

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

อุปกรณ์

1. เครื่องผลิตก๊าซโอโซน (ozone generator) ยี่ห้อ OZONIZER กำลังผลิต 1,500 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง
2. เครื่องวัดความเข้มข้นของโอโซน (ozone meter) รุ่น OZ-30 ยี่ห้อ DKK-TOA
3. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (digital refractometer) รุ่น PAL-1 ยี่ห้อ ATAGO
4. เครื่องวัดสี (colorimeter) รุ่น DR-200 ยี่ห้อ Minolta
5. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น ARC 120 ยี่ห้อ Ohaus
6. เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (firmness tester)
7. ตู้รมโอโซนปริมาตร 0.12 ลูกบาศก์เมตร (กว้าง x ยาว x สูง = 0.4 เมตร x 0.3 เมตร x 1 เมตร)
8. ตู้เย็นปรับอุณหภูมิ รุ่น PT203 ยี่ห้อ ITALY
9. ตะกร้าพลาสติก

สารเคมี

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ของบริษัท ECOLAB
2. Phenolphthalein ของบริษัท APS FINECHEM

พืชทดลอง

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองเก็บเกี่ยวที่ระยะผลแก่ทางการค้า (112 วันหลังดอกบาน) น้ำหนัก 300-400 กรัมต่อผล จากชมรมผู้ส่งออกมะม่วง จังหวัดฉะเชิงเทรา

สถานที่ทดลอง

ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพของโอโซนในการลดปริมาณเอทิลีนมาตรฐาน ในระบบปิด

นำก๊าซเอทิลีนมาตรฐาน (standard gas) ความเข้มข้น 99.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ฉีดเข้าไปในตู้ปิดสนิทขนาด 0.12 ลูกบาศก์เมตร หลังจากนั้นปล่อยก๊าซโอโซนจากเครื่อง ozone generator ที่กำลังผลิต 1500 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ความเข้มข้น 200 ppm เข้าไปในขวดดังกล่าว เป็นเวลา 0, 1, 3, 5, 10 และ 15 นาที วัดความเข้มข้นของโอโซนทันที โดยใช้เครื่อง ozone meter ที่อุณหภูมิ 13 และ 25 องศาเซลเซียส และเมื่อเวลาผ่านไป 0, 1, 5, 15, 30 และ 60 นาที ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซภายในตู้ ได้แก่ เอทิลีน โดยใช้เครื่อง gas chromatograph ชนิด flame ionization detector (FID) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนโดยใช้เครื่อง gas chromatograph ชนิด thermal conductivity detector (TCD) และก๊าซโอโซนโดยใช้เครื่อง ozone meter วัดปริมาณก๊าซข้างต้นจำนวน 3 ซ้ำต่อชุดการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณเอทิลีน โดยการคำนวณจากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การลดลง} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100$$

C_0 = ความเข้มข้นเริ่มต้น

C_1 = ความเข้มข้น ณ เวลาที่วัดผล

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของสภาวะที่เหมาะสมในการรมโอโซนต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองระหว่างการเก็บรักษา

นำมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่มีระยะความบริบูรณ์เหมาะสมต่อการส่งออกมาเก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 13 และ 25 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยก๊าซโอโซนเข้าไปในตู้ (ดังแสดงในภาพ 2) โดยเลือก 2 ระยะเวลาในการรมโอโซนที่เหมาะสมในการกำจัดเอทิลีนจากการทดลองที่ 1 (10 และ 15 นาที) และนำมะม่วงมาเก็บรักษาหลังจากการรมโอโซนเป็นเวลา 7 วัน และทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองทุกวัน โดยตรวจวัดผลต่อไปนี้

1. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก โดยวัดค่า L^* , a^* และ b^* แล้วคำนวณดัชนีการเกิดสีเหลือง ค่าความสว่างของสี (the lightness value) (L^*) เมื่อค่า L^* มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง ผลมะม่วงมีสีคล้ำ ถ้าเข้าใกล้ 100 แสดงว่าผลมะม่วงมีสีสว่าง

