

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อบรรจุ

Production of Biodiesel in a Tubular Reactor with Packing Material



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Production of Biodiesel in a Tubular Reactor with Packing Material



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อบรรจุ

จัดทำโดย	นางสาวธันยวรรณ	อนุรักษ์ภราดร	รหัสนักศึกษา	44010727
	นายพิมพ์ชนก	ทุภะบุตร	รหัสนักศึกษา	44010779
	นายเฉลิมพล	นิตยสุทธิ	รหัสนักศึกษา	44010669
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ประกอบ	กิจไชยา		
ปริญญานิพนธ์	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี			

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี
 คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์



ประธานกรรมการ

(รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา)

กรรมการ

(ดร.สุธาสนี เนมิตตกพงศ์)

กรรมการ

(ดร.อภิรักษ์ นัมคณิสสรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อบรรจุ

จัดทำโดย	นางสาวธันยวรรณ	อนุกัมภราดร	รหัสนักศึกษา	44010727
	นายพิมพ์ชนก	ทุภะบุตร	รหัสนักศึกษา	44010779
	นายเฉลิมพล	นิตยสุทธิ	รหัสนักศึกษา	44010669
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ประกอบ	กิจไชยา		
ปริญญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี			
	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์			
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง			

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาการออกแบบกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อพลาสต์ขนาด 5/8 นิ้ว ซึ่งภายในบรรจุวัสดุที่ช่วยให้สารตั้งต้นผสมกันได้น้ำมันพืชที่ใช้แล้วทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันกับเมทานอลและมีโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมันดีเซลชีวภาพที่อยู่ในรูปของเมทิลเอสเทอร์ โดยศึกษาผลของสเปซไทม์และการใช้ท่อบรรจุที่มีต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลผลิตที่ได้

ในการทดลองใช้น้ำมันพืชที่ใช้แล้วทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ในอัตราส่วน 1:6 โดยโมล และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักน้ำมันพืช โดยใช้สเปซไทม์ 10, 20 และ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แล้วนำไปหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลผลิตที่ได้ พบว่าที่สเปซไทม์ 30 นาที มีปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลผลิตร้อยละ 52.54 และ 62.11 ในช่วงก่อนและหลังออกจากท่อบรรจุ ตามลำดับ

Report Title Production of Biodiesel in a Tubular Reactor with Packing Material

By Ms.Thanyawan Anuruckpradorn ID 44010727

 Mr.Pimchanok Tupabut ID 44070779

 Mr.Chalernpol Nittayasuth ID 44010669

Advisor Assoc.Prof.Dr.Prakob Kitchaiya

Degree Bachelor of Chemical Engineering

 Department of Chemical Engineering

 Faculty of Engineering

 King's Mongkut Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

This project aims to design biodiesel production in a plastic tubular reactor with 5/8 inch diameter containing packing material in order to enhance the mixing of reactants. Biodiesel, in the form of methylester, was produced by transesterification of used cooking oil and methanol which catalyzed by sodium hydroxide. Influence of space time on conversion of methyl ester was investigated.

Used cooking oil and methanol were mixed at a 1:6 molar ratio and concentration of the catalyst was 0.5% by weight of oil. The space time was varied from 10, 20 and 30 minutes, respectively; and the temperature was 50 degree Celsius. It was found that 30-minute space time yielded the conversion of 52.54 and 62.11% before and after the packing, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาฯ ดร.ประกอบ กิจไชยา ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนความรู้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ ดร.สุธาณี เนรมิตตกพงศ์ และ ดร.อภิรักษ์ นัมคณิสร์ กรรมการสอบ ตรวจสอบปฏิญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนทำให้ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณ คุณพิสันต์ ผลโพธิ์ เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สละกำลังกายและเชื้อเพื่อด้านอุปกรณ์ ตลอดจนการดำเนินโครงการ

ขอขอบคุณ นางสาวชัชรี ไทยสุชาติ นางสาววิชุดา ไชยเขตต์ และ นายศัลยเวช เกตุแก้ว นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือตลอดการดำเนินโครงการ

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านและครูอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

นางสาวธนิยวรรณ อนรรักษ์ภราดร

นายพิมพ์ชนก

ทุกษะบุตร

นายเฉลิมพล

นิตยสทธิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
สัญลักษณ์.....	VIII

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปริญญานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของน้ำมันดีเซลชีวภาพ.....	4
2.2 น้ำมันพืชที่นำมาใช้ในการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ.....	4
2.3 น้ำมันพืชและการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม.....	8
2.4 แนวทางการนำน้ำมันพืชมาใช้แทนน้ำมันดีเซล.....	8
2.5 ข้อดีข้อเสียของการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์.....	17
2.6 การขยายสเกลการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ.....	19
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21

บทที่ 3 การดำเนินงาน

3.1 การออกแบบและสร้างกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ.....	23
3.2 การทดลอง.....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	
4.1 ผลการคำนวณและออกแบบ.....	26
4.1 ผลการทดลอง.....	27
4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	28
บทที่5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	
5.1 ผลสรุปที่ได้จากการวิจัย.....	30
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง.....	30
หนังสืออ้างอิง.....	31
ภาคผนวก ก ตารางแสดงผลการทดลอง.....	32
ภาคผนวก ข การคำนวณ.....	33
ภาคผนวก ค เอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์.....	36

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 วิธีทดสอบสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพโดยวิธีมาตรฐาน.....	5
2.2 สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของน้ำมันพืช.....	6
2.3 ปริมาณกรดมันอิสระในน้ำมันพืชตัวอย่าง.....	7
2.4 ปริมาณร้อยละผลได้ของกระบวนการย่อยสลายด้วยความร้อนของน้ำมันพืช.....	13
2.5 คุณสมบัติทางกายภาพของเอสเทอร์ชนิดต่างๆ.....	14
2.6 ความหนืดของน้ำมันพืชและเอสเทอร์ของน้ำมันพืชจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน....	15
2.7 ร้อยละผลได้ของเมทิลเอสเทอร์จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันโดยใช้เมทานอล ที่ภาวะสูงกว่าค่าวิกฤตของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ณ อุณหภูมิต่างๆ.....	16
ก-1 ผลการทดลอง ร้อยละขององค์ประกอบในน้ำมันพืชที่ใช้และผลผลิต.....	32
ก-2 ร้อยละของการเปลี่ยนของไตรกลีเซอไรด์ที่สเปซใหม่ต่าง ๆ.....	32

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะไขบริเวณที่กรองน้ำมัน.....	9
2.2 ลักษณะเขม่าบริเวณฝาสูบเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก.....	9
2.3 ความเป็นฝอยหมอกละออง (Spray Pattern Test).....	10
2.4 ลักษณะและปริมาณเขม่าห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก.....	10
2.5 ปริมาณคราบเขม่าแข็งที่ติดอยู่ที่ก้านลิ้นไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก.....	11
2.6 การทดลองโดยกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อน.....	12
2.7 ปฏิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	13
2.8 แผนภาพปฏิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้เมทานอลที่ภาวะสูงกว่าค่าวิกฤต.....	16
2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละผลได้กับเวลาของการเกิดปฏิริยา ณ อุณหภูมิต่าง ๆ ของการทดลองปฏิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้เมทานอลที่ภาวะสูงกว่าค่าวิกฤต.....	17
4.1 กระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ.....	26
4.2 ปริมาณไบโอดีเซลในน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผลิตโดยใช้กระบวนการที่ออกแบบ.....	27
4.3 ปริมาณไบโอดีเซลในน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผลิตโดยใช้กระบวนการที่ออกแบบ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของท่อ.....	27
4.4 ปริมาณองค์ประกอบในน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผลิตโดยใช้กระบวนการที่ออกแบบ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของท่อ.....	28

รายการสัญลักษณ์

- D เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ
- u Superficial velocity
- ρ ความหนาแน่นของของไหล
- μ ความหนืดของของไหล
- u_0 อัตราการไหลเชิงปริมาตรของของไหลที่ทางเข้า
- V ปริมาตรของเครื่องปฏิกรณ์
- L ความยาวของท่อ



บทนำ

1.1 ความเป็นมาของวิทยานิพนธ์

การนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงมีมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2425 โดย ดร.รูดอล์ฟ ดีเซล เป็นผู้คิดค้นเครื่องยนต์ที่มีการจุดระเบิดด้วยการอัดอากาศหรือเครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้ไขมันถั่วลิสงเป็นเชื้อเพลิงในการทดสอบ ข้อดีของการใช้น้ำมันพืช คือ มีคุณสมบัติในการให้ความร้อนได้ดีและเมื่อเกิดการเผาไหม้แล้วจะเกิดสารประกอบซัลเฟอร์และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจำพวก อะโรเมติกพอลิไซคลิกน้อยมาก ซึ่งสารทั้งสองนี้เป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

ในประเทศไทยเริ่มมีแนวคิดเกี่ยวกับการนำน้ำมันปาล์มมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ได้มีการกำหนดยุทธศาสตร์พลังงานเพื่อการแข่งขันของประเทศขึ้นในเดือนกันยายน พ.ศ.2546 โดยกระทรวงพลังงาน หนึ่งในข้อกำหนดคือยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างยั่งยืนซึ่งมีเป้าหมายในการใช้พลังงานหมุนเวียนในเชิงพาณิชย์ โดยมีแผนการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนซึ่งเน้นหนักในเรื่องของการพัฒนาเชื้อเพลิงเหลวชีวมวล (Biofuel) เช่น น้ำมันดีเซลชีวภาพ เพื่อสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมในการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในประเทศไทย

การกำหนดยุทธศาสตร์พลังงานเพื่อการแข่งขันของประเทศทำให้มีการทดลองวิจัยเกี่ยวกับการนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมากขึ้น ซึ่งผลการทดลองส่วนใหญ่มีข้อสรุปตรงกันว่าสามารถนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ได้ แต่ในระยะยาวอาจก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์ซึ่งเป็นผลจากน้ำมันพืชมีความหนืดสูง และเมื่อเผาไหม้จะก่อให้เกิดคราบเขม่าและยางเหนียว (gum) ขึ้นแล้วเกาะที่หัวฉีด ผนังลูกสูบ และอุปกรณ์ต่างๆ ในเครื่องยนต์ ผลดังกล่าวนี้เกิดกับเครื่องยนต์มากน้อยต่างกันแล้วแต่วิธีการนำมาใช้ สัดส่วนการผสม และชนิดของน้ำมันพืช ดังนั้นการให้น้ำมันพืชมีความหนืดลดลงและกำจัดยางเหนียวออกจึงเป็นสิ่งสำคัญก่อนนำน้ำมันพืชมาใช้ งาน วิธีหนึ่งในการขจัดปัญหาดังกล่าวคือการใช้กระบวนการทางเคมีเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำมันพืชซึ่งเป็นไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน โดยการนำไปทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันกับแอลกอฮอล์ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เมทานอลหรือเอทานอล ได้เมทิลเอสเทอร์หรือเอทิลเอสเทอร์ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับซีเทน (Cetane) ที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันดีเซล ทำให้อุณหภูมิการจุดระเบิดใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล คือ มีค่าความหนืดและค่าความร้อนใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ปราศจากยางเหนียวตกค้างหลังการเผาไหม้ ทำให้สามารถ

นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์ เอสเทอร์ที่ได้นี้เป็นเชื้อเพลิงที่ย่อยสลายได้ง่ายปราศจากกำมะถันและสารก่อมะเร็ง [1]

ปัญหาอย่างหนึ่งที่พบมากในการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในรูปของเอสเทอร์ คือ น้ำมันพืชและแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำหรับการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันละลายเข้าหากันได้น้อย กระบวนการผลิตในปัจจุบันส่วนใหญ่จึงเป็นแบบกะ (Batch reactor) โดยการใช้ใบพัดกวนผสมซึ่งไม่เหมาะกับการผลิตในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ถือเป็นข้อเสียของกระบวนการดังกล่าว[2] ต่อมามีการพัฒนากระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องขึ้น (Continuous reactor) โดยใช้เครื่องผสมไร้การเคลื่อนที่ (Static mixer) ช่วยในการผสม งานวิจัยนี้จะทำการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องโดยใช้วัสดุบรรจุแทนการใช้เครื่องผสมไร้การเคลื่อนที่ในกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาอุตสาหกรรมน้ำมันดีเซลชีวภาพในประเทศไทย



1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 ออกแบบและทดสอบกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อซึ่งภายในบรรจุวัสดุ
- 1.2.2 ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้กระบวนการที่ออกแบบ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาผลของเวลาในเครื่องปฏิกรณ์ที่มีต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลผลิต (10, 20 และ 30 นาที)
- 1.3.2 ศึกษาผลของการใช้ท่อบรรจุที่มีต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลผลิต

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.4.1 รวบรวมข้อมูลและศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.2 คำนวณ ออกแบบ และสร้างกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อซึ่งภายในบรรจุวัสดุ
- 1.4.3 ทดสอบกระบวนการผลิตที่สร้างขึ้น
- 1.4.4 ทำการทดลอง และวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลผลิต
- 1.4.5 สรุปผลการดำเนินงาน

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

- 1.5.1 เพิ่มความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในระดับอุตสาหกรรมเนื่องจากเป็นวิธีที่ช่วยประหยัดต้นทุนในการลงทุนเบื้องต้น (Capital cost)
- 1.5.2 สามารถใช้เป็นแหล่งข้อมูลและแนวทางการศึกษาเกี่ยวกับการใช้วัสดุบรรจุในการออกแบบกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อโดยใช้วัสดุอื่น

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของน้ำมันดีเซลชีวภาพ [2]

ไบโอดีเซลหรือน้ำมันดีเซลชีวภาพ คือ น้ำมันที่ได้จากพืชหรือสัตว์ที่สามารถนำมาใช้หรือทำการเปลี่ยนแปลงสภาพก่อนที่จะนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล ในทางวิชาการตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing Material) และการใช้งานในต่างประเทศทั้งในสหรัฐอเมริกาและกลุ่มประเทศยุโรป ไบโอดีเซล หมายถึง สารประเภทโมโนแอลคิลเอสเทอร์ (Monoalkyl ester) ของกรดไขมันจากน้ำมันพืชหรือไขมันจากสัตว์ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งพลังงานไม่หมดโดยมีคุณสมบัติเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงประเภทดีเซลเช่นเดียวกับน้ำมันปิโตรเลียม

2.2 น้ำมันพืชที่นำมาใช้ในการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ [1]

น้ำมันพืชเป็นสารซึ่งไม่ละลายน้ำประกอบไปด้วยกลีเซอรอลเอสเทอร์ (Glycerol ester) ของกรดไขมันหรือไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides) ประมาณร้อยละ 95-99.8 โดยน้ำหนัก ส่วนประกอบที่เหลือจะเป็นพวกนอนกลีเซอไรด์ (Nonglyceride)

