

การลดการเกิดสีน้ำตาลของผลฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจูโดยโซเดียมคลอไรต์ Reducing Browning of Fresh-Cut 'Kimju' Guava Fruit by Sodium Chlorite

สิทธิศักดิ์ อินทรสิทธิ์¹, กุลธิดา ชนาภิมุข¹, อธิวัฒน์ ชุ่มรัมย์¹, จำนงค์ อุทัยบุตร^{1,2} และ กอบเกียรติ แสงนิล^{1,2}
Sittisak Intarasit¹, Kultida Chanapimuk¹, Athiwat Chumyam¹, Jamnong Uthaibutra^{1,2} and Kobkiat Saengnil^{1,2}

Abstract

Enzymatic browning is one of the major problems of quality loss and limited shelf life for fresh-cut guavas. This study was conducted to determine the efficacy of sodium chlorite (NaClO_2) on antibrowning of fresh-cut 'Kimju' guava fruit stored at $25\pm 1^\circ\text{C}$. Sliced guava fruits were dipped in 0 (control), 0.05 and 0.1% (w/v) NaClO_2 for 10 minutes, then packed and wrapped with PVC film and stored at $25\pm 1^\circ\text{C}$ for 48 hours. Changes in quality such as browning index (BI), color change (L^* and a^* values), polyphenol oxidase (PPO) and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activities, and total phenolic content were evaluated at 0, 6, 12, 24 and 48 hours of storage. The results revealed that treatment of NaClO_2 effectively reduced the browning of guava slices which showed lower BI and a^* value, and higher L^* value as compared with the control throughout storage period. The NaClO_2 treatment also inhibited PPO and PAL activities, and maintained higher total phenolic content of guava slices. Application of 0.1% (w/v) sodium chlorite was most effective on reducing browning of the fresh-cut guava during storage at $25\pm 1^\circ\text{C}$.

Keywords: Browning, 'Kimju' guava fruit, Sodium chlorite

บทคัดย่อ

การเกิดสีน้ำตาลในผลฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นปัญหาสำคัญหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพ และมีอายุการวางจำหน่ายสั้นลง งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาประสิทธิภาพของโซเดียมคลอไรต์ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของผลฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจูระหว่างการเก็บรักษาที่ $25\pm 1^\circ\text{C}$ โดยการจุ่มชิ้นผลฝรั่งลงในสารละลายโซเดียมคลอไรต์ 3 ระดับความเข้มข้น คือ 0 (ชุดควบคุม), 0.05 และ 0.1 % (w/v) เป็นเวลา 10 นาที แล้วบรรจุในภาชนะที่หุ้มปิดด้วยฟิวซีฟิล์ม และเก็บรักษาที่ $25\pm 1^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพ ได้แก่ ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล สี (L^* และค่า a^*) กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) และฟีนิลอลานีน แอมโมเนียไลเอส (phenylalanine ammonia lyase, PAL) รวมทั้งปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของเนื้อผลฝรั่ง ในชั่วโมงที่ 0, 6, 12, 24 และ 48 ของการเก็บรักษา พบว่าการจุ่มในสารละลายโซเดียมคลอไรต์สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อผลฝรั่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลและค่า a^* ที่ต่ำกว่าและค่า L^* สูงกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา นอกจากนี้การจุ่มชิ้นผลฝรั่งในสารละลายโซเดียมคลอไรต์ยังมีผลยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ PAL และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเนื้อผลสูงกว่าชุดควบคุมด้วย โดยสารละลายโซเดียมคลอไรต์ความเข้มข้น 0.1% (w/v) มีประสิทธิภาพในการลดการเกิดสีน้ำตาลของผลฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างเก็บรักษาที่ $25\pm 1^\circ\text{C}$ ได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: การเกิดสีน้ำตาล, ผลฝรั่งพันธุ์กิมจู, โซเดียมคลอไรต์

คำนำ

ฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและได้รับความนิยมในธุรกิจอาหารและอุตสาหกรรมผลไม้สดเพิ่มขึ้นพร้อมบริโภค โดยปัจจุบันฝรั่งพันธุ์กิมจูเป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมมาก เพราะมีรสชาติหอมหวาน กรอบ และเมล็ดน้อย อย่างไรก็ตามภายหลังการเก็บเกี่ยวและหั่นชิ้นผลมักพบปัญหาที่สำคัญคือ การเกิดสีน้ำตาล (browning) บริเวณผิวเนื้อผลทำให้คุณภาพต่ำลงและมีอายุการวางจำหน่ายสั้นลง สารประกอบสีน้ำตาลนี้เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล (phenolic compound) ที่อยู่ภายในเซลล์ที่เร่งปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) โดยเกิดขึ้นเมื่อ

