Agricultural Sci. J. 41 : 1 (Suppl.) : 436-439 (2010) ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 436-439 (2553)

ผลของสภาวะการเก็บรักษาด้วยบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศที่มีต่อการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค

Effect of Modified Atmosphere Packaging Condition on the browning color of fresh-cut Lettuce

สิริลักษณ์ แสวงผล[1] และ วีระศักดิ์ เลิศสิริโยธิน[2]
Siriluk Sawaengpon[1] and Weerasak Lertsiriyothin[2]

Abstract

In present, consumption of fresh-cut produces trends to increase. Fresh-cut produces are to vend of ready to eat. But, the fresh-cut products have relatively short shelf-life. Owing cutting is to respond for the development of browning especially at the cutting surface area since cutting accelerates rapid biochemical changes. Thus, this work is to study a probability to slow down the browning on fresh-cut lettuce by means of modified atmosphere packaging. Through, these have to commence of oxygen (O_2) 1, 5 and 10% to commence of carbon dioxide (CO_2) 5% and all cases are stored at 10°C. Meanwhile, measurements of browning development are monitored to report as an index color of quality (L*, a* และ b*). Moreover, experiments for determination of analytical techniques to define a relationship among a development of browning and alter activities of phenolic compounds, phenylalanine ammonia lyase (PAL) and polyphenal oxidase (PPO), there are involve of enzymatic browning reaction.

Key word: lettuce, browning, modified atmosphere package

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการบริโภคผักสลัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จึงได้มีการตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค โดยการจำหน่ายผักสลัดในรูปแบบของผักสลัดพร้อมบริโภคเพื่อให้ผักอยู่ในรูปแบบที่สามารถบริโภคได้ทันที แต่ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีอายุการเก็บรักษาที่ค่อนข้างสั้น เนื่องจากการตัดแต่งส่งผลให้เกิดการพัฒนาของสีน้ำตาลโดยเฉพาะบริเวณรอยตัดอันเป็นผลมาจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีซึ่งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาความเป็นไปได้ของการชะลอการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคด้วยวิธีการใช้การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศที่มีปริมาณออกซิเจน (O_2) เริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 1 5 และ 10 ต่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 5 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส การตรวจวิเคราะห์สีน้ำตาลที่เกิดขึ้น โดยรายงานเป็นดัชนีชี้คุณภาพสี (L* a* และ b*) และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาของสีน้ำตาลกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) กิจกรรมของเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอส (phenylalanine ammonia lyase, PAL) และพอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenal oxidase, PPO) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเกิดสีน้ำตาล

คำสำคัญ ผักกาดหอม, สีน้ำตาล, บรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศ

คำนำ

ปัจจุบันการบริโภคผักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้น และด้วยวิถีการใช้ชีวิตที่เร่งรีบ จึงได้มีการตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค โดยการจำหน่ายผักในรูปแบบของผักตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งผักตัดแต่งพร้อมบริโภคต้องผ่านการล้างทำความสะอาด ตัดแต่ง และบรรจุในบรรจุภัณฑ์ เพื่อให้ผักอยู่ในรูปแบบที่สามารถบริโภคได้ทันที แต่คุณภาพของผักพร้อมบริโภคมีการลดลงอย่างรวดเร็วระหว่างการเก็บรักษา จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้น การตัดแต่งผักเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้คุณภาพของผักสลัดพร้อมบริโภคลดลงอย่างรวดเร็วระหว่างการเก็บรักษา (Degl'Innocenti et al., 2007) โดยสีของผักเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้บริโภคเลือกซื้อ ซึ่งผักเมื่อเกิดบาดแผลจากการตัดแต่ง

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000
[1] School of Food Technology, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000
[2] School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000

