รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **แผนงานวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตผลเกษตร

2. **โครงการวิจัย** : การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรักษาคุณภาพผลิตผลสด หลังการเก็บเกี่ยว

   กิจกรรม : -

   กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -

3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : การยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Extending Shelf Life of Fruit in Modified Atmosphere

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

   หัวหน้าการทดลอง : นายภาณุมาศ โคตรพงศ์ กวป.

   ผู้ร่วมงาน : นางสาวงามพิศ สุดเสน่ห์ กวป.

   นางสาวกุลวดี ฐาน์กาญจน์ ศวพ.ปทุมธานี

5. **บทคัดย่อ** :

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงเป็นแนวทางหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว ในการทดลองนี้จึงกล้วยหอมทองเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคไปทั่วโลกมาใช้เป็นผลไม้ต้นแบบในการศึกษา ประเทศไทยมีการส่งออกกล้วยหอมไปจำหน่ายยังหลายประเทศ โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น แต่เนื่องด้วยระยะทาง และเวลาในการขนส่ง การรักษาคุณภาพของผลิตผลจึงเป็นสิ่งสำคัญ จึงเป็นที่มาของวัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองด้วยวิธีการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ (MAP) โดยการใช้การใช้บรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE ที่มีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของแก๊สแตกต่างกัน พบว่า กล้วยหอมทองที่ได้รับสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซออกซิเจน (O_2) ปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ 28 วัน ในสภาพควบคุมอุณหภูมิต่ำที่ 13 องศาเซลเซียส ส่งผลให้คุณภาพด้านกายภาพของกล้วยหอมทองดีที่สุด ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี มีค่าเท่ากับ 0.61 เปอร์เซ็นต์ 14.18 °Brix 0.18 เปอร์เซ็นต์ และ 3.63 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม รองลงมา คือ กรรมวิธีบรรจุแบบ MAP มีก๊าซ CO_2 ปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซ O_2 ปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ และเพื่อความสะดวกต่อการใช้งานของเกษตรกรจึงเปลี่ยนจากการใช้ความเข้มข้นของ

กรมวิชาการเกษตร

ก๊าซเป็นระยะเวลาการบรรจุก๊าซ พบว่า การบรรจุก๊าซ CO_2 และ O_2 นาน 15 วินาที ให้ผลทำนองเดียวกันกับการให้ก๊าซ CO_2 5 เปอร์เซ็นต์ และ ก๊าซ O_2 5 เปอร์เซ็นต์ ที่มีคุณภาพด้านกายภาพ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีมีค่าเท่ากับ 0.92 เปอร์เซ็นต์ 14.01 °Brix 0.17 เปอร์เซ็นต์ และ 2.98 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

Abstract

Gros Michel banana is a fruit that is popular for consumption all over the world. Thailand has exported bananas to many countries, especially in Japan. Wherewith distance and time of transportation, maintaining the quality of the product is important. It is the objective of extending the shelf life of bananas through modified atmosphere packaging (MAP). The bananas were packed in a type (LDPE) bag that affected extending the shelf life of Bananas at different gas concentrations. It was found that the Gros Michel bananas obtained in atmospheric conditions containing 10 percent carbon dioxide (CO_2) and 5 percent oxygen (O_2) were able to extend the shelf life for 28 days in conditions. Controlled low temperature of 13 degrees Celsius, resulting in the best physical quality of Bananas, including weight loss, total soluble solid, Titratable acidity, vitamin C content was 0.61 percent, 14.18 °Brix, 0.18 percent and 3.63 mg / 100 g respectively. Changing from the use of gas concentration to time it was found that filling of CO_2 and O_2 for 15 seconds had a similar effect with the physical quality of 5 percent CO_2 and 5 percent O_2. Weight loss Soluble solids content Titrated acid content and the vitamin C content were 0.92 percent, 14.01 °Brix, 0.17 percent and 2.98 milligrams per 100 grams.

6. คำนำ :

ปัจจุบันการส่งออกกล้วยหอมทองของประเทศไทยมีแนวโน้มปริมาณเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากเป็นที่นิยมของผู้บริโภคในต่างประเทศ โดยเฉพาะในตลาดญี่ปุ่น ซึ่งการส่งออกผลไม้ไปจำหน่ายยังต่างประเทศนั้น ต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่งที่นาน การจัดการ และรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพราะมีผลโดยตรงต่อคุณภาพ และความชอบของผู้บริโภค ดังนั้น การรักษาคุณภาพของผลิตผลให้ได้มากที่สุด ตั้งแต่เก็บเกี่ยวจนกระทั่งถึงผู้บริโภคจึงเป็นสิ่งสำคัญ การรักษาคุณภาพของผลิตผลนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งวิธีที่นิยมใช้ในการรักษาคุณภาพ คือ การใช้บรรจุภัณฑ์แบบดัดแปลงบรรยากาศ (modified atmosphere packaging: MAP) ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีการปรับสัดส่วนบรรยากาศภายใน ให้มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่าง ๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ โดยลดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน (O_2) และเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งวิธีการนี้ ไม่สามารถควบคุมปริมาณแก๊สให้คงที่ได้ การเก็บรักษาแบบดัดแปลงสภาพบรรยากาศจะช่วย

