# บทที่ 4

## วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัย เรื่อง การเพิ่มโทโคเฟอรอลในผลิตภัณฑ์พลอยได้ของอุตสาหกรรมน้ำมันถั่วเหลือง ได้ทำการศึกษาในกระบวนการผลิตจริง ของแผนกกลั่นน้ำมันพืช ฝ่ายผลิต บริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกศึกษา ในกระบวนการกำจัดกลิ่นออกจากน้ำมันและกระบวนการดักจับสารระเหย โดยการปรับเปลี่ยนสภาวะการผลิตที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มขึ้นและลดลงของโทโคเฟอรอลในผลิตภัณฑ์พลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำมันถั่วเหลือง ( Soybean Deodorizer Distillate ) ซึ่งหน่วยปฏิบัติการ ( Unit Operation ) ที่ผู้วิจัยทำการศึกษา ประกอบด้วย

- Deodorizer หอกำจัดกลิ่นออกจากน้ำมันถั่วเหลือง
- Vapor Scrubber หอแพคดักจับสารระเหย

หลักการทำงานของทั้ง 2 หน่วย ได้อธิบายรายละเอียดไว้แล้วในบทที่ 2

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัย ได้แบ่งขอบเขตการดำเนินการวิจัย ออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

4.1 การหาอัตราการป้อนไอน้ำในหอกำจัดกลิ่น ที่ทำให้ได้ปริมาณโทโคเฟอรอลในส่วนที่เป็นเฟสไอสูงสุด

4.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมของหอแพคดักจับสารระเหย ที่ทำให้ได้ความเข้มข้นโทโคเฟอรอลใน Soybean Deodorizer Distillate สูงสุด

วิธีดำเนินการวิจัย มีขั้นตอนดังนี้

### 4.1 การหาอัตราการป้อนไอน้ำในหอกำจัดกลิ่น ที่ทำให้ได้ปริมาณโทโคเฟอรอล ในส่วนที่เป็นเฟสไอสูงสุด

สภาวะการผลิตในหอกำจัดกลิ่น จะถูกแบ่งเป็นสภาวะการผลิตที่ต้องควบคุมให้มีค่าคงที่ และสภาวะการผลิตที่ทำการปรับเปลี่ยน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 สภาวะการผลิตที่หอกำจัดกลิ่นที่ต้องควบคุมให้มีค่าคงที่

- **Deodorizing Time** : เวลาที่ใช้ในหอกำจัดกลิ่น
  สามารถตั้งค่าได้ ที่ตู้ควบคุม โดยตั้งค่าที่ 74 นาที เนื่องจากที่ 74 นาที จะได้กำลังการผลิตสูงสุด
- **Deodorizing Temperature** : อุณหภูมิที่ใช้ในหอกำจัดกลิ่น
  สามารถตั้งค่าได้ ที่ตู้ควบคุม โดยตั้งค่าที่ 250 องศาเซลเซียส เนื่องจาก การให้ความร้อนกับน้ำมันในหอกำจัดกลิ่นที่ 250 องศาเซลเซียส จะได้ผลิตภัณฑ์ น้ำมันพืชผ่านกรรมวิธีที่มีคุณภาพตามต้องการ และมีอายุการจัดเก็บได้นาน

- **Absolute Pressure** : ความดันสัมบูรณ์ที่ใช้ในหอกำจัดกลิ่น

โดยปกติความดันในหอกำจัดกลิ่น จะต้องเป็นระบบสูญญากาศ ซึ่งกำหนดความดันสัมบูรณ์ไม่เกิน 3 มิลลิบาร์ โดยในการศึกษาครั้งนี้ ได้กำหนดที่ 0 มิลลิบาร์ เนื่องจากการควบคุมความดันในหอกำจัดกลิ่นที่ 0 มิลลิบาร์ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ น้ำมันพืชผ่านกรรมวิธีที่มีคุณภาพตามต้องการและมีอายุการจัดเก็บได้นาน อีกทั้งไม่พบปัญหาในกระบวนการผลิตแต่อย่างใด