สารประกอบฟีนอลที่อยู่ในแวคิวโอล มีโอกาสสัมผัสกับออกซิเจนโดยตรงและออกซิไดซ์ได้เป็นควิโนน โดยการทำงานของเอนไซม์ PPO จากนั้นจึงรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่กลายเป็นสารสีน้ำตาล การเกิดบาดแผลยังกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลเพิ่มมากขึ้นโดยการทำงานของเอนไซม์ การใช้บรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศ (modified atmosphere packaging, MAP) เพื่อการดัดแปลงอัตราส่วนความเข้มข้นของแก๊ส O_2:CO_2 ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นที่ทราบว่าสามารถชะลอการเสื่อมถอยของผักสดได้ แม้กระนั้นก็ตามยังไม่มีรายงานถึงความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ระหว่างอัตราส่วนแก๊สที่มีผลต่อการชะลอการพัฒนาของสีน้ำตาลอย่างเด่นชัด เฟสแรกของงานวิจัยนี้จึงมุ่งที่กรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราส่วนความเข้มข้นของแก๊ส O_2:CO_2 ว่ามีผลต่อการชะลอการพัฒนาของสีน้ำตาลโดยเฉพาะในช่วงเวลาหลังการตัดแต่งและบรรจุในบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างผักกาดหอมตัดแต่งบรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศ ล้างผักกาดหอม ตัดแต่งโดยการตัดแกนกลางของผักทิ้ง หั่นผักเป็นชิ้นให้มีขนาด 3 x 3 เซนติเมตรต่อชิ้น สลัดน้ำออกจากชิ้นผักด้วยเครื่อง salad spinner บรรจุ 40 กรัมในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์ม LLDPE ขนาดถุง 7 x 11 นิ้ว และปรับแต่งบรรยากาศด้วย O_2 เริ่มต้นเท่ากับ ร้อยละ 1 5 และ 10 ต่อปริมาณ CO_2 ร้อยละ 5 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C ส่วนตัวอย่างควบคุมคือตัวอย่างที่เก็บรักษาในสภาวะอากาศปกติ (O_2:CO_2) ภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 10 °C โดยปราศจากบรรจุภัณฑ์

การวัดค่าสี วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดเทียบสี chroma meter (mimolta/CR300) โดยการสุ่มตัวอย่างผักมาจำนวน 10 ชิ้นต่อถุง คำนวณค่าสีที่แตกต่างทั้งหมด (ΔE) ด้วยสมการ $\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$ และคำนวณค่า Hue angle (H°) ด้วยสมการ $H° = 180° + \tan^{-1}(b^*/a^*)$ เพื่อแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของสีเขียวของผักสด

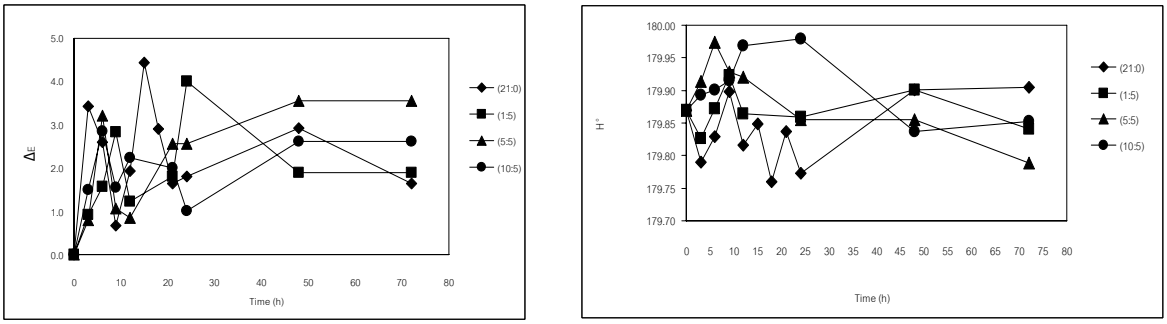
การวัดกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase, PPO) ชั่งตัวผักอย่าง 10 กรัม เติม 80 ml 0.1 M phosphate buffer (pH 6.8) ที่มีส่วนผสมของ 10 mM accorbic acid และ 0.5% polyvinylpyrrolidone ปั่นผสม 2 นาที คนผสม 1 ชั่วโมง ปั่นเหวี่ยงที่ 13000xg ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 20 นาที ปิเปตส่วนใส 0.05 ml เติม 10 mM catechol 2.95 ml วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 480 nm ณ อุณหภูมิ 40 °C ทุกๆ 30 วินาที เป็นเวลา 5 นาที วิธีการตรวจวิเคราะห์กิจกรรมของ PPO ดัดแปลงจากวิธีที่รายงานโดย Altunkaya and Gokmen (2008)

การวัดกิจกรรมของเอนไซม์ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียไลเอส (phenylalanineamonialyase, PAL) ชั่งตัวอย่างผัก 2 กรัม เติม 16 ml 50 mM borate buffer (pH 6.8) ที่มีส่วนผสมของ 5 mM β-mercaptoethanol และ 0.2% polyvinylpyrrolidone ปั่นผสม 2 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C กรองด้วยกระดาษกรอง (whatmam No.4) ปั่นเหวี่ยงที่ 13000xg ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 20 นาที ปิเปตส่วนใส 2.45 ml เติม 0.05 ml 50 mM L-phenylalanine วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 290 nm บ่มที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 290 nm วิธีการตรวจวิเคราะห์กิจกรรมของ PAL เป็นตามรายงานของ Fukumoto et al. (2002)

