

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัสดุคิบที่ใช้ในการทดลองคือ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (*Mangifera indica* L.)
2. วัสดุบรรจุที่ใช้ทดสอบห่อมะม่วงครั้งที่ 1 ในตารางที่ 5 และ วัสดุบรรจุที่ใช้ทดสอบห่อมะม่วงครั้งที่ 2 ในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 วัสดุบรรจุที่ใช้ทดสอบในการทดสอบห่อครั้งที่ 1

วัสดุบรรจุ*	ชนิดของวัสดุบรรจุ
VM-1	พลาสติก LDPE ผสม pigment และ CaCO ₃
V-1	พลาสติก LDPE ผสม pigment และ CaCO ₃
P-1	กระดาษเคลือบไข/กระดาษสีดำ
CONTROL	มะม่วงที่ไม่ห่อผล

ตารางที่ 6 วัสดุบรรจุที่ใช้ทดสอบในการทดสอบห่อครั้งที่ 2

วัสดุบรรจุ*	ชนิดของวัสดุบรรจุ
V-2	พลาสติก LLDPE ผสม pigment และ CaCO ₃
P-2	กระดาษเคลือบไข/กระดาษสีดำ
CONTROL	มะม่วงที่ไม่ห่อผล

วัสดุบรรจุ*: วัสดุบรรจุ V-1 และ V-2 เป็นวัสดุบรรจุชนิดเดียวกัน

วัสดุบรรจุ P-1 และ P-2 เป็นวัสดุบรรจุชนิดเดียวกัน

3. เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า ความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. เครื่องวัดสี Chroma meter Model Minolta CR – 300
5. pH meter Model Hana Instrument HI 2424
6. Refractometer Model ATAGO N - α (0-32 %Brix)
7. Testometric Model 350
8. A Double beam UV – Spectrophotometer (JASCO model 7800)
9. Gas chromatography (Acilent model 6890)
10. ตู้อบไฟฟ้าแบบควบคุมอุณหภูมิได้ (Mammert)
11. ตู้ปรับสภาวะความชื้นและอุณหภูมิ (Contherm)
12. เครื่องวัดความหนา (Thickness Tester model 49-72 TMI)
13. เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึงขาดและการขีดตัว (LLOYD ; USA)
14. เครื่องทดสอบค่าการซึมผ่านของก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ (Illinoid model 8500)
15. ถ้วยทดสอบหาค่าการซึมผ่านของไอน้ำ
16. ถ้วยหาความชื้น (Moisture can)
17. เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง (Satorious model BP 2100S)

วิธีการ

การทดลองนี้ใช้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 จากแปลงในสวนมะม่วงส่งออก อำเภอวังสมบูรณ์ จังหวัดสระแก้ว โดยใช้ผลจากต้นมะม่วงที่มีอายุประมาณ 8 ปี และคัดเลือกมะม่วงจากต้นที่มีขนาดของต้น ขนาดของผล และสีใกล้เคียงกัน ปราศจากโรค และแมลงหรือรอยตำหนิใด ๆ โดยทำการสุ่มห่อมะม่วงที่อายุ 45 วันหลังดอกบานเต็มที่ และภายหลังการห่อมีการบันทึกหมายเลขของต้นมะม่วงที่ทดสอบห่อ (TREE ID) และ วัสดุบรรจุ (BAG ID) ที่ใช้ห่อ ซึ่งงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุบรรจุที่ใช้ห่อมะม่วง และศึกษาผลของการห่อมะม่วง ต่อคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวโดยทำการทดสอบห่อมะม่วงจำนวน 2 ครั้ง ซึ่งมีการจัดการทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ทดสอบสมบัติของวัสดุบรรจุที่ใช้ห่อมะม่วง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) และทดสอบวัสดุบรรจุที่ใช้ห่อมะม่วงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ซึ่งแต่ละสถานะทดสอบมี 5 ซ้ำ และบันทึกข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยของทุกผลจากการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุบรรจุในแต่ละรายการ

