สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ฝก 1

การศึกษากระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันพืชใช้แล้ว

นางสาวนิตยา ลิ้นจี่

นางสาวยุพดี ดวงสวัสดิ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 45693
วัน, เดือน, ปี 13 ก.พ. 2546

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปก 2

The Process of Making Biodiesel from Used Vegetable Oil

Miss Nittaya Linjee

Miss Yupadee Duangsawad

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

For the Degree of Bachelor of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การศึกษากระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันพืชใช้แล้ว

โดย นางสาวนิตยา ลิ้นจี่

นางสาวยุพดี ดวงสวัสดิ์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์)

.....กรรมการ

(อ.รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ)

.....กรรมการ

(อ.เกรียงศักดิ์ ไกรวัฒนวงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การศึกษากระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันพืชใช้แล้ว
โดย นางสาวนิตยา ลิ้นจี่
นางสาวยุพดี ดวงสวัสดิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์
ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ในกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพโดยใช้น้ำมันพืชใช้แล้วมีวิธีในการผลิตและผลิตภัณฑ์ที่ได้แตกต่างไปจากการใช้น้ำมันพืชบริสุทธิ์ เนื่องจากน้ำมันใช้แล้วมีกรดไขมันอิสระและสิ่งเจือปนอยู่มาก การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพที่เหมาะสม และวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ได้ เช่น ความหนืด ค่า pH สีและกลิ่น จากการทดลองน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ได้มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน แต่เพื่อให้ได้น้ำมันดีเซลชีวภาพที่มีประสิทธิภาพดีขึ้นควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพต่อไป นอกจากนี้ยังศึกษาวิธีการแยกกลีเซอรอลออกจากของเสีย จากการค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลพบว่าวิธีการที่เหมาะสม ได้แก่ การแยกโดยใช้คุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันของสาร ผลที่ได้คือ สามารถกรองแยกอนุภาคของแข็งและกลั่นแยกเมทานอลออกจากของเสีย ของเหลวส่วนที่เหลือมีลักษณะเหนียว ข้นหนืด เมื่อเย็นตัวลงจะกลายเป็นของแข็งไม่สามารถแยกกลีเซอรอลออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title The Process of Making Biodiesel from Used Vegetable Oil

By Miss Nittaya Linjee

Miss Yupadee Duangsawad

Advisor Asst. Prof. Dr. Paisal Nakpipat

Report for Bachelor Degree of Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering Faculty of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

The process of making biodiesel from used vegetable oil differ from fresh oil in procedure and product because used oil has a lot of free fatty acid and contaminant. The purpose of this study is to find the suitable method and testing its properties such as viscosity,pH,color and odor. It was found that the properties of biodiesel from reaction are in standard. The other purpose of this study is to find the method for glycerol separation from waste. It was found that proper method is separation by their different physical properties. The testing results show that solid particle is separated by filtration and methanol is separated by distillation. Glycerol that is still in waste is a viscous fluid and will be a solid when it is cooled.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ

ผศ.ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านตลอดจนตรวจแก้ไขปริญญานิพนธ์

นิตยา ลิ้นจี่

ยุพดี ดวงสวัสดิ์

17 มีนาคม 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูปภาพ	ญ
สัญลักษณ์	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาโครงการ	1
วัตถุประสงค์	1
ขอบเขตของการศึกษา	1
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	2
ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 น้ำมันดีเซลชีวภาพและกลีเซอรอล	3
2.1 น้ำมันดีเซลชีวภาพ	3
2.2วัตถุดิบสำหรับการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ	4
2.3สารเคมีที่ใช้ในปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน	6
2.4กลีเซอรอล	7
2.5สมบัติของกลีเซอรอล	7
บทที่ 3 การทดลอง	10
3.1 การศึกษาการแยกกลีเซอรอลออกจากของเสียจากกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ(โรงงาน)	10
3.2การศึกษากระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันพืชใช้แล้ว	12
บทที่ 4 ผลการทดลอง	16
บทที่ 5 สรุปและวิเคราห์ผลการทดลอง	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง	24
เวบไซต์อ้างอิง	25
ภาคผนวก	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 กรดไขมันชนิดต่างๆ 5
ตารางที่ 2.2 ปริมาณน้ำมันพืช ปริมาตรของแอลกอฮอล์ และความเข้มข้นของเบส ที่ใช้ในการไตเตรทหาปริมาณของกรดไขมันอิสระ 6
ตารางที่ 4.1 เวลาที่ทำให้เกิดการแยกเฟสในของผสมส่วนกลางโดยใช้สารละลายชนิดต่างกัน 16
ตารางที่ 4.2 ปริมาณเมทานอลที่ควบแน่นได้ในช่วงอุณหภูมิที่ได้จากการทดลอง 16
ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรทหาปริมาณกรดไขมันอิสระ 17
ตารางที่ 4.4 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ 18
ตารางที่ 4.5 ค่าความหนืด ค่า pH ของน้ำมันดีเซลชีวภาพ 18
ตารางที่ 4.6 เวลาและปริมาณของของเหลวที่กรองผ่าน bleaching clay 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดเยือกแข็งกับเปอร์เซ็นต์กลีเซอรอลในสารละลาย 8
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอที่อุณหภูมิต่างๆของสารละลายกลีเซอรอล(%ต่างๆ) 9
รูปที่2.3 สมดุลไอ-ของเหลว ของกลีเซอรอลกับน้ำ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์

C	ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)
D	ความหนาแน่นของน้ำมันพืช (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
FFA	กรดไขมันอิสระ
M_{NaOH}	น้ำหนักของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของน้ำมัน (กรัม)
M_{Oil}	น้ำหนักของน้ำมันพืช (กรัม)
N	ความเข้มข้นของสารละลายเบสที่ใช้ในการไตเตรต (นอร์มอล)
V	ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาโครงการ

การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพโดยใช้วัตถุดิบเป็นน้ำมันพืชที่ใช้แล้วนั้น จะมีความแตกต่างจากการใช้วัตถุดิบเป็นน้ำมันพืชบริสุทธิ์ เนื่องจากสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำมันพืชใช้แล้ว ทำให้กระบวนการผลิตมีขั้นตอนต่างๆเพิ่มมากขึ้น การศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการที่เหมาะสมสำหรับผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพโดยใช้น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว นอกจากนี้ ของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพคือ แอลกอฮอล์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาและกลีเซอรอลเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียงและสารที่อาจนำมาใช้ประโยชน์ได้อีก เนื่องจากของเสียดังกล่าวมีสิ่งเจือปนละลายผสมอยู่ด้วย เช่น เจลาติน โปรตีน โซเดียมไฮดรอกไซด์ แอลกอฮอล์ และสิ่งสกปรกอื่นๆ วัตถุประสงค์อีกประการหนึ่งของการศึกษานี้คือทดลองหาวิธีการแยกเมทานอลและกลีเซอรอลออกจากของเสีย ที่เกิดขึ้นในกระบวนการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

วัตถุประสงค์

1.ศึกษาและทดลองกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพโดยใช้น้ำมันพืชที่ใช้แล้วเป็นวัตถุดิบ

2.วิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิต

3.ศึกษาหาวิธีการแยกกลีเซอรอลออกจากของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ

4.ฝึกฝนทักษะในการค้นคว้าหาข้อมูล

5.สร้างพื้นฐานในการเป็นนักวิจัยและเรียนรู้วิธีการวิจัย

ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาวิธีการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพโดยใช้น้ำมันพืชใช้แล้วเป็นวัตถุดิบ วิเคราะห์หาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ และทดลองวิธีการแยกเมทานอลและกลีเซอรอลจากของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1.ค้นคว้ารวบรวมและศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.หาวิธีการที่เหมาะสมที่ใช้ในการแยกกลีเซอรอลออกจากของเสียที่ได้จากโรงงาน

3. ทำการทดลองสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันพืชใช้แล้ว

4.วิเคราะห์สมบัติบางประการ เช่น ความหนืด ของผลิตภัณฑ์ที่ได้

5.สรุปและรายงานผลการทดลอง

ประโยชน์ที่ได้รับ

เนื่องจากในกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพนี้ วัตถุดิบที่ใช้เป็นน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว ซึ่งเป็นการนำน้ำมันที่ด้อยคุณค่ามาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเป็นการลดต้นทุนในส่วนของวัตถุดิบ นอกจากในกระบวนการผลิตจะได้น้ำมันดีเซลชีวภาพเป็นผลิตภัณฑ์หลักแล้วยังได้ส่วนที่เป็นของเสียออกมาด้วย ซึ่งถ้าสามารถทำการแยกกลีเซอรอลบริสุทธิ์ออกมาจากของเสียได้ จะเป็นเพิ่มคุณค่าของของเสียรวมทั้งการแยกแอลกอฮอล์กลับมาใช้ใหม่ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการให้สูงขึ้น

นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ รู้จักการทำงานเป็นขั้นตอนและมีระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

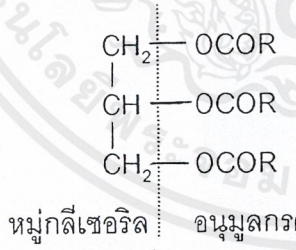
น้ำมันดีเซลชีวภาพและกลีเซอรอล

2.1น้ำมันดีเซลชีวภาพ (Biodiesel)

น้ำมันดีเซลชีวภาพเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนที่ได้จากวัตถุดิบธรรมชาติ สามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลที่ได้จากปิโตรเลียมโดยตรง โดยทั่วไปน้ำมันพืชเป็นวัสดุเชื้อเพลิงที่มนุษย์รู้จักและนำมาใช้เป็นเวลาช้านานแล้ว การนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมีหลายวิธีกล่าวคือ นำมาใช้โดยตรง เช่น เป็นเชื้อเพลิงตะเกียง ทำคบเพลิง เป็นต้น นำมาทำเป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์สันดาปภายใน โดยการผสมกับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปิโตรเลียม หรือเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมันพืชให้เหมาะสมสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายตัวด้วยความร้อน(Thermal cracking) หรือการเปลี่ยนโครงสร้างของโมเลกุลให้เป็นเอสเทอร์ต่างๆ