กรมวิชาการเกษตร

ลดอัตราการหายใจของเนื้อเยื่อ และลดการผลิตก๊าซเอทิลีน ซึ่งส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าปกติ ชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และรักษาคุณภาพในระหว่างการวางจำหน่าย (Soliva-Fortuny และ Martin-Belloso, 2003) เนื่องจาก ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำ ทำให้ไม่สามารถสังเคราะห์แก๊สเอทิลีน รวมถึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มมากขึ้นมีโครงสร้างทางเคมีที่ใกล้เคียงกับเอทิลีน ซึ่งสามารถไปแย่ง active site ของเอทิลีนได้ ทำให้สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงภายในผลิตผล นอกจากนี้ยังสามารถลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และลดอาการผิดปกติทางสรีระวิทยา ที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างเก็บรักษาได้ นอกจากนี้ การใช้ MAP ร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำ ยังส่งผลต่อกระบวนการต่าง ๆ ทางสรีรวิทยาให้เกิดขึ้นในอัตราช้าลงได้อีกด้วย (จริงแท้, 2538)

จากการศึกษาของ Watada *et al*. (1996) และ Rattanapanone *et al*. (2001) พบว่าการใช้ MAP ที่มีความเข้มข้นของ O_2 4 kPa และ CO_2 10 kPa สามารถเก็บรักษาผลมะม่วงได้นานกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ สอดคล้องกับ Fagundes *et al*. (2015) ที่ใช้ MAP มีความเข้มข้นของ O_2 5 เปอร์เซ็นต์ และ CO_2 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถลดอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน การรักษาความแน่นเนื้อ ชะลอการลดลงของปริมาณน้ำตาล และกรดภายในผล อีกทั้งสามารถใช้ร่วมกับสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 0.5 ไมโครลิตรต่อลิตร ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลมะเขือเทศเชอร์รี่ และรักษาระดับของกิจกรรมของเอนไซม์ super oxidase dismutase, peroxidase และ catalase ได้ถึง 210 วัน ในผลแพร์ (Li *et al*., 2013) และมีรายงานการเก็บรักษากล้วยด้วยวิธี MAP ที่อุณหภูมิ 12 ± 1 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 85–90 เปอร์เซ็นต์ พบว่า กล้วยสูญเสียน้ำหนักเพียง 0.7 เปอร์เซ็นต์ สีเปลือก และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มีคุณภาพสามารถเก็บรักษาได้นานถึง 5 สัปดาห์ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมสามารถเก็บรักษาได้เพียง 3 สัปดาห์เท่านั้น (Kudachikar *et al*., 2011) โดยการใช้สารดูดซับ (O_2 , CO_2 และเอทิลีน) ใน MAP เป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และรักษาความสดใหม่ได้ (Thompson, 1998) การใช้ MAP แม้จะมีรายงานในหลายผลิตผลว่าสามารถรักษาคุณภาพของผลิตผลได้ แต่ทั้งนี้ก็ควรคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น ลักษณะเฉพาะของผลิตผล ปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น โดยปัจจัยที่สำคัญที่สุด สำหรับการใช้วิธี MAP คือ การเลือกฟิล์มและชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่มีความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซต่าง ๆ ที่จะสามารถช่วยควบคุมการแลกเปลี่ยนก๊าซ ระหว่างการวางจำหน่าย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะทำให้เกิด กลิ่น และรสชาติผิดปกติ (จริงแท้, 2541) เช่น การใช้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ ความหนา 40 ไมครอน สามารถเร่งการพัฒนาสีเปลือกของกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บเกี่ยวได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟความหนา 25 ไมครอน เป็นต้น

7. วิธีดำเนินการ :

- อุปกรณ์

1. พืชทดลอง ได้แก่ กล้วยหอมทอง
2. ตะกร้าพลาสติก
3. กล่องโฟม
4. ถุงพลาสติก ชนิด low density polyethylene (LDPE)
5. เครื่องบรรจุภัณฑ์
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก
7. เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
8. กรรไกรตัดแต่งกิ่ง
9. เครื่องเป่าลมแห้ง
10. ถุงมือยาง
11. หมวกคลุม
12. ปากกาเคมี
13. ขวดรูปชมพู่
14. บีกเกอร์
15. ปิเปรต
16. หลอดทอลอง
17. กระดาษกรอง
18. ผ้าก๊อซ
19. ห้องควบคุมอุณหภูมิต่ำ (Room cooling)
20. เครื่องชั่งน้ำหนัก
21. เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (Texture analyzer)
22. เครื่องวัดสี (Color reader)
23. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Digital refractometer)
24. เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Data logger)

