

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัสดุ

- 1.1 วัสดุดิบ : น้ำมันปาล์มในบ่อน้ำทิ้ง (waste oil) จากบริษัทสตูลปาล์มอินคัสตรี
: น้ำมันปาล์มดิบจาก โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็กตาม
พระราชดำริ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่



ไขน้ำมันเสียบก่อนกลั่น



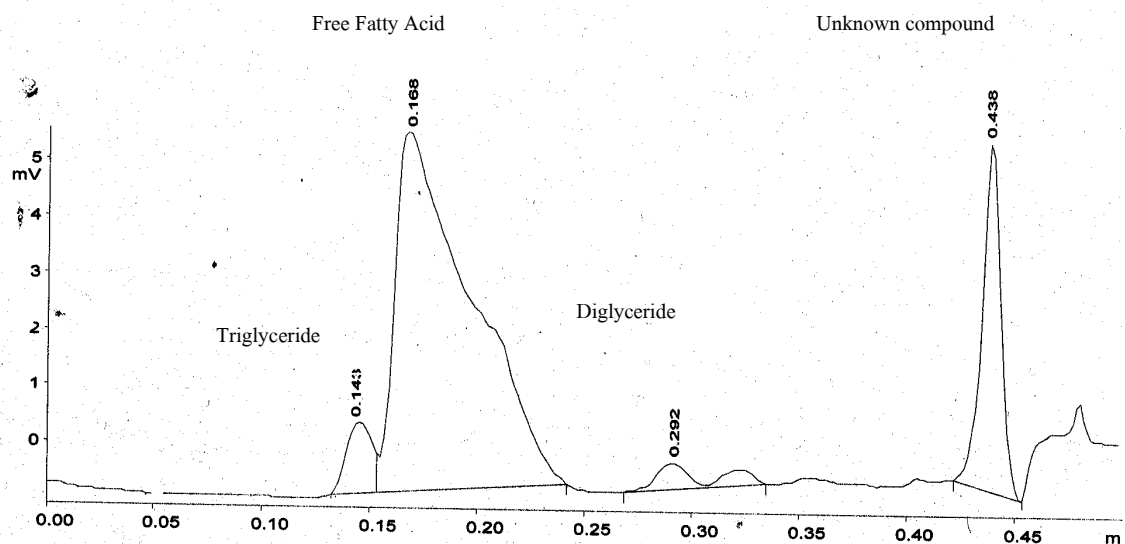
ไขน้ำมันเสียบกลั่นแล้ว

ภาพประกอบที่ 8 แสดงลักษณะทางกายภาพของไขน้ำมันเสียบก่อนกลั่น กับไขน้ำมันเสียบ
กลั่น แล้ว

จากภาพประกอบที่ 8 เป็นการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพที่อุณหภูมิห้องระหว่าง
ไขน้ำมันเสียบก่อนผ่านขบวนการกลั่นกับไขน้ำมันเสียบที่ผ่านการกลั่นแล้ว

ลักษณะทางกายภาพของไขน้ำมันเสียบ

- เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง สีของไขน้ำมันเสียบ ก่อนกลั่นมีสีน้ำตาลเข้ม และ สีของ
ไขน้ำมันเสียบกลั่นแล้วมีสีเหลืองอ่อนคล้าย PFAD (Palm Fatty Acid Distillated)
- ไขน้ำมันเสียบก่อนกลั่น มีกลิ่นเหม็นกว่า ไขน้ำมันเสียบกลั่นแล้ว
- เมื่อนำมาหลอมเหลวและตั้งทิ้งไว้จะแข็งตัวอย่างรวดเร็ว
- ไขน้ำมันเสียบก่อนกลั่นมีตะกอน แต่ ไขน้ำมันเสียบกลั่นแล้วไม่มีตะกอน



