

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชุดโครงการวิจัย :
2. โครงการวิจัย : การจัดการคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก
กิจกรรมที่ 3 : การใช้เทคโนโลยีควบคุมบรรยากาศด้วย CO₂ ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุผลิตผลสด
3. ชื่อการทดลอง : การใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด
: Using of high CO₂ treatment to prolong storage life of fresh fruit
4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : นางสาวคมจันทร์ สรจันท์
ผู้ร่วมงาน : นางสาวปรารค์ทอง กวานห้อง
นางศิริกานต์ ศรีธัญรัตน์
กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
5. บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด มีวัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดโดยใช้ high CO₂ shock โดยทดลองในมะม่วงน้ำดอกไม้และลองกอง ทำการทดลองที่อาคารปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2554-กันยายน 2558 แบ่งเป็น 4 การทดลอง ได้แก่ 1. การใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง 2. การใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง 3. การใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง และ 4. การใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง การทดลองการใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง วางแผนการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) กรรมวิธีคือ การให้

CO₂ ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 30%CO₂+5%O₂, 50%CO₂+5%O₂ และ 70%CO₂+5%O₂ เปรียบเทียบกับไม่ให้ CO₂ (ชุดควบคุม) แก่ผลมะม่วงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13° ซ หลังจากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13° ซ สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 21 และ 28 วัน และเมื่อนำมาวางที่อุณหภูมิห้อง (25° ซ) จนกระทั่งผลสุก พบว่า ผลมะม่วงที่ได้รับ CO₂ ความเข้มข้นสูงทุกกรรมวิธี มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อ และคุณภาพทางเคมีไม่แตกต่างทางสถิติกับผลมะม่วงที่ไม่ได้รับ CO₂ ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีสามารถเก็บรักษาได้นาน 14 วัน และเมื่อนำมาวางที่อุณหภูมิห้อง (25°ซ) จะสุกภายใน 4 วัน การทดลองการใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง โดยให้ 70%CO₂+5%O₂ แก่ผลมะม่วงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13° ซ แล้วนำผลมะม่วงมาบรรจุด้วยฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบ CRD คือ หุ้มด้วยฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride: PVC) บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (linear low density polyethylene: LLDPE) และบรรจุในถุง M-tech 4 (M4) เปรียบเทียบกับการไม่บรรจุฟิล์มพลาสติก (ชุดควบคุม) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13° ซ สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 14 21 และ 28 วัน และเมื่อนำมาวางที่อุณหภูมิห้อง (25° ซ) จนกระทั่งผลสุก พบว่า ผลมะม่วงเก็บรักษาในถุง M4 สามารถชะลอการสุกและลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น แต่อย่างไรก็ตามการเก็บรักษามะม่วงในฟิล์มบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธี สามารถเก็บรักษาได้นาน 21 วัน การให้ CO₂ ความเข้มข้นสูงแก่ผลมะม่วงร่วมกับการเก็บรักษาในฟิล์มบรรจุภัณฑ์ทุกกรรมวิธี สามารถเก็บรักษาได้นาน 21 วัน และใช้ระยะเวลาสุกที่อุณหภูมิห้อง (25°ซ) นาน 4 วัน แต่การให้ CO₂ ความเข้มข้นสูงเพียงอย่างเดียว ยังไม่มีผลชัดเจนในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง การทดลองการใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง วางแผนการทดลองแบบ CRD กรรมวิธีคือ การให้ CO₂ ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 10%CO₂+5%O₂, 30%CO₂+5%O₂ และ 50%CO₂+5%O₂ เปรียบเทียบกับไม่ให้ CO₂ (ชุดควบคุม) แก่ผลลองกองเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13° ซ หลังจากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13° ซ แล้วสุ่มมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 6 9 และ 12 วัน พบว่า ผลลองกองที่ได้รับ CO₂ ความเข้มข้นสูง มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลลองกองที่ไม่ได้รับ CO₂ แต่อย่างไรก็ตาม การให้ CO₂ ความเข้มข้นสูงไม่สามารถลดการเกิดเปลือกสีน้ำตาล การหลุดร่วงของผลลองกองได้ และการให้ CO₂ ความเข้มข้นสูงยังทำให้ผลลองกองเกิดการเปลือกสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ผลลองกองทุกกรรมวิธีมีคุณภาพทางเคมีไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา การทดลองการใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง โดยให้ 10%CO₂+O₂5% แก่ผลลองกองเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13° ซ แล้วนำผลลองกองออกมาบรรจุ

ด้วยฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบ CRD ได้แก่ หุ้มด้วยฟิล์ม PVC บรรจุในถุง LLDPE และบรรจุในถุง M4 เปรียบเทียบกับการไม่บรรจุฟิล์มพลาสติก (ชุดควบคุม) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13° ซ สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 6 9 และ 12 วัน พบว่า ผลลองกองที่ได้รับ CO₂ ความเข้มข้นสูงแล้วนำมาเก็บรักษาด้วยฟิล์มพลาสติกทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลลองกองชุดควบคุม การเก็บรักษาลองกองด้วยฟิล์มพลาสติก สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกของลองกองได้เพียงเล็กน้อย โดยมีค่าความสว่าง (L*) สูงกว่าชุดควบคุม แต่ยังไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจน อย่างไรก็ตาม การให้ CO₂ ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงยังไม่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาลองกองได้ โดยผลลองกองบรรจุในฟิล์มพลาสติกทุกกรรมวิธีมีผลหลุดร่วงเกือบทั้งหมดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา

Abstract

The object of this study was to determine the effect of high CO₂ shock on storage life of mango and longkong. The first experiment, mango fruit were treated with 30%CO₂+5%O₂, 50%CO₂+5%O₂ and 70%CO₂+5%CO₂ compared with non-treated (control) at 13° C for 24 hours. Then fruit were stored at 13° C for 14 21 and 28 days. After that, fruit were transfer to room temperature (25° C) until fruit were ripe. The result showed that mango fruit treated with high CO₂ in all concentration has no different in weight loss, skin color, peel and flesh firmness, total soluble solid, titratable acidity and vitamin C with non-treated fruits. Mango in all treatments can be stored for 14 days at 13° C and ripen naturally after transfer to 25° C for 4 days. Afterward, the effect of high CO₂ and modified atmosphere packaging (MAP) were determined. Mango fruit were treated with 70%CO₂+5%O₂ for 24 hours at 13° C then stored in modified atmosphere packaging: wrapped with polyvinyl chloride (PVC), packed in linear low density polyethylene (LLDPE) bag and M-Tech (M4) bag compared with non-packaging. Then the fruit were stored at 13° C for 7 14 21 and 28 days and transferred to 25° C until fruit were ripe. M4 bag has good result for retard ripening and reduce weight-loss than other treatment. However mango fruit treated with high CO₂ and MAP could be stored for 21 days, high CO₂ treatment only has unclear effect for prolong storage life of mango. Further, effect of high CO₂ on storage life of longkong were determined. Longkong fruit were treated with 10%CO₂+5%O₂, 30%CO₂+5%O₂ and 50%CO₂+5%O₂ compared with non-treated (control) at 13° C for 12 hours then stored at 13°C for 3 6 9 and 12 days. The result shown that longkong treated with high CO₂ all treatment has lower weight-

loss than non-treated. However high CO₂ treatment could not reduce skin browning and fruit drop. Longkong treated with higher CO₂ concentration has higher skin browning and longkong fruit in all treatment has no different in chemical quality. The effect of high CO₂ and MAP were also determined. Longkong fruit were treated with 10%CO₂+5%O₂ for 12 hours at 13° C then wrapped with PVC, packed in LLDPE bags and M4 bag compared with non-packaging. The fruit were stored at 13° C for 3 6 9 and 12 days. The result shown that longkong treated with high CO₂ and MAP has lower weight-loss and higher L* value than control. However high CO₂ treatment with MAP could not prolong storage life of longkong, almost longkong fruits in all packaging has drop when stored for 6 days.

6. คำนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปี 2558 ประเทศไทยส่งออกผลมะม่วงสดปริมาณ 33,902.66 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,211.09 ล้านบาท มูลค่าการส่งออกของผลมะม่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี มะม่วงที่มีการส่งออกส่วนใหญ่เป็นมะม่วงที่บริโภคเมื่อผลสุก ตลาดส่งออกที่สำคัญ คือ ญี่ปุ่น มาเลเซีย เกาหลีใต้ สิงคโปร์ อินโดนีเซีย ยุโรป สหรัฐอเมริกา (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) การส่งออกผลมะม่วงไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศโดยการขนส่งทางอากาศสามารถส่งผลิตผลไปถึงตลาดปลายทางได้รวดเร็ว แต่มีค่าใช้จ่ายสูง ทำให้ต้นทุนสูงขึ้น สำหรับการขนส่งทางเรือสามารถขนส่งได้เป็นจำนวนมากและมีค่าใช้จ่ายถูกลง แต่ใช้ระยะเวลาเวลานาน และการส่งออกมะม่วงทางเรือยังมีข้อจำกัด เนื่องจากผลมะม่วงมีอายุการเก็บรักษาสั้น ปัญหาการเน่าเสียจากโรคแอนแทรกโนส และโรคขั้วผลเน่า นอกจากนี้ยังมีปัญหาในเรื่องคุณภาพการสุกไม่ดี ซึ่งวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และวิธีการเก็บรักษา เป็นปัจจัยสำคัญของการยืดอายุมะม่วง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาเพื่อให้สามารถขนส่ง และวางจำหน่ายได้เป็นระยะเวลาเวลานาน

ลองกอง (*Aglaia dookoo* Griff) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้ และภาคตะวันออก ลองกองเป็นผลไม้ที่ชื่นชอบของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ ผลผลิตลองกองเกือบทั้งหมดใช้บริโภคภายในประเทศ อย่างไรก็ตามปัจจุบันลองกองเริ่มเป็นที่สนใจของชาวต่างประเทศ โดยมีการส่งออกลองกองทางเครื่องบินไปยังตลาดฮ่องกงและตลาดจีน แต่การพัฒนาการส่งออกลองกองยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร มีการส่งออกไปกับตู้บรรจุผลไม้ชนิดอื่นบ้างในจำนวนน้อยมาก และยังคงประสบปัญหาผลผลิตเสียหายระหว่างการขนส่งทางเรือในเปอร์เซ็นต์สูง ยิ่งนอกจากนี้ลองกองยังประสบปัญหาอายุการเก็บรักษาจำหน่ายสั้น ลองกองจะเสื่อมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวเร็วมาก โดยสีผิวเปลือก