กรมวิชาการเกษตร

- **วิธีการ**

1. ทดสอบสมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์

นำถุงบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด low density polyethylene (LDPE) ที่จำหน่ายเป็นการค้ามาทดสอบสมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ความหนาของฟิล์ม (thickness) อัตราการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transmission rate; WVTR) อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate; O_2TR) อัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbondioxide transmission rate; CO_2TR) และอัตราการซึมผ่านก๊าซไนโตรเจน (nitrogen transmission rate; NTR)

2. ทดสอบการยืดอายุการเก็บรักษา

วางแผนการทดลองแบบ split plot in RCB โดยมีกรรมวิธีในการดัดแปลงสภาพบรรยากาศเป็น main plot และอายุการเก็บรักษา เป็น sub plot มี 6 กรรมวิธี แต่ละกรรมวิธี มี 5 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ตามวิธีการปฏิบัติของผู้ส่งออก (control)

กรรมวิธีที่ 2 ไม่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ

กรรมวิธีที่ 3 สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5% และก๊าซออกซิเจน 5%

กรรมวิธีที่ 4 สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10% และก๊าซออกซิเจน 5%

กรรมวิธีที่ 5 สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 15% และก๊าซออกซิเจน 5%

3.การบันทึกผล

ทำการบันทึกคุณภาพผลเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน โดยวัดปริมาณก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์และเอทิลีนภายในบรรจุภัณฑ์ และคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี

3.1 การสูญเสียน้ำหนัก

นำกล้วยหอมทองมาชั่งน้ำหนักในวันที่บันทึกข้อมูล จากนั้นนำน้ำหนักก่อนการทดลอง และน้ำหนักในวันที่บันทึกผลมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักด้วยสูตร

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนักวันที่บันทึกผล}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$$

.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ทำการปั่นเนื้อกล้วยหอมทอง และน้ำกลั่น ในอัตรา 1: 3 จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที นำส่วนใสที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่อง Digital Refractometer (ATAGO., รุ่น PR-101, Japan) อ่านค่าที่ได้ในหน่วย °Brix

กรมวิชาการเกษตร

3.3 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

นำส่วนใสที่ได้จากการปั่นเนื้อกล้วยหอมทอง และน้ำกลั่น ในอัตรา 1: 3 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติม Phenolphthalein ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็น indicator จำนวน 2 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มเข้น 0.1 N จนถึงจุดยุติ หรือ สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน นำค่าปริมาณ NaOH ที่ใช้ในการ ไทเทรตไปคำนวณหาปริมาณกรดในรูปของเปอร์เซ็นต์กรดมาลิกจากสูตร (AOAC., 1990)

$$\% \text{ TA} = \frac{(\text{N NaOH})(\text{ml NaOH})(\text{meq. wt of malic acid})}{\text{ml of sample}} \times 100$$

N NaOH คือ Normality ของสารละลายด่างมาตรฐาน (0.1 N)

ml NaOH คือ ปริมาตร (ml) ของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

meq.wt of malic acid คือ 0.067

3.4 ปริมาณวิตามินซี

การเตรียมสารละลายกรดแอสคอร์บิคมาตรฐาน (SIGMA-Aldrich, Chemie, Steinheim, Germany) ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม /100 มิลลิลิตร) นำกรดแอสคอร์บิคปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมกรดออกซาลิกปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วย สารละลาย 2,6-dichlorophenolinophenol จนกระทั่งถึงจุดยุติ คือ จุดที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างน้อย 5 วินาที

นำส่วนใสที่ได้จากการปั่นเนื้อกล้วยหอมทอง และน้ำกลั่น ในอัตรา 1: 3 (A.O.A.C, 1980) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมกรดออกซาลิกปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปไทเทรตด้วย สารละลาย 2,6 dichlorophenolinophenol จนกระทั่งถึง จุดยุตติ หรือจุดที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างน้อย 5 วินาที นำค่าของปริมาตรสารละลาย 2, 6 dichloroindophenols ที่ใช้ไป มาคำนวณหาความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิค

$$\text{ปริมาณวิตามินซี} = \frac{\text{ปริมาณ 2,6-dichloroindophenol ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง}}{\text{ปริมาณน้ำคั้นที่ใช้ (ml)}} \times 100$$

โดยมีหน่วยเป็น มิลลิกรัม กรดแอสคอร์บิค/100 มิลลิลิตรน้ำคั้น (mg Ascorbic acid/100mL juice)

ระยะเวลาทำการทดลอง

ตุลาคม 2559 - กันยายน 2563

กรมวิชาการเกษตร

สถานที่ทำการทดลอง

- อาคารปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน
- กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน
- กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์ :

8.1 ข้อมูลระบบการจัดการผลิตกล้วยหอมทองของแปลงที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้

