน้ำเข้าไปปนด้วย เพราะจะทำให้ผลการทดลองผิดพลาดเนื่องจากจะเกิดเป็นสบู่
5. ทำความสะอาดอุปกรณ์ทุกครั้งหลังจากทำการทดลองเสร็จ
6. ใช้น้ำที่ผ่านการรีเวอร์สออสโมซิส มาใช้ในการต้มเพื่อให้ความร้อนแก่เครื่องปฏิกรณ์ เพราะหากใช้น้ำประปาจะทำให้เกิดเป็นตะกอนเกาะอยู่ตามอุปกรณ์ต่าง ๆ
7. ที่ก้นถังน้ำ ควรติดตั้งวาล์วสำหรับถ่ายน้ำออก เพราะหากทำการทดลองเสร็จแล้วการถ่ายน้ำออกจำเป็นต้องถอดข้อต่อต่าง ๆ บ่อยๆ ซึ่งอาจทำให้เกิดการรั่วซึมได้
8. การล้างผลิตภัณฑ์ที่ได้ควรล้างหลาย ๆ ครั้ง หรืออาจใช้กระดาษลิตมัสช่วยในการวัดค่า pH ว่าเป็นกลางแล้วหรือไม่ เพราะการล้างที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสิ่งปนเปื้อนมาก
9. การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาสถานะเบื้องต้นที่เหมาะสมสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ จึงใช้น้ำมันที่ผ่านการกำจัดกรดไขมันอิสระ ซึ่งควรมีการพัฒนาโดยมีการปรับเปลี่ยนสารตั้งต้น เช่น เปลี่ยนเป็นน้ำมันที่ยังไม่ผ่านการกำจัดกรดไขมันอิสระ หรือน้ำมันที่ผ่านการประกอบอาหารมาแล้ว
10. มีการวิเคราะห์คุณสมบัติอื่น ๆ ของน้ำมันเพิ่มเติม เช่น จุดวาบไฟ จุดเดือด ความสามารถในการกัดกร่อนแผ่นทองแดง หรือ ค่าซีเทน เป็นต้น
11. ฝาของ mixing chamber ควรเปลี่ยนเป็นวัสดุโปร่งใส เช่น อาจใช้แผ่นอะคริลิก ซึ่งมีความทนทานและทนต่ออุณหภูมิได้และสามารถสังเกตลักษณะของการผสมได้อย่างชัดเจนด้วย

5.3 สรุปผลการทดลอง

การทดลองนี้สังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพจากการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์ม และเมทานอล โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาดำเนินการการผลิตแบบต่อเนื่องด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อแคบ โดยใช้อัตราส่วนโดยปริมาตรของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลเท่ากับ 5 : 1 ที่อุณหภูมิ 65 70 75 และ 80 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลรวม 30 40 และ 50 มิลลิลิตรต่อนาทีตามลำดับ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ไปศึกษาสมบัติด้านความหนืด (ความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส) พบว่าที่อัตราการไหลรวมของสารตั้งต้น 30 มิลลิลิตรต่อนาทีและอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 80 องศาเซลเซียสเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้เครื่องปฏิกรณ์สามารถให้ร้อยละของผลิตภัณฑ์มากที่สุดคือ 99.74 เปอร์เซ็นต์ และมีความหนืดที่ต่ำที่สุดคือ 4.55 เซนติสโตกส์ และสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้ใน 1 ชั่วโมงหลังจากเริ่มเดินเครื่อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] พิศมัย เจนวนิชปัญญกุล, ไบโอดีเซล พลังงานทางเลือก, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.), 2544.
- [2] โสภณ สกุลอำนวยพสา และสังวร สังคะ, การศึกษาการใช้น้ำมันมะพร้าวเดินเครื่องยนต์ดีเซล, กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ทะเบียนวิจัยเลขที่ 25 10 04 11 25 06
- [3] A.O.C.S. official method Ca 5a-40. **Sampling and Analysis of commercial Fats and Oils.** Free Fatty Acid.
- [4] ทรงยศ ดันพิพัฒน์, พืชน้ำมัน, ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2529.
- [5] กิติภพ ตำราญ, การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันดีเซลด้วยเฟอร์พูร์ที่ได้จากชังข้าวโพด, วิทยานิพนธ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542
- [6] สถาบันวิจัยและเทคโนโลยีการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย, **หนังสือคู่มือปิโตรเลียมนำรู้.** โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2542 . หน้า 3-24.
- [7] Schwab, A.W. et. Al. **Preparation and Properties of Diesel Fuels from vegetable oils.** Fuel 66.1987.
- [8] Fangrui Ma, Milford A. Hanna, **Biodiesel Production : A Review Bioresource Technology.** 1999
- [9] Praveen R. Muniyappa, Scott C. Brammer, Hossein Nouredini, **Improved conversion of plant oils and animal fats into Biodiesel and co-product.** Bioresource Technology, 1996.
- [10] Robert T et.al. **Organic Chemistry.** 3 rd Ed.,India:Prentic-Hall.1976, p.682-683
- [11] L.G.Wade.JR. **Organic Chemistry.** 3 rd Ed.New Jersey. Prentic-Hall. 1995. p.1215.
- [12] Fessend R.J. **Organic Chemistry.** 6 th Ed.,Brooks/Cole Publishing Company, p.658.
- [13] มนตรี พิรุณเกษตร, กลศาสตร์ของไหล, วิทยพัฒน์, 2545.
- [14] www.sut.ac.th/e-texts/Eng/thermo/index7-5.html.
- [15] N Hamby, M.F. Edward and A.W. Niehow, **Mixing in the Procees industries.**2 nd ed. Butterworth-Heinemann. 2000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
สมบัติของน้ำมัน

