Agricultural Sci. J. 46 : 3/1 (Suppl.) : 60-63 (2015) ว. วิทย. กษ. 46 : 3/1 (พิเศษ) : 60-63 (2558)

การลดการเกิดสีน้ำตาลและเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในแอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภค ด้วยสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบตร่วมกับโซเดียมคลอไรต์

Reduction of Browning and Microbial Contamination in Fresh-cut Apple by Calcium Ascorbate combined with Sodium Chlorite Solution

ดณียา เห่งพุ่ม[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2,*]
Daneeya Hengphum[1], Apiradee Uthiaratanakij[1,2] and Pongphen Jitareerat[1,2,*]

Abstract

The major problem of fresh-cut apple production is tissue browning on cut-surface and microbial contamination. Thus, the objective of this study was to investigate the combined effects of calcium ascorbate (CaAs) and sodium chlorite ($NaClO_2$) at various concentrations on the reduction of browning and microbial contamination of fresh-cut apple. An apple fruit was washed and peeled before cutting into 6 pieces. The samples were dipped in the cold filtrated water (control), cold solution (4°C) of 15 g/L calcium ascorbate (CaAs) combined with 50 or 25 mg/L sodium chlorite ($NaClO_2$) for 5 min. The treated samples were packed in polypropylene tray, top heated seal with polypropylene film (Anti-fog), and then kept at 4°C for 14 days. The results showed that 15 g/L CaAs in combination with 50 and 25 mg/L $NaClO_2$ for 5 min significantly delayed tissue browning, color changes (L*) and polyphenol oxidase (PPO) activity. However, it could not delay weight loss and maintain flesh firmness. Treatment of 15 g/L CaAs plus 50 mg/L $NaClO_2$ reduced the population of total aerobe bacteria, fungi, and *E. coli* and coliforms for 6 days as compared with the control. Application of CaAs combined with $NaClO_2$ may be used for reducing the browning and microbial contamination in fresh-cut apple.

Keywords: calcium ascorbate, sodium chlorite, fresh-cut fruit

บทคัดย่อ

ปัญหาหลักในการผลิตแอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภค คือการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลได้สีน้ำตาลบริเวณรอยตัดและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบตร่วมกับโซเดียมคลอไรต์ที่ความเข้มข้นต่างๆ เพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลและจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในแอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภค โดยการนำผลแอปเปิลมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือกผลแอปเปิลออกทั้งหมด แล้วตัดแบ่งออกเป็น 6 ส่วน นำไปแช่ในน้ำกรอง (ชุดควบคุม) สารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบต (CaAs) ความเข้มข้น 15 g/L ร่วมกับโซเดียมคลอไรต์ ($NaClO_2$) ความเข้มข้น 50 mg/L และ/หรือ 25 mg/L ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นบรรจุลงในถาดพลาสติกพอลิโพรพิลีน ปิดผนึกด้วยความร้อนโดยใช้ฟิล์มพลาสติกพอลิโพรพิลีนชนิด Anti-fog เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ผลการทดลองพบว่าการใช้ CaAs ร่วมกับ $NaClO_2$ ทั้ง 2 ความเข้มข้น มีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดสีน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงสี (ค่า L*) และกิจกรรมเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ได้ดี การใช้ CaAs ร่วมกับ $NaClO_2$ ไม่สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสดและรักษาความแน่นเนื้อของแอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภคได้ นอกจากนี้พบว่าการใช้ CaAs ความเข้มข้น 15 g/L ร่วมกับ $NaClO_2$ ความเข้มข้น 50 mg/L มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดรา *E. coli* และ Coliforms ในระหว่างการเก็บรักษาได้ 6 วันเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ CaAs ร่วมกับ $NaClO_2$ สามารถนำมาใช้เพื่อชะลอการเกิดสีน้ำตาลและควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาในแอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภคได้

คำสำคัญ: แคลเซียมแอสคอร์เบต โซเดียมคลอไรต์ ผลไม้หั่นชิ้นพร้อมบริโภค

---

[1]สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน)
49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150
[1]Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien)
49 Soi Tientalay 25, Thakam, Bangkuntien, Bangkok 10150
[2]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400
[2]Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400
*Email: pongphen.jit@kmutt.ac.th

คำนำ

ในกระบวนการตัดแต่งผลไม้พร้อมบริโภคจะต้องผ่านขั้นตอนต่างๆ ซึ่งทำให้ผลไม้เกิดการสูญเสียคุณภาพไปอย่างรวดเร็ว เช่น เกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดที่เกิดจากปฏิกิริยาชีวเคมีของสารประกอบฟีนอล โดยมีเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) เป็นตัวกระตุ้น (จริงแท้, 2553) นอกจากนี้การตัดแต่งทำให้เซลล์พืชได้รับความเสียหาย ของเหลวภายในเซลล์ไหลออกมาซึ่งเป็นสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งกลุ่มที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและกลุ่มที่ทำให้เกิดโรคกับมนุษย์ (Soliva-Fortuny and Martin-Bellose, 2003) กรดแอสคอร์บิกเป็นสารประเภท reducing agent ชนิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคอย่างแพร่หลาย โดยมักนิยมใช้ในรูปของแคลเซียมแอสคอร์เบต (CaAs) อย่างไรก็ตามสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลส่วนใหญ่นั้นมักจะไม่มีสมบัติในการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งการลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคส่วนใหญ่นิยมใช้คลอรีน (chlorine) แต่การใช้คลอรีนมีผลกระทบทำให้เกิดการสร้างสารชื่อว่า trihalomethanes ซึ่งอาจเป็นสารก่อมะเร็งที่อาจปนเปื้อนในผลิตผลได้ (Richardson, 1998) โซเดียมคลอไรต์ ($NaClO_2$) เป็น sanitizing agent ที่ได้รับการยอมรับจาก FDA ให้ใช้ในอาหารและผลิตผลตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ โดยมีสมบัติเป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และยังมีสมบัติยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในพืชได้ (He *et al*., 2008) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของการใช้สารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบตร่วมกับโซเดียมคลอไรต์ในการลดการเกิดสีน้ำตาลและการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ของแอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