8.1.1 แปลงปลูก

พื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองมีจำนวนทั้งสิ้น 200 ไร่ ทำการแบ่งพื้นที่ปลูกออกเป็นแปลง (บล็อก) จำนวน 4 แปลง ซึ่งแต่ละแปลงจะทำการปลูกต้นกล้วยระยะเวลาห่างกันนาน 3 เดือน จำนวน 300-400 ต้นต่อไร่ แปลงปลูกมีลักษณะยกร่องสูง คูน้ำล้อมรอบ ระยะปลูก 1.5-2 เมตร จำนวน 3 แถวต่อร่อง ผลผลิตที่ได้จำนวนต่อต้น 1 ต้นมี 1 เครือ ใน 1 เครือมีจำนวน 5-7 หวี ซึ่งมีผลผลิต 300-400 เครือต่อไร่

ภาพที่ 1 แปลงปลูกกล้วยหอมทองเพื่อการส่งออกที่ใช้ในการทดลอง

8.1.2 การให้ปุ๋ย

การให้ปุ๋ยนั้น ทำการให้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยก่อนปลูกรองก้นหลุมปลูกด้วยปุ๋ยคอก ส่วนหลังปลูกจะทำการให้ปุ๋ยเคมีจำนวน 4 ครั้ง ครั้งที่ 1 เมื่อกล้วยมีอายุ 30 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ครั้งที่ 2 เมื่อกล้วยอายุ 60 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 25-7-7 ครั้งที่ 3 เมื่อกล้วยอายุ 90 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-16 และครั้งที่ 4 เมื่อต้นกล้วยมีอายุประมาณ 5 เดือน ใส่ปุ๋ยสูตร 8-24-24 ช่วงระยะเวลาในการให้ปุ๋ย คือ ช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ช่วงเย็นหรือช่วงเช้า

กรมวิชาการเกษตร

8.1.3 การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวกล้วยหอมทองสามารถเลือกเก็บเกี่ยวได้ 2 ระยะตามตลาดปลายทางที่ต้องการนำไปจำหน่าย คือ ระยะเก็บเกี่ยวเพื่อจำหน่ายภายในประเทศ จะนิยมเก็บเกี่ยวในระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยา หรือระยะที่กล้วยมีอายุหลังปลูกประมาณ 8 เดือน 15 วัน และระยะเก็บเกี่ยวสำหรับการส่งออก หรือระยะที่กล้วยมีอายุหลังปลูก 7 เดือน 15 วัน หลังจากการเก็บเกี่ยวกล้วยหอมทองแบบเครือแล้ว จะนำมาตัดแบ่งเป็นหวี โดยทำการตัดแบ่งในน้ำ เพื่อล้างยางกล้วย และป้องกันยางกล้วยติดผิวผล จากนั้นเลือกกล้วยหวีที่มีคุณภาพดี ผิวไม่มีตำหนิ และสีผิวสม่ำเสมอ มาล้างด้วยน้ำสะอาด และผึ่งให้แห้ง หลังจากนั้นนำน้ำส้มสายชูมาทาบริเวณรอยตัด เพื่อป้องกันเนื้อเยื่อบริเวณที่เป็นแผลเปลี่ยนสีเป็นสีดำ จากนั้น นำหวีกล้วยมาบรรจุลงกล่องกระดาษ จำนวนกล่องละ 5-6 หวี ซึ่งแต่ละกล่องมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 12 - 13.5 กิโลกรัม โดยราคาผลผลิตอยู่ที่เครือละ 170 บาท สำหรับฤดูกาลปลูก สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่ราคาผลผลิตจะสูง ในช่วงเดือนมีนาคม – เมษายน

8.1.4 ขั้นตอนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตกล้วยหอมทอง

ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ระยะแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำผลผลิตมายังโรงคัดบรรจุ เพื่อทำการตัดแต่ง ด้วยการแบ่งเป็นหวีออกจากเครือ และตัดแต่งผลที่มีตำหนิ ไม่สมบูรณ์ออก โดยการตัดหวี และตัดแต่งผลในน้ำ เพื่อล้างน้ำยางของกล้วย ตลอดทั้ง เพื่อความสะดวกในการทำความสะอาด ขจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ที่ติดมาจากแปลงปลูก ด้วยการใช้ฟองน้ำในการทำความสะอาด และเพื่อความสวยงามของผลผลิต จากนั้นนำผลผลิตผึ่งให้แห้ง หลังจากผลผลิตแห้งสนิทแล้ว ให้นำผลผลิตบรรจุใส่ลงกล่อง (ภาชนะบรรจุ) ที่เตรียมไว้ และใส่พลาสติกกันกระแทก เพื่อป้องกันการกระแทกของหวีกล้วย เมื่อทำการบรรจุผลผลิตลงกล่องเรียบร้อยแล้ว นำผลผลิตขึ้นรถห้องเย็นที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิที่ 15 องศาเซลเซียส เพื่อทำการขนส่งไปยังปลายทาง

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 2 ขนส่งผลผลิตมายังโรงคัดบรรจุ