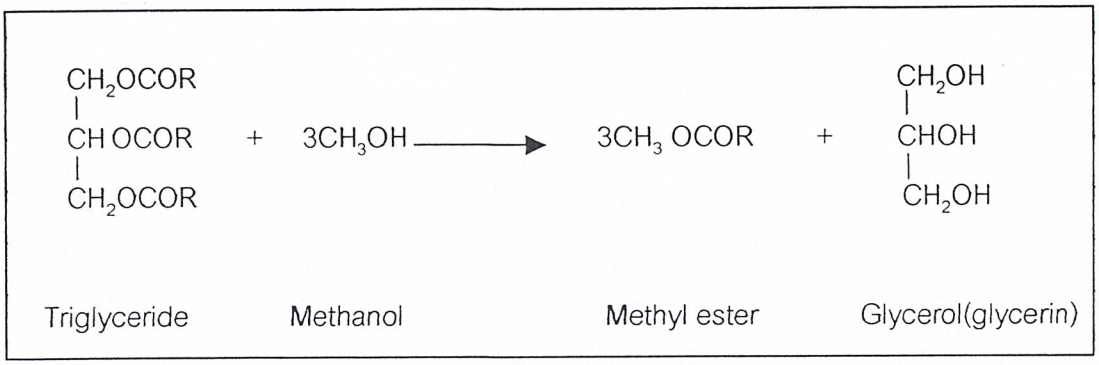
ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification)

เป็นวิธีการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันพืช ให้อยู่ในรูปของเอสเทอร์อีกรูปหนึ่ง เช่น เมทิลเอสเทอร์ เอทิลเอสเทอร์ เป็นต้น โดยธรรมชาติน้ำมันพืชส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างของโมเลกุลเป็นไตรกลีเซอไรด์(Triglyceride)



ซึ่งเป็นรูปแบบของเอสเทอร์ที่ประกอบด้วยส่วนของหมู่กลีเซอริล (glyceryl group) และส่วนของอนุมูลกรดไขมันอีก 3 หมู่ ถ้าแทนที่กลีเซอริลด้วยหมู่เมทิล (methyl group) จำนวน 3 หมู่ จะได้ผลิตภัณฑ์ใหม่เป็น เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันจำนวน 3 โมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผลิตภัณฑ์เมทิลเอสเทอร์ มีสมบัติที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลและสามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมได้เป็นอย่างดี

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันจะเกิดขึ้นได้ดีที่เงื่อนไขที่เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิ ชนิดและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา ระยะเวลา นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาปริมาณหรืออัตราส่วนของสารทำปฏิกิริยาด้วย

2.2 วัตถุดิบสำหรับการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ

วัตถุดิบที่ใช้สำหรับการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ ได้แก่ น้ำมันพืชทุกชนิด เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่ว น้ำมันรำข้าว น้ำมันเมล็ดยางพารา น้ำมันละหุ่ง หรือน้ำมันเมล็ดสบู่ดำ เป็นต้น และน้ำมันและไขมันจากสัตว์ เช่น น้ำมันหมู น้ำมันวัว น้ำมันควาย หรือน้ำมัน(ไข)ปลาวาฬ เป็นต้น

น้ำมันเหล่านี้ ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญคือ ไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งเป็นเอสเทอร์ที่ประกอบด้วยหมู่กลีเซอริลและอนุมูลกรดไขมัน ความแตกต่างของน้ำมันที่ได้จากพืชและสัตว์เหล่านี้อยู่ที่ส่วนของอนุมูลกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในไตรกลีเซอไรด์ ดังตารางที่ 2.1

ค่าความเป็นกรดเบส (pH)

ปฏิกิริยาในการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพเป็นปฏิกริยาที่เกิดระหว่างกรดและเบส 2 ชนิด โดยน้ำมันพืชมีสมบัติเป็นกรดส่วนแอลกอฮอล์และตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีสมบัติเป็นเบส ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้จะขึ้นกับค่า pH ของน้ำมันพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 กรดไขมันชนิดต่างๆ [6]

กรดไขมัน	จำนวน C	สูตรโมเลกุล	แหล่งธรรมชาติ
Caprylic	8	$C_7H_{15}COOH$	มะพร้าว
Capric	10	$C_9H_{19}COOH$	มะพร้าว
Lauric	12	$C_{11}H_{23}COOH$	มะพร้าว
Myristic	14	$C_{13}H_{27}COOH$	มะพร้าว ปลาวาฬ วัว ควาย แกะ หมู
Myristoleic	14	$C_{13}H_{25}COOH$	ปลาวาฬ หมู
Palmitic	16	$C_{15}H_{31}COOH$	หมู ไขสัตว์ เมล็ดฝ้าย มะพร้าว
Palmitoleic	16	$C_{15}H_{29}COOH$	เมนฮาเดน ปลาวาฬ หมู
Stearic	18	$C_{17}H_{35}COOH$	พืชและสัตว์ที่ให้น้ำมันทุกชนิด
Oleic	18	$C_{17}H_{33}COOH$	พืชและสัตว์ที่ให้น้ำมันทุกชนิด
Linoleic	18	$C_{17}H_{31}COOH$	เมล็ดฝ้าย ถั่ว ข้าวโพด เมล็ดลิน ไขสัตว์
Linolenic	18	$C_{17}H_{29}COOH$	เมล็ดลิน ถั่ว ปลาวาฬ
Arachidic	20	$C_{19}H_{39}COOH$	หมู ถั่ว ข้าวโพด
Arachidonic	20	$C_{19}H_{31}COOH$	เมนฮาเดน ปลาวาฬ เมล็ดลิน
Clupanadonic	22	$C_{21}H_{35}COOH$	เมนฮาเดน ปลาวาฬ
Lignoceric	24	$C_{23}H_{47}COOH$	ข้าวโพด

กรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid , FFA)

บางครั้งน้ำมันและไขมันอาจถูกเรียกว่า กรดไขมัน (fatty acid) เนื่องจากสารทั้งสองมักแตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระจึงมีสมบัติเป็นกรด น้ำมันพืชที่ใช้แล้วจะมีความเป็นกรดมากว่าน้ำมันที่ยังไม่ได้ใช้ ทั้งนี้เพราะน้ำมันที่ใช้แล้วหรือผ่านการให้ความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน ได้กรดไขมันอิสระ ซึ่งกรดไขมันอิสระนี้จะไปเพิ่มอุณหภูมิในการเกิดเจล (gelling temperature) ของน้ำมัน ทำให้น้ำมันดังกล่าวแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง

ในการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ จำเป็นต้องหาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อทราบปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ต้องใช้ในกระบวนการผลิตนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันพืชนั้น จะใช้วิธีการไตเตรทน้ำมันด้วยเบสโดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ในทางปฏิบัติมักใช้ปริมาณของน้ำมันพืชใช้แล้ว ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ปริมาณน้ำมันพืช ปริมาตรของแอลกอฮอล์และความเข้มข้นของเบส ที่ใช้ในการไตเตรทหาปริมาณกรดไขมันอิสระ[9]

FFA range ,%	Grams of sample	mL of alcohol	strength of alkali
0.00 to 0.2	56.4 ±0.2	50	0.1 N
0.2 to 1.0	28.2 ±0.2	50	0.1 N
1.0 to 30.0	7.05 ±0.05	75	0.25N
30.0 to 50.0	7.05 ±0.05	100	0.25 N or 1.0 N
50.0 to 100	3.525 ±0.001	100	1.0 N

ค่ากรดไขมันอิสระ นิยมระบุในรูปของเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิสระในน้ำมัน ส่วนใหญ่จะคำนวณในรูปของกรดโอลีอิก แต่ในน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันปาล์มจะคำนวณในรูปของกรดไขมันประเภทลอริกและปาล์มเมติก ดังสมการ

(ก) *กรดไขมันอิสระในรูปของโอเลอิก, %* =

(ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ X N X 28.2) / น้ำหนักของน้ำมัน

(ข) *กรดไขมันอิสระในรูปของลอริค,%* =

(ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ X N X 20.0) / น้ำหนักของน้ำมัน

(ค) *กรดไขมันอิสระในรูปของปาล์มเมติก,%*=

(ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ X N X 25.0) / น้ำหนักของน้ำมัน

2.3สารเคมีที่ใช้ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

2.3.1 แอลกอฮอล์ เป็นสารที่แตกตัวให้หมู่อัลคิล (Alkyl group) เพื่อรวมตัวกับกรดไขมันเกิดเป็นเอสเทอร์ใหม่ ที่นิยม ได้แก่ เมทานอลให้หมู่เมทิล และเอทานอลให้หมู่เอทิล

2.3.2 ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ สารที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงให้กรดไขมันอิสระแตกตัวออกมาจากไตรกลีเซอไรด์และทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ ขณะเดียวกันหมู่ไฮดรอกซิลก็จะเข้าไปรวมตัวกับส่วนของกลีเซอริลในไตรกลีเซอไรด์ เป็นกลีเซอรอลโมเลกุล ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันที่นิยม ได้แก่ เบสแก่ เช่น NaOH หรือ KOH และ กรดแก่ เช่น HCl หรือ H_2SO_4

2.4กลีเซอรอล (Glycerol) [1]

เป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียงที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน บางครั้งเรียกว่า กลีเซอรีน(Glycerin, Glycerine) เป็นไตรไฮดรอกซีแอลกอฮอล์

