

บทที่ 2

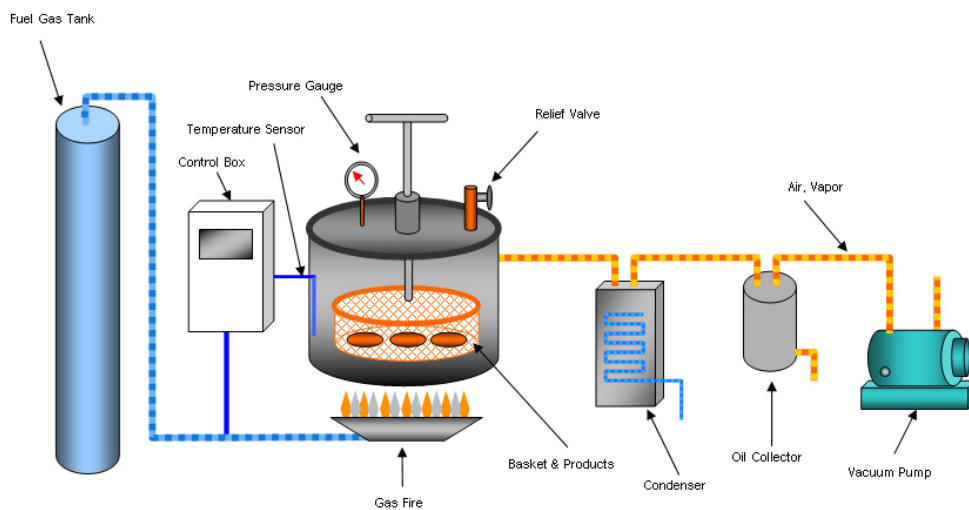
วิธีการวิจัย

2.1 วัสดุ

1. กลัวยี่ห้อหมสด
2. น้ำมันพืช

2.2 อุปกรณ์

1. ชุดเครื่องทดสอบสุญญากาศ (ภาพประกอบ 2.1)
2. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (ความละเอียด 0.05 mm)
3. ตู้อบไฟฟ้า
4. ภาชนะหาความชื้น (moisture can)
5. โถดูดความชื้น (desiccator)
6. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

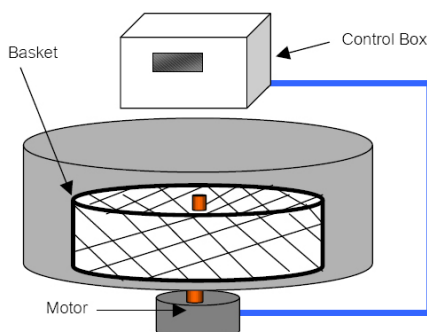


ภาพประกอบ 2.1 ชุดเครื่องทดสอบสุญญากาศ

ที่มา : Yamsaengsung, 2003.

ส่วนประกอบของชุดเครื่องทอดสุญญากาศ

1. Vacuum fryer เป็นส่วนที่ใช้เป็นตัวทอดอาหาร (Basket and Products) โดยจะมีการเติมน้ำมันพืชสำหรับทอดอาหารลงไปเช่นเดียวกับการทอดโดยทั่วไป
2. Temperature controller (Control box) ใช้ในการควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ให้แก่ heater ที่ตัวเครื่องทอด เพื่อให้อุณหภูมิน้ำมันภายในเครื่องทอดสุญญากาศมีค่าคงที่หรือคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5°C
3. Condenser เป็นส่วนที่ช่วยควบแน่นไอน้ำและไอน้ำมันที่ออกจากหม้อทอดก่อนเข้าสู่ vacuum pump และยังช่วยควบคุมอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากหม้อทอดก่อนเข้าสู่ vacuum pump ให้มีค่าไม่เกิน 60°C เพื่อป้องกันความเสียหายของ vacuum pump
4. Oil collector ใช้ดักน้ำและน้ำมันที่เกิดจากการควบแน่นก่อนเข้า vacuum pump เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับ vacuum pump
5. Vacuum pump เป็นตัวดึงหรือดูดอากาศออกจากภายในหม้อทอดทำให้ความดันภายในต่ำกว่าความดันบรรยากาศ
6. Centrifuge เป็นส่วนที่เหวี่ยงแยกน้ำมันออกจากอาหารที่ทอดแล้ว (ภาพประกอบ 2.2)



ภาพประกอบ 2.2 เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge)

ที่มา : Yamsaengsung, 2003.