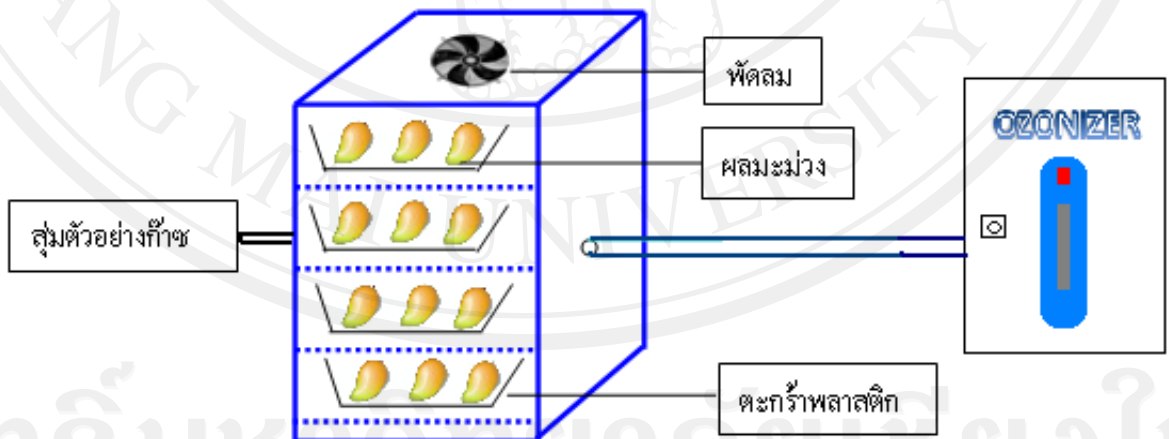
ค่าสีเขียว (a^*) มีค่าอยู่ระหว่าง -60 ถึง +60 เมื่อมีค่าเป็นลบแสดงว่าผลมะม่วงสีเขียวหากเป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีแดง ถ้าค่า a ต่ำมากแสดงว่าผลมะม่วงมีสีเขียวมาก

ค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าอยู่ระหว่าง -60 ถึง +60 เมื่อมีค่าเป็นลบแสดงว่าผลมะม่วงมีสีน้ำเงิน หากเป็นบวกแสดงว่าเป็นสีเหลือง หากมีค่าสูงมากแสดงว่าผลมะม่วงมีสีเหลืองมาก จากนั้นคำนวณค่า L^* , a^* และ b^* เป็นดัชนีการเกิดสีเหลือง (yellow index) โดย

$$\text{ดัชนีการเกิดสีเหลือง} = \frac{L^* \times b^*}{|a^*|}$$

2. อาการผิดปกติ เช่น การเกิดจุดสีดำที่เปลือกผล (ozone injury) โดยการประเมินจากลักษณะปรากฏภายนอกและให้คะแนนดังนี้

- 1 = ไม่พบการเกิดจุดสีดำ
- 2 = พบการเกิดจุดสีดำน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผล
- 3 = พบการเกิดจุดสีดำ 26-50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผล
- 4 = พบการเกิดจุดสีดำ 51-75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผล
- 5 = พบการเกิดจุดสีดำ 76-100 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผล



ภาพ 2 แสดงชุดการทดลองเพื่อศึกษาผลของโอโซนต่อการลดปริมาณเอทิลีนของผลมะม่วงในตู้ควบคุมอุณหภูมิ

การทดลองที่ 3 ผลของโอโซนต่อการควบคุมปริมาณเอทิลีนและคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้สีทองระหว่างการเก็บรักษา

นำผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีระยะความบิบูรณ์เหมาะสมต่อการส่งออก โดยเลือกชุดการทดลองที่มีสภาวะโอโซนเหมาะสมที่สุดในการกำจัดเอทิลีน โดยไม่เกิดอาการ ozone injury จากการทดลองที่ 2 และแบ่งผลมะม่วงออกเป็น ชุดควบคุม (ไม่รมก๊าซโอโซน) และชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซน (10 นาที) แบบต่อเนื่องวันเว้นวันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทำการวัดปริมาณเอทิลีนโดยใช้เครื่อง gas chromatograph ชนิด FID ส่วนก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจนโดยใช้เครื่อง gas chromatograph ชนิด TCD ทำการวัดทุก 4 วัน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 วัน และทำการวัดทุกวัน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน ตามลำดับ นอกจากนี้ทำการวัดคุณภาพของผลมะม่วงระหว่างการเก็บรักษา ดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

นำมะม่วงทุกชุดการทดลองมาชั่งน้ำหนักก่อนเก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 13 และ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักทุก 4 วันที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และชั่งน้ำหนักทุกๆ วันที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนัก ณ วันที่ทำการวัดผล}) \times 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$$

2. จำนวนวันที่ใช้ในการสุก

นำผลมะม่วงจากตู้ควบคุมอุณหภูมิ 13 และ 25 องศาเซลเซียส มาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส) นับจำนวนวันที่ผลมะม่วงใช้ในการสุก ซึ่งใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาเกี่ยวกับการสุกของผล โดยพิจารณาจากสิ่งต่อไปนี้

- 2.1 ความแน่นเนื้อ มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับหรือน้อยกว่า 2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- 2.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มีค่าต่ำกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์
- 2.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มีค่าประมาณ 12-18 เปอร์เซ็นต์

