

ผลของบรรจุภัณฑ์ วิธีการบรรจุ และอุณหภูมิต่อคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวของใบมะกรูด
Effect of Packaging, Packing Method and Temperature on Postharvest Quality for
Kaffir Lime Leaves

อนันตญา แสนคำ¹ เกียรติสุตา เหลืองวิลัย¹ และกมลวรรณ แสงสร้อย¹
Anantaya Saenkum¹ Kietsuda Luengwilai¹ and Kamonwan Sangsoy¹

Abstract : Kaffir lime leaf is an economically important produce whose export is increasing. Short shelf life is a major marketing problem, and information on factors affecting its shelf life is limited. Hence, the aims of this study were to find a proper package, packing method, and storage temperature that can prolong the shelf life and maintain the postharvest quality of kaffir lime leaf. The results showed that polypropylene (PP) and high-density polyethylene (HDPE) bags were suitable packages. The kaffir lime leaves kept in those bags for 14 days had the least weight loss (2.82-6.35% of initial fresh weight), decrease of ascorbic acid content (from 11.24 to 3.80-5.62 mg Ascorbic acid/100 mL juice), while having the best odor score (4 out of 5). In addition, packing method (packed in a package with leaves on a shoot or detached leaves) and storage temperature (15 or 25 °C) did not have significant effect on weight loss, ascorbic acid content, and odor after seven days of storage. However, after 14 days of storage, detached kaffir lime leaves stored at 25 °C had a higher a^* value than those stored at 15 °C.

Keywords: High-density polyethylene, Polypropylene, Shelf life

บทคัดย่อ: ใบมะกรูดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการผลิตเพื่อการค้าและส่งออกเพิ่มขึ้น แต่พบปัญหามีอายุการเก็บรักษาสั้นและการศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวมีน้อย จึงศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ วิธีการบรรจุ และอุณหภูมิ เพื่อยืดอายุเก็บรักษาใบมะกรูดจากผลการทดลองพบว่า ถุงพอลิโพรพิลีน (PP) และถุงพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) เหมาะสมในการเก็บรักษาใบมะกรูดมากที่สุด มีการเสียน้ำหนัก 2.82-6.35 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น ปริมาณวิตามินซีลดลงจาก 11.24 เหลือ 3.80-5.62 mg Ascorbic acid/100 mL juice และมีคะแนนกลิ่นที่ระดับ 4 จาก 5 คะแนน เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน นอกจากนี้ วิธีการบรรจุ (บรรจุใบมะกรูดทั้งกิ่ง และ บรรจุเฉพาะใบมะกรูดที่ปลิดจากกิ่ง) และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 และ 25 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อการเสียน้ำหนัก ปริมาณวิตามินซี กลิ่น และอายุเก็บรักษาของใบมะกรูดหลังเก็บรักษานาน 7 วัน แต่ที่การเก็บ 14 วัน พบว่าที่ใบมะกรูดที่บรรจุเฉพาะใบที่ปลิดจากกิ่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าความเป็นสีเขียว (a^*) มากกว่าใบมะกรูดที่เก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง, พอลิโพรพิลีน, อายุการวางจำหน่าย

¹ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

¹ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

คำนำ

ใบมะกรูดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการผลิตเพื่อการค้าและส่งออกเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน ลูกค้าหลักเป็นคนไทยและร้านอาหารไทยในต่างประเทศ ประเทศคู่ค้าหลักคือประเทศญี่ปุ่นและประเทศในแถบยุโรป แต่การส่งออกใบมะกรูดสดยังมีข้อจำกัดเนื่องจากพบปัญหามีอายุการเก็บรักษาสั้นและการศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวมีน้อย ตัวอย่างที่พบมีเพียงการศึกษาหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (22 ± 2 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 67 เปอร์เซ็นต์ พบว่าใบมะกรูดในถุงพอลิโพรพิลีนมีคุณภาพดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับใบมะกรูดที่บรรจุด้วยวิธีอื่น ๆ มีอายุการวางจำหน่าย 12 วัน ใบมะกรูดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณวิตามินซี 24.29 มิลลิกรัม/100 กรัม (ทิศา, 2553) ทั้งนี้งานวิจัยดังกล่าวยังขาดข้อมูลพื้นฐานสำคัญ เช่น อัตราการหายใจ ผลของระยะบรรจุน้ำหนักของใบมะกรูด รวมถึงวิธีการบรรจุชนิดอื่นๆ ต่อคุณภาพหลังการเก็บรักษาใบมะกรูด

บรรจุภัณฑ์ที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ มักมีคุณสมบัติของอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ แก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน เช่น ฟิล์มพลาสติกย่อยสลายได้ (H6T) ที่มีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลังและยางพารา เป็นถุงที่ยอมให้มีการซึมผ่านของแก๊สและไอน้ำได้ดี เหมาะกับการบรรจุผลผลิตที่มีความชื้นสูง เช่น เห็ดฟาง ข้าวโพดฝักอ่อน ชูตตำยา และชูตส้มตำ (อภิธา และ อนงค์นาฏ, 2556) ฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) มีคุณสมบัติยอมให้อากาศผ่านได้ต่ำแต่ยอมให้ความชื้นผ่านได้สูง ขณะที่ฟิล์มพอลิโพรพิลีน (PP) เป็นถุงที่ยอมให้ความชื้นและแก๊สออกซิเจนซึมผ่านได้ดี (Chaliha et al, 2013) ฟิล์มยืด (PVC) เป็นพลาสติกที่มีสามารถป้องกันการผ่านเข้าออกของออกซิเจนและกลิ่นได้ดี นอกจากนี้ยังมีการใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ในการห่อผัก เนื่องจากสามารถดูดซับความชื้นได้ดี

ทำให้ชะลอการเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อราและแบคทีเรียในผักได้ อีกทั้งยังหาได้ง่าย มีต้นทุนต่ำ (ปุ่น และ สมพร, 2541)

การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญในการยืดอายุผักและผลไม้ เพราะถ้าเก็บเกี่ยวและจัดการไม่เหมาะสม ก็อาจทำให้เกิดการสูญเสียของผลผลิตทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาผักและผลไม้จัดเป็นปัจจัยสำคัญ ทั้งนี้อุณหภูมิต่ำช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงของผลผลิต (จริงแท้, 2554) โดยทั่วไปพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนมักจะทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีกว่าพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อน ดังนั้นการเก็บรักษาผลผลิตทุกชนิด จึงควรเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ในระดับที่เหมาะสมที่จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผลผลิต ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาผักและผลไม้ตัดแต่งได้ เช่น กะเพรา โหระพา ใบมะกรูด ผักกาดขาว กะหล่ำปลีม่วง เห็ดเข็มทอง ส้มโอ และขนุน แต่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผลผลิตเนื่องจากอาการสะท้านหนาวได้ (เบญจมาศ และ คณะ, 2550)

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ วิธีการบรรจุ และอุณหภูมิต่ำ ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาใบมะกรูด โดยผลการทดลองที่ได้จะสามารถนำไปพัฒนาเทคโนโลยีในการยืดอายุการเก็บรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของใบมะกรูดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมใบมะกรูด

เก็บใบมะกรูดจากแปลงผลิตมะกรูดของศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สุ่มเก็บใบมะกรูดด้วยกรรไกรตัดกิ่งที่ระยะใบแก่ (ขยายขนาดเต็มที่แล้ว) ใบมีสีเขียวเข้ม (อายุ 2 เดือนหลังตัดแต่งกิ่ง) ยาว 25 เซนติเมตรจากปลายกิ่ง ในช่วงเวลา 8.00 – 9.00 น. หลังเก็บเกี่ยวแล้วขนส่งมาที่ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาพืชสวน

คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ภายในเวลา 5 นาที จากนั้นทำความสะอาดกิ่งและใบมะกรูด ด้วยน้ำเปล่าและใช้มือถูเบา ๆ เพื่อเอาสิ่งสกปรก เช่น ฝุ่นและแมลงที่ติดอยู่ออก นำขึ้นแล้วสลัดน้ำออก 2-3 ครั้ง นำมาวางบนชั้นเรียงเพื่อผึ่งให้แห้ง แบ่งเป็น 4 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ผลของระยะบรรจุมะกรูดและวิธีการบรรจุต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของใบมะกรูด

ใช้มะกรูดที่มีความยาว 25 เซนติเมตรเมื่อวัดจากปลายยอด เก็บเกี่ยวใบที่มีระยะบรรจุมะกรูด 2 ระดับ คือ ใบมีสีเขียวเข้ม (อายุ 2 เดือนหลังตัดแต่งกิ่ง) และใบมะกรูดสีเขียว (อายุ 1.5 เดือนหลังตัดแต่งกิ่ง) บรรจุใส่โหลแก้วขนาด 750 มิลลิลิตร จำนวน 3 กิ่ง โดยแบ่งวิธีการบรรจุออกเป็น 2 แบบ คือ บรรจุทั้งกิ่ง และบรรจุเฉพาะใบมะกรูดที่ปลิดจากกิ่ง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 3 ซ้ำ ๆ ละ 3 กิ่ง ต่อโหลเข้ากับแผงควบคุมอากาศควบคุมความชื้นด้วยโหลชื้น มีอัตราการไหลผ่านของอากาศประมาณ 95–105 มิลลิลิตร/นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาจนกว่าใบมะกรูดจะแสดงอาการเสื่อมสภาพ เช่น ใบม้วนงอ ใบเป็นสีเหลืองหรือมีการเข้าทำลายของเชื้อโรค บันทึกรายการเสียหาย การหายใจ และกลิ่นทุกวันจนใบมะกรูดเสื่อมสภาพ

การทดลองที่ 2 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของใบมะกรูด

เลือกกิ่งใบมะกรูดที่ใบขยายขนาดเต็มที่แล้ว ใบมีสีเขียวเข้ม (อายุ 2 เดือนหลังตัดแต่งกิ่ง) ตัดกิ่งด้วยกรรไกรตัดกิ่งให้มีความยาว 20 เซนติเมตร เมื่อวัดจากปลายยอด วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) มี 5 ทรีทเมนต์ โดยกำหนดให้บรรจุภัณฑ์เป็นทรีทเมนต์ ทำ 3 ซ้ำ ๆ ละ 1 กิ่ง บรรจุกิ่งมะกรูดลงใน 1. ถุงพลาสติกที่ย่อยสลายได้ (H6T) พัฒนาโดย ดร.อภิธา บุญศิริ และคณะ มีส่วนผสมมาจากแป้งมันสำปะหลังและยางพารา (สูตร H6T) ขนาด 6x11 นิ้ว 2. ถุงพอลิเอทิลีน

ความหนาแน่นสูง (HDPE) ยี่ห้อผ้าห่มน้ำคร่ำ ขนาด 7x11 นิ้ว 3. ถุงพอลิโพรไพลีน (PP) ยี่ห้อนางฟ้า ขนาด 6x11 นิ้ว จากนั้นปิดปากถุงทั้ง 3 ชนิดโดยใช้เครื่องซีลปิดปากถุงด้วยความร้อน 4. บรรจุกิ่งมะกรูดบนถาดโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์มยืดโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) 5. บรรจุกิ่งมะกรูดด้วยซองกระดาษหนังสือพิมพ์ ขนาด 6x11 นิ้ว ปิดปากถุงด้วยลวดเย็บกระดาษ จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90 เปอร์เซ็นต์) เป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน

การทดลองที่ 3 ผลของวิธีการบรรจุต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของใบมะกรูด

ใช้ใบมะกรูดแบบติดกิ่งและใบมะกรูดที่ปลิดจากกิ่ง บรรจุใส่ถุง PP ยี่ห้อนางฟ้า ขนาด 6x11 นิ้ว ถุงละ 1 กิ่ง นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ $80 \pm 90\%$) เป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน มี 3 ซ้ำ ๆ ละ 1 กิ่ง วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าบันทึกต่างๆ ระหว่างวิธีการบรรจุ 2 แบบด้วยวิธี *t*-test

การทดลองที่ 4 ผลของอุณหภูมิต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของใบมะกรูดแบบปลิดใบ

ใช้ใบมะกรูดที่ปลิดออกจากกิ่ง บรรจุใส่ถุง PP ยี่ห้อนางฟ้า ขนาด 6x11 นิ้ว ในหนึ่งถุงบรรจุใบที่มาจาก 1 กิ่ง ประมาณ 7–10 ใบ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 และ 25 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ 80–90%) เป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าระหว่าง 2 อุณหภูมิ ด้วยวิธี *t*-test

บันทึกการเสียน้ำหนัก ปริมาณวิตามินซี กลิ่น และค่าความเป็นสีเขียว ดังนี้

1. การเสียน้ำหนัก ซึ่งมีสูตรดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเสียน้ำหนักเมื่อเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

2. วิตามินซี วิเคราะห์โดยใช้วิธีของ A.O.A.C. (1990)

นำใบมะกรูดที่ฉีกเส้นกลางใบออกจำนวน 2 กรัม ใส่หลอดทดลอง ผสมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร มาปั่นให้ละเอียด จากนั้นทิ้งให้ตกตะกอน นำส่วนใสทั้งหมด 2 มิลลิลิตร มาใส่หลอดทดลองใหม่ เติมสารละลาย oxalic acid 5 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาไทเทรตด้วย dye solution (สารละลาย 2,6-dichlorophenolindophenol: DCPIP) จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอมม่วง คำนวณหาปริมาณวิตามินซีเทียบกับสารละลายกรด ascorbic โดยการนำสารละลายกรด ascorbic ความเข้มข้น 1 mg/mL ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรด oxalic acid 5 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วย dye solution เช่นเดียวกัน บันทึกผล คำนวณหาปริมาณวิตามินซีตามสูตรดังนี้

$$\text{Vitamin C} = \frac{\text{ปริมาตร dye solution ที่ไทเทรตได้ของตัวอย่าง} \times 100}{\text{ปริมาตร dye solution ที่ไทเทรตได้ของสารวิตามินซี}} \text{ mg Ascorbic acid/100 mL juice}$$

3. ค่าความเป็นสีเขียว (-a*)

วัดสีใบด้วยเครื่อง Color meter รุ่น MINOLTA CR-300 ระบบ CIE Lab scale รายงานค่าเป็น L* a* b* โดยการทดลองนี้นำเสนอค่า (-) a* ที่แสดงค่าความเป็นสีเขียว

4. กลิ่น

4.1 ดมกลิ่นมะกรูดจากใบมะกรูดสด โดยใช้ใบมะกรูด 1 ใบ ฉีกใบมะกรูด เพื่อนำเส้นกลางใบออกจากนั้นนำใส่ขวดแก้วปริมาตร 45 มิลลิลิตร ปิดฝาทิ้งไว้ 10 วินาที เพื่อให้กลิ่นออกแล้วเปิดดมกลิ่นให้คะแนนทันที

4.2 ดมกลิ่นมะกรูดจากใบมะกรูดในน้ำซूप โดยใช้คอนอร์ซูปก้อนรสหมูขนาด 10 กรัมจำนวน 1 ก้อน ต้มกับน้ำเดือดปริมาตร 1 ลิตร จากนั้นตักแบ่งใส่ถ้วยเล็กๆ แล้วฉีกใบมะกรูดใส่ลงไป ทิ้งไว้ 5 นาที รอให้น้ำซूपอุ่น แล้วตักชิม จากนั้นให้คะแนนหลังกลิ่นน้ำซूपทันที

การให้คะแนนกลิ่นมะกรูด ทุกครั้งที่ทดสอบจะนำใบมะกรูดที่เก็บมาใหม่เป็นมาตรฐาน โดยกำหนดให้ 1 คะแนน = ไม่มีกลิ่น, 3 คะแนน = มีกลิ่นปานกลาง, 5 คะแนน = มีกลิ่นมากเหมือนกลิ่นใบมะกรูดเก็บใหม่

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของระยะบรรจุน้ำหนักและวิธีการบรรจุต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของใบมะกรูด

ใบมะกรูดสีเขียวเข้ม (dark green) และใบมะกรูดสีเขียว (green) แบบติดกิ่ง (shoot) และแบบที่ปลิดจากกิ่ง (detached) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ในช่วงวันแรกของการเก็บรักษา ใบมะกรูดทุกทรีทเมนต์ มีอัตราการหายใจที่

460-600 mgCO₂/kg.hr จากนั้นอัตราการหายใจลดลงอย่างรวดเร็ว (Figure 1A) การเสียน้ำหนัก พบว่าทุกทรีทเมนต์มีการเสียน้ำหนักใกล้เคียงกันพบว่าใบมะกรูดเสื่อมสภาพ เมื่อเก็บรักษานาน 3 วัน (Figure 1B) โดยแสดงอาการใบม้วนงอ มีการเสียน้ำหนักมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ใบมะกรูดมีกลิ่นลดลงจาก 5 คะแนนเหลือ 3 คะแนนในทุกทรีทเมนต์ เมื่อเก็บรักษานาน 3 วัน (Figure 1C)

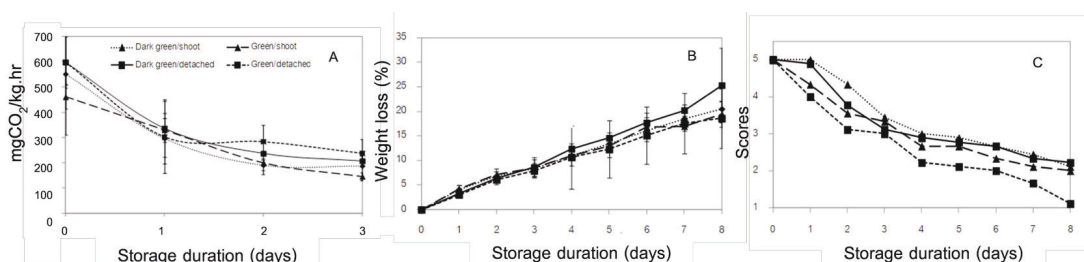


Figure 1. Respiration rate (A) Weight loss (B) and Odor (C) of kaffir lime leaves stored at 25°C for 3 days

การทดลองที่ 2 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของใบมะกรูด

การเสียน้ำหนัก การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่าใบมะกรูดในทุกบรรจุภัณฑ์มีการเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน ในขณะที่การเก็บรักษา 14 วัน พบว่าใบมะกรูดที่บรรจุในถุงพอลิโพรไพลีน (PP) และถุงพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) มีการเสียน้ำหนักน้อยที่สุด เท่ากับ 3.23 และ 6.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใบมะกรูดที่บรรจุในถุงพลาสติกที่ย่อยสลายได้ (H6T) และกระดาษหนังสือพิมพ์ มีการเสียน้ำหนักไม่ต่างกัน คือ 11.79 และ 12.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ใบมะกรูดบรรจุในฟิล์มยืด (PVC) ที่มีการเสียน้ำหนักมากที่สุด 22.29 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น (Figure 2A)

ปริมาณวิตามินซี ใบมะกรูดสดหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่ามีปริมาณวิตามินซีลดลง คือ ลดลงจาก 11.24 เหลือ 3.8 mg Ascorbic acid/100 mL juice เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน พบว่าใบมะกรูดในทุกบรรจุภัณฑ์มีปริมาณวิตามินซีใกล้เคียงกับหลังเก็บรักษานาน 7

วัน โดยใบมะกรูดบรรจุในถุง HDPE มีปริมาณวิตามินซีลดลงน้อยที่สุด คือมีปริมาณวิตามินซีลดลงจาก 11.24 เหลือ 5.62 mg Ascorbic acid/100 mL juice (Figure 2B)

ค่าความเป็นสีเขียว (-a*) การเก็บรักษานาน 7 วัน พบว่าใบมะกรูดที่บรรจุในถุง HDPE และ PP มีค่าความเป็นสีเขียว (-a*) มากที่สุดเท่ากับ -11.74 และ -11.31 ตามลำดับ ต่อมา มีค่าความเป็นสีเขียว (-a*) ของใบมะกรูดลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน โดยใบมะกรูดที่บรรจุในกระดาษหนังสือพิมพ์ มีค่าความเป็นสีเขียวยุติสุด (Figure 2C)

กลิ่น (โดยการดมจากใบมะกรูดสด) ใบมะกรูดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 5 ชนิด หลังเก็บรักษานาน 7 วัน มีคะแนนกลิ่นอยู่ที่ 4 จาก 5 คะแนน เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ใบมะกรูดที่บรรจุในถุง PP, HDPE และ H6T มีคะแนนกลิ่น 3 จาก 5 คะแนน ในขณะที่ใบมะกรูดที่บรรจุในฟิล์มยืด (PVC) และกระดาษหนังสือพิมพ์ มีคะแนนกลิ่น 2 จาก 5 คะแนน (Figure 2D)

กลิ่น (จากใบมะกรูดในน้ำซุ๊ป) ใบมะกรูดที่เก็บรักษานาน 7 วัน พบว่ากลิ่นที่ได้หลังการกลั่นน้ำซุ๊ปที่ได้ใบมะกรูดที่เก็บรักษาในถุง HDPE มีคะแนนกลิ่นอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับได้คือ จาก 5 คะแนน เหลือ 3 คะแนน ในขณะที่ใบมะกรูดที่เก็บรักษาในถุง

H6T PP และ PVC มีคะแนนต่ำกว่าระดับที่ผู้บริโภคยอมรับ (ต่ำกว่า 3 คะแนน) เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน พบว่าทุกบรรจุภัณฑ์สามารถรักษากลิ่นใบมะกรูดได้ไม่แตกต่างจากการเก็บรักษานาน 7 วัน (Figure 2E)

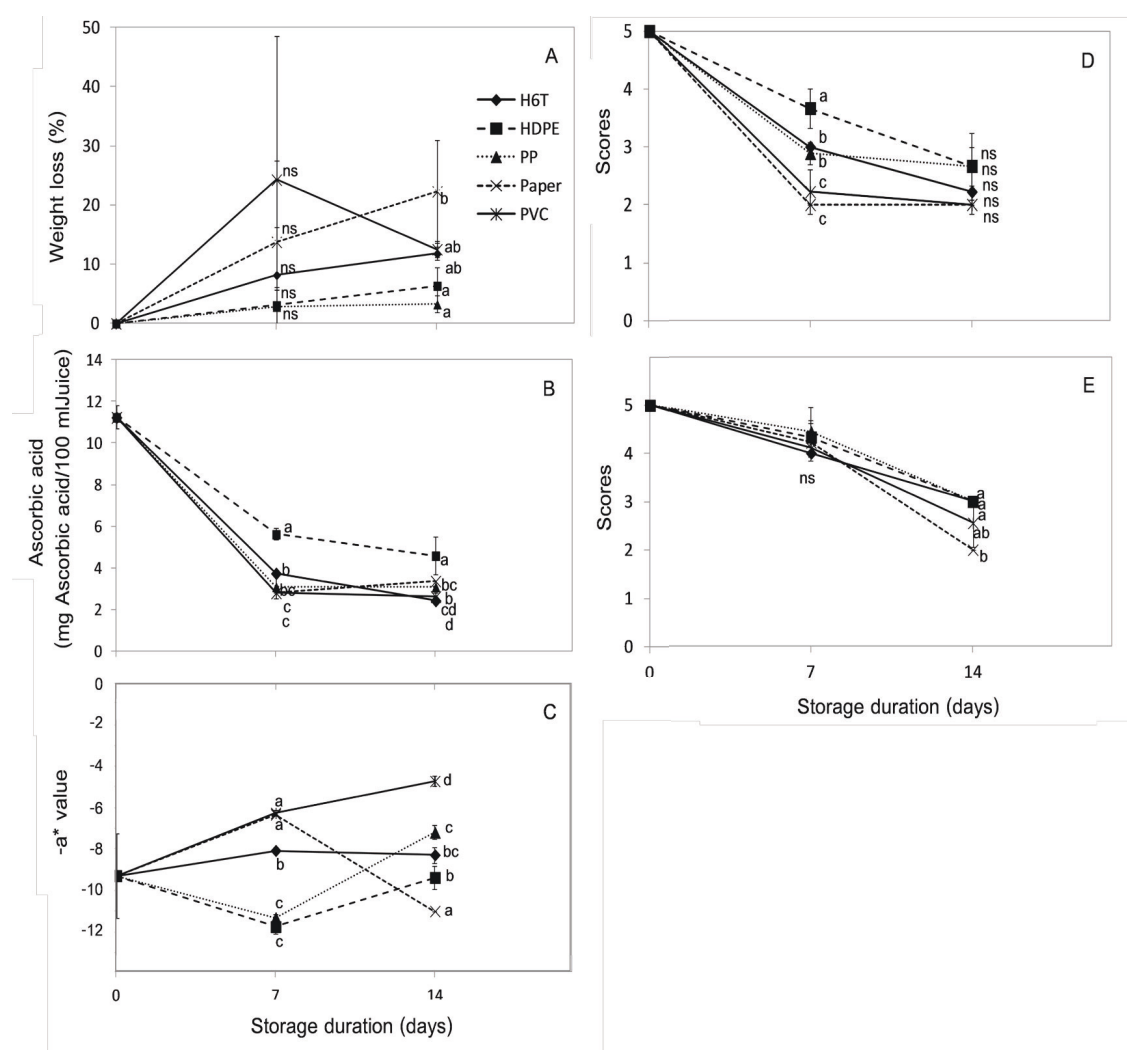


Figure 2. Weight loss (A), Vitamin C content (B), Green color value ($-a^*$) (C), Odor score (D) and Odor (when shredded and put in clear soup) score (E) of kaffir lime leaves after storage at 15°C for 7 and 14 days

การทดลองที่ 3 ผลของวิธีการบรรจุต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของใบมะกรูด

จากการทดลองที่ 2 พบว่าใบมะกรูดที่บรรจุในถุง PP มีคุณภาพหลังเก็บรักษาดีที่สุด ดังนั้นการทดลองนี้จึงบรรจุใบมะกรูดใน PP เพื่อทดสอบวิธีการบรรจุ 2 แบบ คือ 1.ใบมะกรูดติดกิ่ง และ 2.ใบมะกรูดที่ปลิดจากกิ่ง ต่อคุณภาพการเก็บรักษาใบมะกรูด

หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่า การบรรจุใบมะกรูดทั้ง 2 วิธี ไม่มีผลต่อคุณภาพใบมะกรูดเมื่อเก็บรักษานาน 7 และ 14 วัน แต่พบว่าที่การเก็บรักษานาน 14 วัน ใบมะกรูดที่ปลิดจากกิ่งมีค่าความเป็นสีเขียว ($-a^*$) น้อยกว่าการเก็บรักษาแบบติดกิ่ง (Table 1)

Table 1. The quality of kaffir lime leaves from 2 different packing methods. Leaves were in polypropylene (PP) bag after 14 days at 15° C

Packing method	Weight loss (%FW)		Vitamin C content (mg Ascorbic acid/100 mL juice)		Odor		Odor (when shredded and put in clear sope)		a* value	
	7D	14D	7D	14D	7D	14D	7D	14D	7D	14D
Shoot	2.88	6.44	5.53	2.99	4.67	4.00	3.56	2.22	-11.16	-10.00
Detached leaves	2.82	3.23	3.09	3.09	4.44	3.00	2.89	2.67	-11.31	-7.19
t-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
%CV	0.72	0.75	0.22	0.21	0.15	0.68	0.26	0.18	0.29	0.17

การทดลองที่ 4 ผลของอุณหภูมิต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของใบมะกรูดแบบปลิดใบ

จากการทดลองที่ 1 พบว่าใบมะกรูดที่บรรจุในถุง PP มีคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวดีที่สุด ดังนั้นการทดลองนี้จึงเลือกถุง PP ในการบรรจุใบมะกรูดที่ปลิดจากกิ่ง สำหรับทดสอบอุณหภูมิต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของใบมะกรูด จากการทดลองพบว่า

การเก็บรักษาใบมะกรูดแบบปลิดจากกิ่งที่อุณหภูมิ 15 และ 25 องศาเซลเซียส นาน 7 และ 14 วันไม่มีผลต่อคุณภาพของใบมะกรูด แต่พบว่าที่การเก็บรักษานาน 14 วัน ค่าความเป็นสีเขียว ($-a^*$) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (Table 2)

Table 2. The quality of kaffir lime leaves packed in a polypropylene (PP) bag for 14 days at 15 °C and 25 °C

Temperature	Weight loss (%FW)		Vitamin C content (mg Ascorbic acid/100 mL juice)		Odor		Odor (when shredded and put in clear sope)		a* value	
	7D	14D	7D	14D	7D	14D	7D	14D	7D	14D
15°C	2.85	4.84	4.31	3.04	4.56	3.50	3.22	2.44	-11.24	-8.60
25°C	10.75	20.57	5.16	4.07	3.67	1.22	2.22	1.88	-9.40	-9.20
t-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
%CV	0.72	0.75	0.22	0.21	0.15	0.68	0.26	0.18	0.29	0.17

ns means are not significantly different at $p \leq 0.05$

* means are significantly different at $p \leq 0.05$

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของระยะบริบูรณ์และวิธีการบรรจุต่อคุณภาพหลังเก็บเกี่ยว

ใบมะกรูดสีเขียวเข้ม และใบสีเขียว ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์มีอัตราการหายใจ การเสียน้ำหนัก และการเปลี่ยนแปลงกลิ่น ไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 3 วัน ทั้งนี้มีรายงานว่าใบอ่อนมีการหายใจมากกว่า แต่ในการทดลองนี้ แม้ว่าใบมะกรูดสีเขียวมีระยะบริบูรณ์น้อยกว่าใบสีเขียวเข้ม แต่ใบที่มีสีเขียวก็มีใบขยายขนาดเต็มที่แล้ว แสดงให้เห็นว่าใบมะกรูดระยะสีเขียวอาจอยู่ในระยะบริบูรณ์แล้ว จึงส่งผลให้อัตราการหายใจและคุณภาพหลังเก็บรักษาของใบมะกรูดทั้งสองระยะบริบูรณ์มีค่าไม่แตกต่างกัน

การที่ใบมะกรูดทั้งสองระยะบริบูรณ์ที่บรรจุแบบติดกึ่ง และบรรจุแบบปิดใบ มีอัตราการหายใจในวันแรกของการเก็บรักษาสูงมาก เพราะใบมะกรูดมีบาดแผลที่เกิดจากการตัดกึ่ง (ใบมะกรูดติดกึ่ง) หรือบาดแผลจากการปิดจากกึ่ง เมื่อเกิดบาดแผลจะมีผลเร่งอัตราการหายใจ และยังมีผลถึงการเสื่อมสภาพและการเสียน้ำหนัก (สังคม, 2547) นอกจากนั้น วิธีการบรรจุทั้ง 2 วิธี (บรรจุแบบติดกึ่ง และบรรจุแบบปิดใบออกจากกึ่ง) มีอัตราการหายใจไม่แตกต่างกัน อาจเป็นเพราะบาดแผลจากการปิดจากกึ่งของแต่ละใบ ซึ่งมีลักษณะรอยแผลเรียบ มีผลต่อการหายใจโดยรวมไม่แตกต่างจากใบมะกรูดติดกึ่ง ซึ่ง บาดแผลที่เกิดจากการตัดกึ่ง เป็นผลจากการกดทับของกรรไกร

ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของใบมะกรูด

บรรจุภัณฑ์ชนิด PP และ HDPE เหมาะสมในการเก็บรักษาคุณภาพของใบมะกรูด เพราะมีการเสียน้ำน้อยที่สุด เนื่องจากถุง PP และ HDPE มีคุณสมบัติยอมให้ความชื้นและออกซิเจนซึมผ่านได้ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ โดยมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 7–15 กรัม/ตรม./วัน (Chaliha et al., 2013) จึงทำให้ถุง PP และ HDPE สามารถรักษาความชื้นภายในถุงได้ในระดับที่เหมาะสมกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ในขณะที่ถุง H6T และกระดาษหั่นสี่เหลี่ยม มีการดูดซับความชื้นจากผลผลิตได้สูง รวมทั้งมีคุณสมบัติในการยอมให้ความชื้นผ่านออกสู่บรรยากาศได้มาก เช่นเดียวกับฟิล์ม

PVC ที่มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำมากถึง 15–40 กรัม/ตรม./วัน จึงทำให้บรรจุภัณฑ์ทั้งสามชนิดไม่สามารถลดการเสียน้ำของใบมะกรูดได้ดีเท่าถุง PP และ HDPE

สำหรับปริมาณวิตามินซีจาก Figure 2B จะพบว่า ในทุกบรรจุภัณฑ์ที่การเก็บรักษานาน 7 วัน จะมีปริมาณวิตามินซีที่ลดลงมากเท่าๆ กัน เนื่องจากวิตามินซีสามารถสลายตัวได้ง่ายในสภาพที่มีแสง ออกซิเจน และอุณหภูมิสูง (Lee and Kader, 2000) จึงทำให้ในช่วงแรกมีปริมาณวิตามินซีลดลงมาก และเริ่มคงที่หรือลดลงในอัตราที่ช้าลง เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ในขณะที่ถุง HDPE สามารถรักษาความชื้นภายในถุงได้ดี อาจเป็นเหตุทำให้ใบมะกรูดที่บรรจุในถุง HDPE มีปริมาณวิตามินซีมากที่สุด เนื่องจากความชื้นช่วยชะลอการสลายตัวของวิตามินซี

ใบมะกรูดที่เก็บรักษาเกิน 7 วัน มีคะแนนกลิ่นต่ำกว่าเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ และเมื่อพิจารณาบรรจุภัณฑ์ที่รักษากลิ่นมะกรูด พบว่า ถุง HDPE สามารถรักษากลิ่นได้ดีที่สุด (Figure 2E) โดยมีคะแนนอยู่ที่ 4 จาก 5 คะแนน ในขณะที่ใบมะกรูดที่บรรจุในถุง PP และ HDPE ยังคงมีกลิ่นอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ 3 คะแนน เนื่องจาก HDPE มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 600 และ 450 ลบ.ซม./ตรม./วัน ตามลำดับ ส่วน PP มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 240 และ 800 ลบ.ซม./ตรม./วัน ตามลำดับ จากคุณสมบัติดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า ถุง HDPE และ PP ยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ดีทำให้มีก๊าซออกซิเจนซึมผ่านเข้ามาเพียงพอให้พืชหายใจ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชคายออกมาก็สามารถซึมผ่านออกไปได้ง่าย สภาพดังกล่าวทำให้บรรยากาศในถุงไม่เสี่ยงต่อการเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ประกอบกับการมีความชื้นสูง จึงทำให้กลิ่นของใบมะกรูดที่บรรจุในถุงทั้ง 2 ชนิดนี้อยู่ในเกณฑ์ที่ดี ในทางตรงกันข้าม ฟิล์ม PVC นอกจากจะไม่สามารถป้องกันการเสียน้ำได้ เมื่อเทียบกับถุง HDPE และ PP แล้ว ฟิล์ม PVC ยังมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนน้อยอีกด้วย (150 ลบ.ซม./ตรม./วัน) ซึ่งทำให้ใบมะกรูดที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PVC เกิดกระบวนการหมัก และทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติขึ้นได้

สำหรับค่าความเป็นสีเขียว ($-a^*$) บรรจุภัณฑ์ที่สามารถรักษาค่าความเป็นสีเขียวได้ดีที่สุดที่การเก็บรักษานาน 7 วัน คือ PP และ HDPE แต่เมื่อเก็บรักษานาน 14 พบว่า โบรมะกรุตที่บรรจุในกระดาสหนังสือพิมพ์มีค่าความเป็นสีเขียวมากที่สุด อาจเกิดจากการที่โบรมะกรุตมีการสูญเสียไอน้ำมากเกิดการไหม้ทำให้เปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม ค่าสีเขียวที่วัดได้จึงสูงขึ้น ซึ่งในกระดาสหนังสือพิมพ์มีการดูดซึมได้ดี จึงดูดซับน้ำจากโบรมะกรุตได้มาก

ผลของวิธีการบรรจุต่อคุณภาพของโบรมะกรุต

การบรรจุโบรมะกรุตแบบตีดกึ่งและโบรมะกรุตแบบที่ปัดจากกึ่ง มีการเสียน้ำหนัก ปริมาณวิตามินซี กลิ่น และค่าความเป็นสีเขียว หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการเก็บรักษาโบรมะกรุตที่มีกึ่งเกิดการหลุดร่วงของโบรมะกรุตหลังการเก็บรักษาทำให้โบรมะกรุตไม่สามารถถึงอาหารสะสมจากกึ่งได้ ดังนั้นวิธีการบรรจุทั้ง 2 วิธีที่เม้นต์จึงอยู่ในสภาพที่ไม่ต่างกัน ทั้งนี้การเก็บรักษาโบรมะกรุตแบบปัดโบรมะกรุตยังสามารถลดความเสียหายของบรรจุภัณฑ์และโบรมะกรุตจากหมานของกึ่งมะกรุตได้

ผลของอุณหภูมิต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของโบรมะกรุตแบบปัดโบรมะกรุต

การเก็บรักษาโบรมะกรุตแบบปัดโบรมะกรุตที่อุณหภูมิ 15 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อการเสียน้ำหนัก ปริมาณวิตามินซี กลิ่น และค่าความเป็นสีเขียวของโบรมะกรุตที่เก็บรักษานาน 7 วันสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทิตา (2553) ที่พบว่า โบรมะกรุตที่บรรจุในถุงพอลิโพรพิลีนมีคุณภาพดีสุดและการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่นๆ เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 และ 15 องศาเซลเซียส ทั้งนี้การเก็บรักษา 14 วัน พบว่าค่าความเป็นสีเขียว ($-a^*$) ของโบรมะกรุตที่เก็บ 25 องศาเซลเซียสมีค่ามากกว่าที่เก็บที่ 15 องศาเซลเซียส อาจเป็นเพราะอุณหภูมิเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส โบรมะกรุตมีแนวโน้มการเสียน้ำมากกว่า ส่งผลให้เกิดอาการโบรมะกรุตไหม้ ทำให้เปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม ค่าสีเขียวที่วัดได้จึงสูงขึ้น

สรุป

บรรจุภัณฑ์ที่สามารถรักษาคุณภาพของโบรมะกรุตได้ดีที่สุดคือ ถุงพอลิโพรพิลีน (PP) มีการเสียน้ำหนักเท่ากับ 3.23 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น ปริมาณวิตามินซีลดลงจาก 11.24 เหลือ 3.09 mg Ascorbic acid/100 mL juice โดยมีกลิ่นและค่าความเป็นสีเขียว ($-a^*$) อยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ ที่การเก็บรักษานาน 7 และ 14 วัน สำหรับวิธีการบรรจุและอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสไม่มีผลต่อคุณภาพหลังการเก็บรักษาของโบรมะกรุต

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.พ.ภวภูตานนท์ หัวหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อนที่เอื้อเฟื้อกิ่งมะกรุตสำหรับการทำการทดลอง และขอขอบคุณ คุณสุชะวัฒน์ ทองเหลียว นักวิชาการเกษตรประจำศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้คำแนะนำในการคัดเลือกอายุกิ่งมะกรุตสำหรับการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้ พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทิตา สุนทรวิภาต. 2553. ผลของภาชนะบรรจุ ดัดแปลงบรรยากาศ และอุณหภูมิต่อคุณภาพของโบรมะกรุต. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- เบญจมาศ รัตนชินกร และคณะ. 2550. ผลของอุณหภูมิต่ออายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค. สำนักงานวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
- ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2554. บรรจุภัณฑ์อาหาร. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมและสมาคมการบรรจุภัณฑ์ไทย

- สังคม เตชะวงศ์เสถียร. 2547. สรีรวิทยาของพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- อภิธา บุญศิริ และ อนงค์นาฏ สมหวังธโรจน์. 2556. การยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพเห็ดฟางด้วยบรรจุภัณฑ์พลาสติกย่อยสลายได้จากยางพาราได้อย่างปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคเพื่อการส่งออก. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- A.O.A.C. 1990. Official Method of Analysis. Association of Official Chemists, Inc., Virginia.
- Chaliha, M., A. Cusack, M. Currie, Y. Sultanbawa, and H. Smyth 2013. Effect of packaging materials and storage on major volatile compounds in three Australian native herbs. Journal of Agricultural and Food Chemistry 61(24), 5738-5745.
- Lee, S. K., and A. A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology 20(3): 207-220.