ไตรกลีเซอไรด์มีลักษณะโครงสร้างที่เป็นผลมาจากปฏิกิริยาของกลีเซอรอล 1 โมล กับกรดไขมัน 3 โมล ซึ่งจะได้ น้ำ 3 โมล กับไตรกลีเซอไรด์ 1 โมล

ถ้ากรดไขมันทั้งสามโมเลกุลมีลักษณะทางโครงสร้างเหมือนกัน ไตรกลีเซอไรด์ที่ได้จะเรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์พื้นฐาน (Simple triglyceride) แต่ถ้าไม่เหมือนกันเรียกว่าไตรกลีเซอไรด์แบบผสม (Mixed triglyceride) ในธรรมชาติน้ำมันพืชจะประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์แบบผสมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้น้ำมันมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันแม้ว่าจะมาจากน้ำมันพืชชนิดเดียวกันก็ตาม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมของพืชนั้นๆ

โมโนกลีเซอไรด์และไดกลีเซอไรด์ (Monoglyceride and diglyceride) มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับไตรกลีเซอไรด์ โดยโมโนกลีเซอไรด์จะมีกรดไขมันเป็นส่วนประกอบเพียงหนึ่งโมเลกุลและมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) สองหมู่ ส่วนไดกลีเซอไรด์จะมีกรดไขมันเป็นส่วนประกอบสองโมเลกุลและมีหมู่ไฮดรอกซิลหนึ่งหมู่ กลีเซอไรด์ทั้งสองชนิดเกิดขึ้นภายหลังเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส บางส่วนของไตรกลีเซอไรด์โดยเอนไซม์ไลเปส หรือ โดยกระบวนการอื่นๆ ในระหว่างการเก็บ

น้ำหนักโมเลกุลของกลุ่มกลีเซอรอล (C_3H_5) ในโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์เท่ากับ 41 เมื่อรวมกับโมเลกุลของกรดไขมันจะมีค่าระหว่าง 650 ถึง 970 ซึ่งเห็นได้ว่าน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์

มาจากน้ำหนักของกรดไขมันถึงร้อยละ 94 ถึง 96 ดังนั้นลักษณะและคุณสมบัติของกรดไขมันแต่ละชนิดจะมีผลต่อลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำมันพืชโดยตรง วิธีทดสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพตามวิธีมาตรฐานต่าง ๆ และผลการทดสอบกับน้ำมันพืชได้แสดงในตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 วิธีทดสอบสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพโดยวิธีมาตรฐาน [3]

Property	Symbol	Standard method	Unit
Density	d	ASTM D4052-91	g/ml
Iodine value	IV	AOCS CD1-25 1993	cg I/g oil
Saponification value	SV	AOCS CD3 1993	mg KOH/g oil
Higher heating value	HHV	ASTM D2015-85	MJ/kg
Cloud point	CP	ASTM D2500-91	K
Pour point	PP	ASTM D97-93	K
Flash point	EP	ASTM D93-94	K
Cetane number	CN	ASTM D613	—
Kinematic viscosity	KV	ASTM D445	mm ² /s at 311 K
Sulfur content	SC	ASTM D5453-93	wt. %
Carbon residue	CR	ASTM D 524	wt. %
Ash content	AC	ASTM D482-91	wt. %

กรดไขมันที่ประกอบอยู่ในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ในธรรมชาติจะมีโครงสร้างเป็นเส้นตรง การหาชนิดและปริมาณกรดไขมันนั้นโดยทั่วไปจะเปลี่ยนน้ำมันพืชให้เป็นเอสเทอร์แล้ววิเคราะห์ด้วยวิธี แก๊ส-ลิกวิด โครมาโทกราฟี (Gas-liquid chromatography, GLC)

กรดไขมันแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1) กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acids) คือกรดไขมันที่ไม่มีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุล มีสูตรทั่วไปคือ $C_nH_{2n}O_2$ เมื่อ n เป็นจำนวนเต็ม

2) กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) คือกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุลอาจมีพันธะคู่พันธะเดียวหรือหลายพันธะก็ได้ มีสูตรทั่วไปคือ $C_nH_{2m-2}O_2$ เมื่อ n และ m เป็นจำนวนเต็ม และ n มากกว่า m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) กรดไขมันที่มีโครงสร้างแบบอื่น (Fatty acids of unusual structure) เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญน้อยเพราะว่าพบในปริมาณไม่มากนัก

ตารางที่2.2 สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของน้ำมันพืช [3]

Vegetable oil	KV	CR	CN	HHV	AC	SC	IV	SV
Cottonseed	33.7	0.25	33.7	39.4	0.02	0.01	113.20	207.71
Poppyseed	42.4	0.25	36.7	39.6	0.02	0.01	116.83	196.82
Rapeseed	37.3	0.31	37.5	39.7	0.006	0.01	108.05	197.07
Safflowerseed	31.6	0.26	42.0	39.5	0.007	0.01	139.83	190.23
Sunflowerseed	34.4	0.28	36.7	39.6	0.01	0.01	132.32	191.70
Sesameseed	36.0	0.25	40.4	39.4	0.002	0.01	91.76	210.34
Linseed	28.0	0.24	27.6	39.3	0.01	0.01	156.74	188.71
Wheat grain	32.6	0.23	35.2	39.3	0.02	0.02	120.96	205.68
Corn marrow	35.1	0.22	37.5	39.6	0.01	0.01	119.41	194.14
Castor	29.7	0.21	42.3	37.4	0.01	0.01	88.72	202.71
Soybean	33.1	0.24	38.1	39.6	0.006	0.01	69.82	220.78
Bay laurel leaf	23.2	0.20	33.6	39.3	0.03	0.02	105.15	220.62
Peanut kernel	40.0	0.22	34.6	39.5	0.02	0.01	119.55	199.80
Hazelnut keme	24.0	0.21	52.9	39.8	0.01	0.02	98.62	197.63
Walnut kernel	36.8	0.24	33.6	39.6	0.02	0.02	135.24	190.82
Almond kernel	34.2	0.22	34.5	39.8	0.01	0.01	102.35	197.56
Olive kernel	29.4	0.23	49.3	39.7	0.008	0.02	100.16	196.83

นอนกลีเซอไรด์เป็นส่วนประกอบที่มีไม่มากนักในน้ำมันพืชดิบ มีปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และ จะมีปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 2 ถึง 0.2 โดยน้ำหนักในน้ำมันพืชบริสุทธิ์

น้ำมันพืชส่วนใหญ่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบของกรดไขมันระหว่าง 12 ถึง 18 อะตอม มีปริมาณและชนิดของกรดไขมันต่างกัันดังแสดงในตารางที่2.3 โดยน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูงจะมีค่าไอโอดีนต่ำส่วนน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่ำจะมีค่าไอโอดีนสูง น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะถูกออกซิไดซ์โดยอากาศได้ง่ายและจะเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันได้ที่อุณหภูมิสูง ทำให้น้ำมันมีสภาพเป็นสารเหนียว ดังนั้นมีค่าไอโอดีนจึงเป็นดัชนีบ่งชี้ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มี

อยู่ในน้ำมันพืชและความง่ายของการเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชัน และเมื่อน้ำมันมีค่าไอโอดีนสูงจะเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันได้ง่าย

ตารางที่2.3 ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันพืชตัวอย่าง (ตัวเลข n:d ย่อมาจากจำนวนอะตอมของคาร์บอน:จำนวนพันธะคู่ในกรดไขมัน)[3]

Sample	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	Others
Cottonseed	28.7	0	0.9	13.0	57.4	0	0
Poppyseed	12.6	0.1	4.0	22.3	60.2	0.5	0
Rapeseed	3.5	0	0.9	64.1	22.3	8.2	0
Safflowerseed	7.3	0	1.9	13.6	77.2	0	0
Sunflowerseed	6.4	0.1	2.9	17.7	72.9	0	0
Sesameseed	13.1	0	3.9	52.8	30.2	0	0
Linseed	5.1	0.3	2.5	18.9	18.1	55.1	0
Wheat graina	20.6	1.0	1.1	16.6	56.0	2.9	1.8
Palm	42.6	0.3	4.4	40.5	10.1	0.2	1.1
Corn marrow	11.8	0	2.0	24.8	61.3	0	0.3
Castorb	11.1	0	3.1	4.9	1.3	0	89.6
Tallow	23.3	0.1	19.3	42.4	2.9	0.9	2.9
Soybean	13.9	0.3	2.1	23.2	56.2	4.3	0
Peanut kerneld	11.4	0	2.4	48.3	32.0	0.9	4.0
Hazelnut kernel	4.9	0.2	2.6	83.6	8.5	0.2	0
Walnut kernel	7.2	0.2	1.9	18.5	56.0	16.2	0
Almond kernel	6.5	0.5	1.4	70.7	20.0	0	0.9
Olive kernel	5.0	0.3	1.6	74.7	17.6	0	0.8

2.3 น้ำมันพืชและการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม [2]

เนื่องจากน้ำมันพืชมีอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดก็มีองค์ประกอบแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดไขมันและฤดูกาล ดังนั้นการนำน้ำมันพืชไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆจึงต้องขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น

น้ำมันมะพร้าว ใช้เป็นวัตถุดิบในโรงงานนมข้นหวาน ไอศกรีม เนย รวมทั้งสบู่

น้ำมันปาล์ม ใช้เป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรมเนยจากพืช หรือมาการีน อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมสบู่ น้ำมันเครื่อง เครื่องสำอาง ยา และอื่นๆ

2.3.1 ประเภทของน้ำมันปาล์มที่ใช้ในอุตสาหกรรม

น้ำมันปาล์มที่ใช้ในอุตสาหกรรมแต่ละประเภทสามารถแยกได้ดังนี้

2.3.1.1 น้ำมันปาล์มดิบ (Crude palm oil) หากนำน้ำมันปาล์มดิบมาสกัดจะได้ส่วนที่เหลวใสเรียกว่าปาล์มโอเลอิน (Palm Olein) ซึ่งใช้บริโภคได้ ส่วนชิ้นเป็นไขเรียกว่าปาล์มสเตียรีน (Palm Stearin) ซึ่งนิยมนำไปทำสบู่

2.3.1.2 อาร์ ปาล์มออยล์ น้ำมันปาล์มผ่านการทำให้บริสุทธิ์ (Refined Palm Oil) เป็นน้ำมันปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์เพียงขั้นตอนเดียว ไม่ได้แยกส่วนที่เหลวใสและชิ้นออกจากกัน นิยมใช้ผลิตสบู่

2.3.1.3 อาร์ บี ปาล์มออยล์ น้ำมันปาล์มผ่านการทำให้บริสุทธิ์ฟอกสี (Refined Bleached Palm Oil) เป็นน้ำมันที่สกัดและกำจัดกลิ่นแล้ว แต่ยังไม่ได้อแยกส่วนที่เหลวใส

2.3.1.4 น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Palm Kernel Oil) เป็นน้ำมันที่ราคาสูงกว่าน้ำมันชนิดอื่น นิยมใช้ในอุตสาหกรรมสบู่ หรือน้ำมันเนื้อในปรงแต่งชนิดเติมไฮโดรเจน นิยมใช้ในการผลิตช็อคโกแลต

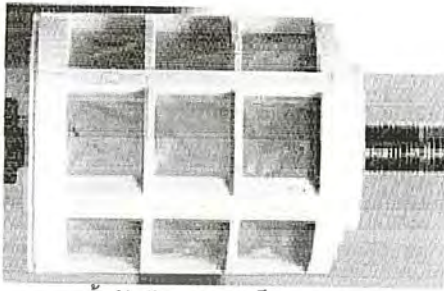
2.4 แนวทางการนำน้ำมันพืชมาใช้แทนน้ำมันดีเซล [1, 2, 4]

2.4.1 การนำมาใช้โดยตรง (Direct use)

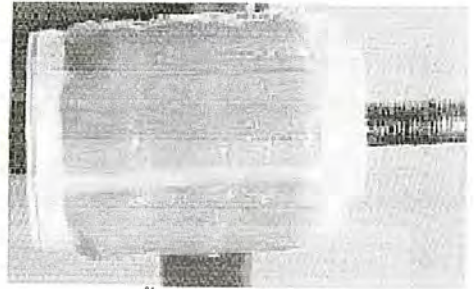
การนำมาใช้โดยตรง เป็นการนำน้ำมันที่ได้จากพืชหรือสัตว์มาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลโดยไม่ผสมหรือเติมสารเคมีใดๆลงไปเพื่อเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมัน แต่เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซลพบว่า น้ำมันพืชมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลมากและเป็นไขที่อุณหภูมิต่ำซึ่งเป็นอุปสรรคในการป้อนเชื้อเพลิงและในการใช้งานในบางพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ จุดระเบิดได้ช้า เมื่อป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้จะเกิดการสันดาปไม่สมบูรณ์และมีกากคาร์บอนหลงเหลืออยู่หลังเผาไหม้ นอกจากนั้นยังมีปัญหาจากองค์ประกอบของกรด กรดไขมันอิสระและยางเหนียวที่เกิดจากปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันระหว่างการเก็บรักษา ทำให้เกิดปัญหาต่อเครื่องยนต์ในระยะสั้น เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดการอุดตันที่ไส้กรอง ท่อทางเดินน้ำมันและหัวฉีด ในระยะยาวเกิดการสะสมของคาร์บอนที่ ลูกสูบและฝาสูบดังแสดงในรูปที่2.1 ถึงรูปที่2.5



น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว 100 %



น้ำมันปาล์มดิบ 100 %



น้ำมันปาล์มสเตียรีนดิบ 100 %



น้ำมันปาล์มโอเลอินผ่านกรรมวิธี 100 %

รูปที่2.1 ลักษณะไขบริเวณที่กรองน้ำมัน [1]



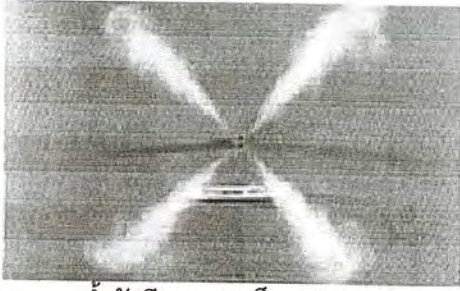
ทดสอบด้วยน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว 100 %



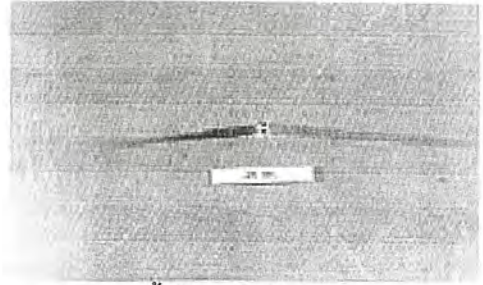
ทดสอบด้วยน้ำมันปาล์มดิบ 100 %

รูปที่2.2 ลักษณะเขม่าบริเวณฝาสูบเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก [1]

