

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1. รูปแบบการศึกษา

เป็นงานวิจัยเชิงการทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาถึงตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์เบส (heterogeneous base catalyst) ชนิดใหม่ และทดสอบสมบัติและประสิทธิภาพตลอดจนวิธีการเตรียมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไบโอดีเซลด้วยวิธีทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันเมล็ดในปาล์มและน้ำมันมะพร้าว และศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อผลได้ และความบริสุทธิ์ของผลผลิต พร้อมทั้งทดสอบสมบัติทางเชื้อเพลิงของเมทิลเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้ ด้วยการดำเนินแบบกะ (batch) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการขยายขนาดการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยา และการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องต่อไป

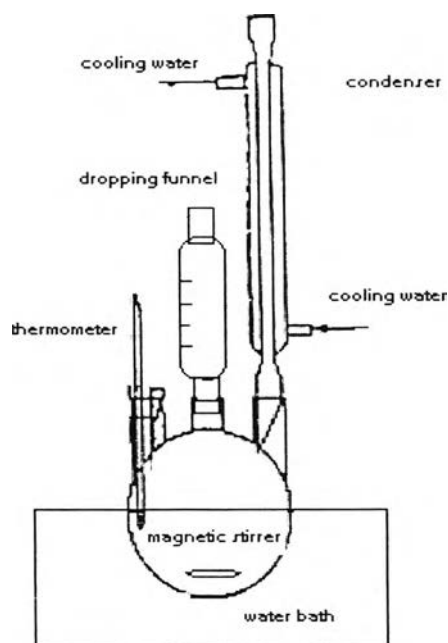
#### 3.2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

##### 3.2.1 เครื่องมือในการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานวิจัยสำหรับเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ ประกอบด้วย อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath), บีกเกอร์ (beaker) ขนาด 100 มิลลิลิตร, แท่งแก้ว (stick glass) และเทอร์โมมิเตอร์ (thermometer) เตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้วิธีอิมเพกเนชัน (impregnation)
2. ตู้อบไฟฟ้า (oven)
3. เตาเผา (furnace)
4. ตู้ปลอบความชื้น (desiccator)

##### 3.2.2 เครื่องมือในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

1. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับปฏิกิริยาเป็นเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ (batch reactor) ประกอบด้วย ขวดก้นกลม 3 คอ (three-neck flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร กรวยหยด (dropping funnel) ขนาด 250 มิลลิลิตร เครื่องควบแน่น (condenser) เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer) อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) พร้อมเครื่องกวน (stirrer plate) และแท่งกวนแม่เหล็ก (magnetic stirrer) แสดงดังรูปที่ 3.1

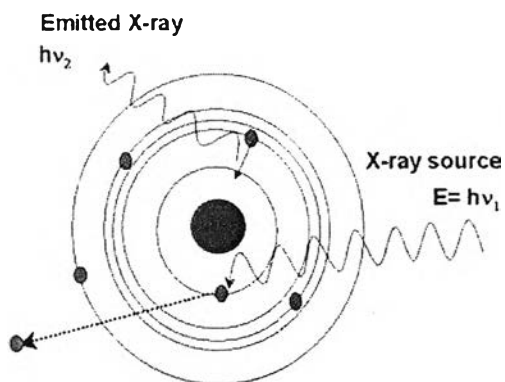


รูปที่ 3.1 ชุดอุปกรณ์ทดลองการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

2. ชุดกรองพร้อมปั๊มดูดอากาศ (suction flask and vacuum pump)
3. เครื่องระเหย (rotary evaporator)