ตาราง ก.1 คุณสมบัติของน้ำมันพืชที่ใช้ในการสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบ
ท่อมคบ

น้ำมันพืชตรามรกต

คุณสมบัติ	ค่าที่ได้จากการวัด
ปริมาณกรดไขมันอิสระ, % น้ำหนัก	0.02
ความหนืด, cSt	35.06
ความเป็นกรด-ด่าง, pH	6.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การคำนวณ

1. การคำนวณน้ำหนักของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

การทดลองใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 0.55 โดยน้ำหนักของน้ำมันปาล์ม

ในการทดลอง ใช้น้ำมันปาล์ม 500 มิลลิลิตร หนัก 453 กรัม

$$\text{ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์} = \frac{(0.55 \times 453)}{100} = 2.49 \text{ กรัม}$$

การทดลองใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 6 : 1 หรือ อัตราส่วนโดยปริมาตร 1:5
ดังนั้น

น้ำมันปาล์ม 500 มิลลิลิตร ใช้เมทานอล 100 มิลลิลิตร

น้ำมันปาล์ม 500 มิลลิลิตร ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.49 กรัม

ถ้าเมทานอล 500 มิลลิลิตร จะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ $\frac{(2.49 \times 500)}{100} = 12.45$ กรัม

ดังนั้นการทดลองนี้จึงใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 12.45 กรัม ผสมกับเมทานอล 500 มิลลิลิตร

2. การคำนวณค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์

สมการที่ใช้คำนวณ

$$\text{ความหนืด (cSt)} = 0.226t - \frac{195}{t}$$

ตัวอย่างการคำนวณ ที่อัตราการไหลรวมของสารตั้งต้น 30 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 80 องศาเซลเซียส และเวลาที่ได้จากเครื่องวัดความหนืด 41.12 วินาที

แทนค่าในสมการ

$$\begin{aligned} \text{ความหนืด (cSt)} &= (0.226 \times 41.12) - (195/41.12) \\ &= 4.55 \text{ cSt} \end{aligned}$$

3. การหาร้อยละของผลิตภัณฑ์

ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส อัตราการไหลรวมของสารตั้งต้น 30 มิลลิลิตรต่อนาที ได้ผลิตภัณฑ์ 500 มิลลิลิตร นำไปหาความหนาแน่นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และนำไปหาความหนาแน่นโดยใช้สูตร

$$D = \frac{M}{V}$$

จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่น 0.86 g/cm^3

ได้ผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้น้ำหนัก 429.4 กรัม

จากน้ำมันพืช 500 มิลลิลิตร หรือ 453 กรัม และความหนาแน่นของน้ำมันพืช คือ 0.907 g/cm^3

ดังนั้นจะได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ $\frac{429.4}{453} \times 100 = 94.78$

ตาราง ข.1 แสดงน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ 25 มิลลิลิตร และความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์

อุณหภูมิ (ml/min)	65 (°C)		70 (°C)		75 (°C)		80 (°C)	
	น้ำหนัก (กรัม)	ความ หนาแน่น (g/cm ³)	น้ำหนัก (กรัม)	ความ หนาแน่น (g/cm ³)	น้ำหนัก (กรัม)	ความ หนาแน่น (g/cm ³)	น้ำหนัก (กรัม)	ความ หนาแน่น (g/cm ³)
30	21.50	0.86	21.00	0.84	20.80	0.83	20.50	0.82
40	21.25	0.85	21.00	0.84	20.80	0.83	20.25	0.81
50	21.50	0.86	21.00	0.85	21.00	0.84	20.50	0.82
ค่าเฉลี่ย		0.856		0.843		0.833		0.816