การวัดปริมาณฟีนอลทั้งหมด (total phenol content) ชั่งตัวอย่างผัก 3 กรัม เติมสารละลายเอทานอล 70% 9 ml ปั่นผสม 2 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C ปั่นเหวี่ยงที่ 13000xg ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 15 นาที ปิเปตส่วนใส 100 µl เติม 5 ml 0.2 N Folin-Ciocalteu reagent ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เติม 4 ml 7.5% sodium carbonate บ่มที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 nm วิธีการตรวจวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลทั้งหมด ดัดแปลงจากวิธีที่รายงานโดย Altunkaya et al. (2009) และ Altunkaya and Gokmen (2008)

ผลและวิจารณ์

ผลการวัดค่าสี ค่าสีในผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคบรรจุในบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศของทุกอัตราส่วนผสม O_2:CO_2 แสดงถึงค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE) จากสีเริ่มต้นดังรูปที่ 1(a) และเมื่อพิจารณาเฉพาะค่าการเปลี่ยนสีหรือค่า Hue angle พบว่าที่อัตราส่วนผสม 5:5 และ 10:5 สีเขียวของผักกาดหอมเปลี่ยนไปเป็นสีเขียวเหลืองในขณะที่ที่สภาวะ 1:5 มีแนวโน้มใกล้เคียงตัวอย่างควบคุม แต่ทั้งนี้ค่าดัชนีชี้การเปลี่ยนสีที่มีความแปรปรวนสูงมากแม้กระบวนการตรวจวัดทำซ้ำจำนวนมากชี้ให้เห็นว่าค่าการวัดสีเพียงลำพังไม่อาจนำไปสู่ข้อสรุปของผลของการอัตราส่วนผสมแก๊สที่มีต่อกระบวนการพัฒนาของสีน้ำตาลในผักกาดหอม



(a) (b)

Figure 1 The values of total color difference (ΔE) by (a) and hue angle (H°) by (b) on fresh-cut lettuce by means Of modified atmosphere packaging and commence of O_2 1, 5 and 10% to commence of CO_2 5% stored at 10°C.

ผลการวัดกิจกรรมของเอนไซม์ PAL ผลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PAL ตามเวลาดังแสดงในรูปที่ 2 พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ PAL ของทุกอัตราส่วนผสมแก๊สมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 24 ชั่วโมงหลังการตัดแต่ง โดยการลดลงจะเข้าสู่สภาวะระดับกิจกรรมคงตัวเดียวกันหลัง 24 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Degl'Innocenti et al. (2005) ซึ่งพบว่ากิจกรรมของ PAL ของผักกาดพันธุ์กรีนสลัดโบว์ ที่ระบุว่าเป็นสายพันธุ์ที่มีความไวต่อการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อเยื่อ มีค่าลดลงเข้าสู่ค่าคงที่ใน 3 ชั่วโมงแรกหลังการตัดแต่ง ทั้งนี้ผลการทดสอบของรายงานนี้ยังพบว่าที่สภาวะการเก็บรักษาด้วยอัตราส่วนแก๊ส O_2:CO_2 เท่ากับ 5:5 และ 10:5 มีแนวโน้มคงที่ใน 12 ชั่วโมงแรกหลังการตัดแต่งก่อนเข้าสู่รูปแบบการลดลงอย่างรวดเร็วและเข้าสู่ค่าคงที่ ผลทดสอบที่ได้ชี้ให้เห็นว่าที่ O_2:CO_2 เท่ากับ 1:5 กระบวนการเปลี่ยนแปลงสีภายหลังการตัดแต่งมีความแตกต่างจากสภาวะอื่น แต่ค่ากิจกรรม PAL ที่ประมาณเท่ากันในทุกสภาวะภายหลัง 24 ชั่วโมง ชี้ให้เห็นว่าการติดตามกระบวนการเกิดสีน้ำตาลโดยอาศัยค่าการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของ PAL ในระยะ 72 ชั่วโมงแรกเพียงวิธีการเดียวไม่ใช่วิธีที่เหมาะสมเนื่องจากค่าการเปลี่ยนแปลงนั้นลดลงเร็วเกินกว่าจะติดตามได้ทันแม้ว่ากระบวนการทดสอบจะกระทำทุก 3 ชั่วโมงแล้วก็ตาม ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์อยู่บนสมมติฐานว่ากิจกรรม PAL น่าจะเกิดขึ้นไม่นานภายหลังการตัดแต่งและข้อเท็จจริงที่พบการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อเยื่อตามรอยตัดภายใน 48 ชั่วโมง