เปลี่ยนจากสีเหลืองนวลเป็นสีน้ำตาลไหม้ มีอาการผลเน่า และผลหลุดร่วงจากช่อผล ภายในระยะเวลา 2-3 วัน หลังการเก็บเกี่ยวเท่านั้น ซึ่งยังไม่มีการวิจัยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและคงคุณภาพของผลที่เหมาะสม

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณ O_2 ต่ำ และ CO_2 สูง โดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere packaging) หรือควบคุมสภาพบรรยากาศ (control atmosphere) ช่วยลดอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน สามารถชะลอการสุก และช่วยคงคุณภาพในการรับประทาน การได้รับ O_2 ความเข้มข้นต่ำ และ/หรือ CO_2 ความเข้มข้นสูง ในระยะเวลาสั้น ๆ อาจใช้สำหรับควบคุมอาการผิดปกติทางสรีรวิทยา โรค หรือแมลงได้ (Kader, 1994) การให้ CO_2 ความเข้มข้น 5-40% เป็นเวลา 1-3 วัน แก่สตรอเบอร์รี่ ตามด้วยการเก็บรักษาในห้องเย็น $0^\circ C$ เป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่า ผลสตรอเบอร์รี่ที่ได้รับ CO_2 ความเข้มข้นสูงมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นกว่าผลสตรอเบอร์รี่ที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ (Harker *et al.*, 2000) การให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงเป็นระยะเวลาสั้นแก่สาลี่พันธุ์ D'Anjou ช่วยพัฒนาความสามารถในการสุก ขณะที่ผลที่ไม่ได้รับ CO_2 ไม่สามารถสุกได้เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน นอกจากนี้ CO_2 ความเข้มข้นสูงยังช่วยรักษาความกรอบ ลดการสูญเสียกรดมาลิก ชะลอการสร้างเอทิลีน ชะลอ climacteric rise ของการหายใจ และช่วยรักษาคุณภาพของสาลี่ (Mellenthin and Wang, 1977) การให้ $40\%CO_2 + 5.5\%O_2$ ที่อุณหภูมิ $13^\circ C$ นาน 1 หรือ 3 วันแก่ผลมะเขือเทศ แล้วเก็บรักษาต่อที่ห้องเย็นอุณหภูมิ $20^\circ C$ สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะเขือเทศได้นาน 6 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยผลมะเขือเทศมีการพัฒนาสีผล และความแน่นเนื้อเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Batu and Thompson, 1998)

การยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงสามารถทำได้โดยเก็บในสภาพควบคุมบรรยากาศที่มี O_2 ต่ำ และ CO_2 สูง แต่อย่างไรก็ตามมะม่วงมักจะเกิด CO_2 injury มีการเพิ่มการผลิตเอทานอล และมีกลิ่นผิดปกติเนื่องจากการหายใจแบบไม่ใช้ O_2 (Bender *et al.*, 1994) มาโนชญ์ (2534) ศึกษาผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงและอุณหภูมิต่ำที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยเก็บรักษาผลมะม่วงในถุง PP และ PE พบว่าผลมะม่วงเก็บรักษาในถุง PP และ PE ไม่เจาะรู มีกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติเมื่อเก็บรักษานานกว่า 5 วัน และกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติมีความรุนแรงมากขึ้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ภาณุมาศ (2530) ศึกษาการยืดอายุหลังเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยโดยใช้พลาสติกฟิล์มและสภาพความดันต่ำ พบว่าการบรรจุถุง Polypropylene (PP) และสภาพดัดแปลงบรรยากาศ CO_2 5%+ O_2 5% ถึงแม้จะชะลอการสุกของผลได้ดี แต่มีกลิ่นหมักเมื่อเก็บรักษาได้ 3 สัปดาห์ นันทพรและคณะ (2547) ศึกษาการเก็บรักษาลองกองในสภาพบรรยากาศดัดแปลง พบว่าลองกองที่บรรจุถุงพลาสติกภายใต้สภาวะการดัดแปลงบรรยากาศที่มีอัตราส่วนก๊าซ $CO_2: O_2$ เท่ากับ 5:5 ควบคุมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 18 วัน ส่วนผลลองกองที่บรรจุในถุงพลาสติกภายใต้สภาวะปกติเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ มีอายุเก็บรักษานาน 15 วัน

การใช้ CO_2 ความเข้มข้นสูงเป็นระยะเวลาสั้นก่อนการเก็บรักษา น่าจะเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และลดการเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติของมะม่วงที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศ

ดัดแปลง/สภาพควบคุมบรรยากาศ และทดแทนหรือเสริมประสิทธิภาพของการเก็บรักษาลองกองในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

7. วิธีดำเนินการ :

- อุปกรณ์

1. ผลผลิตที่ใช้ทดลอง ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง และลองกอง
2. ก๊าซผสม 0%CO₂+5%O₂, 30%CO₂+5%O₂, 50%CO₂+5%O₂ และ 70%CO₂+5%O₂ balance ด้วย N₂
3. เครื่องชั่ง
4. เครื่องวัดสี
5. เครื่องวัดความแน่นเนื้อ
6. เครื่องไทเทรตอัตโนมัติ
7. เครื่อง digital refractometer
8. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี
9. กล่องกระดาษลูกฟูก
10. ฟิล์มยืด polyvinyl chloride (PVC) ถุงพลาสติก low linear polyethylene (LLDPE) และถุงพลาสติก M4
11. ห้องเย็น

- วิธีการ

การดำเนินการแบ่งออกเป็น 4 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 การใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ใช้ทำการทดลองได้จากสวนเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงเพื่อการส่งออกจังหวัดสระแก้ว โดยคัดเลือกผลมะม่วงที่มีผิวสวย ปราศจากตำหนิ มีน้ำหนักและความแก่ใกล้เคียงกัน นำมาล้างทำความสะอาด แล้วจุ่มน้ำร้อนอุณหภูมิ 55° ซ นาน 5 นาที หลังจากนั้นลดอุณหภูมิด้วยน้ำจนผลมะม่วงมีอุณหภูมิปกติ ผึ่งให้แห้ง ตัดขั้วผลให้เหลือประมาณ 2 มิลลิเมตร แล้ววางคว่ำผลในตะกร้าที่มีกระดาษสะอาดรองจนน้ำยางแห้ง จากนั้นนำผลมะม่วงมาบรรจุในกล่องพลาสติกปริมาตร 20 ลิตร ซึ่งมีช่องสำหรับปล่อยก๊าซเข้าและออกจำนวน 2 ช่อง จำนวน 15 ผลต่อกล่อง แล้วปล่อยก๊าซผสมเข้าไปในกล่อง วางแผนการทดลองแบบ completely randomize design (CRD) โดยมีกรรมวิธีเป็นความเข้มข้นของก๊าซ คือ

กรรมวิธีที่ 1 สภาพบรรยากาศปกติ (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 30%CO₂+5%O₂

กรรมวิธีที่ 3 50%CO₂+5%O₂

กรรมวิธีที่ 4 70%CO₂+5%O₂

เมื่อได้ความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ ตามที่ต้องการแล้วปิดกล่องให้สนิทไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13° ซ หลังจากนั้นนำผลมะม่วงออกมาบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13° ซ สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 14 21 และ 28 วัน ตรวจสอบคุณภาพหลังนำออกจากห้องเย็น และเมื่อนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งผลสุก โดยบันทึกข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

- การสูญเสียน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักสดเริ่มต้น น้ำหนักสดเมื่อตรวจสอบคุณภาพ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ตามสมการ

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสดของผลเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักผลสดในแต่ละครั้ง}}{\text{น้ำหนักสดของผลเริ่มต้น}} \times 100$$

- การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ด้วยเครื่องวัดสี (color meter) ในหน่วย hunter scale (L*, a*, b*)

L* = ค่าความสว่าง (brightness) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 (dark) ถึง 100 (white)

a* ประกอบด้วย +a = แดง (red) -a = เขียว (green)

b* ประกอบด้วย +b = เหลือง (yellow) -b = น้ำเงิน (blue)

- การเกิดอาการผิปกดที่ผล

- ความแน่นเนื้อ วัดด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อ โดยความแน่นเนื้อเปลือกใช้หัวกดรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 ซม. ขนาดแรงกดสำหรับผลดิบ 0.5 นิวตัน ผลสุก 0.1 นิวตัน ความเร็ว 50 มม./นาที กดลงบนผิวมะม่วงลึก 1.0 ซม. สำหรับความแน่นเนื้อของเนื้อ ใช้หัวกดรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม. ขนาดแรงกดสำหรับผลดิบ 0.5 นิวตัน ผลสุก 0.1 นิวตัน ความเร็ว 50 มม./นาที กดลงบนเนื้อมะม่วงลึก 0.5 ซม.

- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid: TSS) นำน้ำคั้นของเนื้อมะม่วงมาวัดด้วยเครื่อง digital refractometer

- ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity: TA) นำน้ำคั้นของเนื้อมะม่วงปริมาตร 5 มิลลิลิตร มาไทเทรตด้วย 0.1 Sodium hydroxide โดยใช้เครื่อง auto titrate

- วิตามินซี นำน้ำคั้นของเนื้อมะม่วงปริมาตร 2 มิลลิลิตร มาเติมด้วยสารละลายกรดออกซาลิก แล้วนำไปไทเทรตด้วยสารละลาย 2,6 Dichloro-indophenol จนถึงจุดยุติซึ่งสารละลายมีสีชมพู คำนวณหาปริมาณวิตามินซี โดยเทียบกับสารละลาย 2,6 Dichloro-indophenol ที่ใช้กับวิตามินซีมาตรฐาน จากสูตร

$$\text{ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล.)} = \frac{1}{A} \times A \times 100$$

โดยที่ A คือปริมาตรของ 2,6 dichloro-indophenol ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาตรของ 2,6 dichloro-indophenol ที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

- การเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ

โดยการให้คะแนน 0= ไม่เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ

1= เกิดกลิ่นผิดปกติเล็กน้อย

2= เกิดกลิ่นผิดปกติปานกลาง

3= เกิดกลิ่นผิดปกติมาก

การทดลองที่ 2 การใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศตัดแปลงในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ใช้ในการทดลองได้จากสวนเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงเพื่อการส่งออกจังหวัดสระแก้ว คัดเลือกผลมะม่วงที่มีผิวสวย ปราศจากตำหนิ มีน้ำหนักและความแก่ใกล้เคียงกัน นำมาล้างทำความสะอาด แล้วจุ่มน้ำร้อนอุณหภูมิ 55° ซ นาน 5 นาที หลังจากนั้นลดอุณหภูมิด้วยน้ำจนผลมะม่วงมีอุณหภูมิปกติ แล้วผึ่งให้แห้ง ตัดขั้วผลให้เหลือประมาณ 2 มิลลิเมตรแล้ววางคว่ำผลในตะกร้าที่มีกระดาษสะอาดรองจนน้ำยางแห้ง จากนั้นนำผลมะม่วงมาใส่ในกล่องสังกะสีปริมาตร 312 ลิตร ซึ่งมีช่องสำหรับปล่อยก๊าซเข้าและออก จำนวน 2 ช่อง บรรจุมะม่วงจำนวน 40 ผล แล้วปล่อยก๊าซผสมเข้าไปในกล่อง จนได้ความเข้มข้นที่ต้องการ คือ 70%CO₂+5%O₂ แล้วปิดกล่องไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13° ซ หลังจากนั้นนำผลมะม่วงออกมาบรรจุด้วยฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบ CRD กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ไม่บรรจุถุงพลาสติก

กรรมวิธีที่ 2 หุ้มด้วยฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride: PVC)

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (linear low density polyethylene: LLDPE)

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุในถุง M-tech 4 (M4)

แล้วบรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูก นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13° ซ สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 14 21 และ 28 วัน โดยตรวจสอบคุณภาพหลังนำออกจากห้องเย็น และเมื่อนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งผลสุก บันทึกข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 3 การใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง

ลองกองที่ใช้ในการทดลองได้จากสวนเกษตรกรผู้ปลูกลองกองในจังหวัดจันทบุรี โดยเก็บเกี่ยวข้อผลลองกองในระยะความแก่ 80% คัดเลือกข้อผลที่สมบูรณ์ มีขนาดข้อใกล้เคียงกัน ปราศจากรอยขีดหรือตำหนิจากโรคและแมลง นำมาทำความสะอาดโดยการเป่าด้วยลมอัดแรงดัน จากนั้นนำมาทดลอง โดยใส่ข้อผลลองกองจำนวน 10 ข้อในกล่องพลาสติกขนาด 20 ลิตร ซึ่งมีช่องสำหรับให้ก๊าซเข้าและออก จำนวน

2 ช่อง แล้วปล่อยก๊าซผสมเข้าไปภายในกล่อง วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยมีกรรมวิธีเป็นความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ คือ

กรรมวิธีที่ 1 สภาพบรรยากาศปกติ (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 10%CO₂+5%O₂

กรรมวิธีที่ 3 30%CO₂+5%O₂

กรรมวิธีที่ 4 50%CO₂+5%O₂

เมื่อได้ความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ ตามที่ต้องการแล้วปิดกล่องให้สนิทไว้เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13°C หลังจากนั้นนำข้อผลลองกองออกมาบรรจุในตะกร้าพลาสติกบุด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ จำนวนตะกร้าละ 1 ซ่อ นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 6 9 และ 12 วัน โดยบันทึกข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

- การสูญเสียน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักสดเริ่มต้น น้ำหนักสดเมื่อตรวจสอบคุณภาพ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ตามสมการ

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสดของผลเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักผลสดในแต่ละครั้ง}}{\text{น้ำหนักสดของผลเริ่มต้น}} \times 100$$

- การหลุดร่วงของผลลองกอง บันทึกผลลองกองที่หลุดร่วงเมื่อตรวจสอบคุณภาพในแต่ละครั้ง แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วง ตามสมการ

$$\text{การหลุดร่วง (\%)} = \frac{\text{จำนวนผลที่หลุดร่วง}}{\text{จำนวนผลลองกองทั้งหมดในซ่อ}} \times 100$$

- การเกิดผลสีน้ำตาล บันทึกผลลองกองที่เกิดอาการผลสีน้ำตาลเมื่อตรวจสอบคุณภาพในแต่ละครั้ง แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาล ตามสมการ

$$\text{การเกิดผลสีน้ำตาล (\%)} = \frac{\text{จำนวนผลที่เกิดอาการผลสีน้ำตาล}}{\text{จำนวนผลลองกองทั้งหมดในซ่อ}} \times 100$$

- การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือก ด้วยเครื่องวัดสี (color meter) ในหน่วย hunter scale (L*, a*, b*)

L* = ค่าความสว่าง (brightness) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 (dark) ถึง 100 (white)

a* ประกอบด้วย +a = แดง (red) -a = เขียว (green)

b* ประกอบด้วย +b = เหลือง (yellow) -b = น้ำเงิน (blue)

- ความแน่นเนื้อ ด้วยเครื่อง texture analyzer โดยใช้หัวกดรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 ซม. กดลงบนเนื้อลองกองลึก 0.3 ซม. ขนาดแรงกด 10 นิวตัน ด้วยความเร็ว 50 มม./วินาที

- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids: TSS) นำน้ำคั้นของเนื้อลองกอง มาวัดด้วยเครื่อง digital refractometer

- ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity: TA) นำน้ำคั้นของเนื้อลองกองปริมาตร 5 มิลลิลิตร มาไทเทรตด้วย 0.1 Sodium hydroxide โดยใช้เครื่อง auto titrate

- ปริมาณวิตามินซี นำน้ำคั้นของเนื้อลองกองปริมาตร 2 มิลลิลิตร มาเติมด้วยสารละลายกรดออกซาลิก แล้วนำไปไทเทรตด้วยสารละลาย 2,6 Dichloro-indophenol จนถึงจุดยุติซึ่งสารละลายมีสีชมพู คำนวณหาปริมาณวิตามินซี โดยเทียบกับสารละลาย 2,6 Dichloro-indophenol ที่ใช้กับวิตามินซีมาตรฐาน จากสูตร

$$\text{ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล.)} = \frac{1}{B} \times A \times 100$$

โดยที่ A คือปริมาตรของ 2,6 dichloro-indophenol ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาตรของ 2,6 dichloro-indophenol ที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

การทดลองที่ 4 การใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง

เก็บเกี่ยวข้อผลลองกองในระยะความแก่ 80% จากสวนเกษตรกรผู้ปลูกลองกองในจังหวัดจันทบุรี คัดเลือกข้อผลที่สมบูรณ์ มีขนาดใกล้เคียงกัน ปราศจากรอยช้ำ หรือตำหนิจากโรคและแมลงนำมาทำความสะอาดข้อผลโดยการเป่าด้วยลมอัดแรงดัน จากนั้นนำข้อผลลองกองมาใส่ในกล่องสังกะสี ปริมาตร 312 ลิตร ซึ่งมีช่องสำหรับก๊าซเข้าและออก จำนวน 2 ช่อง บรรจุผลลองกองจำนวน 80 ข้อ แล้วปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงเข้าไปภายในกล่อง จนได้ความเข้มข้นของก๊าซตามที่ต้องการคือ CO₂10%+O₂5% จากนั้นปิดกล่องให้สนิทไว้เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13^oซ แล้วนำผลลองกองออกมาบรรจุด้วยฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบ CRD กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 สภาพบรรยากาศปกติ (control)

กรรมวิธีที่ 2 หุ้มด้วยฟิล์มยืด polyvinyl chloride (PVC)

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุถุงพลาสติก low linear polyethylene (LLDPE)

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุถุงพลาสติก M-tech 4 (M4)

หลังจากนั้นนำข้อผลลองกองมาบรรจุในตะกร้าพลาสติกบุด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ บรรจุตะกร้าละ 1 ข้อ นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13^o ซ สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 6 9 และ 12 วัน โดยบันทึกข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3

- เวลาและสถานที่

ระยะเวลา (เริ่มต้น – สิ้นสุด) : ตุลาคม 2554 ถึง กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ : อาคารปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

1. การสูญเสียน้ำหนัก

ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ผลมะม่วงชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด 12.63% แต่ไม่แตกต่างกับผลมะม่วงที่ผ่านการให้ CO₂ ความเข้มข้น 30 และ 70% สำหรับผลมะม่วงที่ผ่านการให้ CO₂ ทุกความเข้มข้นมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน เมื่อนำมะม่วงออกมาวางที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งผลสุก ผลมะม่วงมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยผลมะม่วงที่เก็บรักษาในห้องเย็นเป็นเวลานานขึ้นมีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น และแต่ละกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) การให้ CO₂ ความเข้มข้นสูงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ยังไม่สามารถลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงเมื่อเก็บรักษาในห้องเย็นได้ ผลมะม่วงที่ผ่านการให้ CO₂ ความเข้มข้นสูงยังมีการสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกับมะม่วงที่ไม่ได้รับ CO₂ ความเข้มข้นสูง

2. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า L* ลดลงเล็กน้อย และมีค่า b* เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยค่า b* ของเปลือกมะม่วงมีค่าเป็นบวก แสดงถึงค่าสีเหลือง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 28 วัน ค่า L* และค่า b* ของผลมะม่วงทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ผลมะม่วงมีค่า L* และค่า a* เฉลี่ยเท่ากับ 74.40 และ 34.30 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ผลมะม่วงมีค่า L* และค่า a* เฉลี่ยเป็น 70.45 และ 40.82 ตามลำดับ (Table 2 and 3) และเมื่อนำผลมะม่วงออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง (25 ° ซ) จนกระทั่งผลสุก ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า L* และค่า b* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีไม่แสดงอาการผิดปกติเนื่องจากได้รับ CO₂ สูง (CO₂ injury) โดยสีผิวของผลมะม่วงยังคงมีสีเหลืองเป็นปกติ ผลมะม่วงเมื่อมีการสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกเป็นสีเหลืองมากขึ้น และมีค่าความสว่างลดลง โดยผลมะม่วงสุกมีค่า b* สูงกว่าผลดิบ ดังนั้นเมื่อผลมะม่วงมีค่า b* เพิ่มขึ้นแสดงว่าผลมีการสุกเพิ่มขึ้น จากผลการทดลองพบว่า ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีเมื่อนำออกจากห้องเย็นมีค่า L* และค่า b* ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าการใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูง ยังไม่มีผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกของผลมะม่วง ซึ่งแตกต่างจากการทดลองของ Batu และ Thompson (1998) ที่ให้ CO₂ ความเข้มข้น 5 10 20 40 และ 60% เป็นเวลา 1 3 และ 5 วัน แก่มะเขือเทศระยะ mature green พบว่า การให้ CO₂ ความเข้มข้นสูงเป็นระยะเวลาสั้น มีผลในการชะลอการสุกของมะเขือเทศ โดยมะเขือเทศมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวจากสีเขียวเป็นสีแดงช้าลง เมื่อความเข้มข้นของ CO₂ และระยะเวลาการให้เพิ่มขึ้น