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การหาค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์

เครื่องวัดความหนืดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ เครื่องวัดความหนืดแบบเซย์โบลต์ (Say bolt) ของ Koehler รุ่น K21590 ซึ่งการวิเคราะห์นี้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D88 โดยเครื่องวัดความหนืดที่ใช้เป็นเครื่องวัดความหนืดแบบเซย์โบลต์ยูนิเวอร์แซล

เครื่องวัดความหนืดแบบเซย์โบลต์ยูนิเวอร์แซล (Saybolt Universal) เป็นการวัดค่าความหนืดของน้ำมัน โดยการจับเวลาการไหลเป็นวินาทีของน้ำมัน 60 มิลลิลิตรที่ไหลผ่านรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.0695 นิ้ว (1.77 มิลลิเมตร) ความยาว 0.4823 นิ้ว (12.25 มิลลิเมตร) โดยค่าความหนืดที่ได้มีหน่วยเป็นวินาทีเซย์โบลต์ (Saybolt Universal Second; SUS)

อุปกรณ์การหาค่าความหนืด

1. เครื่องวัดความหนืด (Saybolt Universal)
2. เมทิลเอสเทอร์
3. บีกเกอร์
4. ขวดวัดปริมาตรขนาด 60 มิลลิลิตร
5. เทอร์โมมิเตอร์
6. นาฬิกาจับเวลา

ขั้นตอนการวัดความหนืด

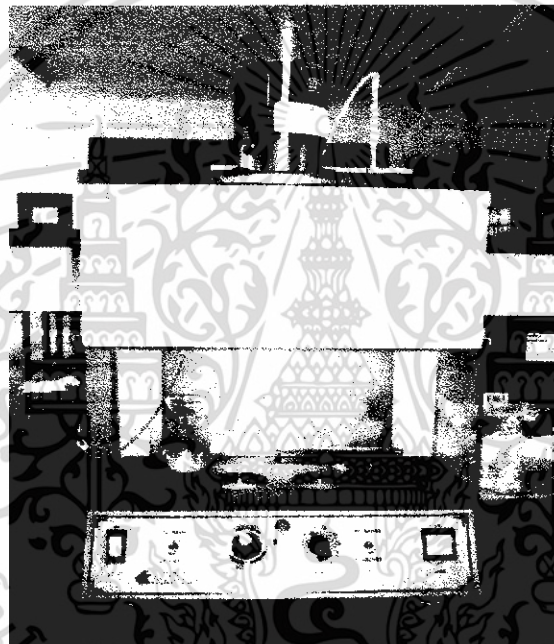
1. เปิดสวิตช์ของเครื่องวัดความหนืด
2. ปิดจุกคอรั้งที่ปากทางออกของหลอดบรรจุของเหลวของเครื่องวัดความหนืด
3. เทน้ำมันลงในท่อที่จะทดสอบในระดับที่ต่ำกว่าขอบเล็กน้อย โดยปรับเครื่องทดสอบให้มีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และรองน้ำมันที่จะทดสอบมีอุณหภูมิคงที่เท่ากับ 40 องศาเซลเซียส
4. นำขวดวัดปริมาตรขนาด 60 มิลลิลิตร วางไว้ใต้จุกคอรั้ง โดยประมาณให้น้ำมันที่ไหลจากรูสัมผัสกับด้านในของขวด เพื่อป้องกันการกระเด็นและการเกิดฟอง
5. ดึงจุกคอรั้งออกพร้อมเริ่มจับเวลา จนกระทั่งระดับของน้ำมันในขวดถึงขีดวัดปริมาตร 60 มิลลิลิตร บันทึกเวลาที่ได้เป็นวินาที
6. ทำการทดลองซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันที่ผ่านการเครื่องทดสอบนี้ต้องนำมาเปลี่ยนหน่วยตามสมการ (ค) เพื่อเปลี่ยนหน่วยจาก วินาทีเซย์โบลต์เป็นเซนติสโตกส์ (cSt)

$$\nu = 0.226t - \frac{195}{t} \quad (\text{เมื่อค่า } t \text{ อยู่ระหว่าง 32-100 วินาที}) \quad (\text{ค.1})$$

$$\nu = 0.220t - \frac{135}{t} \quad (\text{เมื่อค่า } t \text{ มากกว่า 100 วินาที}) \quad (\text{ค.2})$$



รูปที่ ค.1 เครื่องวัดความหนืดแบบเซย์โบลต์ของ Koehler รุ่น K21590

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้