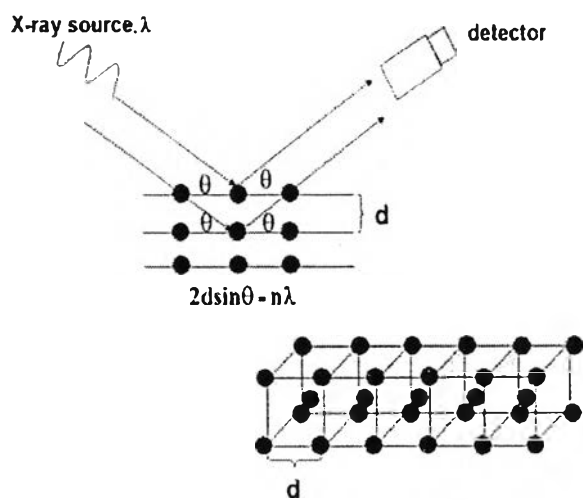
### 3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา

1. เทคนิคเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-Ray diffraction) เป็นเทคนิคที่อาศัยหลักการของการยิงรังสี X ที่ทราบความยาวคลื่นไปกระทบชิ้นงาน และเกิดการเลี้ยวเบนของรังสี ที่มุมต่างๆกัน โดยมีตัว Detector เป็นตัวรับข้อมูล แสดงดังรูปที่ 3.2 นำมาศึกษาสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมขึ้น เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างของสารประกอบ ความเป็นผลึกของสารประกอบ และวิเคราะห์โครงสร้างของสารประกอบที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆกัน



รูปที่ 3.2 เทคนิค X-Ray diffraction (XRD)

2. เทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ (X-Ray Fluorescence Spectrometry) หรือเทคนิค XRF เป็นเทคนิคที่อาศัยหลักการของการที่เมื่อรังสี X ที่มีพลังงานสูงไปกระทบชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานเกิดการปล่อย photon ออกมา (fluoresced) แสดงดังรูปที่ 3.3 นำมาศึกษาสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมขึ้น เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุ



รูปที่ 3.3 เทคนิค X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF)

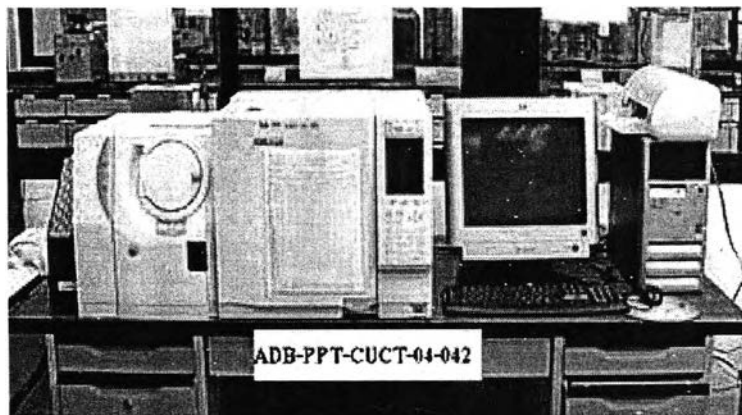
3. การวัดพื้นที่ผิวและขนาดรูพรุนด้วยการดูดซับก๊าซไนโตรเจน เป็นการวัดพื้นที่ผิวของวัสดุ โดยอาศัยหลักการของ Brunauer, Emmett และ Teller (BET) โดยใช้แก๊สไนโตรเจนเข้าไปเคลือบบนพื้นผิวของอนุภาค นำมาศึกษาสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมขึ้น เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ผิวของอนุภาค (surface area) ปริมาตรรูพรุน (pore volume) และขนาดของรูพรุน (pore diameter)

### 3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เมทิลเอสเทอร์

วิเคราะห์ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (GC) ยี่ห้อ Varian CP-3800 ประกอบด้วยเครื่องฉีดตัวอย่างอัตโนมัติ (Auto injector) โดยใช้ Capillary column รุ่น DB-1 จากบริษัท Phenomenex จำกัด ขนาด 0.25 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตร ซึ่งใช้ Dimethylpolysiloxane หนา 0.25 ไมโครเมตร ( $\mu\text{m}$ ) เป็นวัฏภาคนิ่ง (Stationary phase) ซึ่งสามารถใช้ได้ ในช่วงอุณหภูมิ  $-60^{\circ}\text{C}$ – $325^{\circ}\text{C}$  ( $350^{\circ}\text{C}$ ) โดยใช้เป็นดีเทคเตอร์ชนิด FID (Flame Ionization Detector) โดยภาวะในการวิเคราะห์สำหรับการหาร้อยละเมทิลเอสเทอร์แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ภาวะในการวิเคราะห์ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์