ถูกค้นพบครั้งแรกในปี 1779 โดย Scheele [1] ซึ่งได้จากการต้มของผสมระหว่าง litharge และ olive oil แล้วแยกด้วยน้ำ ต่อมาในปี 1866 Chereul [1] ให้ชื่อว่า " glycerol"

หลังจากพบว่ากลีเซอรอลมีอยู่ในไขมันพืชและสัตว์ ในระยะแรกจึงผลิตจากน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ ในธรรมชาติอาจพบกลีเซอรอลได้ยากและมักอยู่ในรูปของกลีเซอไรด์เป็นส่วนใหญ่ การผลิตกลีเซอรอลจากน้ำมันพืชและสัตว์ ทำได้โดยใช้ปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชัน และเอสเตอริฟิเคชัน จนกระทั่งปี 1949 จึงเริ่มมีการผลิตกลีเซอรอลในเชิงการค้าโดยใช้โพรเพน (propane) เป็นวัตถุดิบ

2.5สมบัติของกลีเซอรอล

2.5.1. สมบัติทางฟิสิกส์ [1]

เป็นของเหลวใส หนืด มีรสหวาน ละลายได้ในน้ำและแอลกอฮอล์ ละลายได้เล็กน้อยใน diethyl ether , ethyl ester และ dioxane ไม่ละลายในไฮโดรคาร์บอน โดยปกติจะไม่ค่อยพบผลึกของกลีเซอรอลเนื่องจากเมื่อผสมน้ำมีจุดเยือกแข็งที่ต่ำมาก กลีเซอรอล 66% + น้ำ 33% มีจุดเยือกแข็ง เท่ากับ - 46^0 C ดังรูปที่ 2.1, 2.2 และ 2.3

2.5.2.สมบัติทางเคมี [1]

กลีเซอรอลเกิดปฏิกิริยาได้เหมือนแอลกอฮอล์ทั่วไป โดยที่คาร์บอนอะตอมนอกมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามากกว่าอะตอมกลาง

กลีเซอรอลถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายโดยที่คาร์บอนอะตอมนอกจะถูกออกซิไดซ์เกิดเป็นอัลดีไฮด์ ส่วนคาร์บอนอะตอมกลางเกิดเป็นหมู่คาร์บอนิล

ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาของกลีเซอรอลที่สำคัญในอุตสาหกรรม

1. กรดอินทรีย์และกรดอนินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน 1,2 และ 3 หมู่

2. มอนอกลีเซอไรด์และไดกลีเซอไรด์ของกรดไขมัน โดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์

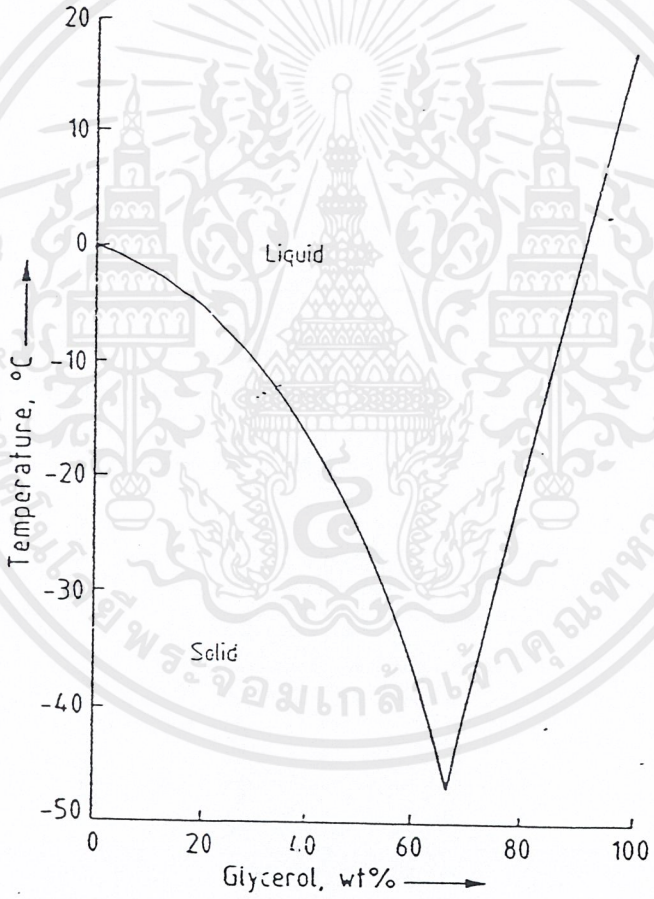
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อะลิฟาติกเอสเทอร์และอะโรมาติกเอสเทอร์ โดยทำปฏิกิริยากับสารอัลคิเลติ้งและสารเอซิเลติ้ง

4. พอลิกลีเซอรอลจากปฏิกิริยา intermolecular elimination of water โดยใช้ตัวเร่งเบส

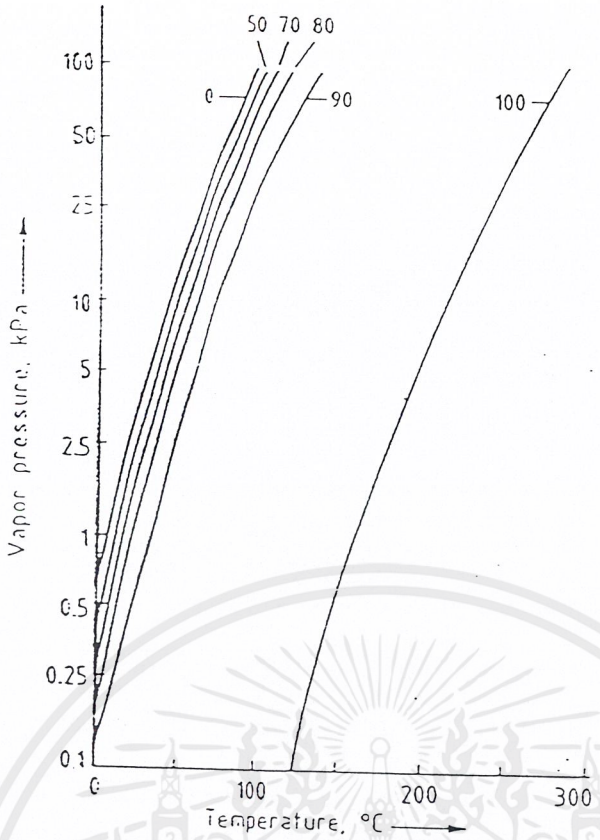
5. cyclic 1,2 หรือ 1,3 – acetal หรือ ketal โดยทำปฏิกิริยากับอัลดีไฮด์หรือคีโตน

6 มอนอกลีเซอไรด์และไดกลีเซอไรด์จากปฏิกิริยากับอัลคาไล หรือ metal alcoholates

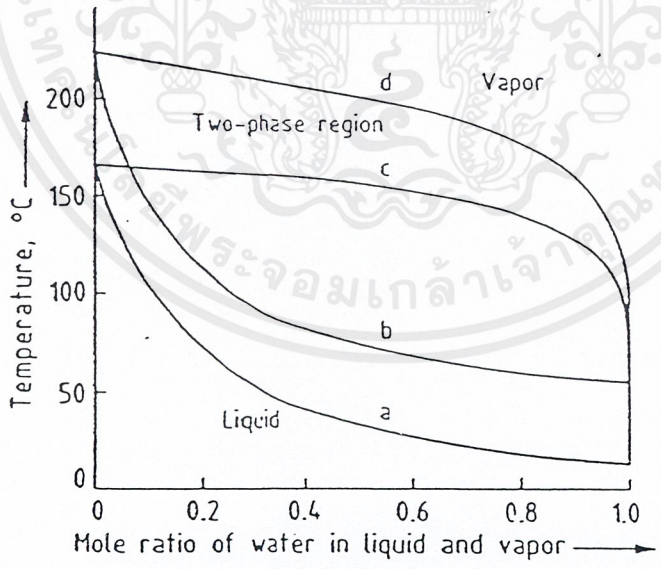


รูปที่ 2.1 *ความสัมพันธ์ระหว่างจุดเยือกแข็งกับเปอร์เซ็นกลีเซอรอลในสารละลาย* [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอที่อุณหภูมิต่างๆ ของสารละลายกลีเซอรอล (ที่% ต่างๆ) [1]



รูปที่ 2.3 สมดุลไอ – ของเหลว ของกลีเซอรอลกับน้ำ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 การศึกษาวิธีการแยกกลีเซอรอลออกจากของเสียจากกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ (โรงงาน)

ในกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพของโรงงานนั้น น้ำมันพืชใช้แล้วจะถูกนำมาทำปฏิกิริยากับเมทานอล โดยมีโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากปฏิกิริยาสมบูรณ์แล้ว และทิ้งให้แยกชั้นจะได้ของเหลว 3 ส่วน (ชั้น) คือ

- ชั้นบน เป็นน้ำมันดีเซลชีวภาพ
- ชั้นกลาง สันนิษฐานว่าเป็นอีมัลชัน (แอลกอฮอล์และน้ำมันดีเซลชีวภาพ)
- ชั้นล่าง เป็นของเสีย (กลีเซอรอล และสิ่งเจือปน) และเมทานอลที่เหลือจากปฏิกิริยา

3.1.1 **การทดลองตอนที่1** การทำให้ของผสมส่วนกลางแยกชั้นโดยใช้สารละลายชนิดต่างๆ

จุดประสงค์การทดลอง

1.เพื่อหาสารละลายที่สามารถทำให้ของผสมส่วนกลางแยกชั้นได้โดยสันนิษฐานในเบื้องต้นว่าของของผสมส่วนนี้น่าจะเป็นอีมัลชัน

2.เพิ่มปริมาณกลีเซอรอลที่สามารถแยกได้ด้วยการทำให้อิมัลชันแตกตัวและแยกชั้น

อุปกรณ์การทดลอง

-ขวดรูปชมพู่	250	มิลลิลิตร
-กระบอกตวง	100	มิลลิลิตร
-บีกเกอร์	400	มิลลิลิตร
-ปิเปต	250	มิลลิลิตร
-ขวดปริมาตร	250	มิลลิลิตร
-นาฬิกาจับเวลา		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมี

-ของผสมในชั้นกลาง(ได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ)

-แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)

-กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) 96%

-กรดเกลือ (HCl) 37%

วิธีการทดลอง

1.นำของผสมในชั้นกลาง ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ 3 ขวด ขวดละ 40 มิลลิลิตร

2.เติม $Ca(OH)_2$, H_2SO_4 และ HCl อย่างละ 20 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ทั้ง 3 ขวด อย่างละขวด

3.เขย่าจนกระทั่งสารละลายทั้ง 3 ขวดผสมกันดี วางทิ้งไว้แล้วจับเวลาจนกระทั่งสังเกตเห็นว่ามีการแยกเฟส

4.พิจารณาเฟสที่แยกออกจากกัน

3.1.2 **การทดลองตอนที่** 2 การแยกของผสมด้วยวิธีการกลั่นออกจากของผสมส่วนล่าง

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อแยกเมทานอลและกลีเซอรอลออกจากของผสมส่วนล่างโดยการแยกสิ่งเจือปนออกทีละส่วนคือแยกของแข็งออกก่อนโดยวิธีการกรองแล้วจึงนำสารละลายมากลั่นแยกเมทานอลและกลีเซอรอลออกมาในลำดับสุดท้าย

อุปกรณ์การทดลอง

-กระดาษกรอง

-ขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร

-กรวยบุชเนอร์

-ชุดคอนเดนเซอร์และอะแด็ปเตอร์

-ขวดก้นกลม

-เทอร์โมมิเตอร์

-ฮีตเตอร์

สารเคมี

-ของผสมในชั้นล่าง (ได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1.แยกของแข็งออกจากของผสมส่วนล่างโดยนำกระดาษกรองวางลงบนกรวยบุชเนอร์ ใช้น้ำเล็กน้อยเทของผสมในชั้นล่างลงบนกระดาษกรอง

2.นำสารละลายที่กรองแล้วมา 150 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดก้นกลม และใส่เศษกระเบื้องประมาณ 2-3 ชิ้นลงไปด้วย

3.เปิดฮีตเตอร์

4.บันทึกอุณหภูมิที่ทำให้ของเหลวควบแน่นตกลงมาเป็นหยดแรก

5.สังเกตและบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตลอดการทดลองและบันทึกอุณหภูมิสุดท้ายของการทดลอง

6.วัดปริมาตรของเมทานอลที่กลั่นได้

7.สังเกตลักษณะของเหลวที่ไม่สามารถกลั่นได้

8.ทำการทดลองเหมือนเดิมอีก 2 ครั้ง

3.2 การศึกษากระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันพืชใช้แล้ว

3.2.1 การทดลองตอนที่ 3 การศึกษากระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันพืชใช้แล้ว

จุดประสงค์การทดลอง

1. ศึกษากระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ

2 วิเคราะห์ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมที่ใช้ในปฏิกิริยา

3 วิเคราะห์ปริมาณน้ำมันดีเซลดีเซลชีวภาพที่ได้

อุปกรณ์การทดลอง

-ขวดก้นกลม 250 มิลลิลิตร

-เทอร์โมมิเตอร์

-ชุดอุปกรณ์รีฟลักซ์

-บิวเรต 250 มิลลิลิตร

-ปิเปต 100 มิลลิลิตร

-ขวดปริมาตร 100 มิลลิลิตร

-ขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร

-แท่งแก้วคนสาร

-กรวยแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-แท่งแม่เหล็ก

-ฮีตเตอร์และเครื่องกวนแบบแม่เหล็ก

สารเคมี

-น้ำมันพืชใช้แล้ว

-โซเดียมไฮดรอกไซด์

-เมทานอล

-เอทานอล

-ฟีนอล์ฟทาลีน

วิธีการทดลอง

1.วิเคราะห์หาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์โดยการไทเทรตหาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันพืชใช้แล้ว ตามขั้นตอนดังนี้

-นำน้ำมันมาประมาณ 14.1 กรัมผสมกับเอทานอล 50 มิลลิลิตร ใส่ฟีนอล์ฟธาลีน 2 มิลลิลิตร

-นำไปไทเทรตโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N

-บันทึกปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไป

-นำมาคำนวณหาปริมาณกรดไขมันอิสระและปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ในปฏิกิริยา

2.นำน้ำมันพืชใช้แล้วมา 200 มิลลิลิตร มาให้ความร้อนประมาณ 100 องศาเซลเซียส เพื่อระเหยน้ำออก

3.นำโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ได้จากการคำนวณมาละลายในเมทานอล 40 มิลลิลิตร ได้เป็นสารละลายโซเดียมเมธอกไซด์

4.นำน้ำมันพืชใช้แล้วและสารละลายโซเดียมเมธอกไซด์มาให้ความร้อนประมาณ 60 องศาเซลเซียส นำมาผสมกันพร้อมกับกวนและให้ความร้อน 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

5.นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ใส่ในกรวยแยก วางทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้น

6.แยกสารทั้งสองส่วนออกจากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 **การทดลองตอนที่ 4** การวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพ

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อหาคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพตามมาตรฐาน ASTM

อุปกรณ์

-กรวยแยก

-บีกเกอร์ 400 มิลลิลิตร

-Saybolt Viscometer

-นาฬิกาจับเวลา

-Water bath

-เทอร์โมมิเตอร์

-pH meter

สารเคมี

-น้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผลิตได้

-น้ำ

วิธีการทดลอง

1 นำน้ำมันพืชใช้แล้วและน้ำมันดีเซลชีวภาพที่เตรียมได้มาหาค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส วัด pH สังเกตสีและกลิ่น

2 ใส่น้ำลงน้ำมันดีเซลชีวภาพเขย่าและตั้งทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้น แยกน้ำมันดีเซลชีวภาพส่วนบนออกมา ทำซ้ำประมาณ 3-4 ครั้ง นำน้ำมันที่ได้ไปให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งลดความดันด้วยฟิลเตอร์ปั๊ม เพื่อกำจัดน้ำออก นำมาหาค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส วัดค่า pH สังเกตสีและกลิ่น

3 นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 1 และข้อ 2 มาเปรียบเทียบกัน

3.2.3 ***การทดลองตอนที่ 5*** การศึกษาวิธีการแยกกลีเซอรอลออกจากของผสมส่วนล่าง (จากการสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพ)

จุดประสงค์การทดลอง

1 หาวิธีการแยกกลีเซอรอลออกจากของผสมส่วนล่าง

2 ศึกษาวิธีการแยกกลีเซอรอลโดยใช้ ดินฟอกขาว (Bleaching clay) ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์

-ขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร

-แท่งแม่เหล็ก

-ฮีตเตอร์

-กระดาษกรอง

-กรวยแยก

-ปั๊ม

-บุชเนอร์

สารเคมี

-ดินฟอกขาว (bleaching clay)

-ถ่านกัมมันต์ (activated carbon)

-ของผสมส่วนล่าง

-น้ำ

วิธีการทดลอง

1 การแยกโดยใช้ดินฟอกขาว

1.1 นำดินฟอกขาวใส่ลงในคอลัมน์สูงประมาณ 10 เซนติเมตร ใส่ของผสมส่วนล่างลงไป 100 มิลลิลิตร ใช้ปั๊มช่วยในการกรอง วัดปริมาตรและสังเกตสารละลายที่กรองได้ นำไปให้ความร้อนสังเกตสารที่เหลือ

1.2 นำของผสมส่วนล่างที่ระเหยเมทานอลออกแล้วมาผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 ใส่ดินฟอกสีกวนและให้ความร้อน 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนแยกดินฟอกขาวออก สังเกตของผสมที่ได้

2 การแยกโดยใช้ถ่านกัมมันต์

นำของผสมส่วนล่างที่ระเหยเมทานอลออกแล้วมาผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 ใส่ถ่านกัมมันต์กวนและให้ความร้อน 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แยกถ่านกัมมันต์ออก สังเกตของผสมที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1.ผลการทดลองตอนที่ 1

ตารางที่4.1 เวลาที่ทำให้เกิดการแยกชั้นในของผสมส่วนกลางโดยใช้สารละลายชนิดต่างๆกัน

สารละลายที่ใช้	$Ca(OH)_2$	H_2SO_4	HCl
เวลาที่ทำให้เกิดการแยกชั้น(นาที)	10	20	30

ลักษณะของของผสมส่วนกลางเมื่อเติมสารละลายชนิดต่างๆลงไป ดังนี้

1.สารละลายที่ใช้เป็น $Ca(OH)_2$ จะสังเกตเห็นว่าสารละลายแยกชั้นออกมาทั้งหมดในปริมาณเท่าเดิมไม่มีการทำปฏิกิริยากับของผสมส่วนกลาง

2.สารละลายที่ใช้เป็น H_2SO_4 เหมือนกับข้อ1

3.สารละลายที่ใช้เป็น HCl เหมือนกับข้อ1

4.2.ผลการทดลองตอนที่ 2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณเมธานอลที่ควบแน่นได้ในช่วงอุณหภูมิที่ได้จากการทดลอง

จำนวนครั้ง	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
ช่วงอุณหภูมิในการควบแน่น($^{\circ}C$)	65-72	65 – 72	65 - 72	65 - 72
ปริมาณเมธานอล(ml)	67	65	68	67

ลักษณะของของเหลวที่เหลือจากการกลั่น

1.เริ่มต้นจะเห็นว่าของเหลวมีความหนืดมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที มีฟิล์มบางๆเกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของของเหลวเหนียวหนืดข้นมากจนติดกับภาชนะที่บรรจุ

3.เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที กลายเป็นของแข็งมีลักษณะนิ่มๆและร่วนๆไม่เกาะติดกับภาชนะบรรจุ

