รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

# ผลของระยะเก็บเกี่ยว สารดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ และไอระเหยเอทานอล ต่อคุณภาพผลลองกองระหว่างเก็บรักษา

# Effect of maturity, carbon dioxide absorber and ethanol vapor treatments on quality of longkong (*Lansium domesticum* Corr.) fruits during storage


คณะนักวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัญชลี ศิริโชติ

ดร. ศุภชัย ภิสัชเพ็ญ

นางบุปผา จองปัญญาเลิศ



โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประจำปีงบประมาณ 2555 รหัสโครงการ AGR550140S



Bib Key

- 9 JUN 2017

**ชื่อโครงการวิจัย** ผลของระยะเก็บเกี่ยว สารดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ และไอระเหยเอทานอลต่อคุณภาพผลลองกองระหว่างเก็บรักษา

Effect of maturity, carbon dioxide absorber and ethanol vapor treatments on quality of longkong (*Lansium domesticum* Corr.) fruits during storage

**คณะนักวิจัย**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัญชลี ศิริโชติ หัวหน้าโครงการ
สังกัดภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ดร. ศุภชัย ภิสัชเพ็ญ ผู้ร่วมโครงการ
สังกัดภาควิชาเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
นางบุปผา จองปัญญาเลิศ ผู้ร่วมโครงการ
สังกัดคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
นายชัยรัตน์ พึ่งเพียร ผู้ช่วยวิจัย
สังกัดคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

# บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเก็บเกี่ยว ชนิดของฟิล์มที่ใช้ปิดถาด และการประยุกต์ใช้สารดูดซับ $CO_2$ และ/หรือไอระเหยเอทานอล ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของลองกองผลเดี่ยวในระหว่างเก็บรักษา

การศึกษาผลของระยะเก็บเกี่ยวและชนิดของฟิล์มที่ใช้ปิดถาดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของลองกองผลเดี่ยว โดยเก็บเกี่ยวผลลองกองที่มีอายุ 13, 14 และ 15 สัปดาห์หลังดอกบาน บรรจุลองกองในถาดโพลีโพรพิลีน (PP) ขนาด 135.0×187.0×36.0 มม. จำนวน 6 ผล ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีน 1 ซอง (3 ก./ซอง) ปิดถาดด้วยฟิล์มที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ (1) หุ้มถาดด้วยฟิล์มยืดโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) ปิดผนึกด้วย Adhesive tape และ (2) ปิดถาดด้วยฟิล์มไนลอน/โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (Nylon/LLDPE) ที่เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม. จำนวน 2 รู และปิดทับรูที่เจาะด้วยฟิล์มพลาสติกสูตร M4 (macroperforated Nylon/LLDPE) ทุกชุดการทดลองนำเก็บรักษาที่ 15±1°C พบว่า ผลลองกองทุกระยะเก็บเกี่ยวที่เก็บภายใต้ฟิล์มยืด PVC สามารถเก็บรักษาได้นาน 9 วัน และมีการสูญเสียน้ำหนักที่สูงกว่าผลลองกองที่เก็บภายใต้ฟิล์ม macroperforated Nylon/LLDPE ($p<0.05$) ซึ่งเก็บรักษาได้นาน 12 วัน แสดงให้เห็นว่าระยะเก็บเกี่ยวไม่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาลองกอง แต่ชนิดของฟิล์มที่ใช้ปิดถาดสามารถชะลอการเน่าเสียได้ ในระหว่างเก็บรักษาผลลองกองที่เก็บเกี่ยวในระยะ 15 สัปดาห์หลังดอกบานมีค่า L* ไม่แตกต่างจากเมื่อเริ่มเก็บรักษา แต่ค่า L* ของผลลองกองที่เก็บเกี่ยวในระยะอื่นมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้การเก็บรักษาผลลองกองภายใต้ฟิล์มยืด PVC ทำให้มีค่า L* และ h° เปลี่ยนแปลงช้ากว่าการเก็บภายใต้ฟิล์ม macroperforated Nylon/LLDPE ($p<0.05$) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) มีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อย แต่ปริมาณน้ำตาลซูโครสมีค่าลดลง ($p<0.05$) อย่างชัดเจนในระหว่างเก็บรักษา อย่างไรก็ตามชนิดของฟิล์มที่ใช้ปิดถาดไม่มีผลต่อปริมาณ TSS TA น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรักโทส ผลลองกองที่มีอายุ 13 สัปดาห์หลังดอกบานภายหลังเก็บเกี่ยวมีกิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลลาลานีน แอมโมเนียไลเอส (PAL) และโพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) สูงกว่าระยะอื่น ($p<0.05$) ผลลองกองที่เก็บภายใต้ฟิล์ม macroperforated Nylon/LLDPE มีแนวโน้มของกิจกรรมเอนไซม์ PPO สูงกว่าและมีปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกทั้งหมดในส่วนเปลือกต่ำกว่าผลลองกองที่เก็บภายใต้ฟิล์มยืด PVC ($p<0.05$) นอกจากนี้ผลลองกองที่เก็บภายใต้ฟิล์ม macroperforated Nylon/LLDPE ยังมีการสะสมของแก๊ส $CO_2$ สูงกว่า แต่มีความเข้มข้นของแก๊ส $O_2$ และเอทิลีนต่ำกว่าผลลองกองที่เก็บภายใต้ฟิล์มยืด PVC ($p<0.05$) งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ผลลองกองที่เก็บเกี่ยวในระยะ 14 สัปดาห์หลังดอกบาน เนื่องจากมีความเหมาะสมต่อการบริโภคมากกว่าที่ระยะ 13 สัปดาห์หลังดอกบาน นอกจากนี้ข่อผลยังปรากฏการเข้าทำลายของแมลงน้อยกว่าที่ระยะ 15 สัปดาห์หลังดอกบาน และเลือกใช้ฟิล์มปิดถาดชนิด macroperforated Nylon/LLDPE สำหรับการทดลองในขั้นถัดไป