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการห่อด้วยวัสดุบรรจุก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 โดยทำการทดสอบห่อมะม่วงจำนวน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ทำการทดสอบห่อมะม่วงในระหว่างวันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ. 2548 ถึงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549 โดยใช้วัสดุบรรจุดังตารางที่ 1 ครั้งที่ 2 ทำการทดสอบห่อมะม่วงในระหว่างวันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549 ถึงวันที่ 22 เมษายน พ.ศ. 2549 โดยใช้วัสดุบรรจุดังตารางที่ 2 และทำการศึกษาดังนี้

การทดลองที่ 2.1 ศึกษาผลของการห่อด้วยวัสดุบรรจุก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเติบโตของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 โดยการทดสอบห่อมะม่วงครั้งที่ 1 จะใช้มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่มีอายุเก็บเกี่ยวผล 45 , 65, 75, 85 และ 95 วันหลังดอกบานเต็มที่ และการทดสอบห่อมะม่วงครั้งที่ 2 จะใช้มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่มีอายุเก็บเกี่ยวผล 45 , 55, 65, 75, 85 , 95 และ 105 วันหลังดอกบานเต็มที่ โดยเอาวัสดุบรรจุที่ห่อมะม่วงออก ทำการเด็ดก้านผลเพื่อนำมาชั่งน้ำหนัก หลังจากสะเด็ดน้ำยางแล้ว จึงนำมะม่วงมาล้างทำความสะอาด ผึ่งผลให้แห้งและตรวจสอบคุณภาพของมะม่วงในวันแรกของการเก็บเกี่ยวดังนี้

- การเติบโตของมะม่วงมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ดังจะอธิบายในรายละเอียดต่อไป
- ปริมาณการผลิตเอทิลีนของมะม่วงมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในระหว่างการเติบโต ดังจะอธิบายในรายละเอียดต่อไป
- การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของมะม่วงมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในระหว่างเจริญเติบโต ดังจะอธิบายในรายละเอียดต่อไป

การทดลองที่ 2.2 ศึกษาผลของการห่อด้วยวัสดุบรรจุก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 วัน ภายการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 7 โดยการทดสอบห่อมะม่วงครั้งที่ 1 จะใช้มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่มีอายุเก็บเกี่ยวผล 45 65 75 85 และ 95 วันหลังดอกบานเต็มที่ และการทดสอบห่อมะม่วงครั้งที่ 2 จะใช้มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่มีอายุเก็บเกี่ยวผล 45 55 65 75 85 95 และ 105 วันหลังดอกบานเต็มที่ โดยเอาวัสดุบรรจุที่ห่อมะม่วงออก ทำการเด็ดก้านผลเพื่อให้น้ำยางไหล หลังจากสะเด็ดน้ำยางแล้ว จึงนำมะม่วงมาล้างทำความสะอาด ผึ่งผลให้แห้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง(การทดสอบห่อมะม่วงครั้งที่ 1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิเฉลี่ย 29.8 ± 4.5 องศาเซลเซียส และ การทดสอบห่อมะม่วงครั้งที่ 2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิเฉลี่ย 25.5 ± 0.5 องศาเซลเซียส องศาเซลเซียส) นาน 7 - 12 วัน และตรวจสอบคุณภาพของมะม่วงดังนี้

- การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของมะม่วงภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน (ใช้มะม่วงจากการทดสอบห่อครั้งที่ 1) ดังจะอธิบายในรายละเอียดต่อไป
- อัตราการหายใจของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องห้องนาน 12 วัน (ใช้มะม่วงจากการทดสอบห่อครั้งที่ 2) ดังจะอธิบายในรายละเอียดต่อไป
- อัตราการผลิตเอทิลีนของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 12 วัน (ใช้มะม่วงจากการทดสอบห่อครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2) ดังจะอธิบายในรายละเอียดต่อไป
- การทดสอบทางประสาทสัมผัสของมะม่วงภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน(ใช้มะม่วงจากการทดสอบห่อครั้งที่ 1) ดังจะอธิบายในรายละเอียดต่อไป