ภาพที่ 3 ตัดหวีออกจากก้านเครือกล้วย ในน้ำเพื่อล้างน้ำยาง พร้อมกับตัดแต่งหวีกล้วย และตัดลูกที่ไม่สมบูรณ์ออก

ภาพที่ 4 หลังจากทำความสะอาดแล้ว นำหวีกล้วยมาผึ่งให้แห้ง

ภาพที่ 5 บรรจุกล้วยในกล่องที่มีถุงพลาสติก และพลาสติกกันกันกระแทก

ภาพที่ 6 นำกล่องกล้วยหอมขึ้นรถห้องเย็นที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เพื่อขนส่งไปยังที่หมายต่อไป

8.2 การทดสอบสมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง

จากการวิเคราะห์สมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ low density polyethylene (LDPE) ที่จำหน่ายเป็นการค้า พบว่า ถุงบรรจุภัณฑ์มีความหนา 36.3 ไมครอน อัตราการซึมผ่านไอน้ำ 11.4 g/m^2/day อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน 5,950 cm^3/m^2/day อัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 22,000 cm^3/m^2/day และมีอัตราการซึมผ่านก๊าซไนโตรเจน 1,700 cm^3/m^2/day (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง

packaging type	thickness (μm)	WVTR (g/m^2/day)	OTR (cm^3/m^2/day)	CO_2TR (cm^3/m^2/day)	NTR (cm^3/m^2/day)
low density polyethylene (LDPE)	36.3	11.4	5,950	22,000	1,700

กรมวิชาการเกษตร

8.3 ทดสอบความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนต่อการเก็บรักษากล้วยหอมทองในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

8.3.1 ปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์

จากการทดลองบรรจุกล้วยหอมทอง ในถุง LDPE แบบ MAP โดยดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในถุงให้มีปริมาณ O_2 5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณ CO_2 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า การดัดแปลงสภาพบรรยากาศมีผลต่อปริมาณก๊าซ O_2 , CO_2 และเอทิลีน ดังนี้

การเก็บรักษากล้วยหอมทองในสภาพ MAP ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในถุงให้มีปริมาณ O_2 5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณ CO_2 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ O_2 ในถุงเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 0.81 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในถุงให้มีปริมาณ O_2 5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณ CO_2 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ O_2 เท่ากับ 1.05 และ 1.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณ O_2 ในถุงเพียง 0.1 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณก๊าซ CO_2 ในถุงบรรจุภัณฑ์ พบว่า ปริมาณ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามกรรมวิธีที่กำหนดให้มี CO_2 เพิ่มสูงขึ้น กล่าวคือ กรรมวิธีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในถุงให้มีปริมาณ O_2 5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณ CO_2 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซ CO_2 เท่ากับ 17.18, 19.07 และ 20.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีที่มีมีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศมีปริมาณก๊าซ CO_2 เพียง 10.02 เปอร์เซ็นต์

สอดคล้องกับการทดลองของ เสาวภา และธีรพงษ์ (2551) พี่พบว่า การเก็บรักษาผลส้มโอที่มีการบรรจุแบบ liner (‘bag-in-box’ type) ในถุงแอคทีฟ มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าผลส้มโอในสภาพบรรยากาศปกติ เช่นเดียวกับการทดลองของ Koukounaras *et al*. (2019) ที่พบว่า การเก็บรักษาผักกาดหอมในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสามารถเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศได้ เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ

การเก็บรักษากล้วยหอมทอง ในถุง LDPE แบบ MAP ทำให้มีปริมาณก๊าซเอทิลีนที่เพิ่มขึ้นในกรรมวิธีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในถุงให้มีปริมาณ O_2 5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณ CO_2 15 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณก๊าซเอทิลีนมากถึง 107.13 ppm เมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในถุงให้มีปริมาณ O_2 5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณ CO_2 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่มีปริมาณก๊าซเอทิลีนเท่ากับ 74.36 และ 82.37 ppm ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีที่ไม่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศมีปริมาณเอทิลีนเพียง 46.67 ppm (ตารางที่ 2)

กรมวิชาการเกษตร

จากผลการทดลองในข้างต้น จะพบว่า กรรมวิธีที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศจะมีปริมาณก๊าซเอทิลีนมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Koukounaras *et al*. (2019) ที่พบว่า การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงมีความเข้มข้นของแก๊สเอทิลีนมากกว่าผักกาดหอมในสภาพปกติ เนื่องจาก การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกตินั้น มีอิสระในการผ่านเข้า – ออกของแก๊ส ทำให้แก๊สเอทิลีนสามารถระบายออกสู่บรรยากาศได้ ในขณะที่ในบรรจุภัณฑ์มีข้อจำกัดในเรื่องการผ่านเข้า – ออกของของแก๊ส จึงทำให้มีความเข้มข้นของแก๊สเอทิลีนมากกว่าการเก็บรักษาในสภาพปกติ