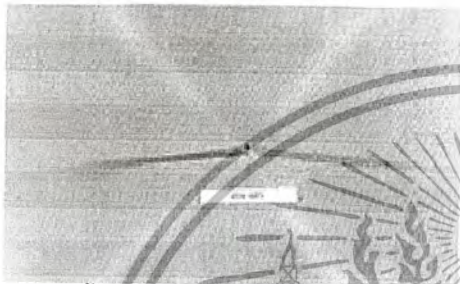
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



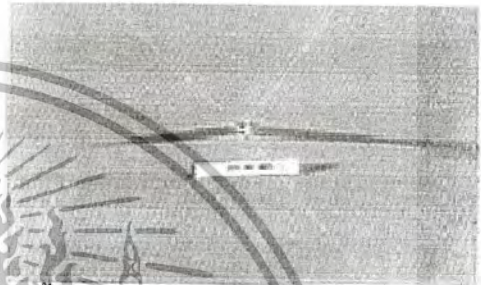
น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว 100 %



น้ำมันปาล์มดิบ 100 %



น้ำมันปาล์มสเตียรีนดิบ 100 %



น้ำมันปาล์มโอเลอินผ่านกรรมวิธี 100 %

รูปที่ 2.3 ความเป็นฝอยหมอกละออง (Spray Pattern Test) [1]



ทดสอบด้วยน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว 100 %

ทดสอบด้วยน้ำมันปาล์มดิบ 100 %

รูปที่ 2.4 ลักษณะและปริมาณเขม่าห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก [1]



ทดสอบด้วยน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว 100 % ทดสอบด้วยน้ำมันปาล์มดิบ 100 %
รูปที่ 2.5 ปริมาณคราบเขม่าแข็งที่ติดที่ก้านลิ้นไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก [1]

จากปัญหาและข้อจำกัดเหล่านี้ทำให้จำเป็นต้องมีการดัดแปลงในส่วนของผู้สูบ ระบบหัวฉีด และห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ให้มีความเหมาะสมต่อการใช้น้ำมันพืช เช่น เครื่องยนต์ของ DMS Dieselmotoren und Gerätebau GmbH (Moussa 1995) และ ELSETT Technology (Elsbett G and Elsbett K. 1995) ที่มีการออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับใช้น้ำมันพืชโดยตรง

นอกจากนี้อาจมีการนำน้ำมันพืชมาผสมกับน้ำมันปิโตรเลียมชนิดอื่นเพื่อให้ได้ความหนืดที่ลดลง เช่น

โคโคดีเซล (Coco-diesel) ที่อำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นการผสมระหว่างน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน 20 ต่อ 1 โดยปริมาตร

ปาล์มดีเซล (Palm-diesel) ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช เป็นการผสมระหว่างน้ำมันปาล์มกับน้ำมันดีเซลและน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน 40 ต่อ 60 ต่อ 7 โดยปริมาตร

อย่างไรก็ตามน้ำมันดีเซลชีวภาพประเภทนี้ยังมีปัญหาเนื่องจากเครื่องยนต์เดินไม่สะดวกที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส จึงอาจต้องมีการดัดแปลงเครื่องยนต์ น้ำมันดีเซลชีวภาพชนิดนี้เหมาะสำหรับการใช้กับเครื่องยนต์รอบต่ำ หรือเครื่องจักรกลทางการเกษตร

2.4.2 การทำไมโครอิมัลชัน (Micro emulsion)

การทำไมโครอิมัลชันคือการทำกระบวนการอิมัลซิฟิเคชัน (Emulsification) ให้เกิดสมดุลการกระจายตัวของคอลลอยด์ที่มีขนาดของอนุภาค 1 ถึง 150 นาโนเมตร โดยใช้ตัวทำละลาย เช่น เมทิลแอลกอฮอล์ เอทิลแอลกอฮอล์ และบิวทิลแอลกอฮอล์ เพื่อแก้ปัญหาความหนืดของ น้ำมันพืช และเพิ่มคุณสมบัติการเผาไหม้ให้ดีขึ้น

2.4.3 การแยกสลายน้ำมันพืชด้วยความร้อน

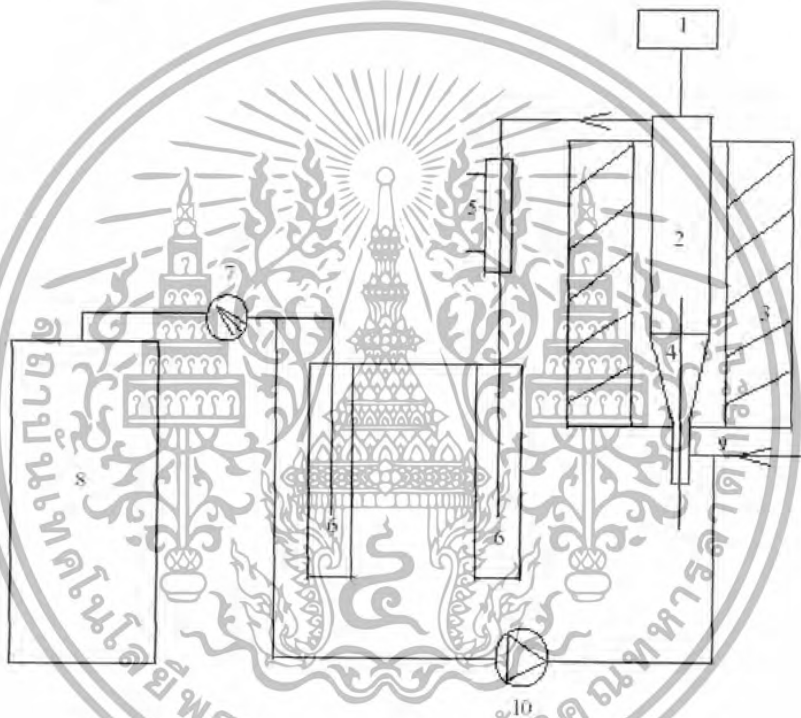
การแยกสลายความร้อนโดยการเปลี่ยนแปลง คือ การเปลี่ยนแปลงสารจากชนิดหนึ่งไปเป็นสารอื่นโดยใช้ความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งเป็นการสลายโครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันด้วยความ

ร้อนให้เป็นสารไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว และสารที่มีการเติมออกซิเจน (Oxygenate) โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น ซีโอไลต์ (Zeolite) และโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate)

วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการไพโรไลซิสอาจจะเป็นน้ำมันพืช ไขสัตว์ กรดไขมันธรรมชาติ และเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน

น้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสเพื่อทดแทนน้ำมันปิโตรเลียมจะมีความหนืด ค่าซีเทน และค่าความร้อน ใกล้เคียงน้ำมันดีเซลมากกว่าน้ำมันพืชที่ไม่ผ่านกระบวนการ

การเปลี่ยนแปลงนี้มีความซับซ้อนและเกิดสารหลายชนิดขึ้นพร้อมกันทำให้จะต้องมีหน่วยแยกสาร เพื่อแยกสารที่ต้องการใช้งานออกจากสารชนิดอื่นๆ ตัวอย่างของการแตกสลายน้ำมันพืชด้วยความร้อนแสดงในรูปที่2.6



รูปที่2.6 แผนภูมิโดยกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อน(1) Vegetable oil feeder, (2) Pyrolysis chamber,(3) Electric furnace, (4) Packing material, (5) Condenser, (6) Cold trap, (7) Gas volume measure, (8) Tight gas tank,(9) Sweeping gas stream, (10) Peristaltic pump [3]

จากกระบวนการไพโรไลซิสจะได้ผลิตภัณฑ์หลายชนิดจึงต้องมีการนำเข้านหน่วยแยกเพื่อทำการแยกสารต่อไป โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นสารจำพวกแอลเคนและแอลคีนดังแสดงในตารางที่2.4

ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ซึ่งเอสเทอร์ต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ต่างกันดังแสดงในตารางที่2.5

ตารางที่2.5 คุณสมบัติทางกายภาพของเอสเทอร์และแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ [3]

Name	Specific gravity (g/ml)	Melting point (K)	Boiling point (K)	Solubility (<10%)
Methyl myristate	0.875	291.0	—	—
Methyl palmitate	0.825	303.8	469.2	Benzene, EtOH, Et ₂ O
Methyl stearate	0.850	311.2	488.2	Et ₂ O, Chloroform
Methyl oleate	0.875	253.4	463.2	EtOH, Et ₂ O
Methanol	0.792	176.2	337.9	H ₂ O, Ether, EtOH
Ethanol	0.789	161.2	351.6	H ₂ O, Ether
Glycerol	1.260	255.3	563.2	H ₂ O, Ether

2.4.4.1 กลไกการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน [2]

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน มีทั้งแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา และ แบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา โดยแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาดำเนินปฏิกิริยาที่ใช้เป็นได้ทั้ง กรด ค่าง หรือ เอนไซม์ แต่จะนิยมใช้ด่างเพราะว่าเกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่ากรด และ สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ที่อุณหภูมิและความดันที่ต่ำ ได้ผลิตภัณฑ์มาก ผลข้างเคียงและเวลาการกลั่นน้อยกว่า สามารถเกิดปฏิกิริยาโดยไม่ต้องใช้กระบวนการอื่น

การเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยมีด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Base Catalyzed) [2]

กลไกการเกิดปฏิกิริยาเริ่มจากด่างทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์เพื่อที่จะทำให้เกิดตัวกระตุ้นปฏิกิริยาที่มีประจุลบ

เนื่องจากด่างที่ใช้เป็นด่างแก่ แอลกอฮอล์ (ROH) จำเป็นต้องแห้งมาก ๆเนื่องจากปริมาณน้ำในแอลกอฮอล์จะไปลดปริมาณของอัลคอกไซด์(RO⁻) ซึ่งเป็นสารที่ไวต่อปฏิกิริยา

อัลคอกไซด์จะเข้าทำปฏิกิริยากับคาร์บอนอะตอมของไตรกลีเซอไรด์ที่มีหมู่คาร์บอนิลประจุบวกเล็กน้อย และคาร์บอนอะตอมนี้ต่อกับออกซิเจนที่มีประจุลบเล็กน้อย ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ตรงตำแหน่งบนออกซิเจนในพันธะคู่

ผลที่ได้ในขั้นช่วงเปลี่ยน คือ จะมีอิเล็กตรอนคู่จากพันธะระหว่างคาร์บอนและออกซิเจน (C=O)จะย้ายไปอยู่บนออกซิเจน แล้วอิเล็กตรอนเหล่านี้ก็จะกลับไปหาคาร์บอน และผลักไกลคอล (glycol) ออก ต่อจากนั้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอัลคอกไซด์ ผ่านกลไกการเกิดปฏิกิริยา นี้ที่หมู่ของคาร์บอนอื่น ๆ บนกลีเซอริน

ปฏิกิริยาประเภทนี้มีปัจจัยที่เป็นข้อจำกัด คือ อัลคอกไซด์ต้องพอดีกับช่องว่างที่เป็นประจุบวก เล็กน้อยบนอะตอมของคาร์บอนที่หมู่คาร์บอนิล ดังนั้น MeO⁻ จะทำงานได้ดีเพราะโมเลกุลมีขนาดเล็ก ในขณะที่ R ที่อยู่บนอัลคอกไซด์(RO) มีขนาดใหญ่กว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงลดลง

เนื่องจากอาจมีปฏิกิริยาข้างเคียงเกิดขึ้นบ้าง ดังนั้นจะต้องคอยตรวจให้แน่ใจว่าปฏิกิริยาได้ดำเนินไปในเส้นทางที่ต้องการ วิธีการที่ทำกันส่วนใหญ่คือการใช้ RO⁻ ที่มากเกินไป

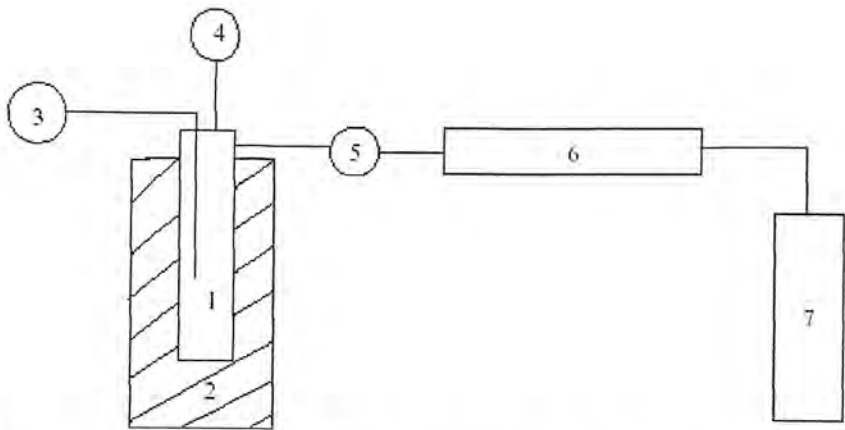
เมื่อนำน้ำมันพืชมาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันแล้ว ผลที่ได้คือความหนืดของน้ำมันลดลงอย่างมากใกล้เคียงกับความหนืดของน้ำมันดีเซลดังแสดงในตารางที่2.6

ตารางที่2.6 ความหนืดไคเนเมติกส์ของน้ำมันพืชและเอสเทอร์ของน้ำมันพืชจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (ความหนืดไคเนเมติกส์ของน้ำมันดีเซลเบอร์ 2 ประมาณ 2.7 ตารางมิลลิเมตร/วินาที) [3]

Test sample	Cottonseed	Hazelnut kernel	Poppyseed	Rapeseed	Safflowerseed	Sunflowerseed
Vegetable oil	33.7	24.0	42.4	37.3	31.6	34.4
Methyl ester	3.1	2.8	3.5	3.3	2.9	3.2

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้เมทานอลที่ภาวะสูงกว่าค่าวิกฤต (Supercritical alcohol Transesterifications)[3]

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้เมทานอลที่ภาวะสูงกว่าค่าวิกฤต เป็นปฏิกิริยาแบบที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยานี้จะทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ และความดัน ที่สูงเหนือภาวะวิกฤตของเมทานอลโดยไม่ต้องเติมตัวเร่งปฏิกิริยา วิธีนี้มีข้อดีกว่าวิธีใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เพราะจะใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาน้อยกว่า และสามารถทำให้บริสุทธิ์ได้ง่ายกว่าเพราะไม่ต้องกำจัดตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้เมทานอลที่ภาวะสูงกว่าค่าวิกฤตแสดงได้ดังรูปที่ 2.8

