

ผลของบรรจุภัณฑ์แอคทีฟต่อการยืดอายุการเก็บรักษาของกระเจี๊ยบเขียว

The Effect of Active Packaging on Extending Storage Life of Okra

วาราศินี เวหุมาส¹ ปรีติยาทร แก้วมณี¹ ธวัช อินทรพันธุ์² และ มยุรี กระจ่ายกลาง^{1,3*}

Warasinee Werumas¹, Preetiyatorn Kaewmanee¹, Tavich Intaraphan² and Mayuree Krajaylang^{1,3*}

¹คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ กรุงเทพฯ 10120

³สถานความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000

²Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep, Bangkok 10120

³Center of Excellence in Postharvest Technology, Naresuan University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author: e-mail: mayureek@nu.ac.th

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์แอคทีฟต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาของกระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 10°C บรรจุกระเจี๊ยบเขียวที่ระยะการเก็บเกี่ยว 1.5-2 เดือน ในถาดโฟม (ชุดควบคุม) ถุงพลาสติก LDPE ถุงแอคทีฟ ชนิด M2 (oxygen transmission rate (OTR) of 12,000-14,000 cc/m²-day) ถุงแอคทีฟชนิด M3 (OTR of 10,000- 11,000 cc/m² -day) และถุงแอคทีฟชนิด M4 (OTR of 14,000-16,000 cc/m²-day) รวม 5 กรรมวิธี เป็นเวลา 16 วัน บันทึกข้อมูลคุณภาพ ทุก ๆ 4 วัน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ลักษณะภายนอกที่ปรากฏของฝักกระเจี๊ยบเขียว คุณลักษณะของสี ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี รวมทั้งอายุการเก็บรักษา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ฝัก วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล ด้วย *F-Test* เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า บรรจุภัณฑ์แอคทีฟทุกชนิดและบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LDPE สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ลดการเสื่อมสภาพลักษณะภายนอกของฝัก ชะลอการสูญเสียวิตามินซี และยืดอายุการเก็บรักษากระเจี๊ยบเขียวได้นาน 14-16 วัน ที่อุณหภูมิ 10°C ในขณะที่กระเจี๊ยบเขียวที่บรรจุในถาดโฟมมีอายุการเก็บรักษาเพียง 11-12 วัน และมีปริมาณวิตามินซี ต่ำ อย่างไรก็ตาม บรรจุภัณฑ์แอคทีฟและบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LDPE ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีบางประการ ได้แก่ ค่าแสดงของสี (L*, a*, b*, C*, h°) ปริมาณกรดที่ไทเทรต ปริมาณกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของน้ำคั้นกระเจี๊ยบเขียว

คำสำคัญ: กระเจี๊ยบเขียว, บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ, คุณภาพการเก็บรักษา, อายุการเก็บรักษา

ABSTRACT

The effect of active packaging on postharvest quality and storage life of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) at low temperatures 10°C was studied. Okra at harvest 1.5-2 months was packed in foam tray (a control), low density polyethylene bag (LDPE), active package M2 (OTR of 12,14-000,000 cc/m²day), active package M3 (OTR of 10,11-000, 000cc/m²day) and active package M) 4OTR of 14,-000 16, 000cc/m²day), totalled 5 treatments, for 16 days. Postharvest quality was determined every 4 days,

including percentage of weight loss, characteristics of external appearance, characteristics of colour, moisture content, soluble solids content (SSC), pH, titratable acidity (TA), vitamin C content, as well as the storage life of okra pods, The experiment was laid out in a completely randomized design with 3 replications of 10 pods. Data analysis was performed by *F-Test*. Duncan's new multiple range test at a 95% confidence interval was used to compare means. The results showed that the storage of okra in active packaging and in LDPE bag could slow the weight loss, reduced the deterioration of the external appearance of the pods, delayed change in vitamin C content of okra and extended the storage life to 14-16 days at 10°C. In contrast, okra packed in foam tray (a control) had only 11-12 days of storage life with low vitamin C content. However, active packaging and LDPE bag had no effect on physical and chemical changes such as characteristics of colour (L^* , a^* , b^* , C^* , h^*), TA, pH and SSC in juice of okra.