- **ปริมาณน้ำมัน BSO ที่เข้าหอกำจัดกลิ่น**

ปริมาณน้ำมัน BSO ที่เข้าหอกำจัดกลิ่น จะควบคุมที่ 4700 kg/tray แต่ในหอกำจัดกลิ่นจะมีถาด ที่ทำหน้าที่ กำจัด สารระเหยต่างๆ อยู่ 2 ถาด คือ ถาดกำจัดกลิ่น ถาดที่ 1 ( 1st Deodorizing tray ) ถาดกำจัดกลิ่น ถาดที่ 2 ( 2nd Deodorizing Tray )

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จึงคิดปริมาณน้ำมันที่เข้าหอกำจัดกลิ่น ที่ 9400 kg/ 2 tray ซึ่งข้อมูลนี้ จะนำไปใช้ในการคำนวณ ดุลมวลสาร ( Material Balance )

- **ปริมาณน้ำมันที่ออกจากหอกำจัดกลิ่น**

ปริมาณน้ำมัน DSO ที่ออกจากหอกำจัดกลิ่น จะพิจารณาร้อยละผลได้ ( % Yield ) ที่ได้ในการทดลองช่วงเวลานั้นๆ

$$F_{DSO} = \frac{F_{BSO} \times Y}{100}$$

โดยที่

| | | | |
|---|---|---|---|
| $F_{DSO}$ | คือ | ปริมาณน้ำมัน DSO ที่ออกจากหอกำจัดกลิ่น | ( kg / 2 tray ) |
| $F_{BSO}$ | คือ | ปริมาณน้ำมัน BSO เข้าหอกำจัดกลิ่น | ( kg / 2 tray ) |
| Y | คือ | ร้อยละผลได้ | ( % ) |

ตัวอย่างเช่น

| | | | |
|---|---|---|---|
| ปริมาณน้ำมัน BSO ที่เข้าหอกำจัดกลิ่น | เท่ากับ | 9400 | kg / 2 tray |
| ร้อยละผลได้ | เท่ากับ | 99.10 | % |

คิด ปริมาณน้ำมัน DSO ออกจากหอกำจัดกลิ่นเท่ากับ

$$\frac{9400 \times 99.10}{100} = 9315 \text{ kg / 2 tray}$$

4.1.2 สภาวะการผลิตที่หอกำจัดกลิ่น ที่ทำการปรับเปลี่ยน คือ อัตราการป้อนไอน้ำเข้าถาดกำจัดกลิ่น ถาดที่ 1 และ ถาดกำจัดกลิ่นที่ 2 โดยแสดงในตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** แสดงข้อมูลการปรับเปลี่ยน อัตราการป้อนไอน้ำที่เข้าถาดกำจัดกลิ่น ถาดที่ 1 และ ถาดกำจัดกลิ่นที่ 2

| ตำแหน่งที่ป้อนไอน้ำ | อัตราการป้อนไอน้ำ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สภาวะทดลองที่ | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. 1st Deodorizing Tray : Mammoth | 25 | 30 | 35 | 38 | 25 |
| 2. 1st Deodorizing Tray : Coil | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 |
| 3. 2nd Deodorizing Tray : Mammoth | 25 | 30 | 35 | 38 | 25 |
| 4. 2nd Deodorizing Tray : Coil | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 |
| อัตราการป้อนไอน้ำทั้งหมดที่ตำแหน่ง Mammoth | 50 | 60 | 70 | 76 | 50 |
| อัตราการป้อนไอน้ำทั้งหมดที่ตำแหน่ง Coil | 20 | 20 | 20 | 20 | 30 |
| รวมอัตราการป้อนไอน้ำทั้งหมด | **70** | **80** | **90** | **96** | **80** |