3. ความแน่นเนื้อ

ผลมะม่วงทุกระบบวิธีมีความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น เมื่อเก็บรักษานาน 14 และ 21 วัน ความแน่นเนื้อเปลือกและเนื้อของมะม่วงทุกระบบวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ผลมะม่วงชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อเปลือกน้อยที่สุดคือ 3.86 นิวตัน แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีให้ CO₂ ความเข้มข้น 50 และ 70% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสำหรับความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วง พบว่า ชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อของเนื้อ 1.85 นิวตัน ไม่แตกต่างกับผลมะม่วงที่ผ่านการให้ CO₂ 70% ซึ่งมีความแน่นเนื้อเท่ากับ 1.86 นิวตัน ขณะที่มะม่วงที่ผ่านการให้ CO₂ 30 และ 50% มีความแน่นเนื้อของเนื้อไม่แตกต่างกันคือ 2.19 และ 2.11 นิวตัน ตามลำดับ เมื่อนำผลมะม่วงออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง (25° ซ) จนกระทั่งผลสุก พบว่า ผลมะม่วงที่เก็บรักษาในห้องเย็นเป็นระยะเวลานานขึ้นมีความแน่นเนื้อเปลือกและเนื้อลดลง แต่อย่างไรก็ตามผลมะม่วงสุกทุกระบบวิธีมีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 4 และ 5) ผลมะม่วงเมื่อเริ่มสุกจะมีความแน่นเนื้อลดลงเนื่องจากกระบวนการสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรตเป็นโมเลกุลที่เล็กลง และการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ (Prasanna, 2007) จากการทดลอง พบว่า ผลมะม่วงเมื่อเก็บรักษาในห้องเย็นเป็นระยะเวลานานมีความแน่นเนื้อลดลง เนื่องจากเริ่มมีการสุก แม้ว่าจะมีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำแต่ผลมะม่วงยังคงมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ซึ่งการให้ CO₂ ความเข้มข้นสูงแก่ผลมะม่วงยังไม่สามารถช่วยชะลอการสุกของผลมะม่วงได้นานขึ้นกว่ามะม่วงที่เก็บรักษาในห้องเย็นโดยไม่ผ่านการให้ CO₂ ความเข้มข้นสูง ซึ่งผลที่ได้แตกต่างจากในสตอร์เบอร์รี่ที่ได้รับ CO₂ ความเข้มข้น 5-40% นาน 1-3 วัน แล้วนำออกมาเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 0° ซ โดยพบว่า ผลสตอร์เบอร์รี่มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น เมื่อได้รับ CO₂ ความเข้มข้นสูงขึ้น และระยะเวลานานขึ้น (Harker *et al.*, 2000)

4. คุณภาพทางเคมี

เมื่อตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลมะม่วงหลังนำออกจากห้องเย็น พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และวิตามินซีลดลง เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ผลมะม่วงชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงที่สุดคือ 15.12 บริกซ์ ส่วนผลมะม่วงที่ผ่านการให้ CO₂ ความเข้มข้นสูงทุกระบบวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 14.33 บริกซ์ และผลมะม่วงชุดควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยที่สุดคือ 0.49% ไม่แตกต่างกับผลมะม่วงที่ผ่านการให้ CO₂ 50 และ 70% ซึ่งมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 0.58 และ 0.54% ตามลำดับ สำหรับปริมาณวิตามินซีผลมะม่วงที่ผ่านการให้ CO₂ 30% มีปริมาณวิตามินซีต่ำที่สุดคือ 8.76 มก./100 มล. ไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุมคือ 11.98 มก./100 มล. สำหรับคุณภาพทางเคมีเมื่อผลสุก พบว่า ผลมะม่วงที่เก็บรักษาในห้องเย็นเป็นระยะเวลานาน มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามผลมะม่วงทุกระบบวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และวิตามินซีไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยผลมะม่วงเก็บรักษาในห้องเย็นนาน 28 วัน แล้วนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง (25° ซ) จนกระทั่งผลสุก มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 13.90 บริกซ์ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เฉลี่ย 0.35% และปริมาณวิตามินซีเฉลี่ย 21.38 มก./100 มล. ตามลำดับ (Table 6-8) ผลมะม่วงเมื่อมี

การสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นน้ำตาล มีการเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น และปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ลดลง (Brecht and Yahia, 2009) จากการทดลองพบว่า การให้ CO₂ ความเข้มข้นสูงยังไม่ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของผลมะม่วงระหว่างการสุก โดยผลมะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีไม่แตกต่างกับผลมะม่วงที่ไม่ได้รับ CO₂ ความเข้มข้นสูง

5. การเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ

ไม่พบการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติของเนื้อมะม่วงทุกกรรมวิธี เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ หลังนำออกจากห้องเย็น และเมื่อผลสุก

Table 1 Weigh loss (%) of mango treated with CO₂ 30 50 and 70% for 24 hour and stored at 13°C

treatment	storage time (days)		
	14	21	28
	unripe		
control	6.89 ab	9.22	12.63 b
30%CO ₂ +5%O ₂	5.88 a	9.74	11.62 ab
50%CO ₂ +5%O ₂	6.69 ab	8.59	11.23 a
70%CO ₂ +5%O ₂	7.36 b	10.08	11.28 ab
CV (%)	11.2	13.2	8.2
	ripe		
control	14.32	16.33 ab	16.33
30%CO ₂ +5%O ₂	13.90	14.63 a	16.57
50%CO ₂ +5%O ₂	13.28	15.11 ab	16.39

70%CO ₂ +5%O ₂	14.60	16.61 b	17.66
CV (%)	11.5	8.3	7.2

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 2 L* value (lightness) of mango treated with CO₂ 30 50 and 70% for 24 hour and stored at 13°C

treatment	storage time (days)		
	14	21	28
		unripe	
control	74.90	71.54	69.73
30%CO ₂ +5%O ₂	74.34	72.24	70.53
50%CO ₂ +5%O ₂	73.76	70.73	71.50
70%CO ₂ +5%O ₂	74.58	72.40	70.05
CV (%)	1.6	2.3	2.4
		ripe	
control	70.20	68.61	68.35
30%CO ₂ +5%O ₂	70.17	69.59	67.39
50%CO ₂ +5%O ₂	70.37	68.91	68.53
70%CO ₂ +5%O ₂	68.45	68.31	66.94
CV (%)	2.2	1.8	3.4

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 3 b* value of mango treated with CO₂ 30 50 and 70% for 24 hour and stored at 13°C

treatment	storage time (days)		
	14	21	28
		unripe	
control	33.09	39.64	39.75
30%CO ₂ +5%O ₂	33.31	39.22	41.00
50%CO ₂ +5%O ₂	35.89	40.23	41.20
70%CO ₂ +5%O ₂	34.91	40.53	41.31

CV (%)	6.5	5.7	3.9
		ripe	
control	45.10	43.46	40.92 ab
30%CO ₂ +5%O ₂	45.23	45.07	41.10 ab
50%CO ₂ +5%O ₂	45.19	42.38	44.03 b
70%CO ₂ +5%O ₂	45.79	44.32	39.74 a
CV (%)	3.1	5.6	5.6

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 4 Peel firmness (N) of mango treated with CO₂ 30 50 and 70% for 24 hour and stored at 13°C

treatment	storage time (days)		
	14	21	28
		unripe	
control	22.99	6.67	3.86 b
30%CO ₂ +5%O ₂	22.38	7.28	4.99 a
50%CO ₂ +5%O ₂	18.50	6.76	4.01 ab
70%CO ₂ +5%O ₂	19.95	6.42	4.20 ab
CV (%)	31.4	18.9	15.2
		ripe	
control	5.42	3.70	3.46
30%CO ₂ +5%O ₂	5.54	4.04	3.34
50%CO ₂ +5%O ₂	6.17	3.80	3.40
70%CO ₂ +5%O ₂	5.90	3.89	3.61
CV (%)	14.0	14.2	12.2

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 5 flesh firmness (N) of mango treated with CO₂ 30 50 and 70% for 24 hour and stored at 13°C

treatment	storage time (days)		
	14	21	28
		unripe	

control	19.42	3.16	1.85 b
30%CO ₂ +5%O ₂	21.93	3.01	2.19 a
50%CO ₂ +5%O ₂	12.19	2.65	2.11 a
70%CO ₂ +5%O ₂	20.28	2.94	1.86 b
CV (%)	61.3	24.4	7.8
ripe			
control	1.61	2.04 a	1.61
30%CO ₂ +5%O ₂	1.68	1.94 ab	1.63
50%CO ₂ +5%O ₂	1.68	1.86 ab	1.67
70%CO ₂ +5%O ₂	1.75	1.69 b	1.70
CV (%)	9.8	11.3	9.0

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 6 Total soluble solids (brix) of mango treated with CO₂ 30 50 and 70% for 24 hour and stored at 13°C

treatment	storage time (days)		
	14	21	28
unripe			
control	15.22	14.42 ab	15.12 a
30%CO ₂ +5%O ₂	14.64	14.14 ab	14.74 ab
50%CO ₂ +5%O ₂	15.70	14.86 a	14.06 b
70%CO ₂ +5%O ₂	14.80	13.90 b	14.20 b
CV (%)	6.2	4.4	4.2
ripe			
control	13.82	14.52	13.58
30%CO ₂ +5%O ₂	14.28	13.70	13.98
50%CO ₂ +5%O ₂	14.14	14.66	14.02
70%CO ₂ +5%O ₂	14.78	13.90	14.02
CV (%)	8.5	5.3	6.1