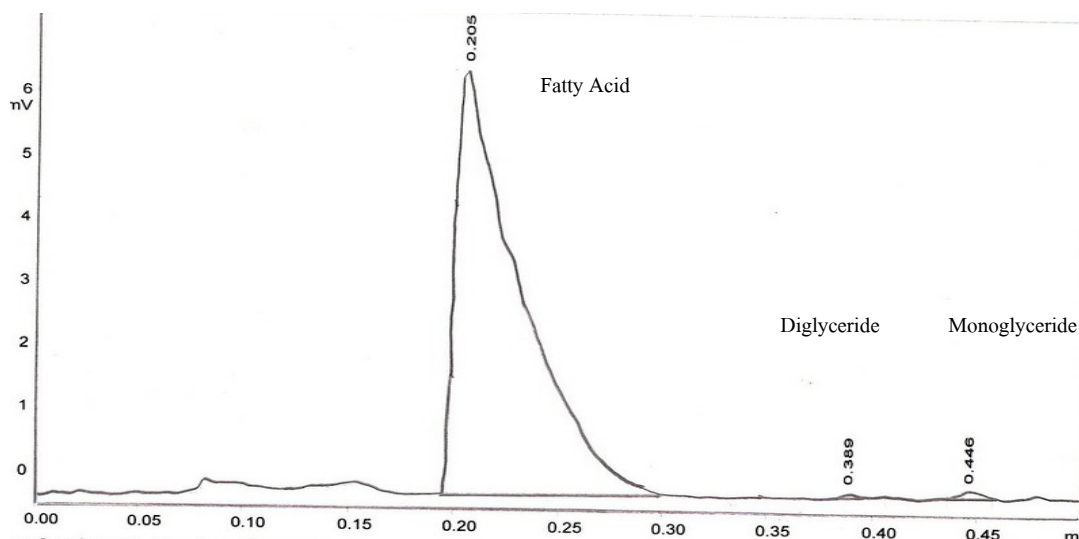
ภาพประกอบที่ 9 ภาพแสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ TLC (Thin Layer Chromatograph) ของไขมันเสียก่อนกลั่น

จากภาพประกอบที่ 9 เป็น ภาพแสดงลักษณะองค์ประกอบในไขมันเสียก่อนกลั่นที่วิเคราะห์ได้ด้วยเทคนิค TLC ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ได้ดัง ตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงผลการวิเคราะห์ TLC องค์ประกอบของ ไขมันเสียก่อนกลั่น

Component	% Area
TG (Triglyceride)	5.03
DG (Diglyceride)	3.39
MG (Monoglyceride)	0
FFA (Free Fatty Acid)	73.82
Unknown	17.76

ตารางที่ 15 พบว่า ไขมันเสียก่อนกลั่น ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในงานวิจัยประกอบด้วยกรดไขมัน และไตรกลีเซอไรด์ เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารประกอบไม่รู้ชนิด (unknown compound)



ภาพประกอบที่ 10 แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ TLC (Thin Layer Chromatograph) ของไขมันเสียก่อนกลั่นแล้ว

ภาพประกอบที่ 10 เป็น ภาพแสดงลักษณะองค์ประกอบในไขมันเสียก่อนกลั่นแล้วที่วิเคราะห์ได้ด้วยเทคนิค TLC ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ได้ดัง ตารางที่ 16

Component	% Area
TG (Triglyceride)	1.31
DG (Diglyceride)	0.25
MG (Monoglyceride)	0.63
FFA (Free Fatty Acid)	97.81

ตารางที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์ TLC องค์ประกอบของ ไขมันเสียก่อนกลั่นแล้ว