**ตารางที่ 4.1 (ต่อ)** แสดงข้อมูลการปรับเปลี่ยน อัตราการป้อนไอน้ำที่เข้าถาดกำจัดกลิ่น ถาดที่ 1 และ ถาดกำจัดกลิ่นที่ 2

| ตำแหน่งที่ป้อนไอน้ำ | อัตราการป้อนไอน้ำ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สภาวะทดลองที่ | | | | |
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1. 1st Deodorizing Tray : Mammoth | 30 | 35 | 38 | 25 | 30 |
| 2. 1st Deodorizing Tray : Coil | 15 | 15 | 15 | 20 | 20 |
| 3. 2nd Deodorizing Tray : Mammoth | 30 | 35 | 38 | 25 | 30 |
| 4. 2nd Deodorizing Tray : Coil | 15 | 15 | 15 | 20 | 20 |
| อัตราการป้อนไอน้ำทั้งหมดที่ตำแหน่ง Mammoth | 60 | 70 | 76 | 50 | 60 |
| อัตราการป้อนไอน้ำทั้งหมดที่ตำแหน่ง Coil | 30 | 30 | 30 | 40 | 40 |
| รวมอัตราการป้อนไอน้ำทั้งหมด | **90** | **100** | **106** | **90** | **100** |

4.1.3 การตรวจสอบคุณภาพน้ำมัน

การตรวจสอบคุณภาพน้ำมัน โดยวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ จะดำเนินการดังนี้

- เก็บตัวอย่างน้ำมัน BSO เริ่มต้น ก่อนเข้าหอกำจัดกลิ่น เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าโทโคเฟอรอล และ กรดไขมันอิสระ
- เก็บตัวอย่างน้ำมัน DSO หลังออกจากหอกำจัดกลิ่น เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าโทโคเฟอรอล และ กรดไขมันอิสระ

**หมายเหตุ :**

@ การวิเคราะห์โทโคเฟอรอลในน้ำมัน BSO และ DSO ใช้ HPLC Method

@ การวิเคราะห์ กรดไขมันิสระในน้ำมันใช้ Acid Base Titration Method

4.1.2 การคำนวณร้อยละของโทโคเฟอรอลที่ระเหยออกมาจากหอกำจัดกลิ่น

$$\% \text{ Tocopherol Evaporate} = \frac{(F_{E1} - F_{E2}) \times 100}{F_{E1}}$$

โดยที่

$F_{E1}$ คือ ปริมาณของโทโคเฟอรอลในน้ำมัน BSO (kg)

$F_{E2}$ คือ ปริมาณของโทโคเฟอรอลในน้ำมัน DSO (kg)

**หมายเหตุ** โทโคเฟอรอลในเฟสไอ ได้มาจากการทำดุลมวลสาร เนื่องจากวิเคราะห์โทโคเฟอรอลในเฟสไอไม่ได้

**ตัวอย่างเช่น**

ปริมาณของโทโคเฟอรอลในน้ำมัน BSO $= (9400 \text{ kg BSO}) \left(\frac{1265 \text{ kg Tocopherol}}{10^6 \text{ kg BSO}}\right)$

$= 11.8910$ kg.

ปริมาณของโทโคเฟอรอลในน้ำมัน DSO $= (9315 \text{ kg DSO}) \left(\frac{925 \text{ kg Tocopherol}}{10^6 \text{ kg DSO}}\right)$

$= 8.6164$ kg.

$$\% \text{ Tocopherol Evaporate} = \frac{(11.8910 - 8.6164) \times 100}{11.8910}$$

$= \mathbf{27.54}$ %

4.1.4 การคำนวณร้อยละของกรดไขมันอิสระ ที่ระเหยออกมาจากหอกำจัดกลิ่น

$$\% \text{ Free Fatty Acid Evaporate} = \frac{(F_{A1} - F_{A2}) \times 100}{F_{A1}}$$

โดยที่

$F_{A1}$ คือ ปริมาณของกรดไขมันอิสระในน้ำมัน BSO (kg)

$F_{A2}$ คือ ปริมาณของกรดไขมันอิสระในน้ำมัน DSO (kg)

**หมายเหตุ** กรดไขมันอิสระในเฟสไอ ได้มาจากการทำดุลมวลสารเนื่องจากวิเคราะห์กรดไขมันอิสระในเฟสไอไม่ได้

**ตัวอย่างเช่น**

ปริมาณของกรดไขมันอิสระในน้ำมัน BSO $= \frac{(9400 \text{ kg BSO})(0.11 \text{ kg Free Fatty Acid})}{100 \text{ kg BSO}}$

$= 10.34$ kg.