2.3 วิธีดำเนินการ

2.3.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทอดตัวอย่างที่สภาวะสุญญากาศ ได้แก่ เวลาในการทอด 5 10 15 20 25 และ 30 นาที กับอุณหภูมิน้ำมันที่ใช้ทอด ที่ 100°C 110°C และ 120°C โดยใช้ตัวอย่างบ่ม 2 วัน ซึ่งมีความสุกในระดับบริโภคทั่วไป ดังภาพประกอบ 2.5 โดยปัจจัยที่ทำการศึกษา ขนาดของชิ้นตัวอย่างหลังการทอด และ สีของตัวอย่างหลังการทอด

2.3.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด โดยใช้อุณหภูมิที่ 100°C 110°C และ 120°C ต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของตัวอย่างระหว่างการทอดและหลังการทอด

ทำการทดลองโดยหั่นชิ้นตัวอย่างกล้วยหอม (ใช้ตัวอย่างบ่ม 2 วัน ซึ่งมีความสูงในระดับบริโคมทั่วไป ดังภาพประกอบ 2.5) ตามแนวขวางให้มีความหนาอยู่ในช่วง 3.5–4.5 mm ชุตการทดลองละ 600–700 g ดังแสดงในภาพประกอบ 2.3 ทอดชิ้นตัวอย่างโดยใช้เครื่องทอดสุญญากาศที่ 3 สภาวะ คือ อุณหภูมิ 100°C 110°C และ 120°C โดยใช้เวลาที่เหมาะสมจากการทดลองในหัวข้อ 2.3.1

- วัดขนาดของตัวอย่างด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ทั้งก่อนและหลังทอด
- หาปริมาณความชื้นของตัวอย่างหลังทอด
- วัดค่าความแข็ง (Hardness) ของตัวอย่างหลังทอด
- ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)



ภาพประกอบ 2.3 ชิ้นตัวอย่างกล้วยหอมก่อนการทอด

2.3.3 ศึกษาผลของเวลาในการทอด (5 10 15 20 25 และ 30 นาที) ต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของตัวอย่างระหว่างการทอดและหลังการทอด

ทำการทดลองโดยหั่นชิ้นตัวอย่างกล้วยหอมสด (ตัวอย่างบ่ม 2 วัน) ตามแนวขวางให้มีความหนาอยู่ในช่วง 3.5–4.5 mm ชุตการทดลองละ 600–700 g ทอดชิ้นตัวอย่างโดยใช้เครื่องทอดสุญญากาศที่อุณหภูมิ 110°C (ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองในหัวข้อ 2.3.2) เป็นเวลา 5 10 15 20 25 และ 30 นาที

- วัดขนาดของตัวอย่างก่อนทอดและที่ผ่านการทอดที่เวลาต่าง ๆ ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
- หาปริมาณความชื้นของตัวอย่างก่อนทอดและที่ผ่านการทอดที่เวลาต่าง ๆ
- บันทึกการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความดันในระหว่างการทอด
- วัดค่าความแข็ง (Hardness) ของตัวอย่างก่อนทอดและที่ผ่านการทอดที่เวลาต่าง ๆ
- ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของตัวอย่างก่อนทอดและที่ผ่านการทอดที่เวลาต่าง ๆ

2.3.4 ศึกษาผลขององค์ประกอบเริ่มต้นของตัวอย่าง (ความชื้น และน้ำตาล) ต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของตัวอย่างหลังการทอด

ทำการทดลองโดยเตรียมตัวอย่างกล้วยหอมดิบ แบ่งตัวอย่างออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ทำการบ่มตัวอย่างชุดที่ 1-4 ที่อุณหภูมิห้อง ดังภาพประกอบ 2.4 เป็นเวลา 1 2 3 และ 4 วัน ตามลำดับ ซึ่งจะได้ตัวอย่างหลังการบ่ม ดังภาพประกอบ 2.5 โดยกำหนดให้ตัวอย่างชุดที่ 2 ซึ่งบ่มเป็นเวลา 2 วัน เป็นตัวอย่างกล้วยหอมที่มีความสุกในระดับการบริโภคโดยทั่วไป จากนั้นหั่นชิ้นตัวอย่างกล้วยหอมสดตามแนวขวางให้มีความหนาอยู่ในช่วง 3.5-4.5 mm ชุดการทดลองละ 600-700 g ทอดชิ้นตัวอย่างทั้ง 4 ชุดการทดลองโดยใช้เครื่องทอดสุญญากาศที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 20 นาที

- ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลและปริมาณความชื้นของตัวอย่างเริ่มต้นก่อนการทอด
- วัดขนาดของตัวอย่างก่อนทอดและหลังทอดด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
- หาปริมาณความชื้นของตัวอย่างหลังทอด
- วัดค่าความแข็ง (Hardness) ของตัวอย่างหลังทอด
- ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของตัวอย่างหลังทอด

2.3.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

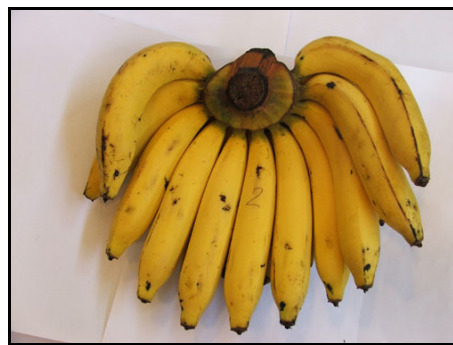
การทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทอดด้วยสภาวะสุญญากาศ ด้าน สี ผิวสัมผัสรสชาติ ความกรอบและการยอมรับรวม โดยใช้ตัวอย่างกล้วยหอมที่บ่มที่เวลาต่าง ๆ กันเป็นเวลา 4 วัน ซึ่งใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 30 คน โดยวิธี 7 Point Hedonic scale (7 ระดับ คะแนน, 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 4 = เฉย ๆ 5 = ชอบน้อยที่สุด 6 = ชอบมาก และ 7 = ชอบมากที่สุด) เพื่อประเมินผลการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535)



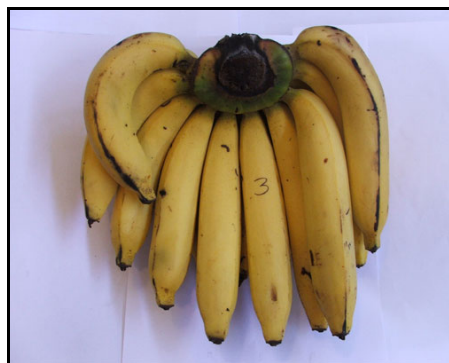
ภาพประกอบ 2.4 วิธีการบ่มตัวอย่างกล้วยหอมสด



บ่ม 1 วัน



บ่ม 2 วัน



บ่ม 3 วัน



บ่ม 4 วัน

ภาพประกอบ 2.5 ระยะการสุกของตัวอย่างกล้วยหอมที่ใช้ในการทดลอง

2.3.6 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของตัวอย่างในระหว่างการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การคำนวณการหดตัวและการขยายตัวของตัวอย่างดังแสดงในสมการ 2.1 2.2 2.3 และ 2.4 (Panyawong และ Devahastin, 2005)

$$\%Shrinkage = \frac{D - D_0}{D_0} \times 100 \quad (2.1)$$

$$\%Expansion = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100 \quad (2.2)$$

เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่าง (mm)
 D_0 = เส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นของตัวอย่าง (mm)
 L = ความหนาของตัวอย่าง (mm)
 L_0 = ความหนาเริ่มต้นของตัวอย่าง (mm)

$$Degree\ of\ shrinkage = \frac{V}{V_0} \quad (2.3)$$

$$\frac{V}{V_0} = a \left(\frac{X}{X_0} \right)^2 + b \left(\frac{X}{X_0} \right) + c \quad (2.4)$$

เมื่อ V = ปริมาตรของตัวอย่าง (m^3)
 V_0 = ปริมาตรของตัวอย่างเริ่มต้น (m^3)
 X = ความชื้นมาตรฐานเปียกของตัวอย่าง (%)
 X_0 = ความชื้นมาตรฐานเปียกของตัวอย่างเริ่มต้น (%)
 a, b, c = ค่าคงที่