8.3.2 คุณภาพของกล้วยหอมทอง

การเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่า กรรมวิธีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในถุงให้มีปริมาณ O_2 5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณ CO_2 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นกรรมวิธีที่ดีที่สุด เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 0.61 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณวิตามินซีสูงถึง 3.63 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เช่นเดียวกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่นโดยมีค่าเท่ากับ 14.18 °Brix และ 0.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือ กรรมวิธีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในถุงให้มีปริมาณ O_2 5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณ CO_2 5 เปอร์เซ็นต์ ที่มีค่าการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีที่มีปริมาณ O_2 5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณ CO_2 10 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.92 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 14.01 °Brix และปริมาณกรดที่ไทเทรต 0.17 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่มีปริมาณวิตามินซีเพียง 2.98 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในถุงให้มีปริมาณ O_2 5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณ CO_2 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าเท่ากับ 13.58 °Brix ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าเท่ากับ 0.14 เปอร์เซนต์ ส่วนปริมาณวิตามินซีมีค่าเท่ากับ 2.82 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ โดยมีค่าการสูญเสียน้ำหนัก 0.79 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าเท่ากับ 13.23 °Brix และมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.16 เปอร์เซนต์ (ตารางที่ 3)

สอดคล้องกับการทดลองของ Kudachikar *et al*. (2011) รายงานว่า เมื่อนำกล้วยดิบ (ผิวสีเขียว) เก็บรักษาใน MAP ที่อุณหภูมิ 12 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85–90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมเก็บรักษาได้ 3 สัปดาห์ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 5.0 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าในกล้วยสุก (ผิวสีเหลือง) ที่เก็บรักษาใน MAP ที่อุณหภูมิ 12 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85–90 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 7.1 เปอร์เซ็นต์ โดยที่กรรมวิธีควบคุมเก็บรักษาได้ 3 สัปดาห์ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 12.0 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกันการสูญเสียน้ำหนักที่ลดลง อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติการซึมผ่าน ของฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE ซึ่ง

สอดคล้องกับ Isaak *et al*. (2006) รายงานว่าการเก็บรักษา และคุณภาพของผลิตผล ด้วยบรรจุภัณฑ์ MAP ที่อุณหภูมิ 13 ± 1 องศาเซลเซียส และที่ความชื้นสัมพัทธ์ 87-92 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ รวมถึงลักษณะทางสัมผัส และทางสรีรวิทยาของกล้วยอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และการใช้ฟิล์ม LDPE สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักทางสรีรวิทยา และสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้

Kudachikar *et.al*. (2007) ได้รายงานว่า การเก็บรักษากล้วย 'Poovan' ภายใต้บรรจุภัณฑ์ MAP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้การสูญเสียน้ำหนักลดลง หลังจากการเก็บรักษา 28 วัน มีค่าเท่ากับ 1.4 เปอร์เซ็นต์ กล้วย ‘Robusta’ แก่ (ผิวสีเขียว) และกล้วยสุก (ผิวสีเหลือง) สุกระดับ 75–80 เปอร์เซ็นต์ บรรจุด้วยวิธี MAP ถุง LDPE ภายใต้อุณหภูมิต่ำ (12 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85–90 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 7 และ 5 สัปดาห์ ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเป็น 5.9 และ 24.0 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นจาก 0.26 เป็น 0.38 เปอร์เซ็นต์ (Kader 1986)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2 ปริมาณก๊าซในถุงบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษากล้วยหอมทองในสภาพบรรยากาศดัดแปลงเป็นเวลา 28 วัน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	ปริมาณก๊าซ		
	O_2 (%)	CO_2 (%)	Ethylene (ppm)
ไม่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ	0.10b	10.02b	46.67b
5%O_2+5%CO_2	0.81a	17.18a	74.36ab
5%O_2+10%CO_2	1.05a	19.07a	82.37ab
5%O_2+15%CO_2	1.12a	20.91a	107.13a
F-test	*	*	*
CV (%)	12.34	34.56	32.89

ตารางที่ 3 ผลของการเก็บรักษากล้วยหอมทองในสภาพบรรยากาศดัดแปลงเป็นเวลา 28 วัน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	การสูญเสียน้ำหนัก (%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (°Brix)	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%)	ปริมาณวิตามินซี (mg/100g)
ไม่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ	0.79	13.23b	0.16b	2.62b
5%O_2+5%CO_2	0.92	14.01a	0.17a	2.98b
5%O_2+10%CO_2	0.61	14.18a	0.18a	3.63a
5%O_2+15%CO_2	0.70	13.58b	0.14b	2.82b
F-Test	ns	*	*	*
CV (%)	12.34	21.13	24.31	23.46

กรมวิชาการเกษตร

8.4 ทดสอบความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนต่อการเก็บรักษากล้วยหอมทองในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ปี 2562