¹ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

¹ Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

² สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

² Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

เซลล์ถูกทำลายจากการหั่นชิ้นและสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศจึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ระดับการเกิดสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอล การเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ PPO และเอนไซม์ฟีนอลเอลานีน แอมโมเนีย-ไลเอส (phenylalanine ammonia lyase, PAL) ซึ่งเร่งปฏิกิริยาการสร้างสารประกอบฟีนอล (จริงแท้, 2549) ที่ผ่าน มามีรายงานการวิจัยเพื่อหาวิธีป้องกันหรือลดการเกิดสีน้ำตาลและรักษาคุณภาพในพืชผลที่มีปัญหานี้ พบว่าโซเดียมคลอไรต์ (sodium chlorite, NaClO_2) มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสูงในการลดการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้หลายชนิด ได้แก่ แอปเปิ้ล (Lu *et al.*, 2006) ลำไย (Khunpon *et al.*, 2011) และผลฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์แป้นสีทอง (พร้อมพงษ์, 2556) รวมทั้งพบว่ากรดแอสคอร์บิกก็สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลของผลฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์กลมสาดี (บัวหลวง, 2545) แต่ ยังไม่มีรายงานการศึกษาถึงประสิทธิภาพของ NaClO_2 เพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลของผลฝรั่งพันธุ์กิมจู งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อ ศึกษาประสิทธิภาพของ NaClO_2 ในการลดการเกิดสีน้ำตาลในผลฝรั่งพันธุ์กิมจู พร้อมบริโภคพันธุ์กิมจู ซึ่งสันนิษฐานว่าสารเคมี ชนิดนี้ลดการเกิดสีน้ำตาลโดยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ PAL รวมถึงรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลของเนื้อผล ฝรั่ง ข้อมูลที่ได้จากการทดลองครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการลดการเกิดสีน้ำตาลของพืชผักผลไม้ชนิดอื่นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลฝรั่ง (*Psidium guajava*) พันธุ์กิมจูเก็บเกี่ยวในระยะแก่เต็มที่เชิงการค้า ขนาดผลใกล้เคียงกันน้ำหนักประมาณ 250 กรัม ไม่มีรอยการเข้าทำลายของโรคและแมลงจากสวนเกษตรกรรมในจังหวัดเชียงใหม่ ล้างผลด้วยน้ำสะอาด แล้วแบ่งครึ่ง ผลตามยาว คว้านเมล็ดออก และตัดแบ่งทั้งผลเป็น 16 ชิ้น แต่ละชิ้นหนาประมาณ 1.5 เซนติเมตร นำชิ้นผลฝรั่งหั่นชิ้นที่เตรียมไว้จุ่มลงในสารละลาย NaClO_2 3 ระดับความเข้มข้น คือ 0 (ชุดควบคุม), 0.05 และ 0.1 % (w/v) เป็นเวลา 10 นาที แล้วบรรจุ ในถาดโฟมที่หุ้มปิดด้วยฟิวซีฟิล์ม เก็บรักษาที่ $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 85% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างชิ้นผลแต่ละชุด การทดลอง ในช่วงเวลาที่ 0, 6, 12, 24 และ 48 ของการเก็บรักษา มาวิเคราะห์คุณภาพผลในเรื่อง ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล สีเนื้อผล โดยใช้เครื่อง colorimeter (Minolta CR-200) แสดงในรูปของค่า L^* และค่า a^* (Jiang and Li, 2001) กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ PAL รวมทั้งปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของเนื้อผล (Lu *et al.*, 2007) ทั้งนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่ม สมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 6 ชิ้นเนื้อผล และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของ ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows version 15 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยทดลองในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึง เดือนเมษายน 2558 ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและสรีรวิทยาของพืช ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผล

เนื้อผลฝรั่งหั่นชิ้นทุกชุดการทดลองเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยดัชนีการเกิดสี น้ำตาลเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับสีเนื้อผลที่แสดงในรูปค่า L^* (ความสว่าง) ที่ลดลง และค่า a^* (สีแดง) ที่เพิ่มขึ้น ตลอดระยะเวลาการ เก็บรักษา แต่ชิ้นผลฝรั่งที่ผ่านการจุ่มในสารละลาย NaClO_2 มีดัชนีการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 1A) สอดคล้องกับค่า L^* และ a^* โดยเนื้อผลที่ผ่านการจุ่มในสารละลาย NaClO_2 ทุก ระดับความเข้มข้นมีค่า L^* สูงกว่า และค่า a^* ต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 1B- 1C) ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการลดการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารละลาย NaClO_2 ที่เพิ่มขึ้น โดยความ เข้มข้น 0.1% (w/v) มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือ 0.05% (w/v)

กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ PAL ของทุกชุดการทดลองเพิ่มขึ้นเรื่อยๆและสูงที่สุดในชั่วโมงที่ 24 แล้วลดต่ำลง (Figure 1D-1E) ขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นใน 6 ชั่วโมงแรกแล้วลดลงตลอดการเก็บรักษา (Figure 1F) โดยชิ้นผลที่จุ่มในสารละลาย NaClO_2 มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ PAL ต่ำกว่าชุดควบคุม ปริมาณสารประกอบฟีนอล ทั้งหมดสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการลดกิจกรรมของ เอนไซม์ทั้งสอง ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ NaClO_2 โดยระดับความเข้มข้น 0.1% (w/v) มีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถลด กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ PAL ลง 34.68% และ 76.61% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมในชั่วโมงที่ 24 ของ การเก็บรักษา

วิจารณ์ผล

เนื้อผลฝรั่งหั่นชิ้นทุกชุดการทดลองมีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ผลวิเคราะห์จาก ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งสอดคล้องกับ ค่า L^* ที่แสดงสีคล้ำหรือสีขาวของผิวเนื้อผลที่ลดลงเรื่อยๆ ตลอดการเก็บรักษา

รวมทั้งการเพิ่มขึ้นของค่า a^* ที่แสดงสีแดง ลักษณะการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อผลฝรั่งนี้ให้ผลเช่นเดียวกับผลการศึกษาที่ผ่านมา ในเนื้อผลฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำตาลกลูโคส (ณภิศรณ, 2544; บัวหลวง, 2545) และพันธุ์แป้นสีทอง (พร้อมพงษ์, 2556) ในขณะที่เกิดสีน้ำตาลปริมาณฟีนอลทั้งหมดของเนื้อผลไม้แนวโน้มลดลง เนื่องจากถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เร่งปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ PPO ที่พบว่ามียิจกรรมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เช่นกัน รวมทั้งสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์ PAL ที่เพิ่มสูงขึ้น ด้วยจากการที่เนื้อผลได้รับบาดเจ็บจากการหั่นชิ้นจึงกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลเพิ่มมากขึ้น (จิ่งแท้, 2549) และนำไปใช้ในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลมากขึ้นเมื่อเวลานานขึ้น

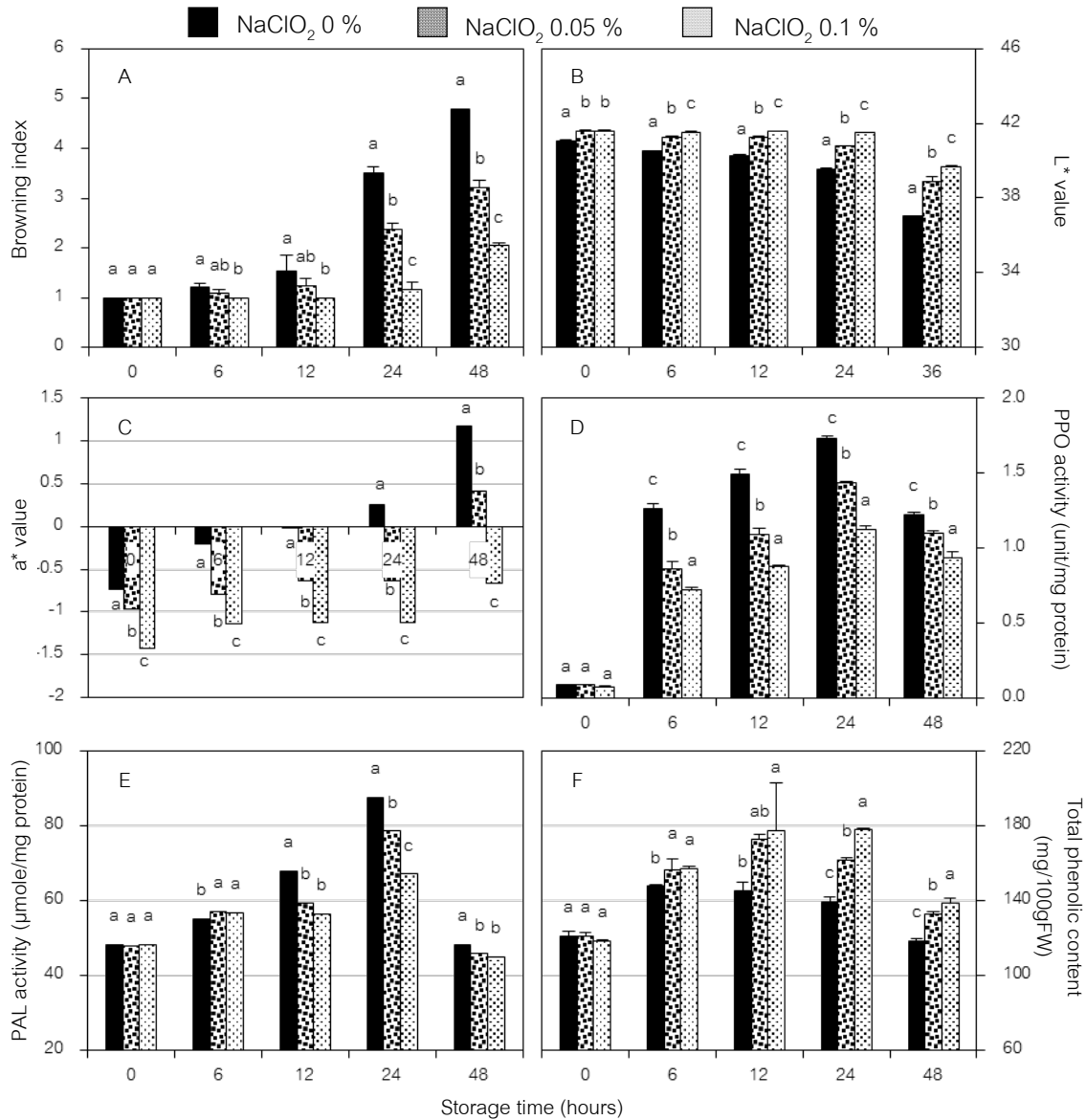


Figure 1 Changes in browning index (A), L* value (B), a* value (C), PPO activity (D), PAL activity (E) and total phenolic content (F) of 'Kimju' guava fruit during storage at 25±1°C for 48 hours. Bars (standard deviation) with the same letter in each sampling time are not significantly different. (n=3).

การจุ่มเนื้อผลฝรั่งตัดแต่งในสารละลาย NaClO₂ ลดการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อผลได้ สอดคล้องกับค่าสีเนื้อผลที่มีค่า L* สูงกว่า และค่า a* ต่ำกว่าชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าเนื้อผลมีสีขาวมากกว่า (สีคล้ำน้อยกว่า) โดยระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของ NaClO₂ ขึ้นอยู่กับชนิดผลดังเช่นในผลการทดลองที่ผ่านมาในผลแอปเปิลตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำตาล Red Delicious แนะนำให้ใช้สารละลาย NaClO₂ ความเข้มข้น 0.01% (w/v) (Lu *et al.*, 2006) ในผลแอปเปิลพันธุ์ Granny Smith ใช้สารละลาย NaClO₂ ความเข้มข้น 0.05% (w/v) (Guan and Fan, 2009) และในผลลำไยพันธุ์ดอใช้สารละลาย NaClO₂ ความเข้มข้น 0.01% (w/v) (Khunpon *et al.*, 2011) ซึ่งลดการเกิดสีน้ำตาลได้ดี และมีค่า L* สูงกว่าและ ค่า a* ต่ำกว่าชุดควบคุม

