ผลของบรรจุภัณฑ์แอกทีฟต่อคุณภาพของบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุง

Effects of Active Packaging on Quality of Ready to Cook Broccoli

ปิ่นอนงค์ จอมศักดิ์[1, 3] ดนัย บุณยเกียรติ[1, 3] และพิชญา บุญประสม พูลลาภ[2, 3]

Pinanong Jomsak[1, 3] Danai Boonyakiat[1, 3] and Pichaya Boonprasom Poonlarp[2, 3]

Abstract

The 200, 400 and 600 g of ready to cook broccoli were packed in perforated polyethylene and active packaging prior storage at 4ºC were studied. The results showed that after 4 days of storage, ready to cook broccoli packed in active packaging had lower weight loss, total soluble phenolics, O_2 concentration and total soluble solids but higher in CO_2 concentration and total microbial count than that of broccoli packed in perforated polyethylene bag. Moreover, ready to cook broccoli with active packaging and perforated polyethylene packaging had no significantly difference in antioxidant activity, vitamin C content, chlorophyll content, carotenoid content and floret appearance. Two hundred grams of ready to cook broccoli packaging had higher weight loss and O_2 concentration while lower CO_2 concentration than ones packed with 400 and 600 g. In addition, there was no significant different in total soluble solids, vitamin C content, chlorophyll content, carotenoid content and floret appearance between ready to cook broccoli from different amounts of packaging. Ready to cook broccoli packed in active packaging had longer storage life than the one packed in perforated polyethylene.

Keywords: Active packaging, Broccoli, Ready to cook

[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/ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 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

ผลการศึกษาบรรจุภัณฑ์แอกทีฟต่อคุณภาพของบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุง โดยบรรจุบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูและบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ น้ำหนัก 200, 400 และ 600 กรัม เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน บรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟมีการสูญเสียน้ำหนักสด ปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ละลายได้ ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในถุงและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยกว่าบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู แต่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุงและปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงกว่าบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู นอกจากนั้นการบรรจุบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟและถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูมีกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณแคโรทีนอยด์ และการเปลี่ยนสีช่อดอกของบรอกโคลีไม่แตกต่างกัน บรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุน้ำหนัก 200 กรัม มีการสูญเสียน้ำหนักสด และปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในถุงสูง ขณะที่มีการสูญเสียปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุน้ำหนักปริมาตร 400 และ 600 กรัม นอกจากนี้การบรรจุบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงมีปริมาตรน้ำหนักแตกต่างกัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณแคโรทีนอยด์ และสีช่อดอกของบรอกโคลีไม่แตกต่างกัน บรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟมีอายุการเก็บรักษานานกว่าบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู

คำนำ

บรอกโคลีเป็นผักชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการบริโภคมาก เป็นผักที่มีสารอาหารสูง ประกอบด้วย กลูโคซิโนเลต ฟลาโวนอยด์ วิตามินและสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง (Nestle, 1998; Plumb *et al*., 1996) ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมามีความต้องการผักและผลไม้หั่นชิ้นพร้อมปรุงเพิ่มขึ้นทั่วโลก ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการใช้ชีวิตที่เปลี่ยนไปส่งผลให้ในปัจจุบัน มีการวางจำหน่ายบรอกโคลีในรูปหั่นชิ้นพร้อมปรุงพร้อมบริโภคเพิ่มขึ้น (Izumi *et al*., 1996; Baldwin *et al*., 1995) บรอกโคลีเป็นผักที่สูญเสียได้ง่าย และมีอายุการเก็บรักษาสั้น ทั้งนี้ เพราะบรอกโคลีเป็นผักที่มีกระบวนการเมแทบอลิซึมสูง คือ มีอัตราการหายใจสูง อ่อนแอต่อการตอบสนองเอทิลีน อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ สูญเสียน้ำออกจากเซลล์มาก และมีการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (Kader, 1986; Toivonen and Sweeney, 1998) การใช้ภาชนะบรรจุที่มีประสิทธิภาพ จะช่วยลดกระบวนการหายใจ การคายความร้อน การคายน้ำ และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาต่างๆ ให้เกิดช้าลง เมื่อนำผลิตผลที่มีคุณภาพสูงบรรจุใส่ในภาชนะจะช่วยรักษาคุณภาพที่ดีของผลิตผลให้คงอยู่ได้นานขึ้น ถึงแม้ว่าภาชนะบรรจุไม่ได้ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตผลให้ดีขึ้นก็ตาม (ดนัย และนิธิยา, 2548) ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ สำหรับบรรจุผลิตผลทางการเกษตรและยา เรียกว่า active packaging เป็นวิธีการบรรจุที่ภาชนะบรรจุ และสภาพแวดล้อมมีปฏิสัมพันธ์กัน ซึ่งทำหน้าที่เป็นภาชนะห่อหุ้มผลิตผล เพิ่มความปลอดภัย หรือปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัส ควบคุมองค์ประกอบของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ โดยการสกัดกั้นการแพร่ของแก๊สต่างๆ ให้ผ่านเข้าออกบรรจุภัณฑ์ตามความต้องการ เพื่อให้เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตผลชนิดต่างๆ มีการผสมสารเคมีบางชนิดลงไปในพลาสติกทำหน้าที่ดูดกลิ่นหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และช่วยยืดอายุและรักษาคุณภาพให้คงเดิมได้นานขึ้น เป็นต้น (งามทิพย์, 2550) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับผลของบรรจุภัณฑ์แอกทีฟต่อคุณภาพ และการยืดอายุการเก็บรักษาของบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับศึกษาต่อและพัฒนาไปสู่การนำไปใช้ในทางการค้าต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

บรอกโคลี (*Brassica oleracea* var. *Italica*) เก็บเกี่ยวในระยะความแก่ทางการค้า จากแหล่งปลูกศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนแปะ จังหวัดเชียงใหม่ ส่งมาที่ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นำบรอกโคลีมาหั่นชิ้นพร้อมปรุงให้มีขนาด 2x5 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 2 นาที เพื่อทำความสะอาดและลดเชื้อจุลินทรีย์ แล้วทำให้สะเด็ดน้ำ บรรจุถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู น้ำหนัก 200, 400 และ 600 กรัม เปรียบเทียบกับบรอกโคลีที่บรรจุลงบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ นำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

วางแผนการทดลองแบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in CRD) มี 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 ชนิดของถุง (บรรจุภัณฑ์) คือ บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู และ บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ(อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน 10,000-12,000 มิลลิลิตร/ตารางเมตร/วัน) ปัจจัยที่ 2 น้ำหนักที่บรรจุบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุง คือ 200, 400 และ 600 กรัม แต่ละกรรมวิธีมี 4 ซ้ำ

การประเมินคุณภาพทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมี

ประเมินลักษณะปรากฏ โดยผู้ประเมินที่มีความเชี่ยวชาญ (trained palnel) จำนวน 5 คน ด้วยวิธีการให้คะแนน 1–5 โดยใช้เกณฑ์คะแนน คือ 1 = ช่อดอกสดและมีสีเขียว 2 = ช่อดอกเริ่มเหี่ยวหรือมีสีเหลืองเกิดขึ้นเล็กน้อย 3 = ช่อดอกเหี่ยวประมาณ 50% หรือสีเปลี่ยนเป็นสีเหลือง 50% (หมดอายุการวางจำหน่าย) 4 = ช่อดอกเหี่ยวประมาณ 75% หรือสีเปลี่ยนเป็นสีเหลือง 75% 5 = ช่อดอกเหี่ยว 100% หรือสีเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั้งหมด และกำหนดให้บรอกโคลีหมดอายุการเก็บรักษาเมื่อมีคะแนนลักษณะปรากฏเท่ากับ 3 หรือมากกว่า วัดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด โดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง การเปลี่ยนสีช่อดอก โดยใช้เครื่อง Chroma meter (รุ่น CR-300) วิเคราะห์ปริมาณแก๊สออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยเครื่อง gas chromatography (รุ่น GC-8A, Zhimadzu, Japan) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยวิธีของ Kiss (1984) วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids; TSS) โดยใช้เครื่อง digital refractometer (รุ่น PR-101) วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี โดยวิธีไทเทรชันด้วยสารละลาย 2,6-dichlorophenol-indolephenol ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ (Ranganna, 1986) วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ (Whitham *et al,* 1971) วัดปริมาณแคโรทีนอยด์ (Pawelzik, 2006) ปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ละลายน้ำได้ (Sellappan *et al*, 2002) กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH assay ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีของ Manthey (2004)

ผลและวิจารณ์

การสูญเสียน้ำหนัก

บรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุง ที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 3.15±0.46 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ ที่มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.17±0.01 เปอร์เซ็นต์ การบรรจุบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงน้ำหนัก 200 กรัม เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน พบว่า มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 2.47±1.06 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุ 400 และ 600 กรัม ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 1.28±0.52 และ 1.22±0.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 1) การเก็บรักษาบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงไว้นานขึ้น พบว่า บรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้น และอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุกับปริมาณน้ำหนักที่บรรจุมีปฏิสัมพันธ์กัน การเก็บรักษาผลิตผลไว้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงต้องคำนึงถึงปริมาณผลิตผลในภาชนะบรรจุ ในปริมาตรที่เท่ากันถ้ามีผลิตผลบรรจุอยู่มากย่อมใช้แก๊สออกซิเจนหมดไปอย่างรวดเร็วและมีการสะสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้นได้เร็วกว่าการบรรจุผลิตผลในปริมาณน้อย (จริงแท้,

2544) เนื่องจากผลิตผลพืชสวนภายหลังการเก็บเกี่ยวยังมีชีวิต และยังมีกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ เกิดขึ้น รวมถึงการคายน้ำ ซึ่งการเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่มีประสิทธิภาพ จะช่วยชะลอการเกิดกระบวนการต่างๆ และลดการสูญเสียน้ำของผลิตผลได้ (ดนัย และนิธิยา, 2548) การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำโดยการจำกัดการแพร่ของไอน้ำภายในฟิล์มพลาสติกและทำให้ภายในภาชนะบรรจุมีความชื้นสัมพัทธ์สูง (Serrano *et al.,* 2006)

ปริมาณแก๊สออกซิเจนและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง

บรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุง ที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูมีปริมาณแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 19.73±0.02 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ ที่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในถุงเพียง 3.07±0.71 เปอร์เซ็นต์ แต่บรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 0.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 8.35±1.19 เปอร์เซ็นต์ การบรรจุบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงน้ำหนัก 200 กรัม มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในถุงมากที่สุด คือ 12.72±3.12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในถุงของบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุน้ำหนักปริมาตร 400 และ 600 กรัม มีปริมาณแก๊สออกซิเจน เท่ากับ 11.06±3.80 และ 10.41±4.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และปริมาณน้ำหนักที่บรรจุมีปฏิสัมพันธ์กัน ส่วนปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุงของบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุน้ำหนักปริมาตร 200 กรัม มีค่าน้อยที่สุด คือ 2.32±1.06 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุงของบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุน้ำหนักปริมาตร 400 และ 600 กรัม มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 3.89±1.76 และ 6.31±2.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และปริมาณน้ำหนักที่บรรจุมีปฏิสัมพันธ์กัน (ตาราง 1) เนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุกับปริมาณน้ำหนัก ที่บรรจุมีปฏิสัมพันธ์กัน ซึ่งถ้ามีผลิตผลบรรจุอยู่มากย่อมใช้แก๊สออกซิเจนหมดไปอย่างรวดเร็ว และมีการสะสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้น เร็วกว่าการบรรจุผลิตผลในปริมาณน้อย (จริงแท้, 2544) การเก็บรักษาผลิตผลไว้ในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ ส่งผลให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุลดลง เพราะถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ ในขณะเดียวกันปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุ ที่ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของกระบวนการหายใจมีค่าเพิ่มขึ้น (Kader, 1986) การหายใจเป็นกระบวนการที่พลังงาน ซึ่งอยู่ในรูปอาหารสะสมถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของพลังงานที่สามารถนำไปใช้ได้ทันที โดยผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาแล้ว จะมีอาหารสะสมอยู่อย่างจำกัดไม่สามารถสร้างขึ้นมาใหม่ได้ ดังนั้นอายุการเก็บรักษาของผลิตผล รวมทั้งคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวจะขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจเป็นสำคัญ (จริงแท้, 2544) การเก็บรักษาผลิตผลในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำ (1–5%) และคาร์บอนไดออกไซด์สูง (5–10%) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลหั่นชิ้นพร้อมปรุง พร้อมบริโภคโดยลดอัตราการหายใจ การสังเคราะห์เอทิลีนและการคายน้ำ (Gorny *et al*., 2002)

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

บรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุง ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น จากวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา โดยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีน และบรรจุภัณฑ์แอกทีฟซึ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2.02±0.11 และ 2.35±0.08 $\log_{10}$จำนวนโคโลนี/กรัมน้ำหนักสด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำ โดยการจำกัดการแพร่ของไอน้ำภายในฟิล์มพลาสติกและทำให้ภายในภาชนะบรรจุมีความชื้นสัมพัทธ์สูง (Serrano *et al.,* 2006) การบรรจุบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

สูง เนื่องจากลักษณะการบรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟเป็นระบบปิดทำให้มีความชื้นภายในถุงสูงซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (งามทิพย์, 2550) นอกจากนี้ ผลการทดลองยังพบว่าการบรรจุบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงน้ำหนัก 400 และ 600 กรัม มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2.11±0.14 และ 1.99±0.10 $\log_{10}$ จำนวนโคโลนี/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ มีค่าน้อยกว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุน้ำหนักปริมาตร 200 กรัม คือ 2.45±0.08 $\log_{10}$ จำนวนโคโลนี/กรัมน้ำหนักสด (ตาราง 3) การบรรจุบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงในปริมาณน้อยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูง เนื่องจากแก๊สออกซิเจนเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์บางสายพันธุ์ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต การควบคุมปริมาณออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (งามทิพย์, 2550) การเก็บรักษาผลิตผลในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำ (1–5%) และคาร์บอนไดออกไซด์สูง (5–10%) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลหั่นชิ้นพร้อมปรุง พร้อมบริโภคโดยการลดอัตราการหายใจ การสังเคราะห์เอทิลีนและการคายน้ำ (Gorny *et al*., 2002) ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Al-Ati and Hotchkiss, 2002) และชะลอการเสื่อมสภาพของผลิตผลในระหว่างการเก็บรักษา (Hotchkiss and Banco, 1992) ซึ่ง Berrang *et al.* (1990) รายงานว่า การเก็บรักษาบรอกโคลีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในสภาพที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้

ส่วนประกอบทางเคมี

เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน พบว่า บรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุง ที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 569.37±18.45 µg GAE/g FW ซึ่งมากกว่าบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 526.06±15.43 µg GAE/g FW การบรรจุบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงน้ำหนัก 600 กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 575.16±25.93 µg GAE/g FW ซึ่งมีค่ามากกว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ละลายน้ำได้ ของบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุน้ำหนักปริมาตร 400 กรัม คือ 510.75±14.81 µg GAE/g FW (ตาราง 1) จากการศึกษาของ Breitfellner *et al.* (2002) รายงานว่า การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอล เช่น gallic acid, 4-hydroxybenzoic acid, cinnamic acid, p-coumaric acid และ caffeic acid ด้วยสารละลายที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบมีผลต่อการสลายตัวและการเกิด hydroxylation ของสารประกอบฟีนอลได้ ซึ่งผลิตผลที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ อาจมีผลต่อการสังเคราะห์หรือสลายตัวของสารประกอบฟีนอล การบรรจุในสภาพที่มีออกซิเจนสูง มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอลในระหว่างเก็บรักษา เนื่องจากออกซิเจนเป็นสารตั้งต้น ในกระบวนการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล การกำจัดเอาออกซิเจนออกไป เมื่อเอนไซม์ PPO ขาดออกซิเจน ปฏิกิริยาการออกซิไดส์สารประกอบฟีนอลก็เกิดขึ้นไม่ได้ (จริงแท้, 2550) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amanatidou *et al*. (2000) รายงานว่า การเก็บรักษาแครอทหั่นชิ้นพร้อมปรุงในสภาพที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูง มีผลต่อการลดลงของสารประกอบฟีนอล เมื่อเปรียบเทียบกับเก็บไว้ในสภาพปกติ นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่า บรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุน้ำหนักปริมาตร 600 กรัม มีกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 42.05±1.59 µg GAE/g FW ซึ่งมากกว่าบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุน้ำหนักปริมาตร 200 และ 400 กรัม คือมีค่าเท่ากับ 37.14±1.36 และ 36.71±0.91 µg GAE/g FW ตามลำดับ (ตาราง 2)

บรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุง ที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 7.97±0.28 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุง ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ คือมีค่าเท่ากับ 7.17±0.12 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 2) การที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนมีปริมาณสูงกว่าบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ อาจเป็นเพราะบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนสูญเสียน้ำเท่ากับ 3.15±0.46 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าบรอกโคลีหั่น

ชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟที่มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.17±0.01 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 1) จึงส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีความเข้มข้นมากขึ้น และจากการทดลองพบว่า ชนิดบรรจุภัณฑ์และน้ำหนักที่บรรจุ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี ปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณแคโรทีนอยด์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Rai *et al.* (2008) รายงานว่า การบรรจุบรอกโคลีใน perforated polymeric film ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณวิตามินซี เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ Lu (2005) รายงานว่า การบรรจุฮ่องเต้หั่นชิ้นพร้อมปรุงพร้อมบริโภคบรรจุในสภาพบรรยากาศดัดแปลงมีปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ 5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าฮ่องเต้ที่บรรจุในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักกาดฮ่องเต้ สอดคล้องกับ Hussein *et al.* (2000) ซึ่งรายงานว่า การเก็บรักษาบรอกโคลีและพริกหวานหั่นชิ้นพร้อมบริโภค โดยบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนและไม่บรรจุ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ของบรอกโคลีและพริกหวาน

ลักษณะปรากฏ สีช่อดอก

บรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุง ที่บรรจุถุงพอลิเอทิลีนเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน มีคะแนนลักษณะปรากฏ เท่ากับ 1.73±0.59 คะแนน มากกว่าคะแนนลักษณะปรากฏของบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟซึ่งมีค่าเท่ากับ1.07±2.58 คะแนน นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่าการบรรจุบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงน้ำหนัก 200 กรัม มีคะแนนลักษณะปรากฏเท่ากับ 1.70±0.42 คะแนน มีค่ามากกว่าคะแนนลักษณะปรากฏของบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุง ที่บรรจุน้ำหนัก 600 กรัม คือ 1.20±0.42 คะแนน ตามลำดับ บรรจุภัณฑ์และน้ำหนักของบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L*, chroma และ hue angle ของช่อดอก (ตาราง 3) การเก็บรักษาบรอกโคลีในถุงทั้งสองชนิดสามารถชะลอการเปลี่ยนสีและลักษณะปรากฏของบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุง ซึ่งสอดคล้องกับ Izumi *et al.* (1996) ซึ่งรายงานว่า การเก็บรักษาบรอกโคลีภายใต้สภาพดัดแปลงบรรยากาศ คือ บรรจุถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูและไม่เจาะรู แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาบรอกโคลีได้ โดยบรอกโคลีที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนไม่เจาะรูมีลักษณะปรากฏดีกว่าและสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานกว่า เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ไม่พบการเปลี่ยนแปลงสีช่อดอกของบรอกโคลี (Serrano *et al*., 2006)

อายุการเก็บรักษา

บรอกโคลีที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนและบรรจุภัณฑ์แอกทีฟทั้ง 200, 400 และ 600 กรัม หมดอายุการเก็บรักษาภายในวันที่ 6 ถึง 8 ของการเก็บรักษาตามลำดับ เมื่อประเมินจากคะแนนการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกทุกวัน และได้ผลการประเมินมากกว่า 3 คะแนน ซึ่งบรอกโคลีที่บรรจุในถุงพอลิเอทธิลีนมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าบรอกโคลีที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟอาจเป็นผลมาจากบรอกโคลีที่บรรจุในถุงพอลิเอทธิลีนมีการสูญเสียน้ำมากกว่า

สรุป

1.บรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟมีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อย มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในถุงต่ำ แต่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงกว่าบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู

2. การบรรจุบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอล ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณแคโรทีนอยด์ ของบรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุง

3. บรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุน้ำหนัก 200 กรัม มีการสูญเสียน้ำหนักสด และปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในถุงสูง แต่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่า

บรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุน้ำหนักปริมาตร 400 และ 600 กรัม

4. บรอกโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟมีลักษณะปรากฏดีกว่า และมีอายุการเก็บรักษานานกว่าบรอกโคลีที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู

ตาราง 1 ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในถุง ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง การสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณสารประกอบฟีนอลของบรอคโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูและบรรจุภัณฑ์แอกทีฟเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 4 วัน

กรรมวิธี	ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในถุง (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง(เปอร์เซ็นต์)	การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณสารประกอบฟีนอล (μg GAE/g FW)
ปัจจัยที่ 1 ชนิดบรรจุภัณฑ์				
ถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู	19.73±0.02^{a}	0.00±0.00^{b}	3.15±0.46^{a}	569.37±18.45^{a}
บรรจุภัณฑ์แอกทีฟ	3.07±0.71^{b}	8.35±1.19^{a}	0.17±0.01^{b}	526.06±15.43^{b}
ปัจจัยที่ 2 น้ำหนักที่บรรจุ				
200 กรัม	12.72±3.12^{a}	2.32±1.06^{c}	2.47±1.06^{a}	557.24±15.43^{ab}
400 กรัม	11.06±3.8^{b}	3.89±1.76^{b}	1.28±0.52^{b}	510.75±14.81^{b}
600 กรัม	10.41±4.19^{c}	6.31±2.83^{a}	1.22±0.49^{b}	575.16±25.93^{a}
ปัจจัยที่ 1	*	*	*	*
ปัจจัยที่ 2	*	*	*	*
ปัจจัยที่ 1x2	*	*	*	*

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 2 กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณแคโรทีนอยด์ ของบรอคโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูและบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 4 วัน

กรรมวิธี	กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ (µg GAE/g FW)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด)	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด)
ปัจจัยที่ 1 ชนิดบรรจุภัณฑ์					
ถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู	39.56±1.47	7.97±0.28[a]	76.46±5.47	0.095±0.005	2.85±0.16
บรรจุภัณฑ์แอกทีฟ	37.71±0.82	7.17±0.12[b]	73.13±4.16	0.099±0.003	2.72±0.15
ปัจจัยที่ 2 น้ำหนักที่บรรจุ					
200 กรัม	37.14±1.36[b]	7.92±0.41	74.38±6.88	0.103±0.003	2.65±0.21
400 กรัม	36.71±0.91[b]	7.52±0.21	81.56±4.88	0.091±0.005	2.85±0.17
600 กรัม	42.05±1.59[a]	7.27±0.26	68.44±5.80	0.096±0.004	2.86±0.20
ปัจจัยที่ 1	ns	*	ns	ns	ns
ปัจจัยที่ 2	*	ns	ns	ns	ns
ปัจจัยที่ 1x2	*	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 3 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ลักษณะปรากฏ L* chroma และ hue angle ของบรอคโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูและบรรจุภัณฑ์แอกทีฟเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 4 วัน

กรรมวิธี	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g)	ลักษณะปรากฏ (คะแนน)	L*	chroma	hue angle (°)
ปัจจัยที่ 1 ชนิดบรรจุภัณฑ์					
ถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู	2.02±0.11[b]	1.73±0.59[a]	33.40±0.53	11.31±0.79	89.68±0.00
บรรจุภัณฑ์แอกทีฟ	2.35±0.08[a]	1.07±2.58[b]	33.46±0.49	11.96±0.81	89.68±0.00
ปัจจัยที่ 2 น้ำหนักที่บรรจุ					
200 กรัม	2.45±0.08[a]	1.70±0.42[a]	33.24±0.68	11.59±0.92	89.68±0.00
400 กรัม	2.11±0.14[b]	1.30±0.48[ab]	34.27±0.58	12.03±0.85	89.68±0.00
600 กรัม	1.99±0.10[b]	1.20±0.42[b]	32.79±0.58	11.29±1.16	89.68±0.00
ปัจจัยที่ 1	*	*	ns	ns	ns
ปัจจัยที่ 2	*	*	ns	ns	ns
ปัจจัยที่ 1x2	ns	ns	*	ns	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 4 อายุการเก็บรักษาของบรอคโคลีหั่นชิ้นพร้อมปรุงที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูและบรรจุภัณฑ์แอกทีฟเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

กรรมวิธี	อายุการเก็บรักษา (วัน)
ปัจจัยที่ 1 ชนิดบรรจุภัณฑ์	
ถุงพอลิเอทิลีนเจาะรู	5.6±0.26[b]
บรรจุภัณฑ์แอกทีฟ	7.6±0.26[a]
ปัจจัยที่ 2 น้ำหนักที่บรรจุ	
200 กรัม	6.1±0.53[b]
400 กรัม	7.6±0.37[a]
600 กรัม	6.1±0.23[b]
ปัจจัยที่ 1	*
ปัจจัยที่ 2	*
ปัจจัยที่ 1x2	*

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง ปีงบประมาณ พ.ศ. 2551-2553 และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว/ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

Al-Ati, T. and J. H. Hotchkiss. 2002. Application of packaging and modified atmosphere to fresh-cut fruits. In: Lamikanra, O. (Ed.), Fresh-cut Fruits and Vegetables: Science, Technology, and Market. CRC Press, Florida. p. 305–338.

Amanatidou, A., R. A. Slump, L. G. M. Gorris and E. J. Smid. 2000. High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of ready to cook carrots. Journal of Food Science, 65, 61–66.

Baldwin, E. A., M. O. Nisperos-Carriedo and R. A. Baker. 1995. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. Food Science. Nutrition. 35: 509–524.

Berrang, M. E., R. E. Brackett and L. R. Beuchat. 1990. Microbial, color and textural qualities of fresh asparagus, broccoli, and cauliflower stored under controlled atmosphere. Journal of Food Protect. 53: 391-395.

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

Breitfellner, R., S. Solar and G. Sontag. 2002. Effect of gamma irradiation on phenolic acids in strawberries. Journal of Food Science. 67: 517–521.

Gorny, J. R., B. Hess-Pierce, R. A. Cifuente and A. A. Kader. 2002. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. Postharvest Biology and Technology. 2 4 : 271–278.

Hotchkiss, J. H. and M. J. Banco. 1992. Influence of new packaging technologies on the growth of microorganisms in produce. Journal of Food Protect. 55: 815-820.

Hussein, A., J. A. Odumeru, T. Ayanbadejo, H. Faulkner, W. B. McNab, H. Hager and L. Szijart0. 2000. Effects of processing and packaging on vitamin C and b-carotene content of ready-to-use (RTU) vegetables. Food Research International. 33: 131-136.

Izumi, H., A. E. Watada and W. Douglas. 1996. Optimum O_2 or CO_2 atmospheres for storing broccoli florets at various temperatures. Journal of the American Society for Horticultural Science. 121: 127–131.

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.

Kiss, I. 1984. Testing Method in Food Microbiology. Elsevier Science. Amsterdam. 447 p.

Lu, S. 2005. Effect of packaging on shelf-life of ready to cook Bok Choy (*Brassica chinensis* L.). People's Republic of China.

Manthey, J. A. 2004. Fractionation of orange peel phenols in ultrafiltered molasses and mass balance studies of their antioxidant levels. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 52: 7586-7592.

Nestle, M. 1998. Broccoli sprouts in cancer prevention. Nutrition Reviews, 56,127–130.

Pawelzik, E. 2006. Workshop on the Nutritional Quality and Phytochemicals of Tropical and Subtropical Fruits. Postharvest Technology Institute, Chiang Mai University. Chiang Mai.

Plumb, G. W., N. Lambert, S. J. Chambers, S. Wanigatunga, R. K. Heaney, and J. A. Plumb. 1996. Are whole extracts and purified glucosinolates from cruciferous vegetables antioxidants? Free Radical Research, 25(1): 75–86.

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

Rai, D. R., S. K. Tyagi, S. N., Jhaand and S. Mohan. 2008. Qualitative changes in the broccoli under modified atmosphere packaging in perforated polymeric film. Journal of Food Science and Technology – Mysore. 45(3): 247-250.

Ranganna, S. 1986. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products. 2nd ed. TataMcGraw-Hill Publishing Company Limited. 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.

Serrano, M., D. Martinez-Romero, F. Guillén, 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.

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

Siriphanich, J. 2007. Postharvest Biology and Plant Senescence. National Agricultural Extension and Training Center, Kamphaeng Saen, Kasetsart University. 453 p. (In Thai)

Toivonen, P. M. A., and M. Sweeney. 1998. Differences in chlorophyll loss at 13 ˚C for two broccoli (*Brassica oleracea* L.) cultivars associated with antioxidant enzyme activities. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 46: 20–24.

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