

การศึกษามูลค่าเพิ่มของกลีเซอรอลดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

นางสาวสายฝน อ่อนทอง



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A STUDY OF VALUE ADDED OF CRUDE GLYCEROL BY PRODUCT FROM BIODIESEL PRO
DUCTION PROCESS



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2014
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษามูลค่าเพิ่มของกลีเซอรอลดิบที่ได้จาก กระบวนการผลิตไบโอดีเซล
โดย	นางสาวสายฝน อ่อนทอง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)
.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)
.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ)
.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพ็ชร์)

สายฝน อ่อนทอง : การศึกษามูลค่าเพิ่มของกลีเซอรอลดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (A STUDY OF VALUE ADDED OF CRUDE GLYCEROL BY PRODUCT FROM BIODIESEL PRODUCTION PROCESS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร, 121 หน้า.

ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันพืชใช้แล้วเป็นสารตั้งต้น จะมีกลีเซอรอล (หรือเรียกกลีเซอรอลดิบ) เป็นผลพลอยได้ ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 10 ของไบโอดีเซลที่ได้ โดยมีสารอื่นเจือปน และมีคุณภาพต่ำ ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ในอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามูลค่าเพิ่มของกลีเซอรอลดิบที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำกลีเซอรอลบริสุทธิ์ขึ้นและมีไบโอดีเซลเป็นผลพลอยได้ โดยพิจารณาจากอัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุ วิธีการศึกษาดำเนินการโดย 1) สกัดกลีเซอรอลดิบด้วยกรด เพื่อให้ได้กลีเซอรอลและกรดไขมันอิสระ (FFA) โดยพิจารณาเลือกใช้ระหว่างกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ที่ค่า pH และอุณหภูมิ ต่างๆกัน 2) นำกลีเซอรอลที่ได้มาทำให้บริสุทธิ์มากขึ้นโดยใช้ สารละลายเฮกเซน กำจัดกลิ่นและสีด้วยผงถ่านกัมมันต์ 3) นำกรดไขมันอิสระ (FFA) มาทำปฏิกิริยากับเมทานอล ได้ไบโอดีเซล โดยมีกรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 4) วิเคราะห์หาปริมาณของกลีเซอรอล ตามวิธีการของ มอก.337 และหาความบริสุทธิ์ด้วยเครื่องอินฟราเรด สเปกโตรสโคปี 5) วิเคราะห์หาปริมาณและความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซล ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี และ 6) ประเมินอัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุของกลีเซอรอลบริสุทธิ์และไบโอดีเซลที่ได้เทียบกับมูลค่าวัตถุดิบที่ใช้ จากผลการศึกษา พบว่า 1) การสกัดกลีเซอรอลดิบด้วยกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ที่มีค่า pH เท่ากับ 2 ที่อุณหภูมิ $70^{\circ}C$ อัตราส่วนของสารละลายเฮกเซนและผงถ่านกัมมันต์ต่อหน่วยกลีเซอรอล (โดยน้ำหนัก) อยู่ที่ 1:1 และ 0.05:1 ตามลำดับ จะให้กลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์ของสูงสุดอยู่ที่ 91% 2) การทำปฏิกิริยาของกรดไขมัน (FFA) ด้วยอัตราปริมาณเมทานอลต่อสารอินทรีย์ (โดยน้ำหนัก) ที่ 1:1 ให้ผลผลิตไบโอดีเซลที่มีปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่ 97.3% 3) กรณีผลผลิตกลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์ 91% จะให้อัตรามูลค่าผลผลิตต่อวัตถุดิบที่ใช้เท่ากับ 1.4 ขณะที่ผลผลิตกลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์ 80% จะให้อัตรามูลค่าผลผลิตต่อวัตถุดิบที่ใช้เท่ากับ 1.8 4) ผลผลิตไบโอดีเซล จะให้อัตรามูลค่าผลผลิตต่อวัตถุดิบเท่ากับ 0.3 และ 5) เมื่อพิจารณาผลผลิตโดยรวมคือกลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์ 80% และไบโอดีเซลจะให้อัตรามูลค่าผลผลิตต่อมูลค่าวัตถุดิบเท่ากับ 0.6

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2557

5470414421 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS: GLYCEROL / BIODIESEL / FREE FATTY ACID

SAIFON AONTONG: A STUDY OF VALUE ADDED OF CRUDE GLYCEROL BY PRODUCT FROM BIODIESEL PRODUCTION PROCESS. ADVISOR: ASST. PROF.SOMCHAI PUAJINDANETR, Ph.D., 121 pp.

In biodiesel production process using waste oil as raw material could provide the glycerol (named crude glycerol) being the by-product having about 10 % of biodiesel product and being low quality, contaminations, and useless in industries. Therefore the objective of this research was to study the increasing value of the crude glycerol to produce more purified glycerol and biodiesel. The method was to 1) extract the crude glycerol with acid to obtain crude glycerol and fatty acid (FFA) by selecting between HCl and H₂SO₄ at various pH and reaction temperatures, 2) purify the crude glycerol by hexane and activated carbon, 3) produce biodiesel from fatty acid (FFA) reacted by methanol and using H₂SO₄ as the catalyst, 4) determine the quantity and purification of the glycerol obtained by the method of TIS336 and using infrared spectroscopy, respectively, 5) analyze the quantity and purification of the biodiesel obtained using the gas chromatography, and 6) determine the material value productivity of glycerol and biodiesel products. The study results were found that 1) the extraction of crude glycerol with H₂SO₄ at pH of 2 and temperature of 70°C, the ratio of hexane, activated carbon, and crude glycerol at 1, 0.05, and 1 by wt. could give the glycerol with 91% of purification, 2) the reaction of FFA by the methanol with the ratio of 1:1 by wt. gave the biodiesel having the methyl esters of 97.3%, 3) in the case of 91% of glycerol production could give the material value productivity of 1.4 whereas 80% of glycerol production could provide higher the material value productivity of 1.8, 4) for the biodiesel product, the material value productivity would be 0.3, and 5) if considering the total products of 80% of glycerol and biodiesel, the material value productivity would be 0.6.

Department: Industrial Engineering Student's Signature

Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature

Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษาแนะนำ ในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนการเอาใจใส่ในการทำงานมาตลอด

ขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่สนับสนุนอุดหนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ และความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือในการทำวิจัย

ขอบพระคุณบุคลากร เพื่อนนิสิตและรุ่นพี่ทุกคน จากภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอบคุณที่คอยช่วยเหลือ คอยส่งความปรารถนาดีและความห่วงใย สุดท้ายนี้วิทยานิพนธ์นี้คงเกิดขึ้นมิได้ ถ้าขาดกำลังใจและแรงสนับสนุนสำคัญจากครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ งานวิจัยนี้สามารถดำเนินและสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	11
สารบัญรูปภาพ.....	12
บทที่1.....	14
บทนำ.....	14
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	14
1.2 วัตถุประสงค์.....	16
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	16
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	16
1.5 วัตถุประสงค์ที่ตั้ง.....	16
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	17
บทที่2.....	21
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
2.1 น้ำมันไบโอดีเซล (biodiesel).....	22
2.1.1 คุณภาพของไบโอดีเซล.....	25
2.1.2 สมบัติของไบโอดีเซล.....	25
2.2 วัตถุประสงค์ที่ใช้ผลิตไบโอดีเซล.....	27
2.3 เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซล.....	28
2.4 เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลในเชิงพาณิชย์.....	29

1. เทคโนโลยีการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch technology)	29
2. เทคโนโลยีการผลิตแบบต่อเนื่องด้วยวิธีทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (Continuous Transesterification Technology).....	30
3. เทคโนโลยีการผลิตแบบต่อเนื่องที่ใช้ทั้งวิธีเอสเทอร์ริฟิเคชันและทรานส์เอสเทอร์ริฟิเค-ชัน .	30
2.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของไบโอดีเซล	31
2.6 การประยุกต์ใช้งานเครื่อง GC กับการวิเคราะห์ไบโอดีเซล	31
2.7 กรดไขมัน.....	32
2.8 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (Tansesterification reaction).....	33
2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน.....	34
2.10 กลีเซอรอล (Glycerol).....	37
2.11 คุณสมบัติกลีเซอรอล	39
2.12 ประโยชน์ของกลีเซอรอล	44
2.13 แนวทางการบำบัดกลีเซอรอลจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์	46
1. การเติมกรดแยกกรดไขมัน	47
2. การระเหย	49
3. การสกัดด้วยสารละลายอินทรีย์.....	49
4. การกำจัดสีและกลิ่น	50
2.14 คาร์บอนกัมมันต์ (Activated Carbon)	51
2.15 เทคนิควิเคราะห์สารด้วยอินฟราเรด (fourier transform infrared spectroscopy, FTIR).....	57
2.16 การหาปริมาณความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลด้วยการไทเทรต	59
2.17 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	61
บทที่ 3	68
วิธีดำเนินการวิจัย	68

3.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล	68
3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล.....	68
3.3 วัสดุและอุปกรณ์	70
3.4 วิธีการสกัดกลีเซอรอลดิบให้ได้กลีเซอรอล.....	74
3.5 วิธีการทำให้กลีเซอรอลดิบให้บริสุทธิ์ด้วยสารละลายเฮกเซน	75
3.6 วิธีการทำให้กลีเซอรอลดิบให้บริสุทธิ์ด้วยผงถ่านกัมมันต์	75
3.7 วิธีการผลิตไบโอดีเซลจากสารอินทรีย์	76
3.8 วิเคราะห์อัตราผลผลิตด้านวัสดุ	76
3.8.1 ประเมินอัตราปริมาณผลผลิตของกลีเซอรอลที่ได้.....	77
3.8.2 ประเมินอัตรามูลค่าผลผลิตที่ได้จำแนกได้ดังนี้	77
บทที่ 4	78
ผลการศึกษาและการดำเนินงาน.....	78
4.1.ผลการเติมกรด.....	78
4.2 ผลจากการเติมสารละลายเฮกเซน.....	83
4.3 ผลการเติมผงถ่านกัมมันต์	85
4.4 ผลการนำสารอินทรีย์มาผลิตไบโอดีเซล.....	88
4.5 ผลที่ได้จากการหาอัตราผลผลิต.....	89
4.6 ผลการประเมินต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกลีเซอรอลบริสุทธิ์และไบโอดีเซล.....	92
4.7 ประเมินมูลค่าของผลผลิตที่ได้.....	93
4.8 การเปรียบเทียบร้อยละของกลีเซอรอลที่ได้ในกระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์ของ งานวิจัยนี้กับงานวิจัยในอดีต.....	99
บทที่ 5	101
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	101

5.1 สรุปผลการทดลอง	101
5.2 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยนี้.....	102
รายการอ้างอิง	103
ภาคผนวก ก.....	108
การวิเคราะห์คุณภาพของกลีเซอรอล.....	108
ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณกลีเซอรอลตามมอก.337-2538 (Determination of glycerine content).....	108
ก.2 การวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลและองค์สารประกอบที่อยู่ในกลีเซอรอลโดยใช้เทคนิค FTIR.....	110
ภาคผนวก ข.....	114
ข.1 การคำนวณหาประสิทธิภาพของไบโอดีเซลที่ได้จากการผลิตด้วยเครื่อง GC.....	114
ข.2 การหาปริมาณกรดไขมันอิสระ	118
ภาคผนวก ค.....	120
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	121

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน	20
ตารางที่ 2.1 ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์	25
ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของกลีเซอรอล	40
ตารางที่ 2.3 ตารางคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของกลีเซอรอลชั้นคุณภาพต่างๆ	41
ตารางที่ 2.4 ผลของอุณหภูมิและความดันในการกำจัดกลีเซอรอลในน้ำมันชนิดต่างๆ	50
ตารางที่ 3.1 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง	70
ตารางที่ 4.1 ร้อยละของแต่ละชั้นสารที่เกิดจากการเติมกรดไฮโดรคลอริก	79
ตารางที่ 4.2 ปริมาณร้อยละของผลที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกที่ pH ต่างๆ	80
ตารางที่ 4.3 ร้อยละของกลีเซอรอล	81
ตารางที่ 4.4 อัตราปริมาณสารละลายเฮกเซนต่อกลีเซอรอล (โดยน้ำหนัก)	83
ตารางที่ 4.5 อัตราปริมาณถ่านกัมมันต์ต่อกลีเซอรอล (โดยน้ำหนัก)	85
ตารางที่ 4.6 ข้อมูลทางอินฟราเรดสเปกโตรสโคปีของกลีเซอรอลมาตรฐาน	87
ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ต้นทุนวัสดุหลักในการผลิตกลีเซอรอลบริสุทธิ์และไบโอดีเซล	92
ตารางที่ 4.9 สรุปการประเมินอัตราผลผลิตด้านวัสดุของผลผลิตที่ได้	96
ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์	99

สารบัญรูปร่างภาพ

หน้า

รูปภาพที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	19
รูปภาพที่ 2.1 สัดส่วนการนำเข้าพลังงานกับพลังงานที่ผลิตในประเทศ	21
รูปภาพที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของไบโอดีเซล	24
รูปภาพที่ 2.3 ปฏิกริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันของไบโอดีเซล	24
รูปภาพที่ 2.4 องค์ประกอบของเครื่อง Gaschromatography (GC)	31
รูปภาพที่ 2.5 แสดงปฏิกริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันทั้ง 3 ขั้นตอน	34
รูปภาพที่ 2.6 กลไกปฏิกริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกริยา.....	36
รูปภาพที่ 2.7 กลไกปฏิกริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกริยา	37
รูปภาพที่ 2.8 การเกิดปฏิกริยา	39
รูปภาพที่ 2.9 การนำกลีเซอรอลไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆทั่วโลก	45
รูปภาพที่ 2.10 กระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์	47
รูปภาพที่ 2.11 เครื่อง FT-IR spectrometer	57
รูปภาพที่ 2.12 ส่วนประกอบของเครื่อง FTIR spectrometer	58
รูปภาพที่ 2.13 ปฏิกริยาปฏิกริยาของการไทเทรต	60
รูปภาพที่ 2.14 ปฏิกริยาปฏิกริยาของการไทเทรต	60
รูปภาพที่ 4.1 กลีเซอรอลดิบที่เป็นผลพลอยได้จากไบโอดีเซล.....	78
รูปภาพที่ 4.2 กราฟปริมาณกลีเซอรอลที่ได้จากการแยกโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก.....	82
รูปภาพที่ 4.3 กราฟปริมาณกลีเซอรอลที่ได้จากการแยกโดยใช้กรดซัลฟิวริก.....	82
รูปภาพที่ 4.4 กราฟปริมาณกลีเซอรอลที่ได้จากการเติมเฮกเซน.....	84
รูปภาพที่ 4.5 กราฟปริมาณกลีเซอรอลที่ได้จากการเติมถ่านกัมมันต์.....	86
รูปภาพที่ 4.6 อินฟราเรดสเปกตรัม (FTIR) กลีเซอรอลมาตรฐาน 99.5%.....	87

รูปภาพที่ 4.7 อินฟราเรดสเปกตรัม (FTIR) กลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้จากการทดลอง	88
รูปภาพที่ 4.8 เมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล	89
รูปภาพที่ 4.9 ผลผลิตกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ใช้เป็นสารตั้งต้น	90
รูปภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างราคาขายกับปริมาณกลีเซอรอล (%Glycerol)	93
รูปภาพที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างราคา (บาท) กับอัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุที่ได้.....	98



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันเชื้อเพลิงชีวภาพได้รับความนิยอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตที่สามารถนำมาใช้งานได้และมีการหมุนเวียนเกิดขึ้นใหม่ตลอดเวลาจึงเป็นการง่ายที่จะนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ต้องอาศัยการทับถมของซากพืชซากสัตว์เป็นเวลาหลายล้านปี ซึ่งไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่ในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้นพลังงานทดแทนจึงเป็นเหมือนทางเลือกที่หลายประเทศต่างให้ความสนใจเป็นอย่างมากเพราะมีคาร์บอนต่ำและหาง่าย

สถานการณ์พลังงานที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องอีกทั้งแหล่งพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด แต่การสร้าง ความมั่นคงทางเศรษฐกิจ ประกอบกับการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกอย่างต่อเนื่องทำให้มีการใช้พลังงานอย่างมาก ซึ่งสถานการณ์ยังคงเป็นอยู่เช่นนี้ต่อไปในอนาคตพลังงานฟอสซิลโดยเฉพาะจาก น้ำมัน และถ่านหิน มีแนวโน้มที่จะหมดไป ก่อให้เกิดปัญหาพลังงาน สภาวะโลกร้อนจากการใช้พลังงาน รวมไปถึงพื้นที่ในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงทำให้ทั่วโลกมีการตื่นตัวในเรื่องการใช้พลังงานทดแทนเป็นอย่างมาก

ประเทศไทยมีการตื่นตัวในการใช้พลังงาน โดยประเทศไทยมีการพึ่งพาพลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลเป็นหลัก จึงได้ให้ความสำคัญกับพลังงานทดแทนโดยเฉพาะพลังงานไบโอดีเซล โดยเมื่อวันที่ 18 มกราคม 2548 คณะรัฐมนตรีได้มีมติเห็นชอบในยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบและส่งเสริมการใช้ไบโอดีเซลจากปาล์มและวันที่ 17 พฤษภาคม 2548 มีมติเห็นชอบแผนปฏิบัติการพัฒนาและส่งเสริมการผลิตและการนำไปใช้ไบโอดีเซลทดแทนน้ำมันดีเซลร้อยละ 10 ในปี 2555 หรือ 8.05 ล้านลิตรต่อวัน ส่งเสริมการใช้วัตถุดิบน้ำมันปาล์มและน้ำมันพืชใช้แล้ว ส่งเสริมการผลิตและใช้ไบโอดีเซลผสมน้ำมันดีเซลสัดส่วน 5% (B5) ในบางพื้นที่ตั้งแต่ปี 2548 เพื่อลดการพึ่งพาและการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงแล้วไบโอดีเซลมีศักยภาพสูง ไม่แตกต่างจากน้ำมันปิโตรเลียมมากนักผลิตได้จากพืชน้ำมัน

ภายในประเทศ ส่งเสริมภาคเกษตรกรรม กระจายความเสี่ยงในการจัดหาเชื้อเพลิงแล้วไบโอดีเซลยังเป็นพลังงานก่อกมลพิษน้อยช่วยลดภาวะโลกร้อนอีกด้วย สร้างความมั่นคงทางพลังงาน

ไบโอดีเซลผลิตส่วนใหญ่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน วัตถุดิบในการผลิตได้แก่กลุ่มน้ำมันพืช น้ำมันสัตว์และน้ำมันใช้แล้ว ซึ่งเป็นสารที่มีไตรกลีเซอไรด์เป็นองค์ประกอบหลักทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอลหรือเอทานอลเป็นต้น โดยมีกรดหรือเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งจะได้ไบโอดีเซลเป็นผลิตภัณฑ์และกลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้ในการผลิตไบโอดีเซลมักจะนิยมใช้น้ำมันใช้แล้วมากที่สุดเพราะมีปริมาณมาก หาได้ง่าย จากการสำรวจของสถานจัดการและอนุรักษ์พลังงานมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2548 พบว่าประเทศไทยมีน้ำมันใช้แล้วทั้งประเทศมีปริมาณสูงถึง 74 ล้านลิตรต่อปี นับว่าเป็นปริมาณมากและเหมาะสมที่จะนำมาผลิตไบโอดีเซลได้อย่างต่อเนื่องและมีศักยภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาการ กลีเซอรอลที่เป็นผลพลอยได้จากน้ำมันพืชใช้แล้ว

กลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์สูงนั้นมีการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง อุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ เครื่องดื่ม สบู่ ยาสูบ การแพทย์เนื่องจากกลีเซอรอลมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นอันตราย เป็นสารให้ความชุ่มชื้น มีรสหวาน และมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคได้ดีและในการการผลิตไบโอดีเซลนั้นผู้ประกอบการมักจะประสบกับปัญหา การกำจัดกลีเซอรอลดิบซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตไบโอดีเซล เป็นภาระของผู้ประกอบการที่จะต้องมีการจัดการที่ถูกต้องไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต กลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลนั้นมีคุณภาพต่ำไม่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้ มีสารเจือปน เช่น เมทิลเอสเตอร์ กรดไขมันอิสระ เมทานอล และสิ่งเจือปนอื่นๆจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งกลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลนั้นจะมีปริมาณร้อยละ 10 ของปริมาณไบโอดีเซล ในประเทศไทยมีบริษัทที่ผลิตไบโอดีเซลถึง 15 บริษัท กำลังการผลิตอยู่ที่ 5.26 ล้านลิตรต่อวัน จึงทำให้มีปริมาณผลพลอยได้คือกลีเซอรอลดิบอยู่ที่ 0.526 ล้านลิตรต่อวัน[1]. สามารถนำไปแยกสารเจือปนออกเช่น กรดไขมันอิสระ หรือเมทานอล ที่อยู่ในกลีเซอรอลเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตไบโอดีเซลเป็นต้น หลายงานวิจัยพยายามคิดค้นหาวิธี เพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งจากการผลิตไบโอดีเซล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจจะนำกลีเซอรอลไปใช้ประโยชน์โดยการนำไปแยกสารเจือปน เพื่อให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อหาอัตราผลผลิตด้านวัสดุของกลีเซอรอลและไบโอดีเซลที่ได้จากกระบวนการสกัดโดยใช้กรดเป็นตัวทำละลาย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.ศึกษาเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ
- 2.หาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกสารอินทรีย์จากกลีเซอรอลจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลซึ่งใช้น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว
- 3.กลีเซอรอลที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตไบโอดีเซลของน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบสภาวะที่เหมาะสมในการแยกสารอินทรีย์จากกลีเซอรอลดิบเพื่อให้ได้กลีเซอรอลบริสุทธิ์มากขึ้น
2. ทราบกระบวนการผลิตหรือปริมาณผลผลิต (Yield) ต่อกลีเซอรอลดิบที่ได้จากผลพลอยได้จากการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว
3. เพิ่มมูลค่าของกลีเซอรอลดิบจากโดยนำไปผลิตเป็นกลีเซอรอลบริสุทธิ์และผลิตไบโอดีเซล
4. เพื่อทราบอัตราการผลผลิตของกลีเซอรอลบริสุทธิ์และไบโอดีเซลเทียบกับกลีเซอรอลดิบที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว
5. ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ได้จริงในเชิงอุตสาหกรรม

1.5 วัตถุดิบตั้งต้น

กลีเซอรอลดิบซึ่งที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาปริมาณ pH ระยะเวลาที่ใช้ในการแยกกลีเซอรอลและสารอินทรีย์จากกลีเซอรอลดิบ ด้วยกรดไฮโดรคลอริกและกรดซัลฟิวริก

2. ศึกษาปริมาณเฮกเซนและระยะเวลาที่ใช้ในการแยกกรดไขมันอิสระจากกลีเซอรอลที่ได้ จากข้อที่ (1)

3. ศึกษาปริมาณถ่านกัมมันต์และระยะเวลาที่ใช้ในการกำจัดสีและกลิ่นออกจากกลีเซอรอลที่ได้จากข้อที่ (2)

4. ตรวจสอบความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลและสิ่งเจือปน

5. นำสารอินทรีย์ที่ได้จากข้อ (1) มาทำการผลิตไบโอดีเซลด้วยวิธีการเอสเตอริฟิเคชัน

6. ตรวจสอบปริมาณไบโอดีเซลที่ได้

7. นำค่าเหมาะสมที่ได้จากข้อ (1) , (2) , (3) , (4) นำมาทำการทดลองที่กลีเซอรอลดิบ 1 กิโลกรัม

8. ประเมินอัตราปริมาณผลผลิตของกลีเซอรอลที่ได้

$$8.1 \text{ อัตราปริมาณผลผลิตของกลีเซอรอล} = \frac{\text{ปริมาณกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้ (D)}}{\text{ปริมาณกลีเซอรอลดิบที่ใช้ (A)}}$$

$$8.2 \text{ อัตราปริมาณผลผลิตของไบโอดีเซล} = \frac{\text{ปริมาณไบโอดีเซลที่ได้ (C)}}{\text{ปริมาณกลีเซอรอลดิบที่ใช้ (A)}}$$

$$8.3 \text{ อัตราปริมาณผลผลิตรวม} = \frac{\text{ปริมาณกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้ (D)} + \text{ปริมาณไบโอดีเซลที่ได้ (C)}}{\text{ปริมาณกลีเซอรอลดิบที่ใช้ (A)}}$$

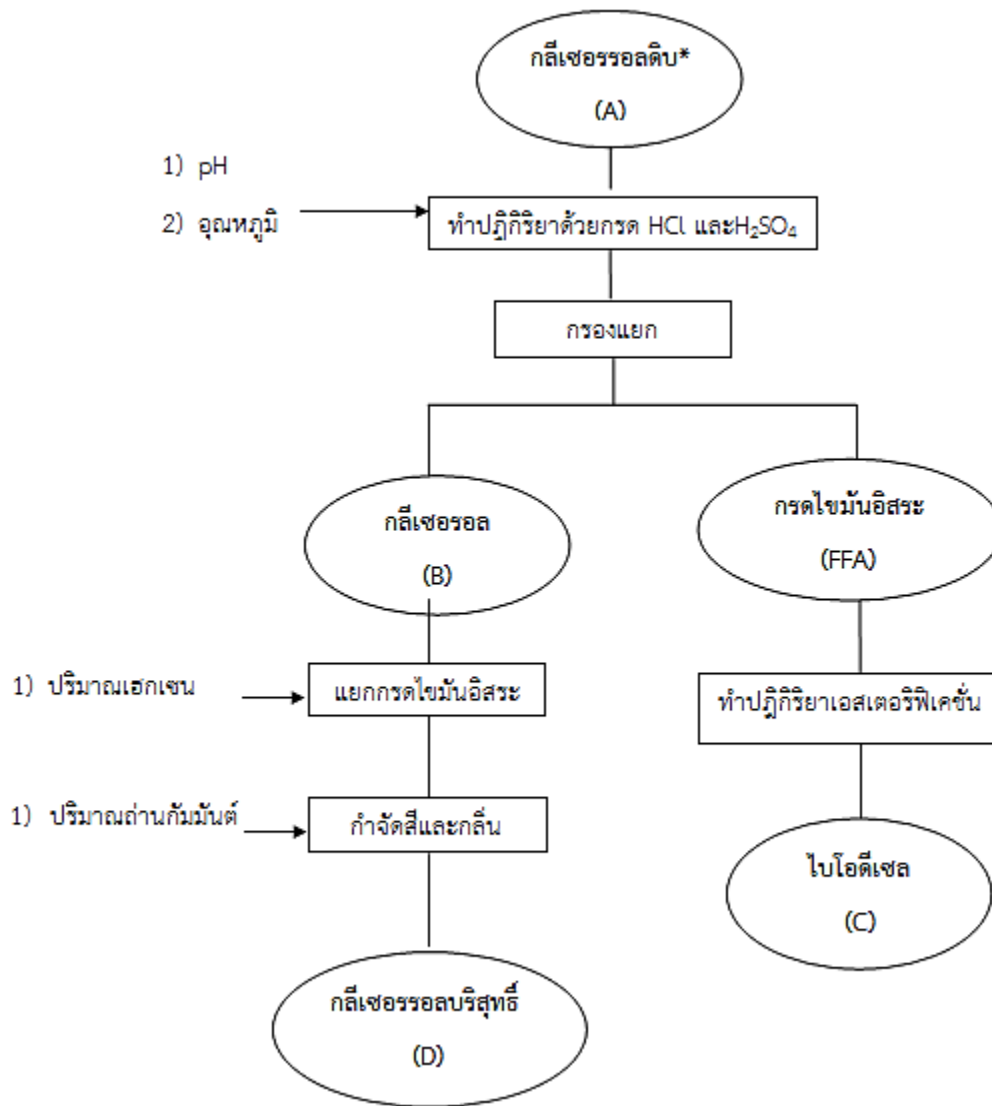
9. ประเมินอัตรามูลค่าผลผลิตที่ได้จำแนกได้ดังนี้

$$9.1 \text{ อัตรามูลค่าผลผลิตของกลีเซอรอลที่ได้} = \frac{\text{มูลค่าของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้ (บาท)}}{\text{มูลค่าของวัตถุดิบที่ใช้ (บาท)}}$$

$$9.2 \text{ อัตรามูลค่าผลผลิตของไบโอดีเซล} = \frac{\text{มูลค่าของไบโอดีเซลที่ได้ (บาท)}}{\text{มูลค่าของวัตถุดิบที่ใช้ (บาท)}}$$

$$9.3 \text{ อัตรามูลค่าผลผลิตรวมกลีเซอรอลและไบโอดีเซล} \\ = \frac{\text{มูลค่าของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้และมูลค่าของไบโอดีเซลที่ได้ (บาท)}}{\text{มูลค่าของวัตถุดิบที่ใช้ (บาท)}}$$





หมายเหตุ A กำหนดให้เป็นสัญลักษณ์แทนกลีเซอรอลดิบ

B กำหนดให้เป็นสัญลักษณ์แทนกลีเซอรอล 80%

C กำหนดให้เป็นสัญลักษณ์แทนไบโอดีเซล

D กำหนดให้เป็นสัญลักษณ์แทนกลีเซอรอลบริสุทธิ์ 91%

* กลีเซอรอลดิบที่ได้จากไบโอดีเซล

รูปภาพที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

	เดือน 2556				
	พ.ค.	มี.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
ขั้นตอนการดำเนินงาน					
1) สำรองข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง					
2) ทำการทดลองและศึกษาการแยกสารเจือปนจากกลีเซอรอลดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตใบตองของน้ำมันพืชใช้แล้ว					
3) ตรวจสอบคุณสมบัติของกลีเซอรอลเบื้องต้นที่ได้หลังจากการแยกสารเจือปน					
4) ศึกษาหาปัจจัยเบื้องต้นที่มีผลต่อประสิทธิภาพไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วจากการศึกษาข้อมูลและทฤษฎีจากเอกสาร					
5) ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชใช้แล้วเทียบกับคุณสมบัติที่เป็นไปตามมาตรฐานไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์ที่กำหนดโดยกรมธุรกิจบริการ					
6) ทดลองที่เหมาะสมในกระบวนการแยกกรดไขมันโดยวิเคราะห์จากปริมาณกลีเซอรอลที่ได้					
7) ทดลองที่เหมาะสมในกระบวนการดกลีและกลั่นโดยวิเคราะห์จากปริมาณกลีเซอรอลที่ได้จากการแยก					
8) ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของกลีเซอรอลเทียบกับกลีเซอรอลดิบที่ได้มาจากระบวนการผลิตไบโอดีเซลของน้ำมันพืชใช้แล้ว					
9) ทำการทดลองนำกลีเซอรอลที่ผลิตที่ 1,000 กรัม					
10) สรุปผลการทดลอง					
11) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์					

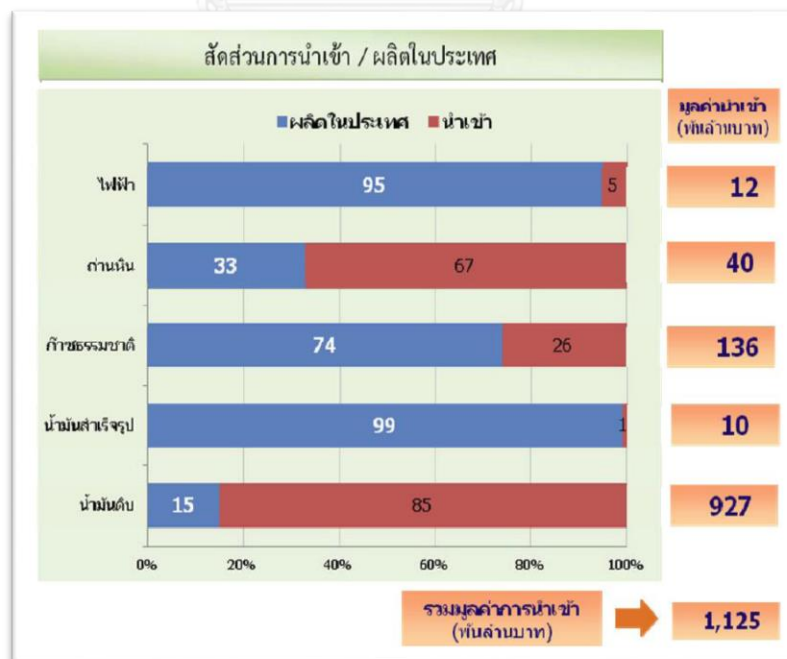
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันทั่วโลกต่างก็หันมาใช้พลังงานทดแทนหรือพลังงานจากแหล่งอื่น ที่ใช้ทดแทนพลังงานจากฟอสซิล กันเพิ่มมากขึ้น เนื่องด้วยพลังงานปิโตรเลียมมีความผันผวนของราคาน้ำมัน อีกทั้งความต้องการการใช้พลังงานต่างก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทั้งประเทศที่พัฒนาแล้วและกำลังพัฒนาต่างก็แข่งขันกันในด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม หากมีการได้เปรียบในด้านพลังงานแล้วจะสามารถทำให้ประเทศมีศักยภาพในการแข่งขันที่สูง ลดต้นทุนในการผลิตช่วยลดการนำเข้าและยังส่งเสริมเกษตรกรให้มีรายได้อีกด้วย

ดังนั้นหลายประเทศจึงหันมาใช้พลังงานทดแทนกันอย่างกว้างขวาง ประเทศไทยเองประเทศไทยพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นจำนวนมากทำให้ประเทศต้องประสบปัญหาสูญเสียเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าน้ำมันดิบเป็นมูลค่ามหาศาลส่งผลกระทบต่อดุลการค้าของประเทศอย่างมาก

รูปภาพที่ 2.1 สัดส่วนการนำเข้าพลังงานกับพลังงานที่ผลิตในประเทศ



ที่มา : กระทรวงพลังงาน 2555

ประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นหลักจากข้อมูลในปี 2554 ที่ผ่านมา พบว่ากว่าร้อยละ 60 ของความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น มาจากการนำเข้าโดยมีสัดส่วนการนำเข้าน้ำมันสูงถึงร้อยละ 80 ของปริมาณการใช้น้ำมันทั้งหมดภายในประเทศ และยังมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอีกเพราะไม่สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตปิโตรเลียมในประเทศได้ทันกับความต้องการใช้งานการพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างจริงจังจะช่วยลดการพึ่งพาและการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานชนิดอื่นและยังช่วยกระจายความเสี่ยงในการจัดหาเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตไฟฟ้าของประเทศซึ่งเดิมต้องพึ่งพาก๊าซธรรมชาติเป็นหลักมากกว่าร้อยละ 70 โดยพลังงานทดแทน ถือเป็นหนึ่งในเชื้อเพลิงเป้าหมายที่คาดว่าจะสามารถนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าทดแทนก๊าซธรรมชาติได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานลมแบบทุ้งกังหันลมพลังน้ำขนาดเล็กชีวมวลก๊าซชีวภาพและขยะและหากเทคโนโลยีพลังงานทดแทนเหล่านี้มีต้นทุนถูกลงและได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางก็อาจสามารถพัฒนาให้เป็นพลังงานหลักในการผลิตไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยได้ในอนาคต[2].

นอกจากนี้ประเทศไทยยังประสบปัญหาด้านภูมิอากาศส่งผลให้เกิดปัญหาพืชผลทางการเกษตรไม่สม่ำเสมอเกิดภาวะขาดตลาดบ้างล้นตลาดบ้างทำให้ราคาพืชผลทางการเกษตรไม่แน่นอนเกษตรกรไทยต้องพบกับความเดือดร้อนการนำเข้าพืชผลทางการเกษตรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลและใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลจะเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้โดยไม่มีวันหมดเนื่องจากวงจรในการผลิตพลังงานสั้น จึงสามารถผลิตพลังงานได้อย่างพอเพียงต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและยังช่วยรักษาราคาและปริมาณพืชผลทางการเกษตรให้สมดุลในการนำมาใช้ผลิตอาหารและใช้เป็นเชื้อเพลิงลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและภาวะโลกร้อนรักษาเงินตราต่างประเทศและสร้างความมั่นคงด้านพลังงานให้แก่ประเทศอย่างยั่งยืนประเทศไทยจึงได้มีการพัฒนาและส่งเสริมให้มีการนำพืชผลทางการเกษตรมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนโดยมีนโยบายในการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนเชื้อเพลิง[3].