Keywords: Okra, active packaging, storage quality, storage life

บทนำ

กระเจี๊ยบเขียว (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) จัดเป็นผักที่มีความสำคัญของประเทศไทย ประมาณ 90 % ของปริมาณการส่งออกทั้งหมดถูกส่งไปยังตลาดญี่ปุ่น การส่งออกในปี 2554-2556 มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นจากช่วงที่ผ่านมา อย่างเห็นได้ชัด และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (DOA, 2016) โดยส่งออกไปยัง 5 ประเทศหลัก ได้แก่ ญี่ปุ่น ฮองกง สวิตเซอร์แลนด์ สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์และเยอรมันในปี 2558 – 2561 มีมูลค่าประมาณ 156.2 - 301.2 ล้านบาท (Information and Communication Technology Center, 2018) แหล่งเพาะปลูกในประเทศไทยปี 2559 มีพื้นที่ปลูกรวมทั้งหมด 170,103 ไร่ ผลผลิตทั้งหมด 236,968 ตัน (Office of Agricultural Economics, 2017) กระเจี๊ยบเขียวเป็นผักที่รับประทานในส่วนของ ผักอ่อน ผักมีรูปร่างเรียวยาว ปลายแหลม มีทั้งชนิดฝักกลม และฝักเหลี่ยม แต่เนื่องจากเป็นผักที่เก็บเกี่ยวในระยะผักอ่อน จึงมีการหายใจค่อนข้างสูง เสื่อมสภาพง่าย การใช้อุณหภูมิต่ำจะช่วย ยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลโดยอุณหภูมิที่ 7-10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษากระเจี๊ยบเขียวให้มี คุณภาพที่ยอมรับเป็นเวลา 7-10 วัน (Siripanich, 2003) บรรจุภัณฑ์ Active Packaging เป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ ที่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ และยอมให้ออกซิเจนผ่านเข้าในบรรจุภัณฑ์ หรือยอมให้คาร์บอนไดออกไซด์ผ่านออกจากบรรจุภัณฑ์ในอัตราส่วน ที่พอเหมาะต่อการชะลอการหายใจของผลิตผล (National Metal and Materials Technology Center, 2003) มีรายงานถึงการใช้บรรจุภัณฑ์ Active Packaging กับผลิตผลทางการเกษตรชนิดอื่นคือ คื่นห่องกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำให้มีคะน้ำมีอายุการเก็บรักษานาน 13วัน (Kaewmaneeopchoti, 2014) และในบล็อกโคลี่ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู (Chomsak *et al.*, 2010) ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์แอคทีฟที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมีและอายุ การเก็บรักษากระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิตู้แช่ ซึ่งเป็นแนวทางที่มีประโยชน์ต่อการยืดอายุการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวเพื่อให้กระเจี๊ยบเขียวมีคุณภาพดี ลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว เพิ่มมูลค่าทางการตลาดของ กระเจี๊ยบเขียว สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น และสามารถ นำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมพืชทดสอบ

ทำการสั่งซื้อกระเจี๊ยบเขียวที่เก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสมต่อผู้บริโภค และขนส่งอย่างระมัดระวังมายังห้องปฏิบัติการ จากนั้นนำกระเจี๊ยบเขียวมาคัดขนาดฝักประมาณ 8–13 เซนติเมตร และเลือกคัดฝักที่สมบูรณ์ ปราศจากตำหนิ ก่อนนำไปศึกษาทดลอง

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) มี 5 กรรมวิธี (ชนิดของบรรจุภัณฑ์) วิธีละ 3 ซ้ำ คือ ชุดควบคุม (ถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์ม) , ถุงพลาสติก ชนิด LPDE, ถุงแอกทีฟ M2 (ค่า OTR 12,000–14,000 cc/m² day), ถุงแอกทีฟ M3 (ค่า OTR 10,000–11,000 cc/m² day), ถุงแอกทีฟ M4 (ค่า OTR 14,000–16,000 cc/m² day) เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 องศาเซลเซียส บันทึกข้อมูลทุกๆ 4 วัน เป็นเวลา 16 วัน

