บทที่ 3

การทดลอง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการผลิต

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ เครื่องบดไฟฟ้า หม้อต้มให้ความร้อนด้วยไอน้ำและเครื่องโม่ไฟฟ้า

3.1.2 เครื่องมือทำให้แห้งแบบลูกกลิ้งคู่

ลูกกลิ้งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว ยาว 18 นิ้ว ภายในกลวง ให้ความร้อนโดยไอน้ำได้ตั้งแต่ความดันไอ 20 - 55 ปอนด์/ตารางนิ้ว ปรับความเร็วและระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งได้ ผิวลูกกลิ้งทำจากโลหะที่เป็นสแตนเลส

3.2 กรรมวิธีก่อนการทำให้แห้ง

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ในการทดลองแต่ละครั้งจะซื้อวัตถุดิบจากตลาด ล้างและปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นเล็ก ปลาขอดเกล็ด เอาส่วนหัว,ก้างออกให้อยู่ในสภาพที่กินได้ ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบต่าง ๆ ตามสูตรกำหนดแล้วนำมารวมกันเข้า วัตถุดิบบางอย่างจะต้องบดให้ละเอียดหรือแตกออกก่อนก่อนที่จะนำเข้ามารวม เช่น ผักต่าง ๆ ปลา ข้าวและงา ผสมน้ำเข้ากับส่วนผสมเหล่านี้โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัตถุดิบเท่ากับ 2.5 ต่อ 1 (เพื่อให้ตัวอย่างมีปริมาณของแข็งประมาณ 14%) อัตราส่วนนี้จะเปลี่ยนไปเมื่อต้องการแปรค่าปริมาณของแข็งในตัวอย่าง

ในการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ จะเตรียมวัตถุดิบครั้งละ 2 กิโลกรัม และการศึกษาคุณสมบัติในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จะเตรียมมากขึ้นเป็น 14 กิโลกรัม

3.2.2 การต้ม

ส่วนผสมที่เติมน้ำแล้วนำมาต้มโดยใช้อุณหภูมิ 93°ซ และควบคุมไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 40 นาที (ดูภาคผนวก ค) ระหว่างต้มจะคนเป็นระยะเพื่อให้ความร้อนกระจายทั่ว

3.2.3 การโม่

หลังต้มจะนำมาโม่ด้วยเครื่องโม่ไฟฟ้าให้เนื้ออาหารละเอียดและเข้าเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น ถึงขั้นนี้ตัวอย่างพร้อมที่จะทำให้แห้งได้แล้ว จากนั้นจะนำกลับเข้าไปไว้ในหม้อต้มเพื่อควบคุมอุณหภูมิระหว่างรอทำให้แห้ง

3.3 การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ในการทำให้แห้ง

ตัวแปรที่ศึกษา คือ

- ความดันไอน้ำและความเร็วลูกกลิ้ง
- อุณหภูมิของตัวอย่างที่จะป้อนเข้าเครื่อง
- ปริมาณของแข็งในตัวอย่างก่อนทำให้แห้ง

3.3.1 ศึกษาอิทธิพลของความดันไอน้ำและความเร็วลูกกลิ้ง

แปรค่าความดันไอน้ำจาก 20 ถึง 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยเพิ่มขึ้นทีละ 5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ขณะเดียวกันแปรค่าความเร็วลูกกลิ้งเป็น 2,3 และ 4 รอบต่อนาทีตามลำดับ

ตัวแปรอื่น ๆ จะกำหนดให้คงที่ ดังนี้คือ

อุณหภูมิของตัวอย่างที่ป้อนเข้าเครื่อง 50 - 55°ซ

ปริมาณของแข็งในตัวอย่างประมาณ 14%

วิธีปฏิบัติการ

เตรียมตัวอย่างตามกรรมวิธีในหัวข้อ 3.2 จากนั้นป้อนเข้าเครื่องโดยค่อย ๆ ใส่ในจำนวนที่พอเหมาะ ประมาณครั้งละ 70 กรัม ซึ่งจะทำให้ไม่มีตัวอย่างเหลือค้างในช่อง