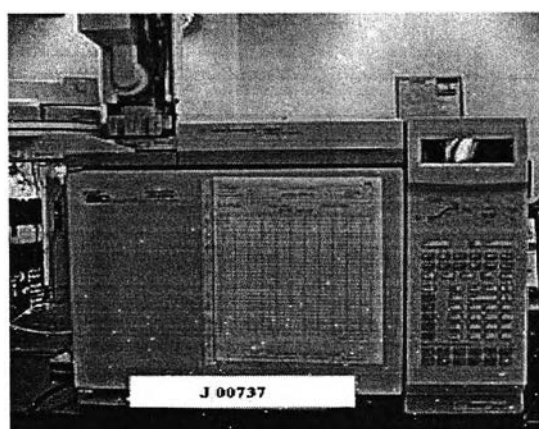
Condition	Value
Carrier Gas (He) Flow rate	1.5 mL/min
Make Up Gas (He) Pressure	25 kPa
Hydrogen Pressure (for FID)	30 kPa
Air Pressure (for FID)	300 kPa
Detector Temperature (FID)	250 $^{\circ}\text{C}$
Split Ratio	1 : 50
Injection Part Temperature	250 $^{\circ}\text{C}$
Inject Volume	1 $\mu\text{L}$
Column Initial Temperature	100 $^{\circ}\text{C}$
Ramp Rate	8 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$
Column Final Temperature	240 $^{\circ}\text{C}$



รูปที่ 3.4 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatograph)

### 3.2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของเมทิลเอสเทอร์

1. เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีจำลองการกลั่น (Simulate Distillation Gas Chromatograph) หรือ DGC รุ่น 6890N ประกอบด้วยเครื่องฉีดตัวอย่างอัตโนมัติรุ่น 7683 Series โดยใช้ Capillary column จากบริษัท Analytical Control จำกัด รุ่น Simdis 2887 ขนาด 0.53 มิลลิเมตร ยาว 5 เมตร ซึ่งมี 100% Dimethylpolysiloxane หนา 2.65 ไมโครเมตรเป็นวัสดุภาคนี้ ซึ่งสามารถใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิ -60 - 350 °C โดยใช้ FID (Flame Ionization Detector) เป็นดีเทคเตอร์สำหรับภาวะในการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D2887 แสดงดังรูปที่ 3.5

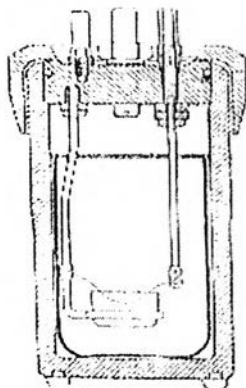


รูปที่ 3.5 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีจำลองการกลั่น (DGC)

2. ค่าความร้อน (Heating value) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter Model 1341 เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณความร้อนของสารอินทรีย์ ที่เกิดจากการเผาไหม้สมบูรณ์ ซึ่งเป็นการวัดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบปิดไม่สูญเสียความร้อน (adiabatic) วัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์ที่อ่านได้ละเอียดถึง  $0.0001^{\circ}\text{C}$  แสดงดังรูปที่ 3.6



ก.



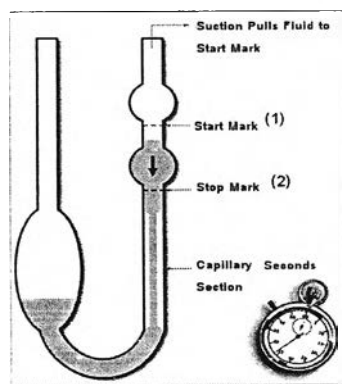
ข.

