

### บทที่ 3

#### วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

รายละเอียดของวัสดุและสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย และวิธีการวิจัย เป็นดังต่อไปนี้

##### 3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

- 3.1.1 ถุงพลาสติกบรรจุอาหารประเภทถุงเย็น ซึ่งเป็นพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene; LDPE)
- 3.1.2 ตัวเร่งปฏิกิริยาคลอไรด์ (Kaolin)
- 3.1.3 เฮกเซน (Hexane;  $C_6H_{14}$ )
- 3.1.4 โพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium Iodide; KI)
- 3.1.5 โซเดียมไธโอซัลเฟต (Sodium Thiosulfate;  $Na_2S_2O_3$ )
- 3.1.6 ไซโคลเฮกเซน (Cyclohexane;  $C_6H_{12}$ )
- 3.1.7 กรดอะซิติก (Glacial Acetic acid;  $CH_3COOH$ )
- 3.1.8 วิจส์รีเอเจนต์ (Wijs Reagent)
- 3.1.9 ไอโซออกเทน (Isooctane;  $(CH_3)_3CCH_2CH(CH_3)_2$ )
- 3.1.10 แป้ง (Starch)

##### 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตน้ำมัน

###### 3.2.1 เครื่อง Autoclave

- 3.2.1.1. นี้อต จำนวน 6 ตัว
- 3.2.1.2. แหวนรองนอต จำนวน 6 ชิ้น
- 3.2.1.3. ท่อนำก๊าซขนาด 2 นิ้ว จำนวน 1 เส้น
- 3.2.1.4. ข้อต่อเปลี่ยนจากขนาด 1 นิ้ว เป็น 2 นิ้ว จำนวน 1 ชิ้น
- 3.2.1.5. กระดาษฟอยล์ (Foil) กันก๊าซรั่ว
- 3.2.1.6. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ Thermocouple จำนวน 1 ชิ้น

3.2.2 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control)

3.2.3 ถังไนโตรเจน

3.2.3.1. ไนโตรเจน 99.99% จำนวน 1 ถัง

3.2.3.2. อุปกรณ์ควบคุมความดัน Regulator จำนวน 1 ชิ้น

3.2.3.3. ท่อส่งก๊าซไนโตรเจน ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 1 เส้น

3.2.4 ขาดัง Clamp จำนวน 2 อัน

3.2.4 สายยางซิลิโคน เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 10 มิลลิเมตร จำนวน 1 เส้น

3.2.5 ประแจเลื่อน จำนวน 1 ตัว

3.2.6 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

3.2.6.1. ชุดความแน่น จำนวน 1 ชิ้น

3.2.6.2. ข้อต่อจ่อ จำนวน 1 ชิ้น

3.2.6.3. ขวดรูปกรวยเก็บสาร จำนวน 1 ชิ้น

3.2.6.4. ปีกเกอร์เก็บสาร จำนวน 1 ชิ้น

3.2.6.5. ตัวล็อคข้อต่อ จำนวน 3 ชิ้น

3.2.7 ซ้อนตักสารเคมี

3.2.8 หลอดทดลองและขวดแก้วมีฝาปิดสำหรับบรรจุเก็บน้ำมัน

3.2.9 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบ Digital ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น AB204 รับน้ำหนักได้สูงสุด 210 กรัม และมีความละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่สี่

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมัน

3.3.1 เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (Fourier transform infrared spectrometer) ยี่ห้อ Vertex 70 รุ่น Bruker

3.3.2 เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb calorimeter) แบบ ISOPERIBOL ยี่ห้อ PARR รุ่น 1261

3.3.3 เครื่องวัดความหนืด (Viscometer) แบบ Calibrated Viscometer ยี่ห้อ Cannon-Fenske Routine

3.3.4 ที่จับเครื่องวัดความหนืด (Viscometer Holder)

3.3.5 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Temperature-Controlled Bath)

3.3.6 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบ Digital ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น AB204 รับน้ำหนักได้สูงสุด 210 กรัม และมีความละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่สี่