3. การบันทึกข้อมูล

ค่าคุณลักษณะของสี โดยใช้เครื่องวัดสีหือ Mini Scan XE PLUS Hunter Associates Laboratory Inc., USA) การสูญเสียน้ำหนักวัดผลโดยการใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียดชนิด 2 ตำแหน่ง การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของฝัก (Charoenruay, 2005) เกณฑ์การให้คะแนน โดยคะแนนที่ยอมรับได้คือมากกว่า 5 คะแนน ปริมาณความชื้น (Charoenruay, 2005) เป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหารทำการทดลองโดยนำกระเจี๊ยบเขียวไปอบแห้งในอุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักก่อนอบและหลังอบ ค่า pH (Kanda, 2016) วัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (PH) จากน้ำคั้น ของกระเจี๊ยบเขียวด้วย PH meter ปริมาณกรดที่ไทเทรต (AOAC, 1990) ตามวิธีการของ Association of official Analytical chemists (AOAC, 1990) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ('Brix) นำน้ำคั้นที่ได้หยดลงในเครื่องวัดความหวานอ่านค่า และนำไปคำนวณหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณวิตามินซี (Charoenruay, 2005) อายุการเก็บรักษา ประเมิน ณ วันที่มีคะแนนลักษณะภายนอกน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 หมายถึง เป็นเกณฑ์กำหนดอายุการเก็บรักษา

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย F-Test โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ผล เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการทดลองและวิจารณ์

เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมีบางประการ และอายุการเก็บรักษารักษาของกระเจี๊ยบเขียว ภายหลังการเก็บรักษาด้วยบรรจุภัณฑ์แอกทีฟและพลาสติก LDPE โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (10.68±0.19°C, RH 83.79±0.54%) เพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก กระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ฝักเพิ่มขึ้นตลอดเวลาของการเก็บรักษา (Figure 1) และพบว่ากระเจี๊ยบเขียวที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟและพลาสติก LDPE ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าชุดควบคุมได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 1) ลักษณะภายนอกของฝัก กระเจี๊ยบเขียวที่เก็บรักษาในถาดโฟมเริ่มมีการเสื่อมสภาพตั้งแต่วันที่ 8 ของการเก็บรักษา (Figure 2) และในวันที่ 16 กระเจี๊ยบเขียวที่เก็บรักษาในถาดโฟม บรรจุภัณฑ์แอกทีฟ M3 และ M4 มีการเสื่อมสภาพมากกว่าที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LDPE และบรรจุภัณฑ์แอกทีฟชนิด M2 ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 1) ปริมาณความชื้น กระเจี๊ยบเขียวที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟชนิด M2 และ M3 มีปริมาณความชื้นมากกว่าที่เก็บรักษาในชุดควบคุม บรรจุภัณฑ์พลาสติก LDPE และบรรจุภัณฑ์แอกทีฟชนิด M4 ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 1) ปริมาณวิตามินซี กระเจี๊ยบเขียวที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LDPE และบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ M2, M3, M4 สามารถชะลอการสูญเสีย

วิตามินซี (Figure 3) ได้ดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1) แต่กระเจียบเขียวที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟและบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LDPE ไม่มีผลชะลอการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีในน้ำคั้นและทางกาย บางประการเช่น ค่าคุณลักษณะสี, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และค่าความเป็น กรด – ต่าง (Table 2) อายุการเก็บรักษาชุดควบคุมให้อายุการเก็บรักษา 12 วัน บรรจุภัณฑ์แอคทีฟและพลาสติก ให้อายุการเก็บรักษา 14-16 วันซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) (Figure 4)

การใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LDPE และบรรจุภัณฑ์แอคทีฟชนิด M2, M3 และ M4 ร่วมกับการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำซึ่งการใช้อุณหภูมิต่ำจะเก็บรักษากระเจียบเขียวให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้โดยใช้อุณหภูมิที่ 7-10 องศาเซลเซียส (Siripanich, 2003) สามารถช่วยยืดอายุการรักษาระเจียบเขียวได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และยังช่วยลดการเสื่อมสภาพ ลดการสูญเสียและชะลอการสูญเสียวิตามินซีได้ดีกว่าการใช้ถาดโฟม ซึ่งทำให้กระเจียบเขียวมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 14-16 วัน ที่เก็บในอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ชนิดนั้นทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียระหว่างการเก็บรักษาซึ่งเกิดจากการผันแปรของอุณหภูมิและความชื้น โดยบรรจุภัณฑ์ชนิดพลาสติก LDPE นั้นมีคุณสมบัติที่ยอมให้น้ำและอากาศผ่านได้น้อยมาก (Siripanich, 2003) บรรจุภัณฑ์แอคทีฟนั้นทำหน้าที่ในการปกป้องผลิตผลและขณะเดียวกันจะช่วยควบคุมสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ โดยการยอม หรือ สกักกั้นการแพร่ของก๊าซต่างๆ ผ่านเข้าหรือออกจากบรรจุภัณฑ์ให้มีความเหมาะสมตามความต้องการของผลิตผลนั้นๆ เพื่อยืดอายุการวางจำหน่าย (shelf life) และรักษาคุณภาพของผลิตผล (National Metal and Materials Technology Center, 2003)