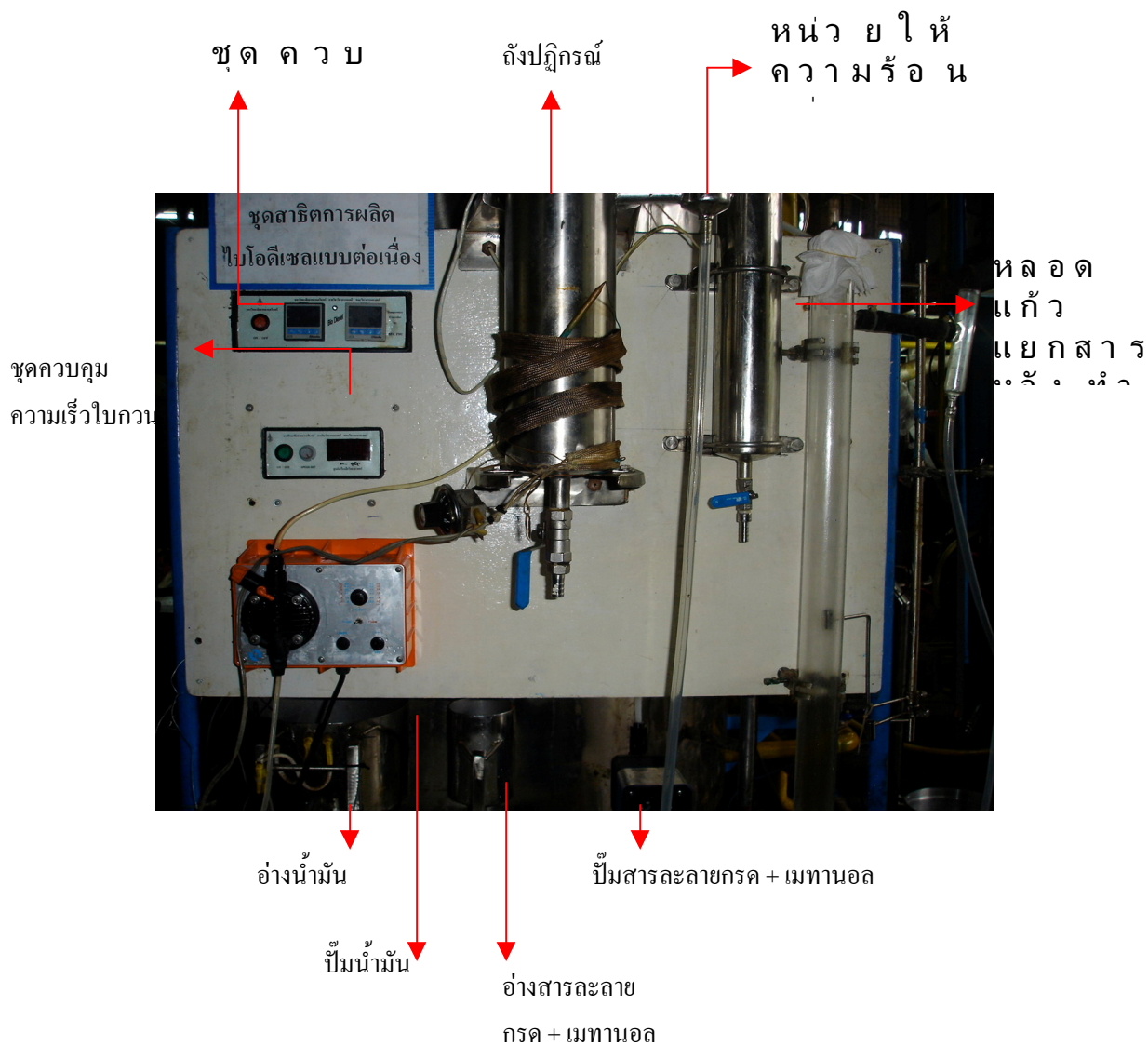
จากตารางที่ 16 พบว่า ไขมันสัตว์ที่สกัดแล้ว ประกอบด้วย กรดไขมันอิสระเป็นส่วนใหญ่ และเมื่อตรวจด้วย TLC จะไม่พบ สารประกอบที่ไม่รู้จัก (unknown compound) ซึ่งต่างจากที่พบในไขมันสัตว์ก่อนกลั่น