2.1 น้ำมันไบโอดีเซล (biodiesel)

เป็นเชื้อเพลิงดีเซลที่ผลิตจากแหล่งทรัพยากรหมุนเวียนเช่นน้ำมันพืชไขมันสัตว์ หรือสาหร่ายไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือก นอกเหนือจากดีเซลที่ผลิตจากปิโตรเลียมโดยมีคุณสมบัติการเผาไหม้เหมือนกับดีเซลจากปิโตรเลียมมาก และสามารถใช้ทดแทนกันได้คุณสมบัติ

สำคัญของไบโอดีเซลคือ สามารถย่อยสลายได้เอง ตามกระบวนการชีวภาพในธรรมชาติและไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

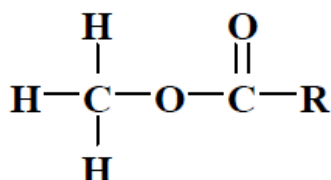
ไบโอดีเซลได้เริ่มมีการใช้ครั้งแรกเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม ค.ศ 1893 โดยน้ำมันไบโอดีเซลถูกนำมาทดลอง ใช้ในเครื่องยนต์เป็นผลสำเร็จครั้งแรกของโลก โดย รูดอล์ฟ ดีเซล (Rudolf C.Diesel : 1858-1913) ซึ่งเป็นวิศวกรชาวเยอรมัน ผู้ประดิษฐ์เครื่องยนต์ที่มีชื่อว่า ดีเซล เป็นผลสำเร็จในปี 1893 และจดสิทธิบัตรในถัดมา การทดลองในครั้งนั้น ได้นำเครื่องยนต์ลูกสูบเดี่ยวที่ทำจากเหล็กยาว 3 เมตร ซึ่งมีล้อเฟืองติดอยู่ที่ฐานมาทดลองใช้กับน้ำมันไบโอดีเซลเป็นผลสำเร็จเป็นครั้งแรกของโลก ในเมืองอ็กส์บวร์ก ประเทศเยอรมนี แล้วยังกำหนดวันนั้นเป็นวันไบโอดีเซลระหว่างประเทศ และได้นำไบโอดีเซลที่ทำมาจากน้ำมันถั่วมาทดลองกับเครื่องยนต์อีกครั้งที่เวสต์ แพร์ ที่กรุง ปารีส ประเทศฝรั่งเศสในปี 1898 ทั้งนี้เพราะเขาเชื่อว่าไบโอดีเซลจะเป็นน้ำมันที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์มากที่สุดในอนาคต

ประชาคมยุโรปเป็นแหล่งผลิตดีเซลที่ใหญ่ที่สุดในโลก โดยมี เยอรมนี ฝรั่งเศส สเปน เป็นผู้นำการผลิต และมีการส่งเสริมการใช้ไบโอดีเซลล้วน B100 ในรถบรรทุก โพล์สวาเกนเป็นบริษัทแรกที่พัฒนารถยนต์เพื่อใช้ B100 เป็นเชื้อเพลิงและให้การรับประกันเต็มที่แก่ลูกค้า[4].

สำหรับประเทศไทยนั้นไบโอดีเซลได้ถูกนำมาใช้ตั้งแต่ปี 2001 โดยเป็นโครงการหลวงเช่นโครงการหลวงการสวนจิตรลดาของในหลวงเพื่อที่จะช่วยเหลือชาวนาโดยก่อนหน้านี้ในปี 1985 ในหลวงทรงโปรดให้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สร้างโรงกลั่นขนาดเล็กขึ้นที่อ่าวเล็กเพื่อผลิตน้ำมันปาล์ม ในปี 2000 นั้นได้โปรดให้กองการในพระองค์ได้ทดลองใช้น้ำมันปาล์มกับรถยนต์เครื่องดีเซลที่พระตำหนักไกลกังวล อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในปี 2001 และในวันที่ 18 พฤษภาคม 2004 คณะรัฐมนตรีได้ให้ความเห็นชอบยุทธศาสตร์ไบโอดีเซล โดยมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมให้มีการผลิต ไบโอดีเซลทดแทนน้ำมันไบโอดีเซล จัดทำมาตรฐานไบโอดีเซลและส่งเสริมการผลิตไบโอดีเซลในชุมชนและเชิงพาณิชย์โดยมีเป้าหมายจำหน่าย B10 ทั่วประเทศ โดยมีกำลังผลิตรวม 85 ล้านลิตรต่อวัน

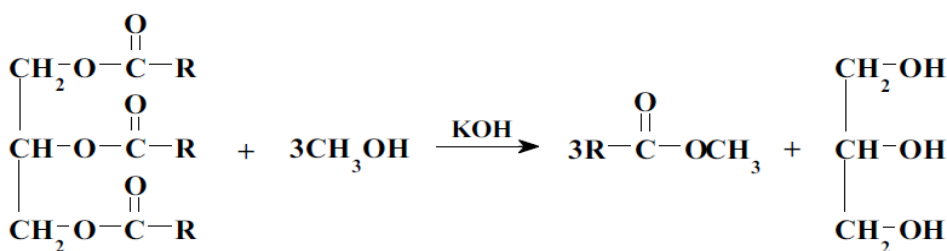
ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงดีเซล จัดเป็นสารประเภทเอสเทอร์ทำจากน้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า กระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (Transesterification Process) โดยให้น้ำมันพืชทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์เช่นเมทานอลหรือเอทานอลและมีด่างเป็นตัวเร่ง

ปฏิกิริยา มีลักษณะเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน เรียกว่า Fatty Acid Methyl Ester การเรียกชื่อประเภทของไบโอดีเซลขึ้นกับชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เช่น เมทิลเอสเทอร์เป็นเอสเทอร์ที่ได้จากการใช้เมทานอลเป็นสารในการทำปฏิกิริยาหรือเอทิลเอสเทอร์ เป็นเอสเทอร์ที่ได้จากการใช้เอทานอลเป็นสารในการทำปฏิกิริยา เป็นต้นไบโอดีเซลแบ่งได้เป็น 3 ชนิดคือ



รูปภาพที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของไบโอดีเซล

1. ไบโอดีเซลที่ได้จากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ซึ่งสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้เลยเป็นการนำน้ำมันพืชต่างๆมาโดยไม่ต้องผสมหรือเติมแต่งสารใดๆเลย
2. ไบโอดีเซลแบบผสม เป็นการนำน้ำมันพืชหรือน้ำมันจากสัตว์มาผสมกับน้ำมันก๊าดหรือน้ำมันดีเซลก่อนนำไปใช้เช่นโคโคดีเซล (Coco-diesel) และปาล์มดีเซล (Palm-diesel) เป็นต้นเพื่อให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันไบโอดีเซลมากที่สุด
3. ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ ได้จากปฏิกิริยาเคมีที่เรียกว่าทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (Transesterification process) ซึ่งนำแอลกอฮอล์มาทำปฏิกิริยากับน้ำมันจากพืชหรือสัตว์โดยใช้กรด หรือต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา[5].



ไตรกลีเซอไรด์ เมทานอล แอลคิลเอสเทอร์ กลีเซอรอล

รูปภาพที่ 2.3 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันของไบโอดีเซล

จากรูปที่ 2.3 แสดงปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันของไบโอดีเซล[6]. โดยใช้ต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไบโอดีเซลเอสเทอร์มีคุณสมบัติที่เหมือนกับน้ำมันดีเซลมากที่สุดแต่ให้การเผาไหม้ที่สะอาดกว่าไอเสียมีคุณภาพดีกว่าเพราะออกซิเจนให้การสันดาปที่สมบูรณ์กว่าน้ำมันดีเซลจึงทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์น้อยและในไบโอดีเซลเอสเทอร์ไม่มีกำมะถันจึงไม่มีปัญหาเรื่องซัลเฟตนอกจากนี้

ยังมีเขม่าคาร์บอนน้อยจึงไม่ทำให้เกิดการอุดตันของระบบไอเสียและยังช่วยยืดอายุการทำงานของเครื่องยนต์ได้อีกด้วย

2.1.1 คุณภาพของไบโอดีเซล

ข้อกำหนดลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลปาล์ม(บริษัท) [7].

ตารางที่ 2.1 ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์

รายการ	วิธีทดสอบ	ข้อกำหนด กรมธุรกิจ พลังงาน	น้ำมันดีเซล	ดีเซลปาล์ม (บริษัท)
Specific gravity @ 15.6/15.6 °C	ASTM D 1298	0.81-0.87	0.8326	0.8342
Cetane index	ASTM D 976	min 47	56.6	57.2
Viscosity @ 40 °C cSt	ASTM D 445	1.8-4.1	3.137	3.725
Pour point °C	ASTM D 97	max 10	-2	-3
Sulfur content %wt	ASTM D 5453,4294	max 0.035	0.033	0.032
Copper strip corrosion (number)	ASTM D 130	max 1	1a	1a
Carbon residue %wt	ASTM D 4530	max 0.05	n.a.	< 0.001
Water and sediment %vol.	ASTM D 2709	max 0.05	< 0.005	Traces
Ash %wt	ASTM D 482	max 0.01	n.a.	0.001
Flash point °C	ASTM D 93	min 52	64.0	70
Distillation 90% recovered °C	ASTM D 86	max 357	353.5	356.2
Colour	ASTM D 1500	max 4.0	L1.0	0.5
Lubricity by HFRR μ m	CEC F-06-A-96	max 460	< 460	204
Additives (In case it has been put)	Need to be approved by Energy Business Dept.			

2.1.2 สมบัติของไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลโดยเครื่องยนต์บางรุ่นอาจต้องการการปรับปรุงระบบเชื้อเพลิงและถังเชื้อเพลิงเล็กน้อยการใช้งานส่วนใหญ่จึงนิยมไปผสมกับน้ำมันดีเซลเพื่อส่งเสริมให้เกิดการใช้ไบโอดีเซลอย่างแพร่หลายหลายประเทศทั่วโลกจึงต้องกำหนดมาตรฐานสำหรับ

คุณภาพไบโอดีเซลขั้นสูงเช่นในประเทศสหรัฐอเมริกา มีมาตรฐาน ASTM D6751 ในทวีปยุโรป มีมาตรฐานรวมกันที่ใช้ EN14214 : 2003 ประเทศสหพันธ์รัฐเยอรมนี มีมาตรฐาน DIN E51606 และประเทศออสเตรเลีย มีมาตรฐานที่กำหนดขึ้นใช้เองเรียกว่า Fuel standard (Biodiesel) determination 2003 เป็นต้นสำหรับประเทศกรมธุรกิจพลังงานกระทรวงพลังงานได้ออกประกาศเพื่อกำหนดคุณภาพและลักษณะของไบโอดีเซล[24]. ไบโอดีเซลเป็นผลผลิตที่ได้จากน้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการทางเคมี คุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลอย่างไรก็ตามเนื่องจากมันดีเซลและไบโอดีเซลมีองค์ประกอบและมีโครงสร้างที่แตกต่างกันทำให้ไบโอดีเซลยังคงมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากน้ำมันดีเซลซึ่งบางคุณสมบัติเป็นข้อได้เปรียบและบางคุณสมบัติเป็นข้อเสียเปรียบเมื่อนำไบโอดีเซลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลเช่นไบโอดีเซลมีจุดวาบไฟสูงกว่าน้ำมันดีเซลทำให้มีความปลอดภัยในการขนส่งมากกว่า เป็นต้น [26]. ไบโอดีเซลเป็นพลังงานหมุนเวียนสามารถผลิตได้จากพืชผลทางการเกษตรน้ำมันดีเซลผลิตได้จากมันปิโตรเลียม[27]. ซึ่งไบโอดีเซลผลิตจากน้ำมันพืชต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันเนื่องจากน้ำพืชเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันอยู่ในโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ถึงร้อยละ 94-96% ของน้ำหนักโมเลกุลทำให้คุณสมบัติของน้ำมันมีคุณสมบัติทั้งทางเคมีและทางกายภาพเป็นไบโอดีเซลตามกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบอยู่ดังนั้นเมื่อนำน้ำมันพืชชนิดนั้นๆมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลไบโอดีเซลที่ได้จะมีคุณสมบัติตามกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบนั้น[26].

ข้อดีของไบโอดีเซล

1. ไบโอดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่สามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปได้ทันทีโดยไม่ต้องทำการปรับเปลี่ยนหรือปรับแต่งเครื่องยนต์
2. ลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศและลดการนำเงินตราออกนอกประเทศ
3. ไบโอดีเซลช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ดีเซล
4. ช่วยส่งเสริมรายได้ให้กับภาคการเกษตร
5. ลดปัญหาภาวะโลกร้อนและลดภาวะมลพิษในอากาศ

2.2 วัตถุดิบที่ใช้ผลิตไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเหลวที่ผลิตได้จากน้ำมันพืชและไขมันสัตว์เช่นปาล์มมะพร้าวถั่วเหลืองทานตะวันเมล็ดเรพ (rape seed) สบู่ดำหรือน้ำมันพืชน้ำมันสัตว์ที่ใช้แล้วซึ่งพืชน้ำมันเหล่านี้เป็นแหล่งทรัพยากรที่สามารถผลิตทดแทนได้ในธรรมชาติ[16].

2.2.1 เมล็ดเรพมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆเหมือนเมล็ดงาเป็นพืชล้มลุกประเภทวัชพืชที่พบอยู่ทั่วไปในทวีปยุโรปมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica napus* ในปีพ.ศ.2525 ได้มีการริเริ่มคิดค้นกระบวนการ Trans-Esterification โดยใช้เมล็ดเรพที่สถาบัน Institute of Organic Chemistry, Graz, Austria และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคเป็นอย่างดีปัจจุบันเมล็ดเรพเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตไบโอดีเซลมากที่สุดในยุโรปคือมีส่วนแบ่งในการผลิตถึงร้อยละ 80 ของวัตถุดิบอื่นๆทั้งหมดซึ่งประเทศเยอรมันถือได้ว่าเป็นทั้งผู้นำในการนำไบโอดีเซลมาใช้แทนน้ำมันดีเซลและเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้วัตถุดิบจากเมล็ดเรพนอกจากนี้ยังมีประเทศฝรั่งเศสและสเปนที่ใช้เมล็ดเรพและทานตะวันเป็นวัตถุดิบเช่นกัน

2.2.2 ถั่วเหลืองเป็นพืชน้ำมันที่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตไบโอดีเซลมากที่สุดในสหรัฐอเมริกาซึ่งมีปริมาณการผลิตถั่วเหลืองสูงถึงกว่า 30 ล้านตันต่อปีนอกจากนี้ยังมีประเทศอิตาลีซึ่งนิยมใช้ถั่วเหลืองในการผลิตไบโอดีเซล

2.2.3 ปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยขณะนี้เนื่องจากเป็นพืชที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่นคือมีต้นทุนการผลิตต่ำให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงโดยปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตน้ำมันต่อไร่สูงกว่าเมล็ดเรพซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตไบโอดีเซลในประเทศแถบยุโรปถึง 5 เท่าและสูงกว่าถั่วเหลืองที่ใช้กันมากในสหรัฐอเมริกาถึง 10 เท่าเนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นทนต่อผลกระทบจากภัยธรรมชาติอีกทั้งสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นานถึง 20 ปี

2.2.4 สบู่ดำเป็นพืชน้ำมันอย่างหนึ่งที่ภาครัฐมีนโยบายส่งเสริมให้ปลูกเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลชุมชนเนื่องจากเป็นพืชที่เพาะปลูกง่ายไม่ต้องดูแลมากทนต่อสภาพแล้งและน้ำท่วมทำให้ปลูกได้ในพื้นที่ทั่วประเทศแม้แต่ในพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้น้อยสามารถเก็บเกี่ยว

ผลผลิตได้ภายในหนึ่งปีหลังปลูกและมีอายุยืนกว่า 30 ปีอีกทั้งปลูกได้ในพื้นที่แห้งแล้งน้ำมันที่บีบจากผลสุบุดำสามารถนำมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลรอบต่ำสำหรับการเกษตรแทนน้ำมันดีเซลได้ทันที

2.2.5 น้ำมันพืชใช้แล้วในระหว่างที่ต้องรอการขยายพื้นที่เพาะปลูกปาล์มให้เพียงพอ วัตถุประสงค์อีกประเภทหนึ่งที่ควรส่งเสริมให้นำไปผลิตไบโอดีเซลคือน้ำมันพืชใช้แล้วซึ่งนอกจากจะเป็นประโยชน์ด้านพลังงานแล้วยังช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและสาธารณสุขโดยในช่วง 20 ปีที่ผ่านมาทั่วโลกมีอัตราเฉลี่ยในการบริโภคน้ำมันพืชเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 4 ต่อปีส่งผลให้ปัจจุบันมีการบริโภคน้ำมันพืชสูงกว่า 100 ล้านตันต่อปีเพราะวิถีการบริโภคที่หันมานิยมอาหารประเภทจานด่วน (Fast Food) ที่ปรุงด้วยการทอดมากขึ้นผลที่ตามมาคือน้ำมันพืชใช้แล้วจำนวนมากที่เหลือจากการปรุงอาหารซึ่งจำเป็นต้องหาวิธีจัดการไม่ว่าเป็นการกำจัด บำบัดหรือนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่โดยมิก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและสาธารณสุขทั้งนี้ยังไม่รวมในส่วนของอุตสาหกรรมและครัวเรือนต่างๆ ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้มีความสนใจการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว

2.3 เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซล

เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล[19]. แบ่งเป็น 3 กระบวนการได้แก่

1. กระบวนการทรานเอสเตอริฟิเคชัน (Transesterification process)

ที่ใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและเมทานอล มีข้อดีคือ เป็นเทคโนโลยีที่มีการลงทุนไม่สูงมาก ใช้อุณหภูมิต่ำ ความดันไม่ต่ำกว่า 2 บรรยากาศ ผลที่ได้ของปฏิกิริยาสูงถึง 98% แต่กระบวนการนี้ไม่เหมาะกับวัตถุดิบที่มีปริมาณกรดไขมันสูง เนื่องจากจะเกิดสบู่ทำให้ผลผลิตที่ได้ (yeild) ลดลง

2. กระบวนการเอสเทอริฟิเคชัน (Esterification process)

ที่ใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและเมทานอล จะสามารถใช้กับวัตถุดิบทุกชนิดที่มีค่ากรดไขมันอิสระทุกระดับ แต่ข้อด้อยคือ ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานและอุณหภูมิสูงกว่าใช้เบสเป็นตัวเร่ง ทำให้มีต้นทุนสูงกว่า

3. กระบวนการ 2 ขั้นตอน (Two-stage process)

ขั้นตอนที่ 1 เป็นปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน และขั้นตอนที่ 2 เป็นปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันเป็นการแก้ปัญหาจุดด้อยของทั้ง 2 กระบวนการข้างต้น คือ ใช้ได้กับน้ำมันที่มีค่ากรดไขมันสูง ในขณะที่เดียวกันก็มีการใช้พลังงานต่ำโดยอาศัยหลักการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เปลี่ยนกรดไขมันอิสระให้เป็นเอส-เทอร์ก่อน จากนั้นจึงใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ถึงแม้ว่ากระบวนการนี้จะใช้พลังงานต่ำแต่หากวัตถุดิบมีค่ากรดไขมันอิสระสูงมาก ๆ กระบวนการแรกจะใช้เวลาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสูงขึ้นด้วย

2.4 เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลในเชิงพาณิชย์

เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลในเชิงพาณิชย์ ในปัจจุบันมี 3 ประเภทได้แก่แบบไม่ต่อเนื่อง (Batch technology) แบบต่อเนื่องด้วยปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน แบบต่อเนื่องชนิดที่ใช้ทั้ง 2 ขั้นตอนปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันและทรานเอสเทอริฟิเคชันควบคู่กันไป[3].

1. เทคโนโลยีการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch technology)

เป็นเทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลแบบไม่ต่อเนื่องโดยป้อนน้ำมันเข้าเครื่องแบบถังตามด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ละลายในเมทานอลตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้มากที่สุดคือโซเดียมไฮดรอกไซด์รองลงมาคือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ภายใต้ภาวะ การกวนอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ น้ำมันตัวเร่งปฏิกิริยาและแอลกอฮอล์ผสมเข้ากันเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจึงหยุดกวนเพื่อให้กลีเซอรอลที่เกิดขึ้นแยกตัวออกจากผลิตภัณฑ์น้ำมันและลดการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับจากนั้นแยกชั้นเมทิลเอสเทอร์และกลีเซอรอลออกจากกันต่อมาแยกแอลกอฮอล์ออกจากชั้นกลีเซอรอลและชั้นเมทิลเอสเทอร์และทำเมทิลเอสเทอร์ให้เป็นกลางด้วยกรดล้างด้วยน้ำอุ่นตามด้วยสารละลายกรดเจือจางเพื่อกำจัดเมทานอลและเกลือที่เหลืออยู่และทำให้แห้งถ่ายผลิตภัณฑ์เมทิลเอสเทอร์สุดท้ายที่ได้เข้าสู่ถังเก็บส่วนกลีเซอรอลจะถูกทำให้เป็นกลางและล้างด้วยน้ำเทคโนโลยีต้นทุนถูกแต่คุณภาพผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอและมีกำลังการผลิตต่อครั้งไม่มากนัก

2. เทคโนโลยีการผลิตแบบต่อเนื่องด้วยวิธีทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Continuous Transesterification Technology)

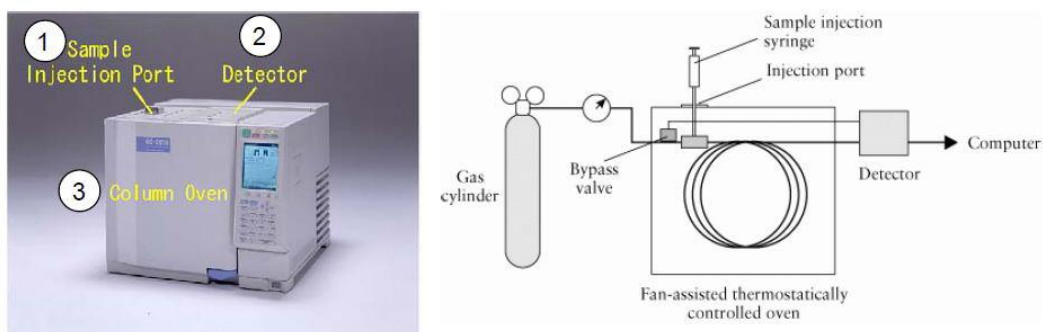
เป็นเทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลโดยเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ซึ่งเป็นให้เป็นโมโนแอลคิลเอสเทอร์ (mono-alkyl ester) และกลีเซอรอลโดยทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์เช่นเมทานอลตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้โดยทั่วไปคือกรดและเบสโรงงานผลิตไบโอดีเซลในเชิงพาณิชย์ส่วนใหญ่มักใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสเพราะตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสจะเร่งปฏิกิริยาได้เร็วกว่าใช้ปริมาณเมทานอลน้อยกว่าและใช้ระยะเวลาสั้นกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยจึงถูกกว่าเบสที่นิยมใช้คือโซเดียมไฮดรอกไซด์เนื่องจากราคาถูกกว่าโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์แต่กระบวนการนี้ไม่เหมาะกับวัตถุดิบที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงเนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาเบสจะทำปฏิกิริยาสaponification กับกรดไขมันอิสระเกิดเป็นสบู่ขึ้นและทำให้ผลได้ (yield) ของไบโอดีเซลลดลงเทคโนโลยีที่มีการลงทุนสูงกว่าแบบไม่ต่อเนื่องแต่คุณภาพผลิตภัณฑ์ดีกว่าและมีกำลังการผลิตสูงกว่า

3. เทคโนโลยีการผลิตแบบต่อเนื่องที่ใช้ทั้งวิธีเอสเทอร์ฟิเคชันและทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

เป็นเทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซล 2 ขั้นตอนขั้นตอนแรกเป็นปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันและขั้นตอนที่สองเป็นปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันกระบวนการนี้สามารถใช้ได้กับวัตถุดิบหลายชนิดรวมทั้งน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงเช่นไขมันสัตว์น้ำมันพืชใช้แล้วเป็นต้นโดยในขั้นแรกเป็นกระบวนการทำเอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันพืชด้วยแอลกอฮอล์โดยมีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมันให้เป็นเอสเทอร์และน้ำก่อน เนื่องจากในปฏิกิริยานี้มีน้ำเกิดขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมกรดจะรวมตัวกับน้ำอยู่ด้านล่างของเครื่องทำให้สูญเสียตัวเร่งปฏิกิริยาและการเร่งปฏิกิริยาลดลงจึงจำเป็นต้องแยกน้ำออกโดยการระเหยการปล่อยให้แยกหรือการปั่นเหวี่ยงน้ำที่ถูกแยกออกจะเป็นของผสมของน้ำและเมทานอลจากนั้นทำเมทิลเอสเทอร์ให้เป็นกลางด้วยเบสและทำให้แห้งไตรกลีเซอไรด์และเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ผ่านเข้ากระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเป็นขั้นที่สองโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเทคโนโลยีนี้ได้ผลผลิตมากกว่าสองประเภทแรกแต่หากวัตถุดิบมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงมากกระบวนการในขั้นตอนแรกจะใช้เวลามากขึ้นส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่อเนื่องของไบโอดีเซลสูงขึ้นด้วย

2.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของไบโอดีเซล

การวิเคราะห์คุณสมบัติของไบโอดีเซลจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี (Gaschromatography; GC) แก๊สโครมาโทกราฟีเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่มีรายงานในวารสารวิชาการมากวิธีหนึ่งเนื่องจากเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์สารที่สามารถระเหยกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิพอเหมาะ ดังนั้นเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีจึงสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ในไบโอดีเซลจำพวกโมโนกลีเซอไรด์ไดกลีเซอไรด์และไตรกลีเซอไรด์ได้



รูปภาพที่ 2.4 องค์ประกอบของเครื่อง Gaschromatography (GC)

จากรูปภาพที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบของเครื่อง GC [8]. โดยส่วนประกอบที่สำคัญสำหรับการใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ในการวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์มี 3 ส่วนคือ

- injector : ส่วนที่สารตัวอย่างถูกฉีดเข้าสู่เครื่องและระเหยเป็นแก๊สก่อนเข้าสู่คอลัมน์ อุณหภูมิที่เหมาะสมของ injector ควรเป็นอุณหภูมิที่สูงพอที่จะทำให้สารสามารถระเหยได้แต่ไม่ทำให้สารสลายตัว (decompose)
- Oven : ส่วนที่ใช้สำหรับบรรจุ column และควบคุมอุณหภูมิของ column ให้เป็นไปตามที่กำหนด
- Detector : ส่วนที่ตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง (Flame Ionization Detector; FID)

2.6 การประยุกต์ใช้งานเครื่อง GC กับ การวิเคราะห์ไบโอดีเซล

- ตรวจวิเคราะห์ปริมาณกลีเซอรอลอิสระกลีเซอรอลทั้งหมดและปริมาณโมโนกลีเซอไรด์ไดกลีเซอไรด์และไตรกลีเซอไรด์ (EN 14105)

- ตรวจสอบวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันทั้งหมด (EN14103)

มีรายงานอยู่ในวารสารวิชาการเป็นจำนวนมากซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้สองแบบ [4-6] โดยแบบที่ (1) เป็นการวัดปริมาณของเมทิลเอสเทอร์โดยตรงซึ่งใช้สารมาตรฐานของเมทิลเอสเทอร์ที่ทราบปริมาณหรือความเข้มข้นมาทำเป็นกราฟมาตรฐานแบบที่ (2) เพื่อให้การวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ได้ผลดีขึ้นจะทำได้โดยการเปลี่ยนให้เป็นสารอนุพันธ์โดยปฏิกิริยาไตรเมทิลไซลิเลชัน (Trimethylsilylation) ของหมู่ไฮดรอกซิลของสารโมโนกลีเซอไรด์ไดกลีเซอไรด์และไตรกลีเซอไรด์ดังในรายละเอียดตามวิธีมาตรฐานของ ASTM D6584 [8]. สำหรับงานวิจัยนี้ได้สนใจทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของไบโอดีเซลในการหาค่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ของการผลิตไบโอดีเซล (% FAME ; Fatty Acid Methyl Esters)

2.7 กรดไขมัน

กรดไขมันเป็นกรดอินทรีย์ มีสูตรทั่วไปคือ RCOOH มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อนเมื่ออยู่ในสารละลายและสามารถแตกตัวได้ดังสมการ[9].



สมการ (2.1)

กรดไขมันสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) กรดไขมันประเภทนี้ประกอบด้วยคาร์บอนอะตอมต่อกันด้วยพันธะเดี่ยว ส่วนใหญ่จะสะสมในเนื้อเยื่อสัตว์ กรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากที่สุดคือ กรดปาล์มมิติก กรดสเตียริก และกรดไมริสติก และกรดไขมันอีกประเภทหนึ่งคือกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) กรดไขมันประเภทนี้จะมีพันธะคู่ตั้งแต่หนึ่งพันธะขึ้นไปในโมเลกุล ในจำนวนคาร์บอนอะตอมที่เท่ากัน กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีมวลโมเลกุลน้อยกว่ากรดไขมันอิ่มตัว ดังนั้นจึงมีจุดเดือดต่ำกว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบส่วนมาก เช่น กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก เป็นต้น

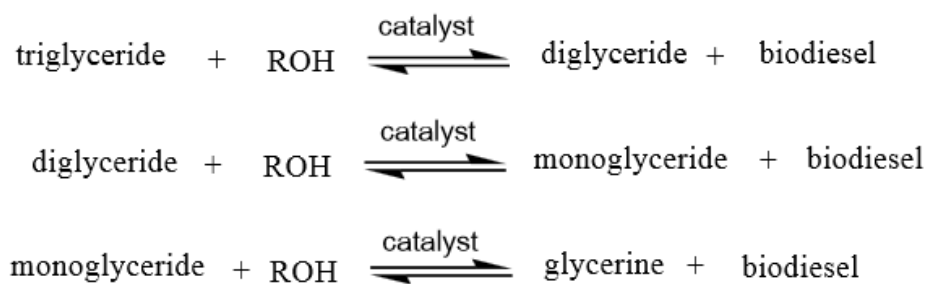
กรดไขมันในธรรมชาติส่วนมากจะพบในรูปของเอสเทอร์ของกลีเซอรอล เนื่องจากหมู่คาร์บอกซิลมีลักษณะเป็นลูกโซ่คาร์บอน เช่น ไตรกลีเซอไรด์ และฟอสโฟลิพิด ซึ่งเป็นพันธะเอสเทอร์ของไตรกลีเซอไรด์จะสลายตัวในกรดหรือเบสได้ง่ายทั้งนี้คุณสมบัติทางเคมีของกรดไขมันจะขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาในโมเลกุลของไขมันตรงตำแหน่งพันธะเอสเทอร์ และในโมเลกุลของกรดไขมันสามารถเกิด

ปฏิกิริยาเคมี เช่น ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ปฏิกิริยาสaponนิฟิเคชัน ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน เป็นต้น ปัจจุบันปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาที่สามารถให้ผลิตภัณฑ์เป็นเอสเทอร์ ที่เรียกว่า น้ำมันไบโอดีเซล ค่อนข้างสูงกว่าปฏิกิริยาอื่น โดยใช้ น้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์มาทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ ใช้กรดหรือเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ผลิตภัณฑ์ร่วมเป็นกลีเซอรอลดิบ (Crude Glycerol) และ เมทิลหรือเอทิลเอสเทอร์ขึ้นอยู่กับ ชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ซึ่งแอลกอฮอล์ที่สามารถใช้ได้นั้นจะมีคาร์บอนตั้งแต่ 1 ถึง 8 อะตอม ส่วนมากจะเป็นเมทานอล และเอทานอล ซึ่งเมทานอลจะมีราคาที่ถูก และทำปฏิกิริยาได้ดีกว่า เนื่องจากมีโมเลกุลที่เล็กที่สุด ส่วนใหญ่ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันต้องการอัตราส่วนของแอลกอฮอล์ต่อไตรกลีเซอไรด์คือ 3:1 แต่ในทางปฏิบัติต้องการอัตราส่วนที่มากเกินไปเพื่อผลักดันสมดุลของปฏิกิริยาให้เกิดผลผลิตเอสเทอร์ สูงที่สุด (Ma.F.; & Hanna, M.A. 1999 :1-15)

2.8 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Tansesterification reaction)

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันคือกระบวนการทางเคมีที่เกิดจากหมู่อัลคิล (alkoxyl group ,RO-)ของไตรกลีเซอไรด์ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ โดยมีการใช้กรด ต่างหรือเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมแล้วจะได้เอสเทอร์ออกมาซึ่งชนิดของเอสเทอร์ที่ได้ขึ้นอยู่กับ ชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ นอกจากนี้ยังได้กลีเซอรอลเป็นผลผลิตพลอยได้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถใช้ได้คือ กรด เบส และเอนไซม์ กลไกในการเกิดปฏิกิริยาแตกต่างกัน โดยกรดสามารถเร่งปฏิกิริยาเคมี ด้วยการให้โปรตอนแก่ หมู่อัลคอกซี ในขณะที่ด่างสามารถเร่งปฏิกิริยาโดยการย้ายโปรตอนจาก แอลกอฮอล์

สำหรับกลไกการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน เป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ โดย ขั้นตอนแรกไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) จะถูกเปลี่ยนเป็นไดกลีเซอไรด์ (diglyceride) และ น้ำมันไบโอดีเซล (biodiesel) และไดกลีเซอไรด์เกิดเป็นปฏิกิริยาเป็นโมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride) และกลีเซอริน (glycerine) ในที่สุดตามสมการ[31].



รูปภาพที่ 2.5 แสดงปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันทั้ง 3 ขั้นตอน
จากรูปภาพที่ 2.5 แสดงปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันทั้ง 3 ขั้นตอน[9].ซึ่งในแต่ละปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาแบบผันกลับได้ แต่สมดุลของปฏิกิริยามีแนวโน้มของทิศทางไปทางด้าน การเกิดผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ของกรดไขมันและกลีเซอริน

2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน

ก ปริมาณกรดไขมันอิสระ

ซึ่งในวัตถุประสงค์ควรมีปริมาณไม่สูงกว่าร้อยละ 3 ถ้ามีปริมาณสูงกว่าจะทำให้กรดไขมันอิสระทำปฏิกิริยากับต่างเกิดเป็นสบู่ในการนำน้ำมันที่ใช่แล้วจึงจำเป็นต้องลดปริมาณกรดไขมันอิสระลงให้น้อยกว่าร้อยละ 2 ก่อนที่จะทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันด้วยต่างเพื่อใช้เป็นน้ำมันตั้งต้นในกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลต่อไป[32]. แต่หากสารที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระที่สูงจะไม่เหมาะกับตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส ซึ่งจะไปทำปฏิกิริยากับกรดไขมัน เกิดเป็นสบู่ กรณีมีกรดไขมันอิสระสูงควรเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรดเช่น กรดซัลฟิวริก เป็นต้น

ข แอลกอฮอล์ที่ใช้

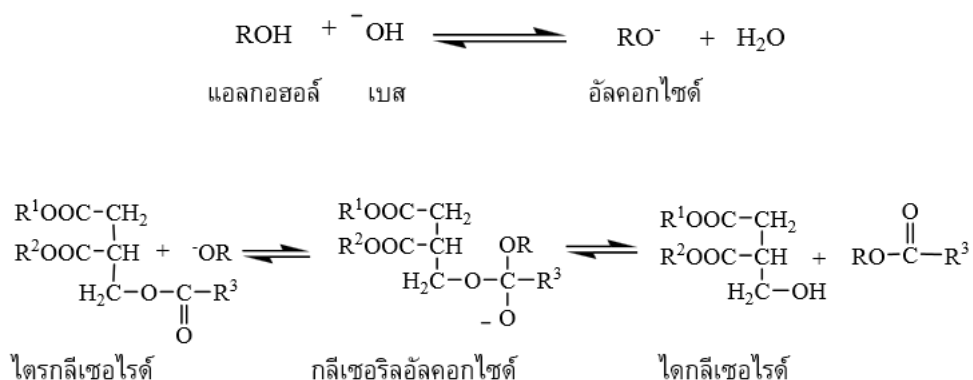
แอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันมีหลายชนิด ได้แก่ เมทานอล เอทานอล โพรพานอล ไอโซโพรพานอล บิวทานอล และเพนทานอล เป็นต้นแต่ที่นิยมใช้มากที่สุดคือ เมทานอลและเอทานอล โดยเฉพาะเมทานอลนิยมมากที่สุดเนื่องจากมีราคาถูก ขนาดโมเลกุลเล็ก และมีขั้วสูงกว่าทำสามารถเร่งปฏิกิริยาได้ง่าย อย่างไรก็ตามในการปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันควรใช้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่มากเกินไป เพื่อให้สมดุลของปฏิกิริยาไปทางขวา และทำให้ได้อัตราร้อยละของผลผลิตสูง

ค ตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันได้แก่ เบสเช่นโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซดาไฟ (Sodium hydroxide : NaOH), โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์หรือด่างคลี (Potassium Hydroxide : KOH), โซเดียมเมทอกไซด์ (Sodium methoxide : CH_3ONa) หรือกรดเช่นกรดซัลฟิวริกหรือกรดกำมะถัน (Sulfuric acid : H_2SO_4), กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดเกลือ (Hydrochloric acid : HCl) และเอนไซม์เช่นไลเปสซึ่งเมื่อพิจารณาตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 3 ชนิดพบว่าในกระบวนการผลิตของโรงงานนิยมใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบสมากกว่ากรดเนื่องจากสามารถเร่งปฏิกิริยาได้เร็วกว่าซึ่งกลไกการเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสอีกทั้งยังกัดกร่อนน้อยกว่ากรดใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาน้อยกว่าส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์จำใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานกว่ากรดและเบสมากน้ำมันปาล์มดิบสามารถสังเคราะห์เป็นน้ำมันเมทิลเอสเทอร์ได้โดยกระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชันแต่เนื่องจากว่าน้ำมันปาล์มดิบโดยปกติจะมีกรดไขมันอิสระที่สูง[32]. ดังนั้นการใช้กระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชันที่มีต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไม่สามารถได้ผลที่ดีจำเป็นต้องใช้กระบวนการเอสเตอริฟิเคชันที่ใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจึงจะเหมาะสมกว่า[33].

ตัวเร่งชนิดเบส

กลไกการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันโดยนิยมนิยมเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถอธิบายได้ดังนี้เมื่อเติมตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบสลงไปผสมกับแอลกอฮอล์ตัวเร่งปฏิกิริยาจะอยู่ในรูปของหมู่อัลคอกไซด์ (RO^-) หลังจากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาโดยขั้นตอนแรกหมู่อัลคอกไซด์จะเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอนิลของอะตอมคาร์บอนของโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์เพื่อจัดรูปเกิดเป็นสารมัธยันตร์ที่ไม่เสถียรอยู่ในรูปของลิเซอริลอัลคอกไซด์มีโครงสร้างเป็นทรงเหลี่ยมสี่หน้าจากนั้นสารที่ไม่เสถียรจะแตกตัวได้ผลิตภัณฑ์เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันและไดกลีเซอไรด์หลังจากนั้นไดกลีเซอไรด์จะเกิดปฏิกิริยาเป็นโมโนกลีเซอไรด์และโมโนกลีเซอไรด์จะเกิดปฏิกิริยาเป็นกลีเซอริน[31].



เมื่อ $\text{}^{-}\text{OH}$ = Base catalyst

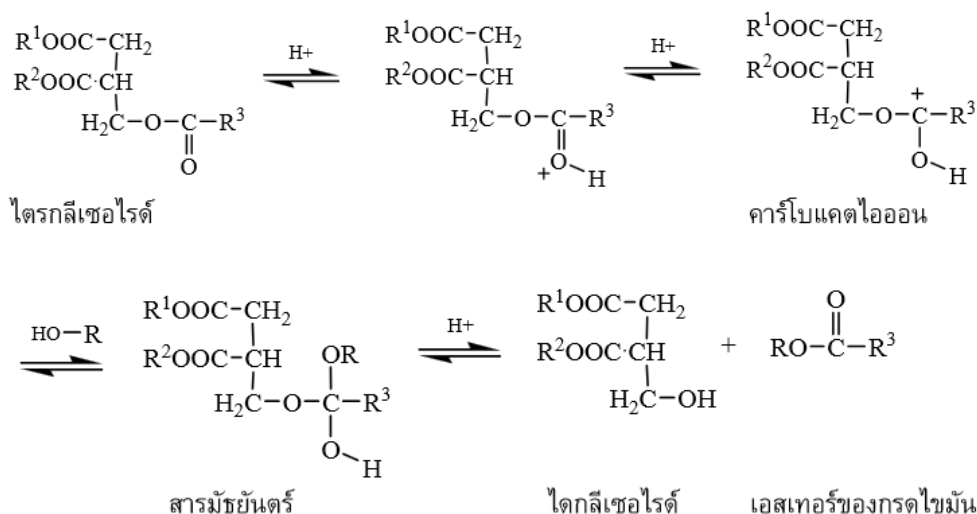
R1 , R2 , R3 = Carbon chain of the fatty acid

R = Alkyl group of alcohol

รูปภาพที่ 2.6 กลไกปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากรูปที่ 2.6 แสดงกลไกปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งผลพลอยได้คือกลีเซอริน[34].

ตัวเร่งชนิดกรด

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ด้วยกรดโดยโปรตอนของกรดจะเข้าไปทำให้ไอออนของหมู่คาร์บอนิลของเอสเทอร์เกิดการเคลื่อนที่ และจัดเรียงตัวใหม่เกิดเป็นคาร์โบด้วยนิวคลีโอไฟล์ของแอลกอฮอล์เกิด tetrahedral intermediate โดย intermediate จะปล่อยกลีเซอรอลออกมาทำให้เกิดเอสเทอร์ใหม่และตัวเร่งปฏิกิริยาใหม่กลายเป็นคาร์โบแคตไอออน จากนั้นแอลกอฮอล์จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับคาร์โบแคตไอออนเกิดเป็นสารมัธยันต์ก่อนจะแตกตัวอีกครั้งเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน และโปรตอนของกรดหลังจากนั้นไดกลีเซอไรด์จะเกิดเป็นมอนอกลิเซอไรด์ และมอนอกลิเซอไรด์จะเกิดปฏิกิริยาเป็นกลีเซอรอล ซึ่งมีรูปแบบการเกิดปฏิกิริยาเช่นเดียวกับเบส [31].



R1,R2,R3 = Carbon chain of the fatty acid

R = Alkyl group of alcohol

รูปภาพที่ 2.7 กลไกปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากรูปที่ 2.7 แสดงกลไกปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา[34].

2.10 กลีเซอรอล (Glycerol)

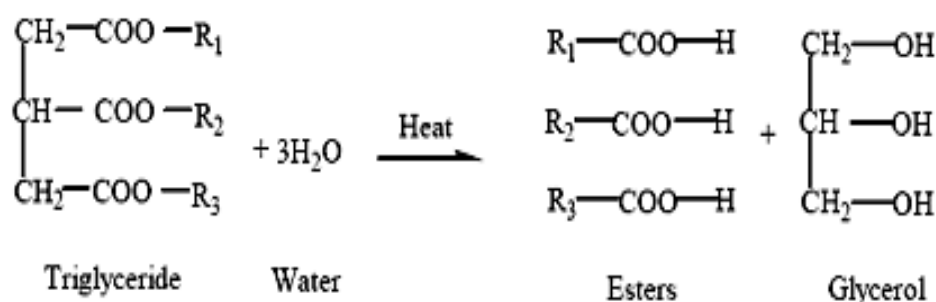
กลีเซอรอลหรือกลีเซอรินคือสารจำพวกพอลิไฮดริคแอลกอฮอล์ (Polyhydric alcohol) กลีเซอรอลจะมีลักษณะเป็นของเหลวไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่เป็นพิษ มีรสหวานและมีโครงสร้างคล้ายน้ำตาล มีสูตรทางเคมีดังนี้ $\text{HOCH}_2\text{CHOHCH}_2\text{OH}$ และมีชื่อทางเคมีว่า 1,2,3 โพรเพนไตรออล(1,2,3-propanetriol) หลอมเหลวที่ 17.8°C เดือดและสลายตัว (Boil & decomposition) ที่ 290°C ละลายในน้ำและ เอทานอล ดูดกลืนน้ำจากอากาศ จึงนำไปทำเป็น moistener ในเครื่องสำอางกลีเซอรอลจะอยู่ในรูปแบบของ (glycerides) ในไข และน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ กลีเซอรอลสามารถสังเคราะห์ได้จาก Propylene และจากการหมักน้ำตาลด้วย sodium bisulfite และยีสต์ (yeast) และมีการผลิตเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล[10].

กลีเซอรอลมีการค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ.1779 โดยซีลี (Scheele) พบว่า ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมของปฏิกิริยาการผลิตสบู่ระหว่างน้ำมันมะกอกกับออกไซด์ของตะกั่ว ต่อมาในปี ค.ศ.1813 เชฟรูล (Chevreul) ได้พบว่า กลีเซอรอลเป็นส่วนประกอบในไขมัน โดยอยู่ในรูปของ

กลีเซอรอลเอสเทอร์ของกรดไขมันจึงเรียกว่า กลีเซอริน กลีเซอรินถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1866 โดยอัลเฟรดโนเบล(Alfred Noble) ได้นำกลีเซอรินมาใช้ในการผลิตระเบิดไดนาไมต์ หรือไนโตรกลีเซอริน (nitroglycerine) ต่อมาช่วงปลายปี ค.ศ.1930 ฟาร์เบน (Farben) ได้พัฒนาและสังเคราะห์กลีเซอริน โดยใช้สารตั้งต้นเป็นโพนเพนและตั้งแต่ปี ค.ศ.1980 จนถึงปัจจุบันการผลิตกลีเซอรินส่วนใหญ่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันที่ได้จากธรรมชาติมากถึง 75% และจากการสังเคราะห์โพรพีน 25%

กลีเซอรอลแบ่งออกเป็น 2 ประเภท กลีเซอรอลธรรมชาติและกลีเซอรอลสังเคราะห์ กลีเซอรอลธรรมชาติเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมจากการเปลี่ยนกรดไขมันให้อยู่ในรูปของกรดไขมัน ได้แก่ กลีเซอรอลดิบที่ได้จากการแยกสลายไขมันหรือน้ำมันพืชด้วยน้ำ (Hydrolysis reaction) การหมักน้ำตาลและปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันของคาร์โบไฮเดรต กลีเซอรอล ธรรมชาติไม่พบรูปแบบอิสระในไขมันและน้ำมันที่ได้จากพืชและสัตว์ แต่จะอยู่ในรูป ของเอสเทอร์ของกรดไขมัน โดยที่หมู่ไฮดรอกซีทั้ง 3 หมู่ จะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ ปริมาณกลีเซอรอลธรรมชาติในไขมันและน้ำมันจะอยู่ที่ 8-14% การ จะได้กลีเซอรอลจากธรรมชาตินั้นจะต้องทำให้ไขมันหรือน้ำมันแตกตัว โดยใช้ 3 วิธีได้แก่ การแตกตัวด้วยความดันสูง (High-pressure) ปฏิกิริยาสปู (Sponification reaction) และปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์-ฟิเคชัน (Tranesterification) หรือปฏิกิริยาการผลิตไบโอดีเซล ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการนำน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์มาทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ โดยใช้กรด ต่างหรือเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยหมู่แอลคอกซี (Alkoxy group) ไตรกลีเซอไรด์ จะทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์มาใช้เมทานอล หรือเอทานอลได้เป็นเมทิลเอสเทอร์ หรือเอทิลเอสเตอร์(Biodiesel) และกลีเซอรอล ซึ่งปัจจุบันกลีเซอรอลถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางกลีเซอรอลที่ได้จะประกอบด้วยสารปนเปื้อนจากการเกิดปฏิกิริยาและกลีเซอรอลสังเคราะห์จะได้รับการสังเคราะห์โพรพีน

ราคาของกลีเซอรอลอยู่ระหว่าง 1.10-1.25 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัมและมีการคาดการณ์ว่าจะสูงขึ้นในอีก 10 ปีข้างหน้า (Hester,2000) ส่วนราคาของกลีเซอรอลจากการผลิตโดยการหมักยากที่จะประเมินได้ ซึ่งบริษัท Wichita, Kansas รายงานว่าราคาการผลิตกลีเซอรอลอยู่ในช่วงระหว่าง 0.40 - 0.53 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม[11].



รูปภาพที่ 2.8 การเกิดปฏิกิริยา

2.11 คุณสมบัติกลีเซอรอล

กลีเซอรอลเป็นสารที่ไม่เป็นอันตราย มีสีใส โครงสร้างคล้ายน้ำตาลมีรสหวาน สามารถดูดความชื้นได้ดี เนื่องจากโมเลกุลมีพันธะไฮโดรเจนจึงทำให้กลีเซอรอลเป็นของเหลวหนืด มีจุดเดือดที่ 290 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลวที่ 18 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ กลีเซอรอลละลายได้ดีกับน้ำ เมทานอล เอทานอล และไอโซเมอร์ของโพรพานอล บิวทานอล เป็นต้น กลีเซอรอลไม่ละลายในไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ที่มีโซ่ยาว น้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ และสารละลายจำพวกฮาโลเจน เช่น คลอโรฟอร์ม กลีเซอรอลถูกนำมาใช้เป็นตัวทำละลายในสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่สำคัญในอุตสาหกรรม

คุณสมบัติทางกายภาพ กลีเซอรอลสามารถเกิดปฏิกิริยาเหมือนแอลกอฮอล์ต่างๆไป โดยหมู่ไฮดรอกซิลจะมีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยา ภายใต้สภาวะที่เป็นกลางหรือด่างกลีเซอรอลสามารถทนความร้อนได้ถึง 275 องศาเซลเซียสโดยไม่เกิดอะโครลีน แต่หากอยู่ในสภาวะกรดเล็กน้อยพบว่าที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสสามารถเกิดกลีเซอโรลีน (อยู่ในช่วง 0.2-0.4 ppm) โดยที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส อะโครลีนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นกลีเซอรอลควรจะทำในสภาวะที่เป็นกลางหรือเป็นด่าง และที่อุณหภูมิห้องจะดูดความชื้นอย่างรวดเร็ว และสามารถออกซิไดซ์ได้ง่าย

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกลีเซอรอล

คุณสมบัติ	ค่า
น้ำหนักโมเลกุล	92.06
จุดหลอมเหลว	18.17°C
จุดเดือด	
ที่ 13.33 kPa	222.4°C
ที่ 101.3 kPa	290°C
การระเหย	
ที่ 100°C	26 Pa
ที่ 200°C	6100 Pa
แรงตึงผิว ที่ 20°C	63.4 mN/m
ความหนืด ที่ 20°C	1499 mPa.s
อุณหภูมิกลายเป็นไอ	
ที่ 55°C	88.12 kJ/mol
ที่ 195°C	76.02 kJ/mol
การนำความร้อน	0.28 W/(m.K)
จุดวาบไฟ	
ระบบเปิด	177°C
ระบบปิด	199°C
จุดติดไฟ	204°C

ที่มา : ปิยนานูอินทกุล. 2547

กลีเซอรอลสามารถจำแนกได้ 4 ชั้นคุณภาพ[12]. คือชั้นคุณภาพเคมี (Chemical grade) ชั้นคุณภาพไดนาไมต์ (Dynamite grade) ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม (Technical grade) ชั้นคุณภาพยา (Pharmaceutical grade) ซึ่งสามารถแสดงองค์ประกอบได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตารางคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของกลีเซอรอลชั้นคุณภาพต่างๆ

รายการ ที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด			
		ชั้นคุณภาพ เคมี	ชั้นคุณภาพ ไดนาไมต์	ชั้นคุณภาพ อุตสาหกรรม	ชั้นคุณภาพยา
1	ค่าของสีโลวิ บอนด์สเกลใน เซลล์ ขนาด 113 มิลลิเมตร ไม่เกิน	-	(5.0Y+1.2R)	(5.0Y+1.2R)	(5.0Y+1.2R)
2	กลิ่น	ต้องไม่มี กลิ่น แปลกปลอม	ต้องไม่มีกลิ่น แปลกปลอม	ต้องไม่มีกลิ่น แปลกปลอม	ต้องไม่มีกลิ่น แปลกปลอม
3	กลีเซอริน ร้อย ละโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	99.0	99.0	99.0	99.0
4	ความหนาแน่น สัมพัทธ์ - ที่อุณหภูมิ 20/20 องศา เซลเซียส - ที่อุณหภูมิ 25/25 องศา เซลเซียส	1.261 ถึง 1.264	1.261 ถึง 1.264	1.261 ถึง 1.264 -	1.261 ถึง 1.264 -
5	ความเป็นต่าง หรือความเป็น กรด มิลลิอิควิวาเลนต์ ต่อ 100 กรัม ไม่ เกิน	0.064	0.32	0.32	-
6	เถ้าซิลเฟต	0.01	0.01	0.01	0.01

รายการ ที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด			
		ชั้นคุณภาพ เคมี	ชั้นคุณภาพ ไดนาไมต์	ชั้นคุณภาพ อุตสาหกรรม	ชั้นคุณภาพยา
	มิลลิกรัม ไม่เกิน				
7	สารหนู มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	2.0	-	-	1.5
8	ตะกั่ว มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	1.0	-	-	-
9	โลหะหนัก ทั้งหมด (เทียบ เป็นตะกั่ว) มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม ไม่เกิน	5.0	-	-	-
10	ครอไรด์ ร้อยละ โดยน้ำหนัก ไม่ เกิน	-	0.01	0.01	0.01
11	ขีดจำกัดปริมาณ คลอไรด์ (Chloride limit)	สารละลาย ที่ได้ ต้องไม่ขุ่น	-	-	-
12	ขีดจำกัดปริมาณ คลอไรด์อินทรีย์	สารละลาย ที่ได้ ต้องไม่ขุ่น กว่า สารละลาย อินทรีย์	-	-	-
13	สารประกอบ คลอรีน (คำนวณ	-	-	-	0.003

รายการ ที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด			
		ชั้นคุณภาพ เคมี	ชั้นคุณภาพ ไดนาไมต์	ชั้นคุณภาพ อุตสาหกรรม	ชั้นคุณภาพยา
	เป็นคลอไรด์) ร้อยละโดย น้ำหนัก ไม่เกิน				
14	เหล็ก มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ไม่ เกิน	-	-	2.0	-
15	ซัลเฟต ร้อยละ โดยน้ำหนัก ไม่ เกิน	-	-	-	-
16	น้ำตาล	ต้องไม่พบ	-	-	-
17	ขีดจำกัดปริมาณ สารรีตีวซ์	สีของ สารละลาย ต้องไม่เข้ม กว่าสีของ สารละลาย มาตรฐาน	สีของ สารละลายต้อง ไม่เข้มกว่าสีของ สารละลาย มาตรฐาน	-	-
18	สะปอนิฟิ เคชั่นอิกควิวา เลนต์ มิลลิอิกควิวาเลนต์ ต่อ 100 กรัม ไม่ เกิน	0.64	0.64	-	-
19	กรดไขมันและ เอสเทอร์	-	-	-	ทำปฏิกิริยา พอดี้กับ สารละลาย โซเดียม ไฮดรอกไซด์

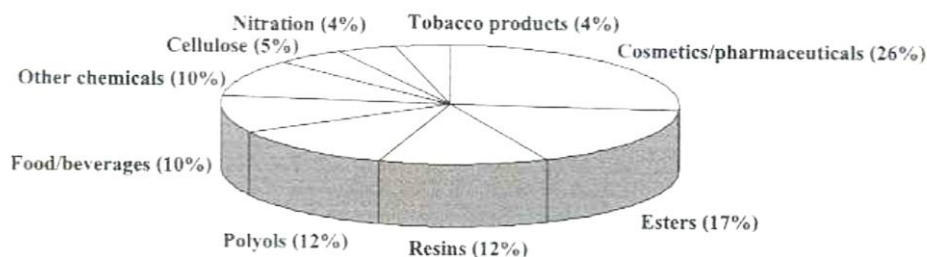
รายการ ที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด			
		ชั้นคุณภาพ เคมี	ชั้นคุณภาพ ไดนาไมต์	ชั้นคุณภาพ อุตสาหกรรม	ชั้นคุณภาพยา
					0.5 โมลต่อ ลูกบาศก์ เดซิเมตร ไม่ เกิน 1 ลูกบาศก์ เซนติเมตร

จากตารางที่ 2.3 แสดงคุณลักษณะของกลีเซอรอลในแต่ละชั้นคุณภาพที่หลากหลายขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ในแต่ละอุตสาหกรรม

2.12 ประโยชน์ของกลีเซอรอล

เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอลที่เป็นสารไม่มีสีไม่มีกลิ่นทำให้กลีเซอรอลเป็นส่วนประกอบที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมดังเช่นการใช้กลีเซอรอลในอุตสาหกรรมหลักๆดังแสดงในภาพที่ 2.3 นอกจากนี้กลีเซอรอลยังเป็นสารชีวแมคแทนท์ประเภทสารอินทรีย์ (Organic Humectant) จำพวกโพลไฮดริคแอลกอฮอล์ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถดูดเก็บความชื้นจากอากาศได้ดีและยังมีความหนืดที่ทำให้สารละลายมีลักษณะเป็น Syrup ได้ดีการทำปฏิกิริยาได้หลากหลายของกลีเซอรอลในอุตสาหกรรม

กลีเซอรอลส่วนใหญ่ที่ได้จากกระบวนการไฮโดรลิซิสของไขมันสัตว์หรือไขมันพืชจะมีคุณภาพที่ต่ำ โดยส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยสารปนเปื้อนจากการทำปฏิกิริยาและมีกลีเซอรอลอยู่เพียง 40-50% ซึ่งการนำมาใช้จะต้องผ่านการกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น แต่ปัจจุบันยังไม่เป็นที่นิยมเพราะใช้ต้นทุนที่สูง งานวิจัยต่างๆพยายามนำกลีเซอรอลไปประยุกต์ใช้เพื่อลดต้นทุนเป็นพลังงานเชื้อเพลิงแข็ง(วีชราวลี จรัสมาส,2551) การหมักกับแบคทีเรียเพื่อผลิตเอทานอล ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตกลีเซอรอลคาร์บอนเนต ใช้เป็นแหล่งพลังงานคาร์บอนในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย ใช้สังเคราะห์ฮอร์โมนออกลิเซโรโรด(จิระพงศ์ รักประสูต,2548) ใช้ในการผลิตสบู่ ส่วนกลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์สูงจะถูกนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์อุตสาหกรรมอาหาร สารประกอบของครีมบำรุงผิว ยาสีฟัน น้ำยาบ้วนปาก ลูกอม อุตสาหกรรมยาและอื่นเป็นต้น



รูปภาพที่ 2.9 การนำกลีเซอรอลไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆทั่วโลก

จากรูปภาพที่ 2.9 แสดงการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆทั่วโลกส่วนใหญ่พบในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ 26% รองลงมาคือสารเอสเทอร์ 17% เรซินและอื่นๆตามลำดับ

1. ผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอาง กลีเซอรอลมีคุณสมบัติดูดความชื้น เป็นตัวทำละลาย สารให้ความหวานรวมไปถึงสารกันบูดโดยจะใช้เป็นตัวทำละลายในการเพิ่มรสและสีอาหารในเครื่องสำอางค์และใช้เป็น Shortening agent ในลูกอม ชีส ขนมเค้กอ่อนนุ่ม ทำให้ขนมฟูมีปริมาตรเพิ่มขึ้น 6-11 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก นอกจากนั้นยังใช้เป็นสารเติมแต่งในการผลิตอาหารไขมันต่ำ เพิ่ม Texture ในไอศกรีม ให้รสชาติหวานช่วยลดการใช้น้ำตาลส่วน Monoglyceride ซึ่งเป็นเอสเทอร์กลีเซอรอลของกรดไขมัน ใช้เป็นสารละลาย สารกันบูดในหลายผลิตภัณฑ์ ใช้ในน้ำสลัด ลูกอมของหวาน เคลือบผิวอาหาร ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มชื้น Antistaling agent (สารป้องกันราและกลิ่นอับ) ในขนมปังนอกจากนี้ยัง ใช้ส่วนผสมในการทำเนยเทียมจะได้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่เมื่อถูกความร้อนจะหลอมตัวเป็นหยด ของเหลวหนืดลงซึ่งนิยมใช้กันมากในการทำขนมหวาน, ตังเมและไอศกรีม Glycerol monolaurate ใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ในอาหาร ใช้เป็นสารหล่อลื่น ใช้เป็น Dispersing agent เป็นตัวลดการเกิดฟองในสารละลายของโปรตีนและสารอื่นๆ Glycerol monoricinoleate กินไม่ได้แต่เป็น สารอิมัลซิไฟเออร์ที่ดีมาก โดยใช้เป็น Plasticsizer ในยางเทียมและเป็นตัวทำละลายที่ทำให้สีน้ำมันละลายกับน้ำได้ นอกจากนี้ Glycerol monolaurate หรือ Monolaurin ยังมีสมบัติเป็นตัวช่วยขยับการ เจริญของจุลินทรีย์อีกด้วย (Spronget al., 1999)

2. อุตสาหกรรมเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์อาบน้ำ กลีเซอรอลเป็นสารที่ไม่อันตราย ไม่ระคายเคือง ไม่มีกลิ่น สามารถรักษาความชุ่มชื้น และช่วยให้ผิวอ่อนนุ่มใช้เป็นส่วประกอบหลักในยาสีฟันป้องกันการแห้งและการแข็งตัวในหลอดแล้วปรับปรุงให้มีความเรียบและเงาของยาสีฟัน ถูกใส่ไปในการผลิตสบู่และผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผมรวมไปถึงครีมบำรุงโลชั่น โรลออน และเครื่องสำอางโมโน

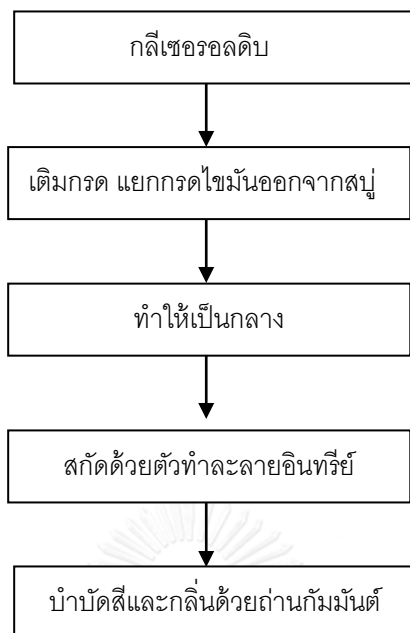
กลีเซอไรด์ใช้เป็นส่วนผสมในครีมโลชั่นและแทนซีผึ้งในลิปสติก

3. อุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์ กลีเซอรอลเป็นตัวทำละลายรักษาความชุ่มชื้นและเป็นส่วนประกอบในสารละลายแอลกอฮอล์ใช้ทำยาที่มีกลิ่นหอมและรสหวานรวมไปถึงยาเหน็บรักษาการติดเชื้อยาชายาแก้ไอยาอมยาบ้วนปากยาฆ่าเชื้อโรคและแบคทีเรียในทางการแพทย์กลีเซอรอลช่วยให้ผิวหนังนุ่มและบรรเทาอาการระคายเคืองของผิวหนังดูซึมอาการบวม น้ำลดความดันสมองและลดความดันโลหิต ในโตกรีเซอรินใช้เป็นยาขยายหลอดเลือดหัวใจและยังนิยมไปใช้ในอุตสาหกรรมระเบิดและปืน

4. อุตสาหกรรมอื่นๆ นอกจากนั้นกลีเซอรอลเป็นองค์ประกอบหลังในอุตสาหกรรมเลซินใช้ในการเคลือบผิวของโลหะเพราะมีความยืดหยุ่นสูง รักษาความชุ่มชื้นและให้ความหวานในอุตสาหกรรมยาสูบเป็นสารหล่อลื่นที่ใช้ได้หลากหลายเนื่องจากกลีเซอรอลมีความคงสภาพในอุณหภูมิและความดันที่สูงมีความหนืดกลีเซอรอลเป็นหนึ่งในกลุ่มพื้นฐานทางเคมีในการผลิตโพลีเมอร์และในอุตสาหกรรมไฟฟ้ากลีเซอรอลใช้ในวิทยุและหลอดไฟการถ่ายภาพห้องทดลองและการเก็บรักษาเซลล์ เป็นต้น

2.13 แนวทางการบำบัดกลีเซอรอลจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์

เนื่องจากกลีเซอรอลที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมจากกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลซึ่งเป็นปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันพืชหรือสัตว์ใช้แล้วประกอบด้วยสิ่งปนเปื้อนอยู่หลายชนิดเช่นไขมันกรดไขมันตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ซึ่งเป็นกรดหรือด่าง (ในการทดลองนี้ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์) เกือบเป็นต้นซึ่งกลีเซอรอลมีสีน้ำตาลเข้มจะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หากไม่ได้ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ในบพนี้จึงกล่าวถึงวิธีการทำให้กลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมีความบริสุทธิ์มากยิ่งขึ้นเพื่อให้ได้กลีเซอรอลหลายชั้นคุณภาพ[9].อีกทั้งยังสามารถไปใช้ในอุตสาหกรรมได้หลากหลายตลอดจนเพิ่มมูลค่าให้กับกลีเซอรอล ปัจจุบันมีวิธีการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์อยู่ 2 วิธี คือ การกลั่นแบบสุญญากาศและวิธีทางเคมี ซึ่งมีขั้นตอนที่มากน้อยตามความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลดิบที่นำมาใช้นี้[13].



รูปภาพที่ 2.10 กระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์

รูปภาพที่ 2.10 แสดงกระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์โดยเป็นกระบวนการเบื้องต้นที่นิยมนำมาใช้โดยนำกลีเซอรอลดิบมาแยกกรดไขมันออกจากสบู่ที่ปนเปื้อนในกลีเซอรอลดิบจากนั้นทำให้เป็นกลางด้วยเบส นำไปสกัดด้วยสารละลายอินทรีย์และบำบัดสีและกลั่นด้วยผงถ่านกัมมันต์[13].

1. การเติมกรดแยกกรดไขมัน

กรดไขมันเป็นสิ่งเจือปนในน้ำมันธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่และเป็นตัวการสำคัญในการทำให้น้ำมันมีกลิ่นเหม็นหืน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำจัดกรดไขมันอิสระออกไป โดยวิธีการกำจัดกรดไขมันอิสระที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันบริโภค คือสารละลายเบสเนื่องจากวิธีนี้สามารถกำจัดกรดไขมันได้มาก โดยเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสบู่ รวมทั้งสามารถกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น ฟอสฟาไทด์ สารที่ทำให้เกิดสี สารประกอบคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนออกจากน้ำมันและสารละลายเบสที่นิยมใช้ในการกำจัดกรดไขมันอิสระ

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการในการกำจัดกรดไขมันอิสระคือ ความเข้มข้นและปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และอุณหภูมิ ถ้าความเข้มข้นและปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาสaponification จะมาก ทำให้เกิดการสูญเสียไขมันในการเกิดปฏิกิริยามาก แต่ถ้าความเข้มข้นต่ำโอกาสเกิดอิมัลชันก็มีมากเช่นเดียวกัน ทำให้ผลิตภัณฑ์ยากต่อการแยกชั้น อย่างไรก็ตามสารละลาย

เบสที่เติมนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพและลักษณะของน้ำมันธรรมชาติ รวมทั้งคุณภาพของน้ำมันที่ต้องการด้วย

สำหรับอุณหภูมิที่มีผลต่อการกำจัดกรดไขมันอิสระนั้น กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น ปฏิกิริยาแซพอนิฟิเคชัน (saponification) จะเกิดได้ดี ทำให้สูญเสียน้ำมันมาก จึงควรเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อลดการสูญเสียให้น้ำมันให้น้อยที่สุด

ถ้าน้ำมันที่นำมากำจัดกรดไขมันอิสระมีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าควรใช้เบสที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10 โดยปริมาตร ปริมาณสารละลายเบสที่คิดจากปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีในรูปของกรดโอเลอิก และถ้าน้ำมันมีปริมาณกรดไขมันอิสระน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 ควรใช้สารละลายเบสมากเกินไป ร้อยละ 0.1-0.35 อุณหภูมิที่ใช้ในการกำจัดกรดไขมันอิสระควรอยู่ในช่วง 50-65 องศาเซลเซียส เพื่อให้เกิดการแยกสบู่ได้ง่ายและมีประสิทธิภาพดีพอ เพราะเป็นช่วงอุณหภูมิที่สบู่แยกตัวได้ดีและเร็ว แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่ใช้ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันด้วย[9].

วิธีการอีกวิธีหนึ่งในการกำจัดกรดไขมันอิสระและเกลือก็คือการใช้กรดเข้มข้นเพื่อให้กลีเซอรอลมีความเป็นกรดอย่างน้อยโดยควบคุมความเป็นกรดเบสให้มีค่าน้อยกว่า 5 เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดฟอง (Yong , 2001) แล้วใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เติมเพื่อปรับสภาพกลับมาให้เท่ากับ 7 กลีเซอรอลที่ถูกทำให้เป็นกรดจะเกิดการแยกชั้นเป็น 3 ชั้นด้วยกัน โดยชั้นบนสุด คือชั้นของกรดไขมัน ชั้นกลางคือ ชั้นของกลีเซอรอล และชั้นล่างเป็นชั้นของเกลืออนินทรีย์ในกลีเซอรอลขึ้นอยู่กับชนิดของเกลือที่เติมลงไปโดยสามารถเขียนได้ดังสมการ



ในการเติมกรดเพื่อปรับสภาพกลีเซอรอลนั้นกรดจะให้โปรตอนทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของสบู่เกิดเป็นชั้นของกรดไขมันอิสระและเกลือโซเดียมหรือเกลือโพแทสเซียมขึ้นอยู่กับชนิดของกรด ด้วยวิธีดังกล่าวสามารถที่จะแยกกรดไขมันอิสระและเกลือออกจากกลีเซอรอลเบื้องต้น ทำให้กลีเซอรอลมีความบริสุทธิ์ขึ้น

2. การระเหย

การระเหยคือปรากฏการณ์ที่ของเหลวเปลี่ยนเป็นไอโดยอาศัยการถ่ายโอนความร้อนกับบรรยากาศซึ่งมีการเดือดเกิดขึ้น มีผลให้สารละลายมีความเข้มข้นมากขึ้น ในการทำงานความดันไอของตัวถูกละลายควรมีค่าต่ำกว่าค่าความดันไอของตัวทำละลายมากๆ ส่วนการแยกสารละลายที่มีลักษณะอื่นๆ อาจอาศัยการกลั่นซึ่งทำให้ได้สารที่บริสุทธิ์มากกว่าแต่มีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นด้วย สำหรับภาวะของกระบวนการระเหยที่เหมาะสมจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อัตราการถ่ายโอนความร้อนที่เหมาะสมซึ่งเป็นตัวกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการระเหย โดยอัตราการถ่ายโอนความร้อนจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาเพิ่มความเข้มข้น การเลือกใช้ชนิดของเครื่องระเหยที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และขนาดของพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องระเหย นอกจากนี้ภายในระบบเครื่องระเหยต้องมีการแยกไอระเหยที่เกิดขึ้นออกจากผลิตภัณฑ์ได้ตลอดจนใช้พลังงานในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ในขั้นต่อไป

ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่นำมาผ่านขั้นตอนการระเหยแต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะเพื่อผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและความเข้มข้นที่ต้องการ การระเหยจึงเป็นขั้นตอนหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนเข้าสู่กระบวนการอื่นๆ ในระดับเชิงพานิชย์กลีเซอรอลจะมีความเข้มข้นถึงร้อยละ 80 ถึง 88 เมื่อผ่านกระบวนการระเหยซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องใช้ความร้อนสูง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของโรงงาน หลักการออกแบบจะพิจารณาถึงปริมาณน้ำที่ถูกระเหย

3. การสกัดด้วยสารละลายอินทรีย์

การสกัดเป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกสารให้บริสุทธิ์วิธีหนึ่งโดยเลือกตัวสกัดที่เหมาะสม เนื่องจากสารต่างๆสามารถละลายได้ในตัวละลายแตกต่างกัน ถ้าใช้ของเหลวสกัดสารที่สนใจออกจากของแข็งเรียกว่า การสกัดของเหลว-ของแข็ง และถ้าสนใจการสกัดออกเป็นของเหลวเรียกว่า การสกัดของเหลว - ของเหลวการสกัดจะเกิดขึ้นดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับสารละลายของตัวถูกละลายในตัวทำละลาย ถ้าตัวถูกละลายสามารถละลายได้น้อย จำเป็นต้องใช้เทคนิคการสกัดที่ทำได้ต่อเนื่องและใช้ตัวทำละลายเพียงเล็กน้อยเทคนิคการสกัดมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของการสกัดหรือชนิดของตัวถูกละลายและตัวทำละลาย (Eckey , E.W. 1956 : 575-579) เทคนิคการเลือกตัวทำละลายในการสกัด คือสารที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันยอมละลายในตัวละลายที่คล้ายคลึงกัน ตัวทำละลายอินทรีย์จะละลายตัวละลายอินทรีย์ น้ำใช้เป็นตัวทำละลายสารประกอบอินทรีย์ รวมทั้ง

เกลือของกรดและเบสอินทรีย์ กรดอินทรีย์ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ และสามารถสกัดได้โดยใช้สารละลายเบส เช่นโซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต หรือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต เป็นต้น

ในการเติมกรดในกลีเซอรอลทำให้กลีเซอรอลมีสภาพเป็นกรด จึงต้องปรับสภาพให้เป็นกลางก่อน โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อนการทำการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่สามารถละลายได้ออกไป เช่นกลีเซอรไรต์ กรดไขมันอิสระ เมทิลเอสเตอร์ เป็นต้น ก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

4. การกำจัดสีและกลิ่น

เป็นการกำจัดสารที่ทำให้เกิดกลิ่น โดยทั่วไปสารที่ทำให้เกิดกลิ่นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สารที่มีเองตามธรรมชาติ และสารที่เกิดจากการเสื่อมคุณภาพ แม้สารทั้ง 2 ประเภทนี้จะมีค่าความดันไอต่ำ แต่ถ้าจะกำจัดกลิ่นให้หมดไปจะต้องใช้อุณหภูมิที่สูงมากซึ่งทำให้เกิดกรดไขมันอิสระขึ้นในปริมาณที่สูงเช่นเดียวกัน ทั้งเนื่องจากกรดไขมันอิสระจะแปรตามอุณหภูมิ กรณีที่เป็นน้ำมันนิยมใช้กระบวนการกำจัดกลิ่นภายใต้สภาวะสุญญากาศ เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันภายใต้บรรยากาศปกติและการเพิ่มกรดไขมันอิสระเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ตารางที่ 2.4 ผลของอุณหภูมิและความดันในการกำจัดกลิ่นในน้ำมันชนิดต่างๆ

ชนิดของน้ำมัน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	
	5-8 มม.ปรอท	20 มม.ปรอท
กรดไขมันน้ำมันถั่วเหลือง	210-220	230-245
กรดไขมันน้ำมันเมล็ดฝ้าย	215-225	235-250
กรดไขมันน้ำมันมะกอก	210-220	230-240
กรดไขมันน้ำมันมะพร้าว	200-210	215-230
กรดไขมันน้ำมันปาล์ม	210-215	225-235