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของกระเจียบเขียวทุกชุดการทดลองพบว่า มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเกิดจากการหายใจของกระเจียบเขียวที่เก็บเกี่ยวในระยะฝักอ่อนซึ่งจะมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักและส่งผลต่อการเสื่อมสภาพ (Siripanich, 2003) จากการทดลองพบว่ากระเจียบเขียวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาซึ่งกระเจียบเขียวที่เก็บรักษาในชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักที่มากกว่าบรรจุภัณฑ์แอคทีฟชนิด M2, M3, M4 และบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LDPE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sriwongpet *et al.* (2012) ซึ่งพบว่าผลสตรอเบอรี่ที่บรรจุในกล่องพลาสติกมีการสูญเสียน้ำหนักสดมากกว่าที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟชนิด M1 และ M7 ผลสตรอเบอรี่ในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟมีอายุการเก็บรักษานานกว่าที่อยู่ในกล่องพลาสติก

ด้านลักษณะภายนอกที่ปรากฏได้แก่ความเหี่ยว การเกิดจุดสีน้ำตาลบริเวณฝักและขั้วฝัก Siripanich, (2006) รายงานว่า การสูญเสียน้ำหนักออกจากผลิตผลทำให้ความดันเต่งภายในเซลล์ของผลิตผลลดลงและทำให้เซลล์อ่อนนุ่มเช่นกัน และการเกิดจุดสีน้ำตาลบริเวณฝักและขั้วฝักพบว่าการเกิดจากการที่เซลล์ของสิ่งมีชีวิตเกิดการซ้ำแล้วจึงเกิดเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) กระตุ้นปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารประกอบฟีนอล (phenol) ให้เปลี่ยนไปเป็นควิโนน (quinones) จากนั้นควิโนนจะเกิดการรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่กลายเป็นสารสีน้ำตาลที่เรียกว่าเมลานิน ซึ่งการทดลองพบว่ากระเจียบเขียวที่เก็บรักษาในถาดโฟม บรรจุภัณฑ์แอคทีฟชนิด M3 และ M4 มีการเสื่อมสภาพมากกว่าที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LDPE และบรรจุภัณฑ์แอคทีฟชนิด M2 ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากกระเจียบเขียวที่บรรจุในถาดโฟมมีการสูญเสียน้ำหนักออกจากผลิตผลมากจึงทำให้เกิดการอ่อนนุ่มและผลิตผลอาจเกิดการซ้ำจึงทำให้กระตุ้นการเกิดจุดสีน้ำตาลส่วนกระเจียบเขียวที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟชนิด M3 และ M4 ที่มีเสื่อมสภาพเช่นเดียวกับถาดโฟมแต่มีการสูญเสียน้ำหนักที่น้อยกว่าอาจเกิดการซ้ำจึงทำให้กระตุ้นการเกิดจุดสีน้ำตาลเช่นกัน

จากการทดลอง พบว่า ในชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดซึ่งปริมาณน้ำออกจากผลิตผลจะทำให้มีการสูญเสียปริมาณวิตามินซีมากขึ้น ซึ่งปริมาณวิตามินซีจะลดลงตามอายุการเก็บรักษาและปัจจัยอื่น ๆ กระตุ้นการลดลงของวิตามินซีได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นและความเสียหายทางกายภาพ (Siripanich, 2003) บรรจุภัณฑ์แอคทีฟชนิด M2, M3, M4 และบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LDPE มีประสิทธิภาพในการชะลอปริมาณวิตามินซีได้ดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chanhom *et al.* (2014) ซึ่งพบว่าบรรจุภัณฑ์แอคทีฟชนิดที่ 1 สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการสูญเสียวิตามินซีของข้าวโพดสองสีได้ดีที่สุด Siripanich (2003) รายงานว่า วิตามินซีนี้อาจสูญเสียไปได้ทั้งการ