ปริมาณของกรดไขมันอิสระในน้ำมัน DSO $= \frac{(9315 \text{ kg DSO})(0.03 \text{ kg Free Fatty Acid})}{100 \text{ kg DSO}}$

$= 2.79$ kg.

$$\% \text{ Free Fatty Acid Evaporate} = \frac{(10.34 - 2.79) \times 100}{10.34}$$

$= \mathbf{72.97}$ %

4.1.6 สรุปผลการศึกษาขั้นที่ 1

จากการพิจารณาข้อมูลการคำนวณร้อยละของโทโคเฟอรอลที่ระเหยออกมาจากหอกำจัดกลิ่น สามารถหาข้อสรุปว่า อัตราการป้อนไอน้ำที่เข้าถาดกำจัดกลิ่นถาดที่ 1 และ ถาดกำจัดกลิ่นถาดที่ 2 ที่สภาวะการทดลองใด ในหอกำจัดกลิ่นที่เหมาะสม ซึ่งทำให้ได้ปริมาณโทโคเฟอรอลในส่วนที่เป็นเฟสไอสูงสุด

**4.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมของหอแพคดักจับสารระเหยที่ทำให้ได้ความเข้มข้นของโทโคเฟอรอลใน Soybean Deodorizer Distillate สูงสุด**

4.2.1 สภาวะการผลิตที่หอกำจัดกลิ่น ที่ต้องควบคุมให้มีค่าคงที่

- เวลาที่ใช้ในหอกำจัดกลิ่น ตั้งค่าที่ 74 นาที
- อุณหภูมิที่ใช้ในหอกำจัดกลิ่น ตั้งค่าที่ 250 องศาเซลเซียส
- ความดันสัมบูรณ์ที่ใช้ในหอกำจัดกลิ่น ตั้งค่าที่ 0 มิลลิบาร์
- ปริมาณน้ำมัน BSO ที่เข้าหอกำจัดกลิ่น ควบคุมที่ 4700 kg/tray
  หรือ 9400 kg/ 2 tray
- ปริมาณน้ำมัน DSO ที่ออกจากหอกำจัดกลิ่น พิจารณาจาก ร้อยละผลได้ ( % Yield )
- อัตราการป้อนไอน้ำ เลือกใช้อัตราการป้อนไอน้ำในหอกำจัดกลิ่นที่เหมาะสม จากการศึกษาในข้อ 4.1

4.2.2 สภาวะการผลิตที่หอแพคดักจับสารระเหยที่ทำการปรับเปลี่ยน โดยแสดงในตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** แสดงข้อมูลการปรับเปลี่ยน สภาวะการผลิตที่หอแพคดักจับสารระเหย

| สภาวะทดลองที่ | อัตราการไหลหมุนเวียนของ SDD. ที่ใช้ในการ สเปรย์จับสารระเหย ( กิโลกรัมต่อชั่วโมง ) | อุณหภูมิของ SDD. ที่ใช้ในการสเปรย์จับสารระเหย ( องศาเซลเซียส ) |
|---|---|---|
| 1 | 7000 | 50 |
| 2 | 7000 | 60 |
| 3 | 7000 | 70 |
| 4 | 8000 | 50 |
| 5 | 8000 | 60 |
| 6 | 8000 | 70 |
| 7 | 9000 | 50 |
| 8 | 9000 | 60 |
| 9 | 9000 | 70 |

- ควบคุมอัตราการไหลของ SDD. ที่กำหนดในตารางที่ 4.2 โดยใช้ เครื่องวัดอัตราการไหล ( Flow Meter ) ซึ่งสามารถตั้งค่าได้ตามที่กำหนด
- ควบคุมอุณหภูมิของ SDD. ที่กำหนดในตารางที่ 4.2 โดยใช้ เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ( Temperature Control ) ซึ่งสามารถตั้งค่าได้ตามที่กำหนด

จากสภาวะการทดลอง ทั้งหมด ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4.2 ผู้วิจัยจะทำการศึกษาในหัวข้อดังนี้

