

Received: September 9, 2020; Revised: November 3, 2020; Accepted: November 19, 2020

ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวผลหม่อนพันธุ์

กำแพงแสน 42

Effect of packaging on postharvest quality of mulberry fruit

cv. Kamphaeng Saen 42

ลัดดาวัลย์ คำมะปนะนา^{1*} ศิริพร มุลาลิน¹ และสุภาวดี ตั้งธีระวัฒนะ¹Laddawan Kammaphana^{1*}, Siriporn Mulalin¹ and Supawadee Tangteerawattana¹¹คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

*Corresponding Author E-mail Address: noihort2526@gmail.com

บทคัดย่อ

ผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 มีอายุการวางจำหน่ายสั้นเพียง 1-2 วัน ภายใต้สภาพการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และสภาพบรรยากาศปกติ เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพและระบบการเก็บรักษาผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยว สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เกษตรและเทคโนโลยี (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว) คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระหว่างเดือนมีนาคม-เมษายน 2562 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) จำนวน 4 ซ้ำ 4 กรรมวิธี ประกอบด้วยกรรมวิธีที่ 1 ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ (ชุดควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 บรรจุลงในถุงโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene; LDPE) กรรมวิธีที่ 3 บรรจุในถาดโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride ; PVC) และกรรมวิธีที่ 4 บรรจุในกล่องพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน เทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate; PET) จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90±2 จากผลการทดลองพบว่าผลหม่อนที่บรรจุในถุง LDPE สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสี การสูญเสียน้ำหนัก และยับยั้งการเกิดโรคในผลหม่อนได้ เนื่องจากภายในบรรจุภัณฑ์มีก๊าซ O₂ ต่ำ และ CO₂ สูง แต่กลับไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลผลิตทั้งปริมาณ TSS และ TA

คำสำคัญ: ผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 บรรจุภัณฑ์ คุณภาพ

Abstract

Mulberry fruit cv. Kamphaeng Saen 42 are short shelf-life and unacceptable for customers (1-2 day) under stored at ambient condition. In order to solve the problem, the objective of this research was to study the effect of packaging on postharvest quality of mulberry fruit cv. Kamphaeng Saen 42. The study was conducted at Postharvest Quality and Storage System Laboratory, Division of Agri-Science and Technology (Postharvest Technology), Faculty of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi during March-April 2019. The experiment was laid out in Completely Randomized Design (CRD) with four replication and four treatments consisting of 1) unpacked fruit (control) 2) packed in low density polyethylene bag (LDPE) 3) placed on foam tray and wrapped with polyvinyl chloride (PVC) and 4) packed in polyethylene terephthalate (PET) plastic box and then stored at 10 ± 2 °C, 90 ± 2 % relative humidity (RH). The results showed that fruit packed in LDPE bags retarded the changes of color, weight loss and suppressed disease incidence in mulberry fruit. Due to it had low O_2 and high CO_2 inside the package. Whereas, there was no effect on TSS and TA.

Keywords: Mulberry fruit cv. Kamphaeng Saen 42', Packaging, Quality

บทนำ

หม่อนรับประทานผลสด (Mulberry) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morua alba* อยู่ในตระกูลเบอร์รี่ ผลเป็นแบบผลกลุ่ม ผลสุกมีสีม่วงดำ มีรสชาติหวานหรือหวานอมเปรี้ยวขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ในหลายประเทศทั่วโลกมีการปลูกและนำผลหม่อนมาใช้ในการประกอบอาหารและเครื่องดื่มกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากอุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหาร มีสารแอนโทไซยานิน แคลโรทีน และวิตามินซี ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง (ลือชัย, 2555) โรคเบาหวาน โรคภูมิแพ้ โรคโลหิตจาง โรคอัลไซเมอร์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 กรดทาร์ทาริก และกรดซัคซินิก สำหรับประเทศไทยการปลูกหม่อนรับประทานผลสดยังมีอยู่น้อย เพราะเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกหม่อนเพื่อเก็บใบไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงไหมเท่านั้น ซึ่งการปลูกหม่อนรับประทานผลสดในเชิงพาณิชย์มีเพียงไม่กี่แห่งใน จ.นครราชสีมา, จ.บุรีรัมย์ และ จ.สุรินทร์ เท่านั้นที่เป็นผู้ผลิตและแปรรูปหม่อนแบบครบวงจรรายแรกและรายใหญ่ของประเทศไทย (วิชัย, 2557) แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันเกษตรกรเริ่มหันมาปลูกหม่อนเพื่อรับประทานผลสดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผลหม่อนเป็นที่ต้องการและได้รับความนิยมจากกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพเพิ่มมากขึ้น และหม่อนเป็นพืชที่ปลูกง่าย มีโรคและแมลงรบกวนน้อย ไม่มีการใช้สารเคมี และขายได้ราคาสูง (ลือชัย, 2555) แต่อย่างไรก็ตามปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญของหม่อนรับประทานผลสด คือมีอายุการเก็บรักษาหรือวางจำหน่ายสั้นเนื่องจากผลมีลักษณะอ่อนนุ่ม บอบช้ำง่าย เชื้อราเข้าทำลายได้ง่าย (วสันต์, 2545) โดยพบว่าอายุการวางจำหน่ายเพียง 1-2 วัน ที่อุณหภูมิห้อง และสภาพบรรยากาศปกติ (อิติพันธ์, 2549)

ปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยและตีพิมพ์เผยแพร่เกี่ยวกับการนำเอาเทคโนโลยีการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified atmosphere: MA) มาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษา และอายุการวางจำหน่ายผักและผลไม้หลายชนิด เช่น มะนาว (Ramin and Khoshbakh, 2008) สตรอเบอร์รี่ (Panda et al., 2016) ลองกอง (Vennatachalam and Meenune, 2015) และพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภค (ปรานต์ทอง และคณะ, 2560) เป็นต้น เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถปฏิบัติได้ง่าย ราคาถูก และไม่มีการใช้สารเคมี ในสภาพดังกล่าวเป็นการดัดแปลงสภาพบรรยากาศให้มี O_2 ต่ำกว่าร้อยละ 21

และ CO₂ สูงกว่าร้อยละ 0.03 ซึ่งเปลี่ยนไปจากสภาพบรรยากาศปกติ โดยการนำผลผลิตบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิดต่าง ๆ หรือกล่องพลาสติก ซึ่งในสภาพการบรรจุดังกล่าวสามารถลดอัตราการหายใจของผลผลิต การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของแก๊สในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม สามารถชักนำให้ผลผลิตภายในบรรจุภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มีอัตราการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางสรีรวิทยาลดลง นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Farber et al., 2003) แต่อย่างไรก็ตามบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยทั่วไปวัสดุที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ควรมีคุณสมบัติในการให้แก๊สซึมผ่านได้พอเหมาะสำหรับผลผลิตใช้ในการหายใจ และไม่ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (จริงแท้, 2541) แต่สำหรับการเก็บรักษาผลหมอนในสภาพบรรยากาศดัดแปลงยังมีการศึกษาอยู่น้อย โดยสมโภชน์ และพฤษ (2554) รายงานว่าจากการศึกษาผลของความบริสุทธิ์และวัสดุบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาผลหมอนพันธุ์เสียงใหม่ โดยเก็บรักษาผลหมอนในระยะ M1-M5 แล้วบรรจุลงในถุง Polyvinyl chloride (PVC) Polypropylene (PP) และ Polyethylene (PE) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 พบว่าผลหมอนในระยะ M4 สามารถเปลี่ยนเป็นสีดำภายใน 7 วัน ขณะที่ผลในระยะ M2 และ M3 เปลี่ยนเป็นสีดำภายใน 14 วัน ปริมาณ Titratable acid (TA) ของผลหมอนในระยะ M1 และ M2 สูงกว่าระยะ M3 M4 และ M5 และหลังจากเก็บรักษานาน 10 วัน ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในแต่ละสิ่งการทดลองไม่แตกต่างกัน ผลหมอนที่บรรจุใน PVC เหี่ยวเร็วกว่าผลที่บรรจุใน PP และ PE เนื่องจากการบรรจุใน PVC มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำสูงกว่าพลาสติก PP และ PE ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยวผลหมอนพันธุ์กำแพงแสน 42 โดยเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น ราคาถูก และเป็นบรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้เพื่อการจำหน่าย ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้จะเป็นประโยชน์และพัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