4.3 ผลการทดลองตอนที่ 3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรทหาปริมาณกรดไขมันอิสระ

ครั้งที่	ปริมาณเอธานอล (มล.)	น้ำหนักน้ำมัน (กรัม)	ปริมาณ NaOH (มล.)	%FFA	ปริมาณNaOHที่ใช้ในการไตเตรท (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณNaOHที่ใช้ในปฏิกิริยา (กรัมต่อลิตร)
1	50	11.08	12.0	3.05	3.92	7.42
2	50	11.11	12.1	3.07	3.94	7.44
3	50	14.13	11.7	2.33	2.10	5.60
4	50	14.18	11.5	2.29	2.94	6.44
5	50	14.14	11.7	2.30	2.10	5.60
			เฉลี่ย	2.60	3.00	6.50

ตัวอย่างการคำนวณ

% FFA = (ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ X N X 28.2) / น้ำหนักของน้ำมัน

= (12.0 X 0.1X28.2)/11.08 =3.05%

จากสูตร

$$M_{NaOH} = \frac{40xCVD}{M_{Oil}}$$

น้ำหนักของNaOHต่อ1หน่วยปริมาตรของน้ำมัน

โดย M_{NaOH} = น้ำหนักของNaOHต่อ1หน่วยปริมาตรของน้ำมัน (กรัม)

M_{Oil} = น้ำหนักของน้ำมันพืช (กรัม)

C = ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH (นอร์มอล)

V = ปริมาตรของสารละลายNaOH (มิลลิลิตร)

D = ความหนาแน่นของน้ำมันพืช (0.905 g/cm^{3}ที่ 28° C)

ปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท = 40 x 0.1 x 12 x 0.905/11.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45693

= 3.92 กรัมต่อน้ำมัน 1 ลิตร

ปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ในปฏิกิริยา =3.5+3.92 = 7.42 กรัมต่อน้ำมัน 1 ลิตร

ตารางที่ 4.4 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ

ครั้งที่	น้ำมันดีเซลชีวภาพ (มล.)	ของผสมส่วนล่าง (มล.)
1	198	30
2	196	31
3	197	31
4	190	32
5	193	32
เฉลี่ย	194.8	31.2

4.4 ผลการทดลองตอนที่ 4

ตารางที่ 4.5 ค่าความหนืด ค่า pH ของน้ำมันดีเซลชีวภาพ

ครั้งที่	น้ำมันใช้แล้ว		น้ำมันดีเซลชีวภาพ			น้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผ่านการล้างด้วยน้ำ		
	เวลา (วินาที)	ความหนืด (cSt)	เวลา (วินาที)	ความหนืด (cSt)	pH	เวลา (วินาที)	ความหนืด (cSt)	pH
1	145.95	31.18	49.81	7.34	9.8	48.88	7.05	6.5
2	204.47	44.32	50.78	7.63	10.2	48.22	6.85	6.9
3	176.14	37.98	50.10	7.43	10.2	46.84	6.42	6.7
เฉลี่ย	175.52	37.83	50.23	7.47	10.0	47.98	6.77	6.7

ลักษณะของสีและกลิ่นของน้ำมันดีเซลชีวภาพ

มีสีส้มอมเหลืองใสและมีกลิ่นคล้ายน้ำมันพืชไม่มีกลิ่นเหม็นหืน

4.5 ผลการทดลองตอนที่ 5

4.5.1 ผลการทดลองจากการแยกกลีเซอรอลโดยกรองผ่านดินฟอกขาวในคอลัมน์คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของของเหลวที่กรองผ่านดินฟอกขาวจะแยกออกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นของเหลวสีน้ำตาลไหม้ ชั้นล่างเป็นสีเหลืองนวลใสไม่หนืดเหมือนของเหลวก่อนผ่านดินฟอกขาว

4.5.2 ผลการทดลองจากการนำของเหลวที่ผ่านดินฟอกขาวมาระเหย ปรากฏว่าที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียสของเหลวระเหยกลายเป็นไอจนหมด

ตารางที่ 4.6 เวลาและปริมาณของของเหลวที่กรองผ่านดินฟอกขาว

ครั้งที่	เวลา(ชั่วโมง)	ปริมาณของของเหลวที่กรองได้ (มิลลิลิตร)
1	2.40	10
2	3.20	12
3	3.18	13
เฉลี่ย	3.10	11.67

4.5.3 ผลการทดลองจากการนำของผสมส่วนล่างกวนผสมกับดินฟอกขาว คือ ของผสมส่วนล่างมีสีและกลิ่นเหมือนเดิม

4.5.4 ผลการทดลองจากการนำของผสมส่วนล่างกวนผสมกับถ่านกัมมันต์ คือ ของผสมส่วนล่างใสขึ้นและมีกลิ่นเหม็นหืนลดน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 ตอนที่1

5.1.1 สรุปผลการทดลองตอนที่ 1

สารละลาย $Ca(OH)_2$, H_2SO_4 และ HCl ทั้ง 3 ชนิดไม่มีปฏิกิริยาใดๆและไม่ทำให้ของผสมส่วนกลางเกิดการแยกชั้นได้เพราะจากการสังเกตจะเห็นว่ามีการแยกชั้นระหว่างสารละลายกับของผสมส่วนกลาง

5.1.2 วิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 1

จากสมมติฐานในเบื้องต้นที่ว่าของผสมส่วนกลางน่าจะเป็นสารละลายอิมัลชันนั้นอาจไม่ถูกต้องเพราะจากการทดลองจะเห็นว่าสารละลายทั้ง 3 ชนิดไม่มีผลทำให้ของผสมส่วนกลางเกิดการแยกชั้น ดังนั้นจึงตั้งสมมติฐานว่าของผสมนี้อาจจะเป็นน้ำมันพืชใช้แล้วหรือไตรกลีเซอไรด์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา จึงได้ทำการทดลองเพิ่มเติมดังนี้

1.นำของผสมส่วนกลางนี้มาวัดค่าความหนืดโดยใช้เครื่องวัดความหนืดปรากฏว่าได้ค่าความหนืด ซึ่งอยู่ในช่วงค่าความหนืดของไตรกลีเซอไรด์

2.นำของผสมส่วนกลางนี้มาทำปฏิกิริยาอีกครั้งกับเมทานอลโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาตามขั้นตอนในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอร์ริฟิเคชันที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ปรากฏว่าได้เมทิลเอสเตอร์และกลีเซอรอล

จึงสรุปได้ว่าของผสมส่วนกลางนี้เป็นไตรกลีไรด์ที่ไม่ทำปฏิกิริยา ดังนั้นในการทำน้ำมันดีเซลชีวภาพ เราสามารถนำของผสมส่วนกลางนี้มาทำปฏิกิริยาใหม่เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันดีเซลชีวภาพให้กับกระบวนการผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ตอนที่2

5.2.1 สรุปผลการทดลองตอนที่ 2

1.ของผสมส่วนล่างมีปริมาณเมทานอลโดยเฉลี่ยเป็น 67 มิลลิลิตรในของผสมปริมาณ 150 มิลลิลิตร ซึ่งคิดเป็น 44.67% โดยปริมาตร

2.สารที่เหลือจากการระเหยเมทานอลออกเมื่อวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาประมาณ 20 นาที พบว่าของเหลวได้กลายเป็นของแข็ง

5.2.2 วิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 2

1.จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าของผสมในส่วนล่างนี้มีกลีเซอรอลและเมทานอลผสมอยู่กับสิ่งเจือปนซึ่งมีปริมาณมาก เพราะโดยปกติแล้วกลีเซอรอลจะมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง แต่เมื่ออยู่ในของผสมอาจทำปฏิกิริยากับสารอื่นที่เป็นสิ่งเจือปนจึงทำให้การแยกกลีเซอรอลออกมาได้ยากไม่สามารถทำได้ในระดับนี้

2.เมทานอลที่ได้จากการกลั่นได้เป็นเมทานอลที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา สามารถนำกลับมาใช้ทำปฏิกิริยาใหม่ได้

5.3 ตอนที่3

5.3.1 สรุปผลการทดลองตอนที่ 3

1.จากการวิเคราะห์หากรดไขมันอิสระในน้ำมันพืชใช้แล้วโดยการไตเตรท พบว่าน้ำมันใช้แล้ว มีปริมาณกรดไขมันอิสระประมาณ 2.60 % และพบว่าปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมเป็น 6.5กรัมต่อน้ำมันพืชใช้แล้ว 1 ลิตร

2.จากการทำปฏิกิริยาทรานร์เอสเทอร์ริฟิเคชันตามขั้นตอนการทดลองข้างต้นพบว่าเมื่อใช้น้ำมันพืชใช้แล้ว 200 มิลลิลิตร จะได้น้ำมันดีเซลชีวภาพ 195 มิลลิลิตร และของผสมส่วนล่าง 31 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 วิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 3

1.ในน้ำมันพืชใช้แล้วจะมีปริมาณกรดไขมันอิสระมากกว่าน้ำมันพืชที่ยังไม่ได้ใช้ ดังนั้นในการนำน้ำมันพืชใช้แล้วมาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่นจึงต้องใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์มากกว่าน้ำมันพืชธรรมดา ซึ่งสามารถหาได้จากการไตเตรทเพื่อหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสม

2.การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพตามเงื่อนไขในการทดลองข้างต้นเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสม เนื่องจากน้ำมันพืชใช้แล้ว 200 มิลลิลิตร สามารถผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพได้ 195 มิลลิลิตร คิดเป็น 81.17 %yield

5.4 ตอนที่4

5.4.1 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4

1.น้ำมันดีเซลชีวภาพที่ไม่ผ่านการล้างด้วยน้ำมีค่าความหนืดเท่ากับ 7.47 cSt และค่า pH เท่ากับ 10.0 และน้ำมันมีสีส้มอมเหลือง ใส กลิ่นคล้ายน้ำมันพืช ไม่เหม็นหืน