3.3.7 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

3.3.7.1. ขวดรูปชมพู่ (Flask) ขนาด 250 และ 500 มิลลิลิตร

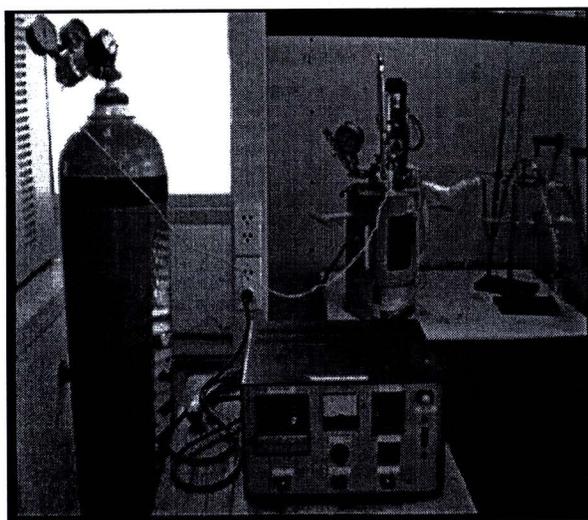
3.3.7.2. ปีกเกอร์ (Beaker)

3.3.7.3. บิวเรต (Buret)

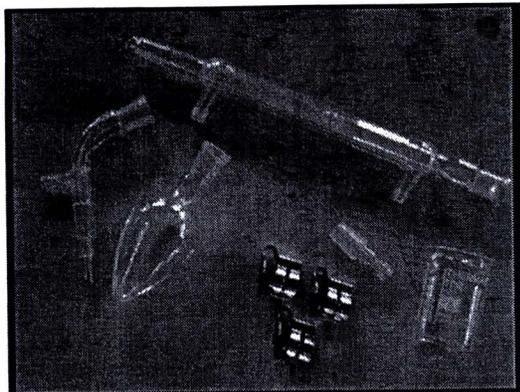
3.3.7.4. ปิเปต (Pipette)

3.3.7.5. หลอดหยด (Dropper)

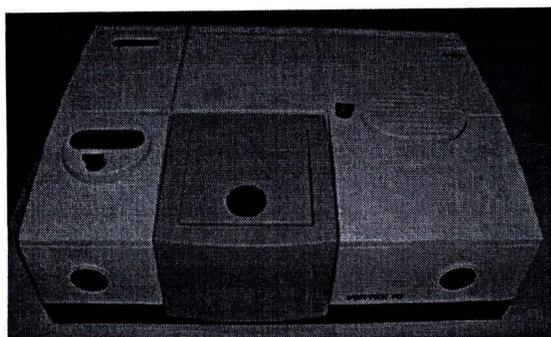
3.3.8 เครื่องมือและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องทำความร้อน (Heater), ขวดน้ำกลั่น, ช้อนตักสารเคมี และนาฬิกาจับเวลา



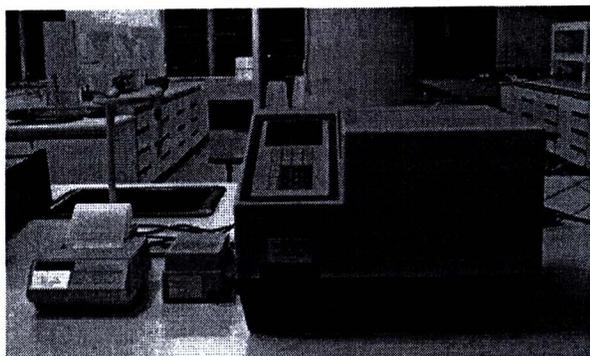
ภาพที่ 3.1  
เครื่องปฏิกรณ์แบบไพโรไลซิส



ภาพที่ 3.2  
ชุดควบแน่น



ภาพที่ 3.3  
เครื่องฟูรีเยร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรสโคปี ยี่ห้อ Vertex 70 รุ่น Bruker



ภาพที่ 3.4  
เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ แบบ ISOPERIBOL ยี่ห้อ PARR รุ่น 1261



ภาพที่ 3.5

เครื่องวัดความหนืดแบบ Calibrated Viscometer ยี่ห้อ Cannon-Fenske Routine

### 3.4 วิธีการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานในงานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ ส่วนแรก คือ การผลิตน้ำมัน ส่วนที่สอง คือ การเก็บน้ำมันที่ผลิตได้มาไว้ในสภาวะต่าง ๆ ตามเงื่อนไขและระยะเวลาที่กำหนด เพื่อเตรียมนำไปทำการวิเคราะห์คุณสมบัติ ส่วนที่สาม คือ พิจารณาลักษณะภายนอกโดยเบื้องต้นของน้ำมัน ส่วนที่สี่และห้า คือ การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันทั้งทางด้านกายภาพและทางด้านเคมี ซึ่งมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