1.2 สารเคมี

- 1.2.1 Methanol, commercial grade (99.5%)
- 1.2.2 Ethanol, commercial grade (95%)
- 1.2.3 NaOH, commercial grade
- 1.2.4 H₂SO₄, analytical grade (98%)
- 1.2.5 น้ำกลั่น
- 1.2.6 Sulphamic acid, analytical grade
- 1.2.7 Indicator (Methyl red, Phenolphthalein)
- 1.2.8 Paraffin oil
- 1.2.9 Hexanes, analytical grade (99%)

2. อุปกรณ์

- 2.1 เครื่องมือวิเคราะห์ Thin Layer Chromatography/Hydrogen Flame Ionization Detection (TLC/FID), Iatroscan Model MK- 6s
- 2.2 เครื่องมือวิเคราะห์ HP 6850 Gas Chromatograph with Flame Ionization Detector
- 2.3 ชุดสาริตการผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง(Continuous process) ผลิตโดยศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ แสดงดังภาพประกอบที่ 11
- 2.4 ชุดกลั่นแบบมีรีฟลักซ์ แสดงดังภาพประกอบที่ 12
- 2.5 ชุดการทดลองแบบมีรีฟลักซ์ ในการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสแสดงดังภาพประกอบที่ 13
- 2.6 ชุดควบคุมอุณหภูมิในการผลิตเมทิลเอสเทอร์แบบแบตช์ ผลิตโดยศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ แสดงดังภาพประกอบที่ 14



ภาพประกอบที่ 11 แสดงชุดสาริการผลิตเมทิลเอสเทอร์แบบต่อเนื่อง (Continuous process)



ภาพประกอบที่ 12 แสดง ชุดกลั่นไขน้ำมันเสีย

3. วิธีการศึกษา

3.1 ขั้นตอนการเตรียม Standardization of 0.2 M NaOH

- 3.1.1 ชั่ง Sulphamic acid 0.025 g
- 3.1.2 ละลายน้ำ 30 – 50 ml
- 3.1.3 หยด Methyl red 2 – 3 หยด
- 3.1.4 ไตเตรทกับ 0.2 M NaOH

3.2 การวิเคราะห์ค่ากรดไขมัน และกรดไขมันอิสระ

3.2.1 สารเคมี

- 3.2.1.1 เอทานอล 95%
- 3.2.1.2 NaOH ละลายในน้ำ โดยมีความเข้มข้น 0.2M
- 3.2.1.3 ฟีนอล์ฟทาลีน 1%

3.2.2 วิธีการ

- 3.2.2.1 ชั่งตัวอย่าง 1 – 10 g ในขวด volumetric flask ขนาด 250 ml
- 3.2.2.2 เตรียมสารละลายเอทานอลให้เป็นกลางโดยเติมฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด และปรับสภาพให้เป็นกลางด้วย 0.2 M NaOH หยดต่างที่ละหยด พร้อมทั้งเขย่าหรือกวน จนได้สารละลายเอทานอลเป็นสีชมพูถาวร

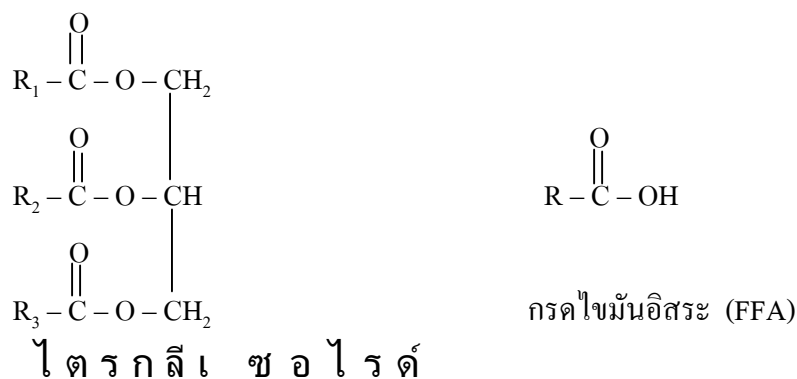
- 3.2.2.3 เติมเอทานอลที่เป็นกลาง 50 ml ลงในตัวอย่าง เขย่าอย่างแรงให้ตัวอย่างละลายในเอทานอล ถ้าละลายได้ไม่ดีให้อุ่นที่อุณหภูมิ 60 - 65 °C
- 3.2.2.4 ไตเตรทด้วย 0.2 M NaOH ขณะไตเตรทต้องเขย่าอย่างแรง จนกระทั่งได้สารละลายสีชมพูคงที่ อยู่ประมาณ 1 นาที
- 3.2.2.5 คำนวณค่ากรด และปริมาณกรดไขมันอิสระ