ระหว่างลูกกลิ้งมากเกินไป และทุกครั้งที่แปรค่าความดันไอน้ำ ก่อนที่จะป้อนตัวอย่างเข้าเครื่อง จะปล่อยให้เครื่องเข้าสู่สมดุลย์ก่อนเป็นเวลา 10 นาที

ผลิตภัณฑ์แห้งที่ถูกปาดออกมา จะปล่อยให้เย็นชั่วระยะ จากนั้นนำไปวิเคราะห์

วิธีติดตามผล

วิเคราะห์หา

1. ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์
2. ปริมาณไวตามินซี หาในตัวอย่างก่อนและหลังการทำให้แห้ง

3.3.2 ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของตัวอย่างที่จะป้อนเข้าเครื่อง

วิธีปฏิบัติการ

เตรียมตัวอย่างตามกรรมวิธีในหัวข้อ 3.2 จากนั้นแบ่งตัวอย่างออกเป็น 4 ส่วน แล้วทำให้อุณหภูมิของตัวอย่างเป็น 30°ซ, 50°ซ, 70°ซ และ 90°ซ แต่ละตัวอย่างจะแบ่งส่วนหนึ่งไปวัดความหนืด อีกส่วนจะป้อนเข้าเครื่องโดยกำหนดสภาวะการทำให้แห้งดังนี้ คือ

- ความดันไอน้ำและความเร็วลูกกลิ้ง จะใช้ค่าตามที่สรุปผลได้จากข้อ 3.2.1 คือ 35 ปอนด์/ตารางนิ้ว และ 3 รอบ/นาที
- ปริมาณของแข็ง ประมาณ 14%

เก็บผลิตภัณฑ์แห้งแต่ละตัวอย่างเพื่อรอวิเคราะห์

วิธีติดตามผล วิเคราะห์หา

1. ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์แห้ง
2. ปริมาณไวตามินซี ในตัวอย่างก่อนและหลังการทำให้แห้ง
3. ความหนืดของตัวอย่าง

3.3.3 ศึกษาอิทธิพลของปริมาณของแข็งในตัวอย่างก่อนทำให้แห้ง

วิธีปฏิบัติการ

1. เตรียมตัวอย่างตามกรรมวิธีในหัวข้อ 3.2 โดยให้แต่ละตัวอย่างมีปริมาณของแข็งต่าง ๆ กัน แปรค่าจาก 14% ถึง 18% โดยกำหนดสภาวะการทำให้แห้งดังนี้

- ความดันไอน้ำและความเร็วลูกกลิ้ง ใช้ค่าตามที่สรุปได้จากข้อ 3.2.1 คือ 35 ปอนด์/ตารางนิ้ว และ 3 รอบ/นาที
- อุณหภูมิของตัวอย่างที่จะป้อนเข้าเครื่อง ใช้ค่าตามที่สรุปได้จากข้อ 3.2.2 คือ 50°ซ

เก็บผลิตภัณฑ์แห้งแต่ละตัวอย่างไว้ เพื่อรอการวิเคราะห์

2. เตรียมตัวอย่างให้มีปริมาณของแข็งต่าง ๆ กันแปรค่าจาก 10% ถึง 14% เพื่อดูผลของปริมาณของแข็งที่มีต่อความหนืด

<u>วิธีคิดตามผล</u> วิเคราะห์หา

1. ปริมาณความชื้น
2. ปริมาณไวตามินซี ในตัวอย่างทั้งก่อนและหลังการต้ม และในผลิตภัณฑ์แห้ง
3. ความหนืดของตัวอย่างที่เตรียมในวิธีปฏิบัติการข้อ 2

3.4 <u>การศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อคุณภาพอาหาร</u>

3.4.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บในสภาวะที่มีการเร่งปฏิกริยา