การเก็บรักษาผลลองกองร่วมกับสารดูดซับ $CO_2$ โดยบรรจุสารดูดซับ $CO_2$ ทางการค้า (Drägersorb ® 800 Plus) ที่ระดับแตกต่างกัน ได้แก่ 0.00 (ชุดควบคุม), 0.50, 0.75 และ 1.00 ก. ในซองจากฟิล์มพลาสติกสูตร M4 ขนาด 5.1×5.5 ซม. โดยบรรจุลองกอง 6 ผล และสารดูดซับ $CO_2$ ระดับละ 1 ซอง

ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีน 1 ซอง (3 ก./ซอง) ในถาด PP ปิดด้วยฟิล์ม macroperforated Nylon/LLDPE เก็บรักษาที่ 15±1°C พบว่า การเก็บรักษาผลลองกองร่วมกับสารดูดซับ $CO_2$ ทุกชุดการทดลองไม่มีผลต่อการเน่าเสียและการสูญเสียน้ำหนัก โดยผลลองกองทุกชุดการทดลองสามารถเก็บรักษาได้นาน 12 วันโดยไม่มีการเน่าเสีย อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาผลลองกองร่วมกับสารดูดซับ $CO_2$ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า L* และ h° ในส่วนผิวเปลือกได้ โดยระดับสารดูดซับ $CO_2$ ที่เหมาะสมภายใต้สภาวะที่ศึกษานี้ เท่ากับ 0.50 ก./ซอง/ถาด ซึ่งผลลองกองที่เก็บรักษาร่วมกับสารดูดซับ $CO_2$ ในระดับดังกล่าวมีปริมาณ TSS TA น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรักโทส ในระหว่างเก็บรักษาไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่มีความเข้มข้นของแก๊ส $CO_2$ ภายในบรรจุภัณฑ์ต่ำกว่าชุดควบคุมประมาณ 1.6 เท่า ในวันที่ 6, 9 และ12 ของการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าผลลองกองที่เก็บรักษาร่วมกับสารดูดซับ $CO_2$ ทุกชุดการทดลองมีความเข้มข้นของแก๊สเอทิลีนภายในบรรจุภัณฑ์สูงกว่าชุดควบคุม ($p<0.05$)