3.3 การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็นกิจกรรมต่างๆ ดังนี้

3.3.1 ศึกษาวิธีการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันดิบ ให้กลายเป็นกรดไขมันอิสระเกือบทั้งหมด

วัตถุประสงค์ย่อยของกิจกรรมคือ เพื่อทำการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ใน น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil) ให้เป็นกรดไขมันอิสระให้มากที่สุด ด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ได้ศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้น ด้วยการใช้ น้ำมันปาล์มดิบเป็น feed stock เพื่อขจัดอิทธิพลที่มาจากสิ่งปนเปื้อนในไขมัน (unknown compound) ก่อนที่จะประยุกต์ใช้กับไขมันที่ จะใช้เป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน และเอสเตอริฟิเคชันในคราวเดียวกัน ต่อไป

โดยจากผลการวิเคราะห์ TLC (Thin Layer Chromatography) ของไขมันที่ ทำให้ทราบว่า ไขมันประกอบด้วย กรดไขมัน (FFA, Free Fatty Acid) และไตรกลีเซอไรด์เป็นส่วนใหญ่ และจากการทำโครงการงานนักศึกษาระดับปริญญาโท ที่ทำการศึกษาค้นคว้า เมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันในบ่อน้ำที่จากโรงงานปาล์ม ทำให้ทราบว่า กรดไขมันทำปฏิกิริยากับ เมทานอล ได้ง่ายกว่าไตรกลีเซอไรด์ เพราะพันธะในไตรกลีเซอไรด์แตกออกยากกว่าพันธะใน กรดไขมัน โดยจากสูตรโครงสร้างต่อไปนี้



และเพื่อเป็นการลดปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในเมทิลเอสเทอร์ ที่ผลิตได้จากการใช้ ไขมันที่ เป็นสารตั้งต้น ให้ผ่านมาตรฐานเมทิลเอสเทอร์กรดไขมันของประเทศไทย

การศึกษาดำเนินการโดยใช้น้ำปริมาณครึ่งหนึ่งของน้ำหนักน้ำมันในการทดลองใช้น้ำมัน 50 กรัม และน้ำกลั่น 25 กรัม ใส่ในขวดก้นกลม ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมตัวเร่งปฏิกิริยา กรดซัลฟิวริก 0.5 และ 1%v/w of reactant นำขวดก้นกลมต่อเข้ากับชุดการทดลอง มีการให้ความร้อนและมีการควบคุมการทดลองแสดง ดังภาพประกอบที่ 13



ภาพประกอบที่ 13 แสดงชุดการทดลองแบบมีรีฟลักซ์ ในการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส น้ำมัน

ทำการศึกษาผลของเวลา อุณหภูมิ และผลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา โดยใช้น้ำมันปาล์มดิบ และ น้ำกลั่น ตามที่กล่าวเบื้องต้น ทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสโดยใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 3, 6 และ 9 ชั่วโมง อุณหภูมิที่ใช้การทำปฏิกิริยา 100, 120, 140, 160 องศาเซลเซียส ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริก 0.5 และ 1%v/w of reactant เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เก็บตัวอย่างด้วยวิธีเก็บตัวอย่างตามเวลาที่กำหนด นำตัวอย่างผ่านกระบวนการล้างน้ำและขจัดน้ำออก นำตัวอย่างที่ได้วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน และไตรกลีเซอไรด์ที่เปลี่ยนแปลงด้วยเครื่อง TLC/FID