การทดลองที่ 2.3 ศึกษาผลของการห่อด้วยวัสดุบรรจุในระหว่างการเก็บรักษาต่อคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ภายการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน โดยใช้มะม่วงจากการทดสอบห่อครั้งที่ 1 ที่มีอายุเก็บเกี่ยว 95 วัน หลังดอกบานเต็มที่ โดยคงวัสดุบรรจุที่ห่อมะม่วงไว้ทำการตัดก้านผลเพื่อให้ให้น้ำยางไหล หลังจากสะเด็ดน้ำยางแล้ว จึงนำมะม่วงมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิเฉลี่ย 29.8 ± 4.5 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา นาน 7 วัน และตรวจสอบ การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของมะม่วงภายหลังการเก็บรักษาดังจะอธิบายในรายละเอียดต่อไป

การทดลองที่ 2.4 ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่ห่อผลด้วยวัสดุบรรจุชนิดต่างๆ โดยใช้มะม่วงจากการทดสอบห่อครั้งที่ 2 ที่มีอายุเก็บเกี่ยวผล 95 และ 105 วันหลังดอกบานเต็มที่ โดยเอาวัสดุบรรจุที่ห่อมะม่วงออก ทำการตัดก้านผลเพื่อให้ให้น้ำยางไหล หลังจากสะเด็ดน้ำยางแล้ว จึงนำมะม่วงมาล้างทำความสะอาด ผึ่งผลให้แห้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง(อุณหภูมิเฉลี่ย 25.5 ± 0.5 องศาเซลเซียส) นาน 7 วัน โดยสุ่มตรวจสอบคุณภาพของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษา 0 วัน 3 วัน 5 วัน และ 7 วัน ดังนี้

- การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในแต่ละสภาวะทดสอบที่อายุเก็บเกี่ยวของผล 95 วันและ 105 วัน ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 0 วัน 3 วัน 5 วัน และ 7 วัน ดังจะอธิบายในรายละเอียดต่อไป

- การทดสอบทางประสาทสัมผัสของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในแต่ละสภาวะทดสอบที่อายุเก็บเกี่ยวของผล 95 วันและ 105 วัน ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 0 วัน 3 วัน 5 วัน และ 7 วัน ดังจะอธิบายในรายละเอียดต่อไป

- การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุบรรจุที่ใช้ห่อมะม่วง และ ศึกษาผลของการห่อมะม่วงต่อคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีวิธีการทดสอบดังนี้

1. การทดสอบสมบัติของวัสดุบรรจุ

การทดสอบสมบัติของวัสดุบรรจุ โดยใช้วัสดุบรรจุดังตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) โดยสุ่มวัสดุบรรจุมาซ้ำละ 5 ตัวอย่าง แล้วทดสอบสมบัติของวัสดุบรรจุดังนี้

1.1 สมบัติการเลือกช่วงคลื่นแสงและการยอมให้แสงผ่านของวัสดุบรรจุ ทดสอบโดย คัดแปลงตามวิธีของ Kenta *et al.* (2005) โดยสุ่มตัดวัสดุบรรจุในแต่ละสภาวะทดสอบขนาด กว้าง 1 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร และวัดการดูดกลืนแสงและร้อยละของการผ่านแสงในช่วง 400 – 800 นาโนเมตร ของวัสดุบรรจุ ด้วยเครื่อง A Double beam UV – Spectrophotometer (JASCO model 7800) โดยทดสอบจำนวน 5 ซ้ำในแต่ละสภาวะทดสอบ ดังภาคผนวก ข

1.2 ความหนาของวัสดุบรรจุ ทดสอบโดยคัดแปลงตามวิธีของ ASTM WK 2798 โดยสุ่มตัดวัสดุบรรจุในแต่ละสภาวะทดสอบขนาด กว้าง 2.54 ยาว 10 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 5 จุด วัดความหนาด้วยเครื่องวัดความหนา (Thickness Tester model 79-72 TMI) ดังภาคผนวก ข

1.3 ทดสอบอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) โดยทดสอบตามวิธี ASTM E 96-93 โดยสุ่มตัดวัสดุบรรจุในแต่ละสภาวะทดสอบเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร โดย ตัวอย่างจะต้องปราศจากรอยพับ ขีดข่วน หรือรอยร้าว ทดสอบการซึมผ่านของไอน้ำโดยใช้ถ้วย ทดสอบหาค่าการซึมผ่านของไอน้ำ โดยทดสอบจำนวน 5 ซ้ำในแต่ละสภาวะทดสอบ ดังภาคผนวก ข