เก็บเกี่ยวผลหมอนในระยะสีแดง (70 เปอร์เซ็นต์) จากศูนย์หมอนไหมราชชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ขนส่งโดยรถยนต์ปรับอากาศมายังห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพและระบบการเก็บรักษาผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยว สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เกษตรและเทคโนโลยี (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว) คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ภายในเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นทำความสะอาดผลหมอนโดยใช้พัดลมเป่าเพื่อกำจัดเศษสิ่งสกปรกที่ติดมาพร้อมกับการใช้มือหยิบออก ทำการคัดคุณภาพอีกครั้ง แล้วนำผลหมอนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ (ชุดควบคุม) บรรจุลงในถุง LDPE ความหนา 0.042 มิลลิเมตร ขนาดถุง 5×8 นิ้ว ค่า Oxygen transmission rate (OTR) เท่ากับ 2,104 cc·m⁻²·day⁻¹ และค่า Water vapor transmission rate (WVTR) เท่ากับ 14.8 g·m⁻²·day⁻¹ ปิดผนึกถุง ด้วยเครื่อง Plastic bag machine heat sealer บรรจุในถาดโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC ความหนา 0.009 มิลลิเมตร ค่า OTR เท่ากับ 10,000 cc·m⁻²·day⁻¹ และค่า WVTR เท่ากับ 34.8 g·m⁻²·day⁻¹ ปิดผนึกแบบยืดรัดรูปโดยใช้มือดึงและกดแน่น และบรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PET ความหนา 0.160 มิลลิเมตร ขนาด 7×8.5×3 เซนติเมตร ค่า OTR เท่ากับ 120 cc·m⁻²·day⁻¹ และค่า WVTR เท่ากับ 18.13 g·m⁻²·day⁻¹ ปิดผนึกฝากล่องด้วยเทปใสโดยรอบ โดยแต่ละกรรมวิธีมีจำนวน 4 ซ้ำ ๆ ซ้ำละ 200 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องเก็บรักษา ร้อยละ 90±2 ทำการบันทึกผลการทดลองทุก ๆ 2 วัน จนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษา ทำการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยวดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงสี

ทำการวัดสีของผลหม่อน โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta model DP-301 โดยให้หัววัดแนบสัมผัสกับผลหม่อนมากที่สุดและรายงานผลเป็นค่า Hunter scale ซึ่งประกอบด้วยค่าต่าง ๆ ดังนี้

ค่า L เป็นค่าที่รายงานถึงความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้าค่า L สูง หมายถึง มีความสว่างมาก แต่ถ้าค่า L ต่ำ หมายถึง มีค่าความสว่างน้อยหรือคล้ำลง

ค่า a เป็นค่าที่รายงานถึงค่าสี (สีเขียว – สีแดง) ค่าลบ (-) แสดงสีเขียว และค่าบวก (+) แสดงสีแดง

ค่า b เป็นค่าที่รายงานถึงค่าสี (สีน้ำเงิน – สีเหลือง) ค่าลบ (-) แสดงสีน้ำเงิน และค่าบวก (+) แสดงสีเหลือง

ค่า ΔE value เป็นค่าที่รายงานถึง ค่าความแตกต่างของสีของผลิตผลที่เปลี่ยนแปลงไปจากวันแรกทำการเก็บรักษา คำนวณโดยใช้สูตร $\sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$ โดย L_0 เป็นค่า L ที่วัดได้จากวันแรกที่เริ่มทำการเก็บรักษา; a_0 เป็นค่า a ที่วัดได้จากวันแรกที่เริ่มทำการเก็บรักษา; b_0 เป็นค่า b ที่วัดได้จากวันแรกที่เริ่มทำการเก็บรักษา หากค่า ΔE value สูง แสดงว่า สีของผลิตผลมีการเปลี่ยนแปลงไปจากวันแรกที่ทำการเก็บรักษามาก แต่หากค่า ΔE value ต่ำ แสดงว่า สีของผลิตผลมีการเปลี่ยนแปลงไปจากวันแรกที่ทำการเก็บรักษาน้อย

สูญเสียน้ำหนัก

ทำการชั่งน้ำหนักผลหม่อนในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา จากนั้นทำการวัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของแก้วมังกรโดยชั่งน้ำหนักของแก้วมังกรทุก ๆ 2 วัน และนำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักดังนี้

$$\text{การสูญเสียน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา}} \times 100$$

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids; TSS)

นำผลหม่อนมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วคั้นเอาน้ำโดยใช้ผ้าขาวบาง จากนั้นนำน้ำคั้นที่ได้ไปวัดหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่อง Hand refractometer รายงานผลเป็นค่า °Brix

ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable acidity; TA)

การหาปริมาณ TA ของผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 ดัดแปลงเล็กน้อยตามวิธีการของ AOAC (1990) โดยนำค่าปริมาณสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไตเตรทกรด มาคำนวณตามสมการ

$$\%TA = \frac{(N \text{ NaOH}) \times (mL \text{ NaOH}) \times 0.064 \times 100}{\text{ปริมาตรของสารละลายตัวอย่าง}}$$

N NaOH = ความเข้มข้นของปริมาณสารละลาย NaOH ที่ใช้ไตเตรท (นอร์มอล)

mL NaOH = ปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไตเตรท (มิลลิลิตร)

ปริมาณก๊าซในบรรจุภัณฑ์

การวัดปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ โดยใช้เครื่อง CheckMate3 O_2/CO_2 Headspace Analyser (Dansensor, Denmark)

เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

การเกิดโรคของผลหม่อนประเมินด้วยสายตา โดยนับจากจำนวนผลหม่อนทั้งหมดที่เกิดโรค โดยผลหม่อนที่เกิดโรคจะมีเส้นใยของเชื้อราขึ้นปกคลุมผลหรือผลเน่าและมากกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่ผิวผลทั้งหมด จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณตามสมการดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค} = \frac{\text{จำนวนผลหม่อนที่เกิดโรค} \times 100}{\text{จำนวนผลหม่อนทั้งหมด}}$$

การวิเคราะห์ผลทางสถิติใช้โปรแกรม SAS 9.0 (SAS Institute Inc. Cary, NC) เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

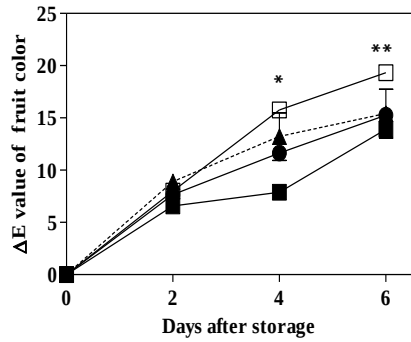
ผลการวิจัย

การเปลี่ยนแปลงสีของผลหม่อน

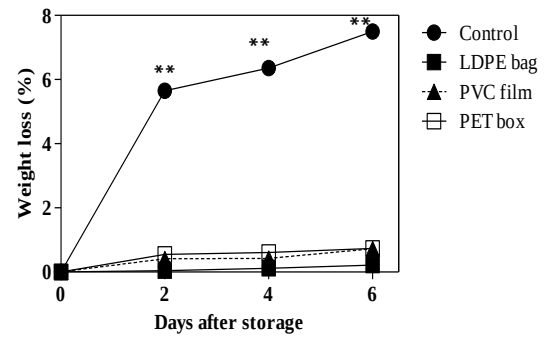
เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ผลหม่อนมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีแดงเป็นสีม่วง ดำเพิ่มมากขึ้น โดยในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา ทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงสีไม่แตกต่างกัน แต่หลังจากนั้นผลหม่อนที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PET มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่ามากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขณะที่การบรรจุผลหม่อนในถุง LDPE สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผลหม่อนได้ดีที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 1ก)

การสูญเสียน้ำหนัก

ผลหม่อนในชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ โดยเฉพาะในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (รูปที่ 1ข) ในขณะที่การบรรจุผลหม่อนในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลได้ โดยการบรรจุผลหม่อนในถุง LDPE สามารถลดอัตราการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าการบรรจุในภาชนะโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC และบรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PET



(ก) การเปลี่ยนแปลงสี



(ข) การสูญเสียน้ำหนักสด

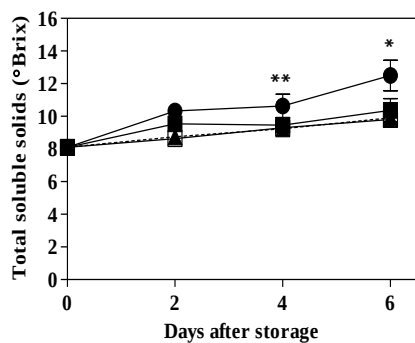
รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงสี (ก) และการสูญเสียน้ำหนักสด (ข) ของผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ± 2

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids ; TSS)

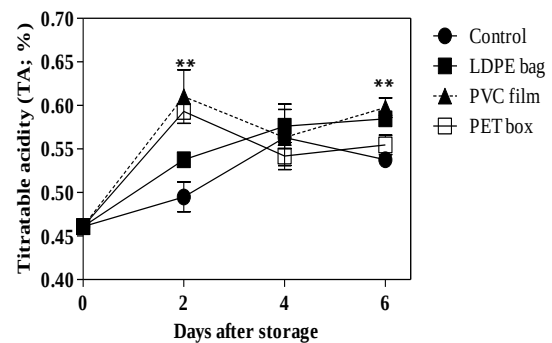
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS ของผลหม่อนในทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยและมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (รูปที่ 2ก)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity ; TA)

ในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา ผลหม่อนในทุกกรรมวิธีมีปริมาณ TA เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลหม่อนที่บรรจุในภาชนะแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีแนวโน้มมีปริมาณ TA มากที่สุด (0.61 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างกับผลหม่อนที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PET ขณะที่ชุดควบคุมมี TA น้อยที่สุด (0.49 เปอร์เซ็นต์) (รูปที่ 2ข)



(ก) TSS



(ข) TA

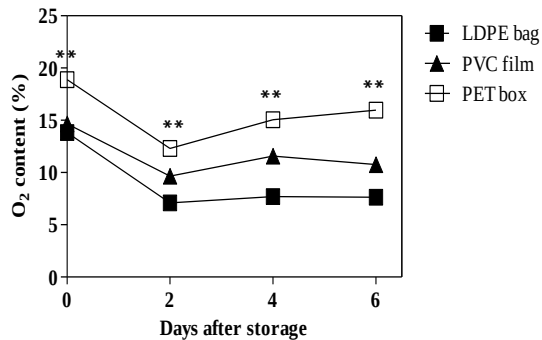
รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS (ก) และ TA (ข) ของผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ± 2

ปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์

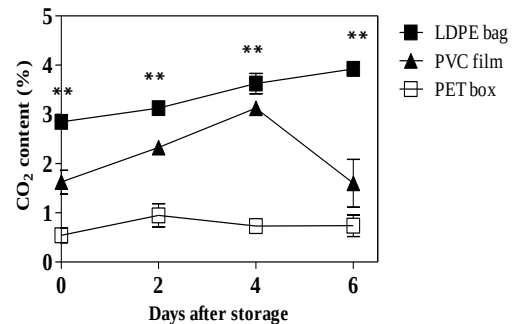
ในวันแรกของการเก็บรักษา ปริมาณก๊าซ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกัน โดยบรรจุภัณฑ์ LDPE PVC และ PET มีปริมาณก๊าซ O_2 เท่ากับ ร้อยละ 18.87 14.65 และ 13.82 ตามลำดับ จากนั้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ปริมาณ

ก๊าซ O_2 ในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดลดลง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษา โดยบรรจุภัณฑ์ PET มีปริมาณก๊าซ O_2 มากที่สุด และบรรจุภัณฑ์ LDPE มีปริมาณก๊าซ O_2 น้อยที่สุด ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 3 ก)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยบรรจุภัณฑ์ LDPE มีปริมาณก๊าซ CO_2 มากที่สุด รองลงมาคือ บรรจุภัณฑ์ PVC และบรรจุภัณฑ์ PET มีปริมาณก๊าซ CO_2 น้อยที่สุด (รูปที่ 3 ข)



(ก) ปริมาณก๊าซ O_2

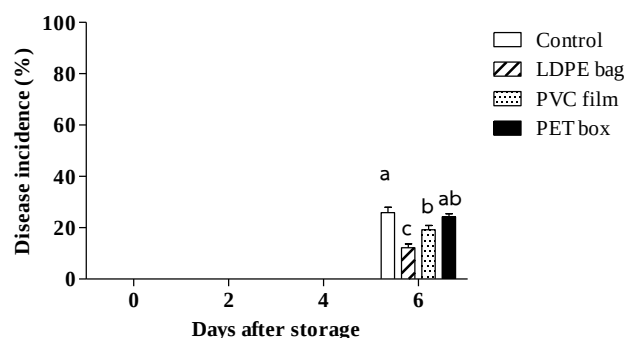


(ข) ปริมาณก๊าซ CO_2

รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซ O_2 (ก) และปริมาณก๊าซ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ที่บรรจุผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ± 2

เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

ในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา ผลหม่อนในทุกกรรมวิธีไม่พบการเกิดโรค แต่พบการเกิดโรคในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ซึ่งส่งผลทำให้ผลหม่อนหมดอายุการเก็บรักษา โดยพบว่าผลหม่อนในชุดควบคุมพบการเกิดโรคมามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 25.90 รองลงมา คือผลหม่อนที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PET พบการเกิดโรคคิดเป็นร้อยละ 24.18 ขณะที่การบรรจุผลหม่อนในถุง LDPE ทำให้ผลหม่อนเกิดโรคน้อยที่สุด (ร้อยละ 12.20) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ± 2

การอภิปรายผล

ผลหม่อนที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PET มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีค่ามากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ในขณะที่การบรรจุผลหม่อนในถุง LDPE สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผลหม่อนได้ดีที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ PET มีค่า OTR ต่ำ ทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณ O_2 มาก นอกจากนี้ยังค่า WVTR ($18.2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$) สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ LDPE ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางสรีรวิทยา และมีการเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้น สอดคล้องกับรายงานของสมโภชน์ และพฤกษ์ (2554) รายงานว่าปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการหายใจส่งเสริมให้มีการสร้างสารสี และการสูญเสียน้ำทำให้สารสีเข้มข้นขึ้น

ผลหม่อนในชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนการบรรจุผลหม่อนในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งการบรรจุผลหม่อนในถุง LDPE สามารถลดอัตราการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าการบรรจุในถาดโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC และบรรจุในกล่องพลาสติก PET ทั้งนี้เนื่องจากภายในถุง LDPE มีปริมาณก๊าซ O_2 ต่ำ และ CO_2 สูง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอัตราการหายใจลดลง ส่งผลให้ผลหม่อนมีการสูญเสียน้ำน้อย นอกจากนี้ถุง LDPE มีค่า WVTR ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ ทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์ยังคงมีความชื้นสะสมอยู่ ดังนั้นผลหม่อนจึงมีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อย ในขณะที่บรรจุภัณฑ์ PVC และ PET มีปริมาณก๊าซ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์สูง และมีปริมาณ CO_2 ต่ำกว่า และมีค่า WVTR มากกว่า สอดคล้องกับรายงานของสมโภชน์ และพฤกษ์ (2560) ว่าการบรรจุผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ใน PVC มีค่า WVTR สูงกว่าพลาสติก PP และ PE จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เหี่ยว และการบรรจุใน Clam shell สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ระยะหนึ่งเท่านั้นหลังจากนั้นผลหม่อนก็จะเหี่ยว

โดยทั่วไปในระหว่างการสุกของผลไม้ ปริมาณกรดจะลดลงเนื่องจากถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ และปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดซึ่งมีคุณภาพเหมาะแก่การรับประทาน หลังจากนั้นความหวานจะลดลง เนื่องจากน้ำตาลถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ (Ulrich, 1970) จากผลการทดลองพบว่าผลหม่อนในชุดควบคุมมีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นมากกว่าผลหม่อนที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ และมีปริมาณ TA น้อยที่สุด เนื่องมาจากในสภาพบรรยากาศปกติมีปริมาณก๊าซ O_2 สูง และ CO_2 ต่ำกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง จึงทำให้ผลหม่อนในชุดควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีเกิดขึ้นเร็วกว่าผลหม่อนที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์

ปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีปริมาณแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการซึมผ่านของ O_2 ของบรรจุภัณฑ์ (OTR) จากผลการทดลองพบว่าปริมาณก๊าซ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ PET สูงกว่าบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ เนื่องจากมีค่า OTR เท่ากับ $120 \text{ cc}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ ซึ่งต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ (ค่า OTR ของ LDPE และ PVC คือ 2,104 และ $10,000 \text{ cc}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ ตามลำดับ) จึงป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี ทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณ O_2 สะสมอยู่มาก ซึ่งในวันแรกของการเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์ PET มีปริมาณ O_2 เฉลี่ยในบรรจุภัณฑ์มีค่าเท่ากับร้อยละ 18.8 จากนั้นลดลงเหลือ ร้อยละ 15.0 หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน เพราะ O_2 ถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจเผาผลาญอาหารสะสมให้เป็น CO_2 น้ำ และพลังงาน (จริงแท้, 2541) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ CO_2 ที่เพิ่มขึ้นในบรรจุภัณฑ์ PET จากเริ่มต้นร้อยละ 0.5 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.7 หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน ขณะที่บรรจุภัณฑ์ LDPE มีปริมาณ O_2 ต่ำกว่า และ CO_2 สูงกว่าบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ

ผลหม่อนในทุกกรรมวิธีพบการเกิดโรคในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ซึ่งส่งผลทำให้ผลหม่อนมีอายุการเก็บรักษาเพียง 6 วัน โดยพบว่าผลหม่อนในชุดควบคุมพบการเกิดโรคมากที่สุด รองลงมาคือผลหม่อนที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PET ขณะที่การบรรจุผลหม่อนในถุง LDPE ทำให้ผลหม่อนเกิดโรคน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากการบรรจุในถุง LDPE มีปริมาณก๊าซ CO_2 สูง และ O_2 ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ สามารถชะลอการเสื่อมสภาพ และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งสภาพดังกล่าวไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ Kader (2002) รายงานว่าการบรรจุผลผลิตในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

สามารถลดอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน ชะลอการเสื่อมสภาพ และชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ ปรากฏทอง และคณะ (2560) รายงานว่าจากการศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยบรรจุพริกหวานในถาดพลาสติกดำแล้วหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC ถุง PE ถุง PP และถุง OPP พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ในพริกหวานที่บรรจุในถุง OPP มีปริมาณต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ เนื่องจากถุง OPP มีปริมาณ O_2 ต่ำ CO_2 สูง ซึ่งสภาพดังกล่าวไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

บทสรุป

การบรรจุผลหม่อนในถุง LDPE ที่ภายในมีปริมาณก๊าซ CO_2 สูง และ O_2 ต่ำ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสี การสูญเสียน้ำหนัก และยับยั้งการเกิดโรคในผลหม่อนได้ดีกว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ และชุดควบคุม (ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปีงบประมาณ 2562 และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์ และห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพและระบบการเก็บรักษาผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยว สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เกษตรและเทคโนโลยี (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว) คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้พื้นที่ และเครื่องมือต่าง ๆ สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. (2541). สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.
- ธิตินันท์ จันทิมพ์. (2549). การเก็บรักษาหม่อนผลสดพันธุ์เชียงใหม่ (*Morus alba* var. Chiang Mai). การค้นคว้าอิสระ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ลือชัย บุตุค. (2555). วิจัยพบ “ลูกหม่อน” ผลไม้ตระกูลเบอร์รี่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง. สารวิจัยเพื่อชุมชน. 1(3): 41-47.
- วิชัย อุตสาหกิจ. (2557). ไร่นาน้อยจุล องค์กรแสนสุขเรียบง่ายและยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท ส. เจริญ การพิมพ์ จำกัด: นครปฐม.
- วสันต์ นุ้ยภิรมย์. (2545). หม่อนรับประทานผลและแปรรูป. สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร : กรุงเทพฯ.
- สมโภชน์ โกมลณัฏ และพฤกษ์ ชูสังข์. (2554). ผลของความบริสุทธิ์และวัสดุบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาของผลหม่อน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42(1): 623-626.
- AOAC. (1990). Official methods of analysis (16 ed.). Washington, DC, USA: Association Official Analytical Chemists.
- Farber J.N., Harris L.J., Parish M.E., Beuchat L.R., Suslow T.V., Gorney J.R., Garrett E.H. and Busta F.F. (2003). Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh-cut produce. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2: 142-160.

- Kader A.A. (2002). Postharvest technology of horticultural crops. 3th edition. The Regents of University of California Division of Agriculture and Nature Resources Publication.
- Panda A.K., Goyal R.K., Godara A.K. and Sharma V.K. (2016). Effect of packaging materials on the shelf-life of strawberry cv. Sweet Charlie under room temperature storage. *Journal of Applied and Natural Science*. 8(3): 1290-1294.
- Ramin A.A. and Khoshbakhat D. (2008). Effects of Microperforated polyethylene bags and temperatures on the storage quality of acid lime fruits. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences*. 3(4): 590-594.
- Saini R.S., Sharma K.D., Kaushik R.A. and Dhankhar O.P. (2006). Laboratory manual analytical techniques in horticulture. IST Edition, Agrobios (India).
- Venkatachalam K. and Meenune M. (2015). Effect of packaging on postharvest quality changes of longkong. *Walailak Journal of Science and Technology*. 12(3): 229-236.
- Ulrich K. (1970). Organic acid, pp.89-118. *In* Hulme A.C. (ed.). *The Biochemistry of fruit and their product*. Academic Press, London.