เนื่องจากวิธีนี้ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานถึง 36 – 48 ชั่วโมงและ เกิดได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 150 องศาเซลเซียส ตลอดจนผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยานั้นมีคุณภาพต่ำจึงเป็นวิธีที่ไม่ค่อยนิยมมากนักในเชิงอุตสาหกรรมแต่ในงานวิจัยเลือกใช้วิธีนี้เพราะมีค่าใช้จ่ายน้อย

หลังจากการทดลองเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันปาล์มดิบให้กลายเป็นกรดไขมันก่อนนำมาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน และเอสเตอริฟิเคชันในคราวเดียวกัน พบว่าให้ผลที่ไม่น่า

พอใจ จึงศึกษาทางเลือกในแนวทางใหม่ ซึ่งทดลองในแนวทางการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันในบ่อน้ำ
ทิ้งด้วยกระบวนการกลั่นแบบง่าย ก่อนที่จะนำมาเป็นสารตั้งต้นในการผลิตเมทิลเอสเทอร์ต่อไป

3.3.2 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มในบ่อน้ำทิ้ง (ไขมันเสีย) ที่ผ่านการแยกสาร ปนเปื้อนด้วยการกรองอย่างง่ายเป็นสารตั้งต้น

วัตถุประสงค์ย่อยของกิจกรรมคือ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต เม
ทิลเอสเทอร์โดยใช้ไขมันเสียในบ่อน้ำทิ้งจากโรงงานปาล์ม ที่ผ่านการแยกสารปนเปื้อนด้วยการ
กรองอย่างง่ายเป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน และเอสเตอริฟิเคชันใน
คราวเดียวกัน

3.3.2.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากไขมันปาล์มเสียใน
บ่อน้ำทิ้งโดยใช้ไขมันปาล์มในบ่อน้ำทิ้งที่ยังไม่ปรับปรุงคุณภาพด้วย
กระบวนการกลั่น (ไขมันเสียก่อนกลั่น) เป็นสารตั้งต้นในการทำ
ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน และเอสเตอริฟิเคชัน ด้วยการใส่กรดซัล
ฟิวริก เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

นำไขมันเสียก่อนกลั่นที่ผ่านการกรองเอาสิ่งปนเปื้อนออก 40 กรัม ใส่ในขวด
screw capped bottle ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมเมทานอล 60 กรัม เตรียมกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 20%,
15%, 10%, 5%, 2.5%, 1%, 0.5%, 0.25%, 0.1%v/w of reactant (volume by weight of reactants)
เติมลงในขวด screw capped bottle พร้อมปิดฝาให้แน่น นำขวด screw capped bottle แห้งลงในอ่าง
ชุดการทดลอง มีการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส ตามการทดลองในโครงการนัก
ศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเคมี และมีการกวนระหว่างการทดลอง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 14



ภาพประกอบที่ 14 แสดงชุดทำการทดลองปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน

ทำการทดลองเป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากทำปฏิกิริยาครบแล้ว นำขวด screw capped bottle ออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น สังเกตผลที่ได้ และนำสารที่ได้หลังจากทำปฏิกิริยาแล้วผ่านกระบวนการล้างน้ำและขจัดน้ำออก นำตัวอย่างวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่อง TLC/FID

3.3.2.2 ศึกษาผลของสัดส่วนเชิงโมลระหว่างไขมันลิแกก่อนกลั่นต่อเมทานอลที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

