Agricultural Sci. J. 42 : 3 (Suppl.) : 629-632 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 3 (พิเศษ) : 629-632 (2554)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของบร็อคโคลี่ตัดแต่งที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปรแบบสมดุล อันเป็นผลมาจากฟิล์มบรรจุภัณฑ์

Changes in physic-chemical properties of fresh-cut broccoli stored under equilibrium modified atmosphere, related to packaging film

รุ่งอรุณ สาสนทาญาติ[1]
Rungarun Sasanatayart[1]

Abstract

Modified atmosphere packaging (MAP) technology has been used widely in maintaining freshness of vegetables as it limits the respiration rate and therefore, maintaining the quality and extending the shelf-life. This study investigated quality changes of fresh-cut broccoli packaged and stored in three types of plastic film that were (1) Polypropylene film with oxygen transmission rate (OTR) of 5000 ml /m^2.day (PP 5000) (2) Polypropylene film with OTR 6000 ml /m^2.day (PP 6000) and (3) Macro-perforated polyethylene film (control). Samples were stored at 5±1 ^{o}C for 5 days and were then taken every day for analysis. Equilibrium gas composition of 10-12% O_2 and 6-8% CO_2 in PP5000 bag and 12-14% O_2 and 5-6% CO_2 in PP6000 bag were reached on day 1 and day 2, respectively. During storage, chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophylls slightly decreased and this was consistent with the reduction of hue angles. The effect was more pronounced in control samples packed under atmospheric air than those packed under modified atmosphere. However, no significant changes in level of total phenol compounds and DPPH- or ABTS-radical scavenging activity were found in all samples during storage.

Keywords: fresh-cut broccoli, modified atmosphere, chlorophyll, antioxidant activity

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีการบรรจุภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปรได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในผักสดตัดแต่งเนื่องจากช่วยลดอัตราการหายใจ รักษาคุณภาพ และยืดอายุการวางจำหน่าย งานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบร็อคโคลี่ตัดแต่งที่บรรจุและเก็บรักษาในถุงพลาสติกสามชนิด ได้แก่ (1) ถุงพอลีพรอพีลีนที่มีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจน 5000 ml /m^2.day (PP 5000) (2) ถุงพอลีพรอพีลีนที่มีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจน 6000 ml /m^2.day (PP 6000) และ (3) ถุงพอลีเอทิลีนเจาะรู (ตัวอย่างควบคุม) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน และสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพทุกวัน พบว่าภายในถุง PP5000 และ PP6000 มีออกซิเจนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 10-12 และ 12-14 และมีคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงเหลือร้อยละ 6-8 และ 5-6 โดยบรรยากาศเข้าสู่จุดสมดุลในวันที่ 1 และ 2 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ ในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในบร็อคโคลี่ลดลงสอดคล้องกับการลดลงของค่า hue angle โดยตัวอย่างควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าตัวอย่างที่บรรจุภายใต้บรรยากาศดัดแปร อย่างไรก็ตามไม่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ของปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและกิจกรรมการต้านออกซิเดชันที่วัดโดยสองวิธีคือ DPPH และ ABTS-radical scavenging activity ในทุกตัวอย่างตลอดการเก็บรักษา

คำสำคัญ: บร็อคโคลี่ตัดแต่ง สภาพบรรยากาศดัดแปร คลอโรฟิลล์ กิจกรรมการต้านออกซิเดชัน

คำนำ

การบรรจุผักสดตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ดัดแปรสภาพบรรยากาศ (Modified atmosphere packaging, MAP) โดยปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ให้มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่า 0.03% และลดปริมาณออกซิเจนให้น้อยกว่า 21% ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เป็นวิธีที่สามารถยับยั้งหรือชะลอกระบวนการหายใจตามธรรมชาติของพืชผักยับยั้งการสร้างเอทิลีน และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในระหว่างการเก็บรักษาได้ (Jacxsens และคณะ, 1999) ลักษณะการเสื่อมสภาพของบร็อคโคลี่ *(Brassica oleraceae)* ภายหลังการตัดแต่ง ได้แก่ การสูญเสียน้ำที่ผิว การสลายตัวของ