<u>วิธีปฏิบัติการ</u>

เตรียมตัวอย่างตามกรรมวิธีในหัวข้อ 3.2 โดยมีปริมาณของแข็งเท่ากับที่สรุปได้จากข้อ 3.3.3 คือ 18% ทำให้แห้งโดยใช้สภาวะการทำตามที่สรุปได้จากข้อ 3.3.1 และ 3.3.2 คือ ความดันไอน้ำเท่ากับ 35 ปอนด์/ตารางนิ้ว ความเร็วลูกกลิ้ง 3 รอบ/นาที และอุณหภูมิของตัวอย่างที่ป้อนเข้าเครื่องเท่ากับ 50°ซ

ผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้นำมาบรรจุในกระป๋องขนาด 303 x 407 ปริมาณ 130 กรัม/กระป๋อง ผนึกฝาให้สนิทในสภาพที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศปกติ 10 นิ้วปรอท

แบ่งเป็น 3 กลุ่ม เพื่อเก็บเข้าตู้อบ อุณหภูมิต่าง ๆ กัน คือ 40°ซ 50°ซ และ 60°ซ เป็นเวลา 1 เดือน

วิธีคิดตามผล

ทุกตัวอย่างตรวจสอบอาทิตย์ละครั้ง โดย

1. ตรวจสอบปฏิกริยาการเกิดสารสีน้ำตาล
2. ตรวจสอบปฏิกริยาออกซิเดชั่นของไขมัน
3. ตรวจสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ
4. ประเมินลักษณะสี, กลิ่น และเนื้อสัมผัส

3.4.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง 30°ซ และบรรจุภาชนะในสภาพต่างกัน

วิธีปฏิบัติการ

เตรียมตัวอย่างตามกรรมวิธีในหัวข้อ 3.2 สภาวะที่ใช้ในการเตรียมและทำให้แห้ง จะใช้ตามที่สรุปผลได้จากข้อ 3.3 คือ

ปริมาณของแข็งในตัวอย่างก่อนทำให้แห้ง ประมาณ 18%

ความดันไอน้ำ 35 ปอนด์/ตารางนิ้ว

ความเร็วลูกกลิ้ง 3 รอบ/นาที

อุณหภูมิของตัวอย่างที่จะป้อนเข้าเครื่อง ประมาณ 50°ซ

ผลิตภัณฑ์แห้งทั้งหมดนำมารวมกันเข้า เพื่อหาปริมาณความชื้นเริ่มต้น แล้วบรรจุในภาชนะที่เลือกใช้ในการศึกษา

ภาชนะบรรจุที่ใช้ศึกษาจะคำนึงถึงว่าสามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ และออกซิเจนได้ จึงเลือกใช้กระป๋องโลหะ และซองพลาสติคที่ทำจากแผ่นฟิล์มซึ่งใช้วัสดุหลายชนิดเคลือบซ้อนกัน (PET/PE/Al/PE/EVA) โดยมีขนาดภาชนะและขนาดบรรจุดังนี้ คือ

1. กระป๋องขนาด 303 x 407 บรรจุปริมาณ 130 กรัม/กระป๋อง
2. ซองขนาด 6 x 8 นิ้ว บรรจุปริมาณ 50 กรัม/ซอง

ส่วนวิธีการบรรจุมี 4 แบบ คือ

1. บรรจุกระป๋องในสภาพความดันต่ำกว่าบรรยากาศปกติ 10 นิ้วปรอท (ใช้รหัสย่อ VC)

2. บรรจุกระป๋องในสภาพความดันบรรยากาศปกติ (ใช้รหัสย่อ NC) เพื่อเปรียบเทียบกับแบบที่ 1

3. บรรจุซองในสภาพความดันบรรยากาศปกติ (ใช้รหัสย่อ NB) เพื่อเปรียบเทียบกับแบบที่ 2

4. บรรจุซองในสภาพบรรยากาศของไนโตรเจน (ใช้รหัสย่อNiB) เพื่อเปรียบเทียบกับแบบที่ 1 และ 3

