คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผักกาดหอมห่อที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ

Physico-chemical Quality of Crisp Head Lettuce stored in Active Packaging

ดาวรุ่ง จันทา[1,3] ดนัย บุณยเกียรติ[1,3]และพิชญา บุญประสม พูลลาภ[2,3]

Daorung Chanta[1,3] Danai Boonyakiat[1,3] and Pichaya Boonprasom Poonlarp[2,3]

Abstract

Physico-chemical quality of crisp head lettuce in active packaging and in the perforated polyethylene packaging before stored at 0 ,4 ,8 ^{o}C and room temperature(24±2^{o}C) were studied. After 2 days of storage, the results showed that the crisp head lettuce packed in active packaging had lower weight loss, appearance score, lower O_2 concentration and phenolic content than the one packed in perforated polyethylene packaging. However, the crisp head lettuce packed in active packaging had higher CO_2 concentration and longer storage life than the one packed in perforated polyethylene packaging. Packaging had no effects on L* value, chroma, hue angle, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, total soluble solids and vitamin C content. Crisp head lettuce; stored at 0 ,4 ,8 ^{o}C had lower weight loss, appearance score and total soluble solids but had higher in vitamin C content and shelf life than the ones stored at room temperature. In addition, hight O_2 concentration but lower CO_2 concentration in all types of packaging stored at 0 ,4 ,8 ^{o}C were than packaged crisp head lettuce stored at room temperature. However, storage temperature had no effects on L* value, chroma, hue angle, phenolic content, chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll.

Keywords: Physico-chemical, Crisp Head Lettuce, Active packaging

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

[2] ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

Department of Food Engineering. Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

[3] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว/ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

Postharvest Technology Research Institute/Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

รับเรื่อง : ธันวาคม 2553

Corresponding author : agxxo005@chiangmail.ac.th

บทคัดย่อ

คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟและบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรู เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0,4,8 องศาเซลเซียสและ อุณหภูมิห้อง(24±2 องศาเซลเซียส) ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา พบว่า ผักกาดหอมห่อที่บรรจุใน บรรจุภัณฑ์แอกทีฟ มีการสูญเสียน้ำหนักสด คะแนนลักษณะปรากฏ ปริมาณแก๊สออกซิเจนและปริมาณสารประกอบฟีนอลน้อยกว่าผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรู อย่างไรก็ตาม พบว่าผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และมีอายุการเก็บรักษามากกว่าผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรู และพบว่าชนิดของภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อ ค่า L* ค่า chroma ค่า hue angle ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และ ปริมาณวิตามินซี สำหรับการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อไว้ที่อุณหภูมิ 0,4,8 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนัก คะแนนลักษณะปรากฏและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยกว่าผักกาดหอมห่อที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องแต่มีปริมาณวิตามินซี และอายุการเก็บรักษามากกว่าผักกาดหอมห่อที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้ปริมาณแก๊สออกซิเจนในทุกประเภทของบรรจุภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส มีค่ามากกว่า แต่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าผักกาดหอมห่อที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง แต่อุณหภูมิที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่า L* ค่า chroma ค่า hue angle ปริมาณสารประกอบฟีนอล ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด

คำนำ

ผักกาดหอมห่อ (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.) เป็นผักที่นิยมนำมาบริโภคทั้งในรูปบริโภคสดและนำมาประกอบเป็นอาหารมีส่วนประกอบทางเคมีที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามินเอ วิตามินซี แคลเซียม และเหล็ก เป็นต้น เป็นผลิตผลที่ช้ำ หัก และเสียหายได้ง่าย ภายหลังการเก็บเกี่ยวยังคงมีกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ เช่น การหายใจ การคายความร้อน การคายน้ำ และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเกิดขึ้น ส่งผลให้คุณภาพลดลง ไม่ดึงดูดผู้บริโภค และมีอายุการวางจำหน่ายสั้นลง การเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่มีประสิทธิภาพ จะช่วยชะลอกระบวนการดังกล่าวให้เกิดช้าลง (ดนัย และนิธิยา, 2548) ซึ่งการเลือกใช้ภาชนะบรรจุแต่ละชนิดจะต้องเหมาะสมกับชนิดของผลิตผล (Akamine *et al.,* 1975) ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ เรียกว่า บรรจุภัณฑ์แอกทีฟ (active packaging) ซึ่งเป็นภาชนะบรรจุที่มีคุณสมบัติในการรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส ช่วยยืดอายุ และทำให้คุณภาพของผลิตผลคงเดิมได้นานขึ้น บรรจุภัณฑ์แอกทีฟได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่ควบคุมองค์ประกอบของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ โดยการสกัดกั้นการแพร่ของแก๊สต่างๆ ให้ผ่านเข้าออกบรรจุภัณฑ์ตามความต้องการ เพื่อให้เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตผลแต่ละชนิดให้มีคุณภาพคงเดิมอยู่ได้นาน นอกจากนั้นยังอาจมีการผสมสารเคมีบางชนิดลงไปในพลาสติกโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยดูดกลิ่นหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (งามทิพย์, 2550) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ ต่อลักษณะปรากฏ คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของผักกาดหอมห่อภายใต้สภาพอุณหภูมิต่ำเพื่อ เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำมาใช้ได้จริงทางการค้า