2. น้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผ่านการล้างด้วยน้ำ มีค่าความหนืดเท่ากับ 6.77 cSt และค่า pH เท่ากับ 6.7 และน้ำมันที่ได้จะมีสีและกลิ่นอ่อนลงจากช่วงก่อนล้างด้วยน้ำ

5.4.2วิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 4

1. การล้างน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยน้ำจะช่วยทำให้สมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพดีขึ้น คือ มีค่าความหนืดน้อยลง ค่า pH สีและกลิ่นดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ไม่ได้ผ่านการล้างด้วยน้ำ

2. เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนืดของน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผลิตได้ กับ ค่าความหนืดของน้ำมันดีเซลชีวภาพตามมาตรฐาน ASTM พบว่าค่าความหนืดของน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผลิตได้ มีค่าอยู่ในช่วงความหนืดมาตรฐานของน้ำมันดีเซลชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 ตอนที่5

5.5.1สรุปผลการทดลองตอนที่ 5

1.การแยกกลีเซอรอลโดยผ่านของผสมส่วนล่าง100 มิลลิลิตรลงใน pack column ของดินฟอกขาว สูง 10 เซนติเมตร พบว่าจะได้ของเหลวที่ได้จากการกรอง 11.67 มิลลิลิตร และเมื่อนำของดังกล่าวมาระเหยพบว่าของเหลวนั้นระเหยไปทั้งหมดที่อุณหภูมิในช่วง 70-80 °C

2.การแยกกลีเซอรอลโดยใช้ดินฟอกขาวลงไปปั่นกวนกับของผสมส่วนล่างพบว่าได้สารละลายที่มีสีและกลิ่นไม่เปลียนแปลง

3.การแยกกลีเซอรอลโดยใช้ถ่านกัมมันต์ลงไปปั่นกวนกับของผสมส่วนล่างพบว่าได้สารละลายที่มีสีอ่อนลงและกลิ่นเหม็นหืนลดลง

5.5.2วิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 5

1.การผ่านกลีเซอรอลในคอลัมน์ที่มีดินฟอกขาวบรรจุอยู่ นั้นเป็นวิธีที่ต้องใช้เวลานานมาก และกลีเซอรอลอาจจะติดอยู่ที่ดินฟอกขาว ส่วนของเหลวที่ผ่านการกรองอาจจะเป็นส่วนผสมของเมทานอลกับสารอื่น ดังนั้นวิธีการนี้จึงเป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสมทางการค้า

2.เนื่องจากยังไม่ได้ทำการศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการดูดซับสิ่งปนเปื้อนในของผสมส่วนล่างของดินฟอกขาว ทำให้การทดลองการแยกกลีเซอรอลโดยใช้ดินฟอกขาวลงไปปั่นกวนกับของผสมส่วนล่าง ได้สารละลายที่มีสีและกลิ่นไม่เปลี่ยนแปลง

3. การใช้ถ่านกัมมันต์ ลงไปปั่นกวนกับของผสมส่วนล่างพบว่าได้สารละลายที่มีสีอ่อนลงและกลิ่นเหม็นหืนลดลง ดังนั้นถ่านกัมมันต์ จึงเป็นสารที่เหมาะสมในการใช้ดูดสีและกลิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1.อนวัช ดุรงค์ภินันท์ *กลีเซอรอล* รายงานประกอบการเรียนวิชา Selected Topic in Petrochemical Engineering 2544

2.สุนันทา วิบูลย์จันทร์ *เคมีอินทรีย์* โครงการเอกสารวิชาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ครั้งที่ 3 2539

3.สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย *จดหมายข่าว วท.* ฉบับที่ 6 ปีที่ 4 มิถุนายน 2544

4.สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.337-2538 กลีเซอรีนบริสุทธิ์

5.ประเสริฐ เทียนนิมิตร ขวัญชัย สินทรัพย์สมบูรณ์ ปานเพชร ชินินทร เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) 2533

6. วัชระ ลอยสมุทร อุฬารวิศว์ ครองยุทธและสุรชัย ฝั้นแก้ว การปรับปรุงน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล *RSU JET* ฉบับที่3 หน้า 34-37 2542

7.Joshua Tickell,*From the Fryer to the Fuel Tank*,Third Edition,Tickell Energy Consulting (TEC),2000.

8.A.W.Schwab,M.O.Bagby ,and B.Freedman,*Preparation and properties of diesel fuels from vegetable oils,Fuel*,vol 66,p1372-1378,October 1987.

9.A.O.C.S. Official Method Ca 5a-40, Sampling And Analysis of Commercial ,Fats and Oils, Free Fatty Acid.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวบไซต์อ้างอิง

Journey to forever Home Page. http://www.journeytoforever.org (กรกฎาคม/2544).

Merck Home Page. http://www.merck.com (สิงหาคม/ 2544).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

มาตรฐาน ASTM ของน้ำมันดีเซลชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASTM STANDARDS FOR BIODIESEL

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS STANDS FOR BIODIESEL			
TEST PROPERTY	ASTM TEST METHOD	ACCEPTABLE VALUE	UNIT OF MEASURE
Specific Gravity	D1298	0.86-0.90	g/cm3 at 15" C
Gross Heating Value	D2382	17.65 min	btu/lb
Cloud Point	D2500	Report to customer	degrees Fahrenheit
Pour Point	D97	28 max.	degrees Fahrenheit
Flash Point	D93	100 min.	degrees Celsius
Kinematic Viscosity at 40"C	D445	1.9-6.0	mm2/sec
Water & Sediment	D2709	0.05 max.	% vol
Copper Strip Corrosion	D130	No. 3b max.	degree of corrosion
Sulphur	D2622	0.05 max.	% mass
Carbon Residue	D4530	0.05 max.	% mass
Cetane Number	D613	40 min.	
Sulfated Ash	D482	0.02 max.	% mass
Neutralization/Acid Number	D664	0.80 max.	mg/g
Methanol	Gas Chromatography	0.20 max.	% mass
Free Glycerin	Gas Chromatography	0.02 max.	% mass
Total Glycerin	Gas Chromatography	0.24 max.	% mass
Oil Ester	Gas Chromatography	97.50 min.	% mass

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลด้านความปลอดภัยของน้ำมันดีเซลชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

SECTION I PRODUCT IDENTIFICATION

Common Name :	Biodiesel
Chemical Name :	Fatty Acid Methyl Ester
Formula :	C14-C24 Methyl ester
Chemical Family :	CAS No: 67784-80-9

SECTION II IN INGREDIENTS AND HAZARDOUS CLASSIFICATION

Typical Composition:	Alkyl C14-C24 Methyl Esters
Percent :	99
OSHA ACGIH PEL/TLV:	none/none
Hazard :	NONE
Sara Hazard :	NONE. This product contains no hazardous materials.
	SARA Title III Section 313 : Not Listed

SECTION III PHYSICAL/CHEMICAL CHARACTERISTICS

Boiling Point :	>400°C
Vapor Pressure (mm Hg) :	<5 mm Hg @ 72°F
Specific Gravity(H_2O=1) :	0.87 @ 25°C
Melting Point :	-1°C
Evaporation Rate :	less than .005 versus (Butyl Acetate = 1)
Solubility in water:	insoluble
Appearance and Odor:	Light to dark yellow Clear Liquid/Light musty odor

SECTION IV FIRE AND EXPLOSION HAZARD DATA

Flash Point (Method Used):		321°F PMCC
Flammable Limits:		N/A
HMIS Rating	HEALTH:	0
	FIRE :	1
	REACTIVITY:	0
Extinguishing Media:		Use water spray, dry chemical, foam or carbon dioxide
Special Fire Fighting Procedure:		Treat as Oil fire
Unusual Fire and Explosion Hazard:		Rags soaked with any solvent present a fire hazard and should be stored in an approved UL listed covered container

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SECTION V REACTIVITY DATA

Reactivity :	Stable
Containers to Avoid:	None Know
Incompatibility	
(Materials to Avoid):	Strong Oxidizing agents
Hazardous Decomposition or	
Byproducts :	Carbon monoxide , Carbon dioxide
Hazardous Polymerization:	Will Not Occur

SECTION VI HEALTH HAZARD DATA

Inhalation :	No know problems
Skin Contact :	Not classified as a skin irritant or corrosive material
Eye Contact :	Not classified as eye irritants
Ingestion :	LD50>2000 mg/kg (rat)
Carcinogenicity :	NTP: No, IARC: No, OSHA: No

Emergency and First Aid Procedure:

Ingestion :	Rinse mouth with water , contact physician
Eyes :	Rinse with water 15 min., contact physician
Skin :	Rinse with water and soap

SECTION VII PRECAUTIONS FOR SAFE HANDLING AND USE

Steps to be taken in case	
Material is released or spilled:	Avoid uncontrolled releases. Contain spilled material. Transfer to secure containers. Use absorbent media if necessary
Disposal :	Dispose of according to federal , state and/or local regulation
Precaution To Be Taken in	
Handling and Store :	Avoid open flames
Other Precaution:	None

SECTION VIII CONTROL MEASURES

Respiration Protection:	None required
Ventilation :	Mechanical
Protective Gloves:	Rubber
Eye Protection :	Safety Glasses/splash goggles
Other Protective Clothing or	
Equipment :	None required

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Work/Hygienic Practices:	Use general hygienic work procedure

Transportation

DOT Code :	N/A
DOT Shipping Name:	fatty acid ester
Other Regulatory:	Listed in TSCA inventory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

มาตรฐานผลิตภัณฑ์กลีเซอรีนบริสุทธิ์

มอก.337-2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกลีเซอรอลบริสุทธิ์
(มอก.337-2538)