เตรียมไขมันลิแกก่อนกลั่นที่ผ่านการกรองสารปนเปื้อนออก และเตรียมเมทานอล โดยใช้ ไขมันลิแกก่อนกลั่นต่อเมทานอล ตามสัดส่วนเชิงโมลที่แสดงในตารางที่ 17 และเตรียมกรดซัลฟิวริก 20%v/w of reactant เพื่อทำการทดลองซ้ำ และเป็นการยืนยันผลการทดลองที่สอดคล้องตามผลการทดลองของโครงการนักศึกษาภาควิชาชีพวิศวกรรมเคมี ซึ่งเตรียมได้ตามตารางที่ 17 นำไขมันลิแกก่อนกลั่น เมทานอล และกรดซัลฟิวริกที่เตรียมไว้มาใส่ในขวด screw capped bottle นำขวดแช่ลงในอ่างชุดการทดลอง ดังภาพประกอบที่ 14 และควบคุมอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ 98 องศาเซลเซียส ทำการทดลองเป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากทำปฏิกิริยาครบแล้ว นำขวด screw capped bottle ออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น สังเกตผลที่ได้ และนำสารที่ได้หลังจากทำปฏิกิริยาแล้วผ่านกระบวนการล้างน้ำและขจัดน้ำออก นำตัวอย่างวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่อง TLC/FID

3.3.2.3 ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

ทำการศึกษาผลของเวลา และอุณหภูมิ โดยใช้สัดส่วนเชิงโมลที่เหมาะสมของ เมทานอลต่อไขมันลิแกก่อนกลั่น ที่เหมาะสมจากการทดลองเบื้องต้น ทำปฏิกิริยาทรานส์เอส เตอริฟิเคชัน และเอสเตอริฟิเคชัน โดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาตั้งแต่ 15 , 30, 60, 120, 180 นาที ด้วย กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยเลือกปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมจากการทดลองเบื้องต้นคือ กรดซัลฟิวริก 1%v/w of reactant และทำการทดลองที่อุณหภูมิ 60, 70, 80, 98 องศาเซลเซียส เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองนำตัวอย่างผ่านกระบวนการล้างน้ำและขจัดน้ำออก นำตัวอย่างวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่อง TLC/FID

จากผลการวิเคราะห์ TLC ขององค์ประกอบในเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้เมื่อใช้ ไขมันลิแกก่อนกลั่นเป็นสารตั้งต้น พบว่า ประกอบด้วย เมทิลเอสเทอร์, ไตรกลีเซอไรด์, กรดไขมัน, ไดกลีเซอไรด์ และสารประกอบที่ไม่ทราบชนิด (unknown compound) เพื่อเป็นการกำจัดอิทธิพลของสารประกอบที่ไม่ทราบชนิดในเมทิลเอสเทอร์ จึงเลือกศึกษาทางเลือกในแนวทางใหม่ ซึ่งทดลองในแนวทางปรับปรุงคุณภาพไขมันลิแกก่อนกลั่นในบ่อน้ำทิ้งจากโรงงานปาล์มด้วยกระบวนการกลั่นแบบง่ายก่อนที่จะนำมาเป็นสารตั้งต้นในการผลิตเมทิลเอสเทอร์ต่อไป

ตารางที่ 17 การเตรียมสกัดส่วนโดยโมลของไขมันในไขมันเสียก่อนกลั่นต่อเมทานอล และ ปริมาณกรดซัลฟิวริก

No.	ไขมันเสีย ก่อนกลั่น (กรัม)	เมทานอล (กรัม)	สัดส่วนเชิง โมล	% กรดซัลฟิว ริก	กรดซัลฟิวริก (มิลลิลิตร)
1	90	10	1:1	20%	18
2	80	20	1:2	20%	16
3	70	30	1:4	20%	14
4	60	40	1:6	20%	12
5	50	50	1:8	20%	10
6	40	60	1:12	20%	8
7	35	65	1:15	20%	7
8	30	70	1:19	20%	6
9	20	80	1:32	20%	4
10	10	90	1:72	20%	2

หมายเหตุ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในไขมันเสีย พบว่า ไขมันเสียประกอบด้วย กรดปาล์มมิติกเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึง คัด Mw ของไขมันเสียเท่ากับ 256

ตารางที่ 17 เป็นตารางแสดงการเตรียมสกัดส่วนเชิงโมลของไขมันในไขมันเสียก่อนกลั่นต่อเมทานอล ตลอดจนปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริก ที่ใช้ในการทดลองเพื่อ หาผลของสัดส่วนเชิงโมลไขมันเสียต่อเมทานอล ที่มีต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์