ทำงานของเอนไซม์หลายชนิดเช่น ascorbic acid oxidase, polyphenol oxidase และ peroxidase และอาจเกิดจากการออกซิเดชันซึ่งไม่ใช่เอนไซม์แต่มีโลหะหนักเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา Lee and Kader (2000) รายงานว่า การชะลอการสูญเสียวิตามินซีสามารถทำได้ โดยการลดกระบวนการออกซิเดชันด้วยการเก็บรักษาในสภาพที่ดัดแปลงบรรยากาศทำให้ผลิตผลรับ O_2 น้อยลงจึงสามารถชะลอการสูญเสียวิตามินซีได้ และ Siripanich (2003) รายงานอีกว่า การให้ความชื้นกับผลิตผลระหว่างการเก็บรักษานอกจากจะช่วยรักษาความสดไว้แล้วยังช่วยรักษาคุณค่าทางอาหารไว้ด้วย สำหรับองค์ประกอบของบรรยากาศในการเก็บรักษาผลิตผลนั้น O_2 เร่งให้มีการสูญเสียวิตามินซีเร็วขึ้น CO_2 มีผลต่อการสูญเสียวิตามินซีไม่แน่นอนที่ความเข้มข้นค่อนข้างต่ำ เช่น 1% จะช่วยชะลอการสูญเสียวิตามินซีได้ แต่ถ้ามีมากถึง 6% จะทำให้เกิดผลในทางตรงข้ามกัน

สรุป

การเก็บรักษากระเจี๊ยบเขียวในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟทุกชนิดและบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LPDE สามารถชะลอการสูญเสียสีน้ำตาล ลดการเสื่อมสภาพของลักษณะภายนอกของผัก สามารถชะลอการสูญเสียวิตามินซีของกระเจี๊ยบเขียว และสามารถยืดอายุการเก็บรักษากระเจี๊ยบเขียวได้นาน 14-16 วัน อย่างไรก็ตาม บรรจุภัณฑ์แอคทีฟทุกชนิดและบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LPDE ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีประการ ได้แก่ ปริมาณกรดที่ไต่เตรท ปริมาณกรดต่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่าของสี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัททานตะวันอุตสาหกรรมจำกัดที่สนับสนุนบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. (1990). Official method of analysis of the association of office analytical chemists (15th ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. New York
- Chanhom, N., D. Boonyakiat and P.B. Poonlar, 2014. Effect of active package on postharvest quality of bi-color sweet corn. Khon Kaen Agriculture Journal. 42 (4): 585-594. (in Thai)
- DOA. 2016. Development Strategy Research okra and asparagus. Available Source: www.doa.go.th/hortold/images/stories/strategyplanhort/strategyokraasparagus.doc, May 10, 2018.
- Information and Communication Technology Center. 2018. Thailand Trading Report. Available Source: <http://www2.ops3.moc.go.th/#>. May 24, 2018. (in Thai)
- Kaewmaneeopchoti, T. 2014. Effects of vacuum cooling combined with active packaging on postharvest quality of Chinese Kale (*Brassica oleracea* L. var. alboglabra Bailey.). MS Thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai. (in Thai)
- Lee S.K. and A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology. 20: 207-220.
- National Metal and Materials Technology Center. 2006. Smart packaging, innovative, extend shelf life of fruits and vegetables. Available Source:http://www.mtec.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=84&Itemid=36. May 24, 2018. (in Thai)
- Office of Agricultural Economics. 2017. Okra. Available Source: <http://www.oae.go.th/view/1/27335/TH-TH>. May 26, 2018. (in Thai)

Siripanich, J. 2003. Physiology and Post-harvest Fruits and Vegetables. 5th edition. Kasetsart University, Thailand. 398 pp. (in Thai)

Siripanich, J. 2006. Postharvest Biology and Plant Senescence. 1st edition. Kasetsart University, Thailand. 453 pp. (in Thai).

Sriwongpet, S., D. Boonyakiat and P.B. Poonlar. 2012. Effects of active packaging on physico-chemical quality of strawberry fruit cvs. No.80 and No. 329. Agricultural Sci. J. 43(3): 412-41. (in Thai)

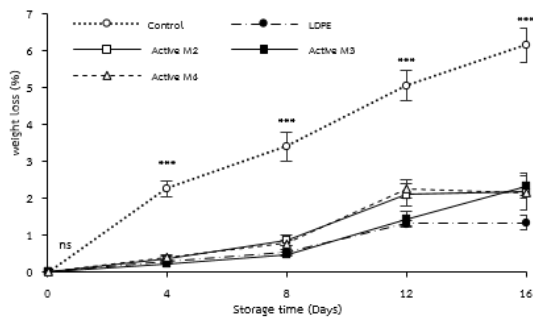


Figure 1. Weight loss of okra packed in different packages and storage at 10°C for 16 days

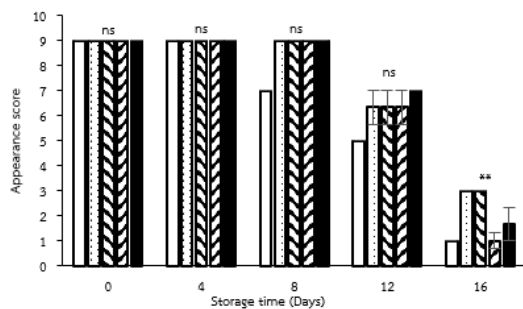


Figure 2. External appearance of okra packed in different packages and storage at 10°C for 16 days.