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุเกษตรและวิธีการทดลอง

ผักกาดหอมห่อ พันธุ์ เฟลม (Flame) เก็บเกี่ยวที่ระยะความแก่ทางการค้า จากแหล่งปลูกศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮขนส่งมาที่ห้องปฏิบัติการ นำผักกาดหอมห่อมาคัดคุณภาพให้มีความสม่ำเสมอ ไม่มีการเข้าทำลายของโรคและแมลง ตัดแต่งพร้อมจำหน่ายแล้วบรรจุ

ลงในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรู และบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ ซึ่งมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน เท่ากับ 10,000-12,000 มิลลิลิตร/ตารางเมตร/วัน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิห้อง วางแผนการทดลองแบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in CRD) มี 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ บรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรู และบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ ปัจจัยที่ 2 อุณหภูมิในการเก็บรักษา 4 ระดับ คือ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (24±2 องศาเซลเซียส) ซึ่งแต่ละวิธีการประกอบด้วย 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำ คือ ผักกาดหอมห่อ 1 หัว คุณภาพชั้นที่ 1 ; น้ำหนักระหว่าง 200-250 กรัมต่อหัว ทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีทุกวันจนหมดอายุการเก็บรักษา

การประเมินคุณภาพ

ประเมินลักษณะปรากฏโดยผู้ประเมินที่มีความเชี่ยวชาญ(trained panel) 5 คน ด้วยวิธีการให้คะแนน 1-5 โดยใช้เกณฑ์คะแนนคือ 1=ใบมีความสด 81-100 เปอร์เซ็นต์ (ใบมีสีเขียวและสด) 2= ใบมีความสด 61-80 เปอร์เซ็นต์ (ใบเริ่มเหี่ยว และเริ่มมีสีเหลืองเล็กน้อย) 3 = ใบมีความสด 41-60 เปอร์เซ็นต์ (ใบเหี่ยวและมีสีเหลือง หมดอายุการเก็บรักษา) 4 = ใบมีความสด 21-40 เปอร์เซ็นต์ (ใบเหี่ยวมาก มีสีเหลือง) 5 = ใบมีความสด 0-20 เปอร์เซ็นต์ (ใบเหี่ยวมาก มีสีเหลือง มีรอยช้ำ และเน่า) หาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด วัดปริมาณแก๊สออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุงด้วยเครื่อง Gas chromatography วัดสีด้วยเครื่อง Chromameter และวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids ; TSS) โดยใช้เครื่อง digital refractometer ปริมาณวิตามินซีโดยวิธีไทเทรชันด้วยสารละลาย 2,6- dichlorophenolindolephenol ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ (Ranganna, 1986) ปริมาณคลอโรฟิลล์โดยวิธีของ Whitham *et al*. (1971) ปริมาณสารประกอบฟีนอล โดยวิธี Folin-ciocalteu colorimetric assays (Sellappan *et.al.,* 2002) ซึ่งการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณสารประกอบฟีนอลสามารถวิเคราะห์โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (thermo spectronic)โดยบันทึกผลทุกวันจนหมดอายุการเก็บรักษา กำหนดให้ผักกาดหอมห่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเมื่อผลการประเมินลักษณะปรากฏได้ 3 คะแนน หรือมากกว่า