การศึกษาผลของการรมไอระเหยเอทานอลก่อนการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพลองกองผลเดี่ยวในระหว่างเก็บรักษา โดยบรรจุลองกองจำนวน 12 ผล ในโหลพลาสติกปริมาตร 3,650 มล. จากนั้นรมไอระเหยจากสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 20, 30 และ 40% ด้วยอัตราการไหลของไอระเหยเท่ากับ 183.72±8.85 มล./นาที ให้แก่ผลลองกองแต่ละชุดการทดลองนาน 20 นาที จากนั้นบรรจุลองกองแต่ละชุดการทดลองจำนวน 6 ผล และสารดูดซับเอทิลีน 1 ซอง (3 ก./ซอง) ในถาด PP ปิดด้วยฟิล์ม macroperforated Nylon/LLDPE เก็บรักษาที่ 15±1°C พบว่า การรมไอระเหยเอทานอลแก่ผลลองกองทุกชุดการทดลองไม่มีผลต่อการลดการเน่าเสียเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม อย่างไรก็ตามผลลองกองที่รมไอระเหยเอทานอลที่ความเข้มข้น 30 และ 40% มีแนวโน้มของการเน่าเสียลดลง ทั้งนี้ผลลองกองทุกชุดการทดลองสามารถเก็บรักษาได้นาน 12 วัน โดยไม่มีการเน่าเสีย ซึ่งการรมไอระเหยเอทานอลแก่ผลลองกองก่อนเก็บรักษาสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า L* h° และ C* ในส่วนผิวเปลือกได้ ผลลองกองที่รมไอระเหยเอทานอลทุกระดับมีกิจกรรมเอนไซม์ PAL ต่ำกว่า แต่มีการรั่วไหลของสารมีประจุในส่วนเปลือกสูงกว่าชุดควบคุม ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า การรมไอระเหยเอทานอลที่ความเข้มข้น 40% มีแนวโน้มในการลดกิจกรรมเอนไซม์ PPO ในส่วนเปลือกได้ ทั้งนี้ผลลองกองทุกชุดการทดลองที่เก็บรักษานาน 12 วัน ยังมีคุณภาพทางจุลินทรีย์ในส่วนเนื้ออยู่ในเกณฑ์ที่สามารถบริโภคได้ ตามประกาศเรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

การศึกษาผลของการใช้แผ่นปล่อยไอระเหยเอทานอลร่วมกับผลลองกองต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างเก็บรักษา ซึ่งแผ่นปล่อยไอระเหยเอทานอลเตรียมได้จากการเติมสารละลายเอทานอลปริมาตร 2 มล. ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม), 60, 70 และ 80% ลงในแผ่นสำลี บรรจุในซองฟิล์ม Nylon/LLDPE ขนาด 7.5x9.0 ซม. และปิดผนึกด้วยความร้อน นำลองกองจำนวน 6 ผล เก็บร่วมกับแผ่นปล่อยไอระเหยเอทานอล และสารดูดซับเอทิลีน 1 ซอง (3 ก./ซอง) ในถาด PP ปิดด้วยฟิล์ม macroperforated Nylon/LLDPE เก็บรักษาที่ 15±1°C พบว่า ผลลองกองทุกชุดการทดลองสามารถเก็บรักษาได้นาน 12 วันโดยไม่มีการเน่าเสีย การเก็บรักษาผลลองกองร่วมกับแผ่นปล่อยไอระเหยเอทานอลสามารถลดการเน่าเสียของผลในวันที่ 15 ได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($p<0.05$) งานวิจัย

นี้พบว่า การเก็บรักษาผลลองกองร่วมกับแผ่นปล่อยไอระเหยที่มีสารละลายเอทานอลเข้มข้น 60% เป็นชุดการทดลองที่เหมาะสมที่สุด และยังพบว่าการเก็บรักษาผลลองกองร่วมกับแผ่นปล่อยไอระเหยเอทานอลที่ความเข้มข้น 80% มีผลต่อการเร่งการสลายตัวของน้ำตาลซูโครส แต่ชะลอการลดลงของปริมาณ TA ได้ อย่างไรก็ตามไอระเหยเอทานอลทุกความเข้มข้นมีผลต่อการกระตุ้นกิจกรรมเอนไซม์ PAL ในส่วนเปลือกและการสะสมของแก๊สเอทิลีนภายในบรรจุภัณฑ์ แผ่นปล่อยไอระเหยเอทานอลสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผิวเปลือกลองกองได้ แต่ไม่มีผลต่อปริมาณยีสต์และรา นอกจากนี้ผลลองกองทุกชุดการทดลองที่เก็บรักษานาน 12 วัน ยังมีคุณภาพทางจุลินทรีย์ในส่วนเนื้ออยู่ในเกณฑ์ที่สามารถบริโภคได้ ตามประกาศฯ ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