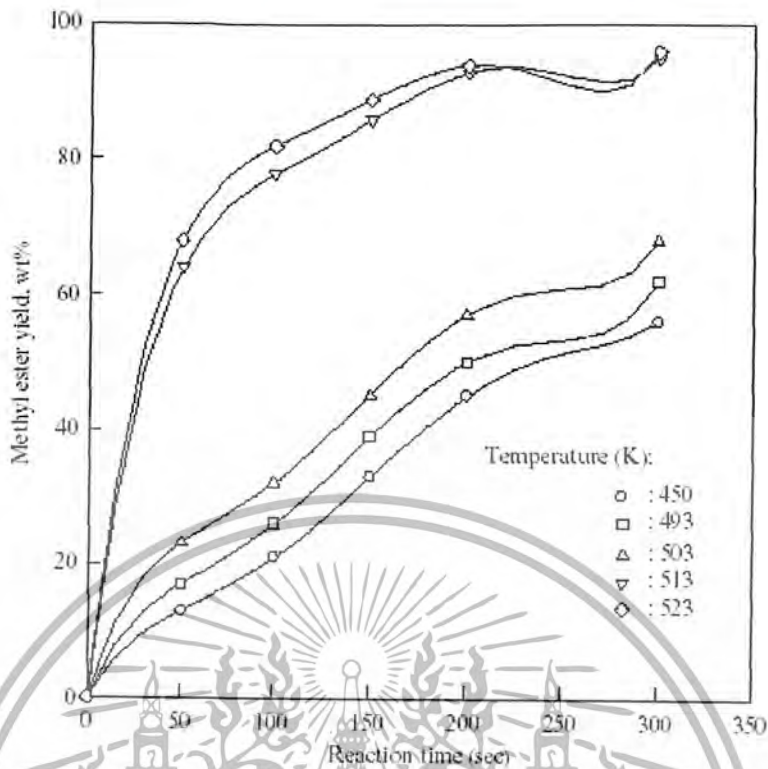


รูปที่ 2.8 แผนภาพปฏิกริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้เมทานอลที่ภาวะสูงกว่าค่าวิกฤตอย่างง่าย(1) Autoclave, (2) Electrical furnace, (3) Temperature control monitor, (4) Pressure control monitor, (5) Product exit valve, (6) Condenser, (7) Product collecting vessel. [3]

จากการทดลองนี้จะพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อร้อยละผลได้น้ำมันดีเซลชีวภาพอย่างมากโดยถ้าอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤตของเมทานอล จะทำให้ร้อยละผลได้น้ำมันดีเซลชีวภาพสูงขึ้นอย่างมากดังแสดงในตารางที่ 2.7 และ รูปที่ 2.9

ตารางที่ 2.7 ร้อยละผลได้น้ำมันดีเซลชีวภาพจากปฏิกริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้เมทานอลที่ภาวะสูงกว่าค่าวิกฤตของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ณ อุณหภูมิต่างๆ

Temperature (K)	Sunflower oil	Corn oil	Cottonseed oil	Soybean oil
450	6.1	6.8	7.9	8.2
500	9.5	9.9	10.6	11.0
550	13.3	14.7	15.6	16.5
570	19.4	20.8	22.0	23.6
590	40.7	43.6	44.0	45.2
610	65.7	68.4	71.3	72.1
620	79.6	80.5	82.3	84.2
630	93.6	95.8	96.5	96.8
640	96.8	97.2	97.6	97.9



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละผลได้กับเวลาของการเกิดปฏิกิริยา ณ อุณหภูมิ
ต่างๆของการทดลองปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน
โดยใช้เมทานอลที่ภาวะสูงกว่าค่าวิกฤต

2.5 ข้อดีข้อเสียของการใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ [1]

2.5.1 ข้อดีของการใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพ

2.5.1.1 ด้านสิ่งแวดล้อม

-การใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพสามารถลดมลพิษทางอากาศซึ่งเป็นผลมาจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ คณะกรรมการน้ำมันดีเซลชีวภาพแห่งชาติ (Nation Biodiesel Board) และสำนักงานป้องกันสิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (US Environmental Protection Agency) ได้ทำการทดลองวิจัยใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพสูตรต่างๆ กับเครื่องยนต์ดีเซล และได้รายงานว่าน้ำมันดีเซลชีวภาพสูตร B100 และ B20 สามารถลดมลพิษได้เป็นอย่างดีอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนกรมอุทกหารเรือ กองทัพเรือไทย ก็ได้รายงานผลการทดลองการใช้น้ำมันน้ำมันดีเซลชีวภาพกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 145 แรงม้า ว่าสามารถลดควันดำได้มากกว่าร้อยละ 40

-การใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพสามารถลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเพราะผลิตจากพืช

-การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว นอกจากช่วยลดการนำน้ำมันที่ใช้แล้วไปประกอบอาหารซ้ำ และยังช่วยป้องกันมิให้น้ำมันพืชที่ใช้แล้วไปผลิตเป็นอาหารสัตว์เพราะมีสารไดออกซินที่เป็นสารก่อมะเร็ง

2.5.1.2 ด้านสมรรถนะเครื่องยนต์

-การผสมน้ำมันดีเซลชีวภาพในระดับร้อยละ 1-2 สามารถช่วยเพิ่มดัชนีการหล่อลื่นให้กับน้ำมันดีเซลจากผลการทดลองของสถาบันวิจัยและเทคโนโลยีของบริษัท ปตท. จำกัด(มหาชน) พบว่า การเติมน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผลิตจากน้ำมันพืชใช้แล้ว และน้ำมันมะพร้าวในอัตราร้อยละ 0.5 สามารถเพิ่มดัชนีการหล่อลื่นได้ถึง 2 เท่า

-ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้นเนื่องจากในน้ำมันดีเซลชีวภาพมีออกซิเจนผสมอยู่ ร้อยละ 10 ทำให้การผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอและเป็นการเพิ่มอัตราส่วนปริมาตรของอากาศต่อน้ำมันได้เป็นอย่างดี จึงทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น

-ถึงแม้ว่าค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลชีวภาพจะต่ำกว่าน้ำมันดีเซลประมาณร้อยละ 10 แต่ข้อด้อยนี้ไม่มีผลกระทบต่อการใช้งาน เพราะการใช้ น้ำมันดีเซลชีวภาพทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น จึงทำให้กำลังเครื่องยนต์ไม่ลดลง

2.5.1.3 ด้านเศรษฐศาสตร์

-การใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพช่วยสร้างงานในชนบทด้วยการสร้างตลาดพลังงานไว้รองรับผลผลิตทางการเกษตรที่เหลือจากการบริโภค

-การใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพสามารถช่วยลดการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศได้บางส่วน ซึ่งในแต่ละปีประเทศไทยสูญเสียเงินตราต่างประเทศเพื่อการนำเข้าน้ำมันดิบมากกว่า 500,000 ล้านบาท

2.5.1.4 ด้านการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศ

-ประเทศไทยมีสัดส่วนการใช้น้ำมันดีเซลสูงกว่าน้ำมันเบนซินมาก ทำให้ตลาดน้ำมันดีเซลในประเทศไทยมีมูลค่ามากกว่าน้ำมันเบนซินกว่า 2 เท่า และในอนาคตมีแนวโน้มที่โรงกลั่นอาจจะผลิตน้ำมันดีเซลไม่เพียงพอต่อการใช้อยู่ในประเทศ ดังนั้นการใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพจึงช่วยลดความไม่สมดุลด้านการผลิตของโรงกลั่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ข้อเสียของการใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพ

- ในปัจจุบันต้นทุนการผลิตสูงเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล
- อาจต้องมีการตรวจเช็ค และเปลี่ยนไส้กรองบ่อย เนื่องจากน้ำมันดีเซลชีวภาพเป็นตัวทำละลายที่ดี จึงสามารถละลายสิ่งสกปรกจากถังเก็บหรือท่อทางเดินน้ำมัน มาอุดตันที่ไส้กรอง
- ในการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำอาจต้องมีการเติมสารลดจุดเทไหล (Pour Point Depressant)
- ต้องดัดแปลงส่วนประกอบเครื่องยนต์ที่เป็นยางเนื่องจากน้ำมันดีเซลชีวภาพสามารถทำลายได้

2.6 การขยายสเกลการสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพ[5]

ในการขยายสเกล (Scale up) การสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพต้องคำนึงถึงการผสมภายในท่อ ซึ่งจะพิจารณาได้จากเลขเรย์โนลด์ (Reynold number) นอกจากนี้ สเปซไทม์ก็มีส่วนสำคัญที่ต้องพิจารณา ในการวิเคราะห์ถึงการขยายสเกลจะให้เลขเรย์โนลด์ และสเปซไทม์มีค่าคงที่ ดังนั้นเมื่อเลขเรย์โนลด์ (Re) ในท่อก็คือ

$$Re = \frac{Dup}{\mu} = \frac{4u_0\rho}{\mu\pi D} \tag{1}$$

- เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ
- u คือ Superficial velocity
- ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล
- μ คือ ความหนืดของของไหล
- u₀ คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของของไหลที่ทางเข้า
- V คือ ปริมาตรของเครื่องปฏิกรณ์
- L คือ ความยาวของท่อ

และสเปซไทม์ (τ) คือ

$$\tau = \frac{V}{u_0} = \frac{\pi D^2 L}{4u_0} \tag{2}$$

เมื่อเลขเรย์โนลด์มีค่าคงที่ในการขยายสเกล จะได้ว่า

$$\frac{Re_2}{Re_1} = \frac{\left(\frac{u_0}{D}\right)_2}{\left(\frac{u_0}{D}\right)_1} = 1 \tag{3}$$

หรือ

$$\left(\frac{D}{u_0}\right)_2 = \left(\frac{D}{u_0}\right)_1 \tag{4}$$

ในขณะที่ค่าสเปซโพรไฟล์ค่าคงที่ในการขยายสเกล จะได้ว่า

$$\frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{\left(\frac{D^2L}{u_0}\right)_2}{\left(\frac{D^2L}{u_0}\right)_1} = 1 \tag{5}$$

เมื่อผนวกสมการที่ (4) เข้ากับสมการที่ (5) พบว่า เมื่อเลขเรย์โนลด์และค่าสเปซโพรไฟล์ค่าคงที่ในการขยายสเกล เราจะได้

$$D_2L_2 = D_1L_1 \tag{6}$$

ดังนั้น เมื่อเพิ่มขนาดของท่อขึ้น n เท่า

$$D_2 = nD_1 \tag{7}$$

ความยาวของท่อจะลดลง n เท่า

$$L_2 = \frac{L_1}{n} \tag{8}$$

และจากสมการที่ (4) จะได้ว่า

$$u_{02} = nu_{01} \tag{9}$$

หรืออาจกล่าวได้ว่าเมื่อต้องการเพิ่มกำลังการผลิต n เท่า จะต้องใช้ท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้น n เท่า และความยาวของท่อลดลง n เท่า เพื่อให้เลขเรย์โนลด์และค่าสเปซโพรไฟล์ค่าคงที่

เมื่อความเร็วของการไหลในท่ออยู่ในช่วงการไหลแบบราบเรียบ สมการความดันลดของ Poiseuille คือ

$$\Delta P = \frac{2\mu u L}{D^2} \tag{10}$$

อัตราส่วนความดันลดเมื่อขยายสเกล n เท่า คือ

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} &= \frac{u_2 L_2 D_1^2}{u_1 L_1 D_2^2} = \frac{u_{02} L_2 D_1^4}{u_{01} L_1 D_2^4} \\ &= \frac{L_2}{L_1} \frac{D_1^3}{D_2^3} = \frac{1}{n} \left(\frac{1}{n}\right)^3 = \frac{1}{n^4} \end{aligned} \tag{11}$$

ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในด้านความดันลด ที่ลดลงเป็นอย่างมาก

ดังนั้นในการขยายสเกลการสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพเมื่อเพิ่มกำลังการผลิต n เท่า และเพื่อให้ได้เลขเรย์โนลด์และสเปซโพรไฟล์ค่าคงที่ จะได้ว่า ขนาดของท่อมีขนาดเพิ่มขึ้น n เท่า ในขณะที่ความยาวลดลง n เท่า และความดันลดมีค่าลดลง n^4 เท่า

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เบญจพร เมืองสมบัติ และคณะ ได้ศึกษาสภาวะในกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มและเมทานอล โดยใช้อัตราส่วนโดยโมล 1:6 โดยมีโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา กระบวนการผลิตที่ใช้เป็นแบบต่อเนื่องภายในเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อที่ได้ติดตั้งเครื่องผสมใ้การเคลื่อนที่ โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เวลาของการทำปฏิกิริยา ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา ซึ่งพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพ คือ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส สเปซไทม์ 15 นาที และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาความเข้มข้น ร้อยละ 0.5[2]

การสร้างอาคารน้ำมันดีเซลชีวภาพเพื่อผลิตเชื้อเพลิงทดแทนจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว น้ำมันปาล์ม และน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ โดยกระบวนการเอทิลเอสเทอร์ริฟิเคชัน ได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันดีเซลชีวภาพที่มีโครงสร้างเป็นสารพวงเอทิลเอสเทอร์ และมีกลีเซอรินเป็นผลพลอยได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตยา เครื่องสำอาง สบู่ และยาสูบ โดยวัตถุดิบที่ใช้คือน้ำมันพืชใช้แล้วจากฝ่ายห้องเครื่อง สำนักพระราชวัง น้ำมันปาล์มจากกรมศุลกากร และเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 99.5 ที่โครงการส่วนพระองค์สามารถผลิตได้เอง ซึ่งโครงการนี้ได้ใช้กระบวนการผลิตแบบกะ โดยใส่วัตถุดิบ และตัวเร่งปฏิกิริยา คือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ลงในถังทำปฏิกิริยาที่ติดตั้งใบกวน และควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เมื่อเกิดปฏิกิริยานาน 1 ชั่วโมง จึงปิดใบกวน และเพิ่มอุณหภูมิเป็น 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้เอทานอลที่เหลือ และตัวเร่งปฏิกิริยากลับเข้าสู่ถังแล้วนำมาใช้ได้อีก จากนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเข้าสู่เครื่องเหวี่ยงแยกเพื่อแยกเอทิลเอสเทอร์ออกแล้วนำส่วนของน้ำมันดีเซลชีวภาพไปล้างด้วยน้ำและกรดอะซิติก เพื่อกำจัดด่างที่หลงเหลือ แล้วแยกน้ำและกรดออกโดยเครื่องเหวี่ยงแยก ได้น้ำมันดีเซลชีวภาพบริสุทธิ์ [1]

Ma และ Hanna รวบรวมข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพทำให้ทราบว่าน้ำมันดีเซลชีวภาพกำลังเป็นที่สนใจมากขึ้นเนื่องจากมีผลดีต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นพลังงานไม่รู้หมด แต่ปัญหาทางด้านราคาของน้ำมันดีเซลชีวภาพยังคงเป็นอุปสรรคต่อการผลิตในเชิงพาณิชย์ การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพมีหลายวิธี คือ การนำมาใช้โดยตรง การทำไมโครอิมัลชัน การทำปฏิกิริยาไพโรไลซิส และ การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน ซึ่งวิธีสุดท้ายเป็นที่นิยมมากที่สุด โดยการนำน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์กับแอลกอฮอล์มาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน โดยมีปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาดังนี้ อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น ตัวเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยา เวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยา ปริมาณกรดไขมันอิสระและน้ำที่มีอยู่ในน้ำมันหรือไขมัน [4]