จากตารางที่ 2.4 แสดงผลของอุณหภูมิและความดันในการกำจัดกลิ่นในน้ำมันชนิดต่างๆ[9]. ได้แก่ กรดไขมันน้ำมันถั่วเหลือง กรดไขมันน้ำมันเมล็ดฝ้าย กรดไขมันน้ำมันมะกอกและอื่นๆ เป็นต้น โดยที่การกำจัดกลิ่นภายใต้สภาวะสุญญากาศจะใช้อุณหภูมิต่ำกว่าเมื่อทำภายใต้สภาวะบรรยากาศ เมื่อ

อุณหภูมิในการกำจัดสูงขึ้นทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไตรกลีเซอไรด์มากขึ้น ดังนั้นการกำจัดกลิ่นจึงต้องเลือกอุณหภูมิและความดันที่เหมาะสม เพื่อให้ได้น้ำมันที่มีคุณภาพดี เกิดการสูญเสียน้ำมันน้อยที่สุด ในการกำจัดกลิ่นที่ใช้เวลาน้อย พบว่า คุณภาพน้ำมันที่ได้จะดีกว่าใช้เวลานาน ซึ่งสารกำจัดที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันบริโภค ได้แก่ ดินฟอก ดินกัมมันต์ โดยใช้ในช่วงร้อยละ 0.25 ถึง 5 โดยน้ำหนักของน้ำมัน ดินกัมมันต์สามารถกักเก็บน้ำได้ดีและสูญเสียน้ำมันน้อยกว่าดินฟอก ซึ่งงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจในการกำจัดสีและกลิ่นของกลีเซอรอลดิบโดยใช้ผงถ่านกัมมันต์

2.14 คาร์บอนกัมมันต์ (Activated Carbon)

คาร์บอนกัมมันต์ (Activated Carbon) หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักมาผ่านกรรมวิธีก่อกัมมันต์จนได้ผลิตภัณฑ์สีดำมีโครงสร้างเป็นรูพรุนมีพื้นที่ผิวสูงมีสมบัติในการดูดซับสารต่างๆได้ดีการใช้คาร์บอนกัมมันต์เพียงเล็กน้อยสามารถกำจัดสีและกลิ่นในของเหลวชนิดต่างๆได้พิจารณาจากค่าไอโอดีนนมเบอร์ซึ่งค่าไอโอดีนนมเบอร์หมายถึงจำนวนมิลลิกรัมของไอโอดีนที่ถูกดูดซับไว้ด้วยคาร์บอนกัมมันต์ 1 กรัมเมื่อความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนหลังจากถูกดูดซับและผ่านการกรองแล้วเป็น 0.02 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร คาร์บอนกัมมันต์ที่ผลิตได้ในประเทศไทยสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบเช่นกะลามะพร้าวกะลาปาล์มไม้ยูคาริปตัสไม้อย่างพาราวัตถุดิบแต่ละตัวจะให้คุณสมบัติการใช้งานที่ต่างกันดังเช่นถ่านกัมมันต์จากกะลาซึ่งปกติจะใช้ในการบำบัดน้ำทั้งน้ำดื่มและน้ำเสียดูดซับไอเสียดูดสารทองคำดูดสารละลายอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นต่ำ

ถ่านกัมมันต์เป็นวัตถุดิบที่มีพื้นที่ผิวภายในและมีความพรุนสูงเป็นการนำเอาวัตถุดิบธรรมชาติที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบมาผ่านกระบวนการก่อกัมมันต์ซึ่งทำให้วัตถุดิบนั้นมีโครงสร้างรูพรุนและมีพื้นที่ผิวภายในสูงซึ่งหากดูที่พื้นที่หน้าตัดของถ่านกัมมันต์จะมีลักษณะคล้ายรังผึ้งโดยถ่านกัมมันต์จะมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก 87-90 % และมีธาตุอื่นที่เป็นองค์ประกอบคือไฮโดรเจนออกซิเจนซัลเฟอร์และไนโตรเจนโดยจะมีปริมาณเล็กน้อยเท่านั้นขึ้นอยู่กับปริมาณที่มีในวัตถุดิบและอาจเกิดขึ้นได้อีกในขั้นตอนการผลิตดังนั้นจึงมีความสามารถในการดูดซับสารเคมีจากก๊าซและของเหลวได้ในปริมาณสูงซึ่งถ่านกัมมันต์นั้นสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายด้านโดยอาจใช้ในกระบวนการทำสารเคมีให้บริสุทธิ์หรือในกระบวนการนำสารเคมีกลับมาใช้ใหม่นอกจากนั้นถ่าน

กัมมันต์สามารถใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาหรือตัวรองรับของตัวเร่งปฏิกิริยาได้ด้วยจากคุณสมบัติที่เหมาะสมและมีราคาไม่แพงของถ่านกัมมันต์ ทำให้ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับที่นิยมใช้กันมาก ถ่านกัมมันต์เป็นถ่านที่อยู่ใน รูปคาร์บอนอสัณฐาน (amorphous carbon) แต่ถูกทำขึ้นมาเป็นพิเศษ โดยกระบวนการก่อกัมมันต์ (activation) ซึ่งทำให้พื้นที่ผิวใน (internal surface area) เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากโครงสร้างที่เป็นรูพรุนจำนวนมาก แต่ถ้าหากศึกษาโดยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction) หรือศึกษาโครงสร้างจากการสะท้อนและการเบี่ยงเบนของรังสีเอ็กซ์เรย์ เมื่อตกกระทบวัตถุ โครงสร้างของถ่านกัมมันต์จะมีความเป็นผลึกอยู่บ้าง แต่ไม่สมบูรณ์เหมือนกับแกรไฟต์จากคุณสมบัติเหล่านี้จึงทำให้ถ่านกัมมันต์แตกต่างกว่าถ่านชนิดอื่น ๆ เช่น ถ่านลิกไนต์ ถ่านโค้ก ถ่านไม้ หรือถ่านแกรไฟต์ เป็นต้น ถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดซับสูงอันเนื่องมาจากพื้นที่ผิวมาก มีความจุในการดูดซับสูง ผิวโครงสร้างเป็นแบบรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมากและมีความสามารถในการดูดซับสูง ถ่านกัมมันต์เป็นถ่านที่เตรียมขึ้นเป็นพิเศษเพื่อให้มีพื้นที่ผิวมากที่สุดซึ่งทำได้โดยการทำให้เป็นรูพรุนหรือโครงสร้างภายในเนื้อคาร์บอนมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

การนำไปใช้ต้องขึ้นกับขนาดของอนุภาคด้วยในทางปฏิบัติถูกแบ่งตามขนาดเป็น 2 ชนิดคือชนิดผง (Power Activated Carbon, PAC) โดยถือว่ามีอนุภาคต่ำกว่า 0.8 มม. ถ้าโตกว่า 0.8 มม. จะถูกคัดให้เป็นชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon , GAC) ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ดโดยทั่วไปพบว่ามีพื้นที่ผิวภายในมากโดยมีขนาดรูที่เล็กในขณะที่ชนิดผงจะมีขนาดที่กว้างกว่าจึงทำให้มีพื้นที่ผิวภายในต่ำกว่าคาร์บอนกัมมันต์สามารถแบ่งตามลักษณะทางกายภาพได้เป็น 2 ประเภทคือ

ก. คาร์บอนกัมมันต์ชนิดผง (Powered activated carbon : PAC) คาร์บอนกัมมันต์ชนิดผงมักจะผลิตจากวัตถุดิบจำพวกเศษไม้เศษถ่านหรือขี้เลื่อยผสมกับสารละลายซิงค์คลอไรด์วิธีการบดคาร์บอนกัมมันต์มีผลต่อความสามารถในการดูดซับเช่นการบดคาร์บอนกัมมันต์ด้วยเครื่องบดแบบลูกหิน (Ball mill) ได้ผลในลักษณะเม็ดเล็ก ๆ ระบุไปความสามารถในการดูดซับน้อยกว่าคาร์บอนกัมมันต์ที่ได้จากการบดด้วยเครื่องแบบคราด (Pulverizer) ซึ่งได้ผลเป็นแบบเม็ดยาวเรียวยาวคาร์บอนกัมมันต์ชนิดผงมีขนาดประมาณ 10-50 ไมครอนหรือน้อยกว่าและปริมาณที่ผ่านแรง 150 ไมโครเมตรต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 99 โดยน้ำหนักคาร์บอนกัมมันต์ชนิดผงนิยมใช้ในกระบวนการตกตะกอนหรือการกรองน้ำ

ข้อดีของคาร์บอนกัมมันต์ชนิดผง

1. คาร์บอนกัมมันต์ชนิดผงมีราคาถูกกว่าคาร์บอนกัมมันต์ชนิดเม็ด
2. การเพิ่มหรือการลดปริมาณคาร์บอนกัมมันต์สามารถทำได้ทันที
3. การดูดซับเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วสามารถสัมผัสกับผิวของคาร์บอนได้ง่าย

ข้อเสียของคาร์บอนกัมมันต์ชนิดผง

1. การปรับปรุงสภาพคาร์บอนกัมมันต์ชนิดผงที่เสื่อมสภาพแล้วมักไม่คุ้มค่า ดังนั้นการใช้คาร์บอนกัมมันต์ชนิดผงจึงเป็นการใช้แล้วทิ้ง
2. แม้ว่าคาร์บอนกัมมันต์ชนิดผงสามารถกำจัดมลพิษให้เหลือน้อยลงได้แต่ถ้า ต้องการกำจัดให้หมดต้องใช้ในปริมาณมาก

ข. คาร์บอนกัมมันต์ชนิดเม็ด (Granular activated carbon : GAC) คาร์บอนกัมมันต์ชนิดเม็ดจะผลิตจากวัตถุดิบจำพวกถ่านโค้กกะลามะพร้าวเมล็ดผลไม้เป็นต้นลักษณะที่ได้อาจได้จากการบดวัสดุขนาดใหญ่หรือการอัดเศษคาร์บอนกัมมันต์ผ่านแม่แบบออกมาเป็นแท่งแล้วตัดเป็นท่อนทรงกระบอกขนาดเท่าๆกันคาร์บอนกัมมันต์ชนิดเม็ดมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของเม็ดทรายกรองน้ำแข็งแต่เปราะและเบากว่าทรายโดยปริมาณที่ผ่านตะแกรง 150 ไมโครเมตรต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก คาร์บอนกัมมันต์ชนิดเม็ดที่ใช้และเสื่อมสภาพแล้วสามารถนำไปปรับปรุงสภาพและนำกลับมาใช้ได้ใหม่ซึ่งเป็นข้อดีของคาร์บอนกัมมันต์ชนิดเม็ดแต่อย่างไรก็ตามการปรับปรุงคุณภาพทุกครั้งต้องมีคาร์บอนสูญเสียไปทั้งนี้เพราะการปรับปรุงต้องทำที่อุณหภูมิสูงมากทำให้คาร์บอนบางส่วนปนเป็นผงละเอียดจนใช้การไม่ได้

ประเภทของการดูดซับ

ปัจจัยสำคัญในการบอกชนิดของกระบวนการดูดซับจะพิจารณาจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่ถูกดูดซับกับผิวของสารดูดซับ ถ้าแรงยึดเหนี่ยวเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals Forces) จะเป็นการดูดซับทางกายภาพ (physical adsorption) แต่ถ้าแรงยึดเหนี่ยวทำให้เกิดพันธะ

เคมีระหว่างโมเลกุลที่ถูกดูดซับกับผิวของสารดูดซับจะเรียกว่า การดูดซับทางเคมี (chemical adsorption) [14].

1) การดูดซับทางกายภาพ

เป็นการดูดซับที่เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลอย่างอ่อน คือ แรงแวนเดอร์-วาลส์ (Van der Waals Forces) ซึ่งเกิดจากการรวมแรง 2 ชนิด คือ แรงกระจาย (London dispersion force) และแรงไฟฟ้าสถิต (electrostatic force) การดึงดูดด้วยแรงที่อ่อนทำให้การดูดซับประเภทนี้มีพลังงานการคายความร้อนค่อนข้างน้อย คือ ต่ำกว่า 20 กิโลจูลต่อโมล และสามารถเกิดการผันกลับของกระบวนการได้ง่าย ซึ่งเป็นข้อดีเพราะสามารถฟื้นฟูสภาพของตัวดูดซับได้ง่ายด้วยสารที่ถูกดูดซับสามารถเกาะอยู่รอบ ๆ ผิวของสารดูดซับได้หลายชั้น (multilayer) หรือในแต่ละชั้นของโมเลกุลสารถูกดูดซับจะติดอยู่กับชั้นของโมเลกุลของสารถูกดูดซับในชั้นก่อนหน้านี้โดยจำนวนชั้นจะเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารถูกดูดซับและจะเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลายในสารละลาย

2) การดูดซับทางเคมี

การดูดซับประเภทนี้เกิดขึ้นเมื่อตัวถูกดูดซับกับตัวดูดซับทำปฏิกิริยาเคมีกัน ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของตัวถูกดูดซับเดิมคือมีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมหรือกลุ่มอะตอมเดิมแล้วมีการจัดเรียงอะตอมไปเป็นสารประกอบใหม่ขึ้น โดยมีพันธะเคมีซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรงมีพลังงานกระตุ้นเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้ความร้อนของการดูดซับมีค่าสูงประมาณ 50 - 400 กิโลจูลต่อโมลหมายความว่า การกำจัดตัวถูกดูดซับออกจากผิวตัวดูดซับจะทำได้ยากคือไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้ (irreversible) และการดูดซับประเภทนี้จะเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว (monolayer) เท่านั้นซึ่งการดูดซับทางกายภาพและทางเคมีมีข้อแตกต่างกันหลายอย่าง

ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ

ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับขึ้นอยู่กับขนาดและพื้นที่ผิวของสารดูดซับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อุณหภูมิความสามารถในการละลายน้ำของสารที่ถูกดูดซับต่อการดูดซับขนาดของสารที่ถูกดูดซับบนผิวของสารดูดซับความปั่นป่วน (Turbulence) โดยมีรายละเอียดดังนี้[15].

1) ขนาดและพื้นที่ผิวของสารดูดซับ

สมบัติทางกายภาพที่สำคัญที่สุดของตัวดูดซับคือ ขนาดและพื้นที่ผิว ขนาดของตัวดูดซับมีอิทธิพลของอัตราเร็วของการดูดซับในทางลบ กล่าวคือ อัตราเร็วการดูดซับเป็นอัตราส่วนผกผันกับขนาดของตัวดูดซับ ดังนั้นตัวดูดซับที่มีขนาดเล็กจึงมีอัตราเร็วในการดูดซับสูงกว่าขนาดใหญ่ ส่วนพื้นที่ผิวของตัวดูดซับนั้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการดูดซับ (Adsorption capacity) นั่นคือสารดูดซับที่มีพื้นที่ผิวมากย่อมดูดโมเลกุลตัวถูกดูดซับได้มากกว่าตัวดูดซับที่มีพื้นที่ผิวน้อย

2) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อปริมาณไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) เนื่องจากที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่างๆ จะมีปริมาณไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) มากกว่าที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงๆ ซึ่งจะมีผลต่อค่าการดูดซับหรือไม่นั้น ก็ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลาย (pH_{sol}) และค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ประจุพื้นผิวเป็นศูนย์ (pH_{zpc}) สามารถแสดงถึงความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (H^+) ในสารละลายซึ่งความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายของระบบนั้นๆ ด้วย โดยที่ค่า pH_{sol} และ pH_{zpc} มีความสัมพันธ์กันคือในกรณีที่ค่า $pH_{sol} > pH_{zpc}$ แสดงว่าวัสดุดูดซับนั้นจะเกิดการแตกตัวทำให้พื้นที่ผิวของวัสดุดูดซับแสดงประจุลบมากกว่าประจุบวก มีผลทำให้วัสดุดูดซับมีความสามารถในการดูดซับไอออนหรือโมเลกุลที่มีประจุบวกได้ในทางตรงกันข้ามถ้ากรณีที่ค่า $pH_{sol} < pH_{zpc}$ วัสดุดูดซับดังกล่าวจะไม่เกิดการแตกตัวและแลกเปลี่ยนไอออนบวก ทำให้วัสดุดูดซับนี้มีความสามารถในการดูดซับไอออนหรือโมเลกุลที่มีประจุลบได้

3) อุณหภูมิ

ผลของอุณหภูมิต่อการดูดซับอุณหภูมิขึ้นอยู่กับ การดูดซับของวัสดุดูดซับเป็นประเภทใดแต่ถ้าเป็นการดูดซับทางกายภาพอุณหภูมิจจะทำให้ความสามารถในการดูดซับเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยหรือไม่เปลี่ยนแปลงส่วนการดูดซับทางเคมีอุณหภูมิจากที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถในการดูดซับ

เพิ่มขึ้นไปด้วยเนื่องจากอิทธิพลของความร้อนจะช่วยเร่งการสร้างพันธะเคมีให้เร็วขึ้นและเพิ่มโอกาสที่ตัวดูดซับจะเคลื่อนที่เข้าสัมผัสกับตำแหน่งดูดซับได้มากขึ้น

4) ความสามารถในการละลายน้ำของสารที่ถูกดูดซับต่อการดูดซับ

เมื่อมีการดูดซับเกิดขึ้น โมเลกุลตัวถูกดูดซับจะถูกดึงดูออกจากน้ำก่อนแล้วจึงไปเกาะติดบนผิวของของแข็งสารที่มีความสามารถละลายน้ำได้ดีย่อมมีแรงยึดเหนี่ยวกับน้ำได้อย่างเหนียวแน่นมากกว่าสารที่มีความสามารถละลายน้ำได้น้อยกว่าจึงทำให้ยากต่อการดูดซับมากกว่าสารที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อยกว่าอย่างไรก็ตามเกณฑ์ข้างบนนี้ไม่ได้เป็นจริงเสมอไปทั้งนี้เพราะมีสารที่ละลายน้ำได้น้อยหลายชนิด เกาะติดผิวของสารดูดซับได้ยาก ด้วยเหตุนี้จึงไม่อาจกล่าวได้อย่างเต็มที่ว่า ความสามารถในการดูดซับและความสามารถในการละลายน้ำมีความสัมพันธ์กันอย่างแน่นอนในเชิงปริมาณ

5) ขนาดของสารที่ถูกดูดซับบนผิวของสารดูดซับ

ขนาดของสารหรือโมเลกุลของตัวถูกดูดซับ จะมีผลต่อการเพิ่มความสามารถในการดูดซับเมื่อน้ำหนักโมเลกุลและขนาดโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับเพิ่มขึ้น เช่นการดูดซับกรดอินทรีย์ โดยถ่านกัมมันต์จะพบว่า ถ่านกัมมันต์ดูดซับกรดฟอร์มิก กรดอะซิติก กรดโพรพอยอนิกและกรดบิวเทอริกได้มากขึ้น ตามลำดับดับของขนาดโมเลกุลที่เพิ่มขึ้นนอกจากนี้ขนาดโมเลกุลที่เพิ่มขึ้นยังส่งผลต่อการละลายด้วยโดยสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างที่ยาวมักมีความสามารถในการละลายน้ำได้ลดลงจึงส่งผลทำให้เกิดการดูดซับโดยตัวดูดซับมากขึ้นตามขนาดที่เพิ่มขึ้นแต่ในกรณีที่ตัวดูดซับมีรูพรุนมาก สารที่มีโมเลกุลเล็กกว่ารูพรุนมักถูกดูดซับได้ดีมากกว่าสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เนื่องจากสารโมเลกุลขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้ารูพรุนได้ และพื้นที่ผิวภายนอกที่จะดูดซับมีอยู่น้อยเนื่องจากพื้นที่ผิวภายนอกเป็นรูพรุน

6) ความปั่นป่วน (Turbulence)

อัตราเร็วในการดูดซับอาจขึ้นอยู่กับการแพร่ผ่านชั้นฟิล์ม (Film Diffusion) หรือการแพร่ผ่านรูพรุน (Pore Diffusion) ซึ่งแล้วแต่ความปั่นป่วนของระบบถ่านน้ำมีความปั่นป่วนต่ำฟิล์มน้ำซึ่งล้อมรอบตัวดูดซับจะมีความหนามาก และเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเข้าหาตัวดูดซับ ทำให้การแพร่ผ่านฟิล์มน้ำเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ ในทางตรงกันข้ามถ่านน้ำมีความ

ปั่นป่วนสูงทำให้น้ำไม่อาจสะสมตัวจนเป็นฟิล์มหนา เป็นผลให้โมเลกุลสามารถเคลื่อนที่ผ่านฟิล์มน้ำเข้าไปหาตัวดูดซับได้เร็วกว่าการเคลื่อนที่เข้าไปในโพรงกรณีนี้การแพร่ผ่านรูพรุนจะเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ

จากกระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์นั้นในงานวิจัยนี้ได้สนใจการแยกกลีเซอรอลในเฟสของการเติมกรดซัลฟิวริก[16] กรดไฮโดรคลอริก[17] เพื่อแยกสารอินทรีย์ออกจาก กลีเซอรอลเพื่อนำกลับไปทำไบโอดีเซลอีกครั้งเพื่อลดต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลการตรวจสอบกลีเซอรอลสามารถทำได้หลายวิธี เช่น

- การตรวจสอบคุณภาพ โดยให้ความร้อนสารตัวอย่างพร้อมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เฟต โดยกลีเซอรอลจะเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงไปเป็นอะโคลีน
- การตรวจสอบปริมาณกลีเซอรอล โดยวิธีไทเทรต โดยการออกซิไดซ์กลีเซอรอล ด้วยโซเดียมเปอร์ไอโอดेट เกิดเป็นอัลดีไฮด์ และกรดฟอร์มิกแล้วไทเทรตหาปริมาณของกลีเซอรอลด้วยสารมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบหาปริมาณกลีเซอรอลด้วยวิธีทางโครมาโทกราฟี เช่น ใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (high-performance liquid chromatography ,HPLC) ใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี (gas chromatography ,GC) และเทคนิควิเคราะห์สารด้วยอินฟราเรด (fourier transform infrared spectroscopy ,FTIR)

2.15 เทคนิควิเคราะห์สารด้วยอินฟราเรด (fourier transform infrared spectroscopy, FTIR)



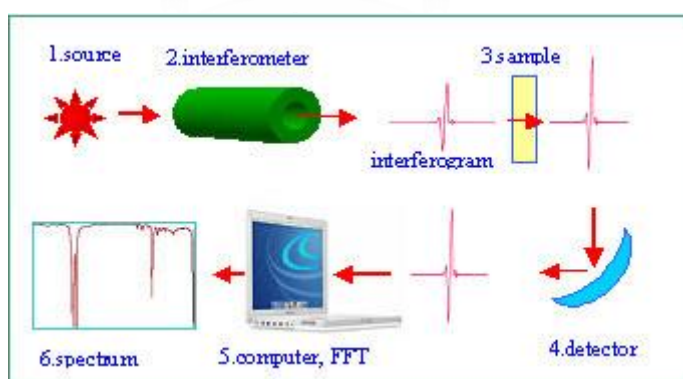
รูปภาพที่ 2.11 เครื่อง FT-IR spectrometer

จากรูปที่ 2.11 แสดงเครื่อง FT-IR spectrometer (Fourier Transform Infrared Spectrometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ โครงสร้างของสารโดยการวัดการดูดกลืนรังสีที่อยู่ในช่วง

อินฟราเรด ที่อยู่ในช่วงเลขคลื่น (Wave number) ประมาณ $12800-10\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้ง ของแข็ง ของเหลว และก๊าซรังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) เป็นรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าแต่ให้ความร้อนที่สัมผัสได้ รังสีอินฟราเรดอยู่ระหว่างช่วง Visible radiation กับ Microwave radiation โดยช่วงของรังสีอินฟราเรดแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่

1. Near Infrared ($12800-4000\text{ cm}^{-1}$)
2. Middle Infrared ($4000-200\text{ cm}^{-1}$)
3. Far Infrared ($200-10\text{ cm}^{-1}$)

ช่วงของรังสีอินฟราเรดที่ใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ทางเคมีได้แก่ช่วง Middle IR เนื่องจากรังสีอินฟราเรดมีพลังงานค่อนข้างต่ำเมื่อโมเลกุลของสารดูดกลืนรังสีอินฟราเรดเข้าไปจะทำให้พันธะในโมเลกุลเกิดการสั่นและการหมุน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ของโมเลกุลการที่โมเลกุลจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้นั้นความถี่ของรังสีอินฟราเรดต้องเท่ากับความถี่การสั่นของโมเลกุลของสารนั้นๆซึ่งสารอินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่าความถี่ของการสั่นที่จำเพาะและแตกต่างกันไปทำให้สามารถนำเทคนิคนี้มาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างและชนิดของสารอินทรีย์ได้ การแสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้แสดงเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง Wave number กับ Transmittance ซึ่งเรียกว่า Infrared spectrum[18].



รูปภาพที่ 2.12 ส่วนประกอบของเครื่อง FTIR spectrometer

จากรูปที่ 2.12 แสดงส่วนประกอบต่างๆของเครื่องFTIR และขั้นตอนการทำงาน[18].เทคนิควิเคราะห์สารด้วยอินฟราเรด เป็นเทคนิคที่ใช้พลังงานของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่น 0.8 ถึง 200 ไมโครเมตร หรือใช้หน่วยคลื่น $4,000$ ถึง 400 cm^{-1} ให้แก่มอเลกุลซึ่งมีผลต่อการสั่นของพันธะโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่แตกต่าง จากความแตกต่างกันของพลังที่มีผลต่อการสั่นของพันธะเคมีแต่ละชนิด ทำ

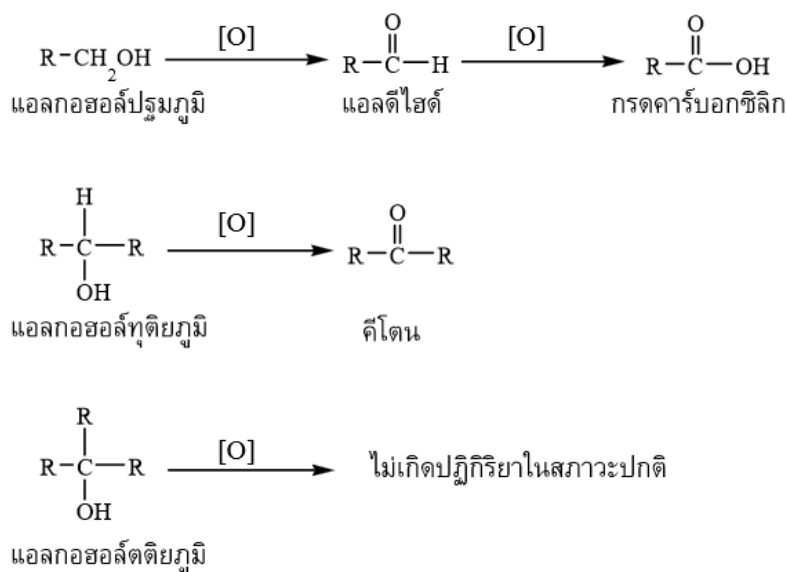
ให้สามารถจำแนกหมู่ฟังก์ชันในองค์ประกอบของสารนั้นๆได้ การใช้เครื่อง FTIR spectrometer วิเคราะห์ตัวอย่างใช้เวลาน้อยและไม่สิ้นเปลืองสารเคมีจึงนิยมนำมาใช้ เพื่อการตรวจสอบสารในเชิงคุณภาพหรือเพื่อยืนยันสูตรโครงสร้างของตัวอย่าง เช่นวิเคราะห์ชนิดของสารเคลือบผิวภาชนะบรรจุอาหาร ตัวอย่างสารสกัดจากพืชตัวอย่างโพลีเมอร์ เป็นต้น นอกจากการวิเคราะห์โดยใช้ช่วง Middle IR แล้วช่วง Near IR

ในงานวิจัยนี้ได้ทำวิเคราะห์หาปริมาณกลีเซอรอลและกรดไขมันอิสระที่ตกค้างอยู่ในกลีเซอรอล ด้วยเทคนิครีดอกซ์ไทเทรตชัน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกลีเซอรอลบริสุทธิ์ มอก. 337 - 2538 ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใช้เทคนิคไทเทรตชันทดสอบปริมาณกรดไขมันอิสระที่ตกค้างในกลีเซอรอล

2.16 การหาปริมาณความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลด้วยการไทเทรต

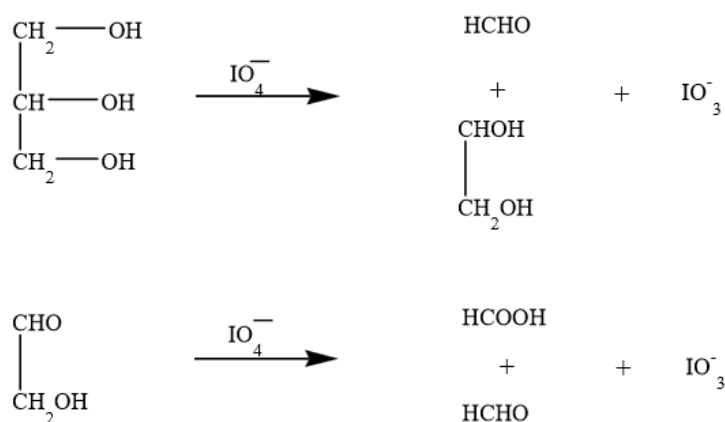
ปฏิกิริยาออกซิเดชัน รีดักชันเป็นปฏิกิริยาการให้หรือการรับอิเล็กตรอนเกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้น สมดุลที่เกิดขึ้นของปฏิกิริยารีดอกซ์สามารถวิเคราะห์หาปริมาณสารได้และนิยมนำวิธีดังกล่าวมาใช้ เนื่องจากสารประกอบทุกตัวสามารถเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ กระบวนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน รีดักชัน ประกอบด้วยสองปฏิกิริยา คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยารีดักชัน โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน สารที่ให้อิเล็กตรอนจะมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เช่น Fe^{2+} เป็น Fe^{3+} หรือ S^{2-} เป็น S^0 เป็นต้น สารที่สามารถให้อิเล็กตรอนเรียกว่า ตัวรีดิวซ์ ส่วนปฏิกิริยารีดักชันเป็นปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน เรียกว่าตัวออกซิไดซ์ กลีเซอรอลเป็นสารอินทรีย์ประเภทแอลกอฮอล์ ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน รีดักชันได้ โดยทั่วไปการจะทราบว่ามีสารอินทรีย์นั้นถูกออกซิไดซ์หรือรีดิวซ์มีหลักพิจารณา ดังนี้

สารอินทรีย์จะถูกออกซิไดซ์ ถ้าโมเลกุลของสารอินทรีย์เสียไฮโดรเจนหรือได้ออกซิเจน แต่ถ้าโมเลกุลของสารอินทรีย์ เสียออกซิเจนหรือได้ไฮโดรเจน แสดงว่าสารนั้นถูกรีดิวซ์ แอลกอฮอล์สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ดังสมการ ใช้ $[O]$ แทนตัวออกซิไดส์ใดๆ แอลกอฮอล์อาจถูกออกซิไดซ์เป็นคีโตน แอลดีไฮด์ หรือกรดคาร์บอกซิลิกได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนอะตอมของไฮโดรเจนที่ต่ออยู่กับอะตอมของคาร์บอนที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเกาะอยู่[9].



รูปภาพที่ 2.13 ปฏิกิริยาปฏิกิริยาของการไทเทรต

รูปภาพที่ 2.13 แสดงปฏิกิริยาของการไทเทรตกลีเซอรอล[31]. โดยแอลกอฮอล์ปฐมภูมิถูกออกซิไดซ์ครั้งแรกจะได้แอลดีไฮด์ และแอลดีไฮด์จะออกซิไดซ์ต่อเนื่องจากจะได้เป็นกรดคาร์บอกซิลิก หรือถ้าในสารละลายที่เป็นเบสจะได้ไอออนลบเกิดขึ้น รีเอเจนต์ที่นิยมในการออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ เช่น สารประกอบเชิงซ้อนโครมิกออกไซด์ พีรีดีน สารละลายโซเดียมเปอร์ไอโอดेट เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้สารละลายโซเดียมเปอร์ไอโอดेटเป็นรีเอเจนต์ในการออกซิไดซ์กลีเซอรอล ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ได้ 2 ครั้ง ขั้นแรกออกซิไดซ์ด้วยเปอร์ไอโอดेटจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นฟอร์มัลดีไฮด์และไฮดรอกซิลแอลดีไฮด์ ซึ่งไฮดรอกซิลแอลดีไฮด์ไม่เสถียรจึงถูกออกซิไดซ์ต่อในขั้นตอนที่สอง และได้เป็นผลิตภัณฑ์กรดฟอร์มิกและฟอร์มัลดีไฮด์ ดังแสดงในสมการ



รูปภาพที่ 2.14 ปฏิกิริยาปฏิกิริยาของการไทเทรต

รูปภาพที่ 2.14 แสดงปฏิกิริยาของการไทเทรตกลีเซอรอล. จากปฏิกิริยาหนึ่งโมเลกุลของกลีเซอรอลสามารถเกิดกรดฟอร์มิกได้ 1 โมเลกุล ดังนั้นการไทเทรตหาปริมาณกรดฟอร์มิกที่เกิดขึ้นจึงสามารถบอกปริมาณกลีเซอรอลที่มีอยู่ได้[9].