3.3.2.4 นำ ไขมันเสียที่ผ่านการกรองแยกสารปนเปื้อนออกมาก่อนด้วยเครื่องกลั่นดังภาพประกอบที่ 12

3.3.2.5 ศึกษาองค์ประกอบของไขมันเสียกลั่นแล้วที่ใช้ในการผลิต เมทิลเอสเทอร์โดยใช้ Gas Chromatography

3.3.3 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มในบ่อน้ำทิ้ง (ไขน้ำมันเสีย) ที่ผ่านการกลั่นแยกสารปนเปื้อนเป็นสารตั้งต้น

วัตถุประสงค์ย่อยคือ หาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเมทิลเอสเทอร์โดยใช้ไขน้ำมันเสียในบ่อน้ำทิ้งจากโรงงานปาล์ม ที่ผ่านการแยกสารปนเปื้อนด้วยการกลั่น เป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน และเอสเทอริฟิเคชัน ในคราวเดียวกัน

3.3.3.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากไขน้ำมันเสียกลั่นแล้ว จากสภาวะที่เหมาะสมของ ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน และเอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้ไขน้ำมันเสียก่อนกลั่น เป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยา และใช้กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

นำ ไขน้ำมันเสียกลั่นแล้ว 50 กรัม และเมทานอล 50 กรัม หรือ (1:8) ซึ่งเป็นปริมาณสัดส่วนเชิงโมลที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองขั้นต้นที่ใช้ไขน้ำมันเสียก่อนกลั่นเป็นสารตั้งต้นและเติมกรดซัลฟิวริก 0.5 มิลลิลิตร (1%v/w of reactant) ซึ่งเป็นปริมาณกรดที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองขั้นต้น ทำปฏิกิริยาในขวด screw capped bottle ขนาด 250 มิลลิลิตรซึ่งอุปกรณ์การทดลองแสดง ดังภาพประกอบที่ 14

ทำการศึกษาผลของ เวลา และอุณหภูมิ โดยใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 15 นาที, 30 นาที, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60, 70, 80 และ 98 องศาเซลเซียสนำตัวอย่างวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่อง TLC/FID

3.3.4 ทำการผลิตเมทิลเอสเทอร์ด้วยชุดสาริตการผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง

ทำการผลิตไบโอดีเซลด้วยชุดสาริตการผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง แสดงดังภาพประกอบที่ 11 โดยใช้ PFAD (Palm Fatty Acid Distillated) เป็นสารตั้งต้น เพื่อตรวจสอบระบบการทำงานของชุดสาริต จากสภาวะที่เหมาะสมของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน และเอสเทอริฟิเคชัน ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้น ก่อนที่จะประยุกต์ใช้กับไขน้ำมันเสียกลั่นแล้วเป็นสารตั้งต้น ต่อไป

เมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากการผลิตเมทิลเอสเทอร์แบบเบทซ์ โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุดนำมาทดสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด แสดงดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 วิธีวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของเมทิลเอสเทอร์

ลำดับ	คุณสมบัติ	อุปกรณ์	วิธีการ	หน่วย
1	จุดวาบไฟ	ชุดอุปกรณ์วัดจุด วาบไฟ	ASTM D93	°C
2	จุดไหลเท	ชุดอุปกรณ์วัดจุด ไหลเท	ASTM D97	°C
3	จุดขุ่น	ชุดอุปกรณ์วัดจุด ขุ่น	ASTM D2500	°C
4	ค่าความหนืดที่ 40 °C	เครื่องวัดความ หนืด	ASTM D445	Centisrokes
5	ค่าความถ่วงจำเพาะที่ 30 °C	เครื่องวัด ความถ่วงจำเพาะ แบบ Hydrometer	ASTM D1298	-
6	อุณหภูมิการกลั่นเทียบเท่า ความดันบรรยากาศ กลั่นได้ ร้อยละ 90	ชุดกลั่น ASTM D86	ASTM D86	°C