ผลและวิจารณ์

การสูญเสียน้ำหนัก

ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อ พบว่า ผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรูมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ คือ 1.28±0.21 และ 0.10±0.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ(ตารางที่ 1) ซึ่งการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนใหญ่เกิดจากการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลในรูปของไอน้ำ ที่มีสาเหตุสำคัญมาจากการคายน้ำและการหายใจของผลิตผล (Ben-Yehoshua *et al*., 1998;Van der Steen*et al*., 2002) Barth and Zhuang (1996) รายงานว่า การเก็บรักษา บรอคโคลีที่บรรจุในถุงพลาสติกที่ไม่เจาะรูสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการบรรจุในถุงพลาสติกที่เจาะรูเช่นเดียวกับการทดลองของ Van der Steen*et al*., (2002) ซึ่งรายงานว่าการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ และราสเบอรี่ที่บรรจุในถุงพลาสติกที่เจาะรูสูญเสียน้ำหนักมากกว่าการบรรจุในถุงพลาสติกที่ไม่เจาะรู ซึ่งการเจาะรูของถุงพอลิเอทิลีนเป็นการเพิ่มการผ่านของไอน้ำที่เกิดขึ้นจากการคายน้ำของผักกาดหอมห่อให้มากขึ้น และผักกาดหอมห่อที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ1.29±0.42 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าการสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหอมห่อที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 4 และ 8 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.35±0.16, 0.42±0.20 และ 0.71±0.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีปฏิสัมพันธ์กัน(ตารางที่1) การเก็บรักษาผักกาดหอมห่อไว้ที่อุณหภูมิต่ำมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงความดันไอน้ำภายในผักจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แต่ความดันไอน้ำของอากาศเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความดันไอน้ำไม่ได้สูงตามไปด้วย ซึ่ง

ความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างภายในผลิตผลกับภายนอกจึงเพิ่มสูงขึ้น โอกาสที่ไอน้ำจะออกจากผลิตผลสู่บรรยากาศภายนอกจึงมีมากขึ้นดังนั้นในสภาพอุณหภูมิต่ำผลิตผลจะเกิดการสูญเสียน้ำน้อยกว่าสภาพ อุณหภูมิสูง (จริงแท้, 2544) สอดคล้องกับ Boonyakiat *et al*. (1986) รายงานว่า การเก็บรักษาผักกาดหอมห่อพันธ์ King Crown ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 6-8 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนัก 1.54 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อุณหภูมิประมาณ 28 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนัก 5.6 เปอร์เซ็นต์

ลักษณะปรากฏ

ลักษณะปรากฏของผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรูและบรรจุภัณฑ์แอกทีฟในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา มีค่าคะแนนลักษณะปรากฏแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คือ 1.50±0.23 และ 1.25±0.13 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจาก ผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรูมีการสูญเสียน้ำมากกว่า ผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ และการสูญเสียน้ำทำให้รูปทรงของผักเปลี่ยนไป และเกิดการเปลี่ยนสีโดยเฉพาะสีเขียวหายไป ปรากฏสีเหลืองขึ้นแทน (สายชล, 2528; จริงแท้, 2544) Beltran D, *et al*. (2005) รายงานว่า ผักกาดหอมห่อที่บรรจุใน active modified atmosphere packaging แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 13 วัน มีลักษณะปรากฏภายนอกดีกว่า และเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าผักกาดหอมห่อชุดควบคุม และผักกาดหอมห่อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส มีคะแนนลักษณะปรากฏเท่ากับ 1.00±0.00, 1.00±0.00 และ 1.17±0.17 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าคะแนนลักษณะปรากฏของผักกาดหอมห่อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่มีค่าเท่ากับ 2.33±0.21 คะแนน ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 1) สอดคล้องกับการศึกษาของ พวงเพชร (2552) ที่รายงานว่า ปวยเหล็งที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 4 และ 8 องศาเซลเซียส มีลักษณะปรากฏดีกว่าปวยเหล็งที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเนื่องจากอุณหภูมิต่ำชะลอปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ของกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์พืช ให้ดำเนินช้าลง และชะลออัตราการหายใจ ทำให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นโดยช่วยรักษาสภาพของลักษณะปรากฏ รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการ (Lipton, 1987 ; Watkins and Ekman, 2005)

ปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง

ผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรู มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในถุงมากกว่าผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ คือ มีค่าเท่ากับ 19.45±0.01 และ 16.03±0.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และผักกาดหอมห่อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์เท่ากับ 18.41±0.41, 18.35±0.40 และ 17.90±0.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในถุงของผักกาดหอมห่อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ที่มีค่าเท่ากับ 16.30±1.06 เปอร์เซ็นต์ และตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 1)

ผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรูมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์น้อยกว่าผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ คือ มีค่าเท่ากับ 0.00±0.00 และ 1.67±0.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และผักกาดหอมห่อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ เท่ากับ 0.58±0.20, 0.58±0.20 และ 0.73±0.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ของผักกาดหอมห่อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ที่มีค่าเท่ากับ 1.45±0.49 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 1) การเก็บรักษาผลิตผลแบบ modified-atmosphere packages ส่งผลให้ปริมาณแก๊ส O_2 ภายในภาชนะบรรจุลดลงในขณะเดียวกันปริมาณแก๊ส CO_2 มีค่าเพิ่มขึ้น

(Kader, 1986) ซึ่ง Gonzalez-Aguilar *et al*. (2004) รายงานว่า การเก็บรักษาพริกหวานหั่นชิ้นแบบ modified atmosphere package ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณแก๊ส O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ลดลงอย่างต่อเนื่อง และ ปริมาณแก๊ส CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งปริมาณแก๊สในการเก็บรักษาผลิตผลภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลงนี้ ขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจ และกระบวนการต่างๆ ภายในผลิตผลซึ่งผันแปรตามอุณหภูมิ (จริงแท้, 2544) จากการทดลองของ Gong and Corey, (1994) พบว่า การเก็บรักษามะเขือเทศแบบ modified atmosphere packages เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 20 องศาเซลเซียส เป็น 28 องศาเซลเซียส มีผลเพียงเล็กน้อยต่อความเข้มข้นของแก๊ส O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์แต่เมื่อลดอุณหภูมิลงจาก 28 องศาเซลเซียส เป็น 10 องศาเซลเซียส ทำให้ความเข้มข้นของแก๊ส O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ เพิ่มสูงกว่า

สี

ผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรูและบรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา มีค่า L*,chroma และ hue angle ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่า L*,chroma และ hue angle ของผักกาดหอมห่อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0,4,8 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิห้อง ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาของค่า L* และ hue angle ไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาของค่า chroma มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 1)

ส่วนประกอบทางเคมีของผักกาดหอมห่อภายหลังการเก็บเกี่ยว

ผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรูในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา มีปริมาณสารประกอบฟีนอลมากกว่าผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ คือ มีค่าเท่ากับ 91.25±4.98 และ 79.07±3.76 µg GAE/g FW ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Jamie and Saltveit (2002) ที่รายงานว่าในสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจน 2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลในผักกาดหอมห่อหั่นชิ้นและผักกาดหอมใบเขียวลดลงประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาในสภาพปกติ สำหรับผักกาดหอมห่อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 2)

ผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรูและบรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 2.85±0.17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผักกาดหอมห่อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 4 องศาเซลเซียส ที่มีค่าเท่ากับ 1.97±0.15 และ 2.03±0.13 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา ไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 2) ผักกาดหอมห่อที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูงมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผักกาดหอมห่อ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ(สายชล,2528 Lipton,1987) ทำให้ผักกาดหอมห่อที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงกว่าผักกาดหอมห่อ ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 4 และ 8 องศาเซลเซียส เนื่องจากผักมีการคายน้ำหลังการเก็บเกี่ยว การสูญเสียน้ำมีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ทำให้มีความเข้มข้นมากขึ้น (Lertrittipong et al., 1984)

ผักกาดหอมห่อ ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรูและบรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา มีปริมาณวิตามินซี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ การ