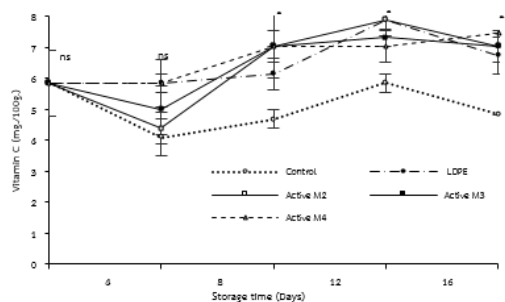


Figure 3. Vitamin C of okra packed in different packages and storage at 10°C for 16 days.

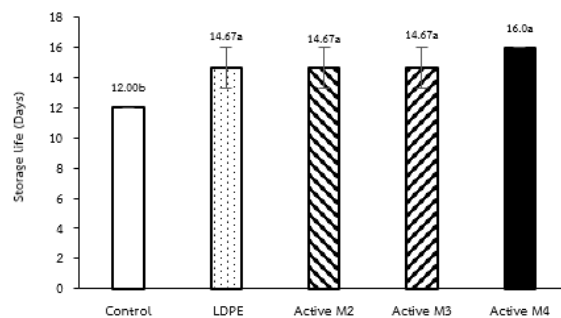


Figure 4. Storage life of okra packed in different packages and storage at 10°C for 16 days.

Table 1 Changes in weight loss, external appearance, moisture content, vitamin C and storage life of okra packed in different packages and storage at 10°C for 16 days.

Treatment	Weight loss (%)	External appearance ^{2/} (1-9)	Moisture content (%)	Vitamin C (mg/100g)	Storage life ^{3/} (days)
Control	6.15 a ^{1/}	1.0 b	91.91 ab	4.83 b	12.0 b
LDPE	1.34 b	3.0 a	91.50 b	6.73 a	14.7 ab
Active M2	2.18 b	3.0 a	92.02 a	7.02 a	14.7 ab
Active M3	2.35 b	1.0 b	92.31 a	7.02 a	14.7 ab
Active M4	2.16 b	1.7 b	91.89 ab	7.46 a	16.0 a
F-test	**	**	*	**	ns
% C.V.	64.27	53.42	0.3	16.35	14.08

^{1/} Means within column followed by the same letter indicate not significant difference at 95%; ns, *, ** = not significant at 95%, significant difference at 95% and 99%, respectively.

^{2/} External appearance: 9 = fresh green pod firmly, 7 = the pod begin to wilt or have little markings, 5 = pod begin to wilt and has a brown mark or patch on the skin and pod, 3 = the wilted beak has a distinctly brown color, 1 = more brown color or start rotting.

^{3/} Storage life was evaluated by visual assessment at the day of storage having external appearance ≤5, indicates the end of storage life.

Table 2 Changes in characteristics of color, soluble solids content (SSC), pH, titratable acidity (TA) of okra packed in different packages and storage at 10°C for 16 days.

Treatment	Characteristics of color					SSC (%)	pH	TA (%)
	L*	a*	b*	C*	H°			
Control	44.40 ^{1/}	-9.80	27.21	28.94	109.8 a	1.50	6.36	0.08
LDPE	43.40	-9.69	26.66	28.38	110.1 a	1.50	6.32	0.09
Active M2	44.78	-10.15	28.34	30.11	109.7 a	1.30	6.37	0.08
Active M3	44.16	-8.46	28.42	30.07	109.1 ab	1.40	6.38	0.08
Active M4	45.00	-9.32	28.56	30.05	108.1 b	1.40	6.18	0.09
F-test	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
% C.V.	5.37	25.84	9.14	8.66	1.48	9.67	1.78	7.71

^{1/} Means within column followed by the same letter indicate not significant difference at 95%; ns, *, ** = not significant at 95%, significant difference at 95% and 99%, respectively.