2.17 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรรณภรณ์ บรรจง[19]. ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบำบัดกลีเซอรินจากของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลในระดับชุมชนงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อบำบัดกลีเซอรินดิบโดยหาสภาวะที่เหมาะสมในขั้นตอนทางเคมีที่ออกแบบเพื่อบำบัดให้ได้กลีเซอรินบริสุทธิ์และวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์จากผลการศึกษาเครื่องบำบัดกลีเซอรินขนาด 30 ลิตรพบว่าที่สภาวะขั้นตอนต่างๆที่เหมาะสมมีต้นทุนที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการกลั่นเมทานอลคือ 95 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 9 ชั่วโมงได้เมทานอลออกมาร้อยละ 2.29 โดยปริมาตรของกลีเซอรินดิบในการปรับสภาพความเป็นกลางใช้กรดอะซิติกร้อยละ 1.44 โดยปริมาตรของสารละลายกลีเซอรินโดยใช้เวลา 5 ชั่วโมงที่ตะกอนของกรดไขมันแยกชั้นกับสารละลายกลีเซอรินได้ร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินมีค่าเฉลี่ย 49.49 จากนั้นบำบัดด้วยผงคาร์บอนกัมมันต์ในอัตราส่วน 1:4 และ 1:6 โดยน้ำหนักของคาร์บอนกัมมันต์ต่อน้ำหนักสารละลายกลีเซอรินได้สีเหลืองอ่อนมากที่สุดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและระเหยสารละลายกลีเซอรินเพื่อเอาน้ำและกรดอะซิติกออกที่อุณหภูมิที่ 130 องศาเซลเซียสร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินมีค่าเฉลี่ย 81.6 ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำสบู่ได้และวิเคราะห์ในทางเศรษฐศาสตร์พบว่ากระบวนการบำบัดกลีเซอรินดังกล่าวยังไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์แบ่งออกเป็น 3 โครงการคือโครงการที่ 1 กลีเซอรินดิบที่ยังไม่ผ่านกระบวนการบำบัดโครงการที่ 2 กลีเซอรินที่ผ่านกระบวนการบำบัดโดยการปรับสภาพความเป็นกลางมีลักษณะสีน้ำตาลเข้มและโครงการที่ 3 กลีเซอรินที่ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยคาร์บอนกัมมันต์ในอัตราส่วนต่างๆมีลักษณะสีเหลืองอ่อนถึงเข้มกำหนดระยะเวลาในการดำเนินงานเป็นเวลา 7 ปีโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบหาระยะเวลาคืนทุนอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่มเมื่อคิดเทียบโครงการราคาขายเริ่มต้นเมื่อกำหนดอัตราผลตอบแทนเป็น 6.75 เปอร์เซ็นต์จากทั้ง 3 โครงการในปี 2549 และ 2552 ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยเริ่มทำโครงการวิทยานิพนธ์ในปี 2549 ต่อมาจัดทำโครงการวิทยานิพนธ์เสร็จสิ้นแล้วเสร็จในปี 2552 ซึ่งราคากลีเซอรินเกิดการเปลี่ยนแปลงไปตามตลาดการซื้อขาย

ขายเพื่อเปรียบเทียบราคาที่เปลี่ยนแปลงโดยพิจารณาจาก ระยะเวลาคืนทุนอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่มเมื่อคิดเทียบโครงการราคาขายเริ่มต้นเมื่อกำหนดอัตราผลตอบแทนเป็น 6.75 เปอร์เซ็นต์

ณัฐกานต์ และ ณรงค์ฤทธิ์[20]. ศึกษาการทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์โดยการกำจัดกรดไขมันอิสระของกลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการไปโอดีเซลด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร การแยกกลีเซอรอลโดยเติมสารละลายอินทรีย์เฮกเซน การกำจัดสารปนเปื้อนและดูดซับสีจากผงถ่านกัมมันต์ การสกัดด้วยวิธีกวนจะได้สารที่บริสุทธิ์มากกว่าการเขย่าแต่จะได้ร้อยละผลที่ได้น้อยกว่า และกลีเซอรอลมีความบริสุทธิ์อยู่ที่ร้อยละ 94.4 ร้อยละผลที่ได้ 25.67

พินดา และชลธิ[21]. ได้ศึกษาการเพิ่มความเข้มข้นกลีเซอรอลจากของเหลือทิ้งในการผลิตไบโอดีเซลโดยการกลั่นเมทานอลที่อุณหภูมิ 70-90 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมกรดซัลฟิวริกและฟอสฟอริก เข้มข้นร้อยละ 3-7 โดยปริมาตร และแยกเกลือด้วยอลูมิเนียมซัลเฟต พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นเมทานอลที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาทีโดยใช้กรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้นโดยปริมาตรร้อยละ 7 ซึ่งจะทำให้กลีเซอรอลมีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 49 ไปเป็นร้อยละ 86 ความหนืด 152.4 ตารางมิลลิเมตรต่อวินาที และความหนาแน่น 1.2698 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ประเทืองสุข มณีล้ำ[22]. ได้ทำการศึกษาการทำกลีเซอรินดิบบริสุทธิ์ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันของไขมันวัว มาแยกสารเจือปนมาปรับสภาพให้เป็นกรดโดยใช้กรดซัลฟิวริกที่ pH 3 ทำให้เป็นกลางโดยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 โมลาร์ จากนั้นตกตะกอนเกลือที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ฟอกด้วยผงถ่านกัมมันต์อัตราส่วน 1: 20โดยน้ำหนักของผงถ่านกัมมันต์ ตกตะกอนเกลือที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทำการฟอกสีกลีเซอรินดิบด้วยผงถ่านกัมมันต์อัตราส่วนโดยน้ำหนักของผงถ่านกัมมันต์กับกลีเซอรินเป็น 1:20 เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดซึ่งเมื่อพิจารณาองค์ประกอบต่างๆของกลีเซอรินดิบที่แยกได้ที่สภาวะนี้จะได้ว่ากลีเซอรินที่ผ่านกระบวนการทำบริสุทธิ์จะมีปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักของผลผลิตเท่ากับ 44.63 และมีปริมาณร้อยละของกลีเซอรินบริสุทธิ์ 87.04 ซึ่งมีค่าสูงกว่าในกลีเซอรินดิบถึง 24.57% แต่อย่างไรก็ตามกลีเซอรินที่แยกออกมาได้ก็ยังคงมีเกลือและสารอินทรีย์อื่นๆที่ไม่ใช่กลีเซอรินเจือปนอยู่แต่มีในปริมาณน้อยกว่าในกลีเซอรินดิบซึ่งเมื่อพิจารณาถึงความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินที่ได้เทียบกับมาตรฐานของกลีเซอริน

บริสุทธิ์พบว่าความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินนี้สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสบู่เนื่องจากในกระบวนการผลิตสบู่ต้องการกลีเซอรินที่มีความบริสุทธิ์ 80%

ณฐมน ตีปะติ[9]. ได้ทำการศึกษาการผลิตและการพัฒนากระบวนการทำให้บริสุทธิ์ของกลีเซอรินที่ได้จากกากของเสียโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑนมด้วย ปฏิบัติการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมกลีเซอรินและวิเคราะห์ปริมาณกลีเซอรินด้วยเทคนิครีดอกซ์ไทเทรชันและศึกษาการทำให้บริสุทธิ์ 3 ขั้นตอนได้แก่การระเหยเมทานอลการแยกไขมันตกค้างออกด้วยเฮกเซนและการกำจัดสีกลิ่นในการทำให้บริสุทธิ์นี้ได้ศึกษาและเปรียบเทียบการกำจัดสีกลิ่นด้วยตัวดูดซับชนิดถ่านกัมมันต์และดินเบนทอไนต์ได้กลีเซอรินที่มีความบริสุทธิ์สูงขึ้น ซึ่งกลีเซอรินที่ได้จากจากการใช้โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยามีความบริสุทธิ์ร้อยละ 96.04 ± 0.44 สำหรับถ่านคาร์บอนกัมมันต์และ 95.37 ± 0.43 สำหรับดินเบนทอไนต์ส่วนกลีเซอรินที่ได้จากการใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาความบริสุทธิ์ร้อยละ 95.98 ± 0.34 สำหรับถ่านคาร์บอนกัมมันต์และ 95.03 ± 0.23 สำหรับดินเบนทอไนต์

รองศาสตราจารย์วัฒนา ปิ่นเสมอ[23]. ได้ศึกษาการผลิตภัณฑครีมจากรวมการทำให้บริสุทธิ์ กลีเซอรินจากโครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดาเป็นกลีเซอรินที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลเอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืชใช้แล้วจากการวิจัยพบว่ากลีเซอรินเมื่อทำให้เป็นกรดจะได้กลีเซอไรด์ผสมกรดไขมันอิสระ (FFA-G) 250 ml ซึ่งสามารถนำไปใช้ผลิตสบู่หรือไบโอดีเซลได้ปริมาณสบู่ที่ผลิตได้เท่ากับ $88.19 \pm 0.85\%$ และเมื่อนำไปผลิตไบโอดีเซลจากกระบวนการ acid-base catalyst พบว่ามีเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นจาก 63% เป็น 94% ปริมาตร 200 มิลลิลิตรค่าความเป็นกรดและค่าความหนืดบ่งบอกว่าไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนส่วนกลีเซอรินจากกระบวนการทำให้เป็นกรดเมื่อผ่านขั้นตอนการสกัดด้วยเฮกเซนและการพอกสีด้วยผงถ่านกัมมันต์พบว่ามีกลีเซอริน $93.49 \pm 0.41\%$ เถ้า $2.63 \pm 0.02\%$ ปริมาณน้ำ $2.73 \pm 0.01\%$ และสารอินทรีย์ที่ไม่ใช่กลีเซอริน 1.15% จึงนำกลีเซอรินมาระเหยด้วยเครื่องระเหยความดันต่ำ(evaporator) พบว่าเอทานอลกลั่นออกมาที่อุณหภูมิ 78.5°C จึงสรุปได้ว่าของเหลวที่กลั่นได้เป็นเอทานอลแต่จากการวิเคราะห์ความบริสุทธิ์พบว่าเอทานอลเพียง 92.8% และเอทานอลยังคงมีกลิ่นของน้ำมันพืชอยู่จึงได้แก้ไขโดยนำไปต้มกับผงถ่านกัมมันต์ 10% และกลั่นออกมาพบว่าได้เอทานอลที่

มีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้นเป็น 93.5% แต่ไม่มีกลิ่นของน้ำมันพืชเหลืออยู่เอทานอลที่ได้สามารถนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในโครงการได้แก่เชื้อเพลิงแข็งเจลล้างมือ ฯลฯ

Ooi และคณะ[24]. ศึกษาการนำกลีเซอรอลดิบจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยใช้น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์มเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตมี 2 ขั้นตอน ขั้นแรกทำให้เป็นกรดโดยใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 6 ขั้นที่สองเป็นการสกัดแยกกรดไขมันด้วยตัวทำละลายโดยตัวแปรที่ศึกษาคือผลของความเป็นกรด-เบสต่อการนำกลับกลีเซอรอลดิบพบว่าความเป็นกรด-เบสไม่มีผลต่อการแยกกรดไขมันอิสระ แต่มีผลอย่างมากในการแยกกลีเซอรอลเก่าเกลือและสารอินทรีย์ที่ไม่ใช่กลีเซอรอล (MONG) โดยภาวะที่เหมาะสมจะสามารถนำกลับของกลีเซอรอลดิบได้ร้อยละ 51.4 และพบว่ากระบวนการดังกล่าวเหมาะแก่การนำกลับกลีเซอรอลจากสารละลายกลีเซอรอลเจือจางร้อยละ 10-20 และมีเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 60-70

Yong และคณะ[25]. ได้ศึกษาแนวทางนำกลับกลีเซอรินบริสุทธิ์โดยการกลั่นวิเคราะห์องค์ประกอบของกลีเซอรินพบว่ามีกลีเซอรินร้อยละ 20.2 เถ้าร้อยละ 64.3 น้ำร้อยละ 3.0 และสารอินทรีย์อื่นๆที่ไม่ใช่กลีเซอรินร้อยละ 12.4 และ pH 12.8 และเมื่อแยกสิ่งเจือปนโดยใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้นแล้วพบว่ากลีเซอรินมีความบริสุทธิ์มากขึ้นเป็นร้อยละ 33.9% จากการศึกษาต่อยอดพบว่า pH มีผลต่อปริมาณและความบริสุทธิ์ของกลีเซอรินจากการทำกลีเซอรินดิบให้เป็นกรดด้วยกรดซัลฟิวริกที่ pH 1-7 พบว่าช่วง pH ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำกลีเซอรินให้เป็นกรดคือ pH 1-2 ให้กลีเซอรินบริสุทธิ์ที่สุดที่ร้อยละ 50 จากนั้นได้นำกลีเซอรินนี้ไปกลั่นสุญญากาศอย่างง่ายที่ความดัน $((4.0 \times 10) - 1) - ((4.0 \times 10) - 2)$ มิลลิบาร์และ pH ต่ำกว่า 5 เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดฟองสบู่พบว่าได้กลีเซอรินกลั่นตัวออกมาที่อุณหภูมิ 120-126°C เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบพบว่ามีกลีเซอรินบริสุทธิ์ร้อยละ 96.6 และกลีเซอรินมี pH เท่ากับ 3.5

Hazimah และคณะ[26]. ได้ศึกษาการนำกลับกลีเซอรอลและไตรกลีเซอรอลจากกากกลีเซอรอลจากการผลิตกลีเซอรอลบริสุทธิ์จากสวิตวอเตอร์ (Sweet water) โดยกระบวนการ 2 ขั้นตอนขั้นแรกทำการสกัดด้วย กรด-เบส โดยใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่ความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 2 และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 50 ปรับเป็นกลาง ขั้นที่สองนำกลีเซอรอลที่ได้

ไปกลั่นสุญญากาศที่ความดัน 0.1-3 มิลลิบาร์ อุณหภูมิ 140-160 °C ซึ่งทำให้กลีเซอรอลที่ได้มีความบริสุทธิ์อยู่ที่ร้อยละ 99.1-99.8

Israel และคณะ[27] ได้ศึกษาการนำกลีเซอรอลที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซลมาทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์ โดยนำกลีเซอรอลที่ได้มาปรับค่าความเป็นกรด-เบสที่ 3-4 ด้วยกรดจากนั้นกรองเกลือออกนำไปกลั่นที่อุณหภูมิ 60°C ความดัน 3 กิโลพาสคาลจากนั้นนำกลีเซอรอลไปทำปฏิกิริยาสaponนิฟิเคชันโดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และเมทานอลเพื่อเปลี่ยนรูปเอสเทอร์ที่เหลืออยู่ให้เป็นสบู่ และทำการเติมกรดเพื่อกำจัดสบู่ที่เกิดขึ้น พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือการใช้กรดฟอสฟอริก ซึ่งจะให้ค่าความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลอยู่ที่ร้อยละ 86

Cai และคณะ[28]. ได้ศึกษาการนำกลีเซอรอลที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์โดยใช้กระบวนการบำบัดทางเคมีและฟิสิกส์ การนำกลีเซอรอลโดยการทำให้เป็นกรด-เบสจากกรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 5.85 ที่อุณหภูมิ 70°C เวลา 60 นาทีจากนั้นทำการแยกชั้นของกลีเซอรอลออกมา นำกลีเซอรอลไปกลั่นที่อุณหภูมิ 164°C และ 200 °C นำกลีเซอรอลไปลดสีและกลั่นด้วยผงกำมะถันร้อยละ 2 ผงถ่านกำมะถันที่อุณหภูมิ 80°C พบว่าของกลีเซอรอลที่ได้นั้นมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 98.10

จากงานวิจัยดังกล่าวทำให้ทราบถึงวิธีการทำกลีเซอรอลจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยส่วนใหญ่จะมีขั้นตอนโดยนำกลีเซอรอลที่ได้มาปรับ กรด-เบส จากนั้นนำไปกลั่นหรือเติมเฮกเซนเพื่อแยกกรดไขมันที่หลงเหลือ สุดท้ายกำจัดสีกลิ่นด้วยผงกำมะถัน ทำให้มีความบริสุทธิ์เพียงพอที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาแนวทางความเป็นไปได้ในการนำเอากระบวนการดังกล่าวมาใช้รวมถึงการหาสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้แยกสารเจือปนออกจากกลีเซอรอลจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลเป็นการเพิ่มค่าความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล

นอกเหนือจากการวิจัยหากระบวนการผลิตกลีเซอรอลความบริสุทธิ์สูงแล้วในส่วนผลผลิตพลอยได้ที่เป็นกรดไขมันอิสระซึ่งได้จากขั้นตอนการทำให้กลีเซอรอลเป็นกรดคณะผู้วิจัยศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์คือนำไปทำไบโอดีเซล

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระสูง

สุภกร บุญยืน[29]. ได้ศึกษาอิทธิพลของกรดไขมันอิสระต่อการผลิตไบโอดีเซลโดยการเตรียมไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม น้ำมันไก่ ไขมันวัวและน้ำมันไข่แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาสองขั้นตอนในขั้นตอนแรกกรดไขมันอิสระที่ปนอยู่จะถูกทำให้เกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันกับเมทานอลโดยใช้ตัวเร่งชนิดเนื้อเดียวคือกรดซัลฟิวริก 5% โดยน้ำหนักในขั้นตอนที่สองไตรกลีเซอไรด์ที่เหลือจากขั้นตอนแรกจะทำให้เกิดเป็นไบโอดีเซลโดยทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันกับเมทานอลเมทานอลที่ใช้ตัวเร่งคือเบสโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์โดยน้ำหนักซึ่งในขั้นตอนดังกล่าวให้ผลผลิตการเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซลมากกว่าสำหรับทุกกรณีน้ำมันตัวอย่างน้ำมันที่ผ่านการเตรียมจากการใช้ตัวเร่งทั้งสองขั้นตอนนี้ให้ผลทางกายภาพและทางเคมีใกล้เคียงกับกรณีที่ใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพียงอย่างเดียวแต่ผลที่ได้จะมากกว่าในงานวิจัยนี้ยังสนใจศึกษาการนำสภาวะดังกล่าวไปใช้กับน้ำมันต่างๆทั้งที่ได้จากพืชและไขมันสัตว์โดยพบว่าน้ำมันไข่แล้วน้ำมันไก่และไขมันวัวให้ผลผลิตที่มากกว่าวิธีเดิมๆอย่างเห็นได้ชัดสรุปได้ว่าการการผลิตไบโอดีเซลจากปฏิกิริยาที่ใช้ตัวเร่ง 2 ขั้นตอนเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระปนเปื้อนได้ดี

ธัญวลัย จิรศิริวงษ์ และคณะ[30]. ได้ศึกษาการทำไบโอดีเซลไขมันจากบ่อดักไขมันของโรงงานผลิตและแปรรูปอาหารทะเลมาเป็นวัตถุดิบโดยทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันจากการทดลองพบว่าขั้นตอนแรกของการกระบวนการเอสเทอร์ฟิเคชันใช้อัตราส่วนโดยโมล ของเมทานอลต่อไขมันเท่ากับ 10:1 ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกร้อยละ 3 โดยเทียบกับน้ำหนักไขมันและเวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 4 ชั่วโมงส่วนในขั้นตอนที่ 2 ใช้กระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักอัตราส่วนโดยโมล ของเมทานอลต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 เท่ากับ 10:1 ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 30 นาทีสามารถเตรียมไบโอดีเซลความบริสุทธิ์สูงสุดร้อยละ 66.22 และร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซลเท่ากับร้อยละ 64.02 ไบโอดีเซลที่ได้เมื่อทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนพบว่าผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

ณัฐพงศ์ เอกวรรณัง[17]. ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลที่ของสารอินทรีย์ที่อยู่ในเฟสของกลีเซอรอลของกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันน้ำมันปาล์มสดที่ยังมีน้ำและน้ำมันพืชทอดใช้แล้ว

โดยแยกสารอินทรีย์จากกลีเซอรอล โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเมทิลเอสเทอร์ด้วยปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้กรดซัลฟิวริกในการเร่งปฏิกิริยาในสารละลายเมทานอล ปัจจัยที่ทำการศึกษาคือสัดส่วนโดยน้ำหนักของสารตั้งต้นต่อเมทานอล อุณหภูมิ เวลา และปริมาณของตัวเร่ง พบว่าสารอินทรีย์ที่อยู่ในเฟสของกลีเซอรอลมีกรดไขมันอิสระ 97% สภาวะที่เหมาะสมคือ สัดส่วนของสารอินทรีย์ต่อเมทานอล 1:1.5 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 ชั่วโมงได้ความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ร้อยละ 99.8 และมีกรดไขมันอิสระเล็กน้อย ร้อยละผลที่ได้ 94.12 สารอินทรีย์จากกลีเซอรอลของน้ำมันพืชทอดใช้แล้วมีกรดไขมันอิสระเพียงร้อยละ 29 และสภาวะที่เหมาะสมคือ สัดส่วนของสารอินทรีย์ต่อเมทานอล 1:0.5 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 ชั่วโมงได้ความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ร้อยละ 100 และมีกรดไขมันอิสระเล็กน้อย ร้อยละผลที่ได้ 93.38 ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับมาตรฐานเมทิลเอสเทอร์แห่งประเทศไทยและสหรัฐอเมริกา ASTM

May Myat Khine และคณะ[31]. ได้ศึกษากรดไขมันปาล์มซึ่งมีค่าความเป็นกรดที่ 154.6 มิลลิกรัมเป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลแบบสองขั้นตอนโดยในขั้นตอนแรกนั้นได้ทำการศึกษาคือสัดส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อกรดไขมันปาล์มและเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมของปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปัจจัยต่างๆของกระบวนการผลิตได้แก่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ 60 องศาเซลเซียส ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา คือ กรดซัลฟิวริกที่ 3.5 เปอร์เซ็นต์จะถูกกำหนดให้คงที่ในขั้นตอนที่สองได้ทำการศึกษาเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน จากการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันของกรดไขมันปาล์มจำนวน 50 กรัมอยู่ที่ปริมาณโมลของเมทานอลต่อกรดไขมันปาล์มเท่ากับ 12 ต่อ 1 และเวลาในการทำปฏิกิริยาที่ 3 ชั่วโมงนอกจากนั้นยังพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันอยู่ที่เวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 1 ชั่วโมงซึ่งน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากสภาวะที่เหมาะสมที่สุดนี้มีผลได้ที่ 97.3 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 3

วิธีดำเนินวิจัย

3.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล

ในงานวิจัยนี้ ได้สนใจศึกษาปริมาณกลีเซอรอล และผลผลิตของกลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการเพิ่มความบริสุทธิ์ให้กลีเซอรอลปริมาณกลีเซอรอลได้จากการการไตรเอตรท และผลผลิตของกลีเซอรอล ได้จากผลการทดลองเพื่อหาอัตราผลผลิตจากประสิทธิภาพสูงสุดในกระบวนการเพิ่มความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลในสภาวะที่ดีที่สุด มีขั้นตอนคือ กระบวนการแยกโดยใช้กรด กระบวนการเติมสารละลายอินทรีย์และผงถ่านกัมมันต์ ซึ่งการทดลองในครั้งนี้มีปัจจัยที่สนใจศึกษา คือ

- 1 ปริมาณกลีเซอรอลที่ได้
2. อัตราผลผลิตด้านวัสดุของกลีเซอรอล

3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล

การกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล เป็นขั้นตอนการเลือกปัจจัยที่จะทำการทดลองศึกษาว่าปัจจัยเหล่านั้นปัจจัยที่มีผลต่อความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล เมื่อทำการทดลองกระบวนการเพิ่มความบริสุทธิ์เพื่อใช้เลือกใช้เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการนำมาซึ่งปริมาณกลีเซอรอล และผลผลิตของกลีเซอรอล ที่เหมาะสม สามารถนำค่าที่ได้ขึ้นไปคำนวณต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้ด้วย เพื่อคำนวณมูลค่าเพิ่มของกลีเซอรอล อัตราการผลิตของ กลีเซอรอลบริสุทธิ์เทียบกับกลีเซอรอลดิบ ที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซล รวมไปถึงใช้เป็นแนวทางในการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ได้จริงในเชิงอุตสาหกรรม โดยสามารถสรุปปัจจัยที่นำมาใช้ดังนี้

3.2.1 ชนิดของกรดและค่า pH

กระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์นั้น มีการกำจัดสบู่ซึ่งเป็นสิ่งเจือปนในกลีเซอรอลจากกระบวนการผลิตโดยนำกลีเซอรอลมาเติมกรด ซึ่งกรดที่เติมนั้นจะแตกตัวให้โปรตอนเข้าไปแทนที่โซเดียมในสารประกอบสบู่ เกิดเป็นสารประกอบมอนอกลิเซอไรด์ ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์แยกเป็นสารชั้นบน ส่วนโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่หลุดออกมาจะจับตัวกับเกลือของกรดตกตะกอนลงมาด้านล่าง[32]. โดยค่า pH ที่เหมาะสมนั้นควรมีค่าน้อยกว่า 5 เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิด Foaming เมื่ออุณหภูมิที่สูง โซเดียมไฮดรอกไซด์อิสระจะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันเกิดเป็นสบู่ได้ง่าย[33].

ขั้นตอนการทำกลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืชใช้แล้วให้บริสุทธิ์ ศึกษาปัจจัยการลดลงของกรดไขมันอิสระและเกลือโดยการเติมกรด พบว่าชนิดของกรดและ pH ในการเติมกรดนั้นมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อชั้นของกลีเซอรอล(ฤดีมาศ มโนศักดิ์, 2010) และในการทดลองเติมกรดเบื้องต้นที่มีความเข้มข้นสูงๆพบว่าจะเกิดการกัดกร่อนทำให้เกิดการแยกชั้นของกลีเซอรอลใช้เวลานานทำให้ปริมาณของกลีเซอรอลลดลง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการลดความเข้มข้นกรดให้น้อยโดยใช้อยู่ที่ความเข้มข้น 1 โมล[20].

3.2.2 ใช้สารละลายเฮกเซนการสกัดตัวทำละลายอินทรีย์

การสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์นั้นเป็นที่ใช้ในการแยกสารบริสุทธิ์วิธีหนึ่งซึ่งสารที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันย่อมละลายในตัวละลายที่คล้ายคลึงกัน โดยกลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการเติมกรดนั้นจะยังมีสารเจือปนของกรดไขมันที่เป็นสารไม่มีขั้ว โดยสารสกัดที่ไม่มีขั้ว โดยสารที่นิยมคือเฮกเซน เนื่องจากมีราคาถูก และเป็นพิษน้อยกว่า คลอโรฟอร์ม ทั้งนี้ในการสกัดทุกครั้งนั้นไม่ควรใช้อุณหภูมิสูงมาก เพราะอุณหภูมิที่สูงทำให้ระเหยได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการสกัดลดลง

3.2.3 ใช้ผงถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับสีและกลิ่น

การดูดซับโดยระบบดูดซับโดยทั่วไปมักมีของแข็งเป็นส่วนประกอบ โดยการดูดซับนั้นของแข็งจะไม่ถูกดูดซับเพียงแค่ดูดสารไว้บนผิวหน้าของแข็งนั้น เรียกของแข็งนี้ว่า ตัวดูดซับ (absorbent) ส่วนสารประกอบที่สะสมเรียกว่า สารถูกดูดซับ (absorbate) ซึ่งคุณสมบัติของตัวดูดซับคือ ความพรุน เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสกับสาร ทั้งนี้การดูดซับจะเกิดขึ้นได้ดีและเร็วเมื่อมีพลังงานมา

กระตุ้น ที่อุณหภูมิสูงๆ ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการดูดซับสีของตัวดูดซับจะลดลงเมื่อกลีเซอรอลมีความหนืด Liu และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาการดูดซับกลีเซอรอลที่ได้จากการล้างไบโอดีเซลโดยใช้ตัวดูดซับต่างๆ เช่น ผงถ่านกัมมันต์ ดินขาว ซีโอไลต์ จากธรรมชาติและสังเคราะห์ พบว่าผงถ่านกัมมันต์มีการดูดซับกลีเซอรอลได้สูงกว่าตัวดูดซับชนิดอื่นๆ

จากการศึกษาจากงานวิจัยที่ผ่านมาจึงได้เลือกการศึกษากระบวนการเพิ่มความบริสุทธิ์ให้กลีเซอรอลด้วยวิธีการทางเคมีเนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และต้นทุนในการจัดการต่ำ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาชนิดของกรดที่แตกต่างกันโดยเลือกกรดไฮโดรคลอริกและกรดซัลฟิวริกในขั้นตอนกระบวนการเติมกรดเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดกรดไขมันและใช้สารละลายเฮกเซนกำจัดกรดไขมันและผงถ่านกัมมันต์ในการบำบัดสีและกลิ่น

ตารางที่ 3.1 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	ขอบเขต	หน่วย
ค่า pH	2-4	
ปริมาณเฮกเซน : กลีเซอรอล	0.5:1-1.5:1	(w/w)
ระยะเวลา	2	ชั่วโมง
ปริมาณผงถ่านกัมมันต์ : กลีเซอรอล	0.05:1-1:1	(w/w)
อุณหภูมิ	70	องศาเซลเซียส
ระยะเวลา	3	ชั่วโมง

3.3 วัสดุและอุปกรณ์

1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1.1 กลีเซอรอลที่ได้กระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้วจากการอนุเคราะห์จากกรมทหารราบ 1

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2.1 ชุดกรองสารระบบสุญญากาศ Glass Vacuum Filter Holder

- 2.2 กระจกทรง เมมเบรนฟิวเตอร์ (ใช้กรองของเหลวสุญญากาศช่วยในการไหล)
- 2.3 กรวยกระเบื้อง (Funnel) และขวดแก้ว (Filtration Flask)
- 2.4 ขาดังและที่กรองกรวยแยกสาร (O'ring)
- 2.5 ปีกเกอร์ขนาด 500, 800 และ 1,000 ml. และกระบอกตวง 500 ml
- 2.6 แท่งแก้วคน
- 2.7 เครื่องกวนสารให้ความร้อน (Hot Plate - Magnetic Stirrer)
- 2.8 เทอร์มิเตอร์แท่งแก้ว (Glass Thermometer)
- 2.9 ขวดใส่สารละลาย (Reagent bottle)
- 2.10 เครื่องชั่งละเอียด
- 2.11 pH meter
- 2.12 เครื่องดูดอากาศ
- 2.13 นาฬิกาจับเวลา
- 2.14 กระจกทรง ยี่ห้อ Whatman เบอร์ 42 และเบอร์ 1
- 2.15 เครื่องวัดอุณหภูมิ

3. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- 3.1 กรดไฮโดรคลอริก (HCl , 37%,Carlo Erba)
- 3.2 กรดซัลฟิวริก (H₂SO₄, 96%,Mallinckrodt Chemical)
- 3.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH, Analar ,AR grade)
- 3.4 เฮกเซน (Fisher Scientific, 95%)

3.5 ผงถ่านกัมมันต์ทางการค้า (Panreac, AR Grade)

4. อุปกรณ์ในการตรวจหากรดไขมันอิสระ

4.1 บิวเรต

4.2 ขวดรูปชมพู่

4.3 ปีกเกอร์

4.4 หลอดหยดสาร

4.5 แท่นวาง

5. สารเคมีที่ใช้

5.1 ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) 0.1%

5.2 ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (Isopropyl Alcohol) หรือ IPA

5.5 โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 98%

6. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจหาปริมาณกลีเซอรอล

6.1 บิวเรต

6.2 ปีกเกอร์

6.3 กระจกนาฬิกา

7. สารเคมีที่ใช้

7.1 โซเดียมเมตาเปอร์ไอโอเดต

7.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์

7.3 เอทิลีนไกลคอล

7.4 โซเดียมฟอร์เมต

7.5 น้ำกลั่น

8.สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมไบโอดีเซลเพื่อตรวจหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์

8.1 n - Heptane : Analysis grade, Labscan , Ireland

8.2 เมทิลเฮปตะดีคาโนเอท (methyl heptadecanoate) : ค่าความบริสุทธิ์ 95%

8.3 สารละลายเมทิลเฮปตะดีคาโนเอท 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

9.อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมไบโอดีเซลเพื่อตรวจหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์

9.1 เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี : model GC – 2010, Shimadzu , Japan

แก๊สตัวนำ : He

คอลัมน์ : DB – Wax, 30 เมตร x 0.32 มิลลิเมตร

ดีเทคเตอร์ : FID, 380 องศาเซลเซียส

อินเจคเตอร์ : 260 องศาเซลเซียส (DB – Wax), split ratio 25

9.2 เครื่องชั่ง : model BL210S, Sartorius, Goettingen , Germany

9.3 เครื่องผสม (Vortex Mexer): model KMC-1300V , VISION , Korea

9.4 ขวด Vial ขนาด 10 มิลลิลิตร

10.สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมไบโอดีเซลเพื่อตรวจหาปริมาณกลีเซอรอล

10.1 เมทานอลเข้มข้น95%

11.อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมไบโอดีเซลเพื่อตรวจหาปริมาณกลีเซอรอล

11.1 เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี: model GC – 2010, Shimadzu, Japan

แก๊สดำนำ : He

คอลัมน์ : DB – Wax, 30 เมตร x 0.32 มิลลิเมตร

ดีเทคเตอร์ : FID, 380 องศาเซลเซียส

อินเจคเตอร์ : 260 องศาเซลเซียส (DB – Wax), split ratio 25

11.2 เครื่องชั่ง: model BL210S, Sartorius , Goettingen , Germany

11.3 เครื่องผสม (Vortex Mexer) : model KMC-1300V, VISION, Korea

11.4 ขวด Vial ขนาด 10 มิลลิลิตร

3.4 วิธีการสกัดกลีเซอรอลดิบให้ได้กลีเซอรอล

ในกระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์นั้นต้องกำจัดสิ่งเจือปน ต้องมีการเตรียมกลีเซอรอลเบื้องต้น นำกลีเซอรอลดิบที่ได้มาอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 30 นาที กลีเซอรอลที่ได้นั้นไปกรองสิ่งสกปรกอีกครั้งก่อนการเติมกรดเพื่อกำจัดแอลกอฮอล์เมทานอล และน้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาไบโอดีเซลการปรับสภาพกลีเซอรอลให้เป็นกรด

3.4.1 วิธีการสกัดโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก

- การเติมกรดไฮโดรคลอริกเพื่อปรับค่า pH 2-4 โดยใช้กลีเซอรอลที่ 30 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 25*150 มีปริมาตร 60 มิลลิลิตร เมื่อการเติมกรดแล้วนั้นจะทำการกวนผสมโดยใช้เครื่อง magnetic stirrer อัตราการกวนอยู่ที่ 350 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกปริมาณกลีเซอรอลที่ได้
- ทำการดูดสารในชั้นของกลีเซอรอลขึ้นมาเพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลโดยการไตเตรท

3.4.2 วิธีการสกัดโดยใช้กรดซัลฟิวริก

- การเติมซัลฟิวริกเพื่อปรับค่า pH 2-4 โดยใช้กลีเซอรอลที่ 30 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 25*150 มีปริมาตร 60 มิลลิลิตร เมื่อการเติมกรดแล้วนั้นจะทำการกวนผสมโดยใช้เครื่อง magnetic

stirrer อัตราการกวนอยู่ที่ 350 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกปริมาณกลีเซอรอลที่ได้

- ทำการดูดสารในชั้นของกลีเซอรอลขึ้นมาเพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลโดยการไตเตรท

3.5 วิธีการทำให้กลีเซอรอลดิบให้บริสุทธิ์ด้วยสารละลายเฮกเซน

กลีเซอรอลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเลือกสภาวะที่ดีที่สุดนำมาทำให้เป็นกลางโดยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 โมล[32]. และกำจัดกรดปนเปื้อนอีกครั้งโดยการเติมสารละลายเฮกเซน ที่อัตราสารละลายเฮกเซนต่อปริมาณกลีเซอรอลระหว่าง 0.5:1-1.5:1 โดยทำการเขย่าให้เข้ากันหลังจากนั้น จึงการกวนผสมโดยใช้เครื่อง magnetic stirrer อัตราการกวนอยู่ที่ 350 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นถ่ายใส่กรวยแยกสาร ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดการแยกสารอีก 2 ชั่วโมง

- ทำการแยกชั้นสารออกโดยเอากลีเซอรอลที่อยู่ชั้นล่างออกมาบันทึกปริมาณกลีเซอรอลที่ได้
- ทำการระเหยเฮกเซนที่ตกค้างอยู่ในกลีเซอรอล โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส
- ตรวจสอบปริมาณกลีเซอรอลที่ได้โดยการไตเตรท เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดในการขั้นต่อไป

3.6 วิธีการทำให้กลีเซอรอลดิบให้บริสุทธิ์ด้วยผงถ่านกัมมันต์

กลีเซอรอลที่ได้จากระบวนการที่ 3.5 นั้นยังมีสีเข้มและกลิ่นแรง สามารถกำจัดได้โดยการเติมผงถ่านกัมมันต์โดยนำกลีเซอรอลที่ดีที่สุดที่ได้จากระบวนการที่ 3.5 มาอุ่นเพื่อทำให้กลีเซอรอลนั้นไม่เหนียว

- อุ่นกลีเซอรอลที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส
- เติมผงถ่านกัมมันต์โดยใช้อัตราส่วนของผงถ่านกัมมันต์ต่อกลีเซอรอลระหว่าง 0.05:1-1:1 โดยน้ำหนักของกลีเซอรอล ทำการกวนผสมโดยใช้เครื่อง magnetic stirrer อัตราการกวนอยู่ที่ 350 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง กรองแยกกลีเซอรอลออกจากผงถ่านกัมมันต์
- บันทึกปริมาณกลีเซอรอลที่ได้ในแต่ละอัตราส่วนผงถ่านกัมมันต์ต่อกลีเซอรอล
- ตรวจสอบปริมาณกลีเซอรอลที่ได้โดยการไตเตรทเพื่อหาค่าที่ดีที่สุดในการขั้นต่อไป

3.7 วิธีการผลิตไบโอดีเซลจากสารอินทรีย์

สารอินทรีย์ที่ได้จากการแยกชั้นของกลีเซอรอลมาปรับสภาพเบื้องต้นโดยนำมาต้มไอน้ำที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง นำสารอินทรีย์ที่ได้ไปกรองอีกครั้งเพื่อลดสารปนเปื้อน

- ทำการตรวจสอบหาปริมาณกรดไขมันอิสระ
- อุ่นสารอินทรีย์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เติมเมทานอลอัตราส่วนของเมทานอลกับสารอินทรีย์อยู่ที่ 0.5:1 และที่ 1:1 โดยน้ำหนักของสารอินทรีย์ใช้กรดซัลฟิวริกที่ 1% โดยน้ำหนักของสารอินทรีย์ โดยน้ำหนักของสารอินทรีย์ ทำการกวนผสมโดยใช้เครื่อง magnetic stirrer อัตราการกวนอยู่ที่ 350 รอบ / นาที เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง
- นำไบโอดีเซลที่ได้ไปล้างน้ำเพื่อลดกรดของไบโอดีเซล
- นำไบโอดีเซลที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณเมทิลเอสเตอร์ ที่ศูนย์เครื่องมือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยโดยการส่งตรวจเครื่อง GC นำค่าที่ได้ไปคำนวณได้กราฟเพื่อคำนวณหาปริมาณเมทิลเอสเตอร์ต่อไป

3.8 วิเคราะห์อัตราผลผลิตด้านวัสดุ

เป็นการนำเอาสถานะที่ดีที่สุดในช่วงตอนที่ 3.4-3.7 มาทำการทดลองแบบ Bath ที่ปริมาณสารตั้งต้นกลีเซอรอลดิบ 1,000 กรัม ทำการกวนผสมโดยใช้เครื่อง magnetic stirrer อัตราการกวนอยู่ที่ 350 รอบ/นาที

- ปรับ pH 2 โดยกรดซัลฟิวริกที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส
- เติมสารละลายเฮกเซนที่อัตราส่วนระหว่างเฮกเซนต่อกลีเซอรอลอยู่ที่ 1:1 โดยน้ำหนักกลีเซอรอล จากนั้นแยกชั้นกลีเซอรอล นำชั้นของกลีเซอรอลไประเหยเฮกเซน บันทึกปริมาณกลีเซอรอลที่ได้
- เติมผงถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วนต่อกลีเซอรอลอยู่ที่ 0.05:1 โดยน้ำหนักกลีเซอรอล ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส
- นำสารอินทรีย์ที่ได้ไปผลิตไบโอดีเซล บันทึกปริมาณไบโอดีเซลที่ได้

- ตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของกลีเซอรอลโดยใช้เทคนิค FTIR ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการส่งผลที่ได้ไปตรวจที่ศูนย์เครื่องมือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นำกราฟที่ได้มาวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน

ทำการวิเคราะห์อัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุ

- วิเคราะห์มูลค่าของกลีเซอรอลโดยการตรวจสอบราคาขายต่อกิโลกรัม ณ ปัจจุบัน จากการสอบถามข้อมูลจากบริษัท siam absolute จำกัด

- วิเคราะห์มูลค่าของไบโอดีเซลโดยการตรวจสอบราคาขาย ณ ปัจจุบันจากสำนักงานนโยบายและพลังงาน [34].