ในปีงบประมาณ 2562 มีการปรับเปลี่ยนกรรมวิธีเพื่อให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์แก่เกษตรกรได้จริง โดยจากเดิมที่มีการบรรจุก๊าซกำหนดให้มีความเข้มข้นเป็นเปอร์เซ็นต์ได้มีการปรับเปลี่ยนให้เป็นวินาที โดยเปลี่ยนจากการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซ O_2 5% และก๊าซ CO_2 5%, ก๊าซ O_2 5% ก๊าซ CO_2 10%, และก๊าซ O_2 5% ก๊าซ CO_2 15% ให้เป็นบรรจุก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 นาน 15 และ30 วินาที (ตารางที่ 4) เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย และสะดวกยิ่งขึ้น

จากความสัมพันธ์ของเวลาในการบรรจุก๊าซกับปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ในถุงบรรจุภัณฑ์ได้ปรับลดกรรมวิธีเหลือ 3 กรรมวิธี โดยกรรมวิธีที่บรรจุก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 15 วินาที มีปริมาณก๊าซ O_2 ในถุงบรรจุภัณฑ์ 5.78 % และ CO_2 ในถุงบรรจุภัณฑ์ 10.15 % ในขณะที่กรรมวิธีที่บรรจุก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 30 วินาที มีปริมาณก๊าซ O_2 ในถุงบรรจุภัณฑ์ 6.56 % และ CO_2 ในถุงบรรจุภัณฑ์ 12.34 % ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีการปฏิบัติของผู้ส่งออกที่มีปริมาณก๊าซ O_2 ในถุงบรรจุภัณฑ์เพียง 1.53 % และปริมาณก๊าซ CO_2 ในถุงบรรจุภัณฑ์มีเพียง 2.75 % (ตารางที่ 5)

Isaak *et al*. (2006) รายงานว่าการเก็บรักษา และคุณภาพของผลิตผล ด้วยบรรจุภัณฑ์ MAP ที่อุณหภูมิ 13 ± 1 องศาเซลเซียส และที่ความชื้นสัมพัทธ์ 87-92 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีปริมาณ CO_2 และ O_2 เท่ากับ 5.1 และ 5.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ Kudachikar *et.al*. (2007) พบว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ MAP สามารถรักษาระดับก๊าซ CO_2 และ O_2 ได้นานถึง 3 สัปดาห์ หลังจากนั้นระดับก๊าซ CO_2 ใน MAP จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นหลังจากเก็บรักษา 6 สัปดาห์ และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่สัปดาห์ที่ 7 ปริมาณก๊าซ O_2 จะลดลงอย่างมาก ปริมาณก๊าซ CO_2 และ O_2 ที่คงที่ในบรรจุภัณฑ์ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดในกิจกรรมของเอนไซม์ โดยเฉพาะการเผาผลาญ การหายใจ และอาจมีผลต่อปฏิกิริยาออกซิเดทีฟฟอสโฟรีเลชัน (Kader 1986)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4 กรรมวิธีที่ใช้ในการทดลองการเก็บรักษากล้วยหอมทองในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

กรรมวิธีแบบเดิม (ปี 2561)	กรรมวิธีแบบใหม่ (ปี 2562)
กรรมวิธีที่ 1 ตามวิธีการปฏิบัติของผู้ส่งออก (control)	กรรมวิธีที่ 1 ตามวิธีการปฏิบัติของผู้ส่งออก (control)
กรรมวิธีที่ 2 ไม่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ	กรรมวิธีที่ 2 บรรจุก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 15 วินาที
กรรมวิธีที่ 3 สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซ O_2 5% และก๊าซ $CO_2$5%	กรรมวิธีที่ 3 บรรจุก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 30 วินาที
กรรมวิธีที่ 4 สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซ O_2 5% และก๊าซ CO_2 10%	
กรรมวิธีที่ 5 สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซ O_2 5% และก๊าซ CO_2 15%	

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ของเวลาในการบรรจุก๊าซกับปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงบรรจุภัณฑ์

กรรมวิธี	ออกซิเจน (%)	คาร์บอนไดออกไซด์ (%)
กรรมวิธีที่ 1 ตามวิธีการปฏิบัติของผู้ส่งออก (control)	1.53	2.75
กรรมวิธีที่ 2 บรรจุก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 15 วินาที	5.78	10.15
กรรมวิธีที่ 3 บรรจุก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 30 วินาที	6.56	12.34