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 7 Titratable (%) of mango treated with CO₂ 30 50 and 70% for 24 hour and stored at 13°C

treatment	storage time (days)		
	14	21	28
	unripe		
control	1.63	0.99	0.49 a
30%CO ₂ +5%O ₂	1.60	1.06	0.70 b
50%CO ₂ +5%O ₂	1.45	0.89	0.58 ab
70%CO ₂ +5%O ₂	1.42	0.91	0.54 a
CV (%)	14.0	14.1	16.2
	ripe		
control	0.33	0.31 ab	0.37
30%CO ₂ +5%O ₂	0.31	0.29 ab	0.35
50%CO ₂ +5%O ₂	0.32	0.28 a	0.34
70%CO ₂ +5%O ₂	0.35	0.33 b	0.36
CV (%)	10.8	9.9	8.1

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 8 Vitamin C (mg/100 ml) of mango treated with CO₂ 30 50 and 70% for 24 hour and stored at 13°C

treatment	storage time (days)		
	14	21	28
	unripe		
control	23.06	22.58	11.98 a
30%CO ₂ +5%O ₂	22.35	23.10	8.76 a
50%CO ₂ +5%O ₂	30.94	22.97	18.77 b
70%CO ₂ +5%O ₂	29.65	24.52	21.36 b
CV (%)	14.4	11.8	28.4
	ripe		
control	15.38	15.39	20.97
30%CO ₂ +5%O ₂	14.25	14.54	16.97
50%CO ₂ +5%O ₂	12.88	16.73	17.33
70%CO ₂ +5%O ₂	16.50	18.06	23.63

CV (%)	15.2	17.7	31.3
--------	------	------	------

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%



Figure 1 Mango fruits treated with CO₂ 30 50 and 70% for 24 hours and stored at 13°C for 28 days



Figure 2 Mango fruits treated with CO₂ 30 50 and 70% for 24 hours and stored at 13°C for 28 days and place at room temperature (25°C) until ripe

การทดลองที่ 2 การใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศตัดแปลงในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

1. การสูญเสียน้ำหนัก

ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาสั้นขึ้น โดยผลมะม่วงบรรจุฟิล์มพลาสติกทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ ผลมะม่วงบรรจุในถุงพลาสติก M4 มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับผลมะม่วงบรรจุในถุง LLDPE เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน ผลมะม่วงบรรจุถุง M4 LLDPE และหุ้มฟิล์ม PVC มีการสูญเสียน้ำหนัก 1.13 2.11 และ 5.94% ตามลำดับ ขณะที่ผลมะม่วงไม่บรรจุฟิล์มพลาสติกมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด 12.64% (Table 9) การเก็บรักษาผลมะม่วงในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มพลาสติกช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี โดยในสภาพบรรยากาศตัดแปลงที่มีปริมาณ O₂ ต่ำ และ CO₂ สูง ผลผลิตจะมีอัตราการหายใจต่ำ ส่งผลให้อัตราการคายน้ำลดลง นอกจากนี้ ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ยังช่วยป้องกันการระเหยของน้ำจากผลิตผล (Zagory and Kader, 1988) อย่างไรก็ตามการใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงเพียงอย่างเดียว ยังไม่มีผลในการลดการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วง

2. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

เมื่อเก็บรักษาในห้องเย็นนานขึ้น ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า L* (ความสว่าง) ลดลงเล็กน้อย และมีค่า b* เพิ่มขึ้น ซึ่งค่า b* เป็นบวก แสดงถึงค่าสีเหลือง เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน ผลมะม่วงบรรจุถุง M4 มีค่า L* (ความสว่าง) มากที่สุด คือ 75.91 แต่มีค่า b* (สีเหลือง) น้อยที่สุด คือ 39.13 แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงว่าการเก็บมะม่วงในถุง M4 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของผลมะม่วงได้ เมื่อนำผลมะม่วงมาวางที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งผลสุก ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า L* ลดลง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับค่า b* มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผลสุก โดยผลมะม่วงบรรจุในถุง M4 เก็บรักษาในห้องเย็นนาน 28 วัน แล้ววางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง มีค่า b* มากที่สุด แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 10 และ 11)

3. ความแน่นเนื้อ

เมื่อนำผลมะม่วงออกจากห้องเย็นมาตรวจสอบคุณภาพทันที พบว่า ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อเปลือกและเนื้อลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาสั้นขึ้น ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บรักษานาน 7 วัน โดยผลมะม่วงชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อเปลือกมากที่สุด ส่วน

ความแน่นเนื้อของเนื้อผลของมะม่วงทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ผลมะม่วงชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อเปลือกมากที่สุด คือ 4.93 นิวตัน และผลมะม่วงบรรจุถุง LLDPE มีความแน่นเนื้อต่ำสุด คือ 3.23 นิวตัน เมื่อนำมาวางที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งผลสุก พบว่า ผลมะม่วงที่เก็บรักษาในห้องเย็นเป็นเวลานานขึ้นมีความแน่นเนื้อเปลือกเมื่อผลสุกลดลง โดยผลมะม่วงชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อเปลือกและเนื้อมากที่สุด (Table 12 และ 13)

4. คุณภาพทางเคมี

เมื่อตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลมะม่วงหลังนำออกจากห้องเย็น พบว่า ผลมะม่วงเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงขึ้น แต่มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และวิตามินซีลดลง โดยผลมะม่วงที่บรรจุในถุง M4 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน ผลมะม่วงบรรจุในถุง M4 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ไม่แตกต่างกับผลมะม่วงที่บรรจุในถุง LLDPE และหุ้มฟิล์ม PVC และเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน ผลมะม่วงบรรจุในถุง M4 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ไม่แตกต่างจากผลมะม่วงบรรจุในถุง LLDPE ผลมะม่วงบรรจุในถุง M4 มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุดแตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเก็บรักษานาน 21 และ 28 วัน โดยมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 1.71 และ 1.55% ตามลำดับ สำหรับปริมาณวิตามินซีของผลมะม่วง พบว่า ทุกกรรมวิธีมีปริมาณวิตามินซีลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยชุดควบคุมมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่ากรรมวิธีอื่น (Table 14-16) เมื่อผลมะม่วงเริ่มสุกจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น และมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลง (Brecht and Yahia, 2009) จากการทดลอง พบว่า การเก็บรักษาในถุง M4 สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของผลมะม่วงได้ โดยที่ระยะเวลาเก็บรักษานานเท่ากันผลมะม่วงบรรจุในถุง M4 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุด และมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงที่สุด

Table 9 Weigh loss (%) of mango treated with CO₂ 70% for 24 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	7	14	21	28
unripe				
control	3.16 c	5.71 c	9.16 c	12.64 c
Wrap with PVC	1.38 b	2.77 b	4.03 b	5.94 b
LLDPE	0.40 a	0.95 a	2.88 ab	2.11 a
M4	0.33 a	0.55 a	0.96 a	1.13 a
CV (%)	12.4	17.6	40.1	25.9

ripe

control	14.45 b	12.91 b	16.38 c	13.25 c
Wrap with PVC	14.28 b	11.43 b	11.78 b	7.20 b
LLDPE	12.50 a	8.19 a	9.55 a	3.62 a
M4	12.12 a	7.77 a	8.47 a	7.60 b
CV (%)	6.5	15.6	9.0	7.7

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 10 L* value (lightness) of mango treated with CO₂ 70% for 24 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	7	14	21	28
unripe				
control	77.58 a	77.48	73.93 a	71.79 a
Wrap with PVC	78.99 ab	76.93	74.72 a	72.71 a
LLDPE	78.28 ab	77.32	74.15 a	73.00 a
M4	79.16 b	78.30	76.48 b	75.91 b
CV (%)	1.5	2.0	1.5	2.2
ripe				
control	70.88	72.43 ab	71.14	69.98
Wrap with PVC	70.38	71.65 a	71.35	71.63
LLDPE	71.13	72.08 ab	70.31	71.32
M4	71.44	73.09 b	65.75	71.32
CV (%)	2.2	1.5	9.1	2.1

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 11 b* value (yellowness) of mango treated with CO₂ 70% for 24 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	7	14	21	28
unripe				
control	36.70	41.45	42.00	41.93 b
Wrap with PVC	35.55	37.88	42.95	41.94 b
LLDPE	36.26	39.50	42.98	43.29 b
M4	36.21	36.63	39.48	39.13 a
CV (%)	6.4	17.9	6.6	4.7
ripe				
control	44.34	40.89	45.78	42.29 a
Wrap with PVC	45.92	45.81	46.64	44.38 a
LLDPE	45.73	46.06	47.46	42.62 a
M4	46.43	43.88	44.45	46.87 b
CV (%)	5.1	11.1	5.2	4.4

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 12 Peel firmness (N) of mango treated with CO₂ 70% for 24 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	7	14	21	28
unripe				
control	32.81 a	8.39	9.57	4.93 a
Wrap with PVC	30.48 b	8.03	6.26	3.35 c
LLDPE	30.03 b	9.12	5.01	3.23 c
M4	29.75 b	9.70	8.58	4.13 b
CV (%)	5.9	18.7	42.4	13.5
ripe				
control	8.39	10.92 a	4.93 a	4.34 a

Wrap with PVC	8.03	5.71 b	3.35 c	3.40 b
LLDPE	9.12	6.10 b	3.23 c	2.94 b
M4	9.70	9.81 a	4.13 a	3.50 b
CV (%)	18.7	27.5	13.5	12.8

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 13 Flesh firmness (N) of mango treated with CO₂ 70% for 24 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	7	14	21	28
unrip				
control	60.93	2.14	4.97	2.04
Wrap with PVC	53.69	2.11	3.15	1.95
LLDPE	54.12	2.23	2.45	1.98
M4	57.56	2.26	3.61	1.83
CV (%)	16.9	12.0	59.1	9.9
ripe				
control	2.14	2.39 a	2.04	2.44 a
Wrap with PVC	2.11	1.71 bc	1.95	2.16 b
LLDPE	2.32	2.06 ab	1.98	1.94 b
M4	2.63	1.50 c	1.83	1.88 b
CV (%)	12.0	17.9	9.9	10.9

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 14 Total soluble solids (brix) of mango treated with CO₂ 70% for 24 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	7	14	21	28
unripe				
control	10.93 a	13.92	15.08 a	15.50 a
Wrap with PVC	10.45 a	11.36	14.33 ab	14.77 a