เก็บรักษาผักกาดหอมห่อที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีปริมาณวิตามินซี เท่ากับ 6.79±0.39 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมากกว่าปริมาณวิตามินซีของผักกาดหอมห่อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4,8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ที่มีค่าเท่ากับ 5.56±0.00, 5.56±0.00 และ 4.63±0.42 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 2) เนื่องจากวิตามินซี เป็นสารอาหารที่ถูกทำลายได้ง่าย โดยเฉพาะในสภาพอุณหภูมิสูงหรือที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเยือกแข็งของผลิตผล ซึ่งจะเร่งกระบวนการออกซิเดชันของวิตามินซีให้เปลี่ยนเป็นสารอื่น (สายชล, 2528) และจากการทดลองของ Ezell and Wilcox (1959) พบว่า การเก็บรักษาผักคะน้าที่อุณหภูมิ 21 และ 10 องศาเซลเซียสมีการสูญเสียวิตามินซีสูงกว่าผักคะน้าที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส แต่ผักกาดหอมห่อที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูและบรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์บี ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์ กับอุณหภูมิ ที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 3)

อายุการเก็บรักษา

ผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรูมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ คือ 7.17±1.02 และ 11.67±1.88 วัน ตามลำดับ (ตารางที่4) เนื่องจาก Active Packaging เป็นวิธีการบรรจุที่ภาชนะบรรจุ และสภาพแวดล้อมมีปฏิสัมพันธ์กัน ซึ่งทำหน้าที่เป็นภาชนะห่อหุ้มผลิตผลสามารถปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัส ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และรักษาคุณภาพให้คงเดิมได้นานขึ้น (งามทิพย์, 2550) ซึ่ง Lopez-Galvez *et al*. (1996) รายงานว่า ในสภาพการเก็บรักษาที่มีก๊าซออกซิเจน 3 เปอร์เซ็นต์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถรักษาคุณภาพภายนอก และยืดอายุการเก็บรักษาของผักกาดหอมห่อหั่นชิ้นพร้อมปรุงได้นาน 12 วันที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และผักกาดหอมห่อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 15.00 ±1.83,12.67±1.52 และ7.17±0.60 วัน ซึ่งมากกว่าอายุการเก็บรักษาของผักกาดหอมห่อ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่เท่ากับ 2.83±0.31 วัน ตามลำดับ เมื่อประเมินจากคะแนนลักษณะปรากฏทุกวัน เพราะว่าอุณหภูมิต่ำจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลได้ยาวนานขึ้น เพราะว่าอุณหภูมิต่ำช่วยชะลอปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ของกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์พืช ให้ดำเนินช้าลง และช่วยชะลอการเสื่อมสภาพให้ช้าลง (จริงแท้, 2544 ; นิธิยาและดนัย, 2548 ; Lipton, 1987) สอดคล้องกับ Boonyakiat *et al*. (2007) ซึ่งรายงานว่า การเก็บรักษาปวยเหล็งไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ส่งผลให้ปวยเหล็งมีอายุการเก็บรักษานานกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

สรุป

1. ผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ มีการสูญเสียน้ำหนักสด ลักษณะปรากฏ ปริมาณ แก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ และปริมาณสารประกอบฟีนอลน้อยกว่าผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรู

2. ผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์และมีอายุการเก็บรักษามากกว่าผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรู

3. ชนิดของภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อ ค่า L* ค่า chroma ค่า hue angle ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และ ปริมาณวิตามินซี

4. การเก็บรักษาผักกาดหอมห่อไว้ ที่อุณหภูมิ 0,4,8 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนัก ลักษณะปรากฏปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยกว่าเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

5. การเก็บรักษาผักกาดหอมห่อไว้ ที่อุณหภูมิ 0,4,8 องศาเซลเซียส มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ ปริมาณวิตามินซี และ อายุการเก็บรักษามากกว่าผักกาดหอมห่อที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

6. อุณหภูมิที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงสี ปริมาณสารประกอบฟีนอล ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดแต่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงสี , เปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนัก,คะแนนลักษณะปรากฏและปริมาณแก๊สของผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรูและบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0,4,8 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิห้อง ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา

กรรมวิธี	สี			การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)	ลักษณะปรากฏ (คะแนน)	ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณแก๊สออกซิเจน (เปอร์เซ็นต์)
	L*	chroma	hue angle				
ปัจจัยที่ 1: ชนิดของบรรจุภัณฑ์							
บรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรู	60.81±1.27	26.29±0.73	89.68±0.00	1.28±0.21^{a}	1.50±0.23^{a}	0.00±0.00^{b}	19.45±0.01^{a}
บรรจุภัณฑ์แอกทีฟ	59.44±1.01	26.28±0.77	89.68±0.00	0.10±0.05^{b}	1.25±0.13^{b}	1.67±0.18^{a}	16.03±0.43^{b}
ปัจจัยที่ 2: อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)							
0	57.61±2.12	25.79±0.96	89.68±0.00	0.35±0.16^{b}	1.00±0.00^{b}	0.58±0.20^{b}	18.41±0.41^{a}
4	59.84±1.33	27.84±1.27	89.68±0.00	0.42±0.20^{b}	1.00±0.00^{b}	0.58±0.20^{b}	18.35±0.40^{a}
8	59.61±1.72	26.66±1.06	89.68±0.00	0.71±0.35^{b}	1.17±0.17^{b}	0.73±0.25^{b}	17.90±0.53^{a}
ห้อง	63.44±5.41	24.85±0.87	89.68±0.00	1.29±0.42^{a}	2.33±0.21^{a}	1.45±0.49^{a}	16.30±1.06^{b}
ปัจจัยที 1	ns	ns	ns	*	*	*	*
ปัจจัยที่ 2	ns	ns	ns	*	*	*	*
ปัจจัยที่ 1X2	ns	*	ns	*	ns	*	*

ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 2 ปริมาณสารประกอบฟีนอล,ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณวิตามินซี ของผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรูและบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0,4,8 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิห้อง ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา

กรรมวิธี	ปริมาณสารประกอบฟีนอล (µg GAE /g FW))	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด)
ปัจจัยที่ 1: ชนิดของบรรจุภัณฑ์			
บรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรู	91.25±4.98[a]	2.48±0.14	5.71±0.36
บรรจุภัณฑ์แอกทีฟ	79.07±3.76[b]	2.29±0.16	5.56±0.23
ปัจจัยที่ 2: อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)			
0	80.29±7.71	1.97±0.15[b]	6.79±0.39[a]
4	77.24±7.02	2.03±0.13[b]	5.56±0.00[b]
8	97.34±4.88	2.68±0.14[a]	5.56±0.00[b]
ห้อง	85.77±4.70	2.85±0.17[a]	4.63±0.42[b]
ปัจจัยที 1	*	ns	ns
ปัจจัยที่ 2	ns	*	*
ปัจจัยที่ 1X2	*	ns	ns

ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 3 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ,ปริมาณคลอโรฟิลล์บี,ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ของผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรูและบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0,4,8 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิห้อง ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา

กรรมวิธี	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด)	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด)
ปัจจัยที่ 1: ชนิดของบรรจุภัณฑ์			
บรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรู	0.006±0.001	0.004±0.001	0.011±0.001
บรรจุภัณฑ์แอกทีฟ	0.006±0.001	0.003±0.001	0.010±0.001
ปัจจัยที่ 2: อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)			
0	0.005±0.001	0.005±0.003	0.011±0.002
4	0.006±0.000	0.004±0.001	0.010±0.001
8	0.007±0.001	0.003±0.001	0.010±0.002
ห้อง	0.007±0.001	0.004±0.001	0.011±0.002
ปัจจัยที 1	ns	ns	ns
ปัจจัยที่ 2	ns	ns	ns
ปัจจัยที่ 1X2	ns	ns	ns

ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 อายุการเก็บรักษาของผักกาดหอมห่อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรูและบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0,4,8 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิห้อง

กรรมวิธี	อายุการเก็บรักษา (วัน)
ปัจจัยที่ 1: ชนิดของบรรจุภัณฑ์	
บรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรู	7.17±1.02[b]
บรรจุภัณฑ์แอกทีฟ	11.67±1.88[a]
ปัจจัยที่ 2: อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	
0	15.00 ±1.83[a]
4	12.67±1.52[b]
8	7.17±0.60[c]
ห้อง	2.83±0.31[d]
ปัจจัยที่ 1	*
ปัจจัยที่ 2	*
ปัจจัยที่ 1X2	*

ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง ปีงบประมาณ พ.ศ. 2551-2553 และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว/ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

Akamine, E.K., H. Kitagawa, H. Subramanyam and P.G. Long. 1975. Packinghouse operations. p. 267-282. *In* Er.B. Pantastico (ed.) Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical fruits and Vegetables. The AVI Publishing Company, Inc.Westport, Connecticut.

Barth, M.M. and H. Zhuang. 1996.Packaging design affects antioxidant vitamin retention and quality of broccoli florets during postharvest storage.Postharvest. Biol. Technol. 9:141-150.

Beltran D, MV, Selma A, Marin and Gil MI. 2005. Ozonated water extends the shelf life of fresh-cut lettuce. Agric Food Chem.(14):5654-63.

Ben-Yehoshua ,S.,V. Rodov, S. Fishman and J. Peretz. 1998. Modified-atmosphere packaging of fruit and vegetables: reducing condensation of water in bell peppers and mangoes.Acta Hort. 464:387-392.

Boonyakiat, D. and N. Rattanapanone. 2005. Postharvest Practices of vegetables and Fruits. Odeon Store Publishing, Bangkok. 236p. (In Thai)

Boonyakiat, D., N. Mingmuang and C. Chuamuangphan. 2007. Postharvest quality of organic vegetables grown in the highlands of Northern Thailand. Acta Horticulture.741:49-52.

Boonyakiat, D., P. Smitamana and P. Smitamana. 1986. Postharvest Handling of Highland Produce to Develop Economically Viable Crops to Replace Opium Based Agriculture. Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. 23 p.

Ezell, B.D. and M.S. Wilcox. 1959. Loss of vitamin C in fresh vegetables as related to wilting and temperature. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 7 : 507-509.

Gong, S. and Corey, K.A. 1994. Predicting steady-state oxygen concentrations in modified-atmosphere packages of tomatoes. Journal of the American Society for Horticultural Science. Volume 119, Number 3, May 1994. Pages 546-550.

Gonzalez-Aguilar , J.F., Ayala-Zavala, S. Ruiz-Cruz, E. Acedo-Felix, and M.E. Daz-Cinco. 2004. Effect of temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh-cut bell peppers. Lebensmittel-Wissenchaft und-Technologie, 37, 817–826.

Hemrattrakun, P.2009. Effects of Vacuum Cooling on Postharvest Quality of Spinach. Master of science thesis (Agriculture),Horticulture, Chiang mai University. 114 p. (In Thai)

Jamie, P. and M. E. Saltveit. 2002. Postharvest chang in broccoli and lettuce during storage in argon, helium, and nitrogen atmospheres containing 2% oxygen. Postharvest. Biol. Tech. 26:113-116.

Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technology. 40(5): 99-100.

Ketsa, S. 1985. Physiology and Postharvest Technology of Vegetables and Fresh Fruits. National Agricultural Extension and Training Center, Bangkok. 364p. (In Thai)

Lertrittipong, C.H., S. Kosiyachinda, S. Ketsa, and M. Kosittrakul. 1984. Effect of Temperature and Storage Condition on Quality of Spinach (Spinacia oleracea L.). Final Report Research on Postharvest Handling of Highland Agricutural Commodities. Highland Agriculture Project Kasetsart University, Bangkok Thailand. p. 44-57.

Lipton, W.J. 1987. Senescence of leafly vegetable. HortScience. 22 : 854-859.

Lopez-Galvez, G., M. Saltveit and M. Cantwell. 1996. The visual quality of minimally processed lettuce stored in air or controlled atmosphere with emphasis on romaine and iceberg types. Postharvest. Biol. Technol. 8:179-190.

Poovarodom, N. 2007. Food Packaging. S. P. M. Printing, Bangkok. 389 p. (In Thai)

Ranganna, S. 1986. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products. Tata McGraw-Hill Publishing Company Inc., New Delhi. 1112 p.

Sellappan, S., C.C. Akoh and G. Krewer. 2002. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50: 2432-2438.

Siriphanich, J. 2001. Physiology and Postharvest Technology of Vegetables and Fruits. Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University. 396 p. (In Thai)

Van der Steen, C., L. Jacxsens, F. Devieghere and J. Debevere. 2002. Combining high oxygen atmospheres with low oxygen modified atmosphere packaging to improve the keeping quality of strawberries and raspberries. Posthavest.Biol.Technol.26:49-58

Watkins, C.B. and J.H. Ekman. 2005. Storage Technologies : Temperature interactions and effects on quality of horticultural products. Acta Horticulturae. 682 : 1527-1533.

Whitham, F.H., D.H. Blaydes, R.M. Devin and D. Van. 1971. Experiments in Plant Physiology. Nostrand company. New York. 245 p.