กรมวิชาการเกษตร

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจนต่อการเก็บรักษากล้วยหอมทอง ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่า กรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของผู้ส่งออก กล้วยหอมทองมีการสูญเสียน้ำหนัก 0.80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติจากกรรมวิธีอื่น ๆ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าเพียง 13.46 °Brix ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่ามากถึง 0.21 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีปริมาณวิตามินซีเพียง 2.84 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนกล้วยหอมทองที่บรรจุในถุง LDPE ในแต่ละกรรมวิธี พบว่า มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.92-0.95 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.18-0.19 เปอร์เซ็นต์ โดยกล้วยหอมทองที่บรรจุในถุง LDPE ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศบรรจุก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 15 วินาที กล้วยหอมทองมีคุณภาพที่ดีที่สุด มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณวิตามินซีมีค่ามากถึง 15.35 °Brix และ 3.56 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ในขณะที่กรรมวิธีที่บรรจุก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 30 วินาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 14.56 °Brix ปริมาณวิตามินซีมีค่าเท่ากับ 3.01 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบเดิม (2561) ผลการทดลองที่ได้คล้ายกับกรรมวิธีที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซ O_2 5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณ CO_2 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกรรมวิธีแบบใหม่นี้ (ปี 2562) เกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้จริง (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ผลของการเก็บรักษากล้วยหอมทองในสภาพบรรยากาศดัดแปลงเป็นเวลา 28 วัน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	การสูญเสียน้ำหนัก (%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (°Brix)	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%)	ปริมาณวิตามินซี (mg/100g)
ตามวิธีการปฏิบัติของผู้ส่งออก (control)	0.80	13.46b	0.21a	2.84b
บรรจุก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 15 วินาที	0.95	15.35a	0.18b	3.56a
บรรจุก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 30 วินาที	0.92	14.56b	0.19b	3.01b
F-Test	ns	*	*	*
CV (%)	14.66	19.45	13.66	19.34

กรมวิชาการเกษตร

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ :

การยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทอง ด้วยวิธีการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ พบว่า กล้วยหอมทองที่ได้รับสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจน ปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ 28 วัน ในสภาพควบคุมอุณหภูมิต่ำที่ 13 องศาเซลเซียส ส่งผลให้คุณภาพด้านกายภาพของกล้วยหอมทองดีที่สุด ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี มีค่าเท่ากับ 0.61 เปอร์เซ็นต์ 14.18 °Brix 0.18 เปอร์เซ็นต์ และ 3.63 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ แต่เพื่อความสะดวกต่อการใช้งานของเกษตรกรจึงเปลี่ยนจากการใช้ความเข้มข้นของก๊าซเป็นระยะเวลาการปล่อยก๊าซ พบว่า การบรรจุก๊าช CO_2 และ O_2 นาน 15 วินาที ให้ผลทำนองเดียวกันกับการให้ก๊าซ CO_2 5 เปอร์เซ็นต์ และ ก๊าซ O_2 5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อยืนยันผลของการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทอง ด้วยวิธีการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ ด้วยถุง LDPE อาจทำการวัดคุณภาพด้านชีวเคมี ด้วยการหาปริมาณสารพฤษเคมีต่าง ๆ เช่า สารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟลาโวนอยด์ และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ :

สามารถนำเทคโนโลยีการเก็บรักษาผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงไปแนะนำให้เกษตรกรเพื่อประยุกต์ใช้ประโยชน์ต่อไป

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี) : -

12. เอกสารอ้างอิง :

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. กองพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

เสาวภา ไชยวงศ และ ธีรพงษ เทพกรณ์. 2551. ผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงตอคุณภาพของสมโอพันธุทองดีในระหวางการเก็บรักษา. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 39 (3) (พิเศษ) : 289-290.

Fagundesa C., K. Moraesa, M.B. Pérez-Gagob, L. Paloub, M. Maraschinc and A.R. Monteiroa. 2015. Effect of active modified atmosphere and cold storage on the postharvest quality of cherry tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**. 109: 73-81.

Isaak P.G., V.B. Kudachikar, S.G. Kulkarni, M.S. Vasantha, M.N. Keshava Prakash and K.V.R. Ramana. 2006. Shelf life and quality of modified atmosphere packed plantains during low temperature storage. **Food Sci Technol** 43:671–676.

กรมวิชาการเกษตร

Kader A.A., 2002. **Post-harvest Technology of Horticultural Crops**, 3rd ed. University of California, Oakland, California. Division of Agriculture and Natural Resources Publication.

Koukounaras, A, Siomos, A.S., Gerasopoulos, D. and Papachristodoulou, M. 2019. Active modified atmosphere package induced a new physiological disorder of minimally processed romaine lettuce leaves. **Food Packaging and Shelf Life** 22.

Kudachikar V.B., S.G. Kulkarni and M.N.K. Prakash 2011. Effect of modified atmosphere packaging on quality and shelf life of 'Robusta' banana (Musa sp.) stored at low temperature. **Food Sci Technol** 48, 319–324. https://doi-org.portal.lib.ku.ac.th/10.1007/s13197-011-0238-y

Rattanapanone, N., Y. Lee, T. Wu and A.E. Watada. 2001. Quality and microbial changes of fresh-cut mango cubes held in controlled atmosphere. **HortScience** 36(6): 1091-1095.

Thompson, AK., 1998. **Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables.** CAB International, New York

Watada, A.E., N.P. Ko and D.A. Minott. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**. 9: 115-125.

13. ภาคผนวก : -

กรมวิชาการเกษตร