1. **การศึกษาหาปริมาณ SDD. ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน**
   - ทำการทดลองตามสภาวะที่กำหนดในตารางที่ 4.2
   - ทำการตรวจสอบปริมาณ SDD. ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ในถังหมุนเวียน SDD. โดยทำการตรวจสอบปริมาณ SDD. ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน เมื่อเวลาผ่านไป 24 , 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ
   - หาผลของอัตราการไหลหมุนเวียนของ SDD. ที่ใช้ในการสเปรย์จับสารระเหย ต่อ ปริมาณ SDD. ที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน
   - หาผลของอุณหภูมิของ SDD. ที่ใช้ในการสเปรย์จับสารระเหย ต่อ ปริมาณ SDD. ที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน
2. **การศึกษาหาความเข้มข้นของโทโคเฟอรอลใน SDD. ในแต่ละช่วงเวลา**
   - ทำการทดลองตามสภาวะที่กำหนดในตารางที่ 4.2
   - เก็บตัวอย่าง SDD. เพื่อตรวจสอบค่าโทโคเฟอรอล และกรดไขมันอิสระ โดยเก็บตัวอย่าง SDD. ที่เวลา เริ่มต้น 0 ชั่วโมง และ เมื่อเวลาผ่านไป 24 , 48 , 72 ชั่วโมง ตามลำดับ
   - คำนวณร้อยละของการดักจับโทโคเฟอรอลที่อยู่ในเฟสไอ เมื่อเวลาผ่านไป 24 , 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ

$$\% \text{ Tocopherol Scrub} = \frac{(F_{T2} - F_{T1}) \times 100}{F_{T2}}$$

โดยที่

$F_{T1}$ คือ ปริมาณของโทโคเฟอรอลใน SDD. ที่เวลา $t_1$ ( kg )

$F_{T2}$ คือ ปริมาณของโทโคเฟอรอลใน SDD. ที่เวลา $t_2$ ( kg )

**หมายเหตุ** โทโคเฟอรอลในเฟสไอ ได้มาจากการทำดุลมวลสาร เนื่องจากวิเคราะห์โทโคเฟอรอลในเฟสไอไม่ได้

**ตัวอย่างเช่น**

ปริมาณของโทโคเฟอรอลใน SDD. ที่เวลา 24 ชั่วโมง

$$= \frac{(7255 \text{ kg SDD})(6.30 \text{ kg Tocopherol})}{100 \text{ kg SDD.}}$$

$$= 457 \text{ kg}$$

ปริมาณของโทโคเฟอรอลใน SDD. ที่เวลาเริ่มต้น

$$= (7000 \text{ kg SDD}) \frac{(5.80 \text{ kg Tocopherol})}{100 \text{ kg SDD.}}$$

$$= 406 \text{ kg}$$

$$\% \text{ Tocopherol Scrub (24 ชั่วโมง)} = \frac{(457 - 406)}{406} \times 100$$

$$= \mathbf{12.56} \%$$

3. **การศึกษาผลของเวลาต่อความเข้มข้นของโทโคเฟอรอลใน SDD.**

จากผลการศึกษาในข้อ 2 นำข้อมูลมาพิจารณาหาผลของเวลา ต่อ ความเข้มข้นของโทโคเฟอรอล

4. **การศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการหมุนเวียน และอุณหภูมิของ SDD. ที่ใช้ในการสเปรย์จับสาระเหยที่อัตราการไหลหมุนเวียนของSDD. ต่างๆ ต่อร้อยละของการดักจับโทโคเฟอรอล**

จากผลการศึกษาในข้อ 2 นำข้อมูลมาพิจารณาหาผลของเวลาที่ใช้ในการหมุนเวียนและอุณหภูมิของ SDD. ที่อัตราการไหลหมุนเวียนของ SDD. ต่างๆ ต่อร้อยละของการดักจับโทโคเฟอรอล

**หมายเหตุ :**

@ การวิเคราะห์โทโคเฟอรอลใน SDD ใช้ HPLC Method

@ การวิเคราะห์ กรดไขมันิสระใน SDD ใช้ Acid Base Titration Method