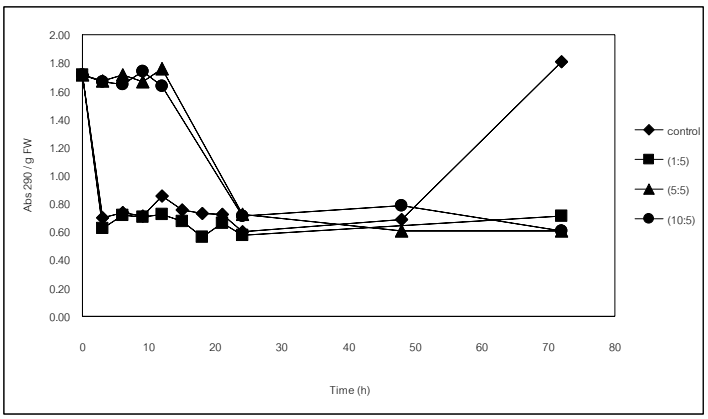
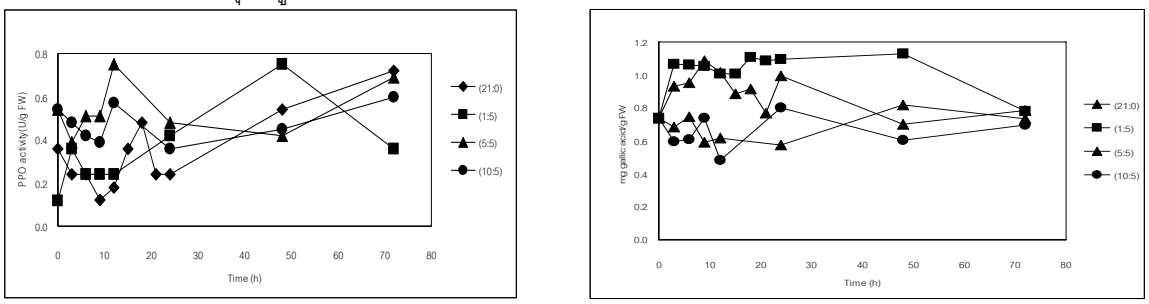


Figure 2. PAL activity on fresh-cut lettuce by means of modified atmosphere packaging and commence of O_2 1, 5 and 10% to commence of CO_2 5% stored at 10°C.

ผลการวัดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคบรรจุในบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศที่มีอัตราส่วนผสมของแก๊สต่างกัน โดยการติดตามวัดค่าทุก 3 ชั่วโมงหลังการตัดแต่งใน 12 ชั่วโมงแรกหลังการตัดแต่ง และทุก 6 ชั่วโมงครั้งภายหลัง 12 ชั่วโมงพบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของ PPO ของทุกสภาวะการเก็บรักษากิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงค่าที่ใกล้เคียงกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาดังแสดงในรูปที่ 3(a) การเปลี่ยนแปลงนี้สอดคล้องกับรายงานกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้นสูงสุดหลังการเก็บรักษาผักกาดหอมในกล่องพลาสติกเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4°C (Innocenti et al., 2007) แม้กระนั้นก็ตามหากพิจารณากิจกรรม PPO ร่วมกับปริมาณการเปลี่ยนแปลงค่าฟีนอลทั้งหมดที่แสดงในหัวข้อต่อจากนี้โดยเปรียบเทียบเฉพาะ

อัตราส่วน O_2:CO_2 เท่ากับ 1:5 กับตัวอย่างควบคุม พบว่ารูปแบบการเปลี่ยนแปลงค่าของกิจกรรม PPO และค่าฟีนอลทั้งหมดอยู่ในย่านเดียวกัน และจากการทดลองพบว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่เก็บในบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศมีสภาพของสีเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จึงอาจกล่าวได้ว่าการเก็บรักษาผักกาดหอมในบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศด้วยอัตราส่วน O_2:CO_2 เท่ากับ 1:5 มีแนวโน้มที่จะรักษาสภาวะปรากฏด้านสีได้ดีกว่าอีกสองอัตราส่วนผสมที่เหลือ ทั้งนี้ค่ากิจกรรม PPO ของตัวอย่าง O_2:CO_2 เท่ากับ 1:5 ที่สูงกว่าตัวอย่างควบคุมน่าจะเป็นผลร่วมของระดับความเข้มข้นของ CO_2 ในบรรจุภัณฑ์ซึ่งที่ค่าสูงกว่าในอากาศปกติของตัวอย่างควบคุมอยู่ถึง 100 เท่า โดย



(a) (b)

Figure 3. PPO activity (a) and total phenol (b) on fresh-cut lettuce by means of modified atmosphere packaging and commence of O_2 1, 5 and 10% to commence of CO_2 5% stored at 10°C.

ผลการวัดปริมาณฟีนอลทั้งหมด จากการวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลทั้งหมดในผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคบรรจุในบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศโดยเปรียบเทียบกับค่าที่มีอยู่ ณ ชั่วโมงทดสอบแรกสุดของแต่ละชุดตัวอย่างทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3(b) พบว่า ปริมาณฟีนอลทั้งหมดที่เหลืออยู่ในผักกาดหอมที่เก็บรักษาในสภาวะ O_2:CO_2 เท่ากับ 1:5 มีค่าสูงสุดโดยสูงกว่าที่มีในตัวอย่างควบคุม และปริมาณฟีนอลทั้งหมดที่พบในสภาวะ O_2:CO_2 เท่ากับ 5:5 และ 10:5 มีน้อยกว่าในตัวอย่างควบคุม ผลดังกล่าวนี้เมื่อพิจารณาร่วมกับค่ากิจกรรมเอนไซม์ PPO และPAL ยืนยันว่าปริมาณบางส่วนสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่หายไปนั้นเป็นผลของการพัฒนาของสีน้ำตาลในผักกาดหอม ส่วนปริมาณของฟีนอลทั้งหมดที่มีแนวโน้มลดลงด้วยอัตราที่ช้ามากน่าจะเป็นผลของการรักษาเนื้อเยื่อที่บาดเจ็บจากการตัดแต่งของตัวอย่างเอง งานวิจัยในเฟสถัดไปซึ่งจะศึกษาถึงผลของบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศต่อการชะลอการเกิดสีน้ำตาลในช่วงเวลาที่เกิดการเสื่อมถอยคุณภาพของผักสลัดอย่างเด่นชัดจะนำไปสู่ข้อสรุปของผลการวิจัยส่วนหลังสุดที่กล่าวถึง

สรุป

การศึกษาผลของอัตราส่วนผสมแก๊ส O_2:CO_2 ในบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศที่มีต่อการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคภายในช่วงเวลา 72 ชั่วโมงแรกภายหลังการตัดแต่ง พบว่าการตรวจวิเคราะห์จำเป็นต้องใช้การพิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงค่าฟีนอลทั้งหมดร่วมกับค่ากิจกรรม PPO และ PAL ร่วมกับการวัดคุณภาพสี ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนผสมแก๊ส O_2:CO_2 ในบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีเขียวของผักกาดหอมตัดแต่งอย่างมีนัยสำคัญ และรายงานวิจัยนี้ยังแสดงถึงแนวทางการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพต่อการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสีของผักกาดหอมซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วงเวลาแรกภายหลังการตัดแต่ง

เอกสารอ้างอิง

Altunkaya, A. and V. Gokmen. 2008. Effect of various inhibitors on enzyme browning, antioxidant activity and total phenol content of fresh lettuce (*Lactuca sativa*). Food Chemistry 107: 1173-1179

Altunkaya, A. and V. Gokmen. 2009. Effect of various anti-browning on phenolic compounds profile of fresh lettuce (*L. sativa*). Food Chemistry 117: 122-126.

Degl'Innocenti, E., L. Guidi., A. Pardossi and F. Tongnoni. 2005. Biochemical Study of leaf Browning in Minimally Processed Leaves of Lettuce (*Lactuca sativa* L. Var.*Acephala*). Agric. Food Chem. 53: 9980-9984.

Degl'Innocenti. E., A. Pardossi., F. Tognoni and L. Guidi. 2007. Physiological basis of sensitivity to enzymatic browning in 'lettuce', 'escarole' and 'rocket salad' when store as fresh-cut produce. Food Chemistry 104: 209-215.

Fukumoto. L. R., Peter. M. A. Toivonen and Pascal J. Delaquis. 2002. Effect of water temperature and Chlorinatio on Phenolics Metabolism and Browning of Stored Iceberg Lettuce Photosysthetic and Vascular Tissue. Agric. Food Chem. 50: 4503-4511.