รูปที่ 3.6 ก. และ ข. เครื่องวัดค่าความร้อน Bomb Calorimeter Model 1341

3. เครื่องวัดความหนืด (Viscometer) ใช้หลักการวัดความหนืดด้วย Capillary Viscometer เป็นเครื่องวัดความหนืดที่วัดโดยให้ตัวอย่างไหลผ่าน Capillary และจับเวลาการไหลจากขีดด้านบนของหลอด capillary เหนือกระเปาะลงจนถึงขีดล่างของกระเปาะ ระหว่าง จุดที่ 1 และจุดที่ 2 แสดงดังรูปที่ 3.7



ก.



ข.

รูปที่ 3.7 เครื่องวัดความหนืดด้วย Capillary Viscometer

ก. อ่างควบคุมอุณหภูมิวัดความหนืด

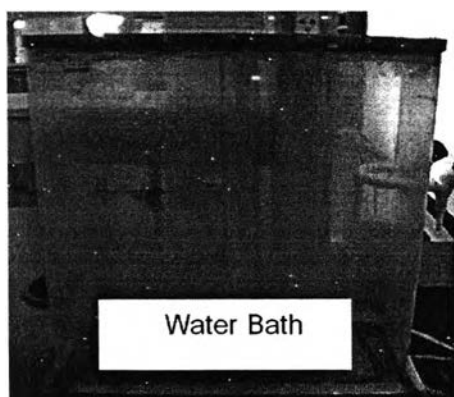
ข. Capillary Viscometer

4. เครื่องวิเคราะห์จุดวาบไฟแบบ Pensky Martens opened Cup Tester วิธีทดสอบของเหลวที่มีจุดวาบไฟ (Flash point) ทำโดยการวัดด้วยเครื่องมือ Pensky Martens opened Cup Tester แสดงดังรูปที่ 3.8

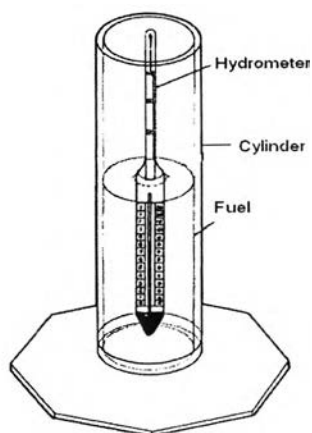


รูปที่ 3.8 เครื่องวิเคราะห์จุดวาบไฟแบบ Pensky Martens Opened Cup Tester

จ. เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะ API ( API Gravity)



ก.



ข.

รูปที่ 3.9 เครื่องวิเคราะห์ความถ่วงจำเพาะ API ( API Gravity)

ก. อ่างเก็บน้ำ (water bath)

ข. ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer)

การวัดค่าความถ่วง เอ พี ไอ (API Gravity) โดยวิธีไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Method) ครอบคลุมถึงการหาค่าความหนาแน่น (Density) ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) และความถ่วง เอ พี ไอ ของน้ำมันดิบ ผลิตภัณฑ์น้ำมันปิโตรเลียมและรวมถึงส่วนผสมของปิโตรเลียมกับของเหลวที่ไม่ใช่ปิโตรเลียม โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า "ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer)" และค่าที่ได้จากระบบหนึ่งระบบใดจากระบบนี้สามารถเปลี่ยนกลับไปยังอีกสองระบบที่เหลือได้

### 3.3. สารที่ใช้ในการทดลอง

#### 3.3.1 น้ำมันดีเซลชนิดหมุนเร็วและหมุนช้า สั่งซื้อจากบริษัท Shell

#### 3.3.2 สารที่ใช้ในการเตรียมเมทิลเอสเทอร์

1 น้ำมันพืช (vegetable oil) 2 ชนิดคือ น้ำมันเมล็ดในปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ (refined bleached deodorized palm kernel oil; RBD Palm kernel oil) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ชุมพรอุตสาหกรรม จำกัด จังหวัดชุมพร และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin coconut oil) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทบอดี โกล อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