การประยุกต์ใช้กรรมวิธีที่คัดเลือกได้จากข้างต้นเปรียบเทียบกับผลของการใช้กรรมวิธีดังกล่าวร่วมกัน ซึ่งชุดการทดลองประกอบด้วย (1) สารดูดซับ $CO_2$ 0.50 ก./ซอง (2) แผ่นปล่อยไอระเหยที่มีเอทานอลเข้มข้น 60% (3) สารดูดซับ $CO_2$ 0.50 ก./ซอง และแผ่นปล่อยไอระเหยที่มีเอทานอลเข้มข้น 60% และ (4) ชุดควบคุม แต่ละชุดการทดลองบรรจุลองกองจำนวน 6 ผล และสารดูดซับเอทิลีน 1 ซอง (3 ก./ซอง) ในถาด PP ปิดด้วยฟิล์ม macroperforated Nylon/LLDPE เก็บรักษาที่ 15±1°C พบว่า ผลลองกองทุกชุดการทดลองสามารถเก็บรักษาได้นาน 12 วัน ซึ่งการเก็บรักษาผลลองกองร่วมกับสารดูดซับ $CO_2$ และแผ่นปล่อยไอระเหยเอทานอลไม่มีผลต่อการลดการเน่าเสีย และยังทำให้ค่า L* ในส่วนผิวเปลือกต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น ($p<0.05$) การเก็บรักษาผลลองกองร่วมกับสารดูดซับ $CO_2$ สามารถชะลอการสะสมของเอทานอลและอะซีทัลดีไฮด์ได้ในช่วง 9 วันแรกของการเก็บรักษา แต่การเก็บรักษาผลลองกองร่วมกับแผ่นปล่อยไอระเหยเอทานอลทุกชุดการทดลอง ทำให้มีการสะสมของเอทานอลและอะซีทัลดีไฮด์ในเนื้อผลสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ($p<0.05$) และยังมีผลต่อการเร่งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL ในส่วนเปลือกและการสะสมของแก๊สเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์ ผลลองกองทุกชุดการทดลองที่เก็บรักษานาน 12 วัน มีคุณภาพทางจุลินทรีย์ในส่วนเนื้อยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถบริโภคได้ ตามประกาศฯ ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข การศึกษาโครงสร้างทางกายวิภาคของเปลือกผลลองกองที่เก็บรักษานาน 12 วัน แสดงให้เห็นการเรียงตัวของขนขนาดเล็กๆ บนผิวเปลือกที่ไม่เป็นระเบียบ เปลี่ยนสภาพไป และรอยแตกที่เกิดจากส่วนขนซึ่งหลุดออกจากเนื้อเยื่อผิวเปลือกเปรียบเทียบกับโครงสร้างของเปลือกผลลองกองหลังการเก็บเกี่ยว และยังพบจุลินทรีย์ในบริเวณช่องปากใบของผิวเปลือก งานวิจัยนี้พบลักษณะโครงสร้างทางกายวิภาคของผิวเปลือกผลลองกองที่แสดงการเสื่อมสภาพเมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ในขณะเดียวกันสอดคล้องกับค่าการรั่วไหลของสารมีประจุที่เพิ่มขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับโครงสร้างทางกายวิภาคของผิวเปลือก

**คำสำคัญ:** ลองกอง, ระยะเก็บเกี่ยว, สารดูดซับ $CO_2$, ไอระเหยเอทานอล, การลดการเน่าเสีย

## Abstract

The objective of this research was to elucidate the effect of maturity stages, types of films and the application of $CO_2$ absorber and/or ethanol vapor on quality changes of the individual longkong fruit during storage.