ค-1 บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีดังต่อไปนี้

ค-1.1กลีเซอรีน หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กลีเซอรอล หมายถึง สารจำพวกโพลิไฮดริกแอลกอฮอล์ ที่มีสูตรเคมี $HOCH_2CHOHCH_2OH$ ที่มีชื่อทางเคมีว่า 1,2,3-โพรเพนไตรออล

ค-1.2กลีเซอรีนบริสุทธิ์ หมายถึง กลีเซอรอลผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์ จนมีคุณลักษณะเหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมยา อาหาร บุหรี่ วัตถุระเบิด และอุตสาหกรรมอื่นๆ

ค-2 ชั้นคุณภาพ

กลีเซอรอลบริสุทธิ์ แบ่งออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ คือ

ค-2.1 ชั้นคุณภาพเคมี(Chemical grade)

ค-2.2 ชั้นคุณภาพไดนาไมต์(Dynamite grade)

ค-2.3 ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม(Technical grade)

ค-2.4 ชั้นคุณภาพยา(Pharmaceutical grade)

ค-3 คุณลักษณะที่ต้องการ

ค-3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นของเหลวข้น และปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

ค-3.2 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี

ต้องเป็นไปตามตารางดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด				วิธีทดสอบตาม
		ชั้นคุณภาพเคมี	ชั้นคุณภาพไดนาไมต์	ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม	ชั้นคุณภาพยา	
1	ค่าของสีจากโลวิบอนด์สเกลในเซลล์ขนาด 11.3 มิลลิลิตร ไม่เกิน	-	(5.0Y + 1.2R)	(5.0Y+1.2R)	(5.0Y+1.2R)	BS 2621-5
2	กลิ่น	ต้องไม่มีกลิ่นแปลกปลอม	ต้องไม่มีกลิ่นแปลกปลอม	ต้องไม่มีกลิ่นแปลกปลอม	ต้องไม่มีกลิ่นแปลกปลอม	BS 5711:Part 19
3	กลีเซอรอล ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	99.0	99.0	99.0	95.0	BS 5711:Part 13 ISO 2099
4	ความหนาแน่นสัมพัทธ์ -ที่ 20/ 20 องศาเซลเซียส	1.261 - 1.264	1.261-1.264	1.261-1.264	-	
	-ที่ 25/25 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า	-	-	-	1.249	
5	ความเป็นด่างหรือความเป็นกรด มิลลิอิควิเวเลนต์ต่อ 100กรัม ไม่เกิน	0.064	0.32	0.32	-	BS 5711: Part 5

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด				วิธีทดสอบ
		ชั้นคุณภาพเคมี	ชั้นคุณภาพไดนาไมต์	ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม	ชั้นคุณภาพยา	
6	เถ้าซัลเฟต มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	0.010	0.010	0.010	0.01	ISO 1616
7	สารหนู มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	2.0	-	-	1.5	มอก. 1281
8	ตะกั่ว มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	1.0	-	-	-	BS 2621-5
9	โลหะหนักทั้งหมด (เทียบเป็นตะกั่ว) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	5.0	-	-	5	BS 5711 :part 15
10	คลอไรด์ ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	-	0.010	0.010	0.001	BS 5711: part 12
11	ขีดจำกัดปริมาณคลอไรด์ (chloride limit)	สารละลายที่ได้ต้องไม่ขุ่น	-	-	-	BS 5711 :part 13
12	ขีดจำกัดปริมาณคลอไรด์อินทรีย์	สารละลายที่ได้ต้องไม่ขุ่นกว่าสารละลายควบคุม	-	-	-	BS5711 : part 14
13	สารประกอบคลอรีน(คำนวณเป็นคลอไรด์)ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	-	-	-	0.003	USP
14	เหล็ก มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	-	-	2.0	-	BS 5711 : part 1

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด				วิธีทดสอบ
		ชั้นคุณภาพเคมี	ชั้นคุณภาพไดนาไมต์	ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม	ชั้นคุณภาพยา	
15	ซัลเฟต ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	-	-	-	0.002	USP
16	น้ำตาล	ต้องไม่พบ	-	-	-	BS 5711 : part 18
17	ขีดจำกัดปริมาณสารรีดิวซ์	สีของสารละลายต้องไม่เข้มกว่าสีของสารละลายมาตรฐาน	สีของสารละลายต้องไม่เข้มกว่าสีของสารละลายมาตรฐาน	-	-	BS 5711 : part 20
18	สะพอนิฟิเคชันอิควิเวเลนต์ มิลลิอิควิเวเลนต์ต่อ 100 กรัม ไม่เกิน	0.64	0.64	-	-	BS 5711 : part 21
19	กรดไขมันและเอสเตอร์	-	-	-	ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ไม่เกิน 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร	USP

ภาคผนวก ง

ข้อมูลด้านความปลอดภัยของกลีเซอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GLYCEROL

MSDS Number : G4774----Effective Date : 02/25/99

1. Product Identification

Synonyms:1,2,3 – propanetriol ; glycerin ; glycol alcohol ; glycerol ; anhydrous

CAS No.: 56-81-5

Molecular Weight: 92.09

Chemical Formular : $C_3H_5(OH)_3$

Product Codea:

J.T. Baker: 2135,2136,2140,2142,2143,4043,M778

Mallinckrodt: 0564,5092,5100

2. Composition/Information on Ingredients

Ingredient	CAS No	Percent	Hazardous
Glycerin	56-81-5	90-100%	yes

3. Hazards Identification

Emergency Overview

CAUTION! MAY CAUSE IRRITATION TO SKIN, EYES,AND RESPIRATORY TRACT.MAY AFFECT KIDEYE.

J.T. Baker SAF-T-DATA(TM) Ratings (Provided here for your convenience)

Health Rating: 1 – Slight

Flammability Rating: 1- Slight

Reactivity Rating: 0 - None

Contact Rating: 1 – Slight

Lab Protective Equip: GOGGLES; LAB COAT

Storage Color Code: Orange (General storage)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Potential Health Effects

Inhalation:

Due to the low vapor pressure, inhalation of the vapors at the room temperature is unlikely. Inhalation of mist may cause irritation of respitory tract.

Ingestion:

Low toxicity. May cause nausea, headache, diarrhea.

Skin Contact:

May cause irritation.

Eye Contact:

May cause irritation.

Chronic Exposure:

May cause kidney injury.

Aggravation of Pre-existing Condition:

Persons with pre-exiting skin disorder or eye problems or impaired Liver or kidney function may be more susceptable to the effects of The substance.

4. First Aid Measures

Inhalation:

Remove to fresh air. Get medical attention for any breathing difficulty.

Ingestion:

Induce vomiting immediately as directed by medical personel. Never give anything by mouth to an unconscious person. Get medical attention.

5. Fire Fighting Measures

Fire:

Flash point: 199°C(390°F)CC

Autoignition temperature: 370°C(698°F)

Slight fire hazard when exposed to heat or flame.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Explosion:

Above flash point, vapor-air mixtures are explosive within flammable limits noted above.

Fire Extinguishing Media:

Use any means suitable for extinguishing surrounding fire. Water spray may be used to extinguishing surrounding fire. Water spray may be used to extinguish surrounding fire and cool exposed containers. Water spray will also reduce fame and irritant gases.

Special Information:

In the event of a fire, wear full protective clothing and NIOSH-approved self-contained breathing apparatus with full facepiece operated in the pressure demand or other positive pressure mode.

6.Accidental Release Measures

Ventilate area of leak or spill. Wear appropriate personal protective equipment as specified in Section 8.Contain and recover liquid when possible. Collect liquid in an appropriate contain or absorb with an inert material (e.g., vermiculite ,dry sand, earth),and place in a chemical waste contain. Do not use combustible materials, such as saw dust. Do not flush to sewer!

7.Handling and Storage

Keep in a tightly closed container, stored in a cool, dry, ventilated area. Protect against physical damage. Isolate from incompatible substances. Containers of this material may be hazardous when empty since they retain product residues(vapors ,liquid);observe all warnings and precautions listed for the product.

8.Exposure Controls/personal Protection

Airborne Exposure Limits:

For Glycerin Mist:

-OSHA permissible Exposure Limit(PEL):

Total Dust:15 mg/m^3(TWA);

Respirable Fraction:5 mg/m^3(TWA).

-ACGIH Threshold Limit Value(TLV):

10mg/m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ventilation System:

A system of local and/or general exhaust is recommended to keep employee exposures below the Airborne Exposure Limits. Local exhaust ventilation is generally preferred because it can control the emissions of the contaminant at its source ,preventing dispersion of it into the general work area. Please refer to the ACGIH document ,*Industrial Ventilation ,A manual of Recommended Practices* ,most recent edition ,for details.

Personal Respirators (NIOSH Approved):

If the exposure limit is exceeded and engineering controls are not feasible ,a half facepiece particulate respirator (NIOSH type P95 or R95 filters) may be worn for up to ten times the exposure limit or the maximum use concentration specified by the appropriate regulatory agency or respirator supplier , whichever is lowest... A full – facepiece particulate respirator (NIOSH type P100 or R100 filters) may be worn up to 50 times the exposure limit, or the maximum use concentration specified by the appropriate regulatory agency , or respirator supplier , whichever is lowest. Please instances where the exposure levels are not known, use a full – facepiece positive – workers in oxygen – deficient atmospheres.

Skin Protection:

Wear protective gloves and clean body – covering clothing.

Eye protection:

Use chemical safety goggles. Maintain eye wash fountain and quick – drench facilities in work area.

9. Physical and Chemical Properties

Appearance:

Clear oily liquid

Odor:

Odorless.

Solubility:

Miscible in water.

Specific Gravity:

1.26 @ 20C/4C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

pH:

(neutral to litmus)

% Volatiles by volume @ 21C(70F):

0

Boiling Point:

290C (554F)

Melting Point:

18C (64F)

Vapor Density (Air = 1) :

3.17

Vapor Pressure(mm Hg):

0.0025 @ 50C (122F)

Evaporation rate (BuAc = 1):

No information found.