2. แอลกอฮอล์ คือ เมทานอล (Methanol 99.5%, analytical and commercial grade)

#### 3.3.3 สารที่ใช้ในการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

1. กลุ่มเกลือคาร์บอเนต (carbonate salt;  $\text{CO}_3^{2-}$ )
  - 1.1 ลิเทียมคาร์บอเนต ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$  99%) :Fluka
  - 1.2 โซเดียมคาร์บอเนต ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  99.8%) :Ajax
  - 1.3 โพแทสเซียมคาร์บอเนต ( $\text{K}_2\text{CO}_3$  99%) :Ajax
  - 1.4 แมกนีเซียมคาร์บอเนต ( $\text{MgCO}_3$  40%) :Hi-Media
  - 1.5 แคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$  99%) :Ajax
  - 1.6 แบเรียมคาร์บอเนต ( $\text{BaCO}_3$  99%) :Ajax
2. กลุ่มเกลือไฮดรอกไซด์ (hydroxide salt;  $\text{OH}^-$ )
  - 2.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NaOH}$  98%) :Ajax
  - 2.2 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{KOH}$  85%) :Ajax
  - 2.3 แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{Mg(OH)}_2$  96%) : Ajax



- 2.4 แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{Ca(OH)}_2$ , 96%) : Ajax
- 2.5 แบเรียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{Ba(OH)}_2$ , 95%) : Carlo
3. กลุ่มเกลือไนเตรต (nitrate salt;  $\text{NO}_3^-$ )
  - 3.1 ลิเทียมไนเตรต ( $\text{LiNO}_3$ , 98%) : PRS Panreac
  - 3.2 โซเดียมไนเตรต ( $\text{NaNO}_3$ , 99%) : Ajax
  - 3.3 แมกนีเซียมไนเตรต ( $\text{Mg(NO}_3)_2$ , 99%) : Ajax
  - 3.4 แคลเซียมไนเตรต ( $\text{Ca(NO}_3)_2$ , 99%) : BDH
4. สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมตัวรองรับ
  - 4.1 อะลูมินา ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 95%) : Ajax
  - 4.2 ซิลิกา-อะลูมินา ( $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) ได้รับความอนุเคราะห์จาก Tosoh ประเทศญี่ปุ่น
  - 4.3 แมกนีเซียมออกไซด์ ( $\text{MgO}$ , 99%) : Ajax
  - 4.4 ไฮโดรทอลไซด์ (Synthetic Hydrotalcite: DHT-4A) ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท มิทซูยแอนด์คัมปนี (ไทยแลนด์) จำกัด
  - 4.5 ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เตรียมจากวัสดุที่ประกอบด้วยคาร์บอน มีพื้นที่ผิว 1045.44  $\text{m}^2/\text{กรัม}$
5. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์เมทิลเอสเทอร์
  - 5.1 Methyl octanoate or Methyl caprylate ( $\text{C}_9\text{H}_{18}\text{O}_2$ , 99%) : ACROS Organics
  - 5.2. Methyl laurate ( $\text{C}_{13}\text{H}_{26}\text{O}_2$ , 96%) : ACROS Organics
  - 5.3. Methyl myristate ( $\text{C}_{15}\text{H}_{30}\text{O}_2$ , 99%) : ACROS Organics
  - 5.4. Methyl palmitate ( $\text{C}_{17}\text{H}_{34}\text{O}_2$ , 95%) : ACROS Organics
  - 5.5 เดกเคน ( $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ )
  - 5.6 คาร์บอนไดซัลไฟด์ ( $\text{CS}_2$ , 99.9% for GC) : ACS MERCK