The effects of maturity stages and types of film on quality changes of the individual longkong fruit were investigated. Longkong fruit at different maturity stages of 13, 14 and 15 weeks after anthesis were harvested. Six fruits of each stage were placed in 135.0×187.0×36.0 mm. polypropylene (PP) trays with a sachet of an ethylene absorber (3 g/sachet). Two different types of films were used; (1) wrapped with a stretch polyvinyl chloride (PVC) film, tightly sealed with an adhesive tape, and (2) sealed with the Nylon/Linear low density polyethylene (Nylon/LLDPE) film which were perforated 2 holes of 2.5 cm diameter, sealed each hole with M4 formulation plastic film (macroperforated Nylon/LLDPE). All treatments were then stored at 15±1°C. The results showed that longkong fruit storage under the stretch PVC film could keep for 9 days regardless of all maturity stages, and the weight losses were greater than those of fruit storage under the macroperforated Nylon/LLDPE film ($p<0.05$) which provided acceptable 12 days storage. The results indicated that the maturity stages did not affect on the shelf life of individual longkong fruit, whereas the sealing films could slow their fruit spoilage. During storage, longkong fruit at 15 weeks after anthesis had no significant difference in the L* values of pericarp as compared to those of the initial ones, while the L* values of the other stages tended to decrease. The longkong fruit storage under a stretch PVC film had the L* and h° values greater than those of fruit storage under a macroperforated Nylon/LLDPE film ($p<0.05$). The total soluble solids (TSS) and titratable acidity (TA) slightly decreased while the sucrose content explicitly reduced during storage. However, film types did not affect on TSS, TA, sucrose, glucose and fructose contents. Longkong fruit at 13 weeks after anthesis had the phenylalanine ammonia lyase (PAL) and polyphenol oxidase (PPO) activities greater than those of others ($p<0.05$). The fruit storage under a macroperforated Nylon/LLDPE film had the PPO activity greater than those of storage under a stretch PVC film, on the other hand, less total phenolic contents in pericarp were observed ($p<0.05$). In addition, longkong fruit storage under a macroperforated Nylon/LLDPE film had greater in the gas headspace $CO_2$ concentration but lower in both gas headspace $O_2$ and ethylene concentrations than those of fruit storage under a stretch PVC film. This research, therefore, selected the longkong fruit at 14 weeks after anthesis for further studies due to its suitable quality for consumption as

compared to that of fruit at 13 weeks after anthesis. Also, this fruit maturity stage appeared less blemish from insects than that of fruit at 15 weeks after anthesis. Furthermore, the macroperforated Nylon/LLDPE film was also chosen for further experiments.

The storage study of longkong fruit with a sachet of $CO_2$ absorber was performed. The different amounts of $CO_2$ absorbers (Drägersorb ® 800 Plus) consisting of 0.00 (control), 0.05, 0.75 and 1.00 g were packed in 5.1×5.5 cm. sachet of M4 formulation plastic film . Six longkong fruit were placed with each sachet of the $CO_2$ absorber and ethylene absorber (3 g/sachet) in a PP tray, sealed with a macroperforated Nylon/LLDPE film, subsequently stored at 15±1°C. The results showed that all treatments treated with the $CO_2$ absorber had no effect on fruit spoilage and weight loss during storage. All experiments provided quality for 12 days storage without observing any fruit spoilage. However, the application of the $CO_2$ absorber to longkong fruit could delay changes in pericarp L* h° and C* values. This research showed that the suitable amount of the $CO_2$ absorber was 0.50 g/sachet/tray regarding to no significant effect on TSS, TA, sucrose, glucose and fructose contents was achieved. However, the gas headspace $CO_2$ concentration in packages was proximately 1.6 folds less than those of the control at 6, 9 and 12 days of storage. In addition, it was found that all $CO_2$ absorber applications to longkong fruit provided the gas headspace ethylene concentrations in package greater than that of the control ($p<0.05$).