Carmen Stavarache และคณะ ได้ศึกษาการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์ โดยใช้คลื่นเหนือเสียงความถี่ต่ำช่วยในการผสมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของสารตั้งต้น และมีค่าเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้อัตราส่วนน้ำมันพืชต่อแอลกอฮอล์เป็น 1:6 โดยโมล ในการศึกษาต้องการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา และอัตราการเปลี่ยนรูปเคมี เมื่อใช้สภาวะในการทำปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน คือ วิธีที่ใช้ผสมสารตั้งต้น (การกวนเชิงกล กับการใช้คลื่นเหนือเสียงความถี่ 28 และ 40 กิโลเฮิร์ตซ์) ชนิดและความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา และชนิดของแอลกอฮอล์ ผลจากการศึกษาทำให้ทราบว่า การใช้คลื่นเหนือเสียงจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาน้อยกว่าการกวนเชิงกล 2 ใน 3 เท่า และใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาน้อยกว่าการกวนเชิงกล 10-40 นาที การใช้โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์จะทำให้ได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลผลิตมากกว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์ แต่หากใช้ด่างมากเกินไปจะทำให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลผลิตลดลง และการใช้แอลกอฮอล์สายโซ่ตรงจะทำให้ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาน้อยกว่าการใช้แอลกอฮอล์ทุติยภูมิ [6]

Demirbas ศึกษาปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา โดยการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้เมทานอลที่ภาวะสูงกว่าค่าวิกฤต (Supercritical alcohol transesterifications) ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ ความดัน ที่สูงเหนือภาวะวิกฤตของ เมทานอลโดยไม่ต้องเติมตัวเร่งปฏิกิริยา วิธีนี้มีข้อดีกว่าวิธีใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาน้อยกว่า และสามารถทำให้บริสุทธิ์ได้ง่ายกว่าเพราะไม่ต้องกำจัดตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากผลิตภัณฑ์



บทที่ 3

การดำเนินงาน

3.1 การออกแบบและสร้างกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ

รวบรวมข้อมูลจากการศึกษาเรื่องการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อ ของ เบญจพร เมืองสมบัติ และคณะ เพื่อนำมาคำนวณหาขนาดของเครื่องสูบลและเครื่องทำความร้อน อัตราการไหลของสารตั้งต้น ปริมาตรระบบ และความยาวสายยางที่ต้องใช้ จากนั้นสร้างและทดสอบกระบวนการที่ออกแบบ ปรับค่าต่าง ๆ ให้เหมาะสม (ภาคผนวก ก)

3.1.1 อุปกรณ์

- เครื่องสูบลขนาด 11 ลิตร/ชั่วโมง และ 11 ลิตร/ชั่วโมง
- เครื่องทำความร้อนขนาด 1200 วัตต์ และ 500 วัตต์
- สายยางขนาด 5/8 นิ้ว ยาว 75 เมตร
- วาล์วประตู, ชุดสแตนเลส (บรรจุในสายยางขนาด 5/8 นิ้ว ยาว 1 เมตร ด้วยความหนาแน่นของวาล์วประตูภายในท่อเป็น 0.253 กรัม/มิลลิเมตร)
- เทอร์โมคัปเปิล
- มาตรวัดความดัน
- ฉนวนกันความร้อน

3.2 การทดลอง

3.2.1 อุปกรณ์

- บีกเกอร์ขนาด 40 มิลลิลิตร และ 200 มิลลิลิตร
- ขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร
- ขวดเก็บสารตัวอย่างขนาดประมาณ 50 มิลลิลิตร
- กรวยแยกขนาด 250 มิลลิลิตร
- ขวดรูปชมพู่ขนาด 200 มิลลิลิตร
- กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร
- หลอดหยดสาร
- กรวยกรอง

- เครื่องวิเคราะห์ HPLC

3.2.2 สารเคมี

- น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว
- เมทานอล
- โซเดียมไฮดรอกไซด์
- เอทานอล
- กรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 85
- โซเดียมซัลเฟต
- อะซิโตน
- อะซิโตนไนไตรต์

3.2.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.2.3.1 การเตรียมสาร

1 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

- ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 352 กรัม ละลายในเมทานอล 20 ลิตร (ภาคผนวก ก)
- นำใส่เครื่องอัลตราโซนิกเพื่อให้โซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายจนหมด
- 2. การเตรียมสารละลายกรดฟอสฟอริกในเอทานอล สำหรับหยุดปฏิกิริยา
 - ใส่เอทานอลลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร ประมาณครึ่งขวด
 - ชั่งกรดฟอสฟอริก 10.14 กรัม เติมน้ำในขวดวัดปริมาตร
 - เติมเอทานอลจนถึงขีดบอกระดับ เหย้า

3.2.3.2 การทดลอง

1 การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ

- สูบน้ำมันเข้าสู่ระบบ
- เปิดเครื่องทำความร้อนตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการแล้วรอจนอุณหภูมิคงที่
- สูบเมทานอลที่ผสมกับตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วเข้าสู่ระบบ
- เก็บตัวอย่างทุก ๆ 30 นาที

2 การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์

- เติมสารละลายกรดที่เตรียมไว้ลงในขวดเก็บตัวอย่างขวดละ 20 มิลลิลิตร
- เทสารละลายในขวดเก็บตัวอย่างลงในกรวยแยก แล้วล้างด้วยน้ำอุ่นโดยหยดน้ำลงไปทีละนิดแล้วแกว่งกรวยแยกเบา ๆ
- แยกสารละลายชั้นล่างออกเหลือน้ำมันดีเซลชีวภาพในสารละลายชั้นบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ล้างน้ำซ้ำอีก 2 ครั้ง หรือจนกระทั่งสารละลายชั้นล่างใส
- เติมโซเดียมซัลเฟตลงในน้ำมันดีเซลชีวภาพ ที่ทิ้งไว้ ประมาณ 10 นาที แล้วกรองออก
- นำน้ำมันดีเซลชีวภาพที่กรองแล้ว 0.25 กรัม ละลายในอะซิโตน 10 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดวัดปริมาตร
- นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบด้วยเครื่อง HPLC โดยใช้สารละลายของอะซิโตนและอะซิโตนไนไตรต์ อัตราส่วน 2:1 เป็นเฟสเคลื่อนที่



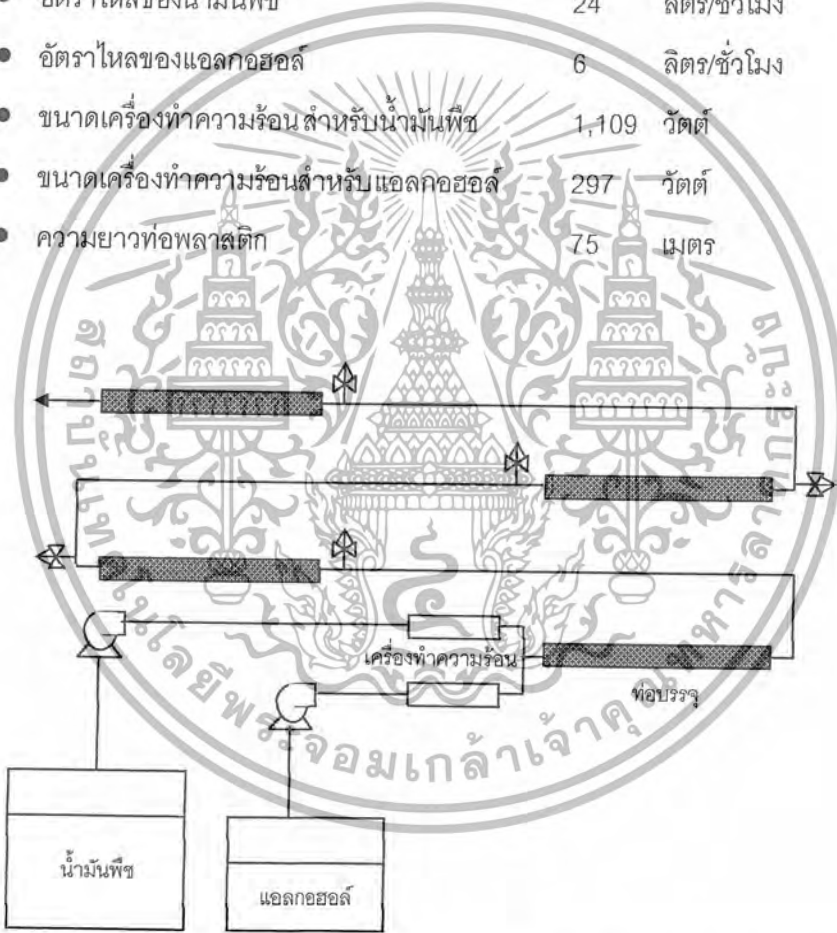
บทที่4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการคำนวณและออกแบบ

ผลการออกแบบกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพแบบต่อเนื่องโดยใช้วัสดุบรรจุที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ สเปซไทม์มากที่สุด 30 นาที แสดงดังรูปที่ 4.1 โดยมีสภาวะในการผลิต (ภาคผนวก ก) ดังนี้

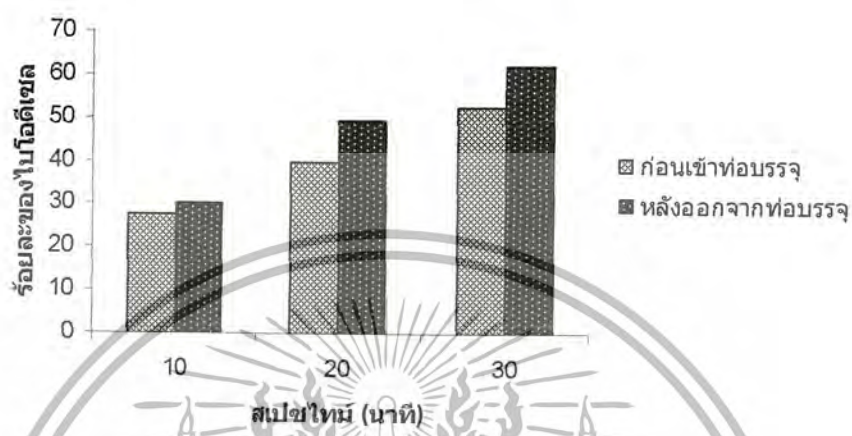
- อัตราไหลของน้ำมันพืช 24 ลิตร/ชั่วโมง
- อัตราไหลของแอลกอฮอล์ 6 ลิตร/ชั่วโมง
- ขนาดเครื่องทำความร้อนสำหรับน้ำมันพืช 1,109 วัตต์
- ขนาดเครื่องทำความร้อนสำหรับแอลกอฮอล์ 297 วัตต์
- ความยาวท่อพลาสติก 75 เมตร



รูปที่4.1 กระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ (✱ คือ วาล์วสำหรับเก็บตัวอย่าง)

4.2 ผลการทดลอง

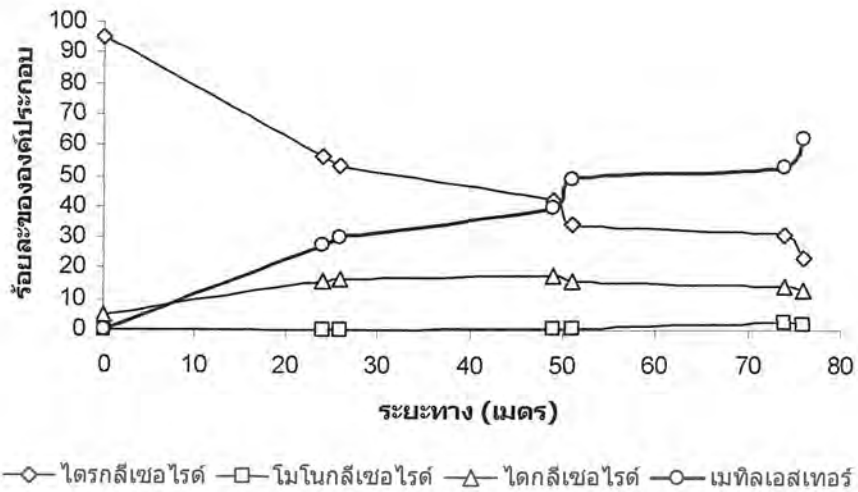
จากการวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผลิตได้จากกระบวนการที่ออกแบบ โดยอุณหภูมิที่ออกจากท่อบรรจุที่แรกเป็น 50 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างที่ 6 เท้าของสเปซไทน์ ได้ผลดังรูปที่4.2 ถึง รูปที่4.4



รูปที่4.2 ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผลิตได้โดยใช้กระบวนการที่ออกแบบ



รูปที่4.3 ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผลิตได้โดยใช้กระบวนการที่ออกแบบที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของท่อ (ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่ระยะทาง 0 เมตร เป็นของน้ำมันพืชที่ใช้เป็นสารตั้งต้น)



รูปที่ 4.4 ปริมาณองค์ประกอบในน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผลิตโดยใช้กระบวนการที่ออกแบบที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของท่อ (ปริมาณองค์ประกอบที่ระยะทาง 0 เมตร เป็นของน้ำมันพืชที่ใช้เป็นสารตั้งต้น)

4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าการใช้วัสดุบรรจุในตำแหน่งต่าง ๆ ของท่อ ช่วยทำให้เกิดเมทิลเอสเทอร์ได้มากขึ้น เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยานี้ขึ้นอยู่กับปริมาณพื้นที่ผิวที่น้ำมันพืชและแอลกอฮอล์สัมผัสกันได้ การใช้ท่อบรรจุสามารถช่วยทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสของสารทั้งสองเพิ่มมากขึ้น เพราะวัสดุบรรจุจะไม่ขวางทางการไหลของน้ำมันพืชและแอลกอฮอล์ซึ่งไหลแยกชั้นกันมาภายในท่อ การขวางทางการไหลทำให้เกิดการแบ่งส่วนการไหลและทำให้ของไหลเปลี่ยนทิศทางการไหลภายในท่อ มีการไหลในแนวรัศมีเกิดขึ้นทำให้เกิดการผสมกันในแนวรัศมีของน้ำมันพืชและแอลกอฮอล์ สารทั้งสองจึงผสมกันได้ดีในท่อบรรจุมากกว่าท่อเปล่า เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.3 พบว่า การใช้ท่อบรรจุยาว 1 เมตร จะช่วยเพิ่มปริมาณเมทิลเอสเทอร์ได้มากเท่ากับการใช้ท่อเปล่ายาว 23 เมตร แต่เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.2 พบว่าในช่วงแรกที่สเปซไทม์ 10 นาที ความสามารถในการใช้ท่อบรรจุในการช่วยเพิ่มปริมาณเมทิลเอสเทอร์ได้เพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับที่สเปซไทม์ค่าอื่น เนื่องจากในช่วงแรกนั้นน้ำมันพืชยังมีไตรกลีเซอไรด์อยู่มาก เมื่อเวลาผ่านไปไตรกลีเซอไรด์จะทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์เกิดเป็นเอสเทอร์และไดกลีเซอไรด์จากนั้นไดกลีเซอไรด์จะถูกเปลี่ยนเป็นโมโนกลีเซอไรด์ ปฏิกิริยาที่เกิดจากไตรกลีเซอไรด์ทำปฏิกิริยากับเมทานอลจะเกิดขึ้นได้ยากกว่าปฏิกิริยาที่เกิดจากไดกลีเซอไรด์และโมโนกลีเซอไรด์ตามลำดับ เนื่องจากไตรกลีเซอไรด์มีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยารวมในช่วงแรกจึงไม่ได้ถูกกำหนดด้วยปริมาณพื้นที่ผิว สัมผัสของน้ำมันพืชและแอลกอฮอล์เพียงอย่างเดียว แต่ยังถูกกำหนดด้วยขั้นตอนการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นเอสเทอร์อีกด้วย

ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยารวมในช่วงแรกจึงไม่ได้ถูกกำหนดด้วยปริมาณพื้นที่ผิว สัมผัสของ น้ำมันพืชและแอลกอฮอล์เพียงอย่างเดียว แต่ยังถูกกำหนดด้วยขั้นตอนการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ ให้เป็นเอสเทอร์อีกด้วย

ในรูปที่4.4 จะเห็นว่าปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงของท่อสอดคล้องกับปริมาณ ไตรกลีเซอไรด์ที่ลดลงในแต่ละช่วงของท่อเช่นเดียวกัน ส่วนปริมาณของไดกลีเซอไรด์จะเพิ่มขึ้น เล็กน้อยในช่วงกลางท่อ เนื่องจากไตรกลีเซอไรด์ส่วนหนึ่งจะถูกไปเปลี่ยนเป็นไดกลีเซอไรด์และไบ โอดีเซล ต่อมาในช่วงปลายท่อ ไดกลีเซอไรด์ที่เกิดขึ้นจะถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นไบโอดีเซลและโมโนกลี เซอไรด์ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงปลายท่อ ตามลำดับ



บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ผลสรุปที่ได้จากการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันพืชที่ใช้แล้วกับเมทานอล โดยมีโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อซึ่งภายในบรรจุวัสดุที่ช่วยให้สารตั้งต้นผสมกันได้ ใช้อัตราส่วนน้ำมันพืชต่อเมทานอลเป็น 1:6 โดยโมล ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักน้ำมันพืช ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สเปซไทม์ 10 20 และ 30 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลผลิต

จากการวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลผลิตที่ได้ สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีต่อการเกิดไบโอดีเซล คือ การผสมกันของน้ำมันพืชและเมทานอล การใช้ท่อบรรจุในแต่ละช่วงของท่อทำปฏิกิริยาสามารถเพิ่มปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ และ จากการทดลองพบว่าที่สเปซไทม์ 30 นาที เป็นเวลาที่สามารถทำให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์มากที่สุด

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

- 5.2.1 การบรรจุวัสดุในแต่ละช่วงของท่อจะมีผลทำให้ความดันในระบบเพิ่ม การเลือกวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบเครื่องจึงต้องคำนึงถึงความดันที่เพิ่มขึ้นด้วย
- 5.2.2 เนื่องจากน้ำมันพืชที่ใช้เป็นน้ำมันเก่าเก็บจึงมีน้ำปนอยู่ปริมาณมากหากนำมาใช้เลยจะเกิดสบู่ได้ ดังนั้นจึงต้องทำการกำจัดน้ำออกจากราน้ำมันพืชก่อน
- 5.2.3 หลังเลิกทำการทดลองควรปัมน้ำมันเข้าสู่ระบบเพื่อป้องกันกลีเซอรินและสบู่ตกค้างในระบบทำให้เกิดการอุดตันตามวัสดุบรรจุ
- 5.2.4 ในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ หากน้ำมันใช้ล้างอุณหภูมิไม่สูงพอ จะทำให้เกิดสบู่ได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] โรงงานยาสูบ, กระทรวงการคลัง. 2547. รายงานโครงการก่อสร้างอาคารไบโอดีเซล
โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา
- [2] เบญจพร เมืองสมบัติ และคณะ. "การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในเครื่องปฏิกรณ์แบบ
ท่อ." ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์,
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2546.
- [3] Ayhan Demirbas. "Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic & non-catalytic
supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey." *Energy
Conversion and Management*. Vol.44, no.13, Aug. 2003. pp. 2093-2109
- [4] Frangrui Ma. and Milford A Hanna "Biodiesel Production: a review." *Bioresource
Technology*. Feb. 1999. pp. 1-15
- [5] จุฑารัตน์ อินทร์นา และ ประกอบ กิจไธยา. "การขยายสเกลการผลิตน้ำมันดีเซล
ชีวภาพ"
- [6] Carmen Stavarache. et. al. "Fatty acids methyl esters from vegetable oil by means of
ultrasonic energy." *Ultrasonics Sonochemistry*. June 2004.

ภาคผนวก ก

ผลการทดลอง

จากการทดลองได้ผลดังตาราง

ตารางที่ ก-1 ร้อยละขององค์ประกอบในน้ำมันพืชที่ใช้และผลผลิตที่ 6 เท่าของสเปซไทม์ต่างๆที่
อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (ก่อน คือ ก่อนเข้าท่อบรรจุ
หลัง คือ หลังออกจากท่อบรรจุ)

องค์ประกอบ	น้ำมันพืช	สเปซไทม์ 10 นาที		สเปซไทม์ 20 นาที		สเปซไทม์ 30 นาที	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ไบโอดีเซล	0	27.69	30.13	39.60	49.54	52.54	62.11
โมโนกลีเซอไรด์	0	0.03	0.18	0.66	0.73	2.51	1.58
ไดกลีเซอไรด์	4.76	15.97	16.59	17.71	15.71	14.19	12.98
ไตรกลีเซอไรด์	95.24	56.31	53.10	42.03	34.51	30.76	23.33

ตารางที่ ก-2 ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของไตรกลีเซอไรด์ที่สเปซไทม์ต่างๆ

	สเปซไทม์ 10 นาที		สเปซไทม์ 20 นาที		สเปซไทม์ 30 นาที	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง	40.87	44.25	55.87	63.76	67.70	75.55

ภาคผนวก ข

การคำนวณ

ค-1 การคำนวณเพื่อออกแบบกระบวนการผลิต

ในการขยายขนาดกระบวนการผลิตมีสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาคือค่าเรย์โนลด์ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้อ้างอิงข้อมูลมาจากการศึกษาเรื่อง การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพในเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อของเบญจพร เมืองสมบัติ และคณะ ได้ข้อมูลดังนี้

ปริมาตรระบบ	1,030	มิลลิลิตร
อัตราการไหลของของผสม	4,140	มิลลิลิตร/ชั่วโมง
ความเร็วเชิงเส้นของของผสม	32,945	เซนติเมตร/ชั่วโมง
เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	0.4	เซนติเมตร
สเปซไทม์	15	นาที
หาอัตราการไหลของผสม		
เมื่อกำหนดให้ค่าเรย์โนลด์เท่ากันแต่ใช้ท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5/8 นิ้ว จะสามารถหาอัตราการไหลของผสมได้ดังนี้		
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	$= \frac{5}{8} \times 2.54$ $= 1.5875$	เซนติเมตร
ความเร็วเชิงเส้นของของผสม	$= \frac{0.4 \times 32945}{1.5875}$ $= 8,301$	เซนติเมตร/ชั่วโมง
อัตราไหลของของผสม	$= 8301 \times \frac{\pi}{4} \times (1.5875)^2$ $= 16,430$	มิลลิลิตร/ชั่วโมง

แต่ในการทดลองจริงใช้อัตราไหลของของผสมเป็น 30 ลิตร/ชั่วโมง เนื่องจากอัตราไหลที่คำนวณได้มีค่าน้อยเกินไปจนไม่สามารถทำให้สารตั้งต้นทั้งสองผสมกันได้ ดังนั้น

ความเร็วเชิงเส้นที่ใช้จริง

$$= 30000 \times \frac{4}{\pi \times (1.5875)^2}$$
$$= 15,156$$

เซนติเมตร/ชั่วโมง

เมื่อกำหนดให้สเปซไทม์ที่ใช้ในการทดลองมีค่ามากที่สุดที่ 30 นาที

ความยาวสายยางที่ต้องใช้

$$= \frac{1}{2} \times 15156$$

$$= 7,578$$

เซนติเมตร

$$\approx 75$$

เมตร

หาอัตราไหลของน้ำมันและแอลกอฮอล์

อัตราส่วนน้ำมันต่อเมทานอล	1:6	โดยโมล
ความหนาแน่นของน้ำมัน	0.88	กรัม/มิลลิลิตร
ความหนาแน่นของเมทานอล	0.79	กรัม/มิลลิลิตร
น้ำหนักโมเลกุลของน้ำมัน	840.5	
น้ำหนักโมเลกุลเมทานอล	32.04	

$$\begin{aligned} \text{น้ำมัน 1 โมล มีปริมาตร} &= \frac{840.5}{0.88} \\ &= 955 \quad \text{มิลลิลิตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เมทานอล 6 โมล มีปริมาตร} &= \frac{32.04}{0.79} \times 6 \\ &= 243 \quad \text{มิลลิลิตร} \end{aligned}$$

$$\text{อัตราส่วนน้ำมันต่อเมทานอล} \approx 4:1 \quad \text{โดยปริมาตร}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราไหลของน้ำมัน} &= 30 \times \frac{4}{5} \\ &= 24 \quad \text{ลิตร/ชั่วโมง} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราไหลของเมทานอล} &= 30 \times \frac{1}{5} \\ &= 6 \quad \text{ลิตร/ชั่วโมง} \end{aligned}$$

หาขนาดเครื่องทำความร้อน

อุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ในการทดลอง คือ 60 องศาเซลเซียส

$$\begin{aligned} \text{อัตราไหลเชิงมวลของน้ำมัน} &= 24000 \times 0.88 \\ &= 21,120 \quad \text{กรัม/ชั่วโมง} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราไหลเชิงมวลของเมทานอล} &= 6000 \times 0.79 \\ &= 4,740 \quad \text{กรัม/ชั่วโมง} \end{aligned}$$

$$\text{ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำมัน} \quad 2.1 \quad \text{จูล/กรัม.องศาเซลเซียส}$$

$$\text{ความจุความร้อนจำเพาะของเมทานอล} \quad 2.51 \quad \text{จูล/กรัม.องศาเซลเซียส}$$

$$\begin{aligned} \text{ความร้อนที่ต้องการสำหรับน้ำมัน} &= 21120 \times 2.1 \times (50 - 25) \\ &= 1,109 \quad \text{กิโลวัตต์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความร้อนที่ต้องการสำหรับเมทานอล} &= 4740 \times 2.51 \times (50 - 25) \\ &= 297 \quad \text{กิโลวัตต์} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-2 การคำนวณเพื่อเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักน้ำมัน

เมื่อใช้เมทานอล 1 ลิตร

$$\text{ใช้น้ำมัน 4 ลิตรหนัก} = 0.88 \times 4000 = 3,520 \text{ กรัม}$$

$$\text{มีต่าง} = \frac{0.5}{100} \times 3520 = 17.6 \text{ กรัม}$$

ดังนั้นต้องเตรียมต่าง 17.6 กรัม ต่อเมทานอล 1 ลิตร

ค-3 การคำนวณเพื่อเตรียมสารละลายกรดเพื่อใช้หยุดปฏิกิริยา

เมื่อเก็บตัวอย่างครั้งละ 20 มิลลิลิตร และใช้กรดเพื่อหยุดปฏิกิริยาเข้มข้นเป็น 3 เท่าของค่าที่มีในตัวอย่าง

มีในตัวอย่าง

$$\text{น้ำหนักโมเลกุลของโซเดียมไฮดรอกไซด์} = 40.000$$

$$\text{น้ำหนักโมเลกุลของกรดฟอสฟอริก} = 98.974$$

$$\text{เมทานอล 1 ลิตร มีต่าง} = \frac{17.6}{40} = 0.44 \text{ โมล}$$

$$\text{ตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร มีเมทานอล} = 20 \times \frac{1}{5} = 4 \text{ มิลลิลิตร}$$

$$\text{เมทานอล 4 มิลลิลิตร มีต่าง} = \frac{0.44}{1000} \times 4 = 0.00176 \text{ โมล}$$

$$\text{ต้องการไฮดรอกไซด์เพื่อสะเทินต่าง} = 0.00176 \times 3 = 0.00528 \text{ โมล}$$

$$\text{ต้องใช้กรดฟอสฟอริก} = \frac{0.00528}{3} = 0.00176 \text{ โมล}$$

$$\text{คิดเป็นกรดฟอสฟอริกเข้มข้น} = 0.00176 \times \frac{1000}{20} = 0.088 \text{ โมล/ลิตร}$$

$$= 0.088 \times 97.974$$

$$= 8.622 \text{ กรัม/ลิตร}$$

$$\text{ต้องใช้กรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 85} = 8.622 \times \frac{100}{85} = 10.14 \text{ กรัม/ลิตร}$$

ภาคผนวก ค

ข้อมูลความปลอดภัย

ค-1 น้ำมันดีเซลชีวภาพ

1. CHEMICAL PRODUCT

General Product Name: Biodiesel

Synonyms: Methyl Soyate,
Rapeseed Methyl Ester (RME),
Methyl Tallowate

Product Description: Methyl esters from lipid sources

CAS Number: Methyl Soyate: 67784-80-9; RME: 73891-99-3;
Methyl Tallowate: 61788-71-2

2. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

This product contains no hazardous materials.

3. HAZARDS IDENTIFICATION

Potential Health Effects:

INHALATION:

Negligible unless heated to produce vapors. Vapors or finely misted materials may irritate the mucous membranes and cause irritation, dizziness, and nausea.

Remove to fresh air.

EYE CONTACT:

May cause irritation. Irrigate eye with water for at least 15 to 20 minutes. Seek medical attention if symptoms persist.

SKIN CONTACT:

Prolonged or repeated contact is not likely to cause significant skin irritation. Material is sometimes encountered at elevated temperatures. Thermal burns are possible.

INGESTION:

No hazards anticipated from ingestion incidental to industrial exposure.

4. FIRST AID MEASURES**EYES:**

Irrigate eyes with a heavy stream of water for at least 15 to 20 minutes.

SKIN:

Wash exposed areas of the body with soap and water.

INHALATION:

Remove from area of exposure, seek medical attention if symptoms persist.

INGESTION:

Give one or two glasses of water to drink. If gastro-intestinal symptoms develop, consult medical personnel. (Never give anything by mouth to an unconscious person.)

5. FIRE FIGHTING MEASURES

Flash Point (Method Used): 130.0° C min (ASTM 93)

Flammability Limits: None known

EXTINGUISHING MEDIA:

Dry chemical, foam, halon, CO₂, water spray (fog). Water stream may splash the burning liquid and spread fire.

SPECIAL FIRE FIGHTING PROCEDURES:

Use water spray to cool drums exposed to fire.

UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION HAZARDS:

Oil soaked rags can cause spontaneous combustion if not handled properly. Before disposal, wash rags with soap and water and dry in well ventilated area. Firefighters should use self-contained breathing apparatus to avoid exposure to smoke and vapor.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES SPILL CLEAN-UP PROCEDURES

Remove sources of ignition, contain spill to smallest area possible. Stop leak if possible. Pick up small spills with absorbent materials such as paper towels, "Oil Dry", sand or dirt.

Recover large spills for salvage or disposal. Wash hard surfaces with safety solvent or detergent to remove remaining oil film. Greasy nature will result in a slippery surface.

7. HANDLING AND STORAGE

Store in closed containers between 50°F and 120°F.

Keep away from oxidizing agents, excessive heat, and ignition sources.

Store and use in well ventilated areas.

Do not store or use near heat, spark, or flame, store out of sun.

Do not puncture, drag, or slide this container.

Drum is not a pressure vessel; never use pressure to empty.

8. EXPOSURE CONTROL /PERSONAL PROTECTION

RESPIRATORY PROTECTION:

If vapors or mists are generated, wear a NIOSH approved organic vapor/mist respirator.

PROTECTIVE CLOTHING:

Safety glasses, goggles, or face shield recommended to protect eyes from mists or splashing. PVC coated gloves recommended to prevent skin contact.

OTHER PROTECTIVE MEASURES:

Employees must practice good personal hygiene, washing exposed areas of skin several times daily and laundering contaminated clothing before re-use.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Boiling Point, 760 mm Hg: >200°C	Volatiles, % by Volume: <2
Specific Gravity (H ₂ O=1): 0.88	Solubility in H ₂ O, % by Volume: insoluble
Vapor Pressure, mm Hg: <2	Evaporation Rate, Butyl Acetate=1: <1
Vapor Density, Air=1: >1	
Appearance and Odor: pale yellow liquid, mild odor	

10. STABILITY AND REACTIVITY**GENERAL:**

This product is stable and hazardous polymerization will not occur.

INCOMPATIBLE MATERIALS AND CONDITIONS TO AVOID:

Strong oxidizing agents

HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS:

Combustion produces carbon monoxide, carbon dioxide along with thick smoke.

11. DISPOSAL CONSIDERATIONS**WASTE DISPOSAL:**

Waste may be disposed of by a licensed waste disposal company.

Contaminated absorbent material may be disposed of in an approved landfill.

Follow local, state and federal disposal regulations.

12. TRANSPORT INFORMATION

UN HAZARD CLASS: N/A

NMFC (National Motor Freight Classification):

PROPER SHIPPING NAME: Fatty acid ester

IDENTIFICATION NUMBER: 144920

SHIPPING CLASSIFICATION: 65

13. REGULATORY INFORMATION:

OSHA STATUS:

This product is not hazardous under the criteria of the Federal OSHA Hazard Communication Standard 29 CFR 1910.1200. However, thermal processing and decomposition fumes from this product may be hazardous as noted in Sections 2 and 3.

TSCA STATUS:

This product is listed on TSCA.

CERCLA (Comprehensive Response Compensation and Liability Act):

NOT reportable.

SARA TITLE III (Superfund Amendments and Reauthorization Act):

Section 312 Extremely Hazardous Substances: None

Section 311/312 Hazard Categories: Non-hazardous under Section 311/312

Section 313 Toxic Chemicals: None

RCRA STATUS:

If discarded in its purchased form, this product would not be a hazardous waste either by listing or by characteristic. However, under RCRA, it is the responsibility of the product user to determine at the time of disposal, whether a material containing the product or derived from the product should be classified as a hazardous waste,

(40 CFR 261.20-24)

CALIFORNIA PROPOSITION 65:

The following statement is made in order to comply with the California Safe Drinking Water and Toxic Enforcement Act of 1986. This product contains no chemicals known to the state of California to cause cancer.

14. OTHER INFORMATION:

This information relates only to the specific material designated and may not be valid for such material used in combination with any other materials or in any other process. Such information is to the best of the company's knowledge and believed accurate and reliable as of the date indicated. However, no representation, warranty or guarantee of any kind, express or implied, is made as to its accuracy, reliability or completeness and we assume no responsibility for any loss, damage or expense, direct or consequential, arising out of use. It is the user's responsibility to satisfy himself as to the suitability and completeness of such information for his own particular use.

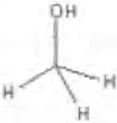
ค-2 เมทานอล

1. การชี้บ่งเคมีภัณฑ์ (Chemical Identification)

ชื่อเคมี IUPAC : Methanol
ชื่อเคมีทั่วไป : Methyl alcohol
ชื่อท้องถิ่น : Wood alcohol; Carbinol; Methylol; Wood; Columbian spirits;
Colonial spirit; Columbian spirit; Methyl hydroxide;
Monohydroxymethane; Pyroxylic spirit; Wood naphtha;
Wood spirit; Methyl Alcohol (Methanol);

สูตรโมเลกุล : CH₄O

สูตรโครงสร้าง :



รหัส IMO :
รหัส UNID NO. : 1230
รหัส CAS NO. : 67-56-1
รหัส EUEINEGS/ELINCS : 200-659-6
รหัส EC NO. : 603-001-01-X

2. การใช้ประโยชน์ (Uses)

-สารนี้ใช้เป็นตัวทำละลาย (SOLVENT)

3. ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (Standard and Toxicity)

LD ₅₀ (มก./กก.) :	5600 (หนู)	LC ₅₀ (มก./ม ³) :	83840 / 4 ชั่วโมง (หนู)
IDLH(ppm) :	6000	PEL-TWA(ppm) :	200
TLV-TWA(ppm) :	200	TLV-STEL(ppm) :	250
พรบ. คู่มือแรงงาน พ.ศ. 2541 (ppm) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง :			200
สารเคมีอันตราย :	ใช่		
พรบ. วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 :	ชนิดที่ 1		

หน่วยงานที่รับผิดชอบ

: กรมโรงงานอุตสาหกรรม

4. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

สถานะ	:	ของเหลว	กลิ่น	:	เฉพาะตัว
สี	:	ใสไม่มีสี	นน.โมเลกุล	:	32
จุดเดือด(°ซ.)	:	64.6	จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง(°ซ.)	:	-97.8
ความดันไอ(มม.ปรอท)	:	96 ที่ 20 °ซ.	ความถ่วงจำเพาะ(น้ำ=1)	:	0.79
ความหนาแน่นไอ(อากาศ=1)	:	1.1			
ความสามารถในการละลายน้ำที่(กรัม/100 มล.)	:	ละลายน้ำได้ที่ 20 °ซ.			
แฟกเตอร์แปลงหน่วย 1 ppm	:	= 1.31 มก./ม ³ หรือ 1 มก./ม ³ = 0.76 ppm ที่ 25 °ซ.			

5. อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ :	การหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง ตา จมูก ลำคอ และทางเดินหายใจ ก่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ ง่วงนอน ถ้าสัมผัสปริมาณมากจะทำให้อาการโคม่าและตายได้เนื่องจากระบบหายใจล้มเหลว
สัมผัสทางผิวหนัง :	การสัมผัสถูกผิวหนัง ไอระเหย ของเหลวของสารนี้ จะทำให้เกิดการสูญเสีย ชั้นไขมันของผิวหนัง ทำให้ผิวหนังแห้ง แตก และเกิดผื่นแดง
กินหรือกลืนเข้าไป :	การกลืนหรือกินเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองเยื่อเมือกของปากและลำคอ ทำให้เกิดอาการไอ ท้องร่วง ปวดท้อง ปวดศีรษะ และง่วงซึม
สัมผัสถูกตา :	การสัมผัสถูกตาจะก่อให้เกิดการระคายเคืองและทำให้เยื่อเมือกต้ออักเสบ เกิดตาแดง และสายตาสั้น
ความผิดปกติอื่น ๆ :	ถ้าสัมผัสสารนี้บ่อยๆ และเป็นเวลานาน จะทำให้ผิวหนังอักเสบ และสารนี้สามารถดูดซึมผ่านผิวหนังมีผลทำให้ระบบประสาทส่วนกลางถูกกดทำให้ปวดศีรษะ ง่วงนอน เวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง การสัมผัสปริมาณมาก อาจทำให้อาการโคม่าและตายได้ มีผลกระทบต่อกรรมมองเห็น โดยปกติอาการจะรุนแรงขึ้นหลังจากการสัมผัส 12-18 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

ความคงตัวทางเคมี : สารนี้มีความเสถียร

สารที่เข้ากันไม่ได้ : สารออกซิไดซ์อย่างแรง โลหะอัลคาไล

กรดซัลฟูริกและกรดไนตริกเข้มข้น แอลดีไฮด์ และแอซัลคลอไรด์

สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง : ความร้อน ประกายไฟ และแหล่งจุดติดไฟอื่นๆ

7. การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)



NFPA Code : **NFPA 704 Code**

จุดวาบไฟ(°ซ.) :	12.2	จุดติดไฟได้เอง(°ซ.) :	464
ค่า LEL % :	5.5	UEL % :	36.5
LFL % :	5.5	UFL % :	36.5

- สารดับเพลิงในกรณีเกิดเพลิงไหม้ให้ใช้ : ผงเคมีแห้ง คาร์บอนไดออกไซด์ โฟม แอลกอฮอล์ หรือน้ำฉีดเป็นฝอย
- ใช้น้ำฉีดเป็นฝอยเพื่อหล่อเย็นภาชนะบรรจุที่สัมผัสกับเปลวไฟ และลดการฟุ้งกระจายของไอระเหย
- อย่าใช้น้ำฉีดเป็นลำเพราะจะทำให้เปลวไฟแพร่กระจาย
- กรณีเกิดเพลิงไหม้ให้สวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA)
- ไอระเหยของสารสามารถแพร่กระจายออกไปถึงแหล่งจุดติดไฟและอาจเกิดการติดไฟย้อนกลับ
- สารอันตรายที่เกิดจากการเผาไหม้ : คาร์บอนมอนนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์

8. การเก็บรักษา/สถานที่เก็บ/เคลื่อนย้าย/ขนส่ง (Storage and Handling)

- เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด , เก็บในบริเวณที่เย็นและแห้ง
- เก็บห่างจากสารออกซิไดซ์ และแหล่งจุดติดไฟ
- ภาชนะบรรจุของสารที่เป็นถังเปล่าแต่มีภาชนะบรรจุเคมีตกค้างอยู่ เช่น ไอระเหย ของเหลว อาจเป็นอันตรายได้
- ชื่อทางการขนส่ง : Methanol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประเภทอันตราย : 3.2 (6.2)
- รหัส : UN 1230
- ประเภทการบรรจุหีบห่อ : กลุ่ม II

9. การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and Spill)

- ระบายอากาศในบริเวณที่สารหกรั่วไหล
- ให้เคลื่อนย้ายแหล่งทั้งหมดของการจุดติดไฟออกไป
- ดูดซับสารที่หกรั่วไหลด้วยปูนขาวแห้ง ททราย หรือโซดาแอช
- เก็บส่วนที่หกรั่วไหลในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิดเพื่อนำไปกำจัด
- ให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่เหมาะสม
- การกำจัด ให้พิจารณาการกำจัดตามกฎหมาย ขอบบังคับของทางราชการ

10. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPD/PPE)



ข้อแนะนำการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPD/PPE) :

ข้อแนะนำในการเลือกประเภทหน้ากากป้องกันระบบหายใจ

- สารที่ช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 2000 ppm : ให้ใช้อุปกรณ์ส่งอากาศสำหรับการหายใจ (Supplied air respirator) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 10
- สารที่ช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 500 ppm : ให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจประเภทที่ใช้การส่งอากาศสำหรับการหายใจ ซึ่งมีอัตราการไหลของอากาศแบบต่อเนื่อง โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สารที่ช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 6000 ppm : ให้ใช้อุปกรณ์ส่งอากาศสำหรับการหายใจ (Supplied - air respirator) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า ซึ่งมีการทำงานแบบความดันภายในเป็นบวก (pressure-demand / positive pressure mode) ซึ่งมีการทำงานของอัตราการไหลของอากาศแบบต่อเนื่อง โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50 หรือให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว (SCBA) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้าโดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50 หรือให้ใช้อุปกรณ์ส่งอากาศสำหรับการหายใจ (Supplied - airrespirator) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50
- ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน หรือการเข้าไปสัมผัสกับสารที่ไม่ทราบช่วงความเข้มข้น หรือการเข้าไปในบริเวณที่มีสภาวะอากาศที่เป็น IDLH : ให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว (SCBA) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า ซึ่งมีการทำงานแบบความดันภายในเป็นบวก (pressure-demand / positive pressure mode) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. =10,000 หรือให้ใช้อุปกรณ์ส่ง อากาศสำหรับการหายใจ (Supplied - air respirator) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า ซึ่งมีการทำงานแบบความดันภายในเป็นบวก (pressure-demand /positive pressure mode) หรือแบบที่ใช้การทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว และแบบความดันภายในเป็นบวก (combination with an auxilliary selfcontained positive-pressure breathing apparatus) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 10,000
- ในกรณีการหลบหนีออกจากสถานการณ์ฉุกเฉิน : ให้ใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับในกรณีการหลบหนีออกจากสถานการณ์ฉุกเฉินพร้อมอุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว(SCBA)

11. การปฐมพยาบาล (First Aid)

- หายใจเข้าไป : ถ้าหายใจเข้าไป ให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์ การปฐมพยาบาล ถ้าผู้ป่วยหยุดหายใจให้ช่วยผายปอด ถ้าหายใจติดขัดให้ออกซิเจนช่วย นำส่งไปพบแพทย์
- กินหรือกลืนเข้าไป : ถ้ากลืนหรือกินเข้าไป ถ้าผู้ป่วยมีสติและรู้สึกตัวอยู่ให้ผู้ป่วยดื่มน้ำ 1/2-1 แก้วเพื่อเจือจางสาร ถ้าผู้ป่วยอาเจียนให้ห้ามศีรษะให้ต่ำลงเพื่อหลีกเลี่ยงการหายใจเอาอาเจียนเข้าไป ให้ผู้ป่วยบ้วนล้างปากด้วยน้ำ นำส่งไปพบแพทย์
- สัมผัสถูกผิวหนัง : ถ้าสัมผัสถูกผิวหนัง ให้ถอดล้างผิวหนังทันทีด้วยน้ำปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาที พร้อมถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่ปนเปื้อนสารเคมีออก ชักทำความสะอาดเสื้อผ้าและรองเท้าก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ นำส่งไปพบแพทย์