### 3.4 ขั้นตอนการวิจัย

#### 3.4.1 วิเคราะห์สมบัติสารตั้งต้นประกอบด้วย

1. จุดวาบไฟ (Flash Point) ตามมาตรฐาน ASTM D 93
2. ค่าความหนืด (Kinematics Viscosity) ตามมาตรฐาน ASTM D 445
3. ค่าความร้อน (Heating Value) ตามมาตรฐาน ASTM D 240
4. ความถ่วงจำเพาะ API (API Gravity) ตามมาตรฐาน ASTM D 2052
5. ค่าดัชนีซีเทน (Cetane Index) ตามมาตรฐาน ASTM D 976 ซึ่งใช้ค่าความถ่วงจำเพาะ API และค่าอุณหภูมิการกลั่นตามมาตรฐาน ASTM D 2052 และ D2887 ตามลำดับ
6. ค่ากรด (Acid Value) ตามมาตรฐาน AOCS Cd - 3D - 63
7. ค่าสะพอนิฟิเคชัน (Saponification Value) ตามมาตรฐาน AOCS Cd - 3B - 76
8. ค่าไอโอดีน (Iodine Value) ตามมาตรฐาน AOCS Cd1 - 25
9. ชนิดและปริมาณกรดไขมัน (fatty acid composition) ส่งวิเคราะห์ที่ศูนย์บริการทางวิชาการแบบเบ็ดเสร็จ กรมวิชาการเกษตรตามมาตรฐาน AOCS Ce-2 – 66

#### 3.4.2 การออกแบบการทดลอง

วิธีการทางสถิติที่นำมาใช้ในการทดลองนี้คือการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ  $2^k$  โดยศึกษาผลของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลตอบสนองคือ ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ (methyl ester content) เพื่อให้ได้แบบจำลองสำหรับใช้ในการหาภาวะการทดลองที่เหมาะสม

### 3.5. การดำเนินการทดลอง

#### 3.5.1 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์

ตัวเร่งปฏิกิริยาเตรียมด้วยวิธีอิมเพกเนชันประกอบด้วย 2 วิธี คือวิธีระเหยจนแห้ง\* (Evaporation to dryness) และวิธีการฝังตัวชนิดแห้ง (Incipient wetness) แสดงวิธีการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาดังนี้

1. ทดสอบหาปริมาณของรูพรุนภายในของตัวรองรับด้วยน้ำกลั่น จนกระทั่งตัวรองรับนั้นเปียกอย่างทั่วถึง บันทึกปริมาตรของน้ำกลั่น
2. เตรียมสารละลายเกลือโลหะตามความเข้มข้นที่ต้องการ เติมสารละลายลงบนตัวรองรับในปริมาตรที่หาได้ตามข้อ 1
3. ทำการกวนพร้อมกับระเหยตัวทำละลาย (น้ำ) ออก โดยควบคุมอุณหภูมิที่  $60^{\circ}\text{C}$
4. เมื่อระเหยตัวทำละลายออกหมด จึงอบตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ  $120^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 12 ชั่วโมง
5. นำตัวเร่งปฏิกิริยาที่ผ่านการอบแล้ว ทำการแคลไซน์ ตามอุณหภูมิและเวลาที่ต้องการ เพื่อให้ตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ในรูปของสารประกอบออกไซด์
6. เก็บตัวเร่งปฏิกิริยาในตู้อบความชื้น ก่อนทำปฏิกิริยา