LLDPE	10.62 a	13.33	14.35 ab	13.65 b
M4	9.28 b	11.88	13.58 b	13.65 b
CV (%)	5.7	20.7	5.1	5.8
ripe				
control	15.35	15.32 a	16.07 a	15.68 a
Wrap with PVC	15.15	14.65 ab	14.12 b	14.57 b
LLDPE	14.48	13.80 b	13.97 b	13.63 b
M4	14.92	14.70 ab	13.98 b	13.78 b
CV (%)	8.0	6.2	7.2	6.0

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 15 Titratable acidity (%) of mango treated with CO₂ 70% for 24 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	7	14	21	28
unripe				
control	2.32	1.77	1.03 a	0.51 a
Wrap with PVC	2.03	1.57	1.13 a	0.58 a
LLDPE	2.55	1.54	0.78 a	0.53 a
M4	2.33	1.84	1.71 b	1.55 b
CV (%)	28.4	20.2	26.6	19.0
ripe				
control	0.27	0.42 b	0.30 a	0.43 a
Wrap with PVC	0.26	0.33 a	0.30 a	0.50 ab
LLDPE	0.25	0.38 a	0.29 a	0.40 a
M4	0.30	0.49 b	0.50 b	0.57 b
CV (%)	15.2	13.0	15.2	23.1

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 16 Vitamin C (mg/100 ml) of mango treated with CO₂ 70% for 24 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	7	14	21	28

	7	14	21	28
unripe				
control	35.00 b	27.94	21.07 a	23.51 c
Wrap with PVC	28.43 a	23.99	25.52 b	19.74 b
LLDPE	29.02 a	23.12	20.97 a	16.47 a
M4	27.94 a	23.22	28.51 b	20.73 b
CV (%)	7.8	9.7	14.9	8.8
ripe				
control	14.84	11.58 a	12.55 a	18.78 c
Wrap with PVC	16.09	13.97 ab	12.17 a	15.96 b
LLDPE	14.45	14.67 b	15.52 b	15.97 b
M4	15.80	14.57 b	12.60 a	11.84 a
CV (%)	9.8	16.2	14.8	12.3

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%



Figure 3 Mango fruits treated with CO₂ 70% for 24 hours and packed in plastic packaging stored at 13°C for 28 days



Figure 4 Mango fruits treated with CO₂ 70% for 24 hours and packed in plastic packaging stored at 13°C for 28 days and place at room temperature (25°C) until ripe

การทดลองที่ 3 การใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง

1. การสูญเสียน้ำหนัก

ผลลองกองมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 และ 6 วัน ผลลองกองแต่ละกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.68 และ 2.73% ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 9 และ 12 วัน ผลลองกองชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงสุดเมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน เท่ากับ 6.50% ขณะที่ลองกองที่ได้รับ CO₂ ความเข้มข้นต่าง ๆ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 17) ผลลองกองที่ได้รับ CO₂ ความเข้มข้น 10 30 และ 50% มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการได้รับ CO₂ ความเข้มข้นสูงในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลลองกอง จึงทำให้มีการคายน้ำลดลง ซึ่งการลดปริมาณ O₂ และเพิ่มปริมาณ CO₂ ในบรรยากาศสามารถลดอัตราการหายใจของผลิตผล ทำให้การปลดปล่อยความร้อนจากการหายใจลดลง ผลิตผลจึงคายน้ำน้อยลง (จริงแท้และธีรนุต, 2543)

2. การหลุดร่วง

ผลลองกองมีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผลลองกองทุกกรรมวิธีเริ่มมีการหลุดร่วงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน โดยผลลองกองที่ได้รับ CO₂ 50% มีการหลุดร่วงมากกว่ากรรมวิธีอื่น คือ 18.22% ส่วนผลลองกองที่ได้ CO₂ 30% 50% และชุดควบคุม มีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วง 2.42 5.93 และ 7.72% ตามลำดับ และผลลองกองมีการหลุดร่วงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนผลร่วงหมดทั้งช่อเมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน (Table 18) การหลุดร่วงของผลลองกองที่พบ เกิดขึ้นบริเวณจุดบกักน้ำช่อผล ซึ่งสาเหตุของการหลุดร่วงในบริเวณนี้มีก๊าซเอทิลีนเป็นตัวกระตุ้นทำให้เซลล์บริเวณนี้อ่อนแอและหลุดร่วงจากช่อได้โดยไม่ต้องมีแรงจากภายนอกมากระทำ ซึ่งระหว่างการเก็บรักษาอาจเกิดการสะสมของก๊าซเอทิลีนที่ผลลองกองสร้างขึ้นเอง จึงไปกระตุ้นให้เกิดการหลุดร่วงของผล (Taesakula *et al*, 2012) การให้ CO₂ ความเข้มข้นสูงไม่มีผลในการยับยั้งการสร้างเอทิลีนของผลลองกอง ดังนั้น จึงยังไม่สามารถช่วยลดการหลุดร่วงของผลลองกองได้

3. การเกิดเปลือกสีน้ำตาล

ผลลองกองที่ผ่านการให้ CO₂ มีการเกิดอาการเปลือกสีน้ำตาลเกิดขึ้น โดยผิวเปลือกของลองกองมีสีคล้ำลง ความรุนแรงของอาการเปลือกสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ CO₂ และระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลลองกองที่ผ่านการให้ CO₂ 50% มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลสูงสุด แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ผลลองกองที่ได้รับ CO₂ ความเข้มข้น 10 30 และ 50% มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาล 5.84 16.73 และ 13.85% ตามลำดับ สำหรับผลลองกอง

ชุดควบคุมไม่พบการเกิดอาการเปลือกสีน้ำตาลตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Table 19) การได้รับ CO₂ ความเข้มข้นสูง ทำให้ผลลองกองเกิดอาการเปลือกสีน้ำตาล เนื่องจากเกิดความเสียหายจาก CO₂ (CO₂ injury) โดยในสถานะที่มี CO₂ สูงและ O₂ ต่ำเกินไป ทำให้ผลิตผลเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ O₂ เกิดการสะสมของเอทานอลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดความเสียหายแก่เนื้อเยื่อได้ Sangkasnaya และ Meenune (2009) ศึกษาลักษณะทางกายภาพ เคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลองกองที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่าง ๆ พบว่า สภาพบรรยากาศการเก็บรักษาที่มีความเข้มข้นของ CO₂ มากกว่า 50% ผลลองกองมีการสะสมของเอทานอลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ผลลองกองได้รับความเสียหายจาก CO₂ โดยเปลือกผลเปลี่ยนเป็นสีคล้ำ

4. การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือก

การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกลองกอง พบว่า ลองกองมีสีผิวคล้ำลง โดยตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 12 วัน ผลลองกองมีค่า L* (ค่าความสว่าง) ลดลงเล็กน้อย ผลลองกองมีค่า b* เป็นบวก แสดงว่ามีผิวสีเหลือง โดยค่า b* มีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผลลองกองทุกกรรมวิธีมีค่า L* และ b* ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ผลลองกองมีค่า L* และค่า b* เฉลี่ย 61.30 และ 33.31 ตามลำดับ (Table 20 and 21)

5. ความแน่นเนื้อ

ลองกองทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อลดลงเล็กน้อย เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ระยะเวลาเก็บรักษานาน 3-9 วัน ลองกองทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ลองกองที่ได้รับ CO₂ ความเข้มข้น 50% มีความแน่นเนื้อต่ำสุด คือ 0.31 นิวตัน ขณะที่ลองกองชุดควบคุม ลองกองที่ได้รับ CO₂ ความเข้มข้น 10 และ 30% มีค่าความแน่นเนื้อ 0.37 0.38 และ 0.34 นิวตัน ตามลำดับ (Table 22)

6. คุณภาพทางเคมี

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของลองกองมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ผลลองกองทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 12 วัน (Table 23 and 24) สำหรับปริมาณวิตามินซี พบในปริมาณเล็กน้อย (Table 25)

Table 17 Weigh loss (%) of longkong treated with CO₂ 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	1.72	2.76	4.32 b	6.50 b
10%CO ₂ +5%O ₂	1.65	2.57	3.95 ab	4.56 a
30%CO ₂ +5%O ₂	1.74	2.78	3.70 a	4.88 a

50%CO ₂ +5%O ₂	1.64	2.80	3.66 a	4.46 a
CV (%)	10.5	15.9	7.1	9.4

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 18 Fruit drop (%) of longkong treated with CO₂ 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.00	2.42	61.90	95.38
10%CO ₂ +5%O ₂	0.00	5.93	38.24	100.00
30%CO ₂ +5%O ₂	0.00	7.72	65.33	100.00
50%CO ₂ +5%O ₂	0.51	18.22	99.02	100.00
CV (%)	-	-	-	-

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 19 Browning (%) of longkong treated with CO₂ 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.00	0.00	0.00	0.00
10%CO ₂ +5%O ₂	0.54 a	0.53 a	0.63 a	5.84
30%CO ₂ +5%O ₂	2.63 a	4.60 a	7.00 a	16.73
50%CO ₂ +5%O ₂	12.78 b	25.45 b	33.29 b	13.85
CV (%)	113.9	73.2	131.4	99.2

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 20 L* value (lightness) of longkong treated with CO₂ 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	61.32 a	61.58	61.86	61.70
10%CO ₂ +5%O ₂	62.61 ab	59.35	63.00	61.67
30%CO ₂ +5%O ₂	63.80 a	62.28	57.54	61.50
50%CO ₂ +5%O ₂	61.56 ab	60.85	60.53	60.34
CV (%)	2.7	3.1	11.3	4.1

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 21 b* value (yellowness) of longkong treated with CO₂ 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	32.62 a	32.88	33.56	34.02
10%CO ₂ +5%O ₂	32.98 a	32.93	33.72	34.11
30%CO ₂ +5%O ₂	34.20 b	33.69	34.46	32.32
50%CO ₂ +5%O ₂	33.56 ab	33.12	33.59	32.78
CV (%)	2.5	3.2	2.5	4.2

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 22 Flesh firmness of longkong treated with CO₂ 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.38	0.36	0.32	0.37 bc
10%CO ₂ +5%O ₂	0.40	0.37	0.31	0.38 c

30%CO ₂ +5%O ₂	0.38	0.36	0.26	0.34 ab
50%CO ₂ +5%O ₂	0.39	0.40	0.30	0.31 a
CV (%)	6.3	7.9	10.2	8.0

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 23 Total soluble solids (brix) of longkong treated with CO₂ 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	18.76	17.84	17.68	18.18
10%CO ₂ +5%O ₂	18.46	16.54	17.66	16.40
30%CO ₂ +5%O ₂	17.64	16.86	17.00	17.62
50%CO ₂ +5%O ₂	18.38	17.50	17.50	18.20
CV (%)	4.6	7.3	6.1	7.9

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 24 Titratable acidity of longkong treated with CO₂ 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	1.17	1.06	1.23	1.12
10%CO ₂ +5%O ₂	1.22	1.06	1.23	1.08
30%CO ₂ +5%O ₂	1.12	1.10	1.09	1.04
50%CO ₂ +5%O ₂	1.23	1.12	1.23	1.12
CV (%)	9.9	12.5	10.3	10.4

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 25 Vitamin C of longkong treated with CO₂ 10 30 and 50% for 12 hour stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.70 ab	0.73	0.46	0.52
10%CO ₂ +5%O ₂	0.46 a	0.68	0.46	0.46
30%CO ₂ +5%O ₂	0.75 b	0.62	0.64	0.41
50%CO ₂ +5%O ₂	0.58 ab	0.62	0.52	0.41
CV (%)	27.5	26.7	27.8	40.8

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

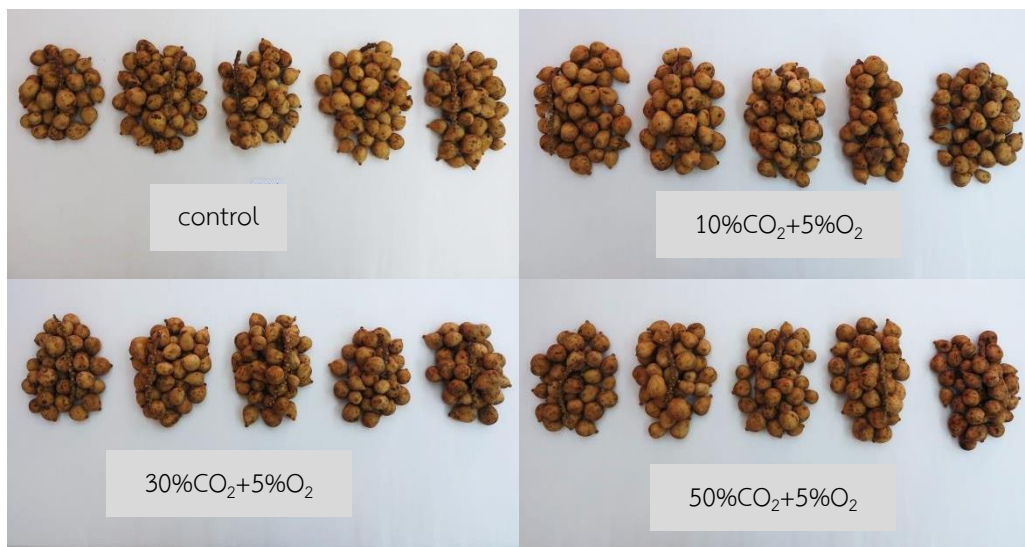


Figure 5 Longkong treated with CO₂ 10 30 and 50% for 12 hours and storage at 13°C for 12 days

การทดลองที่ 4 การใช้ CO₂ ความเข้มข้นสูงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง

1. การสูญเสียน้ำหนัก

ลองกองชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ลองกองบรรจุในถุงในพลาสติกทั้งสามชนิดมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยลองกองบรรจุในถุง PE มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากถุง M4 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ผลลองกองชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด คือ 5.15% และผลลองกองบรรจุในถุง PE มีเปอร์เซ็นต์การ

สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ 0.34% (Table 26) การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ เนื่องจากในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีปริมาณ O_2 ต่ำลง และ CO_2 เพิ่มขึ้น ช่วยลดอัตราการหายใจของผลิตผล และชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอื่นๆ ทำให้ผลิตผลคายน้ำลดลง (จริงแท้และธีรนุต, 2543) นอกจากนี้การเก็บรักษาโดยใช้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ยังช่วยลดการระเหยของน้ำจากผลิตผล (Zagory and Kader, 1988)

2. การหลุดร่วง

ผลลองกองมีการหลุดร่วงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังเก็บรักษานาน 3 วัน โดยในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ผลลองกองที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์พลาสติกทั้ง 3 ชนิด มีการหลุดร่วงเกือบหมดทั้งซ่อ ส่วนผลลองกองชุดควบคุมมีการหลุดร่วงน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ผลลองกองทุกกรรมวิธีมีการหลุดร่วงจากซ่อผลทั้งหมด (Table 27) การหลุดร่วงของผลลองกอง พบว่าเกิดขึ้นบริเวณจุดกับซ่อผล ซึ่งการหลุดร่วงของผลลองกองในลักษณะนี้เกิดจากก๊าซเอทิลีนเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการหลุดร่วง (ประพิณพร, 2554) การบรรจุผลลองกองในบรรจุภัณฑ์ปิด เช่น การบรรจุในถุงพลาสติก ทำให้เกิดการสะสมของก๊าซเอทิลีนขึ้นภายใน จึงทำให้ผลลองกองหลุดร่วงจากซ่อเพิ่มขึ้นและการใช้ CO_2 ความเข้มข้น 10% นาน 12 ชั่วโมง ร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ยังไม่สามารถช่วยชะลอการหลุดร่วงของผลลองกองได้

3. การเกิดเปลือกสีน้ำตาล

เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาเพิ่มขึ้น ผลลองกองทุกกรรมวิธีแสดงอาการเปลือกสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ระยะเวลาการเก็บรักษานาน 3-9 วัน ผลลองกองแต่ละกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลไม่แตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ผลลองกองบรรจุในถุง PE มีเปอร์เซ็นต์การเกิดเปลือกสีน้ำตาลน้อยที่สุด คือ 1.82% ไม่แตกต่างกับผลลองกองบรรจุในถุง M4 ส่วนผลลองกองหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีเปอร์เซ็นต์การเกิดเปลือกสีน้ำตาลสูงสุด เท่ากับ 17.30% (Table 28) การเกิดอาการเปลือกสีน้ำตาลของผลลองกอง เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine (PAL) และ polyphenol oxidase (PPO) โดยระหว่างการเกิดสีน้ำตาลของผลลองกองมีปริมาณสารประกอบฟีนอล กิจกรรมของเอนไซม์ PAL และ PPO เพิ่มขึ้น (อินทิตรา, 2552)

4. การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือก

การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกผลลองกอง พบว่า ผลลองกองมีสีคล้ำลง โดยค่า L^* (ค่าความสว่าง) ของผิวเปลือกของผลลองกองทุกกรรมวิธีลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ระยะเวลาการเก็บรักษานาน 3-6 วัน ผลลองกองแต่ละกรรมวิธีมีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 61.22-63.81 เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ผลลองกองบรรจุในถุง LDPE มีค่าความสว่างสูงสุด แต่ไม่แตกต่างกับผลลองกองที่บรรจุในถุง M4 โดยมีค่าความสว่างเฉลี่ย 62.09 และ 60.09 ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมมีค่าความสว่างน้อยที่สุด คือ 57.66 ไม่แตกต่างทางสถิติกับผลลองกองหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (Table 29) สำหรับค่า b^* ของผลลองกองมีค่าเป็นบวก แสดงว่าผิวผลลองกองมีสีเหลือง ค่า b^* ของผิวเปลือกผลลองกองมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเช่นเดียวกับค่าความสว่าง แต่ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 วัน เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ผลลองกองชุดความคุมมีค่า b^* ต่ำที่สุดคือ 31.60 ส่วนลองกองที่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC บรรจุในถุง PE และบรรจุในถุง M4 มีค่า b^* เท่ากับ 32.23 33.29 และ 33.03 ตามลำดับ (Table 30) การเก็บรักษาลองกองในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์มพลาสติก สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกของลองกองได้เพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่ยังไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจน ซึ่งจากการทดลองในเงาะโรงเรียนของ Boonyarittthongchai and Kanlayanarat (2003) โดยให้ CO_2 ความเข้มข้น 20 และ 40% แก่เงาะโรงเรียน เป็นเวลา 30-120 นาที แล้วนำมาเก็บรักษาในถุง PE ความหนา 40 ไมครอน ที่อุณหภูมิ $13^{\circ}C$ พบว่า สภาพบรรยากาศดัดแปลงช่วยลดการเกิดเปลือกสีน้ำตาล โดยผลเงาะมีค่า L^* สูงกว่าชุดควบคุม อย่างไรก็ตามการให้ CO_2 ความเข้มข้นสูงมีผลเพียงเล็กน้อยในการช่วยลดการเปิดของปากใบ

5. ความแน่นเนื้อ

เมื่อเก็บรักษานาน 3 วัน ผลลองกองชุดควบคุม ลองกองที่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC บรรจุในถุง PE และบรรจุในถุง M4 มีค่าความแน่นเนื้อของเนื้อผลเฉลี่ย 0.26 0.31 0.33 และ 0.26 นิวตัน ตามลำดับ ความแน่นเนื้อของเนื้อผลค่อย ๆ ลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ความแน่นเนื้อของเนื้อผลลองกองหุ้มด้วย PVC มีค่าความแน่นเนื้อต่ำสุด คือ 0.13 นิวตัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับลองกองที่บรรจุในถุง M4 และถุง PE ซึ่งมีความแน่นเนื้อ 0.15 และ 0.16 นิวตัน ตามลำดับ ขณะที่ผลลองกองชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อสูงสุด 0.19 นิวตัน ไม่แตกต่างทางสถิติกับผลลองกองบรรจุในถุง M4 และถุง PE (Table 31) ผลลองกองมีความแน่นเนื้อลดลง เนื่องจากผลลองกองมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เกิดการหายใจและคายน้ำ จึงมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น ทำให้ความต่งของเซลล์ลดลง

6. คุณภาพทางเคมี

ช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 12 วัน ผลลองกองมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงเล็กน้อย สำหรับวิตามินมีในปริมาณไม่มาก และมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และวิตามินซีของลองกองแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ลองกองมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 17.10 บริกซ์ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 0.84% และปริมาณวิตามินซี 0.69 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร (Table 32-34)

Table 26 Weigh loss of longkong treated with CO₂ 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	2.12 c	3.30 c	5.11 b	5.15 c
wrap with PVC	0.72 b	0.93 b	1.24 a	1.72 b
LLPE	0.27 a	0.37 a	0.34 a	0.34 a
M4	0.31 a	0.35 a	0.37 a	1.28 ab
CV (%)	14.2	19.5	39.0	38.1

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 27 Fruit drop (%) of longkong treated with CO₂ 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.00	34.48	67.90	97.10
wrap with PVC	0.53	92.48	100.00	100.00
LLPE	0.00	94.50	100.00	100.00
M4	8.11	95.69	99.00	100.00
CV (%)	-	-	-	-

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 28 Browning (%) of longkong treated with CO₂ 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.00	0.00	4.21	13.41 b
wrap with PVC	0.00	0.61	12.36	17.30 b
LLPE	0.84	4.56	17.81	1.82 a
M4	4.43	0.95	14.75	8.82 ab
CV (%)	-	249.8	115.2	69.7

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 29 L* value (lightness) of longkong treated with CO₂ 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	62.64	62.58	62.47	57.66 b
wrap with PVC	63.44	63.15	61.24	59.31 b
LLPE	62.34	63.81	55.54	62.61 a
M4	62.22	62.36	62.21	60.09 ab
CV (%)	3.2	3.4	3.3	3.4

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 30 b* value (yellowness) of longkong treated with CO₂ 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	33.54	33.52	32.80	31.60
wrap with PVC	34.04	33.26	32.80	32.23
LLPE	32.32	33.16	32.58	33.29
M4	33.46	32.55	32.75	33.03
CV (%)	4.0	3.5	3.5	4.5

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 31 Flesh firmness (N) of longkong treated with CO₂ 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.26 a	0.25	0.23	0.19 b
wrap with PVC	0.31 ab	0.21	0.18	0.13 a

LLPE	0.33 b	0.22	0.19	0.16 ab
M4	0.26 a	0.24	0.18	0.15 ab
CV (%)	12.8	18.4	22.6	19.5

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 32 Total soluble solids (brix) of longkong treated with CO₂ 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	16.48	15.94	17.02	17.28
wrap with PVC	16.70	16.52	16.26	16.36
LLPE	16.98	16.50	17.08	17.60
M4	15.20	16.14	16.08	17.34
CV (%)	7.4	11.4	9.5	7.4

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 33 Titratable acidity (%) of longkong treated with CO₂ 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.79	0.89	0.92	0.85
wrap with PVC	0.78	0.83	0.82	0.80
LLPE	0.95	0.85	0.81	0.87
M4	0.72	0.80	0.78	0.83
CV (%)	18.5	9.4	19.8	9.2

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

Table 34 Vitamin C (mg/100 ml) CO₂ of longkong treated with CO₂ 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at 13°C

treatment	storage time (days)			
	3	6	9	12
control	0.78	0.82	0.71	0.70
wrap with PVC	0.72	0.64	0.71	0.64
LLPE	0.66	0.82	0.76	0.58
M4	0.72	0.70	0.76	0.81
CV (%)	30.0	23.7	21.6	27.7

Mean in the same column followed by different letter are significantly different at 95%

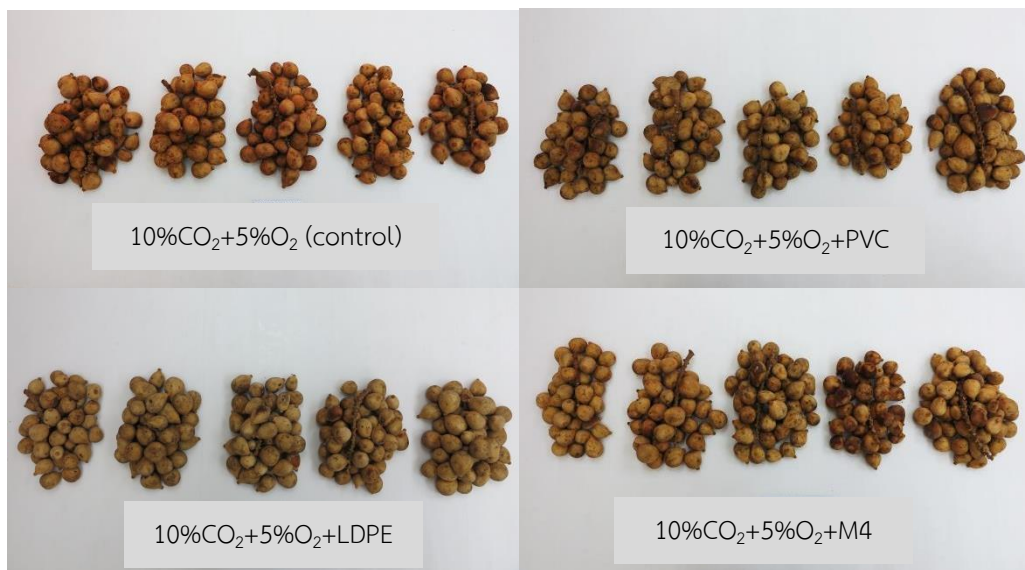


Figure 6 Longkong treated with CO₂ 10% for 12 hour and packed in plastic packaging stored at

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ :

1. การให้ CO₂ ความเข้มข้นสูงก่อนการเก็บรักษาผลมะม่วง ยังไม่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงได้ ผลมะม่วงที่ได้รับ และไม่ได้รับ CO₂ ความเข้มข้นสูงก่อนการเก็บรักษา มีคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีไม่แตกต่างกัน

2. ผลมะม่วงที่ผ่านการให้ CO₂ ความเข้มข้น 30 50 และ 70% นาน 24 ชั่วโมง และผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการให้ CO₂ สามารถเก็บรักษาได้นาน 14 วัน และผลมะม่วงสามารถสุกได้เมื่อวางที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 4 วัน การเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ผลมะม่วงจะแสดงอาการของโรคแอนแทรกโนส และโรคช้ำผลเน่าเมื่อผลสุก ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

3. การให้ CO₂ ความเข้มข้นสูงแก่ผลมะม่วงร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงสามารถเก็บรักษาได้นาน 21 วัน และผลมะม่วงสุกได้เมื่อวางที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 4 วัน ซึ่งเป็นผลจากการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง แต่การให้ CO₂ ความเข้มข้นสูงเพียงอย่างเดียว ยังไม่มีผลชัดเจนในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง

4. ลองกองที่ได้รับ CO₂ ความเข้มข้นสูง เกิดอาการเปลือกสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นมากกว่าลองกองที่ไม่ได้รับ CO₂ โดยความรุนแรงของอาการเปลือกสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ CO₂ เพิ่มขึ้น

5. การให้ CO₂ ความเข้มข้นสูงแก่ผลลองกองร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงพบว่า การเก็บรักษาลองกองในสภาพบรรยากาศดัดแปลงทำให้ผลลองกองเกิดการหลุดร่วงมากกว่าผลลองกองที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ และ CO₂ ความเข้มข้นสูงยังไม่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาลองกองได้

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ :

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี) :

12. เอกสารอ้างอิง :

จริงแท้ ศิริพานิช และธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดี. 2543. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. 89 หน้า.

นันทพร สุขกระจ่าง มุทิตา มีนุ่น และสุกัญญา จันทะชุม. 2547. คุณภาพและการเปลี่ยนแปลงของลองกองระหว่างการเก็บรักษาภายใต้สภาพดัดแปลงบรรยากาศ. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 4. 4-7 พฤษภาคม 2547. โรงแรมเจบีหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

ภานุมาศ อัสตร. 2530. การยืดอายุหลังเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย (*Mangifera indica* L. cv. Keaw Sawoey) โดยใช้พลาสติกฟิล์มและสภาพความดันต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มาโนชญ์ กุลพฤกษ์. 2534. ผลกระทบของสภาพบรรยากาศที่ดัดแปลงและอุณหภูมิต่ำที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการส่งออกมะม่วงสด. สืบค้นจาก: http://http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php (2 พฤษภาคม 2559)

Batu, A. and Thompson, A.K. 1998. Effects of short term high carbon dioxide treatment on tomato ripening. *J. Agric. For.* 22: 405-410.

Bender, R.J., J.K. Brecht and C.A. Campbell. 1994. Responses of 'Kent and Tommy Atkins'

- mangoes to reduced O₂ and elevated CO₂. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 107: 274-277.
- Boonyaritthongchai, P. and S. Kanlayanarat. 2003. Modified atmosphere and carbon dioxide shock treatment for prolonging storage life of 'Rong -rien' rambutan fruits. *Acta hort.* 600:
- Brecht, J.K. and E.M. Yahia. 2009. The mango, 2nd edition: botany, production and uses. CAB International.
- Buta A. and A.K. Thompson. 1998. Effect of short term high carbon dioxide treatment on tomato ripening. *Tr. J. of Agri. and fore.* 22: 405-410.
- Harker, F.R., Elgar, H.J., Watkins, C.B., Jackson, P.J. and Hallet, I.C. 2000. Physical and mechanical changes in strawberry fruit after high carbon dioxide treatments. *Post.Bio. and Technol.*19: 139-146.
- Kader, A.A. 1994. Modified and controlled atmosphere storage of tropical fruits. In Champ, B.R. et al (editors). *Postharvest handling of tropical fruits: proceeding of an international conference held at Chiang Mai Thailand, 19-23 July 1993.*
- Mellenthin, W.M. and C.Y. Wang. 1977. Storage response of D'Anjou pears following short-term high carbon dioxide treatment. *Acta Hort.* 69: 323-326
- Prasanna, V., T.N. Prabha and R.N. Thattanatha. 2007. Fruit ripening phenomena – an overview. *Food Sci. and Nutri.* 47(1): 1-19.
- Sangkasanya, S. and M. Meenune. 2009. Physical, chemical and sensory quality of longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) as affected by storage at different atmosphere. *As.J. Food Ag-Ind.* 3(1): 64-74.
- Taesakula, P., N. Pradisthakarna, S. Chantaksinopasb and J. Siriphanich. 2012. Longkong fruit abscission and its control. *Post.Bio and Technol.* 64: 91–93.
- Zagory, D. and A.A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technol.* 42(9): 70-74 & 76-77.

13. ภาคผนวก

: