Agricultural Sci. J. 42 : 3 (Suppl.) : 677-680 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 3 (พิเศษ) : 677-680 (2554)

ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของพืชผักและสมุนไพรอินทรีย์

Effect of packaging on postharvest quality of organic vegetables and herbs

ดนัย บุณยเกียรติ[1] พิชญา บุญประสม พูลลาภ[2]และชัยพิชิต เชื้อเมืองพาน[3]

Danai Boonyakiat[1], Pichaya Boonprasom Poonlarp[2] and Chaipichit Chuamuangphan[3]

Abstract

Effect of packaging on postharvest quality of 8 organic vegetables and herbs (chayote shoot, pointed cabbage, baby pak choi, baby carrot, cilantro, kaffir lime leave, galangal and turmeric was studied. The vegetables and herbs packaged in four different oxygen transmission rate active packaging, modified-atmosphere polypropylene bags with an initial oxygen level of 8% and perforated polyethylene (PE) bags (control) stored under an appropriate temperature for each produce. It was found that active packagings could prolong the shelf life of chayote shoot, pointed cabbage, baby pak choi, baby carrot, cilantro, galangal and turmeric better than perforated polyethylene bags. Active packaging with oxygen permeability of 10,000-12,000 and 12,000-14,000 cc/m^2 day had better performance in extending the shelf life of the produces. Kaffir lime leave packaged in modified-atmosphere polypropylene bags with an initial oxygen level of 8% had the longest shelf life of 15.6 days.

Keywords: packaging, organic vegetables, herbs

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวพืชผักและสมุนไพรอินทรีย์รวม 8 ชนิด (ยอดชาโยเต้ กะหล่ำปลีรูปหัวใจ เบบี้ฮ่องเต้ เบบี้แครอท ผักชีไทย ใบมะกรูด ข่า และขมิ้น) โดยการบรรจุผักและสมุนไพรอินทรีย์ในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟที่มีอัตราการซึมผ่านของแก๊สต่างกัน 4 ระดับ ถุงพอลิโพรพิลีนที่ดัดแปลงบรรยากาศโดยการควบคุมให้มีปริมาณออกซิเจนเริ่มต้นที่ 8 เปอร์เซ็นต์ และถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู (ชุดควบคุม) แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับผักแต่ละชนิด พบว่า ถุงแอคทีฟสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผัก (กะหล่ำปลีรูปหัวใจ ยอดชาโยเต้ เบบี้ฮ่องเต้ เบบี้แครอท ผักชีไทย ข่า และขมิ้น) ได้ดีกว่าถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยเฉพาะถุงแอคทีฟชนิดที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนระหว่าง 10,000-12,000 cc/m^2 day และ 12,000-14,000 cc/m^2 day ส่วนใบมะกรูดอินทรีย์ที่บรรจุในถุงพอลิโพรพิลีนที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศโดยควบคุมให้มีปริมาณออกซิเจนเริ่มต้นที่ 8 เปอร์เซ็นต์ มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดเท่ากับ 15.6 วัน

คำสำคัญ: บรรจุภัณฑ์ ผักอินทรีย์ สมุนไพร

คำนำ

การใช้ภาชนะบรรจุที่มีประสิทธิภาพจะสามารถช่วยลดกระบวนการหายใจ การปลดปล่อยความร้อน การคายน้ำ และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาต่าง ๆ ของผลิตผลให้เกิดขึ้นช้าลง (นิธิยาและดนัย, 2548) ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตผลทางการเกษตรและยา เรียกว่า active packaging โดยบรรจุภัณฑ์แอคทีฟได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่ควบคุมองค์ประกอบของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ โดยการสกัดกั้นการแพร่ของแก๊สต่างๆให้ผ่านเข้าออกบรรจุภัณฑ์ตามความต้องการ เพื่อให้เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตผลแต่ละชนิดให้มีคุณภาพคงเดิมอยู่ได้นาน เป็นวิธีการบรรจุที่ภาชนะบรรจุและสภาพแวดล้อมมีปฏิสัมพันธ์กัน ทำหน้าที่เป็นภาชนะห่อหุ้มผลิตผล เพิ่มความปลอดภัยหรือปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัส และช่วยยืดอายุและรักษาคุณภาพของผลิตผลให้คงเดิมได้นานขึ้น (งามทิพย์, 2550) พืชผักและสมุนไพรอินทรีย์หลายชนิดมีปัญหาด้านคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยมีการเสื่อมสภาพลงอย่างรวดเร็ว และการจัดการหลังการ

[1] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว/ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1] Postharvest Technology Research Institute/Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

[2] สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[2] School of Agro-Industry, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

[3] งานคัดบรรจุเชียงใหม่ มูลนิธิโครงการหลวง จ.เชียงใหม่ 50100

[3] Chiang Mai Packinghouse, Royal Project Foundation, Chiang Mai 50100

เก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตผล โดยเฉพาะในด้านการบรรจุหีบห่อและระบบการควบคุมอุณหภูมิ เพื่อรักษาคุณภาพ ลดการสูญเสีย และยืดอายุการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

นำพืชผักอินทรีย์ 4 ชนิด คือ ยอดชาโยเต้ กะหล่ำปลีรูปหัวใจ เบบี้ฮ่องเต้ และเบบี้แครอท และพืชสมุนไพรอินทรีย์ 4 ชนิด คือ ผักชีไทย ใบมะกรูด ข่า และขมิ้น ที่เก็บเกี่ยวในระยะแก่ทางการค้ามาตัดแต่ง แล้วบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร จำนวน 18 รู (ชุดควบคุม) ถุงพอลิโพรพิลีนที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศโดยควบคุมให้มีปริมาณออกซิเจนเริ่มต้นที่ 8 เปอร์เซ็นต์ และถุงแอคทีฟที่มีอัตราการซึมผ่านแก๊สต่างกัน 4 ระดับ คือ มีอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 10,000-12,000 , 12,000-14,000 , 10,000-11,000 และ 14,000-16,000 cc/m^2 day หลังจากนั้นนำพืชผักและสมุนไพรอินทรีย์ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิเหมาะสมสำหรับผักและพืชสมุนไพรแต่ละชนิด คือ ยอดชาโยเต้ กะหล่ำปลีรูปหัวใจ เบบี้ฮ่องเต้ เบบี้แครอท ผักชีไทย ใบมะกรูด ข่า และขมิ้น ที่ 8, 1, 1, 1, 5, 5, 7 และ 7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีในเก็บระหว่างการรักษา ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี ปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ลักษณะปรากฏของผักแต่ละชนิด และอายุการวางจำหน่าย นอกจากนั้นยังทำการวัดปริมาณ O_2 และ CO_2 ในบรรจุภัณฑ์ตลอดอายุการเก็บรักษา

ผล

การเก็บรักษาพืชผักอินทรีย์ 4 ชนิด และพืชสมุนไพรอินทรีย์ 4 ชนิด บรรจุในถุงแอคทีฟที่มีอัตราการซึมผ่านของแก๊สต่างกัน 4 ระดับ เปรียบเทียบกับถุงพอลิโพรพิลีนที่ดัดแปลงบรรยากาศโดยการควบคุมให้มีปริมาณออกซิเจนเริ่มต้นที่ 8 เปอร์เซ็นต์ และถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู (ชุดควบคุม) แล้วนำผักและสมุนไพรไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับผักแต่ละชนิด พบว่า ถุงแอคทีฟที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนระหว่าง 10,000-12,000 cc/m^2 day ทำให้ยอดชาโยเต้อินทรีย์มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่า และมีแนวโน้มของปริมาณวิตามินซีสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตผลที่อยู่ในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู และมีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุดคือ 9.0 วัน เปรียบเทียบกับยอดชาโยเต้ในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูซึ่งมีอายุการเก็บรักษาเพียง 4.8 วัน

ถุงแอคทีฟทุกชนิดช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและทำให้กะหล่ำปลีรูปหัวใจอินทรีย์มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผลิตผลในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูและถุงพอลิโพรพิลีน ถุงแอคทีฟทุกชนิดทำให้กะหล่ำปลีรูปหัวใจอินทรีย์มีอายุการเก็บรักษานานกว่าถุงชนิดอื่น โดยถุงแอคทีฟที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนระหว่าง 10,000-12,000 cc/m^2 day สามารถทำให้กะหล่ำปลีรูปหัวใจอินทรีย์มีอายุการเก็บรักษานาน 27.8 วัน เปรียบเทียบกับผลิตผลในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูซึ่งเท่ากับ 7.8 วัน

สำหรับเบบี้ฮ่องเต้อินทรีย์ที่เก็บรักษาในถุงแอคทีฟทุกชนิดมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผลิตผลในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู และยังมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลิตผลในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู เบบี้ฮ่องเต้อินทรีย์ที่เก็บรักษาในถุงแอคทีฟที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนในช่วง 10,000-12,000 cc/m^2 day มีอายุการเก็บรักษานานกว่าผลิตผลในถุงชนิดอื่น คือมีอายุการเก็บรักษานาน 19.4 วัน เปรียบเทียบกับถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูซึ่งเบบี้ฮ่องเต้อินทรีย์มีอายุการเก็บรักษาเพียง 5.6 วัน

จากการทดลองพบว่าเบบี้แครอทอินทรีย์ที่เก็บรักษาในถุงแอคทีฟมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าถุงชนิดอื่น คือ มีการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 0.10-0.16 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับเบบี้แครอทอินทรีย์ที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูซึ่งสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 5.10 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเบบี้แครอทอินทรีย์ที่บรรจุในถุงแอคทีฟมีปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าผลิตผลในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู แต่เบบี้แครอทอินทรีย์ที่บรรจุในถุงแอคทีฟทุกชนิดมีอายุการเก็บรักษานานกว่าผลิตผลที่อยู่ในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูประมาณ 3 เท่า

ถุงแอคทีฟทุกชนิดช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผักชีไทยอินทรีย์ได้ โดยมีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 0.02-0.10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูที่ทำให้ผักชีไทยสูญเสียน้ำหนัก 3.73 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามถุงแอคทีฟไม่มีผลต่อปริมาณของวิตามินซีและคลอโรฟิลล์ แต่ถุงแอคทีฟมีอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนระหว่าง 12,000-14,000 cc/m^2 day สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ประมาณ 8 วัน เมื่อเทียบกับถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูซึ่งผลิตผลมีอายุการเก็บรักษานาน 4.2 วัน

ถุงพอลิโพรพิลีนและถุงแอคทีฟทุกชนิดช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของใบมะกรูดอินทรีย์ได้ แต่ทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู ถุงพอลิโพรพิลีนและถุงแอคทีฟไม่มีผลต่อปริมาณของวิตามินซีและคลอโรฟิลล์ของใบมะกรูดอินทรีย์ การบรรจุใบมะกรูดอินทรีย์ในถุงพอลิโพรพิลีนสามารถยืดการอายุการเก็บรักษาได้นาน

ที่สุด คือประมาณ 15 วัน เมื่อเทียบกับถุงแอคทีฟและถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูที่ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 12 และ 7 วัน ตามลำดับ

ถุงแอคทีฟไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณวิตามินซีของข่าอินทรีย์ แต่ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของข่าอินทรีย์ได้ และยืดอายุการเก็บรักษาของข่าอินทรีย์ได้ 5 วัน เมื่อเทียบกับข่าอินทรีย์ที่เก็บรักษาในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู โดยข่าอินทรีย์ที่บรรจุในถุงแอคทีฟมีอายุการเก็บรักษานาน 20.0 วัน ส่วนข่าอินทรีย์ที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูมีอายุการเก็บรักษาเพียง 15.0 วัน

ถุงแอคทีฟไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณวิตามินซีของขมิ้นอินทรีย์ แต่ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาขมิ้นอินทรีย์ได้ 2 เท่าเมื่อเทียบกับขมิ้นอินทรีย์ที่เก็บรักษาในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู ที่มีอายุการเก็บรักษานาน 24.2 วัน

วิจารณ์ผล

การบรรจุพืชผักและสมุนไพรอินทรีย์ในถุงแอคทีฟแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับผักแต่ละชนิด พบว่าสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและยืดอายุการเก็บรักษาของผักอินทรีย์ (กะหล่ำปลีรูปหัวใจ ยอดชาโยเต้ เบบี้ฮ่องเต้ เบบี้แครอท ผักชีไทย ข่า และขมิ้น) ได้ดีกว่าถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู เนื่องจากการเก็บรักษาผลิตผลไว้ในถุงแอคทีฟเป็นการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (equilibrium modified atmosphere: EMA) ซึ่งเป็นอีกกรรมวิธีหนึ่งที่สามารถปรับสัดส่วนของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุต่ำลงและมีการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเนื่องจากการหายใจของผลิตผลจนเข้าสู่สภาวะสมดุล เมื่อออกซิเจนลดต่ำลง การหายใจและการสังเคราะห์เอทิลีนจึงเกิดน้อยลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Serrano *et al.* (2006) ที่รายงานว่า การเก็บรักษาบรอคโคลี่ภายใต้สภาพ EMA โดยใช้ภาชนะบรรจุที่มีการซึมผ่านของแก๊สสูง (macro-perforated: Ma-P, micro-perforated: Mi-P, non-perforated: No-P) และฟิล์มชนิดพอลิโพรพิลีนทำให้การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าชุดควบคุมที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ฟิล์มชนิด Mi-P และ No-P ยังสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพได้ดีกว่าฟิล์มอื่น ๆ ด้วย ผักคะน้าที่บรรจุถุงพลาสติกที่มีค่าการซึมผ่านแก๊สสูงสามารถสร้าง EMA ได้โดยมีองค์ประกอบของแก๊สเป็น 11.5 เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจน และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 24-36 วัน ที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส โดยมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยมาก (อศิราและคณะ, 2549) เช่นเดียวกับการทดลองของชนิตและคณะ (2550) ที่พบว่า การเก็บรักษาในภาชนะบรรจุที่มีการซึมผ่านของแก๊สสูง (ค่าการซึมผ่านของออกซิเจน 12,000 cc/m^2 day) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและชะลออัตราการหายใจของข้าวโพดฝักอ่อนได้

ส่วนใบมะกรูดอินทรีย์ที่บรรจุในถุงพอลิโพรพิลีนที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศโดยควบคุมให้มีปริมาณออกซิเจนเริ่มต้นที่ 8 เปอร์เซ็นต์ มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดและมีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด ซึ่งการเก็บรักษาหรือบรรจุในสภาพควบคุมบรรยากาศหรือดัดแปลงบรรยากาศเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักสด ผลไม้สด รวมทั้งผักและผลไม้ห่อชิ้นได้เป็นอย่างดี เพราะช่วยลดการสูญเสียน้ำของผลิตผล นอกจากนี้ปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ลดลงและ/หรือปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นนั้นมีผลช่วยลดอัตราการหายใจและชะลอการเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ภายในเซลล์ของผลิตผล ดังนั้นการเสื่อมสภาพของผลิตผลจึงเกิดช้าลงตามไปด้วย แต่ปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพควบคุมหรือดัดแปลงบรรยากาศนั้นต้องอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับผลิตผลชนิดนั้น ๆ ด้วย เพราะถ้ามีปริมาณมากเกินไปหรือน้อยเกินไปอาจจะเป็นอันตรายต่อผลิตผลได้เช่นเดียวกัน (Brecht *et al.*, 2003) และพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนจัดเป็นพลาสติกที่มีความหนาแน่นต่ำ ทนทานต่อสารเคมีต่างๆ และลดการสูญเสียน้ำได้ดี ดังนั้นใบมะกรูดอินทรีย์ที่บรรจุในถุงพอลิโพรพิลีนจึงมีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด (Mangaraj *et al.*, 2009)

สรุป

ถุงแอคทีฟสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของพืชผักและสมุนไพรอินทรีย์ได้ดีกว่าถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู โดยเฉพาะถุงแอคทีฟที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนระหว่าง 10,000-12,000 cc/m^2 day สามารถยืดอายุการเก็บรักษากะหล่ำปลีรูปหัวใจ ยอดชาโยเต้ เบบี้ฮ่องเต้ เบบี้แครอท ข่า และขมิ้น ได้นาน 27.8, 9.0, 19.4, 32.0, 20.0 และ 54.4 วัน ตามลำดับ และถุงแอคทีฟที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนระหว่าง 12,000-14,000 cc/m^2 day สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเบบี้แครอท ผักชีไทย ข่า และขมิ้น ได้นาน 32.0, 12.0, 20.0 และ 54.2 วัน ตามลำดับ ส่วนใบมะกรูดอินทรีย์ที่บรรจุในถุงพอลิโพรพิลีนที่

ดัดแปลงสภาพบรรยากาศโดยควบคุมให้มีปริมาณออกซิเจนเริ่มต้นที่ 8 เปอร์เซ็นต์ มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดเท่ากับ 15.6 วัน

เอกสารอ้างอิง

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. การบรรจุอาหาร. สำนักพิมพ์เอส.พี.เอ็ม. การพิมพ์. กรุงเทพฯ. 389 น.

ชนิต วานิกานุกูล ศศิธร จันทนวรางกูร และวาณี ชนเห็นชอบ. 2550. ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา (5 °C และ 10 °C) ต่อคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนในภาชนะบรรจุที่มีการซึมผ่านของแก๊สสูง. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. น. 273-280.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และดนัย บุณยเกียรติ. 2548. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 236 น.

อศิรา เฟื่องฟูชาติ วรรณี ฉินศิริกุล นพดล เกิดดอนแฝก ตติยา ตรงสถิตกุล สรญา พิบูลกุลสัมฤทธิ์ เสาวภา ไชยวงศ์ และ วาณี ชนเห็นชอบ. 2549. การสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุลภายในบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตผลสดโดยอาศัยการคำนวณจากโมเดลคณิตศาสตร์อย่างง่าย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 37(5 พิเศษ) : 62-65.

Brecht, J.K., K.V. Chau, S.C. Fonseca, F.A.R. Oliveira, F.M. Silva, M.C.N. Nunes and R.J. Bender. 2003. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. Postharvest Biology and Technology 27: 87-101.

Mangaraj, S., T.K. Goswami and P.V. Mahajan. 2009. Applications of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: a review. Food Engineering Reviews 26 p.

Serrano, M., D. Martinez-Romero, F. Guillen, S. Castillo and D. Valero. 2006. Maintenance of broccoli quality and functional properties during cold storage as affected by modified atmosphere packaging. Postharvest Biology and Technology 39 : 61-68.