3. การเปลี่ยนสีของเปลือกและเนื้อผล

นำผลมะม่วงจากตู้ควบคุมอุณหภูมิ 13 และ 25 องศาเซลเซียส วัดสีด้วยเครื่อง chroma meter (Minolta CR-200) ของผลมะม่วงแต่ละชุดการทดลองๆ ละ 4 ผล แต่ละผลวัดสี 3 จุดคือ บริเวณขั้วกลาง และด้านล่างของผลมะม่วง รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย โดยค่าที่ได้จะแสดงออกมาเป็นค่าความสว่างของสี (L*) ค่าสีเขียว (a*) ค่าสีเหลือง (b*) การวัดค่าต่างๆ เริ่มวัดจากวันแรกของการทดลอง (วันที่ 0) จากนั้นทำการวัดทุก 4 วันที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสและทำการวัดทุกวันที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และคะแนนดัชนีการเกิดสีเหลืองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2

4. ความแน่นเนื้อ

เฉือนเปลือกผลมะม่วงบริเวณกลางผลทั้ง 2 ด้าน แล้วใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อที่มีหัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.59 เซนติเมตร สำหรับผลดิบและหัววัดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.79 เซนติเมตร สำหรับผลสุกกดลงบนเนื้อผลบริเวณกลางผลลึก 0.5 เซนติเมตร อ่านค่าที่วัดได้ แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณให้อยู่ในหน่วยของกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

5. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids; TSS)

วัดปริมาณ TSS จากน้ำคั้นมะม่วง ด้วยเครื่อง digital refractometer (ATAGO model ATC 1) โดยก่อนที่จะทำการวัดปริมาณ TSS ใช้น้ำกลั่นปรับสเกลให้เป็นศูนย์ แล้วเขี่ยน้ำกลั่นออก จากนั้นหยดน้ำคั้นที่ได้จากผลมะม่วงบน digital refractometer อ่านค่าที่ได้เป็น %Brix

6. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity; TA)

นำน้ำคั้นจากผลมะม่วงจำนวน 5 มิลลิลิตร ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน NaOH (0.1 N) โดยใช้สารละลาย phenolphthalein 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นอินดิเคเตอร์ เมื่อสารละลายมีสีชมพูเกิดขึ้นถือว่าถึงจุดยุติ (end point) นำค่าของสารละลายมาตรฐาน NaOH ที่ได้มาคำนวณปริมาณกรด โดยเทียบกับกรดซิตริกซึ่งเป็นกรดที่พบมากในมะม่วง

$$\%TA = \frac{\text{ความเข้มข้นของ NaOH}(0.1N) \times \text{ปริมาณของ NaOH ที่ใช้ (มล.)} \times 0.064}{\text{ปริมาณน้ำคั้นของมะม่วง (มล.)}} \times 100$$

ปริมาณน้ำคั้นของมะม่วง (มล.)

* milliequivalent of citric acid (anhydrous) = 0.064

7. เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

โดยให้คะแนนคัดแปลงตามวิธีของ Brodrick (1978) ดัง (ภาคผนวก ภาพ 1)

- 1 = พบการเกิดโรค 0-1 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผล
- 2 = พบการเกิดโรค 2-5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผล
- 3 = พบการเกิดโรค 6-9 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผล
- 4 = พบการเกิดโรค 10-49 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผล
- 5 = พบการเกิดโรค 50-100 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผล

ความรุนแรงของการเกิดโรค = จำนวนผลที่เป็นโรค x คะแนนการเกิดโรค (%)

จำนวนผลทั้งหมด

และเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค = จำนวนผลที่เป็นโรค x 100

จำนวนผลทั้งหมด

8. ประเมินคุณภาพในการบริโภค

การประเมินใช้ผู้ประเมิน ซึ่งคัดเลือกไว้สำหรับชิมมะม่วงตลอดการทดลอง โดยผู้ประเมินมีอายุระหว่าง 20-25 ปี ผ่านการฝึกประเมินคุณภาพแล้ว โดยมีหลักการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-point hedonic scale (Peacock *et al.*, 1986) โดยพิจารณาทั้งทางด้านสีเนื้อ (flesh color) กลิ่น (odor) รสชาติ (flavor) เนื้อสัมผัส (texture) และการยอมรับคุณภาพโดยรวม (over all acceptability) ดังนี้

- 1 = ไม่ชอบมากที่สุด (dislike extremely)
- 2 = ไม่ชอบมาก (dislike very much)
- 3 = ไม่ชอบปานกลาง (dislike moderately)
- 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย (dislike slightly)
- 5 = เฉยๆ (like nor dislike)
- 6 = ชอบเล็กน้อย (like slightly)
- 7 = ชอบปานกลาง (like moderately)
- 8 = ชอบมาก (like very much)
- 9 = ชอบมากที่สุด (like extremely)