The effect of ethanol fumigation treatment prior to storage on quality changes of individual longkong fruit was investigated. Twelve individual fruit were placed in 3,650 mL plastic container, the different concentrations of ethanol solutions at 0 (control), 20, 30 and 40% were used for generating ethanol vapor with a flow rate of 183.72±8.85 mL/min for 20 min each. Each six treated fruit were packed with a sachet of ethylene absorber (3 g/sachet) in a PP tray, sealed with the macroperforated Nylon/LLDPE film and then stored at 15±1°C. It was found that all ethanol fumigation treatments of longkong fruit had no significant effect on the spoilage reduction. However, fruits spoilage tended to reduce when applied the ethanol fumigation at concentrations of 30 and 40%. All treatments could store for 12 days without observing any fruit spoilage. The use of ethanol fumigation for longkong fruit prior to storage could delay changes in pericarp L* h° and C* values. All treated fruit had PAL activity lower than that of the control, in contrast to the electrolyte leakage values ($p<0.05$). In addition, it was found that the treated fruit with 40% ethanol fumigation tended to reduce the PPO activity in pericarp. The longkong pulp from all experiments at 12 days of storage met an acceptable microbial quality for consumption as an announcement of the

microbiological quality of food and a container contacted to food by the Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health.

The effect of ethanol emitter application to longkong fruit on quality changes during storage was elucidated. The ethanol emitters were prepared by filling 2 mL of different concentrations of 0 (control), 60, 70 and 80% ethanol into a cotton sheet, packed in the 7.5×9.0 cm. Nylon/LLDPE sachet and tightly heat sealed. Six individual longkong fruits were placed into a PP tray with both a single sachet of an ethanol emitter and an ethylene absorber (3 g/sachet), subsequently sealed with a macroperforated Nylon/LLDPE film and then stored at 15±1°C. The results illustrated that all experiments could store for 12 days without observing any fruit spoilage. All applications of ethanol emitter to longkong fruit had the significant reduction in fruit spoilage at 15 days of storage as compared to the control treatment ($p<0.05$). This study indicated that the emitter containing 60% ethanol solution was a suitable treatment for longkong fruit storage. The storage of longkong fruit with an emitter containing 80% ethanol solution had the effect on sucrose degradation as well as extending the decrease in TA values. However, the longkong fruit storage with all ethanol emitters could accelerate the PAL activity and the accumulation of the gas headspace ethylene in packages. The ethanol emitter could reduce the growth of the total viable microbe in fruit pericarp, whereas no effect on yeasts and molds was observed. In addition, the longkong pulp from all experiments at 12 days of storage had an acceptable in the microbial quality for consumption as an announcement by the Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health.

The selected treatments from a previous study were applied to longkong fruit consisting of (1) $CO_2$ absorber 0.50 g/sachet (2) an emitter containing 60% ethanol solution (3) a combination of both sachets of $CO_2$ absorber 0.50 g/sachet and an emitter containing 60% ethanol solution and (4) the control sample. Each treatment consisting of six individual fruit with a sachet of ethylene absorber (3 g/sachet) were packed in a PP tray each, sealed with the macroperforated Nylon/LLDPE film and then stored at 15±1°C. The results showed that all experiments could store for 12 days without observing any fruit spoilage. The combination of both $CO_2$ absorber and ethanol emitter to longkong fruit had no effect on the spoilage reduction, but the pericarp L* values was lower than those of other treatments ($p<0.05$). The storage of longkong fruits with a $CO_2$ absorber could delay the accumulation of ethanol and acetaldehyde in their pulp during the first 9 days of storage. However, all applications of the ethanol emitters to longkong fruit showed both the ethanol and

acetaldehyde contents greater than those of other treatments ($p<0.05$). These treatments also exhibited the acceleration of both the PAL activity and the gas headspace accumulation of an ethylene in packages. Longkong pulp from all experiments at 12 days of storage also had an acceptable microbial quality for consumption as an announcement by the Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health. The microstructure changes of longkong pericarp at 12 days of storage were also determined. The electron micrographs showed the collapsed and damaged epidermal hairs of the hyperdermal tissues in all treatments. The cracking and the detached hair appearance on the peel surface as well as the infection of microbes at the stomatal pore were also observed. This research also implied that the damages shown in pericarp microstructures might correlate with their electrolyte leakage values.

**Keywords:** longkong fruit, maturity stage, $CO_2$ absorber, ethanol vapor, spoilage reduction