[1] สาขาเทคโนโลยีการจัดการผลิตผลเกษตรและการบรรจุ สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย 57100
[1] Program of Technology Management of Agricultural Produce and Packaging, School of Agro-industry, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100

คลอโรฟิลล์ที่ทำให้ผักเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะปริมาณวิตามินซี น้ำตาลบางชนิด และการสลายตัวของโปรตีนซึ่งส่งผลให้ปริมาณกรดแอมิโนบางชนิดเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (Zhuangและคณะ, 1997) งานวิจัยที่มีมาก่อนหน้านี้โดย Barthและคณะ (1992) รายงานว่าการเก็บรักษาบร็อคโคลี่ตัดแต่งในสภาพบรรยากาศที่มีออกซิเจนต่ำ 1-2% และคาร์บอนไดออกไซด์สูง 5-10% สามารถชะลอการเสื่อมสภาพ ได้แก่ การเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและการนิ่มเหี่ยวในระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามที่ภาวะออกซิเจนต่ำ 0.5-2% และคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกิน 10% ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของอุณหภูมิที่เก็บรักษา อาจทำให้เกิดกลิ่นเหม็นซึ่งเกิดจากสารประกอบกลุ่มซัลเฟอร์ที่ระเหยได้ และทำให้อายุการเก็บรักษาของบร็อคโคลี่สั้นลงได้ (Forneyและ Rij, 1991) งานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนสี ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลและกิจกรรมการต้านออกซิเดชันของบร็อคโคลี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุและเก็บรักษาในฟิล์มพลาสติกที่มีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาในบรรยากาศปกติ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำบร็อคโคลี่ที่เก็บเกี่ยวใหม่จากแหล่งปลูก อ. แม่จัน จ. เชียงราย มาตัดแต่งให้มีขนาด 10-15 กรัมต่อชิ้น ล้างในน้ำผสมคลอรีน 150-200 ppm ปั่นเหวี่ยงให้สะเด็ดน้ำด้วยเครื่อง centrifuge ด้วยอัตราเร็วรอบประมาณ 200 รอบต่อนาที และนำมาบรรจุในฟิล์มพลาสติก 3 ชนิด ได้แก่ (1) ถุงพอลีเอทิลีนเจาะรู (ตัวอย่างควบคุม) (2) ถุงพอลีโพรพีลีน PP 5000 ความหนา 48 ไมครอน มีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจน 5000 ml/m^2.day และอัตราการซึมผ่านของคาร์บอนไดออกไซด์ 16,000 ml /m^2.day และ (3) ถุงพอลีโพรพีลีน PP 6000 ความหนา 30 ไมครอน มีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจน 6000 ml /m^2.day และอัตราการซึมผ่านของคาร์บอนไดออกไซด์ 25,000 ml /m^2.day โดยถุงมีขนาดกว้างxยาว เท่ากับ 6x8 นิ้ว และมีน้ำหนักบรรจุ 200 กรัมต่อถุง การบรรจุทำโดยอัดก๊าซในสภาวะบรรยากาศปกติ (ออกซิเจนร้อยละ 21 คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.03 และไนโตรเจนในปริมาณสมดุล) ใส่ถุงจนพองลมเต็มที่และปิดผนึกสนิทเพื่อให้มีลักษณะเป็น pillow pack หลังจากนั้นนำมาบรรจุในตะกร้าโปร่ง ตะกร้าละ 10 ถุงโดยจัดวางให้มีระยะห่างระหว่างถุงอย่างน้อย 1 เซนติเมตรนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 เป็นเวลา 5 วัน และสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพทุกวัน ได้แก่ ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในช่องว่างภายในถุงโดยเครื่อง Gas analyzer (PBI Dansensor Checkmate 9900, Denmark) ค่าสี (hue angle) โดยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, UK) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดโดยสกัดด้วยอะซิโตนและวัดปริมาณโดยสเปคโตรโฟโตเมทรี (AOAC, 1990) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteau colorimetry (ตามวิธีที่ดัดแปรจาก Sunและคณะ, 2007) และกิจกรรมการต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH และ ABTS-radical scavenging assay (ตามวิธีที่ดัดแปรจาก Sunและคณะ, 2007) และรายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อน้ำหนักบร็อคโคลี่สด