10. Stability and Reactivity

Stability:

Stable under ordinary condition of use and storage.

Hazardous Decomposition Products:

Toxic gases and vapors may be released if involved in a fire.

Glycerin decomposes upon heating above 290C , forming corrosive gas.

Hazardous Polymerrization:

Will not occur.

Incompatibilities:

Strong oxidizers. Can react violently with acetic anhydride, calcium oxychloride, chromium oxides and alkali metal hydrides.

Conditions to Avoid:

Heat, flames, ignition sources and incompatibles.

11.Toxicological Information

Oral rat LD50: 12,600 mg/kg. Investigated as a mutagen , reproductive effector.

----------/Cancer Lists/----------

-------NTP Carcinogen----------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ingredient	Know	Anticipated	IARC Category
glycerol (56-81-5)	No	No	None

12.Ecological Information

Environmental Fate:

When released into the soil, this material is expected to readily biodegrade. When released into the soil, this material is not expected to evaporate significantly. When released into water, this material is expected to readily biodegrade. This material is not expected to significantly bioaccumulate. When released into the air, this material radicals. When released into the air, this material may be removed from the atmosphere to a moderate extent by wet deposition.

Environmental Toxicity:

This material is not expected to be toxic to aquatic life.

13.Disposal Considerations

Whatever can not be saved for recovery or recycling should be managed in an appropriate and approved waste disposal facility. Processing, use or contamination of this product may change the waste management options. State and local disposal regulations may differ from federal disposal regulations . Dispose of container and unused contents in accordance with federal, state and local requirements.

14.Transport Information

Not regulated.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ข้อมูลทางเทคนิคของ Bleaching Clay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TECHNICAL INFORMATION

TONSIL SUPREME 135 FF

Bleaching Earth

Loose bulk density	g/l	470
Free moisture (h2.,110 °C)	%max.	15
Loss on Ignition (1000°C,1hr)	%max.	8
pH (10% suspension)	-	2-3
Acid content	%max.	0.5
Surface area	square m./g	340
Screen analysis,<53 micron	%	78

Chemical Analysis

SiO_2	75%
Al_2O_3	9.6%
Fe_2O_3	3.4%
MgO	1.7%
CaO	0.31%
Na_2O	0.10%
K_2O	0.72%
Loss on Ignition	7.4%
Total	98.23%

Further Information and technical advice

All data mention in this leaflet are typical for this product and base on average values ex-works. Certain deviations can appear duet the processing of natural clays as a raw material. In no case are these values to be regarded as specification

On request, certificate of analysis for specifies values of single properties .It desired, our technical service department will readily provide further support.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การหาค่าความหนืดของน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าความหนืดของน้ำมัน

มีวิธีการหาค่าความหนืดได้ถึง 5 วิธี คือ

1.แบบเซย์โบลต์ยูนิเวอร์แซล

2.แบบเซย์โบลต์ฟูรอล

3.แบบเรดวูด No.1

4.แบบเรดวูด No.2

5.แบบอิงค์เลอร์หรือแบบเยอรมัน

สำหรับวิธีที่ 1และวิธีที่ 2นิยมใช้ในสหรัฐอเมริกา วิธีที่3 และวิธีที่ 4ใช้ในสหราชอาณาจักร และวิธีที่ 5ใช้ในเยอรมันนีและบางประเทศในยุโรป

1.มาตรวัดความหนืดแบบเซย์โบลต์ยูนิเวอร์แซล ใช้วัดความหนืดของน้ำมันโดยจับเวลาจากการไหลเป็นวินาทีของน้ำมัน 60 ลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความหนืดที่ได้มีหน่วยเป็นวินาทีเซย์โบลต์ (Saybolt Universal Seconds,SUS) เครื่องมือนี้ไม่เหมาะกับน้ำมันซึ่งมีเวลาการไหลต่ำกว่า32 วินาที รูที่น้ำมันไหลผ่านมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.0695 นิ้ว(1.77 มิลลิลิตร) ความยาว 0.4823 นิ้ว(12.25 มิลลิลิตร)

2.มาตรวัดความหนืดแบบเซย์โบลต์ฟูรอล แตกต่างกับมาตรความหนืดแบบยูนิเวอร์แซลที่ขนาดของรูเท่านั้น คือมาตรแบบนี้จะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1240 นิ้ว มีความยาว 0.4823 นิ้ว ใช้สำหรับน้ำมันที่มีความหนืดสูงกว่า 1000 วินาทีเซย์โบลต์ ตัวอย่างเช่น น้ำมันเตา

3.มาตรวัดความหนืดแบบเรดวูด No.1 ใช้รูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.62มิลลิลิตร และความยาวของรูประมาณ 10 มิลลิลิตร จับเวลาการไหลของน้ำมันปริมาตร 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความหนืดมีหน่วยเป็นวินาทีเรดวูด

4.มาตรวัดความหนืดแบบเรดวูด No.2 ใช้รูขนาดใหญ่ขึ้นโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.80 มิลลิลิตร และความยาวของรูเป็น 50 มิลลิลิตร ใช้สำหรับน้ำมันที่มีความข้นมากๆ

5.มาตรวัดแบบอิงเลอร์ จับเวลาการไหลของน้ำมันที่มีปริมาตร 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร และบอกค่าความหนืดเป็นวินาที่อิงเลอร์หรือองศาอิงเลอร์(E°)ซึ่งเป็นอัตราส่วนของเวลาการไหลของน้ำมัน 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อุณหภูมิต่อเวลาการไหลของน้ำมัน 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร รูของเครื่องทดสอบที่ให้น้ำมันไหลผ่านมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.9 มิลลิลิตร และความยาวของรูมีค่า 20 มิลลิลิตร ที่ปากทางเข้าและออกจะเป็นมุมเอียงมีความยาว 2.8 มิลลิลิตร

สำหรับน้ำมันที่ผ่านเครื่องทดสอบเหล่านี้จะต้องนำมาเปลี่ยนหน่วย แต่ข้อเสียของเครื่องทดสอบแบบนี้ก็คือ ถ้าน้ำมันที่ทดสอบมีความสกปรกจะทำให้เกิดการอุดตันได้ สมการที่จะกล่าวต่อไปนี้ใช้สำหรับการเปลี่ยนค่าความหนืดเป็นค่าความหนืดแบบคิเนเมติก ซึ่งมีหน่วยเป็น
เซนติโตก(cSt) ใช้สัญลักษณ์แทนด้วยตัว ν และ t คือเวลาการไหลเป็นวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแบบเซย์โบลต์ยูนิเวอร์แซลสู่ความหนืดแบบคิเนเมติก

$\nu = 0.226t - (195/t)$ (เมื่อค่า t อยู่ระหว่าง 32-100 วินาที)

$\nu = 0.220t - (135/t)$ (เมื่อค่า t มากกว่า 100 วินาที)

จากแบบเซย์โบลต์ฟูรอลสู่ความหนืดแบบคิเนเมติก

$\nu = 2.24t - (184/t)$ (เมื่อค่า t อยู่ระหว่าง 25-40 วินาที)

$\nu = 2.16t - (60/t)$ (เมื่อค่า t มากกว่า 40 วินาที)

จากแบบเรดวูด No.1 สู่ความหนืดแบบคิเนเมติก

$\nu = 0.260t - (179/t)$ (เมื่อ t อยู่ระหว่าง 34-100 วินาที)

$\nu = 0.247t - (50/t)$ (เมื่อ t มากกว่า 100 วินาที)

จากแบบเรดวูด No.2 สู่ความหนืดแบบคิเนเมติก

$\nu = 2.46t - (100/t)$ (เมื่อ t อยู่ระหว่าง 32-90 วินาที)

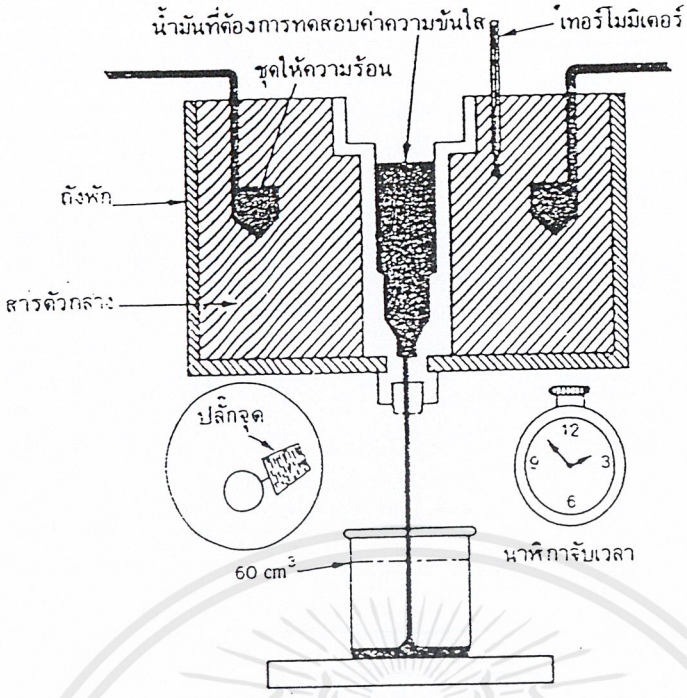
$\nu = 2.45t$ (เมื่อ t มากกว่า 90 วินาที)

จากแบบองศาอิงเลอร์(E°) สู่ความหนืดแบบคิเนเมติก

$\nu = 8.0E^{\circ} - (8.64/E^{\circ})$ (เมื่อค่า E° อยู่ระหว่าง 1.35-3.2)

$\nu = 7.6E^{\circ} - (4.0/E^{\circ})$ (เมื่อค่า E° มากกว่า 3.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ฉ-1 เครื่องมือวัดความหนืดของน้ำมันตามวิธีของเซย์โบลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้