- สัมผัสถูกตา : ถ้าสัมผัสถูกตา ให้ฉีดล้างตาทันทีด้วยน้ำปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาที โดยเปิดเปลือกตาให้กว้างขณะทำการล้าง นำส่งไปพบแพทย์
- อื่น ๆ: เอทานอลจะช่วยเผาผลาญเมทานอล ควรให้กิน 50% เอทานอล 1/2-1 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัว 1 kg ทุกๆ 2-4 ชั่วโมง เป็นเวลา 4 วัน

12. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

- สารนี้สามารถเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่าย
- สารนี้คาดว่าจะไม่ก่อให้เกิดการสะสมทางชีวภาพ
- เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เป็นพิษต่อปลา และแพลงก์ตอน
- เมื่อรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำ จะก่อให้เกิดสารผสมที่มีพิษ ไม่สามารถเจือจางได้ และอาจเกิดการผสมกับอากาศเหนือผิวน้ำ ให้ไอของสารที่ระเหยได้ ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบบำบัดน้ำทิ้ง หากมีการใช้และจัดการสารเคมีอย่างเหมาะสม

13. การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ (Sampling and Analytical)

NMAM NO. : 2000, 3800

วิธีการเก็บตัวอย่าง : หลอดเก็บตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์ : แก๊สโครมาโตกราฟี

- ข้อมูลอื่น ๆ :
- การเก็บตัวอย่างใช้ Silica gel
 - อัตราการไหลสำหรับเก็บตัวอย่าง 0.02 ถึง 2 ลิตรต่อนาที
 - ปริมาตรเก็บตัวอย่างต่ำสุด-สูงสุด ต่ำสุด 1 ลิตร สูงสุด 5 ลิตร

14. การปฏิบัติการฉุกเฉิน (Emergency Response)

- กรณีฉุกเฉินใช้บริการระบบให้บริการข้อมูลการระงับอุบัติเหตุจากสารเคมีทางโทรศัพท์หรือสายด่วน AVERS ที่หมายเลขโทรศัพท์ 1650
- ต้องการทราบรายละเอียดเพิ่มเติมติดต่อ กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ โทร 0 2298 2447 , 0 22982457

ค-3 โซเดียมไฮดรอกไซด์

1. การชั่งเบ่งเคมีภัณฑ์ (Chemical Identification)

ชื่อเคมี IUPAC : Sodium hydroxide
 ชื่อพ้องอื่นๆ : Caustic soda ; Lye; Sodium hydrate; Soda lye;
 White Caustic; Lye; caustic; Augus Hot Rod;
 สูตรโมเลกุล : NaOH สูตรโครงสร้าง : Na⁺ OH⁻



รหัส IMO :
 รหัส UN/ID NO.: 1823 รหัส EC NO. : 011-002-00-6
 รหัส CAS NO. : 1310-73-2 รหัส RTECS : WB 4900000
 รหัส EUEINECS/ELINCS : 215-185-5

2. การใช้ประโยชน์ (Uses)

- เป็นสารเคมีในห้องปฏิบัติการ

3. ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (Standard and Toxicity)

LD₅₀(มก./กก.): 40 (หนู) ID₅₀(ppm) : 6.11
 PEL-C(ppm) : 1.22 TLV-C(ppm) : 1.22
 พรบ. คุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541 (ppm) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง : 1.22
 สารเคมีอันตราย : ไซ้
 พรบ. วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 : ชนิดที่ 1
 หน่วยงานที่รับผิดชอบ : กรมโรงงานอุตสาหกรรม

4. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

สถานะ : ของแข็ง สี : ขาว
 กลิ่น : ไม่มีกลิ่น นน.โมเลกุล : 40
 จุดเดือด(°ซ.) : 1390 จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง(°ซ.) : 318
 ความถ่วงจำเพาะ(น้ำ=1) : 2.13 ความหนาแน่นไอ(อากาศ=1) : >1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการละลายน้ำที่(กรัม/100 มล.)	:	111	ที่ 20 °ซ.
ความเป็นกรด-ด่าง(pH)	:	13 - 14	ที่ 20 °ซ.
แฟคเตอร์แปลงหน่วย 1 ppm = 1.635 มก./ม ³ หรือ 1 มก./ม ³ = 0.611 ppm			ที่ 25 °ซ.

5. อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ :	การหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง และทำให้เกิดการทำลายต่อทางเดินหายใจส่วนบน ทำให้เกิดอาการจาม ปวดคอ หรือน้ำมูกไหล ปอดอักเสบอย่างรุนแรง หายใจติดขัด หายใจถี่เร็ว
สัมผัสทางผิวหนัง :	การสัมผัสถูกผิวหนัง จะก่อให้เกิดการระคายเคืองรุนแรง เป็นแผลไหม้ และเกิดเป็นแผลพุพองได้
กินหรือกลืนเข้าไป :	การกลืนหรือกินเข้าไป ทำให้แสบไหม้บริเวณปาก คอ กระเพาะอาหาร ทำให้เป็นแผลเป็น เลือดออกในกระเพาะอาหาร อาเจียน ท้องร่วง ความดันเลือดลดต่ำลง อาจทำให้เสียชีวิต
สัมผัสถูกตา :	การสัมผัสถูกตา จะมีฤทธิ์กัดกร่อน ทำให้เกิดการระคายเคืองรุนแรง เป็นแผลไหม้ อาจทำให้มองไม่เห็นถึงขั้นตาบอดได้
การก่อมะเร็ง :	การสัมผัสสารติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อ
ความผิดปกติอื่น ๆ :	สารนี้มีฤทธิ์กัดกร่อนเนื้อเยื่อ

6. ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

ความคงตัวทางเคมี :	สารนี้มีความเสถียรภายใต้สภาวะปกติของการใช้และการเก็บ
สารที่เข้ากันไม่ได้ :	น้ำ, กรด, ของเหลวไวไฟ, สารประกอบอินทรีย์ของฮาโลเจน โดยเฉพาะไตรคลอโรเอทิลีน ซึ่งอาจก่อให้เกิดไฟหรือการระเบิด การสัมผัสในโตรมีเทนและสารประกอบไนโตรทำให้เกิดเกลียวที่ไวต่อการกระแทก
สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง :	ความชื้น, ฝุ่น และสารที่เข้ากันไม่ได้
อันตรายจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ :	จะไม่เกิดขึ้น
สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว :	ไฮเดียมออกไซด์ การทำปฏิกิริยากับโลหะเกิดก๊าซไฮโดรเจนที่ไวไฟ
-สารนี้เมื่อผสมกับความชื้นในอากาศและทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเป็นสารไฮเดียมคาร์บอเนต	
-สารนี้มีฤทธิ์เป็นด่างเข้มข้น	

7. การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)



NFPA Code :

NFPA 704 Code

- สารนี้ไม่ทำให้เกิดอันตรายจากเพลิงไหม้ สารที่ร้อนหรือหลอมอยู่จะทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ
- สารนี้ทำปฏิกิริยากับโลหะ เช่น อะลูมิเนียม เกิดก๊าซไฮโดรเจนที่ไวไฟ
- สารดับเพลิงกรณีเกิดเพลิงไหม้ให้เลือกใช้สารดับเพลิง/วิธีการดับเพลิง ที่เหมาะสมสำหรับสภาพการเกิดเพลิงโดยรอบ ห้ามใช้น้ำในการดับเพลิง
- กรณีเกิดเพลิงไหม้ให้สวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA)

8. การเก็บรักษา/สถานที่เก็บ/เคลื่อนย้าย/ขนส่ง (Storage and Handling)

- เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด ป้องกันการเสียหายทางกายภาพ
- เก็บในบริเวณที่เย็นและแห้ง
- เก็บในบริเวณที่มีการระบายอากาศเพียงพอ
- เก็บห่างจากความร้อน, ความชื้น, สารที่เข้ากันไม่ได้
- เก็บห่างจากอะลูมิเนียม, แมกนีเซียม
- ภาชนะบรรจุของสารที่เป็นถังเปล่า แต่มีภาชนะเคมีตกค้างอยู่ เช่น ผุน ของแข็ง อาจเป็นอันตรายได้
- อย่าผสมสารนี้กับกรดหรือสารอื่นที่รุกราน
- ให้สังเกตคำเตือนและข้อควรระวังทั้งหมดที่ให้อ่านสำหรับสารนี้
- ชื่อในการขนส่ง : Sodium Hydroxide
- รหัส UN : 1832
- ประเภทอันตราย : 8
- ประเภทบรรจุหีบห่อ : กลุ่ม II
- รายงานข้อมูลสำหรับผลิตภัณฑ์/ขนาด : 300 ปอนด์

9. การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and Spill)

- วิธีการปฏิบัติในกรณีเกิดการหกรั่วไหล ระบายอากาศบริเวณสารหกรั่วไหล
- ป้องกันบุคคลเข้าไปในบริเวณสารรั่วไหล

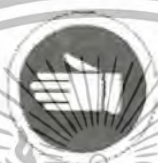
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสม
- ให้ดูดซับส่วนที่หกรั่วไหลด้วยทราย, แร่เวอร์มิคิวไลต์ หรือวัสดุดูดซับอื่น
- เก็บส่วนที่หกรั่วไหลในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิดเพื่อนำไปกำจัด โดยวิธีไม่ทำให้เกิดฝุ่น
- ป้องกันไม่ให้สารเคมีที่หกรั่วไหล ไหลลงสู่ท่อระบายน้ำ แม่น้ำ และแหล่งน้ำอื่น ๆ
- สารที่หลงเหลืออยู่ สามารถทำให้เจ็บจางด้วยน้ำหรือทำให้เป็นกลางด้วยกรด เช่น อะซีติก, ไฮโดรคลอริก, ซัลฟูริก
- การพิจารณาการกำจัด : ปฏิบัติให้เป็นไปตามกฎระเบียบที่ทางราชการกำหนด

10. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPD/PPE)



หน้ากากป้องกันการหายใจ



ถุงมือ



หน้ากากกระบังหน้า

ข้อแนะนำการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล(PPD/PPE) :

ข้อแนะนำในการเลือกประเภทหน้ากากป้องกันระบบหายใจ

- สารที่ขังความเข้มข้นไม่เกิน 125 ppm : ให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจประเภทที่ใช้การส่งอากาศสำหรับการหายใจ ซึ่งมีอัตราการไหลของอากาศแบบต่อเนื่อง โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 25 ให้ใช้อุปกรณ์ทำให้อากาศบริสุทธิ์ (Air - purifying respirator) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า และอุปกรณ์กรองอนุภาคประสิทธิภาพสูง (HEPA - filter) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50 หรือให้ใช้ อุปกรณ์ทำให้อากาศบริสุทธิ์ (Air - purifying respirator) ซึ่งมีอุปกรณ์กรองฝุ่น และละอองใด โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 25 หรือให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว (SCBA) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50 หรือให้ใช้อุปกรณ์ส่งอากาศสำหรับการหายใจ(Supplied - air respirator) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50
- ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน หรือการเข้าไปสัมผัสกับสารที่ไม่ทราบช่วงความเข้มข้น หรือการเข้าไปในบริเวณที่มีสภาวะอากาศที่เป็น IDLH : ให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว (SCBA) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า ซึ่งมีการทำงานแบบความดันภายในเป็นบวก (pressure-demand / positive pressure mode) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. =10,000 หรือให้ใช้อุปกรณ์ส่งอากาศสำหรับการหายใจ (Supplied - air respirator) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการทำงานแบบความดันภายในเป็นบวก (pressure-demand /positive pressure mode) หรือแบบที่ใช้การทำงาน ร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัวและแบบความดันภายในเป็นบวก(combination with an auxiliary selfcontained positive-pressure breathing apparatus) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 10,000

- ในกรณีการหลบหนีออกจากสถานการณ์ฉุกเฉิน : ให้ใช้อุปกรณ์ทำให้อากาศบริสุทธิ์ (Air - purifying respirator) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า (gas mask) ซึ่งมี Canister ที่สามารถป้องกันไอระเหยของสารอินทรีย์ ฟุน ละอองไอ และฝุ่น ให้ใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับในกรณีการหลบหนีออกจากสถานการณ์ฉุกเฉินพร้อมอุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50

11. การปฐมพยาบาล (First Aid)

หายใจเข้าไป : ถ้าหายใจเข้าไป ให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้าผู้ป่วยหยุดหายใจให้ช่วยผายปอด ถ้าหายใจลำบากให้ออกซิเจนช่วย นำส่งไปพบแพทย์

กินหรือกลืนเข้าไป : ถ้ากลืนหรือกินเข้าไปอย่ากระตุ้นให้เกิดการอาเจียน ให้ดื่มน้ำหรือนมปริมาณมากๆ ห้ามไม่ให้สิ่งใดเข้าปาก ผู้ป่วยหมดสติ นำส่งไปพบแพทย์

สัมผัสถูกผิวหนัง : ถ้าสัมผัสถูกผิวหนัง ให้ฉีดล้างผิวหนังทันทีด้วยน้ำปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาที พร้อมถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่เปื้อนเป็นสารเคมีออก นำส่งไปพบแพทย์ทันที ชักทำความสะอาดเสื้อผ้าและรองเท้าก่อนนำกลับมาใช้

สัมผัสถูกตา : ถ้าสัมผัสถูกตา ให้ฉีดล้างตาโดยทันทีด้วยน้ำปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาที พร้อมกระพริบตาถี่ๆ นำส่งไปพบแพทย์ทันที

12. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

- ห้ามทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ น้ำเสีย หรือดิน
- สารนี้ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
- สารนี้เป็นพิษต่อปลาก และแพลงค์ตอน ซึ่งส่งผลเป็นอันตรายเนื่องจากเปลี่ยนแปลงพีเอช อาจทำให้ปลาตายได้

13. การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ (Sampling and Analytical)

NMAM NO. : 7401

วิธีการเก็บตัวอย่าง : กระดาษกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข้อมูลอื่น ๆ :
- วิธีวิเคราะห์ใช้ acid - base titration
 - อัตราการไหลสำหรับเก็บตัวอย่าง 1 ถึง 4 ลิตรต่อนาที
 - ปริมาตรเก็บตัวอย่างต่ำสุด-สูงสุด ต่ำสุด 70 ลิตร สูงสุด 1000 ลิตร

14. การปฏิบัติกรณีฉุกเฉิน (Emergency Response)

AVERS Guide : 39

DOT Guide : 154

- กรณีฉุกเฉินใช้บริการระบบให้บริการข้อมูลการระบับุติภัยจากสารเคมีทางโทรศัพท์หรือสายด่วน AVERS ที่หมายเลข โทรศัพท์ 1650
- ต้องการทราบรายละเอียดเพิ่มเติมโปรดติดต่อ กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ โทร 0 2298 2447 , 0 2298 2457