ผลและวิจารณ์ผล

การเก็บรักษาบร็อคโลี่ตัดแต่งในถุงพลาสติก PP5000 และ PP 6000 ก่อให้เกิดสภาพบรรยากาศดัดแปรภายในถุงบรรจุ โดยความเข้มข้นของออกซิเจนลดลงจากร้อยละ 21 และคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.03 ดังแสดงใน Figure 1 โดยพบว่าภายในถุง PP5000 และ PP6000 มีออกซิเจนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 10-12 และ 12-14 และมีคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงเหลือร้อยละ 6-8 และ 5-6 โดยบรรยากาศเข้าสู่จุดสมดุลในวันที่ 1 และ 2 ของการเก็บรักษา ปริมาณก๊าซทั้งสองชนิดคงที่อยู่ในระดับดังกล่าวนี้ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 5 วัน และบรรยากาศภายในถุง PP6000 เมื่อเข้าสู่จุดสมดุลแล้วมีปริมาณออกซิเจนสูงและคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าถุง PP5000 เล็กน้อย ทั้งนี้เป็นผลร่วมของอัตราการซึมผ่านของก๊าซที่แตกต่างกันของถุงพลาสติกสองชนิดและอัตราการใช้ออกซิเจนและการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ของบร็อคโคลี่ตัดแต่ง สำหรับถุงพอลีเอทิลีนที่เจาะรูไม่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศแต่อย่างใด (ไม่แสดงข้อมูล)

ในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในบร็อคโคลี่ตัดแต่งลดลงสอดคล้องกับการลดลงของค่าโทนสี hue angle ซึ่งแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเหลืองในทุกชุดการทดลอง (Figure 2) โดยการเปลี่ยนแปลงนี้พบในตัวอย่างควบคุมซึ่งบรรจุถุงพอลีเอทิลีนที่เจาะรูซึ่งอยู่ภายใต้บรรยากาศปกติ มากกว่าตัวอย่างที่บรรจุถุงพลาสติก PP5000 และ PP6000 ซึ่งอยู่ภายใต้บรรยากาศดัดแปร การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในบร็อคโคลี่ตัดแต่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผักกลายเป็นสีเหลือง (Toivonen และ Brummell, 2008) ซึ่งการบรรจุในสภาพบรรยากาศดัดแปรทำให้ภายในผลมีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าปกติ จึงส่งผลให้การสลายตัวของ

คลอโรฟิลล์เกิดช้าลง เนื่องจากในขั้นตอนสุดท้ายของการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ต้องการออกซิเจนในการออกซิไดซ์พันธะคู่ในวงแหวน prophyrin ทำให้สีเขียวของคลอโรฟิลล์หมดไป (จริงแท้, 2538)

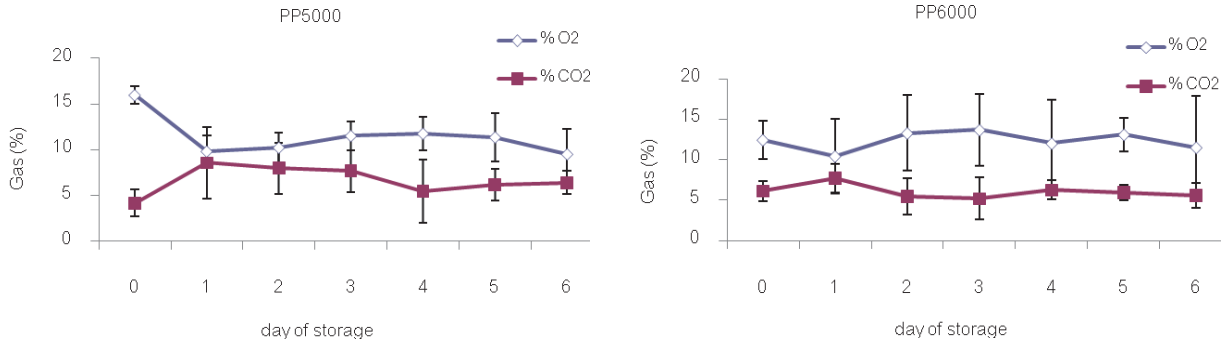

Figure 1 O_2 and CO_2 headspace composition in package of fresh-cut broccoli during storage for 5 days at 5 °C.

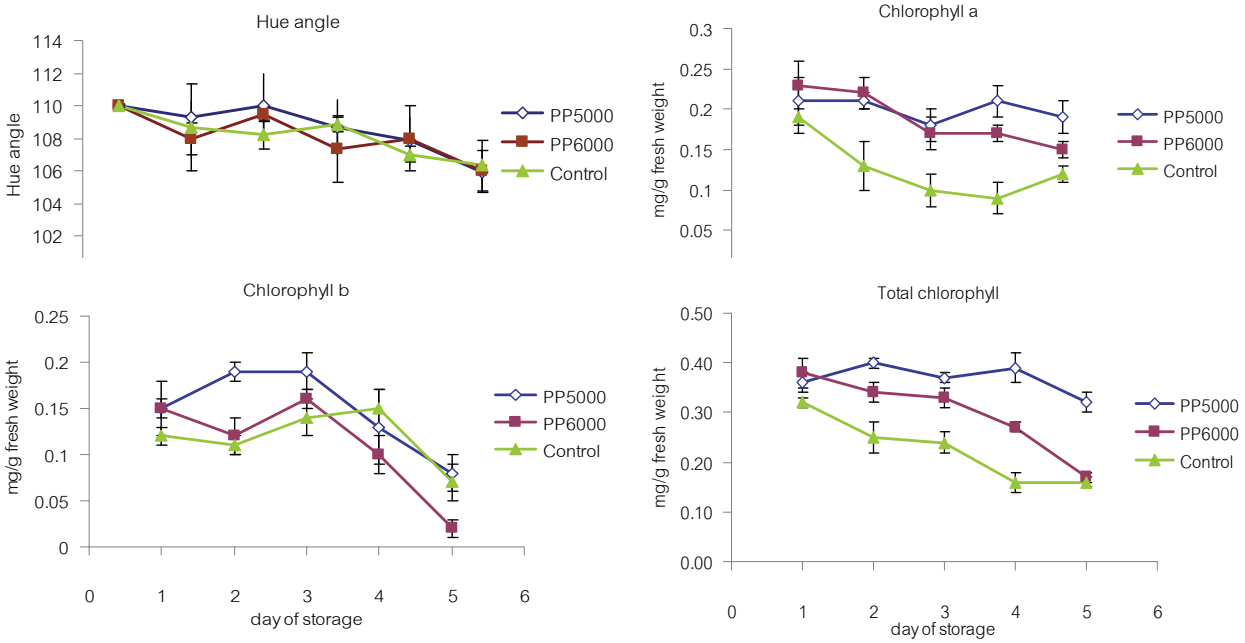

Figure 2 Changes in hue angle and chlorophyll contents (a, b and total chlorophyll) of fresh-cut broccoli during storage for 5 days at 5 °C.

การบรรจุและเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปรไม่มีผลต่อการปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและกิจกรรมการต้านออกซิเดชันที่วัดโดยสองวิธีคือ DPPH และ ABTS-radical scavenging activity (Table 1) และไม่มีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Starzynska และคณะ (2003) ซึ่งศึกษาการบรรจุบร็อคโคลี่ทั้งหัวในถุงพลาสติกพอลีเอทิลีนและนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน และพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่ากิจกรรมการต้านออกซิเดชันในบร็อคโคลี่แต่อย่างใด มีรายงานว่ากิจกรรมการต้านออกซิเดชันของบร็อคโคลี่มีความสัมพันธ์เชิงตรงกับปริมาณสารประกอบฟีนอล โดยเฉพาะสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Sunและคณะ, 2007)

สรุป

ฟิล์มพลาสติก PP5000 และ PP6000 สามารถนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ดัดแปรสภาพบรรยากาศสำหรับบร็อคโคลี่ตัดแต่งได้ โดยสามารถชะลอการเปลี่ยนสีและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม และไม่ส่งผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันแต่อย่างใด

Table 1 Changes in total phenol content and free radical scavenging activity of fresh-cut broccoli during 5 days at 5 ^{o}C.

	Day1	Day2	Day3	Day4	Day5
Total phenol content (mg TE/100g fresh weight)					
PP5000	338.54±49.14	295.92±77.23	331.28±53.25	343.63±50.51	298.71±5.48
PP6000	325.83±42.81	318.69±40.58	308.52±16.95	291.32±8.73	327.16±11.82
Perforated PE	295.32±30.82	317.72±20.72	313.24±21.58	291.93±53.43	300.89±18.84
DPPH- radical scavenging activity (mg TE/100g fresh weight)					
PP5000	140.73±27.53	168.62±25.53	153.15±13.21	154.97±17.09	114.12±0.50
PP6000	142.67±40.71	162.70±40.73	131.70±22.58	113.20±50.06	117.82±32.96
Perforated PE	163.56±78.23	168.75±1.36	134.23±6.60	125.90±7.88	105.31±19.89
ABTS- radical scavenging activity (mg TE/100g fresh weight)					
PP5000	188.49±10.04	187.67±20.70	202.14±10.97	193.44±0.54	190.09±3.73
PP6000	190.25±11.91	192.84±12.61	179.63±1.56	189.48±10.97	198.62±17.19
Perforated PE	181.06±15.25	198.62±6.46	183.65±9.42	190.64±7.78	189.81±5.99

Values are mean $\pm$ standard deviation

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. นครปฐม. น. 316-320

AOAC. 1990. Chlorophyll in plants. In Official Methods of Analysis of the AOAC. Helrich, k, Ed.; AOAC: Arlington. VA. pp 62-63.

Barth, M. M., A.K. Perry, S.J. Schmidt and B.P. Klein. 1992. Misting effects on market quality and enzyme activity of broccoli during retail storage. Journal of Food Science 57(4): 954–957.

Forney, C. F., R.E. Rij and S.R. Ross. 1989. Measurement of broccoli respiration rate in film-wrapped packages. HortScience 24(1): 111–113.

Jacxsens, L., F. Devlieghere and J. Debevere. 1999. Validation of a systematic approach to design equilibrium modified atmosphere packages for fresh-cut produce. Lebensmittel-Wissenschaftund-Technologie 32(7): 425-432.

Starzynska, A., M. Leja and A. Mareczek. 2003. Physiological changes in the antioxidant system of broccoli flower buds senescing during short-term storage, related to temperature and packaging. Plant Science 165: 1387-1395.

Sun, T., J.R. Powers and J. Tang. 2007. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus broccoli and their juices. Food Chemistry 105: 101-106.

Toivonen P.M.A. and D.A. Brummell. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh cut and vegetables. Postharvest Biology and Technology 48: 1-14.

Zhuang, H., D.F. Hidebrand, M.M. Barth. 1997. Temperature influenced lipid peroxidation and deterioration in broccoli buds during post-harvest storage. Postharvest Biology and Technology 10: 49–58.