1.4 ทดสอบอัตราการซึมผ่านอากาศโดยทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T460 om-96 โดยใช้วัสดุบรรจุ P-1 และ P-2 ทดสอบตามวิธี ASTM D3285 โดยสุ่มตัดวัสดุบรรจุ ขนาด กว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 5 จุด

1.3 ทดสอบอัตราการซึมผ่านของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทดสอบตามวิธี ASTM D 1434 – 82 (Reapproved 1992), Procedure M. โดยสุ่มตัดวัสดุบรรจุในแต่ละสภาวะทดสอบเป็น วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ตัวอย่างจะต้องปราศจากรอยพับ ขีดข่วน หรือรอยร้าว ทดสอบอัตราการซึมผ่านของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้ด้วยเครื่องวัดอัตราการซึมผ่านก๊าซ (Illinois model 8500) โดยทดสอบจำนวน 5 ซ้ำในแต่ละสภาวะทดสอบ ดังภาคผนวก ข

1.5 ทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวของวัสดุบรรจุ โดยทดสอบตามวิธี ASTM D 882-91 โดยสุ่มตัดฟิล์มตัวอย่างขนาด 25 ± 0.01 มิลลิเมตร และยาว 150 ± 0.01 มิลลิเมตร ที่มีขอบที่เรียบและขนานกัน ทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวของวัสดุ

บรรจุ ด้วยเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัว (LLOYD ; USA) โดยทดสอบ จำนวน 5 ซ้ำในแต่ละสภาวะทดสอบ ดังภาคผนวก ข

1.4 Gammage ของกระดาษ (กรัม/ตารางเมตร) โดยใช้วัสดุบรรจุ P-1 และ P-2 ทดสอบ ตามวิธี ASTM D 646 โดยสุ่มตัดวัสดุบรรจุขนาด กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 5 จุด

1.5 Moisture Content ของกระดาษ โดยใช้วัสดุบรรจุ P-1 และ P-2 ทดสอบตามวิธี ASTM D 644-99 โดยสุ่มตัดวัสดุบรรจุ ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 5 จุด

1.6 Water Absorptiveness ของกระดาษ โดยใช้วัสดุบรรจุ P-1 และ P-2 ทดสอบตามวิธี ASTM D3285 โดยสุ่มตัดวัสดุบรรจุขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 5 จุด

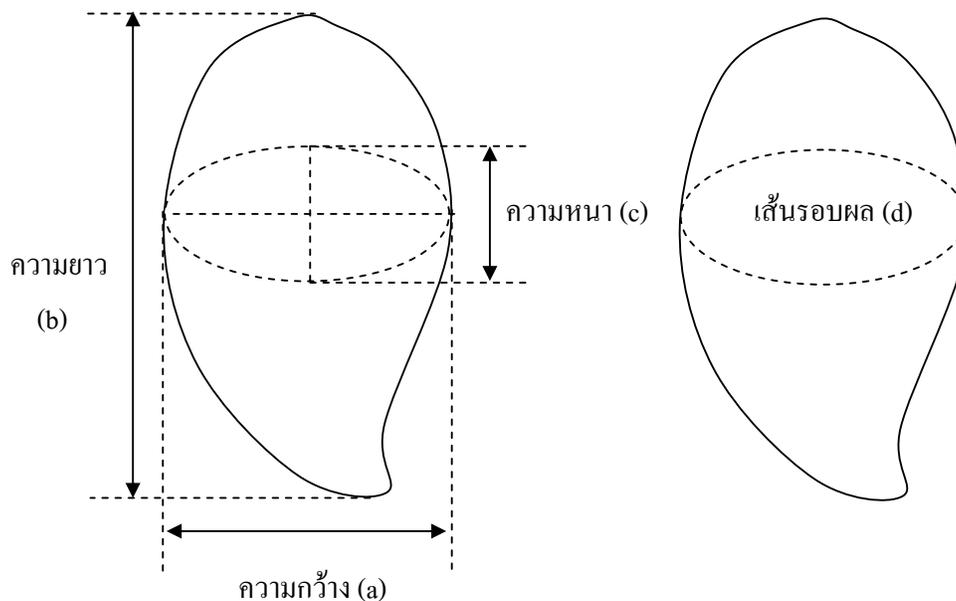
2. ศึกษาผลของการห่อมะม่วงต่อคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4

2.1 ศึกษาผลของการห่อด้วยวัสดุบรรจุก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเติบโตของมะม่วง น้ำดอกไม้เบอร์ 4

2.1.1 การเติบโตของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

ก. ร้อยละของการสูญเสียในระหว่างการห่อ ศึกษาร้อยละของมะม่วงที่สูญเสีย ในระหว่างการห่อที่อายุ 95 วันหลังดอกบานเต็มที่ (การทดสอบห่อมะม่วงครั้งที่ 1) และ 105 วัน หลังดอกบานเต็มที่ (การทดสอบห่อมะม่วงครั้งที่ 2)

ข. ขนาดและรูปร่าง ชั่งน้ำหนักและบันทึกขนาดของความกว้าง (a) ความยาว (b) ความหนา (c) และความยาวโดยรอบ (d) ของมะม่วงแต่ละผล ด้วย vernier caliper ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ตำแหน่งการวัดขนาดมะม่วงในด้านความกว้าง ความยาว ความหนา และความยาวรอบผล

ก. size และ sphericity ทดสอบตามวิธีการของ Subramanyam *et al.* (2001) โดยนำผลการหา ความกว้าง (a) ความยาว (b) ความหนา (c) และความยาวโดยรอบ(d) ของผล ในข้อ 2.1.1 คำนวณดังสมการ

$$\text{Size} = (a \times b \times c)^{1/3} \quad (1)$$

$$\text{sphericity} = b / d \quad (2)$$

ง. น้ำหนักแห้ง ทดสอบตามวิธี AOAC., 1980 เนื้อมะม่วง 20 กรัมหั่นเป็นชิ้นบางๆ นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 – 2 วัน หรือจนกว่าจะได้น้ำหนักแห้งค่อนข้างคงที่ (เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) ผลของการหาน้ำหนักแห้งมาคำนวณค่าเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้ง

จ. ความร้อนสะสม (Heat units หรือ degree days) ทดสอบโดยดัดแปลงวิธีของ Rao and Srinarth ,1967 โดยเก็บข้อมูลอุณหภูมิ 3 แห่ง คือ

อุณหภูมิภายในสวนมะม่วง โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์สูงสุด - ต่ำสุด ติดภายในสวนๆ ละ 2 จุด การติดเทอร์โมมิเตอร์ที่ต้นมะม่วงให้สูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร และไม่ให้อินแสงแดดตลอดวัน เก็บข้อมูลวันละ 1 ครั้ง เวลาประมาณ 16.00 น. ข้อมูลที่ได้มาใช้คำนวณปริมาณความร้อนสะสมของมะม่วงที่ไม่ห่อ

อุณหภูมิภายในวัสดุบรรจุ โดยใช้เทอร์มิเตอร์สูงสุด - ต่ำสุด ติดภายในวัสดุบรรจุที่ใช้ห่อมะม่วง โดยติดเทอร์โมมิเตอร์ภายในวัสดุบรรจุที่ห่อมะม่วงที่สูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร และไม่ให้อินแสงแดดตลอดวัน เก็บข้อมูลวันละ 1 ครั้ง เวลาประมาณ 16.00 น. ข้อมูลที่ได้มาใช้คำนวณ ปริมาณความร้อนสะสมของมะม่วงในแต่ละสภาวะทดสอบ

ผลการวัดอุณหภูมิจากสถานีตรวจอากาศ สถานีอยู่ใกล้สวนที่ทำการศึกษา รัศมีไม่เกิน 5 กิโลเมตร โดยข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากแต่ละแหล่งในแต่ละวันมาหาค่าเฉลี่ยแล้วนำค่าอุณหภูมิที่ได้ในแต่ละวันมา คำนวณหาค่า heat unit จากสูตร

$$\text{Heat units (CCD/day)} = \frac{(\text{Max Temp.} + \text{Min Temp.})}{2} - \text{Base Line Temp.}$$

2

Max Temp. = อุณหภูมิสูงสุดในแต่ละวัน (°ซ)

Min Temp. = อุณหภูมิต่ำที่สุดในแต่ละวัน (°ซ)

Base Line Temp. = อุณหภูมิต่ำที่สุดซึ่งทำให้พืชมีการเติบโตเพียงเล็กน้อยหรือ ไม่มีการเติบโตเลย (18°ซ)

2.1.2 ปริมาณการเอทิลีนของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเติบโต

มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในแต่ละสภาวะทดสอบ เก็บเกี่ยวที่อายุ 45 65 75 85 95 และ 105 วันหลังดอกบานเต็มที่ นำมาหาปริมาณการผลิตเอทิลีนระหว่างการเติบโต โดยทดสอบตามวิธี Benjamin *et al.*, 1996 ดังภาคผนวก ก โดยสุ่มเลือกมะม่วงบนต้นที่มีอายุ 45 วันหลังดอกบานเต็มที่ในแต่ละสภาวะ ทดสอบ มาติด septum ด้วยกาชิลิโคน จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณเอทิลีนภายใน septum

2.1.3 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในระหว่างการเติบโต

ก. ปริมาณ SS ปริมาณ TA และ สัดส่วน SS/TA

1) ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Soluble Solid; SS) โดยใช้ น้ำคั้นจากเนื้อมะม่วงบริเวณส่วนกลางผลที่ผ่านการบดแล้ว อ่านค่าเปอร์เซ็นต์ ในแต่ละผลวัด 3 ซ้ำ

2) ปริมาณกรดทั้งหมด (Titratable acidity; TA) ทดสอบตามวิธี AOAC (2000) โดยวัดมะม่วงก่อนทดสอบห่อ หลังทดสอบด้วยห่อวัสดุบรรจุและที่ไม่ได้ห่อ

3) สัดส่วน SS/TA ทดสอบโดยนำผลการหา ปริมาณ SS และ ปริมาณ TA นำมาคำนวณหา สัดส่วน SS/TA สูตร(1)

$$\text{สัดส่วน SS/TA} = \text{SS} / \text{TA} \quad (1)$$

ข. ปริมาณกรดแอสคอบิก คัดแปลงตามวิธีของ AOAC (1980) โดยใช้ น้ำคั้นจากส่วนกลางของเนื้อผล ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วเติมสาร metaphosphoric acid – acetic acid ที่เตรียมจาก HPO_3 15 กรัม ละลายใน acetic acids 40 มิลลิลิตร และเติมน้ำให้ครบ 500 มิลลิลิตร ลงไปจำนวน 5 มิลลิลิตร ทำการไตเตรทด้วย dye solution (2,6-dichloro indolphenol) จนได้ end point ที่มีสีชมพูอย่างน้อย 5 วินาที แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณวิตามินซี ใช้หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตรของน้ำคั้น

ก. ความแน่นเนื้อ ขึ้นตัวอย่างมะม่วงที่ปอกเปลือกแล้วจากแก้วทั้ง 2 ข้าง โดยมาทดสอบโดยนำบริเวณกลางผลวัดความแน่นเนื้อของมะม่วงโดยวัดแรงกดด้วยเครื่อง LLOYD testometer โดยใช้ Spherical probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตรความเร็วในการเคลื่อนที่ 20 มิลลิเมตร/ นาทีและ คมให้ขึ้นตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน แสดงในหน่วยนิวตัน (N) ในแต่ละผลทำการวัด 2 ซ้ำ

ง. สีเปลือก วัดด้วยเครื่องวัดสี Chroma meter Model Minolta CR – 300 ในระบบ Hunter lab รายงานผลเป็นค่า L , a , b โดยวัดผล 3 ตำแหน่ง คือ ขั้วกลาง และปลาย ส่วนการวัดสีเนื้อใช้ การผ่าซีก 2 ด้าน วัดด้านละ 3 ตำแหน่งเช่นกัน รายงานผลเป็นค่าสี ดังนี้ ค่า L ค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) จนถึง 100 (สีขาว) ค่า a คือ ค่าสีแดงเมื่อเป็นค่า (+) ค่าสีเขียวเมื่อเป็นค่า (-) ค่า b คือ ค่าสีเหลืองเมื่อเป็นค่า (+) ค่าสีน้ำเงินเมื่อเป็นค่า (-)

จ. ปริมาณคลอโรฟิลล์ของเปลือก โดยทดสอบตามวิธี Witham *et al.*, 1971 ดังภาคผนวก ก

ฉ. ปริมาณเบต้าแคโรทีน (β -carotene) โดยทดสอบตามวิธี Davies ,1976 ; Ritter and Purcell ,1981 ดังภาคผนวก ก

ช. ปริมาณ total nonstructural carbohydrates (TNC) ทดสอบตามวิธี Smith *et al.* (1964) ดังภาคผนวก ก

ฉ. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar; TS) ทดสอบตามวิธีของ Dubois *et al.*, 1956 ดังภาคผนวก ก

ญ. ปริมาณแป้ง ทดสอบโดยดัดแปลงตามวิธีของ Khalafalla และ Palzkill (1990) โดยนำผลการหา % TNC และ %TS นำมาคำนวณหา % แป้งจากสูตร(1)

$$\% \text{ แป้ง} = \% \text{ TNC} - \% \text{ TS} \quad (1)$$

2.2 ศึกษาผลของการห่อด้วยวัสดุบรรจุก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ภายการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 7

2.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของมะม่วงภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน

ก. ปริมาณ SS ปริมาณ TA และ สัดส่วน SS/TA

1) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (SS) ทดสอบตามวิธีเดียวกับข้อ

2.1.3ก1

2) ปริมาณกรดทั้งหมด (Titratable acidity; TA) ทดสอบตามวิธีเดียวกับข้อ

2.1.3 ก2

3) สัดส่วน SS/TA ทดสอบตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3 ก3

ข. ปริมาณกรดแอสคอบิก คัดแปลงตามวิธีของ AOAC (1980) ตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3 ก3

ค. ความแน่นเนื้อ ทดสอบตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3ง

ง. ปริมาณน้ำตาลซูโครส ฟรุกโตส กลูโคสทดสอบโดยดัดแปลงวิธีมาตรฐานของ AOAC. (2000) โดยนำเนื้อของมะม่วงในแต่ละสภาวะทดสอบมาปั่น และกรองจนได้สารละลายใส จากนั้นทดสอบหาปริมาณน้ำตาลโดยใช้เครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC) โดยใช้สภาวะทดสอบดังภาคผนวก ข (ทดสอบโดยใช้ตัวอย่างมะม่วงจากการทดสอบห่อครั้งที่ 1)

จ. สีเปลือก ทดสอบตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3จ

ฉ. ปริมาณคลอโรฟิลล์ของเปลือก โดยทดสอบตามวิธี Witham *et al.*, 1971 ตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3 ฉ

ช. ปริมาณเบต้าแคโรทีน (β -carotene) โดยทดสอบตามวิธี Davies, 1976; Ritter and Purcell, 1981 ตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3ช

2.2.2 อัตราการหายใจของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องหึ่งนาน 12 วัน ทดสอบหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลสร้างขึ้น ภายใต้ห้องที่มีสภาพควบคุมโดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 25.5 ± 0.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 โดยใช้ระบบเปิด (flow board) ดังภาคผนวก ค

2.2.3 อัตราการผลิตเอทิลีนของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องหึ่งนาน 12 วัน ทดสอบหาปริมาณเอทิลีนที่ผลสร้างขึ้น ภายใต้ห้องที่มีสภาพควบคุมโดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 29.8 ± 4.5 องศาเซลเซียส (สำหรับการทดสอบห่อครั้งที่ 1) และ ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 25.5 ± 0.5 องศาเซลเซียส (สำหรับการทดสอบห่อครั้งที่ 2) ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 โดยใช้ระบบเปิด (flow board) ดังภาคผนวก ค

2.2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของมะม่วงภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องหึ่งนาน 7 วัน มะม่วงน้ำดอกไม้ที่อายุ 95 วันหลังดอกบานเต็มที่ในแต่ละสภาวะทดสอบ โดยใช้ผู้ทดสอบ 50 คน ประเมินคุณภาพเกี่ยวกับ สีเปลือก สีเนื้อ เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น และความชอบโดยรวม โดยให้ผู้ทดสอบให้คะแนนผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 1-9 รายละเอียดแสดงดังภาคผนวกที่ ค (Heintz and Kader, 1983) (ทดสอบโดยใช้ตัวอย่างมะม่วงจากการทดสอบห่อครั้งที่ 1)

2.3 ศึกษาผลของการห่อด้วยวัสดุบรรจุในระหว่างการเก็บรักษาต่อคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องหึ่งนาน 7 วัน

2.3.1 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของมะม่วงภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องหึ่งนาน 7 วัน

ก. ปริมาณ SS ปริมาณ TA และ สัดส่วน SS/TA

1) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (SS) ทดสอบตามวิธีเดียวกับข้อ

2.1.3 ก1

2) ปริมาณกรดทั้งหมด (Titratable acidity; TA) ทดสอบตามวิธีเดียวกับข้อ

2.1.3 ก2

3) สัปดาห์ SS/TA ทดสอบตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3 ก3

ข. ปริมาณกรดแอสคอร์บิก คัดแปลงตามวิธีของ AOAC (1980) ตามวิธีเดียวกับ
ข้อ 2.1.3 ก3

ค. ปริมาณกรดแอสคอร์บิกคัดแปลงตามวิธีของAOAC (1980) ตามวิธีเดียวกับ
ข้อ 2.1.3 ก

ง. ความแน่นเนื้อ ทดสอบตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3 ง

จ. สีเปลือก ทดสอบตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3 จ

ฉ. ปริมาณคลอโรฟิลล์ของเปลือก โดยทดสอบตามวิธี Witham *et al.*, 1971
ตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3 ฉ

ช. ปริมาณเบต้าแคโรทีน (β -carotene) โดยทดสอบตามวิธี Davies, 1976;
Ritter and Purcell, 1981 ตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3 ช

2.4 ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่ห่อผลด้วยวัสดุบรรจุ
ชนิดต่างๆ

2.4.1 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของมะม่วงภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง
นาน 0 วัน 3 วัน 5 วัน และ 7 วัน

ก. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (SS) ทดสอบตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3

ก1

- ข. ปริมาณกรดทั้งหมด (Titratable acidity; TA) ทดสอบตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3 ก2
- ค. สัดส่วน SS/TA ทดสอบตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3 ก3
- ง. ปริมาณกรดแอสคอบิก คัดแปลงตามวิธีของ AOAC (1980) ตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3 ก
- จ. ความแน่นเนื้อ ทดสอบตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3 ง
- ฉ. สีเปลือก ทดสอบตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3 จ
- ช. ปริมาณคลอโรฟิลล์ของเปลือก โดยทดสอบตามวิธี Witham *et al.*, 1971 ตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3 ฉ
- ซ. ปริมาณเบต้าแคโรทีน (β -carotene) โดยทดสอบตามวิธี Davies, 1976; Ritter and Purcell, 1981 ตามวิธีเดียวกับข้อ 2.1.3 ซ

2.4.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของมะม่วงภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นาน 0 วัน 3 วัน 5 วัน และ 7 วัน โดยใช้มะม่วงน้ำดอกไม้ที่อายุ 95 วันหลังดอกบานเต็มที่ในแต่ละสภาวะทดสอบ โดยใช้ผู้ทดสอบ 50 คน ประเมินคุณภาพเกี่ยวกับ สีเปลือก สีเนื้อ ลักษณะเนื้อ รสชาติ กลิ่น และความชอบโดยรวม โดยให้ผู้ทดสอบให้คะแนนผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 1-9 รายละเอียดแสดงดังภาคผนวกที่ ค (Heintz and Kader, 1983)

3. วิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) ใช้การวิเคราะห์ Analysis of variance (ANOVA) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ด้วยวิธี Duncan ' s new multiple – range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
แห่งชาติ (MTEC)

กลุ่มงานภาชนะบรรจุอาหาร กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ศูนย์มะม่วงส่งออก กิ่งอำเภอวังสมบูรณ์ จังหวัดสระแก้ว

5. ระยะเวลาในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2546 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2549