การศึกษารูปแบบการหดตัว โดยอาศัย Heywood shape factor (k) ดังแสดงในสมการ 2.5 และ 2.6 (Yang, 2003 อ้างโดย Panyawong และ Devahastin, 2005)

$$k = \frac{V}{d_a^3} \quad (2.5)$$

เมื่อ V = ปริมาตรของตัวอย่าง (m^3)

d_a = the equivalent projected area diameter of sample (m)

$$d_a = \sqrt{4A_p/\pi} \quad (2.6)$$

A_p = the projected area of sample (m^2)

2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2003)

เตรียมตัวอย่างโดยการสุ่มตัวอย่างทั้งก่อนทอดและหลังทอด จากนั้นหั่นตัวอย่างให้ละเอียดเพื่อให้การวิเคราะห์มีประสิทธิภาพ เตรียมอุปกรณ์ ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น ตู้อบไฟฟ้า (electric oven) โถดูดความชื้น (desicator) เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด จากนั้นอบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105°C นาน 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำจนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งติดต่อกัน 2 ครั้งไม่เกิน 1-3 mg ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียด ประมาณ 1-2 mg ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งให้เย็น จากนั้นชั่งน้ำหนัก อบซ้ำ โดยอบครั้งละประมาณ 30 นาที จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งติดต่อกัน 2 ครั้งไม่เกิน 1-3 mg คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร (สมการ 2.7)

$$M_w = \frac{w-d}{w} \times 100 \quad (2.7)$$

โดยที่ M_w คือความชื้นมาตรฐานเปียก w คือน้ำหนักเริ่มต้น (g) และ d คือน้ำหนักหลังอบ (g)

2.5 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Hardness)

การวิเคราะห์สำหรับตัวอย่างกล้วยหอมสุกใช้เครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA-XT2i หัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 mm ความเร็ว 2 mm/วินาที ระยะทาง 10 mm สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างกล้วยที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ ใช้เครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA-XT2i หัววัด Spherical probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{1}{4}$ นิ้ว ความเร็ว 1 mm/วินาที ระยะทาง 4 mm (ณ ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการส่งออก (ADCET))

2.6 การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยภาพถ่ายจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)

การวิเคราะห์โครงสร้างของตัวอย่าง โดยทำการศึกษาจากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JSM-5800LV, JROL) โดยถ่ายตามแนวตัดขวางของชิ้นตัวอย่าง ด้วยเทคนิคถ่ายภาพอิเล็กตรอนไมโครกราฟ สภาวะการทดสอบแบบ High Vacuum mode เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงขนาดรูพรุนของชิ้นตัวอย่างในระหว่างการทอดและวิเคราะห์การกระจายตัวของขนาดรูพรุนเปรียบเทียบกันระหว่างตัวอย่างที่สภาวะต่างๆ (ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

2.7 การวิเคราะห์ขนาดและการกระจายตัวของรูพรุน (Pore size distribution)

การวิเคราะห์ขนาดและการกระจายตัวของรูพรุนโดยอาศัยภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดซึ่งใช้โปรแกรม ImageJ ช่วยในการวิเคราะห์ (ดูวิธีการใช้โปรแกรม ImageJ ได้จากภาคผนวก ก) สำหรับการวิเคราะห์ขนาดรูพรุน โปรแกรม ImageJ จะให้ข้อมูลมาเป็นพื้นที่ (μm^2) ซึ่งสำหรับงานวิจัยนี้ได้ตั้งสมมุติฐานให้พื้นที่รูพรุนเป็นพื้นที่วงกลมจากนั้นก็คำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุนแต่ละรู และสำหรับการวิเคราะห์การกระจายตัวของขนาดรูพรุนแบ่งช่วงเส้นผ่านศูนย์กลางออกเป็น 20-30 μm

2.8 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลอง ใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel 2003 ช่วยในการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง เช่น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามากที่สุด ค่าน้อยที่สุด เป็นต้น และใช้ในการเขียนกราฟเพื่อหาแนวโน้มและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ เช่น การเขียนกราฟกับ Trend line และให้แสดง สมการความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียลกำลังสอง และ ค่า R-square เป็นต้น