เก็บผลิตภัณฑ์ซึ่งบรรจุภาชนะในสภาพต่าง ๆ กันนี้ไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 6 เดือน

<u>วิธีติดตามผล</u>

ตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์เมื่อเริ่มเก็บและทุก ๆ 1 เดือน โดยทำดังนี้ คือ

1. ตรวจสอบปฏิกริยาการเกิดสารสีน้ำตาล
2. ตรวจสอบปฏิกริยาออกซิเดชั่นของไขมัน
3. ตรวจสอบความหนืด (เฉพาะที่บรรจุแบบ NC)
4. ประเมินลักษณะสี, กลิ่น และเนื้อสัมผัส
5. หาปริมาณความชื้น
6. หาปริมาณไวตามินซี
7. ตรวจสอบปริมาณแบคทีเรีย (เฉพาะที่บรรจุแบบ NC โดยตรวจสอบเมื่อเริ่มเก็บ และหลังจากครบ 6 เดือน)

3.5 <u>วิธีการวิเคราะห์และตรวจสอบที่ใช้ในการศึกษา</u>

3.5.1 <u>ปริมาณความชื้น</u>

วิเคราะห์ตามวิธีของ A.O.A.C ปี 2518 (7)

3.5.2 ปริมาณไวตามินซี

โดยวิธีการไตเตรทด้วย 2, 6-Dichloroindophenol ตามวิธีของ A.O.A.C ปี 2518 (7)

3.5.3 ปฏิกริยาการเกิดสารสีน้ำตาล

ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสีโดยใช้ 50% แอลกอฮอล์สกัดสีจากตัวอย่าง นำสารละลายมาวัดสภาพการดูดกลืนแสง ตามวิธีการของ Nip (57) ดังนี้ คือ

- ชั่งผลิตภัณฑ์น้ำหนักแน่นอน 3000 กรัม ใส่ในหลอดแก้วยาว
- เติม 50% เอทธิลแอลกอฮอล์ จำนวน 30 มล.
- คนแรง ๆ ให้เข้ากัน แล้วนำเข้าเครื่องเหวี่ยง (Centrifuge) แยกจากกันเป็นเวลา 30 นาที
- กรองด้วยกระดาษกรอง แยกเอาเฉพาะสารละลายใส
- วัดสภาพการดูดกลืนแสงของสารละลายใสที่แยกได้ โดยใช้สเปคโตรโฟโตมิเตอร์วัดที่ 390 นาโนเมตร ใช้ 50% เอทธิลแอลกอฮอล์เป็นตัวเทียบ (Blank)
- สภาพการดูดกลืนแสงที่วัดได้จะเป็นตัวชี้ถึงความมากน้อยของปฏิกริยา

3.5.4 ปฏิกริยาออกซิเดชั่นของไขมัน

ตรวจสอบกลิ่นหืน โดยการกลั่นมาโลนัลดีไฮด์ออกจากผลิตภัณฑ์ แล้วให้ทำปฏิกริยากับ 2-Thiobarbituric acid เพื่อหาค่า TBA ตามวิธีการของ Tarladgis(79) ดังนี้ คือ

- เตรียม TBA รีเอเย่นต์ 100 มล. โดยใช้

2- Thiobarbituric acid	0.2883	กรัม
Glacial acetic acid	90	มล.
น้ำ	10	มล.

- เตรียม Hydrochloric acid ความเข้มข้น 4 นอร์มอล

- เตรียมเครื่องมือการกลั่น แล้วกลั่นตามวิธีต่อไปนี้คือ
  - ป่นผลิตภัณฑ์ให้มีขนาดเล็ก ชั่งน้ำหนักแน่นอน 10.000 กรัม ใส่ใน Kjedahl flask
  - เติมน้ำกลั่น 97.5 มล. และกรด HCl 2.5 มล. เขย่าให้เข้ากันแล้วใส่เศษกระเบื้อง 2-3 ชิ้น
  - นำไปกลั่นบนเตา โดยให้ความร้อนมากสุดเพื่อให้เดือดได้เร็วที่สุด
  - เก็บของเหลวที่กลั่นได้เมื่อปริมาตรครบ 50 มล. ปิดขวดที่เก็บของเหลวแล้ว เขย่ากลับไปกลับมาให้ผสมกันทั่วก่อนนำไปใช้
  - ใช้ปิเปตดูดของเหลวที่กลั่นได้จำนวน 5 มล. ใส่ในหลอดแก้วที่มีจุกปิด
  - ใช้ปิเปตดูด TBA รีเอเย่นต์จำนวน 5 มล. ใส่ในหลอดแก้วที่มีของเหลวที่กลั่นได้ ปิดฝาหลอดแก้วผสมให้เข้ากัน
  - คลายฝาออก จุ่มหลอดแก้วในอ่างน้ำเดือด ต้มเป็นเวลา 35 นาที
  - เมื่อครบเวลา ทำให้หลอดแก้วเย็นโดยใช้น้ำประปาเป็นเวลา 10 นาที
  - จะได้สารละลายมีสีชมพู นำมาวัดสภาพการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ วัดที่ 538 นาโนเมตร ใช้น้ำรวมกับ TBA รีเอเย่นต์อย่างละ 5 มล. เป็นตัวเทียบ (Blank)
  - สภาพการดูดกลืนแสงที่วัดค่าได้ เมื่อคูณด้วยค่าคงที่ 7.8 จะเป็นค่า TBA ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมของมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์

3.5.5 <u>ความสามารถในการดูดซึมน้ำ</u>

ผสมน้ำ (อุณหภูมิประมาณ 70°ซ) เข้ากับผลิตภัณฑ์แล้วคนให้เข้ากันเป็นเวลา 2 นาที นำไปเหวี่ยงแยกเอาน้ำออก เพื่อหาดัชนีการดูดซึมน้ำตามวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Anderson(5)

ซึ่งมีดังนี้ คือ

- ปั่นผลิตภัณฑ์แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 mesh
- ชั่งผลิตภัณฑ์น้ำหนักแน่นอน 3.0000 กรัม เติมน้ำร้อนในอัตราส่วนน้ำต่อผลิตภัณฑ์เท่ากับ 5 ต่อ 1 คนให้เข้ากัน
- นำไปเข้าเครื่องเซนติฟิวก์ เพื่อแยกเอาน้ำส่วนที่ไม่ถูกดูดซึมออกมา โดยใช้ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที เวลา 30 นาที
- เทน้ำส่วนที่แยกออกมาทิ้ง ชั่งน้ำหนักส่วนที่เหลือทั้งหมด คำนวณหาดัชนีการดูดซึมน้ำซึ่งเท่ากับปริมาณน้ำที่ถูกดูดซึมต่อผลิตภัณฑ์ 1 กรัม

การคำนวณ ดัชนีการดูดซึมน้ำ = $\frac{\text{น.น น้ำที่เติม} - \text{น.น น้ำที่แยกออกมา}}{3}$

3.5.6 ความหนืด

โดยใช้เครื่องมือวัดความหนืด Brookfield Viscometer วัดที่อุณหภูมิประมาณ 30°ซ ใช้เข็มหมายเลข 3 ความเร็วของแกนหมุน 6 รอบ/นาที อ่านค่าหลังจากเริ่มหมุน 2 นาที ในกรณีของตัวอย่างก่อนการทำให้แห้งจะวัดได้เลย แต่สำหรับผลิตภัณฑ์แห้งให้ผสมน้ำร้อนในอัตราส่วนของน้ำต่อผลิตภัณฑ์เท่ากับ 5 ต่อ 1

3.5.7 ปริมาณแบคทีเรีย

โดยวิธี Total plate count

3.5.8 การประเมินลักษณะสี, กลิ่น และเนื้อสัมผัส

ใช้วิธีการให้คะแนนโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกหัดมาแล้ว 5 คน ให้สังเกต สี กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แล้วให้คะแนนตามลักษณะที่กำหนดไว้ตามแบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ง.