3.8.1 ประเมินอัตราปริมาณผลผลิตของกลีเซอรอลที่ได้

1. อัตราปริมาณผลผลิตของกลีเซอรอล =
$$\frac{\text{ปริมาณกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้ (D)}}{\text{ปริมาณกลีเซอรอลดิบที่ใช้ (A)}}$$
2. อัตราปริมาณผลผลิตของไบโอดีเซล =
$$\frac{\text{ปริมาณไบโอดีเซลที่ได้ (C)}}{\text{ปริมาณกลีเซอรอลดิบที่ใช้ (A)}}$$
3. อัตราปริมาณผลผลิตรวม =
$$\frac{\text{ปริมาณกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้ (D) + ปริมาณไบโอดีเซลที่ได้ (C)}}{\text{ปริมาณกลีเซอรอลดิบที่ใช้ (A)}}$$

3.8.2 ประเมินอัตรามูลค่าผลผลิตที่ได้จำแนกได้ดังนี้

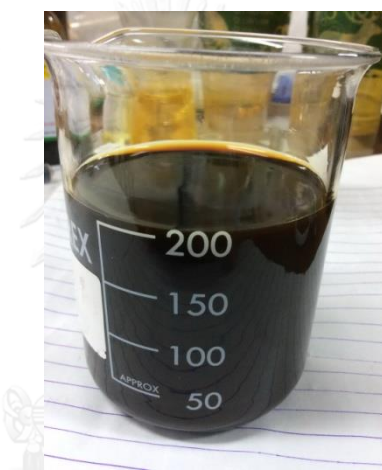
1. อัตรามูลค่าผลผลิตของกลีเซอรอลที่ได้ =
$$\frac{\text{มูลค่าของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้ (บาท)}}{\text{มูลค่าของวัตถุดิบที่ใช้ (บาท)}}$$
2. อัตรามูลค่าผลผลิตของไบโอดีเซล =
$$\frac{\text{มูลค่าของไบโอดีเซลที่ได้ (บาท)}}{\text{มูลค่าของวัตถุดิบที่ใช้ (บาท)}}$$
3. อัตรามูลค่าผลผลิตรวมกลีเซอรอลและไบโอดีเซล
=
$$\frac{\text{มูลค่าของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้และมูลค่าของไบโอดีเซลที่ได้ (บาท)}}{\text{มูลค่าของวัตถุดิบที่ใช้ (บาท)}}$$

บทที่ 4

ผลการศึกษาและการดำเนินงาน

4.1.ผลการเติมกรด

การนำกลีเซอรอลที่ได้กระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันในน้ำมันพืชใช้แล้วจะพบว่ากลีเซอรอลที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตนั้นจะมีสีเข้มเป็นของเหลวข้น หนืด และมีกลิ่นหืนค่อนข้างแรง ซึ่งกลีเซอรอลดังกล่าวไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้



รูปภาพที่ 4.1 กลีเซอรอลดิบที่เป็นผลพลอยได้จากไบโอดีเซล โดยกลีเซอรอลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เมื่อวิเคราะห์ปริมาณกลีเซอรอลอยู่ที่ร้อยละ 45.7 มีสารเจือปนค่อนข้างสูงเมื่อเติมกรดในกลีเซอรอลนั้นทำให้พันธะของสบู่แตกตัว กลายเป็นกรดไขมันอิสระซึ่งมีสารไม่มีขั้วอยู่ด้านบน ส่วนชั้นกลางจะเป็นชั้นของกลีเซอรอลและชั้นล่างเป็นชั้นของเกลือ

4.1.1 ผลการเติมกรดไฮโดรคลอริก

ความเข้มข้น 1 โมล กวนโดยใช้เครื่อง magnetic stirrer กวนผสมเป็นเวลา 30 นาที ความเร็ว 300 rpm เป็นการเติมกรดไฮโดรคลอริกเพื่อปรับค่า pH 2-4 โดยใช้กลีเซอรอลที่ 30 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 25*150 มีปริมาตร 60 มิลลิลิตร เมื่อการเติมกรดแล้วนั้นจะทำการกวนผสมโดยใช้เครื่อง magnetic stirrer เป็นเวลา 30 นาที จากตารางแสดงปริมาตรของกลีเซอรอลเมื่อเติมกรด ไฮโดรคลอริกกลีเซอรอลที่ระดับ pH 2-4 ที่อุณหภูมิ 37,50 และ 70 องศาเซลเซียส

เมื่อทิ้งกลีเซอรอลไว้จะแยกเป็น 3 ชั้นโดยชั้นบนสุดจะเป็นชั้นของกรดไขมันอิสระชั้นกลางจะเป็นชั้นของอิมัลชันและชั้นล่างสุดจะเป็นชั้นของกลีเซอรอล นอกจากนี้ยังสามารถดูจากร้อยละของปริมาตรในแต่ละระดับดังแสดงต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ร้อยละของแต่ละชั้นสารที่เกิดจากการเติมกรดไฮโดรคลอริก

pH	ปริมาณสารตั้งต้น		ปริมาณสารที่ได้ (ร้อยละโดยปริมาตร)											
	Gly ดิบ (มล)	HCl (มล)	T=37°C				T=50 °C				T=70°C			
			Gly	FFA	Em	Sa	Gly	FFA	Em	Sa	Gly	FFA	Em	Sa
2	60	30	77.6	16	6.4	-	76.3	23.7	-	-	30	67.2	32.8	-
3	60	27	81.5	15.9	2.6	-	76.8	23.2	-	-	25.5	68.7	21.3	-
4	60	24	71.8	18.2	10	-	75.2	24.8	-	-	24	64.2	35.8	-

หมายเหตุ Gly แทน กลีเซอรอล, FFA แทน กรดไขมันอิสระ, Em แทน อิมัลชัน, Sa แทน เกลือ

จากตาราง 4.1 แสดงปริมาณกลีเซอรอลที่ได้กับเวลาในแต่ละอุณหภูมิ พบว่าเริ่มเกิดชั้นของกลีเซอรอลที่เวลา 1 ชั่วโมง จากการทดลอง เมื่อดูจากปริมาณกลีเซอรอลที่ได้จากการแยกด้วยไฮโดรคลอริก ในระดับ pH 2-4 ผลที่ได้จากการทดลองคือจะเกิดการแยกชั้นของสารโดยที่ชั้นบนจะมีลักษณะเป็นของเหลวสีดำจะเป็นชั้นของกรดไขมัน ชั้นกลางจะมีลักษณะเป็นก้อนหนืดจะเป็นอิมัลชัน และชั้นล่างมีลักษณะเป็นของเหลวใสจะเป็นชั้นของกลีเซอรอล จากตารางแสดงการแยกชั้นของกลีเซอรอล (ชั้นกลาง) ของค่า pH 2-4 พบว่าชั้นของกลีเซอรอลจะเริ่มแยกชั้นเมื่อทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาณกลีเซอรอลลดลง ค่าของกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น จะได้กลีเซอรอลที่มีปริมาตรสูงสุดที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสนั้นเพิ่มขึ้น ที่ pH3 เมื่อเทียบจากตารางสัดส่วนร้อยละจะพบว่าปริมาณการแยกคีนกลีเซอรอลของค่าความเป็นกรดที่ pH3 นั้นได้ปริมาณกลีเซอรอลสูงที่สุดร้อยละ 81.5

4.1.2 ผลการเติมกรดซัลฟิวริก

ความเข้มข้น 1 โมล กวนโดยใช้เครื่องmagnetic stirrer กวนผสมเป็นเวลา 30 นาที ความเร็ว 300 rpmเป็นการเติมกรดซัลฟิวริกเพื่อปรับค่า pH 2-4 โดยใช้กลีเซอรอลที่ 30 มิลลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 25*150 มีปริมาตร 60 มิลลิลิตร เมื่อการเติมกรดแล้วนั้นจะทำการกวนผสมโดยใช้เครื่อง magnetic stirrer เป็นเวลา30 นาที ตารางแสดงปริมาณกลีเซอรอลที่ได้หลังจากการ

แยกด้วยกรดซัลฟิวริก ทั้งนี้ในการเติมกรดซัลฟิวริกเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะเกิดการตกตะกอนของชั้นเกลื้อที่มีความหนาแน่นมากได้ตกตะกอนลงมาด้านล่าง ซึ่งทำให้ปริมาณกลีเซอรอลนั้นลดลง นอกจากนั้นสามารถดูจากร้อยละของปริมาตรในแต่ละระดับดังแสดงต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 ปริมาณร้อยละของผลที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกที่ pH ต่างๆ

pH	ปริมาณสารตั้งต้น		ปริมาณสารที่ได้ (ร้อยละโดยปริมาตร)											
	Gly ดิบ (มล)	H ₂ SO ₄ (มล)	T=37°C				T=50 °C				T=70°C			
			Gly	FFA	Em	Sa	Gly	FFA	Em	Sa	Gly	FFA	Em	Sa
2	60	15	50	23.1	-	27	51.4	28.3	2.8	17.5	30.7	38.6	-	30.7
3	60	13	52	22.7	-	25	52.1	27.5	3.3	17.1	36.3	34.3	-	29.4
4	60	12	54.1	21.3	-	25	52.6	24.4	3	20	42.1	31.6	-	26.3

*ความหนาแน่นกลีเซอรอล 31.6 g / 60 ml = 0.53 g/ml

หมายเหตุ Gly แทน กลีเซอรอล, FFA แทน กรดไขมันอิสระ, Em แทน อิมัลชัน, Sa แทน เกลื้อ

จากตารางแสดงร้อยละของแต่ละชั้นสารที่เกิดจากการเติมกรดซัลฟิวริกจะพบว่าร้อยละของการแยกคืนกลีเซอรอลนั้นที่ pH 4 มีการแยกคืนกลีเซอรอลได้สูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 42.1-54.7 รองลงมาคือ pH 3 อยู่ที่ร้อยละ 36.3-52.0 และสุดท้ายที่ pH 2 ร้อยละ 30.7-50.0 อีก 2 ชั้นที่เหลือนั้นจะเป็นชั้นของกรดไขมันอิสระและอิมัลชัน ชั้นที่เป็นกรดไขมันอิสระนี้จะได้จากการสลายพันธะสบู่ที่อยู่ในกลีเซอรอลซึ่งเราสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ อีกจากตารางพบว่า นั้นมีปริมาตรของกรดไขมันอิสระ ปริมาตรค่อนข้างสูงเฉลี่ยร้อยละ 27.98 ซึ่งสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลในขั้นตอนต่อไปได้ จากการสรุปเบื้องต้นนี้ทำให้ทราบถึงปริมาณกลีเซอรอลที่ได้ จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปกราฟในการพิจารณาแต่ละปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้ โดยเริ่มเกิดขึ้นของกลีเซอรอลที่เวลา 1 ชั่วโมงผ่านจาก โดยที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสจะเริ่มเกิดที่เวลา 1 ชั่วโมงแล้วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลาโดยที่ pH 4 นั้นพบปริมาณกลีเซอรอลสูงที่สุดที่เวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นจะพบว่าปริมาณกลีเซอรอลที่ได้นั้นลดลง และมีค่าคงที่ ปริมาณกลีเซอรอลสูงที่สุดที่ pH 4 โดยให้ปริมาณกลีเซอรอลสูงที่สุดที่ 54.1 ที่ pH 3 และ 2 ตามลำดับทั้งนี้เกิดจากเมื่อเพิ่มอุณหภูมิทำให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดการตกตะกอนของเกลื้อเกิดขึ้นทำให้ปริมาณของกลีเซอรอลนั้นมีแนวโน้ม

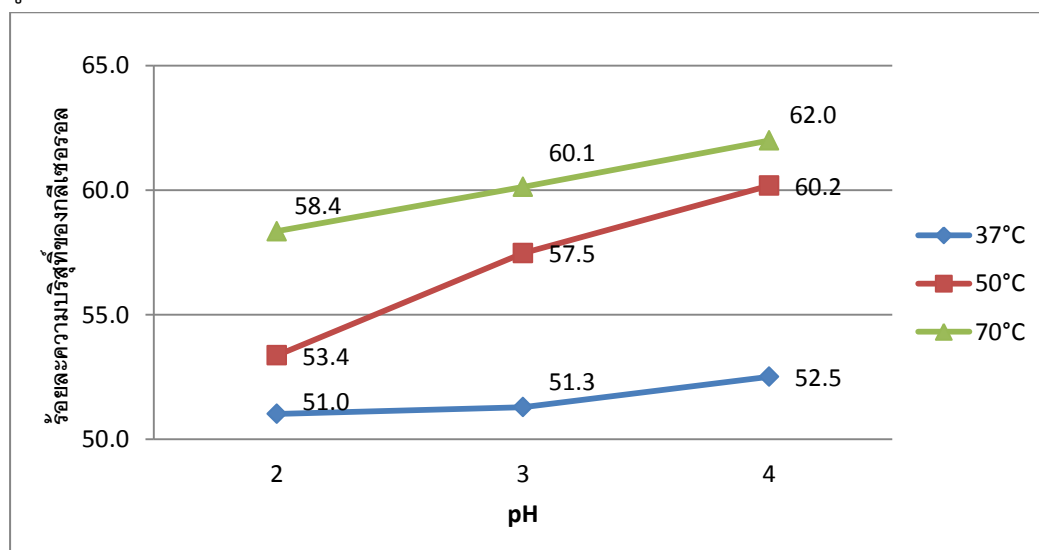
ลดลง แต่กรดไขมันที่ได้นั้นเพิ่มขึ้น จากการทดลอง เมื่อดูจากปริมาณกลีเซอรอลที่ได้จากการแยกด้วยซัลฟิวริกในระดับ pH 2-4 ผลที่ได้จากการทดลองคือจะเกิดการแยกชั้นของสารโดยที่ชั้นบนจะมีลักษณะเป็นของเหลวสีดำจะเป็นชั้นของกรดไขมัน ชั้นกลาง มีลักษณะเป็นของเหลวใสจะเป็นชั้นของกลีเซอรอล และชั้นล่างจะเป็นเกลือจากกราฟแสดงการแยกชั้นของค่า pH 2-4 พบว่าชั้นของกลีเซอรอลจะเริ่มแยกชั้นเมื่อทิ้งไว้ จะได้กลีเซอรอลที่มีปริมาตรสูงสุดที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่ pH 4 ร้อยละ 54.1 และชั้นของกรดไขมันนั้นมีปริมาณสูงสุดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ pH 2 ร้อยละ 38.6

ตารางที่ 4.3 ร้อยละของกลีเซอรอล

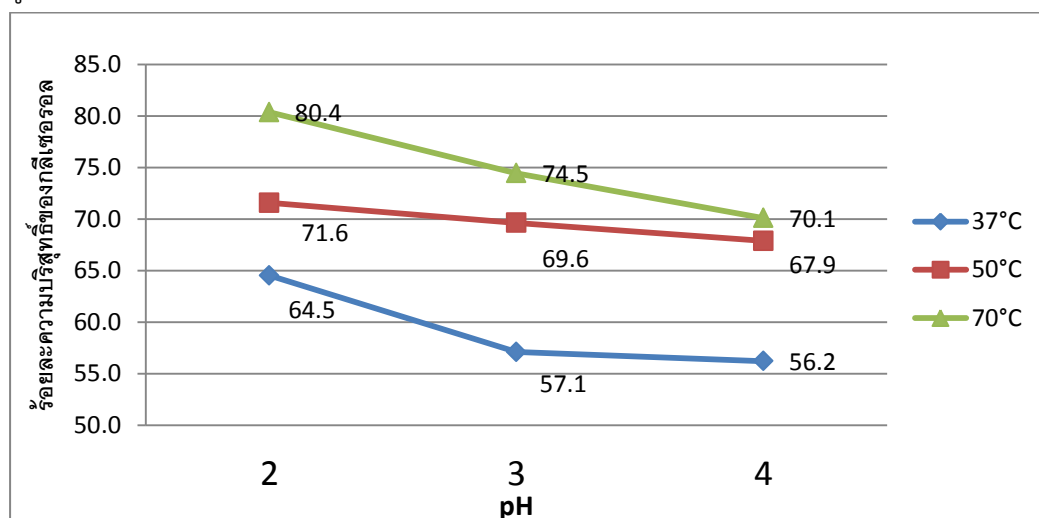
ชนิดของกรด	อุณหภูมิ (°C)	pH	% Gly
HCl	37	2	51.0
		3	51.3
		4	52.5
	50	2	53.4
		3	57.5
		4	60.2
	70	2	58.4
		3	60.1
		4	62.0
H ₂ SO ₄	37	2	64.5
		3	57.1
		4	56.2
	50	2	71.6
		3	69.6
		4	67.9
	70	2	80.4
		3	74.5
		4	70.1

นำกลีเซอรอลที่ได้รับการเติมกรดไฮโดรคลอริกและกรดซัลฟิวริกนำมาวิเคราะห์หาปริมาณร้อยละของความบริสุทธิ์ซึ่งร้อยละของปริมาณกลีเซอรอลดิบตั้งต้นอยู่ที่ 45.7 เมื่อนำมาแยกด้วยกรดแล้วนั้นจะทำให้ปริมาณความบริสุทธิ์นั้นเพิ่มขึ้นซึ่งแสดงตาราง ซึ่งจากตารางแสดงร้อยละของกลีเซอรอลที่ได้จากการเติมกรดนำมาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการไตเตรตผลที่ได้นั้นสามารถสรุปการปรับสภาพกลีเซอรอลด้วยกรดทั้ง 2 ชนิดได้ดังกราฟต่อไปนี้

รูปภาพที่ 4.2 กราฟปริมาณกลีเซอรอลที่ได้จากการแยกโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก



รูปภาพที่ 4.3 กราฟปริมาณกลีเซอรอลที่ได้จากการแยกโดยใช้กรดซัลฟิวริก



จากรูปภาพที่ 4.1-4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลที่อุณหภูมิ 37,50 และ 70 องศาเซลเซียสโดยการเติมกรดไฮโดรคลอริกและกรดซัลฟิวริกที่ระดับ pH 2-4 พบว่าการเติมกรดไฮโดรคลอริกมีแนวโน้มความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นเมื่อความเป็นกรดลดลงแต่การเติมกรดซัลฟิวริกนั้นแนวโน้มความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นเมื่อความเป็นกรดเพิ่มขึ้นทั้งนี้เกิดจากเมื่อมีการเติมกรดทั้ง 2 ชนิดในการปรับค่าความเป็นกรด ของกรดไฮโดรคลอริกนั้นจะได้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์มากจะมีค่าการละลายสูงทำให้สามารถละลายกลับเข้าไปในชั้นของกลีเซอรอล ทำให้ไม่พบการแยกชั้นของเกลือ ส่วนเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่มีการละลายที่ต่ำกว่า ทำให้ไม่สามารถตกตะกอนแยกชั้นออกมา จึงได้สภาวะที่ดีที่สุดในการแยกด้วยกรดซัลฟิวริก ที่ค่าความเป็นกรด - เบสเท่ากับ 2 อุณหภูมิ 70 °C โดยสภาวะดังกล่าวสามารถผลิตกลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์ที่ร้อยละ 80.4 อย่างไรก็ตามกลีเซอรอลที่ได้ยังมีการเจือปนของกรดไขมันอิสระและเกลือค่อนข้างสูงสามารถแยกกรดไขมันอิสระจากการเติมสารสกัดที่ไม่มีขี้ คือเฮกเซน ทำให้กลีเซอรอลมีความบริสุทธิ์ขึ้นในขั้นตอนต่อไป

4.2 ผลจากการเติมสารละลายเฮกเซน

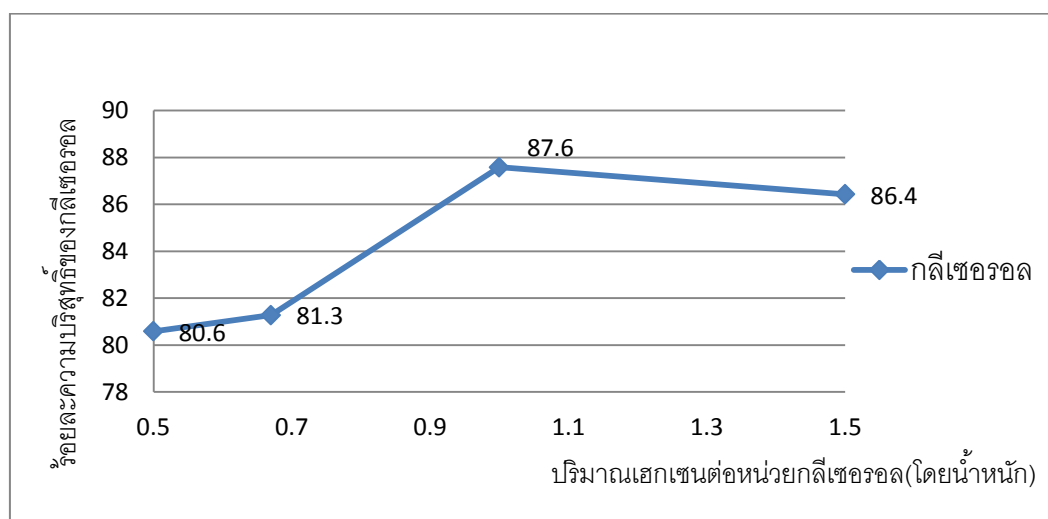
จากผลการทดลองในข้อ 4.1 พบว่าสภาวะที่ดีที่สุดในการแยกสารอินทรีย์ออกจากกลีเซอรอลดิบโดยการเติมกรด บริสุทธิ์สูงสุดที่ร้อยละ 80 ซึ่งกลีเซอรอลที่ได้ก็นำมาแยกกรดไขมันที่หลงเหลือด้วยการเติมสารละลายเฮกเซน โดยใช้อัตราส่วนระหว่างสารสกัดและสารละลายกลีเซอรอลในช่วง 0.5:1 ถึง 1.5:1 โดยน้ำหนัก ใช้กลีเซอรอลเป็นสารตั้งต้นอยู่ที่ 60 มิลลิลิตร หรือ 63 กรัม ใช้เวลาในการสกัดที่ 2 ชั่วโมง ดังที่แสดงจากกราฟต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 อัตราปริมาณสารละลายเฮกเซนต่อกลีเซอรอล (โดยน้ำหนัก)

ปริมาณเฮกเซน : กลีเซอรอล (w)	นน.กลีเซอรอล ก่อนเติม (g)	นน.กลีเซอรอล หลังเติม (g)	% กลีเซอรอลหลัง เติม
0.5:1	63	45.81	80.59
0.67:1	63	49.38	81.28
1:1	63	51.54	87.58
1.5:1	63	59.07	87.43

จากตาราง 4.4 แสดงอัตราปริมาณสารละลายเฮกเซนต่อกลีเซอรอล (โดยน้ำหนัก) ระหว่าง 0.5:1-1.5:1 พบว่าน้ำหนักของกลีเซอรอลหลังเติมนั้นลดลงทั้งนี้เนื่องจากกรดไขมันที่อยู่ในกลีเซอรอลได้เข้าไปละลายในชั้นของเฮกเซน เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของสารละลายเฮกเซนมากขึ้นทำให้ปริมาณร้อยละของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นสามารถสรุปได้ดังกราฟต่อไปนี้ หากดูจากปริมาณกลีเซอรอลที่ได้จะพบว่าปริมาณกลีเซอรอลที่สูงที่สุดอยู่ที่ 59.07 ที่สภาวะปริมาณสารละลายเฮกเซน ต่อกลีเซอรอลอยู่ที่ 1.5:1 โดยน้ำหนักกลีเซอรอล ทั้งนี้สามารถวิเคราะห์ร้อยละของความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลจากกราฟต่อไปนี้

รูปภาพที่ 4.4 กราฟปริมาณกลีเซอรอลที่ได้จากการเติมเฮกเซน



จากกราฟแสดงร้อยละความบริสุทธิ์ที่ได้จากการสกัดด้วยสารละลายเฮกเซน พบว่าเมื่อปริมาณอัตราส่วนของกลีเซอรอลและสารสกัดเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณร้อยละของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น ทั้งนี้หากปริมาณสารสกัดมากเกินไปทำให้เจือปนในชั้นของกลีเซอรอลทำให้ปริมาณร้อยละของกลีเซอรอลลดลง จากผลการทดลองสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดกรดไขมันคือ ที่อัตราส่วนระหว่างสารสกัดด้วยสารละลายเฮกเซนกับกลีเซอรอลเท่ากับ 1:1 โดยน้ำหนัก ให้ปริมาณร้อยละของกลีเซอรอลสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 87.6

เนื่องจากกลีเซอรอลที่ได้จากผลการทดลองที่ 4.2 ยังมีสีเข้มกว่ากลีเซอรอลมาตรฐาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการลดสีของกลีเซอรอลที่ได้ด้วยตัวดูดซับ โดยศึกษาปริมาณของตัวดูดซับผงถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วนของผงถ่านกัมมันต์ต่อกลีเซอรอลที่ 1:1 ถึง 0.05:1 โดยน้ำหนัก ใช้เวลาในการกวนผสมที่ 3 ชั่วโมง ที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 90 องศา

เซลเซียส และใช้เวลากรอง 24 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่ากลีเซอรอลที่ได้มีความเข้มข้นลดลงไปจนถึงสีใส

4.3 ผลการเติมผงถ่านกัมมันต์

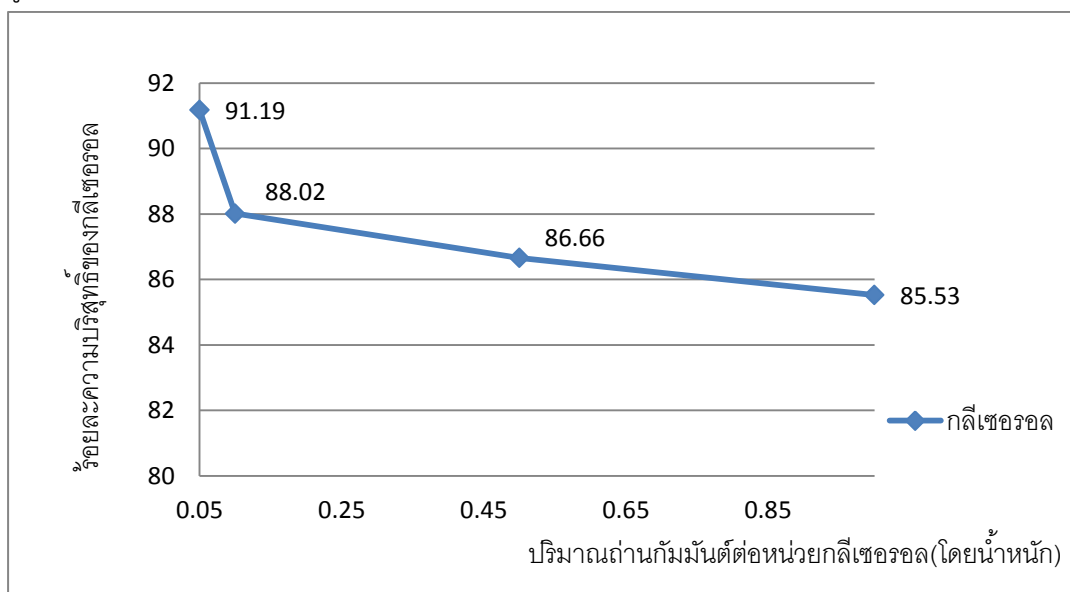
กลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วนั้นมักจะมีกลิ่นหืนค่อนข้างรุนแรงกว่าเนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปของกรดไขมันในน้ำมันจากกิจกรรมในการเติมผงถ่านกัมมันต์นั้นเป็นการใช้หลักการดูดซับสีและกลิ่นอาศัยรูพรุนที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการดูดซับ ทั้งนี้ในการทดลองโดยการใช้กลีเซอรอลปริมาตร 60 มิลลิลิตร

ตารางที่ 4.5 อัตราปริมาณถ่านกัมมันต์ต่อกลีเซอรอล (โดยน้ำหนัก)

ปริมาณถ่านกัมมันต์:กลีเซอรอล (w)	นน.กลีเซอรอล ก่อนเติม(g)	นน.กลีเซอรอล หลังเติม(g)	ความเข้มของสี	% กลีเซอรอล
0.05:1	63	47.35	สีเหลืองอ่อน	91.19
0.1:1	63	32.71	สีเหลืองอ่อน	88.02
0.5:1	63	22.68	ใส	86.66
1:1	63	15.00	ใส	85.53

จากตาราง 4.5 แสดงอัตราปริมาณเสกเซนต่อกลีเซอรอล (โดยน้ำหนัก) ระหว่าง 0.05:1-1:1 พบว่าน้ำหนักของกลีเซอรอลหลังเติมนั้นลดลงทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น นั้นทำให้ปริมาณของกลีเซอรอลบางส่วนถูกดูดซับไปทำให้ปริมาณของกลีเซอรอลหลังเติมถ่านกัมมันต์มีปริมาณลดลง

รูปภาพที่ 4.5 กราฟปริมาณกลีเซอรอลที่ได้จากการเติมถ่านกัมมันต์



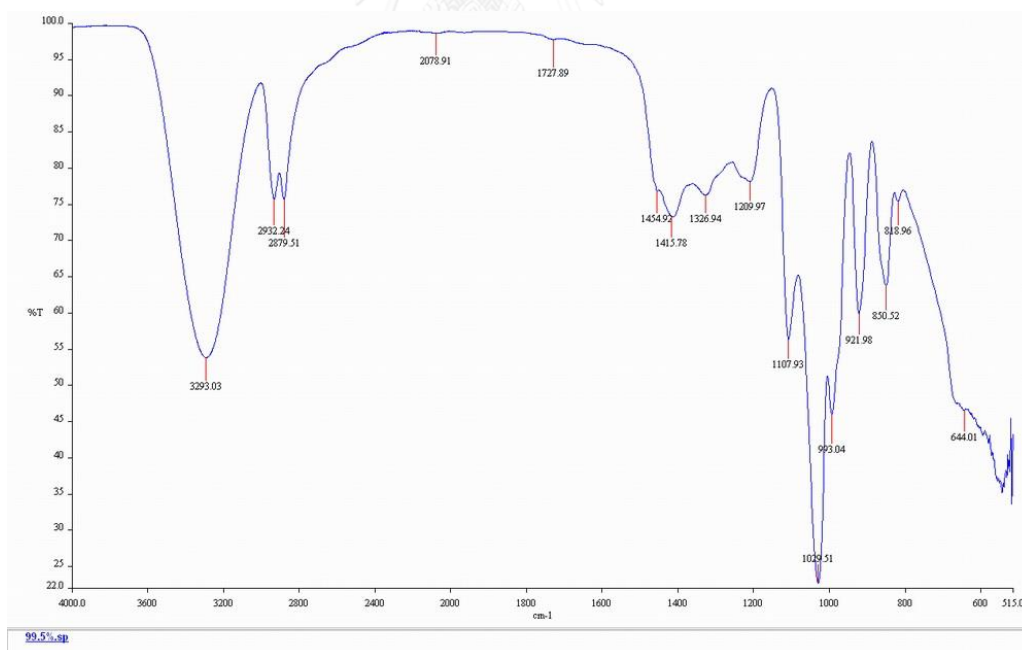
จากกราฟแสดงร้อยละความบริสุทธิ์ที่ได้จากการเติมผงถ่านกัมมันต์ จะพบว่าเมื่อปริมาณตัวดูดซับเพิ่มขึ้นทำให้สามารถดูดซับสารปนเปื้อนที่ก่อให้เกิดสีเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของสีของกลีเซอรอลลดลง ในการทดลองพบว่าปริมาณร้อยละของกลีเซอรอลลดลงจากเดิมเล็กน้อย เนื่องจากว่ามีปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่มากก็จะมีผลทำให้ร้อยละโดยน้ำหนักของกลีเซอรอลที่ได้ และร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลลดลงเช่นกันซึ่งที่เป็นเช่นนี้เพราะคุณสมบัติในการดูดซับของผงถ่านกัมมันต์ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยเฉพาะสารประเภทของเหลวโดยเฉพาะสารอินทรีย์และสารไม่มีขั้วหรือมีขั้วน้อยมากเช่นเดียวกับกลีเซอรอล ทำให้กลีเซอรอลบางส่วนถูกดูดซับไป (ประเทืองสุข มณีล้ำ และคณะ : 2551) เมื่อผงถ่านกัมมันต์จำนวนมากผสมกับกลีเซอรอล ทำให้บางส่วนของผงถ่านกัมมันต์ที่มีขนาดเล็กมากปนเปื้อนไปกับกลีเซอรอลนอกจากนั้นยังทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับเกลืออนินทรีย์ได้น้อย (พิพัฒน์และโฆษิต : 2555) เมื่อพิจารณาอัตราส่วนระหว่างถ่านกัมมันต์กับกลีเซอรอล พบว่าเมื่อปริมาณถ่านกัมมันต์ลดลงปริมาณร้อยละของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ ดังนั้นที่อัตราส่วนระหว่างถ่านกัมมันต์กับกลีเซอรอลเท่ากับ 0.05:1 โดยน้ำหนัก และปริมาณกลีเซอรอลลดลงเฉลี่ย 47% ให้ปริมาณร้อยละของกลีเซอรอลสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 91.2 สามารถนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางอินฟราเรดสเปกโตรสโคปีเปรียบเทียบข้อมูลกับกลีเซอรอลมาตรฐาน

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลทางอินฟราเรดสเปกโตรสโคปีของกลีเซอรอลมาตรฐาน

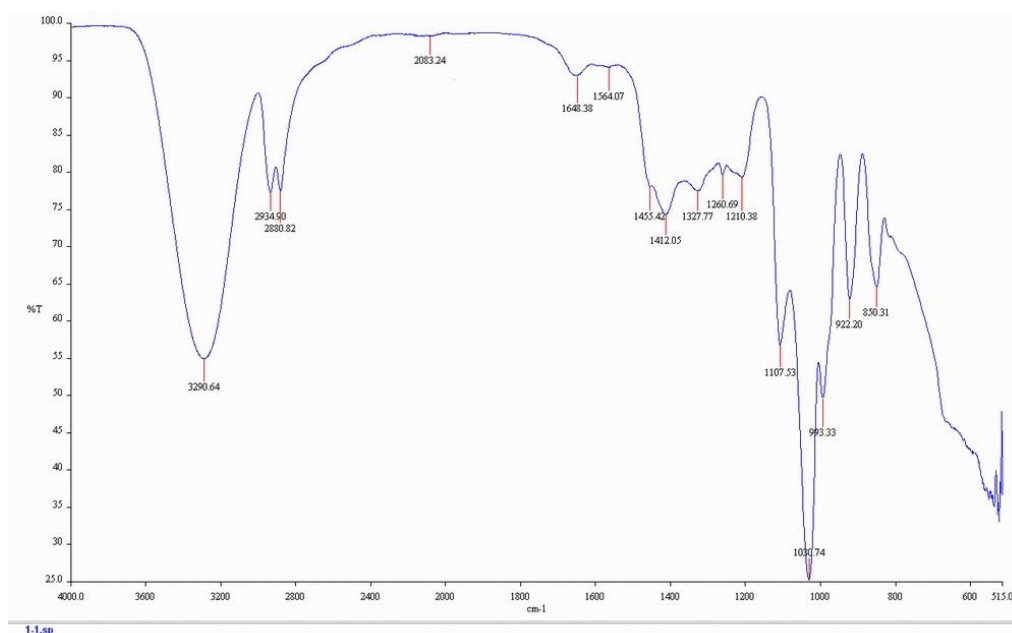
หมู่ฟังก์ชันนอล	เลขคลื่น(cm^{-1})
O-H stretching	3200-3700
C-H stretching	2840-3000
C-OH stretching (primary alcohol)	1010-1100
C-OH stretching (secondary alcohol)	1100-1200
C-OH stretching (tertiary alcohol)	1200-1500

ที่มา: Silverstein, R.M.; & Webster, F. X. 1998 : 87-90.

จากตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาสเปกโตรสโคปีของกลีเซอรอลมาตรฐานสามารถแสดงหมู่ฟังก์ชันนอลและเลขคลื่นได้ดังนี้ ที่ช่วงคลื่น $3200\text{-}3700\text{ cm}^{-1}$ คือ O-H stretching (alcohol) , $2840\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$ คือ C-H stretching , $1010\text{-}1100$ คือ C-OH stretching (primary alcohol) , $1100\text{-}12008$ คือ C-OH stretching (secondary alcohol), $1200\text{-}1500$ คือ C-OH stretching (tertiary alcohol)



รูปภาพที่ 4.6 อินฟราเรดสเปกตรัม (FTIR) กลีเซอรอลมาตรฐาน 99.5%

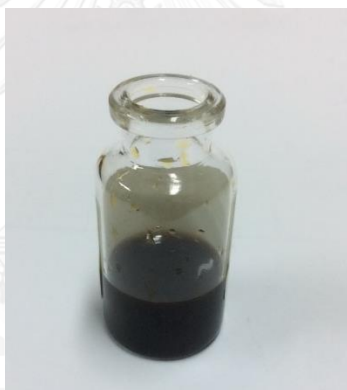


รูปภาพที่ 4.7 อินฟราเรดสเปกตรัม (FTIR) กลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้จากการทดลอง จากผลการศึกษาพบว่าในการนำกลีเซอรอลที่ได้มาศึกษาข้อมูลทางอินฟราเรดอินฟราเรดสเปกโตรสโคปีเปรียบเทียบกับอินฟราเรดสเปกโตรสโคปีของกลีเซอรอลมาตรฐานที่ทราบความบริสุทธิ์ 99.5% กับกลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการทำให้บริสุทธิ์พบว่าสเปกตรัมส่วนใหญ่มีหมู่ฟังก์ชันนอลที่สอดคล้องกับกลีเซอรอลมาตรฐาน นอกจากนี้ยังพบพีคที่เลขคลื่น 1600-1500 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคของหมู่คาร์บอกซิเลตแอนไอออนของกรดไขมัน (COO^-) มาจากสบู่[9]. สามารถวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ได้จากการคำนวณพื้นที่ใต้กราฟกับกลีเซอรอลมาตรฐานโดยพบว่าความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลที่สูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 91

4.4 ผลการนำสารอินทรีย์มาผลิตไบโอดีเซล

กรดไขมันอิสระที่ได้จากขั้นตอนการแยกด้วยกรดซัลฟิวริกสามารถนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตไบโอดีเซลได้โดยนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของกรดไขมันด้วยการไตเตรตพบว่ามีการผลิตไบโอดีเซลอยู่ที่ 32% ส่วนที่เหลือจะเป็นกลีเซอไรด์ และไบโอดีเซลที่หลงเหลือ จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลนั้นหากมีปริมาณกรดไขมันสูงมักจะนิยมใช้ กรดเป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันแทนตัวเร่งชนิดเบส (กรดไขมันไม่เกิน 3%) จากการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้กรดซัลฟิวริกที่ 1% โดยน้ำหนักของสารอินทรีย์ ที่อุณหภูมิ 60 °C ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภัทรดิกรณ์ (2555) ที่ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว และณัฐพงศ์ เอกวรรณัง (2551)

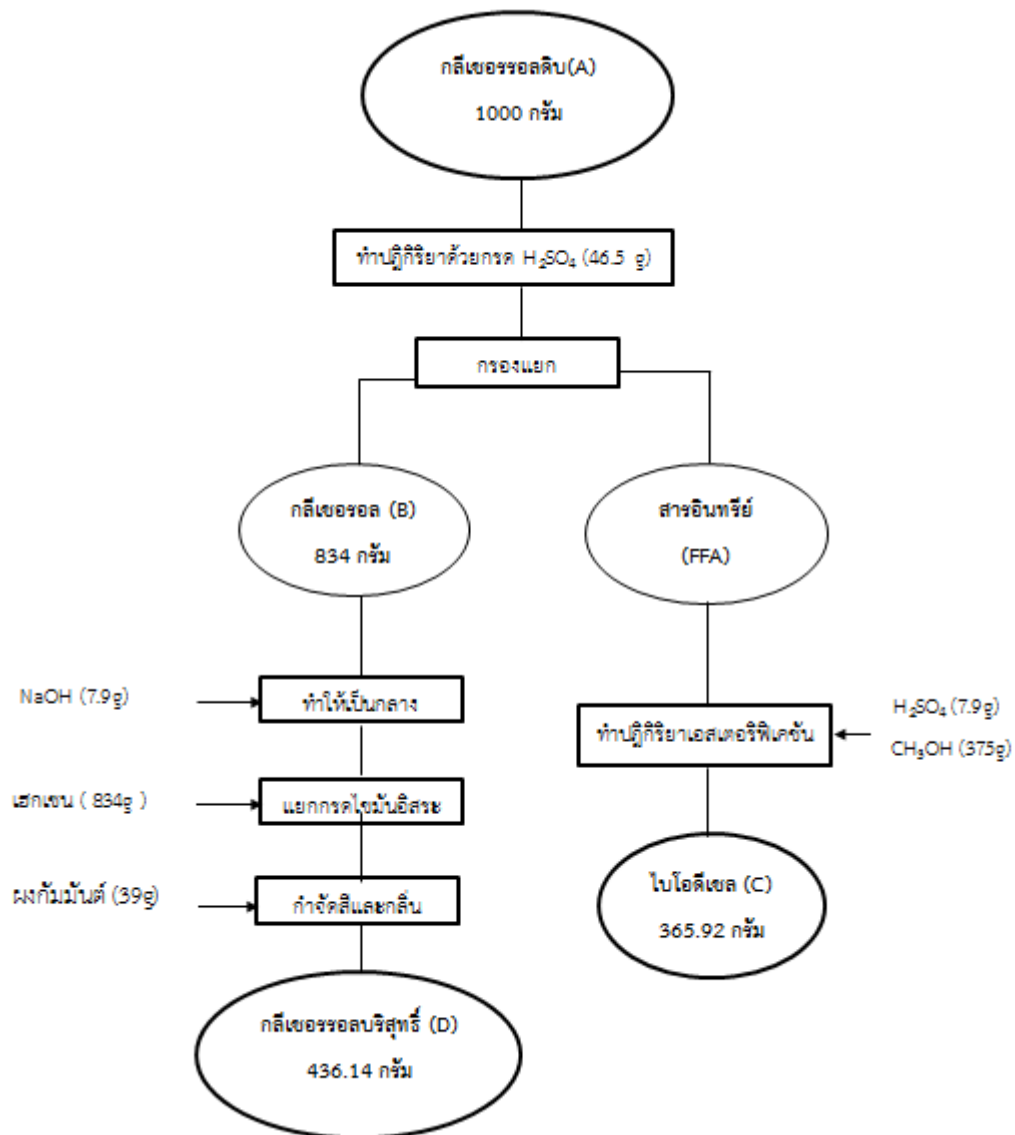
ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลที่ของสารอินทรีย์ที่อยู่ในเฟสของกลีเซอรอลของกระบวนการทรานเอสเตอริฟิเคชันน้ำมันปาล์มสเตียรีนและน้ำมันพืชทอดใช้แล้ว โดยสารอินทรีย์จากกลีเซอรอลของน้ำมันพืชทอดใช้แล้วมีกรดไขมันอิสระเพียงร้อยละ 29 และสภาวะที่เหมาะสมคือ สัดส่วนของสารอินทรีย์ต่อเมทานอล 1:0.5 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 ชั่วโมงได้ความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ร้อยละ 100 และมีกรดไขมันอิสระเล็กน้อย ร้อยละผลผลิตที่ได้ที่ 93.38 [17]. ดังนั้นในการทดลองจึงใช้ปริมาณเมทานอลที่ใช้เป็น 0.5:1 และ 1:1 โดยน้ำหนักน้ำมันเนื่องจากมีกลีเซอรอลดิบที่ได้จากการทดลองปริมาณกรดไขมันที่สูงถึงร้อยละ 32 ทั้งนี้จะเพิ่มเวลาในการทำปฏิกิริยาอยู่ที่ 6 ชั่วโมง เนื่องจากการใช้ตัวเร่งที่เป็นกรดจะใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 6-8 ชั่วโมง เมื่อนำสภาวะดังกล่าวไปผลิตดีเซล ซึ่งไบโอดีเซลที่ได้จะมีลักษณะสีน้ำตาลเข้มนำไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง GC ส่งตัวอย่างที่ศูนย์เครื่องมือจุฬานำผลที่ได้มาคำนวณหาร้อยละเมทิลเอสเทอร์ซึ่งได้ผลผลิตสูงสุดที่เมทิลเอสเทอร์ 97.30% รองลงมาอยู่ที่ 95%



รูปภาพที่ 4.8 เมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

4.5 ผลที่ได้จากการหาอัตราผลผลิต

จากการทดลองโดยเลือกสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์ โดยใช้กรดซัลฟิวริก อุณหภูมิที่ 70 °C , pH 2 ,การลดกรดไขมันที่หลงเหลือด้วยเฮกเซนที่อัตราส่วนต่อกลีเซอรอลอยู่ที่ 1:1 การลดสีและกลิ่นโดยผงถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วนต่อกลีเซอรอลอยู่ที่ 0.05:1 ซึ่งกลีเซอรอลที่ใช้ตั้งต้นอยู่ที่ 1,000 กรัมหลังจากได้ทำการทดลองโดยใช้กระบวนการที่ต่อเนื่องสามารถสรุปได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



หมายเหตุ A กำหนดให้เป็นสัญลักษณ์แทนกลีเซอรอลดิบ

B กำหนดให้เป็นสัญลักษณ์แทนกลีเซอรอล

C กำหนดให้เป็นสัญลักษณ์แทนไบโอดีเซล

D กำหนดให้เป็นสัญลักษณ์แทนกลีเซอรอลบริสุทธิ์

รูปภาพที่ 4.9 ผลผลิตกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ใช้เป็นสารตั้งต้น

สามารถคำนวณอัตราผลผลิตได้ดังนี้

$$4.5.1 \text{ อัตราปริมาณผลผลิตของกลีเซอรอล} = \frac{\text{ปริมาณกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้ (D) (กรัม)}}{\text{ปริมาณกลีเซอรอลดิบที่ใช้ (A) (กรัม)}}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า อัตราปริมาณผลผลิตของกลีเซอรอล} &= 436.14/1000 \\ &= 0.436 \end{aligned}$$

$$4.5.2 \text{ อัตราปริมาณผลผลิตของไบโอดีเซล} = \frac{\text{ปริมาณไบโอดีเซลที่ได้ (C) (กรัม)}}{\text{ปริมาณกลีเซอรอลดิบที่ใช้ (A) (กรัม)}}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า อัตราปริมาณผลผลิตของกลีเซอรอล} &= 365.92/1000 \\ &= 0.366 \end{aligned}$$

$$4.5.3 \text{ อัตราปริมาณผลผลิตรวม} = \frac{\text{ปริมาณกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้ (D)(กรัม) + ปริมาณไบโอดีเซลที่ได้ (C)(กรัม)}}{\text{ปริมาณกลีเซอรอลดิบที่ใช้ (A)}}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า อัตราปริมาณผลผลิตรวมของกลีเซอรอล} &= 802.06/1000 \\ &= 0.802 \end{aligned}$$

จากการคำนวณ พบว่ากระบวนการผลิตกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์นั้นอัตราผลผลิตด้านวัสดุอยู่ที่ 0.43 รองลงมาอัตราผลผลิตด้านวัสดุอยู่ที่ 0.36 และอัตราผลผลิตด้านวัสดุอยู่ที่ 0.802 แสดงว่าปริมาณกลีเซอรอลที่ได้นั้นน้อยกว่าปริมาณกลีเซอรอลดิบทั้งนี้เกิดจากวัตถุดิบซึ่งเป็นกลีเซอรอลที่ได้จากไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วนั้นมีสารปนเปื้อนจำนวนมาก มีความบริสุทธิ์น้อยอยู่ที่ร้อยละ 45.7 จึงต้องใช้สารในการสกัดในกระบวนการเป็นจำนวนมาก อีกทั้งในแต่ละขั้นตอนนั้นจะทำปริมาณกลีเซอรอลบางส่วนนั้นสูญเสียไปค่อนข้างมากหากมีกระบวนการเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าร้อยละของความบริสุทธิ์มากขึ้นแต่ปริมาณของกลีเซอรอลที่ได้ลดลง

4.6 ผลการประเมินต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกลีเซอรอลบริสุทธิ์และไปโอติเซล

4.6.1 ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกลีเซอรอลบริสุทธิ์และไปโอติเซล

กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 98% commercial grade ราคา 52 บาท/กิโลกรัม

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 99% commercial grade ราคา 50 บาท/กิโลกรัม

เฮกเซน (C_6H_{14}) commercial grade ราคา 79 บาท/กิโลกรัม

ผงกำมะถัน commercial grade ราคา 143 บาท/กิโลกรัม

เมทานอล (CH_3OH) 99% commercial grade ราคา 75 บาท/กิโลกรัม

ที่มา; บริษัท รวมเคมี 1996 จำกัด เมื่อวันที่ 30 มิถุนายน 2558

4.6.2 ต้นทุนวัตถุดิบ

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ต้นทุนวัสดุหลักในการผลิตกลีเซอรอลบริสุทธิ์และไปโอติเซล

วัตถุดิบที่ใช้	น้ำหนัก(กรัม)	ราคา / หน่วย	ต้นทุนวัสดุ (บาท)
1) ขั้นตอนการทำกลีเซอรอลบริสุทธิ์			
กลีเซอรอลดิบ	834	0.003	2.5
กรดซัลฟิวริก	49	0.052	2.5
โซเดียมไฮดรอกไซด์	7.1	0.05	0.4
เฮกเซน	834.2	0.079	65.9
ผงกำมะถัน	38.9	0.143	5.6
รวม (1)			76.9
2) ขั้นตอนการผลิตไปโอติเซล			
สารอินทรีย์	375	-	-
เมทานอล	375	0.075	28.1
กรดซัลฟิวริก	3.75	0.052	0.2
น้ำกลั่น	480	0.001	0.48
รวม (2)			28.78
รวม (1)+(2)			105.68

จากตารางแสดงการวิเคราะห์ต้นทุนพบว่าต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกลีเซอรอลและไบโอดีเซล รวมอยู่ที่ 105.68 บาทต่อกิโลกรัม พบว่าต้นทุนส่วนใหญ่อยู่ในขั้นตอนการทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ถึง 77.98 % คิดเป็นต้นทุนการผลิตกลีเซอรอลอยู่ที่ 76.9 บาท และต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลอยู่ที่ 28.78 บาท

4.7 ประเมินมูลค่าของผลผลิตที่ได้

การประเมินมูลค่าของกลีเซอรอลและไบโอดีเซลที่กำหนดบนท้องตลาด ณ ปัจจุบัน

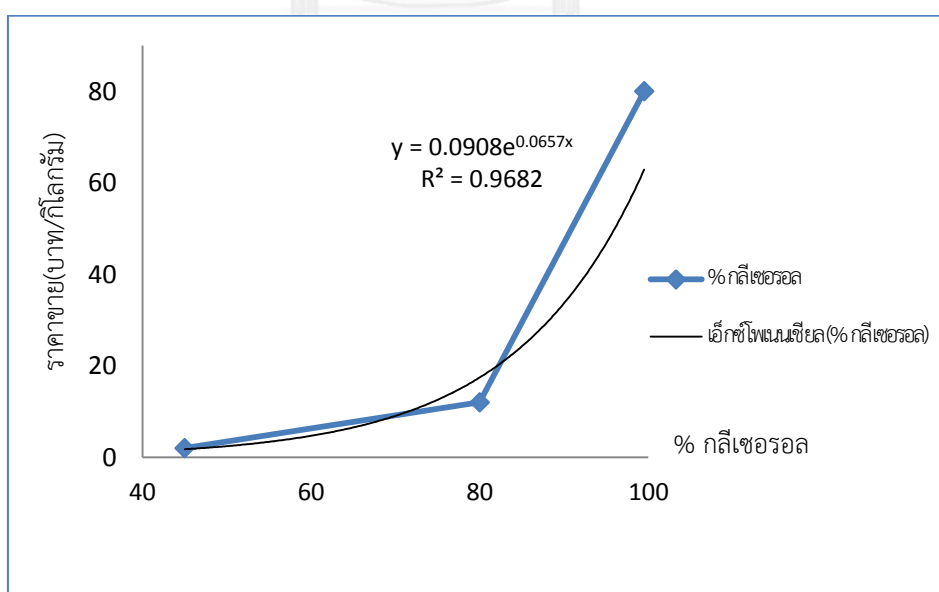
4.7.1 ราคาและปริมาณกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้

ปริมาณกลีเซอรอล 45% ราคาขายเฉลี่ย = 2 บาท / กิโลกรัม

ปริมาณกลีเซอรอล 80% ราคาขายเฉลี่ย = 12 บาท / กิโลกรัม

ปริมาณกลีเซอรอล 99.5% ราคาขายต่ำสุด = 80 บาท / กิโลกรัม

เมื่อทำการวิเคราะห์ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างราคาขายและปริมาณกลีเซอรอลซึ่งมีราคาเพิ่มสูงขึ้น เมื่อ % ร้อยละของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น



รูปภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างราคาขายกับปริมาณกลีเซอรอล (%Glycerol)

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาขายกับปริมาณกลีเซอรอล (%Glycerol) พบว่าเมื่อปริมาณร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นทำให้ราคาขายนั้นเพิ่มขึ้นสามารถวิเคราะห์มูลค่ากลีเซอรอลที่ได้จากการทดลองที่ความบริสุทธิ์อยู่ที่ร้อยละ 91 เมื่อแทนค่าในสมการความสัมพันธ์จะได้ราคาขายของกลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์ 91% อยู่ที่ 35.86 บาท/กิโลกรัม

4.7.2 ราคาและปริมาณไบโอดีเซลที่ได้

ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองที่นั่นให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์อยู่ที่ 97.30 % ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดปริมาณเมทิลเอสเทอร์อยู่ที่ 96.5% ราคาขายไบโอดีเซล (B100) ราคาขาย = 31.33 บาทต่อลิตร[34].

4.7.3 ประเมินอัตรามูลค่าผลผลิตที่ได้จำแนกได้ดังนี้

$$1. \text{ อัตรามูลค่าผลผลิตของกลีเซอรอลที่ได้} = \frac{\text{มูลค่าของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้ (บาท)}}{\text{มูลค่าของวัตถุดิบที่ใช้ (บาท)}}$$

$$\text{แทนค่า} = 10/5.6$$

$$= 1.8$$

$$2. \text{ อัตรามูลค่าผลผลิตของไบโอดีเซล} = \frac{\text{มูลค่าของไบโอดีเซลที่ได้ (บาท)}}{\text{มูลค่าของวัตถุดิบที่ใช้ (บาท)}}$$

$$\text{แทนค่า} = 11.5/34.4$$

$$= 0.3$$

$$3. \text{ อัตรามูลค่าผลผลิตรวมกลีเซอรอลและไบโอดีเซล}$$

$$= \frac{\text{มูลค่าของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้และมูลค่าของไบโอดีเซลที่ได้ (บาท)}}{\text{มูลค่าของวัตถุดิบที่ใช้ (บาท)}}$$

$$\text{แทนค่า} = 21.5/34.4$$

$$= 0.6$$

$$4. \text{ อัตรามูลค่าผลผลิตของกลีเซอรอลที่ได้} = \frac{\text{มูลค่าของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้ (บาท)}}{\text{มูลค่าของวัตถุดิบที่ใช้ (บาท)}}$$

$$\text{แทนค่า} = 15.6/11.5$$

$$= 1.4$$



ตารางที่ 4.9 สรุปการประเมินอัตราผลผลิตด้านวัสดุของผลผลิตที่ได้

กรณีศึกษาจากผลผลิตที่ได้	วัสดุนำเข้า			ผลผลิตที่ได้			อัตรามูลค่าผลผลิตต่อวัสดุสิ้น	ผลต่างมูลค่า (บาท)
	รายการ	นม(กรัม)	มูลค่า(บาท)	รายการ	นม(กรัม)	มูลค่า(บาท)		
1. กลีเซอรอล(B)	1 กลีเซอรอลดิบ	1,000	3	1. กลีเซอรอล (B)	834	10		
	2. H ₂ SO ₄	49	2.6	รวม (2)		10	1.8	4.4
	รวม (1)		5.6	รวม (2)		11.5		
2. โปไอลีเจล(C)	1 กลีเซอรอลดิบ	1,000	3	1. โปไอลีเจล	365.92			
	2. H ₂ SO ₄ 1M 500 ml	49	2.6					
	3. เมทานอล	375	28.1					
	4. H ₂ SO ₄	3.75	0.2					
	5. น้ำกลั่น	480	0.48	รวม (2)		11.5	0.3	- 23.0
รวม (1)		34.4	รวม (2)		10			
3. กลีเซอรอล (B) และ โปไอลีเจล	1 กลีเซอรอลดิบ	1,000	3	1. กลีเซอรอล(B)	834	10		
	2. H ₂ SO ₄ 1M 500 ml	49	2.6	2. โปไอลีเจล	365.92	11.5		
	3. เมทานอล	375	28.1					
	4. H ₂ SO ₄	3.75	0.2					
	5. น้ำกลั่น	480	0.5	รวม (2)		21.5	0.6	-13.0
รวม (1)		34.4	รวม (2)		15.6			
4. กลีเซอรอล 91% (D)	1 กลีเซอรอลดิบ	1,000	3	1. กลีเซอรอล(D)	436.14			
	2. H ₂ SO ₄ 1M 500 ml	49	2.6					
	3. NaOH	7.1	0.4					
	4. Hexan	834	65.9					
	5. ผงกันชื้น	39	5.6	รวม (2)		15.6	0.2	- 61.8
รวม (1)		77.4	รวม (2)			* 1.4	* 4.1	
		* 11.5						

* กรณีไม่สามารถละลายแยกเซน กลับมาใช้ใหม่

จากตารางที่ 4.8 แสดงการสรุปการประเมินอัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุของผลผลิตที่ได้ ในกระบวนการผลิตกลีเซอรอลดิบที่ได้ โดยเป็นการคำนวณหาอัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุ ในกระบวนการทั้งหมดเพื่อวิเคราะห์ต้นทุนที่ให้กับผลผลิตที่ได้ จากตารางสามารถสรุปได้ว่า

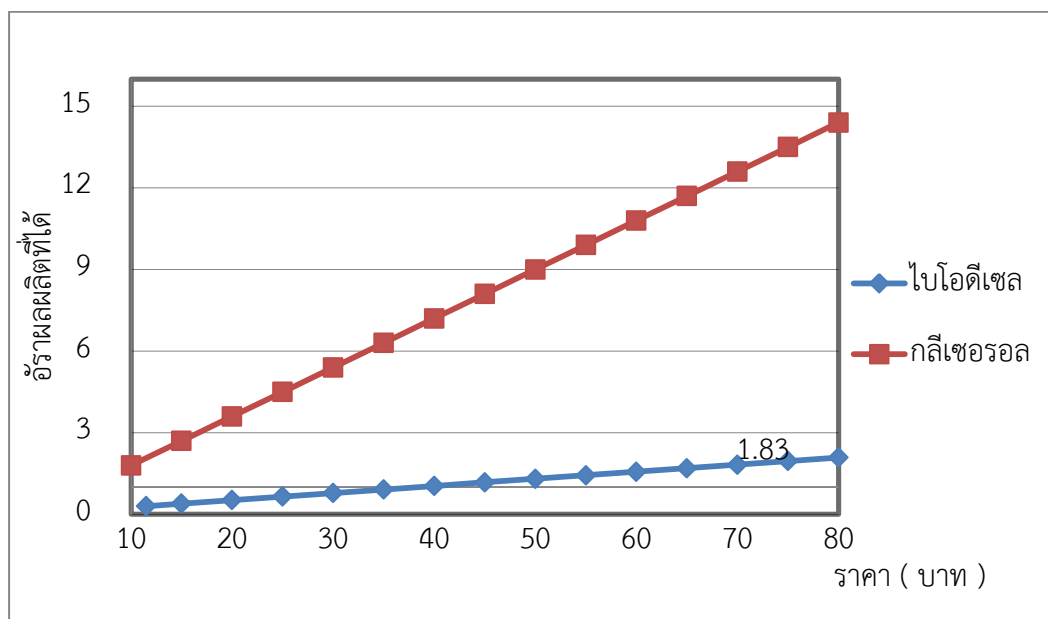
1. กรณีผลผลิตกลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์ 80% (B) มีอัตราผลผลิตด้านวัสดุเท่ากับ 1.8 โดยมีมูลค่าเพิ่มอยู่ที่ 4.4 บาท
2. กรณีผลผลิตไปโอดีเซล (C) จะได้อัตราผลผลิตเท่ากับ 0.3 และพบว่าไม่เกิดมูลค่าเพิ่ม เนื่องจากที่ได้ติดลบ
3. กรณีผลผลิตรวมระหว่างกลีเซอรอล (B) และไปโอดีเซล (C) จะได้อัตราผลผลิตด้านวัสดุเท่ากับ 0.6 พบว่าไม่เกิดมูลค่าเพิ่ม
4. กรณีผลผลิตของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ (D) 91% ให้อัตราผลผลิตด้านวัสดุอยู่ที่ 1.4 (กรณีนำสารละลายเฮกเซน กลับมาใช้ใหม่) มีมูลค่าเพิ่มที่ 4.1 บาท

พิจารณาจากอัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุของกระบวนการทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์นั้นพบว่า ในกระบวนการที่คุ้มและเหมาะสมคือ ในกระบวนการที่นำกลีเซอรอลดิบมาเติมกรดเพื่อแยกกำจัดสบู่ ทำให้ได้ผลผลิตกลีเซอรอลที่ได้มีความบริสุทธิ์ที่ 80% นั้นมีอัตราผลผลิตด้านวัสดุสูงสุดอยู่ที่ 1.8 รองลงมาคือ กระบวนการนำกลีเซอรอลดิบมาทำให้บริสุทธิ์ที่ 91% มีค่าเท่ากับ 1.4 (กรณีนำสารละลายเฮกเซนกลับมาใช้ใหม่) ทั้งนี้ราคาซื้อขายในท้องตลาดปัจจุบันนั้นมีผลต่ออัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุ

พิจารณาจากผลต่างมูลค่าของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้พบว่ากระบวนการนำกลีเซอรอลดิบมาผลิตกลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์ 80% (B) มูลค่าเพิ่มอยู่ที่ 4.4 บาท และผลผลิตของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ (D) 91% มูลค่าเพิ่มอยู่ที่ 4.1 บาท นอกนั้นไม่พบมูลค่าเพิ่ม (ขาดทุน)

จากการพิจารณากรณีของผลต่างมูลค่า นั้นพบว่ามี 2 ขั้นตอนคือ กรณีผลผลิตไปโอดีเซล (C) และกรณีผลผลิตกลีเซอรอล (B) และไปโอดีเซล (C) ที่พบว่าไม่เกิดกำไรหรือมูลค่าเพิ่ม ทั้งนี้เนื่องจากต้นทุนด้านวัสดุของการผลิตไปโอดีเซลสูงประกอบกับสภาวะราคาน้ำมันดีเซลนั้นลดลงทำให้ราคาของไปโอดีเซลลดลงด้วย แต่จากการเติมกรดเพื่อให้ได้กลีเซอรอลที่บริสุทธิ์นั้นจะได้ผลพลอยได้คือ

สารอินทรีย์สามารถนำไปเป็นสารตั้งต้นในการผลิตไบโอดีเซล จึงได้ทำการวิเคราะห์แนวโน้มของราคา และอัตราผลผลิตที่ได้โดยวิเคราะห์จากราคาของไบโอดีเซลที่ราคา 31.33 บาทต่อกิโลกรัมที่ ปริมาณไบโอดีเซล 365.92 กรัมและกลีเซอรอล 80% ราคา 12 บาทต่อกิโลกรัม ที่ปริมาณ 834 กรัม ที่มีการปรับราคาขายไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้นโดยที่ปริมาณที่ได้ยังคงที่ เพื่อวิเคราะห์อัตราผลผลิตที่ได้ เหมาะในการลงทุนในการผลิตไบโอดีเซล



รูปภาพที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างราคา (บาท) กับอัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุที่ได้ จากรูปภาพที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคา (บาท) กับอัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุที่ได้ พบว่าเมื่อราคาของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นทำให้อัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุนั้นเพิ่มขึ้น แต่ยังคงต่ำกว่าราคาของกลีเซอรอลที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งอัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุของกลีเซอรอลขั้นต่ำจะกำหนดอยู่ที่ 1.8 (เนื่องจากยังไม่รวมต้นทุนแรงงานและอื่นๆ) ที่ราคา 10 บาท เมื่อเทียบกับไบโอดีเซลแล้วหากต้องการอัตราผลผลิตที่ ≥ 1.8 ราคาของไบโอดีเซลควรจะอยู่ที่ 70 บาทขึ้นไป จะได้อัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุเท่ากับ 1.83 จึงจะสามารถนำสารอินทรีย์ที่ได้มาผลิตไบโอดีเซลหรือจะมีการปรับลดปริมาณของเมทานอลลง

ดังนั้นกระบวนการเพิ่มความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลนั้นทำให้อัตราผลผลิตและมูลค่าเพิ่มโดยคำนึงถึงต้นทุนจากราคาขายพบว่ากระบวนการที่คุ้มค่าแก่การไปผลิตกลีเซอรอลคือ กระบวนการผลิตกลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์ 80% (B) , และกรณีผลผลิตของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ 91% (D)

4.8 การเปรียบเทียบร้อยละของกลีเซอรอลที่ได้ในกระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์ของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยในอดีต

เนื่องจากกระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์นั้นมีหลายงานวิจัยที่สนใจและได้ทำการศึกษาจึงได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบเบื้องต้นกับงานวิจัยในอดีต โดยทำการเปรียบเทียบผลการทดลองของแนวโน้มร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการทำให้บริสุทธิ์

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์

ผู้เขียน	แหล่งที่มาของวัตถุดิบ	กระบวนการทำให้บริสุทธิ์	%Glycerol	
			(a)	(b)
Cai Tianfeng[28]	ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว	กระบวนการทางเคมีและกลั่นสุญญากาศ	81.2	98.10
วัฒนา ปิ่นเสม[23]	ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว	กระบวนการทางเคมีและฟิสิกส์	93.49	
ฤดีมาศ มโนศักดิ์ [32]	ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว	กระบวนการทางเคมีและฟิสิกส์	96.2	
งานวิจัยนี้	ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว	กระบวนการทางเคมีและฟิสิกส์	91	

โดยกำหนดให้ (a) กระบวนการทางเคมีและฟิสิกส์ , (b) กระบวนการกลั่น

จากตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

กรณีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. กลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ได้จากการกลั่นจะมีความบริสุทธิ์สูงอยู่ที่ร้อยละ 98.10 [29].
2. กลีเซอรอลที่ได้จากการผ่านเฮกเซน และผงด่างกันมันต์จะมีความบริสุทธิ์อยู่ที่ร้อยละ 75.85 [24]. และร้อยละ 95.74 [33].

3. กลีเซอรอลที่จากการกระบวนการทางเคมีและฟิสิกส์ (ในการเติมสารละลายมีซัวเช่น โพรพานอล) ได้กลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์อยู่ที่ร้อยละ 93.49 [24]. และ 96.2 [33].

งานวิจัยนี้

1. ไม่ได้ใช้กระบวนการกลั่น
2. ไม่ได้เติมสารละลายมีซัว เช่น โพรพานอล
3. ได้กลีเซอรอลบริสุทธิ์อยู่ที่ร้อยละ 91

ดังนั้นจากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยนี้พบข้อแตกต่างดังนี้

- ทำครบวงจรตั้งแต่กลีเซอรอลดิบนำมาผลิตกลีเซอรอลบริสุทธิ์และไบโอดีเซลจากสารอินทรีย์ที่ได้จากผลพลอยได้จากกลีเซอรอล ซึ่งในงานวิจัยของอาจารย์วัฒนา[24]. นำกลีเซอรอลดิบมากรดซัลฟิวริก
- เป็นการเปรียบเทียบผลกันเองระหว่างเติมกรดซัลฟิวริกและไฮโดรคลอริก
- ในกระบวนการไม่ได้ทำการกลั่น[29]. และไม่ใช้สารละลายมีซิวเช่นโพรพานอล[33] , [24]



บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการนำกลีเซอรอลที่มีร้อยละความบริสุทธิ์อยู่ที่ร้อยละ 45.7 ซึ่งเป็นผลพลอยได้ของปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มใช้แล้วมาทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์ขึ้นด้วยวิธีการทางเคมี เพื่อจะกำจัดสิ่งเจือปนที่ปนเปื้อนอยู่ เช่น สบู่ สามารถกำจัดได้โดยการเติมกรดทั้ง 2 ชนิด สามารถทำให้กลีเซอรอลเป็นของผสมเกิดการแยกชั้นของกลีเซอรอล เป็น 3 ชั้น โดยชั้นบนคือชั้นของกรดไขมันอิสระ ชั้นกลางคือชั้นของกลีเซอรอลและชั้นล่างคือชั้นของเกลือ สามารถสรุปดังนี้

1. ปัจจัยที่มีผลต่อความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลคือ ชนิดของกรด อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด
2. วิธีการสกัดโดยใช้กรดซัลฟิวริกนั้นให้ปริมาณร้อยละของกลีเซอรอลสูงที่สุดที่ร้อยละ 80 ที่สภาวะ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส pH 2
3. ที่สภาวะดังกล่าวทำให้ความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น กลีเซอรอลที่ได้นั้นยังมีกรดไขมันอิสระที่หลงเหลืออยู่ สามารถกำจัดได้โดยการเติมเฮกเซนในสภาวะ อัตราส่วนสารละลายเฮกเซนต่อกลีเซอรอลอยู่ที่ 1:1 โดยน้ำหนัก ทำให้กลีเซอรอลที่ได้บริสุทธิ์ขึ้น และผงถ่านกัมมันต์ในสภาวะ อัตราส่วนผงถ่านกัมมันต์ต่อกลีเซอรอลอยู่ที่ 0.05:1 โดยน้ำหนัก ให้ความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 91 ในกระบวนการเติมกรดขั้นก่อนให้เกิดกรดไขมันอิสระที่เป็นผลพลอยได้ที่สามารถนำไปเป็นสารตั้งต้นผลิตไบโอดีเซลได้
4. การผลิตไบโอดีเซลจากกรดไขมันอิสระที่มี อยู่ที่ 32% ทำปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันด้วยแอลกอฮอล์คือ เมทานอลต่อสารอินทรีย์ 1:1 โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสให้ปริมาณเมทิลเอสเตอริฟิเคชันสูงสุดอยู่ที่ 97.30% ในงานวิจัยได้เลือกเอาสภาวะที่ดีที่สุดมาทำการทดลองที่กลีเซอรอลดิบ 1,000 กรัมได้เป็นกลีเซอรอลบริสุทธิ์ 436.14 กรัมและไบโอดีเซล 365.92 กรัม

5. อัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุของกลีเซอรอลที่บริสุทธิ์ 80% จะมีค่าเท่ากับ 1.8 โดยมีมูลค่าเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 4.4 บาท
6. อัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุของกลีเซอรอลที่ได้กรณีที่ใช้กลีเซอรอลดิบเป็นสารตั้งต้นได้ผลิตไบโอดีเซล มีค่าเท่ากับ 0.3 และพบว่าไม่มีผลกำไร เนื่องจากที่ได้ติดลบ
7. อัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุรวมระหว่างกลีเซอรอลและไบโอดีเซล จะได้เท่ากับ 0.6 และพบว่าไม่มีผลกำไร
8. อัตรามูลค่าผลผลิตด้านวัสดุของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ 91% ให้อัตราผลผลิตด้านวัสดุอยู่ที่ 1.4 (กรณีนำสารละลายเฮกเซนกลับมาใช้ใหม่) มีมูลค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 4.1 บาท

5.2 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยนี้

1. ในการนำกลีเซอรอลดิบมาใช้นั้นควรจะมีการเลือกวัตถุดิบน้ำมันปาล์มที่มีคุณภาพใกล้เคียงกันหรือประเภทเดียวกันในการนำมาผลิตไบโอดีเซลทำให้คุณภาพของกลีเซอรอลที่ได้นั้นใกล้เคียงกัน
2. ขั้นตอนในการดูดซับสีและกลั่นนั้นควรจะมีการกรองที่ละเอียดมากขึ้น เนื่องจากมีการปนเปื้อนของผงถ่านกัมมันต์ทำให้ร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลลดลง
3. ในกระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์มีการใช้ปริมาณเมทานอลที่สูงจึงควรหาแนวทางในการปรับลดปริมาณเมทานอลเพื่อลดต้นทุนในการผลิต

รายการอ้างอิง

- [1] รายชื่อผู้ผลิตไบโอดีเซล กรมธุรกิจพลังงาน. เข้าถึงจาก: <http://www.doeb.go.th/info>
- [2] กรมพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. แผนพัฒนาพลังงานทดแทน และพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2551 - 2565). เข้าถึงจาก: <http://www.eppo.go.th/ccep/download>
- [3] กรมธุรกิจพลังงาน. (2553). คู่มือองค์ความรู้เรื่องการศึกษาดูงานเกี่ยวกับการผลิตและผลผลิตจากไบโอดีเซลตามแผนจัดการความรู้ (KM Action Plan) เข้าถึงจาก: http://www.doeb.go.th/kmv2/news/cause_biodesel
- [4] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), รอบรู้เรื่องราวไบโอดีเซล.
- [5] ไบโอดีเซล เข้าถึงจาก: <http://th.wikipedia.org/wiki/ไบโอดีเซล>
- [6] ไบโอดีเซล. เข้าถึงจาก: <http://www3.ipst.ac.th/chemistry/document>
- [7] พินิจ จันทรและคณะ, ไบโอดีเซลพลังงานทดแทนแห่งอนาคต ฉบับที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์บู๊คเอ็กเพรส, 2552.
- [8] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), การผลิตและการตรวจสอบมาตรฐานไบโอดีเซลเบื้องต้น.
- [9] ณัฐมน ตีปะติ, "การผลิตและการพัฒนากระบวนการทำให้บริสุทธิ์ของกลีเซอรินที่ได้จากกากของเสียโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นม," ปริญญูวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร, 2551.
- [10] ไบโอดีเซล (Biodiesel). เข้าถึงจาก: <http://www.purebiodiesel.co.th/html-th/product>
- [11] สุขใจ ชูจันทร์, สารให้ความหวานพลังงานต่ำ ฉบับที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.
- [12] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกลีเซอรอลบริสุทธิ์ (REFIND GLYCERIN). กระทรวงอุตสาหกรรม, 2538.
- [13] นพวรรณ ชัญญพานิช, วัฒนา ปิ่นเสม, บุญมี บุญยะผลานันท์, และ Hongsik Byun, "การทำกลีเซอรอลจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์," วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , ม.ค-เม.ย 2552 .
- [14] รุจิรา ปิ่นแก้ว. การผลิตและการเตรียมถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดเพื่อใช้ในการดูดซับมีเทน. Available: http://research.pcru.ac.th/rdb/pro_data/files

- [15] กระบวนการดูดซับ. Available:
<https://pradthana.wordpress.com/2008/04/13/adsorption-process>
- [16] วรรัตน์ เลิศสนเมธากุล, "กระบวนการผลิตกลีเซอรอลคาร์บอนเตตจากกลีเซอรอลดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล," สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2553.
- [17] ณัฐพงศ์ เอกวรรณัง, "การผลิตไบโอดีเซลของสารอินทรีย์ที่อยู่ในเฟสของกลีเซอรอลของกระบวนการ ทรานเอสเอตรีฟิเคชันน้ำมันพืช," สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2551.
- [18] FTIR ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแม่ฟ้าหลวง. เข้าถึงจาก:
<http://www.mfu.ac.th/center/stic/index.php/chemical-analysis-instrument-menu/itemlist>
- [19] วรณภรณ์ บรรจง, "การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบำบัดกลีเซอรินจากของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลในระดับชุมชน ", สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552.
- [20] ณัฐกานต์ และณรงค์ฤทธิ, "การทำกลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์," จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.
- [21] พนิดา สามพรานไพบุรณ์, จีราวัฒน์ โพธิ์ไพบูลย์, และ ชลธิ มหธนานุวัตินันท์, "การเพิ่มความเข้มข้นกลีเซอรอลจากของเหลือทิ้งในการผลิตไบโอดีเซลโดยกระบวนการทางเคมี," การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย, ฉบับที่. 17, 2550.
- [22] ประเทืองสุข มณีล้ำ, "การทำกลีเซอรินดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล," ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [23] รองศาสตราจารย์ วัฒนา ปิ่นเสม, รองศาสตราจารย์ ดร. นพวรรณ ชนัญพานิช, รองศาสตราจารย์ บุญมี บุญยะผลานันท์, และ คุณอะเคื้อ บุญญสิริ, "ผลิตภัณฑ์ครบวงจรจากการทำกลีเซอรินให้บริสุทธิ์," มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2553.
- [24] Ooi, T.L1, Yong, K.C2, Dzulkefly, K3, *et al.*, "Crude glycerine recovery from glycerol residue waste from a palm kernel oil methyl ester plant," *Journal of Oil Palm Research*, vol. 13, 2001.
- [25] K.C. Yong, T.L. Ooi, K. Dzulkefly, W.M.Z. Wan Yunus, and A.H. Hazimah, "Characterization of glycerol residue from a palm kernel oil methyl ester plant," *Jour Palm Oil Research*, vol. 13, pp. 1-6, 2001.