**3.4.1 การผลิตน้ำมัน** การผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิสประกอบ ด้วยขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

3.4.1.1. เตรียมสารตั้งต้นในอัตราส่วน 2:1 โดยใช้ถุงเย็นซึ่งเป็นพลาสติกประเภท พอลิเอธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) และตัวเร่งปฏิกิริยาคาโอลิน (Kaolin) นำไปชั่งน้ำหนัก ให้ได้ปริมาณ 14 กรัม และ 7 กรัม โดยประมาณ ตามลำดับ

3.4.1.2. นำสารตั้งต้นที่เตรียมไว้ใส่ลงในเครื่องปฏิกรณ์

3.4.1.3. เปิดวาล์วถึงก๊าซไนโตรเจน เพื่อไล่ก๊าซออกซิเจนให้ออกไปจากระบบ

3.4.1.4. กำหนดอุณหภูมิที่เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control) ที่ 500 องศาเซลเซียส แล้วกดปุ่ม Start เพื่อเริ่มกระบวนการไพโรไลซิส

ในส่วนขั้นตอนการผลิตน้ำมันโดยละเอียดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

3.4.2 การเก็บน้ำมัน การเก็บน้ำมันที่ผลิตได้มาไว้ในสภาวะต่าง ๆ ตามเงื่อนไขและระยะเวลาที่กำหนดเพื่อเตรียมนำไปทำการวิเคราะห์คุณสมบัติ ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

3.4.2.1. นำน้ำมันที่ผลิตได้ในแต่ละครั้งไปซึ่งน้ำหนักแล้วบันทึกค่า โดยน้ำมันจะต้องถูกเก็บไว้ในภาชนะแก้วที่มีฝาปิดมิดชิด เช่น หลอดทดลองหรือขวดแก้วที่มีฝาปิด

3.4.2.2. เมื่อผลิตน้ำมันได้ในปริมาณเพียงพอสำหรับจะนำไปทำการวิเคราะห์แล้วคำนวณหาผลได้ของน้ำมัน (Yield) และนำน้ำมันทั้งหมดใส่รวมกันแล้วทำการแบ่งน้ำมันออกเป็น 2 ชุด โดยนำชุดที่หนึ่งเก็บไว้ในที่ไม่มีแสง และนำชุดที่สองเก็บไว้ในที่มีแสง เก็บน้ำมันไว้ในสภาวะที่มีแสงและไม่มีแสงตามระยะเวลาที่ต้องการศึกษา

3.4.2.3. นำน้ำมันที่ผลิตได้ใหม่ซึ่งยังไม่มีอายุการเก็บรักษามาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมี และทำการวิเคราะห์ซ้ำอีกในทุก ๆ 2 สัปดาห์

3.4.3 ลักษณะภายนอกโดยเบื้องต้นของน้ำมัน โดยทำการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงไปของน้ำมันที่เก็บไว้ในสองสภาวะที่แตกต่างกัน (มีแสงและไม่มีแสง) ในระยะเวลาต่าง ๆ ทั้งในแง่ของสี ความขุ่น และการเกิดตะกอน

3.4.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพของน้ำมัน ตามวิธีมาตรฐาน ASTM โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- การวัดค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb calorimeter) แบบ ISOPERIBOL ยี่ห้อ PARR รุ่น 1261 ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 4809
- การวัดค่าความหนืดเชิงจลน์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องวัดความหนืด Calibrated Cannon-Fenske Viscometer ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 445-03

ในส่วนขั้นตอนการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพของน้ำมันโดยละเอียดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

3.4.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมีของน้ำมัน ตามวิธีมาตรฐาน ASTM โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- การวัดค่าไอโอดีนด้วยการไตเตรตโดยใช้สารละลายยิวส์ (Wijs solution) ตามวิธีมาตรฐาน BS EN 14111
- การวัดค่าเปอร์ออกไซด์ด้วยการไตเตรตโดยใช้สารละลายผสมระหว่างกรดอะซิติกและไอโซออกเทน ตามวิธีมาตรฐาน ISO 3960
- การวิเคราะห์โมเลกุลของสารด้วยฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี โดยใช้เครื่อง FT-IR (Fourier transform infrared spectrometer)

ในส่วนขั้นตอนการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมีของน้ำมันโดยละเอียดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก