บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 กล้วยไข่

3.1.2 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

3.1.3 สารดูดซับเอทธิลีน (ethylene absorbent)

3.1.4 สารดูดซับความชื้น (moisture absorbent)

3.1.5 ถุงพลาสติก (polyethylene , polypropylene , laminate , polyvinyl chloride)

3.1.6 เครื่องผนึกสุญญากาศ (vacuum sealer)

3.1.7 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (refrigerator)

3.1.8 เครื่องชั่งแบบดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (balance)

3.1.9 เครื่องวัดสี (colorflex® spectrophotometer)

3.1.10 เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (fruit pressure tester)

3.1.11 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน (gas analyzer)

3.1.12 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (hand refractometer)

3.1.13 เครื่องวัดอุณหภูมิภายใน (thermocouple)

3.1.14 หลอดแก้วสำหรับวัดของเหลว (burette)

3.1.15 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ , ฟีนอฟทาลีน

3.1.16 เครื่องแก้ว เช่น beaker , flask , test tube

3.1.17 อุปกรณ์ในการทำ x-section เช่น กระจกสไลด์ , กล้องจุลทรรศน์

3.1.18 อุปกรณ์อื่นๆ เช่น สมุด , ดินสอ , ปากกา , กล้องถ่ายภาพ

3.2 วิธีดำเนินงาน

การศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของภาชนะบรรจุ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และ ออกซิเจน ในขณะเก็บรักษากล้วยไข่

จัดหากล้วยไข่ซึ่งซื้อจากสวนเกษตรกรในจังหวัดจันทบุรี ที่มีอายุหลังจากตัดปลี 45 วัน หลังดอกบาน และมีลักษณะผลกลมไม่มีเหลี่ยม สีผิวสม่ำเสมอ ขนาดของผลสม่ำเสมอ นำมาทำความสะอาด เอาสิ่งสกปรก ออก นำไปบรรจุลงในถุงพลาสติก ชนิดต่างๆ ตามวิธีการทดลองใส่สารดูดซับเอทธิลีน 4 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนัก ผลผลิต และใส่สารดูดซับความชื้น จากนั้นผนึกปากถุงด้วยเครื่องผนึกสุญญากาศแล้วเติมก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ในอัตราส่วน 2:10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (PSI) จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ (13±2 ℃)

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ประกอบด้วย 4 วิธีการ วิธีการละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 6 ผล

วิธีการที่ 1 ถุงพลาสติก polyethylene (PE)

วิธีการที่ 2 ถุงพลาสติก polypropylene (PP)

วิธีการที่ 3 ถุงพลาสติก laminate (Vacuum)

วิธีการที่ 4 ฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC)

บันทึกข้อมูล ก่อนการเก็บรักษาและระหว่างการเก็บรักษา ทุกๆ 5 วัน ดังนี้

(1) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด (กรัม)

คิดโดยการทำการชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของกล้วยไข่ก่อนการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษา จากนั้นนำน้ำหนักที่ได้มาคิดเป็นร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสด และคำนวณตามสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด} = \frac{\text{น้ำหนักสดก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักสดหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักสดก่อนการเก็บรักษา}} \times 100$$

(2) ปริมาณ CO_2 :O_2 ในภาชนะบรรจุ

ภายหลังบรรจุผลกล้วยไข่เรียบร้อยแล้ว นำไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 13±2 องศาเซลเซียส และทุกๆ 3 ชั่วโมง นำภาชนะบรรจุดังกล่าวมาวัดปริมาณก๊าซ CO_2:O_2 ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณ CO_2 :O_2(Gas Analyzer) จำนวน 12 ครั้ง จากนั้นทุกๆ 5 วัน จึงทำการวัดปริมาณก๊าซ CO_2 :O_2 จนกว่าจะสิ้นอายุการเก็บรักษา

(3) ปริมาณ total soluble solid (TSS)

นำผลกล้วยไข่มาคั้นน้ำออก จากนั้นนำน้ำคั้นมาหยดลงบน hand refractometer แล้วอ่านค่า TSS มีหน่วยเป็น brix

(4) ปริมาณ tritratable acidity (TA)

นำกล้วยไข่มาคั้นน้ำออก จากนั้นนำน้ำคั้นปริมาตร 5 มิลลิลิตรมาเติมสารละลาย phenolphthalein ความเข้มข้น 1% จำนวน 3 หยด เพื่อใช้เป็น indicator จากนั้นนำไปไทเทรตด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน (NaOH) ความเข้มข้น 0.1N จนกระทั่งถึง end point (น้ำคั้นเปลี่ยนเป็นสีชมพูถาวร) บันทึกปริมาตรด่างที่ใช้ เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดมาลิคจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดมาลิค} = \frac{\text{N base x ml. Base x meq.wt . ของกรดมาลิค}}{\text{มิลลิลิตรของน้ำคั้นที่ใช้}} \times 100$$

โดย N base = normality ของ NaOH

ml. base = จำนวนมิลลิลิตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรท

meq.wt. ของกรดมาลิค = 0.06705

(5) การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกกล้วยไข่ทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาโดยใช้เครื่องวัดสี colorflex® spectrophotometer เป็นค่า L*a*b* color space

(6) การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ

ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อกล้วยไข่ทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาโดยใช้เครื่องวัดสี colorflex® spectrophotometer เป็นค่า L*a*b* color space

(7) ความแน่นเนื้อ

ใช้ effegi penetrometer ซึ่งมีหัวเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.11 เซนติเมตร กดลงบนผิวเปลือกกล้วยลึก 0.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ครั้งต่อผล จากนั้นแปลงค่าความแน่นเนื้อที่ได้เป็นนิวตัน โดยคูณด้วย 9.807 มีหน่วยเป็นนิวตัน (Kader. 1982 ; สายชล เกตุษา และอภิตา บุญศิริ. 2546)

(8) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ในกรณีที่มีการสุกขณะเก็บรักษา)

หลังการเก็บรักษา นำกล้วยไข่มาชิม โดยใช้ผู้ชิม 8 ท่าน เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะ คือ ลักษณะภายนอก-ภายใน กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนแบบ hedonic scale 5 ระดับ ดังนี้ 9= ชอบมากที่สุด 7 = ชอบมาก , 5 = ชอบ , 3= พอใช้, 1= ไม่ชอบ(British Nutrition Foundation. 2001 ; Vigneault *et al*. 2004)

บันทึกข้อมูล ภายหลังการนำผลกล้วยไข่มาบ่มที่อุณหภูมิห้อง ดังนี้

(1) ปริมาณ total soluble solid (TSS)

นำผลกล้วยไข่มาคั้นน้ำออก จากนั้นนำน้ำคั้นมาหยดลงบน hand refractometer แล้วอ่านค่า TSS มีหน่วยเป็น brix

(2) ปริมาณ tritratable acidity (TA)

นำกล้วยไข่มาคั้นน้ำออก จากนั้นนำน้ำคั้นปริมาตร5 มิลลิลิตรมาเติมสารละลาย phenolphthalein ความเข้มข้น 1% จำนวน 3 หยด เพื่อใช้เป็น indicator จากนั้นนำไปไทเทรตด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน (NaOH) ความเข้มข้น 0.1N จนกระทั่งถึง end point (น้ำคั้นเปลี่ยนเป็นสีชมพูถาวร) บันทึกปริมาตรด่างที่ใช้ เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดมาลิคจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดมาลิค} = \frac{\text{N base x ml. Base x meq.wt . ของกรดมาลิค x 100}}{\text{มิลลิลิตรของน้ำคั้นที่ใช้}}$$

โดย N base = normality ของ NaOH

ml. base = จำนวนมิลลิลิตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรท

meq.wt. ของกรดมาลิค = 0.06705

(3) การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกกล้วยไข่ทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาโดยใช้เครื่องวัดสี colorflex® spectrophotometer เป็นค่า L*a*b* color space

(4) การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ

ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อกล้วยไข่ทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาโดยใช้เครื่องวัดสี colorflex® spectrophotometer เป็นค่า L*a*b* color space

(5) ความแน่นเนื้อ

ใช้ effegi penetrometer ซึ่งมีหัวเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.11 เซนติเมตร กดลงบนผิวเปลือกกล้วยลึก 0.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ครั้งต่อผล จากนั้นแปลงค่าความแน่นเนื้อที่ได้เป็นนิวตัน โดยคูณด้วย 9.807 มีหน่วยเป็นนิวตัน (Kader. 1982 ; สายชล เกตุษา และอภิตา บุญศิริ. 2546)

(6) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

หลังการเก็บรักษา นำกล้วยไข่มาชิม โดยใช้ผู้ชิม 8 ท่าน เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะ คือ ลักษณะภายนอก-ภายใน กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนแบบ hedonic scale 5 ระดับ ดังนี้ 9= ชอบมากที่สุด, 7 = ชอบมาก , 5 = ชอบ , 3= พอใช้, 1= ไม่ชอบ(British Nutrition Foundation. 2001 ; Vigneault *et al.* 2004)

(7) อายุการเก็บรักษา

นับจากวันที่เริ่มเก็บรักษาไปจนถึงวันที่เริ่มยอมรับผลผลิตไม่ได้ เช่น สีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีดำ ผลนิ่ม หรือลักษณะอื่นๆ ที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การทดลองที่ 2 ผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ CO_2 และ O_2 ในขณะเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศสมดุลของกล้วยไข่ภายหลังการทำ precooling

จัดหากล้วยไข่ซึ่งซื้อจากสวนเกษตรกรในจังหวัดจันทบุรี ที่มีอายุหลังจากตัดปลี 45 วัน หลังดอกบานและมีลักษณะผลกลมไม่มีเหลี่ยม สีผิวสม่ำเสมอ ขนาดของผลสม่ำเสมอ นำมาทำความสะอาด เอาสิ่งสกปรกออก แล้วนำมาเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ และระยะเวลาต่างๆ กัน ตามวิธีที่กำหนดไว้ ทุกขั้นตอนที่ทำต้องมีความระมัดระวังไม่ให้กล้วยไข่ชอกช้ำ ใส่สารดูดซับเอทธิลีน 4 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักผลผลิต และใส่สารดูดซับความชื้น จากนั้นผนึกปากถุงด้วยเครื่องผนึกสุญญากาศแล้วเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ในอัตราส่วน 2:10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (PSI) จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ (13±2 ℃)

วางแผนการทดลองแบบ 4x5 factorial in completely randomized design ประกอบด้วย 20 treatment combinations วิธีการละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 6 ผล และมี 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัย A คือ ระดับอุณหภูมิในการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (องศาเซลเซียส) มี 4 ระดับ คือ

a_1 = 5 องศาเซลเซียส

a_2 = 0 องศาเซลเซียส

a_3 = -5 องศาเซลเซียส

a_4 = -20 องศาเซลเซียส

ปัจจัย B คือ ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (นาที) มี 5 ระดับ คือ

b_1 = 15 นาที

b_2 = 20 นาที

b_3 = 25 นาที

b_4 = 30 นาที

b_5 = 35 นาที

การบันทึกข้อมูลก่อนและระหว่างการเก็บรักษาทุกๆ 5 วัน ดังนี้

(1) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด (กรัม)

คิดโดยการทำการชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของกล้วยไข่ก่อนการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษา จากนั้นนำน้ำหนักที่ได้มาคิดเป็นร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสด และคำนวณตามสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด} = \frac{\text{น้ำหนักสดก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักสดหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักสดก่อนการเก็บรักษา}} \times 100$$

(2) ปริมาณ CO_2 :O_2 ในภาชนะบรรจุ

ภายหลังบรรจุผลกล้วยไข่เรียบร้อยแล้ว นำไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 13±2 องศาเซลเซียส และทุกๆ 3 ชั่วโมง นำภาชนะบรรจุดังกล่าวมาวัดปริมาณก๊าซ CO_2:O_2 ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณ CO_2 :O_2(Gas Analyzer) จำนวน 12 ครั้ง จากนั้นทุกๆ 5 วัน จึงทำการวัดปริมาณก๊าซ CO_2 :O_2 จนกว่าจะสิ้นอายุการเก็บรักษา

(3) อุณหภูมิภายใน

วัดอุณหภูมิภายในของกล้วยไข่ โดยการใช้เครื่องวัดอุณหภูมิภายใน (thermocouple) แทงเข้าไปในผลกล้วยไข่ที่ผ่านการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วแล้วจึงอ่านค่าออกมามีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

(4) ปริมาณ total soluble solid (TSS)

นำผลกล้วยไข่มาคั้นน้ำออก จากนั้นนำน้ำคั้นมาหยดลงบน hand refractometer แล้วอ่านค่า TSS มีหน่วยเป็น brix

(5) ปริมาณ tritratable acidity (TA)

นำกล้วยไข่มาคั้นน้ำออก จากนั้นนำน้ำคั้นปริมาตร5 มิลลิลิตรมาเติมสารละลาย phenolphthalein ความเข้มข้น 1% จำนวน 3 หยด เพื่อใช้เป็น indicator จากนั้นนำไปไทเทรตด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน (NaOH) ความเข้มข้น 0.1N จนกระทั่งถึง end point (น้ำคั้นเปลี่ยนเป็นสีชมพูถาวร) บันทึกปริมาตรด่างที่ใช้ เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดมาลิคจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดมาลิค} = \frac{\text{N base} \times \text{ml. Base} \times \text{meq.wt . ของกรดมาลิค}}{\text{มิลลิลิตรของน้ำคั้นที่ใช้}} \times 100$$

โดย N base = normality ของ NaOH

ml. base = จำนวนมิลลิลิตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรท

meq.wt. ของกรดมาลิค = 0.06705

(6) ลักษณะเนื้อเยื่อ

บันทึกลักษณะเนื้อและเปลือกของกล้วยไข่ ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (precooling) จากนั้นนำผลกล้วยไข่มาตัด x-section เพื่อศึกษาลักษณะเนื้อเยื่อของเนื้อและเปลือกของกล้วยไข่

(7) การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกกล้วยไข่ทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาโดยใช้เครื่องวัดสี colorflex® spectrophotometer เป็นค่า L*a*b* color space

(8) การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ

ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อกล้วยไข่ทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาโดยใช้เครื่องวัดสี colorflex® spectrophotometer เป็นค่า L*a*b* color space

(9) ความแน่นเนื้อ

ใช้ effegi penetrometer ซึ่งมีหัวเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.11 เซนติเมตร กดลงบนผิวเปลือกกล้วยลึก 0.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ครั้งต่อผล จากนั้นแปลงค่าความแน่นเนื้อที่ได้เป็นนิวตัน โดยคูณด้วย 9.807 มีหน่วยเป็นนิวตัน (Kader. 1982 ; สายชล เกตุษา และอภิตา บุญศิริ. 2546)

บันทึกข้อมูล ภายหลังการนำผลกล้วยไข่ที่บ่มที่อุณหภูมิห้อง ดังนี้

(1) ปริมาณ total soluble solid (TSS)

นำผลกล้วยไข่มาคั้นน้ำออก จากนั้นนำน้ำคั้นมาหยดลงบน hand refractometer แล้วอ่านค่า TSS มีหน่วยเป็น brix

(2) ปริมาณ tritratable acidity (TA)

นำกล้วยไข่มาคั้นน้ำออก จากนั้นนำน้ำคั้นปริมาตร5 มิลลิลิตรมาเติมสารละลาย phenolphthalein ความเข้มข้น 1% จำนวน 3 หยด เพื่อใช้เป็น indicator จากนั้นนำไปไทเทรตด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน (NaOH) ความเข้มข้น 0.1N จนกระทั่งถึง end point (น้ำคั้นเปลี่ยนเป็นสีชมพูถาวร) บันทึกปริมาตรด่างที่ใช้ เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดมาลิคจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดมาลิค} = \frac{\text{N base x ml. Base x meq.wt . ของกรดมาลิค}}{\text{มิลลิลิตรของน้ำคั้นที่ใช้}} \times 100$$

โดย N base = normality ของ NaOH

ml. base = จำนวนมิลลิลิตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรท

meq.wt. ของกรดมาลิค = 0.06705

(3) การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกกล้วยไข่ทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาโดยใช้เครื่องวัดสี colorflex® spectrophotometer เป็นค่า L*a*b* color space

(4) การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ

ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อกล้วยไข่ทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาโดยใช้เครื่องวัดสี colorflex® spectrophotometer เป็นค่า L*a*b* color space

(5) ความแน่นเนื้อ

ใช้ effegi penetrometer ซึ่งมีหัวเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.11 เซนติเมตร กดลงบนผิวเปลือกกล้วยลึก 0.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ครั้งต่อผล จากนั้นแปลงค่าความแน่นเนื้อที่ได้เป็นนิวตัน โดยคูณด้วย 9.807 มีหน่วยเป็นนิวตัน (Kader. 1982 ; สายชล เกตุษา และอภิตา บุญศิริ. 2546)

(6) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

หลังการเก็บรักษา นำกล้วยไข่มาชิม โดยใช้ผู้ชิม 8 ท่าน เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะ คือ ลักษณะภายนอก-ภายใน กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนแบบ hedonic scale 5 ระดับ ดังนี้ 9= ชอบมากที่สุด ,7 = ชอบมาก, 5 = ชอบ , 3= พอใช้, 1= ไม่ชอบ(British Nutrition Foundation. 2001 ; Vigneault *et al*. 2004)

(7) อายุการเก็บรักษา

นับจากวันที่เริ่มเก็บรักษาไปจนถึงวันที่เริ่มยอมรับผลผลิตไม่ได้ เช่น สีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีดำ ผลนิ่ม หรือลักษณะอื่นๆ ที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้ผลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ตาราง Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4 สถานที่ดำเนินงาน

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

รวมระยะเวลาในการดำเนินการทั้งสิ้น 12 เดือน