วิธีระเหยจนแห้ง\* จะใช้ปริมาตรน้ำเติมเกินพอดีของรูพรุน

### 3.5.2 การดำเนินการทดลองในการเตรียมปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน

1. นำตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสละลายในเมทานอล สัดส่วนตามต้องการวิธีการคำนวณในภาคผนวก ข. ให้ความร้อนแก่สารตั้งต้น  $60^{\circ}\text{C}$  พร้อมกับทำการกวนด้วยแท่งกวนแม่เหล็กภายในขวดสามคอซึ่งติดตั้งเครื่องควบแน่นไว้ แสดงชุดอุปกรณ์ทดลองดังรูปที่ 3.1
2. ค่อยๆ เติมน้ำมันพืช ด้วยกรวยหยดลงในขวดสามคอ พร้อมกับกวนสารละลายภายในขวดสามคอ และเริ่มจับเวลาตามเวลาที่ต้องการ
3. หลังทำปฏิกิริยาแยกตัวเร่งปฏิกิริยาวិวิธพันธุ์ออกจากผลิตภัณฑ์ที่ได้ (เมทิลเอสเทอร์เมทานอล และกลีเซอรอล) ด้วยชุดกรองสุญญากาศ
4. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไประเหยเมทานอลออกด้วยเครื่อง Rotary evaporator
5. เทใส่กรวยแยก เพื่อให้เกิดการแยกชั้นของเมทิลเอสเทอร์ และกลีเซอรอล เมื่อตั้งทิ้งไว้จนเกิดการแยกชั้นของเมทิลเอสเทอร์ (ชั้นบน) และกลีเซอรอล (ชั้นล่าง) จึงแยกกลีเซอรอลออก
6. จากนั้นนำส่วนของเมทิลเอสเทอร์ (ชั้นบน) ล้างด้วยน้ำกลั่น จนกระทั่งน้ำใส
7. กำจัดน้ำที่มีอยู่ในเมทิลเอสเทอร์ด้วย anhydrous  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  แล้วกรอง  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ออก
9. เก็บสารตัวอย่าง เพื่อนำไปตรวจหาองค์ประกอบของเอสเทอร์ด้วยเครื่อง GC

### 3.6. การวิเคราะห์ปริมาณเมทิลเอสเทอร์

การวิเคราะห์ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (GC) ซึ่งมีภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3.1 เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันเมล็ดในปาล์มมีปริมาณองค์ประกอบกรดไขมันโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกัน การทำ Calibration curve ของเมทิลเอสเทอร์จึงใช้สารมาตรฐานซึ่งมีปริมาณเมทิลเอสเทอร์เทียบเคียงกับปริมาณองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันทั้งสอง

#### 3.6.1 การวิเคราะห์เชิงปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ด้วย Internal Standardization Method

เป็นวิธีที่ใช้หาปริมาณของสารได้ถูกต้องที่สุด โดยสารที่จะใช้เป็น Internal standard คือ เดกเคน ( $C_{10}H_{22}$ ) โดยมีคาร์บอนไดซัลไฟด์ ( $CS_2$ ) เป็นตัวทำละลาย ในการหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ แสดง chromatogram ในภาคผนวก ค

#### 3.6.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐานจากเมทิลเอสเทอร์มาตรฐานที่ทราบน้ำหนักแน่นอน โดยละลายใน  $CS_2$  จากนั้นนำพื้นที่พีค และความเข้มข้นมาเขียนกราฟ calibration curve เพื่อใช้หาปริมาณเมทิลเอสเทอร์

#### 3.6.3 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างโดยการทำให้เจือจางโดยชั่งน้ำหนักของตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ละลายใน  $CS_2$  จากนั้นฉีดสารตัวอย่างเข้าเครื่อง GC ปริมาณ 1 ไมโครลิตร โดยต้องเตรียมตัวอย่างให้ความเข้มข้นอยู่ในช่วงของ calibration curve

#### 3.6.4 การพิจารณาผลการฉีดตัวอย่าง

เมทิลเอสเทอร์ทราบได้โดยเปรียบเทียบเวลาและพื้นที่ใต้กราฟของเมทิลเอสเทอร์แต่ละชนิด ในผลิตภัณฑ์กับเมทิลเอสเทอร์มาตรฐาน โดยหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์จากการนำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการประมวลผลของเครื่อง GC เทียบกับ Calibration curve ของเมทิลเอสเทอร์มาตรฐานแต่ละชนิด

### 3.7. การวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของเมทิลเอสเทอร์

นำตัวอย่างที่ได้จากการเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันเมล็ดในปาล์มและน้ำมันมะพร้าวกับเมทานอลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ชนิดเบสที่เตรียมขึ้น โดยเลือกตัวอย่างที่ได้จากภาวะที่เหมาะสม และให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุด นำมาทดสอบสมบัติทางเชื้อเพลิงของตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของไบโอดีเซล และน้ำมันดีเซล