- [26] Nanda MR, Yuan Z, Qin W, Poirier MA, and Chunbao X, "Purification of Crude Glycerol using Acidification: Effects of Acid Types and Product Characterization," *Austin Journal of Chemical Engineering*, vol. 1, 2014.
- [27] Israel A U, Obot I B, and Asuquo J E, "Recovery of glycerol from spent soap lye by-product of soap manufacture," *E Journal of Chemistry*, vol. 5, pp. 940-945, 2008.
- [28] Cai Tianfeng, Li Huipeng, Zhao Hua, and Liao Kejian, "Purification of Crude Glycerol from Waste Cooking Oil Based Biodiesel Production by Orthogonal Test Method," *China Petroleum Processing and Petrochemical Technology*, vol. 15, pp. 48-53, 2013.
- [29] สุภกร บุญยี่, สมลักษณ์ เรืองสุทธิณฤภาพ, จิรดา สิงขรรัตน์, และ นภัทร ทวีกาญจน์, "อิทธิพลของกรดไขมันอิสระต่อการผลิตไบโอดีเซล," *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ฉบับที่. 18, 2 เมษายน-มิ.ย 2553.
- [30] ธัญวลัย จิรหิรัญวงศ์, นิพนธ์ ตั้งคณาบุรุษ, and วิทยา ปั่นสุวรรณ, "การใช้ไขมันจากบ่อดักไขมันของโรงงานผลิตและแปรรูปอาหารทะเลเพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซล," *วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร*.
- [31] May Myat Khine, เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ, เมธี สายศรีหยุด, และ อนุสิษฐ์ ชนะพิมพ์เมธา, "การศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อร้อยละผลได้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลแบบสองขั้นตอนจากกรดไขมันปาล์มที่ได้จากการกลั่น," *วิศวกรรมสาร มก*, ฉบับที่. 75, 2554.
- [32] Rudemas Manosak, Siripong Limpattayanate, and Mali Hunsom, "Sequential-refining of crude glycerol derived from waste used-oil methyl ester plant via a combined process of chemical and adsorption," *Fuel Processing Technology*, 2011.
- [33] การไต่เตตระน้ำมันตั้งต้นของไบโอดีเซล. เข้าถึงได้จาก: <http://www.planenergy.co.th>
- [34] สำนักงานนโยบายและพลังงาน. ราคาไบโอดีเซล. เข้าถึงได้จาก: <http://www.eppo.go.th/petro/B100/B100-2558-06-15-21.pdf>
- [35] ผศ.ดร. อาภาณี เหลืองนฤมิตร. (2548). เข้าถึงได้จาก: <http://www.vcharkarn.com/varticle>
- [36] ศูนย์บริการวิชาการ 9-11. (2553). เอกสารประกอบการอบรมเรื่องเทคนิคการผลิตไบโอดีเซลให้ได้คุณภาพ. เข้าถึงได้จาก: <http://www2.dede.go.th/bett/Activities/KM/BioDiesel>





ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพของกลีเซอรอล

ก.1 การวิเคราะห์ประมาณกลีเซอรอลตามมอก.337-2538 (Determination of glycerine content)

1. ชั่งน้ำหนักสารตัวอย่างกลีเซอรอล 0.5 กรัมเจือจางด้วยน้ำกลั่น 50.0 มิลลิลิตร
2. หยดโบรมโทมอลบูลอินดิเคเตอร์ 5 ถึง 7 หยด แล้วทำให้เป็นกรดด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก 0.1 โมลต่อลิตร
3. ทำสารละลายให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.05 โมลต่อลิตรอย่างระมัดระวังจนได้สารละลายสีฟ้าซึ่งไม่มีสีเขียวปนอยู่เลย ถ้าสีของสารละลายไปรบกวนการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ หรือในตัวอย่างมีสารบัพเฟอร์อยู่มาก ให้วัดด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบสแล้วปรับความเป็นกรด - เบสของสารละลายให้เป็น 8.1 ± 0.1
4. ทำแบลنگก์โดยใช้น้ำกลั่น 50 ml แทนตัวอย่างแล้วปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 2 และข้อ 3 โดยใช้อินดิเคเตอร์ปรับค่าความเป็นกรด-ต่างก่อนที่จะเติมสารละลายโซเดียมเปอร์ไอโอดेट
5. เติมสารละลายโซเดียมเปอร์ไอโอดेट 50 ml กวนให้เข้ากันปิดด้วยกระจกนาฬิกา แล้วนำไปเก็บในที่มืดเป็นเวลา 30 นาทีที่ อุณหภูมิห้อง (ไม่เกิน 35 องศาเซลเซียส) หมายเหตุ : การเตรียมสารละลายกรดมีวิธีการดังนี้
 - บดโซเดียมเมทาเปอร์ไอโอดेट (NaIO_4) ปริมาณ 60 กรัมผสมกับน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตรที่ผสมกับสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.05 โมลต่อลิตรปริมาตร 120 มิลลิลิตร
 - เติมน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรจนเป็น 1,000 มิลลิลิตร
6. เติมสารละลายเอทิลีนไกลคอล 10 มิลลิลิตร กวนให้เข้ากันนำไปเก็บในที่มืดเป็นเวลา 20 นาทีที่อุณหภูมิห้อง (ไม่เกิน 35 องศาเซลเซียส)
7. จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 300 มิลลิลิตรแล้วนำไปไตเตรทกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.125 โมลต่อลิตรโดยใช้ pH meter จนสารละลายมี pH เท่ากับ 8.1 ± 0.1 ซึ่งเป็นจุดยุติ
8. ทำการทดลอง *Blank Test* โดยใช้น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรแทนสารตัวอย่างและทำการไตเตรทจนจุดยุติที่ pH เท่ากับ 6.5 ± 0.1

วิธีการคำนวณ

$$\text{ร้อยละซีเอร์อล} = \frac{0.125 * 0.0921 * (V_1 - V_2) * 100}{m}$$

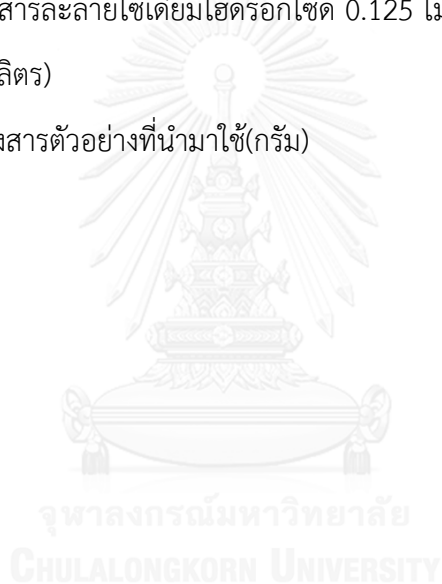
เมื่อ 0.125 คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

0.0921 คือ น้ำหนักโมเลกุลของกลีเซอรอล

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.125 โมลต่อลิตร ที่ใช้เตรียมนสารตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

V_2 คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.125 โมลต่อลิตร ที่ใช้เตรียมนสารละลายที่ไร้ตัวอย่าง Blank (มิลลิลิตร)

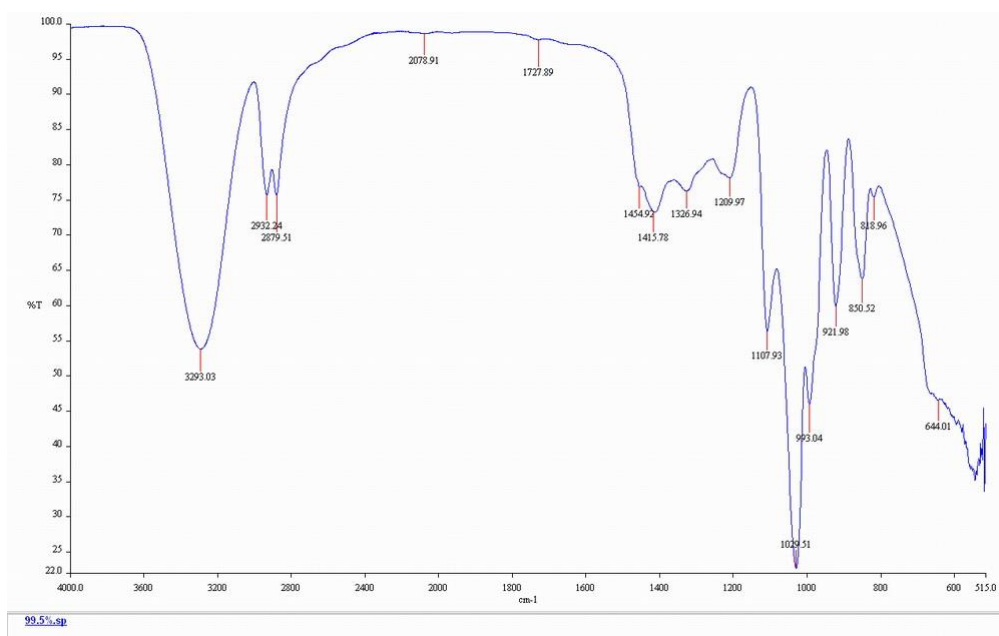
m คือ น้ำหนักของสารตัวอย่างที่นำมาใช้(กรัม)



ก.2 การวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลและองค์สารประกอบที่อยู่ในกลีเซอรอลโดยใช้เทคนิค FTIR

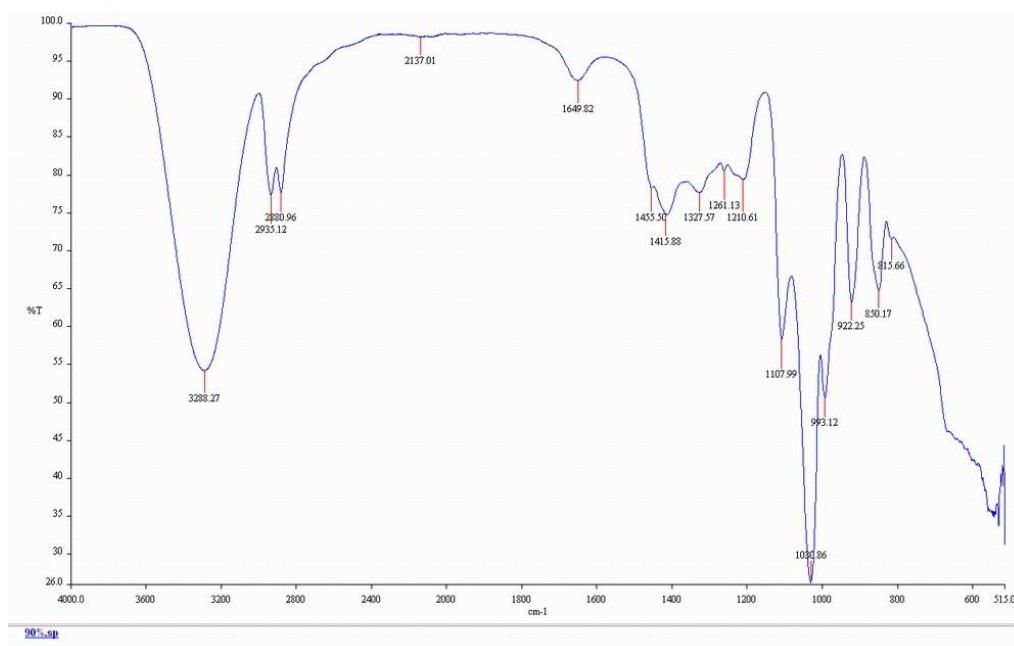
- ขั้นตอนการหาความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลเทียบกับกลีเซอรอลมาตรฐานที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอนโดยการนำกลีเซอรอลบริสุทธิ์มาตรฐานที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอนอยู่ที่ 99.5% , 90% , 70% เพื่อนำพื้นที่ใต้กราฟมาพล็อตกราฟสแตนด์การ์ดกลีเซอรอล ใช้ในการเปรียบเทียบกับกลีเซอรอลที่ได้จากการสังเคราะห์ดังนี้

- กลีเซอรอลที่ความเข้มข้น 99.5%



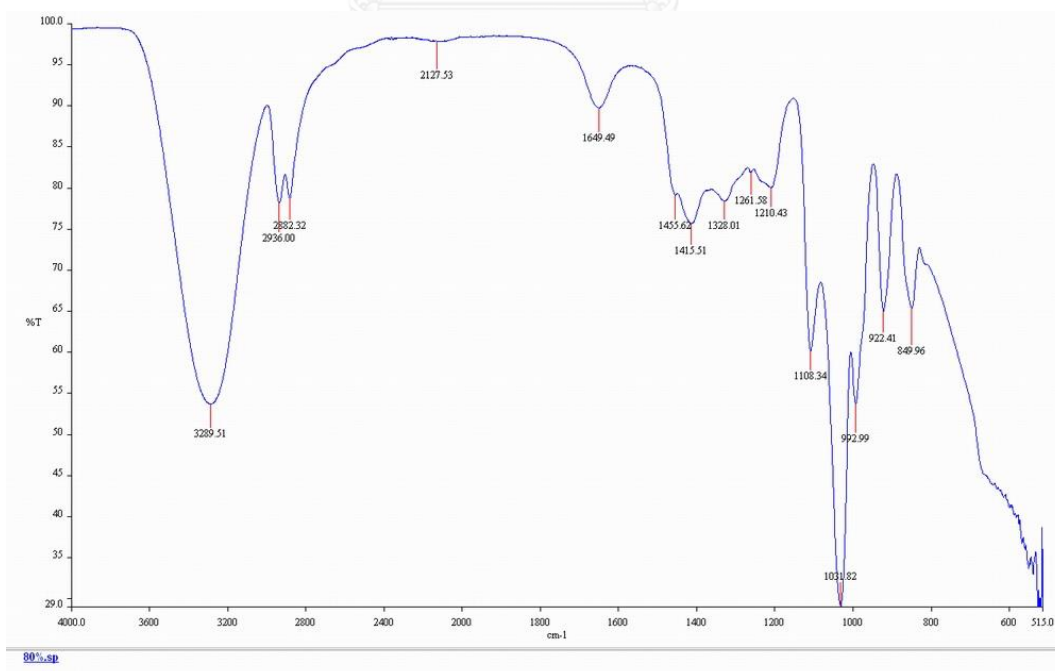
รูปภาพที่ ก.1 กราฟสแตนด์การ์ดกลีเซอรอลที่ 99.5%

- ก๊าซเซอรอลที่ความเข้มข้น 90%



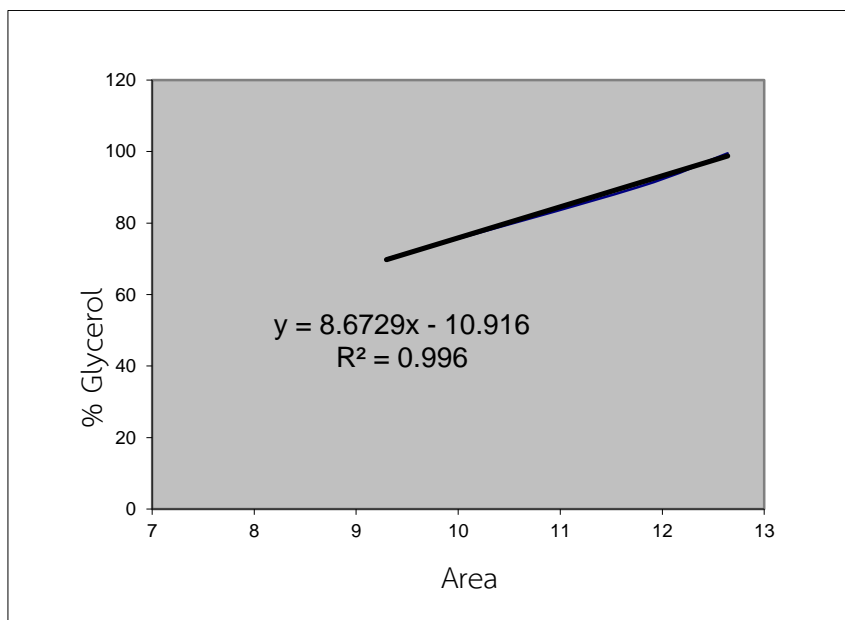
รูปภาพที่ ก.2 กราฟแสดนดาร์ตกลีเซอรอลที่ 90%

- ก๊าซเซอรอลที่ความเข้มข้น 70%



รูปภาพที่ ก.3 กราฟแสดนดาร์ตกลีเซอรอลที่ 70%

จากพื้นที่ใต้กราฟของกลีเซอรอลที่ทราบค่ามาตรฐานที่ความบริสุทธิ์ 99.5% , 90% , 70% สามารถคำนวณได้ออกมาเป็น Area นำมาพล็อตกราฟได้สมการดังต่อไปนี้



รูปภาพที่ ก.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสมการของพื้นที่ใต้กราฟและร้อยละความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล

ค่ามาตรฐานที่ความบริสุทธิ์ 99.5% , 90% , 70% สามารถคำนวณได้ออกมาเป็น Area จะได้เป็นสมการ $y = 8.6729x - 10.916$ ที่ $R^2 = 0.996$ โดย $x =$ พื้นที่ใต้กราฟ, $Y =$ % Glycerol จากตาราง ก.1 พบว่าพื้นที่ใต้กราฟของกลีเซอรอลสังเคราะห์อยู่ที่ 11.74 นำค่าที่ได้ไปแทนในสมการจะได้

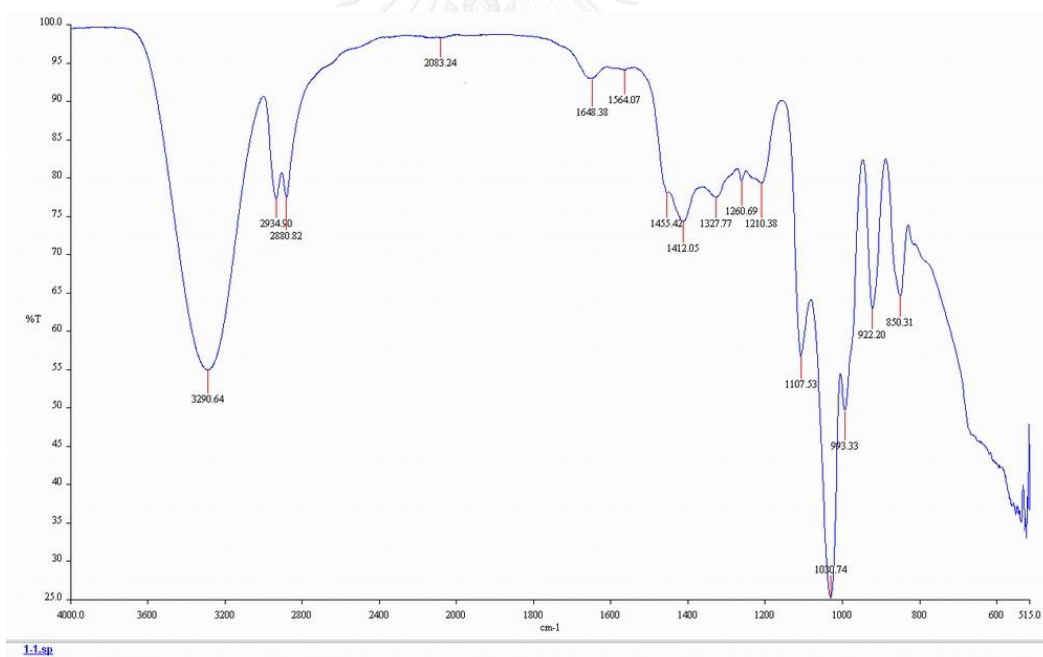
$$\begin{aligned} Y &= 8.6729 (11.74) - 10.916 \\ &= 90.9 \end{aligned}$$

ดังนั้นกลีเซอรอลสังเคราะห์ที่ได้ในกระบวนการนั้นมีความบริสุทธิ์อยู่ที่ 91%

ตารางที่ ก. 1 แสดงพื้นที่ใต้กราฟของกลีเซอรอลที่ความบริสุทธิ์ 99.5% , 90% , 70% , กลีเซอรอลสังเคราะห์

Area	% Glycerol
9.30	70.0
11.76	90.0
12.64	99.5
11.74	90.9

- กลีเซอรอลที่ได้จากการสังเคราะห์



รูปภาพที่ ก.5 กราฟกลีเซอรอลที่ได้จากการสังเคราะห์

ภาคผนวก ข

ข.1 การคำนวณหาประสิทธิภาพของไบโอดีเซลที่ได้จากการผลิตด้วยเครื่อง GC

ค่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ของการผลิตไบโอดีเซล (% FAME ; Fatty Acid Methyl Esters) การคำนวณหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ (%FAME)[35]. การคำนวณหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในไบโอดีเซลโดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีตามมาตรฐาน EN 14103 ซึ่งใช้ Methyl Heptadecanoate เป็นสาร Internal Standard สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมไบโอดีเซลเพื่อตรวจหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์

เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี : model GC – 2010, Shimadzu, Japan

แก๊สตัวนำ : He

คอลัมน์ : DB – Wax, 30 เมตร x 0.32 มิลลิเมตร

ดีเทคเตอร์ : FID, 380 องศาเซลเซียส

อินเจคเตอร์ : 260 องศาเซลเซียส (DB – Wax), split ratio 25

สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมไบโอดีเซลเพื่อตรวจหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์

n - Heptane : Analysis grade, Labscan , Ireland

เมทิลเฮปตะดีคาโนเอท (methyl heptadecanoate): ค่าความบริสุทธิ์ 95%

สารละลายเมทิลเฮปตะดีคาโนเอท 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

เครื่องชั่ง : model BL210S, Sartorius, Goettingen, Germany

เครื่องผสม (Vortex Mexer) : model KMC-1300V, VISION, Korea

ขวด Vial ขนาด 10 มิลลิลิตร

สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ

$$C = \left(\frac{\sum A - A_{EI}}{A_{EI}} \right) \times \left(\frac{C_{EI} \times V_{EI}}{m} \right) \times 100\%$$

โดย

C = ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ (%FAME) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเศษส่วนโดยมวล

$\sum A$ = พื้นที่รวมของเมทิลเอสเทอร์ซึ่งคิดตั้งแต่ C14 ถึง C24

AEI = พื้นที่ของ Methyl Heptadecanoate

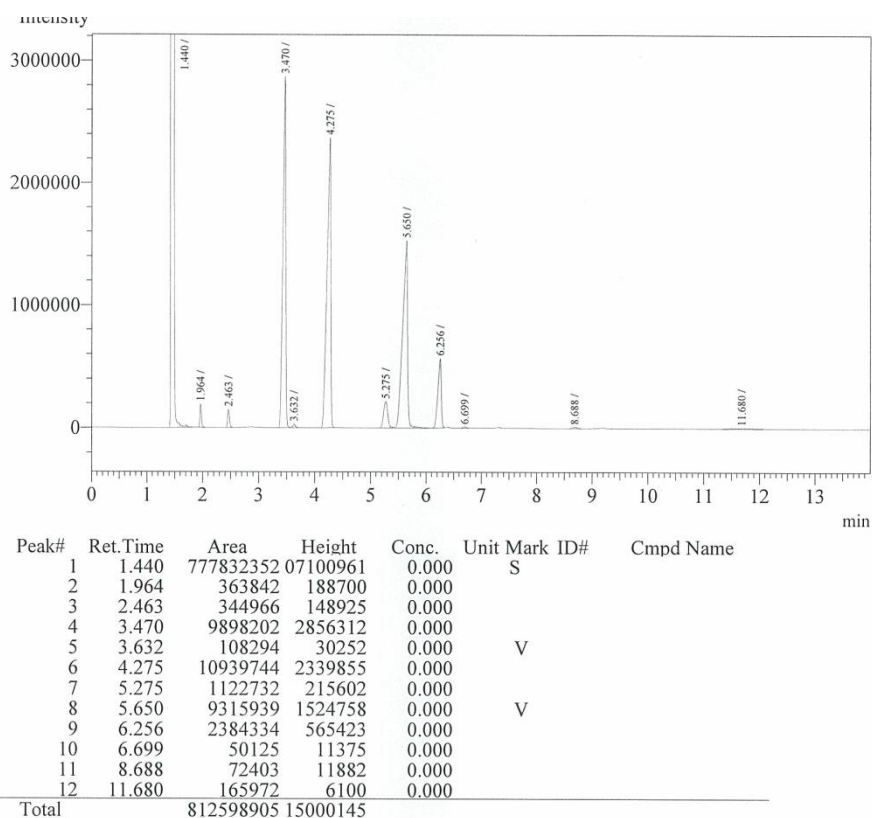
CEI = ความเข้มข้นของ Methyl Heptadecanoate (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

VEI = ปริมาตรของ Methyl Heptadecanoate (มิลลิลิตร)

m = น้ำหนักของตัวอย่างไบโอดีเซล (มิลลิกรัม)

กราฟโครมาโทกราฟีที่อ่านค่าได้จากเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี

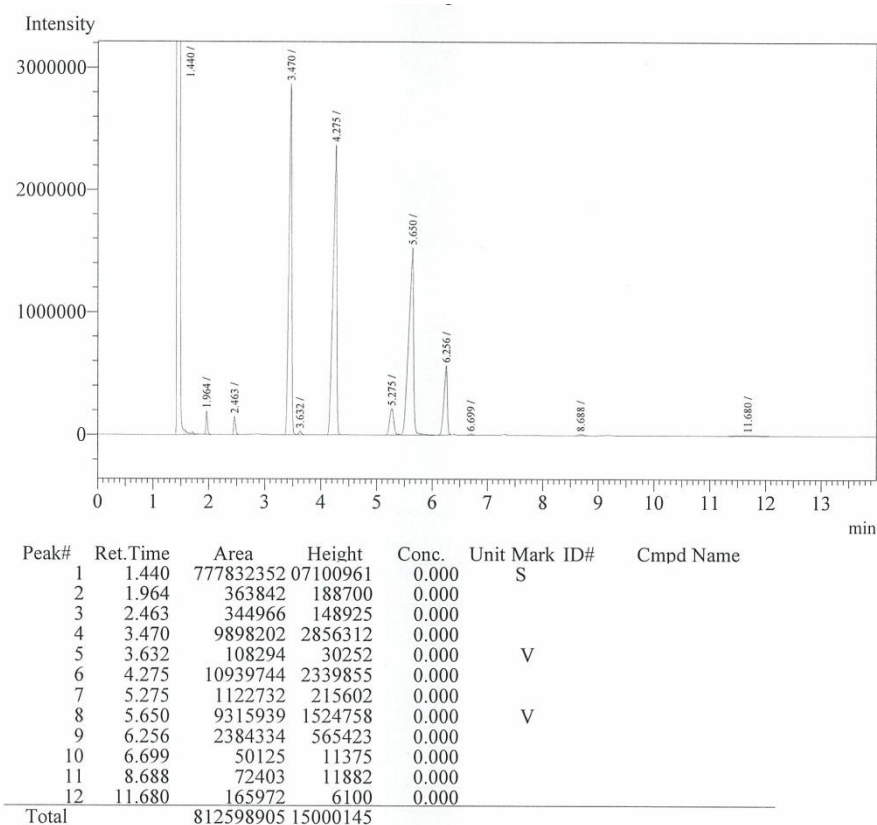




รูปภาพที่ ข.1 แสดงโครมาโทแกรมของเมทิลเอสเทอร์จากปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันด้วยกรด ณ สภาวะการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณเมทานอล 0.5:1 โดยน้ำหนักของ สารอินทรีย์ โดยสารอินทรีย์ดังกล่าวมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 32% เป็นสารตั้งต้น

ตารางที่ ข.1 การคำนวณปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากการทดลองโดยใช้สารอินทรีย์เป็นสารตั้งต้น

การคำนวณหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ (%FAME) : อ่านค่าจากกราฟโครมาโทแกรมของสารตัวอย่าง	
พื้นที่รวมของเมทิลเอสเทอร์ (ΣA)	34766553
พื้นที่รวมของ Methyl Heptadecanoate (A_{EI})	10939744
ความเข้มข้นของ Methyl Heptadecanoate ($C_{EI:mg./ml}$)	10.0001
ปริมาตรของ Methyl Heptadecanoate ($V_{EI:ml.}$)	5
น้ำหนักของตัวอย่างไปโอดีเซล (m:mg.)	115
ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ (C or %FAME)	94.7



รูปภาพที่ ข.2 แสดงโครมาโทแกรมของเมทิลเอสเทอร์จากปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันด้วยกรด ฌ
 สภาวะการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณเมทานอล 1:1 โดยน้ำหนักของ
 สารอินทรีย์ โดยสารอินทรีย์ดังกล่าวมีปริมาณกรดไขมันอิสระ 32% เป็นสารตั้งต้น

ตารางที่ ข.1 การคำนวณปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากการทดลองโดยใช้สารอินทรีย์เป็นสารตั้งต้น

การคำนวณหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ (%FAME) : อ่านค่าจากกราฟโครมาโท แกรมของสารตัวอย่าง	
พื้นที่รวมของเมทิลเอสเทอร์ (ΣA)	33827714
พื้นที่รวมของ Methyl Heptadecanoate (A_{Ei})	11007296
ความเข้มข้นของ Methyl Heptadecanoate (C_{Ei} :mg./ml)	10.0001
ปริมาตรของ Methyl Heptadecanoate (V_{Ei} :ml.)	5
น้ำหนักของตัวอย่างไปโอดีเซล (m:mg.)	106.5
ปริมาณเมทิลเอสเทอร์(C or %FAME)	97.33

ข.2 การหาปริมาณกรดไขมันอิสระ

FFA นั้นเป็นบ่งชี้คุณภาพน้ำมันตั้งต้นที่จะใช้ในการผลิต FFA มากเราก็มักใช้ต่างมากสบูก็เกิดมาก Yield ที่ได้ก็น้อยทำให้สัดส่วนต่อการผลิตสูงลานรับซื้อปาล์มทะเลหลายหลายแห่งหรือโรงงานอาหารสัตว์รับซื้อน้ำมันใช้แล้วกำหนดราคาซื้อจากค่าของ FFA นี้ฉะนั้น FFA จึงเป็นตัวแปรสำคัญในการผลิตทุกครั้ง[36].

อุปกรณ์ที่จำเป็นใช้วิเคราะห์ค่า FFA

1. เครื่องชั่งน้ำหนักมีความละเอียด 0.1 กรัม
2. บิวเรตขนาด 25 ml พร้อมขาตั้งและชุดจับบิวเรต (ต่อไปให้ใช้เป็นบิวเรตต่าง)
3. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml
4. กระจกบอทวงขนาด 25 ml
5. บีกเกอร์ขนาด 50 ml

สารเคมีที่จำเป็นใช้วิเคราะห์ค่า FFA

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 N (นอร์มัล)

สามารถเตรียมได้เองดังนี้

- โซเดียมไฮดรอกไซด์ 98% จำนวน 4 กรัมละลายในน้ำกลั่น 1000 ml
- โพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 95% จำนวน 5.6 กรัมละลายในน้ำกลั่น 1000 ml

2. ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (Isopropyl Alcohol) หรือ IPA
3. ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) 0.1% อาจซื้อสำเร็จรูปที่เตรียมให้แล้วหรือเตรียมเอง

ด้วยวิธีนี้คือใช้ฟีนอล์ฟทาลีน 5.00 กรัมละลายในไอโซโพรพานอลหรือเมทิลแอลกอฮอล์ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตรควรเก็บรักษาละลายใช้ฟีนอล์ฟทาลีนในขวดสีชาและอายุการใช้ปี

ขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่า FFA

1. ชั่งน้ำหนักน้ำมันตัวอย่าง 5 กรัมและตวงไอโซโพรพิล 25 ml และหยดฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 3 – 5 หยดเขย่ารวมกันในขวดรูปชมพู่

2. เตรียมสารละลายต่างความเข้มข้น 0.1 N ใส่บิวเรตพร้อมเปิดไล่อากาศออกเพื่อให้พร้อมใช้งาน และจดค่าเริ่มต้นเอาไว้
3. หยดสารละลายต่างจากบิวเรตลงในขวดรูปชมพู่พร้อมเขย่าให้เข้ากัน
4. จนกว่าน้ำมันจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูหรือสีม่วงถาวรแล้วอ่านสิ้นสุดของบิวเรตไว้

การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิสระ (FFA)

$$\% \text{ FFA} = \frac{\text{สารละลายต่างที่ใช้ไป} \times \text{ความเข้มข้นของสารละลายต่าง} \times \text{โมเลกุลของกรดไขมัน}}$$

น้ำหนักน้ำมันตัวอย่าง

สารละลายต่างที่ใช้ไป = ค่าสิ้นสุดของไตเตรท - ค่าเริ่มต้นของไตเตรทหน่วยเป็น มิลลิลิตร

ความเข้มข้นของสารละลายต่าง = 0.1 N หน่วยเป็น โมล/ลิตร (1,000ml)

โมเลกุลของกรดไขมัน = น้ำหนักของกรดไขมันของน้ำมันตัวอย่างที่ใช้หน่วยเป็น กรัม/โมล

น้ำหนักน้ำมันตัวอย่าง = หน่วยเป็นกรัม

ค่าเปอร์เซ็นต์ = 100

ภาคผนวก ค

คุณสมบัติของกลีเซอรอลมาตรฐาน

CERTIFICATE OF ANALYSIS

PRODUCT NAME REFINED GLYCERINE
 LOT NUMBER 48
 PRODUCTION DATE APRIL 2015

TEST	Units	SPECIFICATION	RESULT	METHOD
Glycerol content	%	99.50 MIN	99.87	USP 32
Specific Gravity		1.250 MIN	1.2600	Pycnometer
Water content	%	0.5 MAX	0.347	USP 32 (Karl Fischer)
Color (APHA)		10 MAX	Complied	USP 32
Fatty acid and ester		1 MAX	Complied	USP 32
Limit test of chloride	ppm	10 MAX	Less than 10	USP 32
Limit of sulphate	ppm	20 MAX	Less than 20	USP 32
Heavy metals (as Pb)	ppm	5 MAX	Less than 5	USP 32
Arsenic (As)	mg/Kg	1 MAX	Not detected	Base on AOAC
Iron (Fe) '	mg/Kg	2 MAX	Less than 0.20	Base on AOAC
Lead (Pb)	mg/Kg	1 MAX	Not detected	Base on AOAC
Diethylene glycol (DEG) and ethylene glycol	%	0.1 MAX	Not detected	USP 32

รูปภาพที่ ค.1 ค่ามาตรฐานของกลีเซอรอล 95% ที่ใช้ในการสอบเทียบ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสายฝน อ่อนทอง เกิด 30 มีนาคม 2530 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลาย จากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เมื่อปีการศึกษา 2549 และสำเร็จ การศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น เมื่อปีการศึกษา 2553 และได้เข้ารับการศึกษาคือต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรม ศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2554