นำแอปเปิลพันธุ์ฟูจิ ขนาดประมาณ 180 กรัมต่อผล ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปาและปล่อยให้แห้ง จากนั้นปอกเปลือกผลแอปเปิลออกทั้งหมด แล้วตัดแบ่งออกเป็น 6 ส่วน ตัดแกนกลางส่วนที่ติดเมล็ดออก นำไปแช่ในน้ำกรอง (ชุดควบคุม) สารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบต (CaAs) ความเข้มข้น 15 g/L ร่วมกับโซเดียมคลอไรต์ ($NaClO_2$) ความเข้มข้น 50 mg/L หรือสารละลาย CaAs ความเข้มข้น 15 g/L ร่วมกับ $NaClO_2$ ความเข้มข้น 25 mg/L ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นบรรจุลงในถาดพลาสติกพอลิโพรพิลีน และทำการปิดผนึกความร้อนด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิโพรพิลีนชนิด Anti-fog เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน โดยสุ่มตัวอย่างทุกๆ 2 วัน บันทึกข้อมูลด้านคุณภาพ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อโดยใช้เครื่อง Texture analyzer การเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อโดยใช้เครื่อง Colorimeter กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ตามวิธีการของ Lichter *et al*. (2000) ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์โดยใช้เครื่อง Oxygen/carbon dioxide Analyzer และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด รา *E. coli* และ Coliforms โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA), Potato Dextrose Agar (PDA) และ Eosin Methylene Blue Agar (EMB) ตามลำดับ ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SAS version 9) ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผล

การใช้สารละลาย CaAs ความเข้มข้น 15 g/L ร่วมกับ $NaClO_2$ ความเข้มข้น 25 และ 50 mg/L สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อได้ (พิจารณาจากค่า L* a* และ b*) และมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำกว่าชุดควบคุม (Figure 1) แอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภคที่จุ่มในสารละลาย CaAs ร่วมกับ $NaClO_2$ ทุกความเข้มข้นไม่มีผลช่วยในการเพิ่มความกรอบหรือความแน่นเนื้อ ชะลอการสูญเสียน้ำหนักสดของแอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภคได้ (Figure 2A and 2B) และมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าชุดควบคุม แต่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยภายในภาชนะบรรจุภัณฑ์ทุกทรีตเมนต์มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลง (Figure 2C and 2D) สำหรับปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในแอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภคทุกทรีตเมนต์มีน้อยกว่า 6 log CFU/g FW ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเป็นปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทางชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) และพบว่าแอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภคที่จุ่มในสารละลาย CaAs ความเข้มข้น 15 g/L ร่วมกับ $NaClO_2$ ความเข้มข้น 50 mg/L มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดน้อยที่สุด มีปริมาณราน้อยกว่า 2.70 log CFU/g FW ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเป็นปริมาณราที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทางชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารเช่นกัน (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) ตลอดจนมีปริมาณ *E. coli* และ Coliform ไม่เกิน 3 log CFU/g FW ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ซึ่งเป็นปริมาณ *E. coli* และ Coliform ซึ่งอยู่ยังในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2548) (Figure 3)

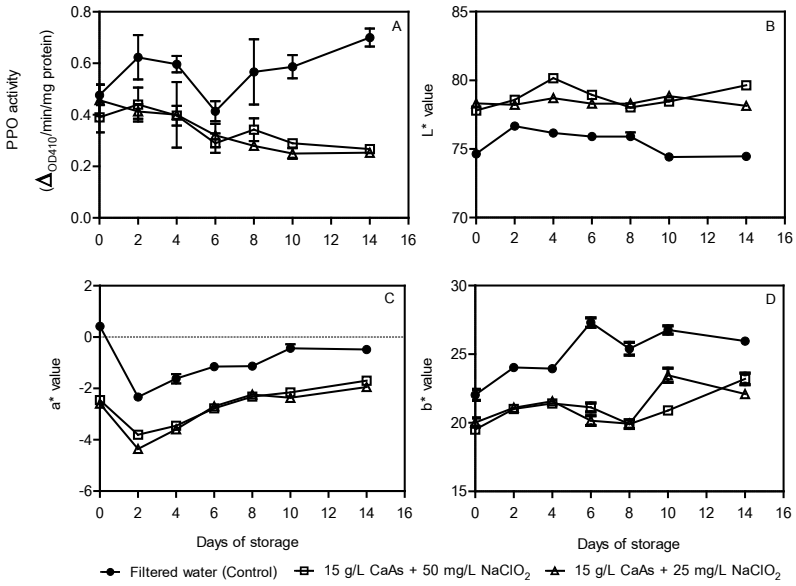

Figure 1 PPO activity (A), The change of L* value (B), a* value (C) and b* value (D) of fresh-cut apple which were dipped in the cold filtered water, cold solution (4°C) of 15 g/L calcium ascorbate (CaAs) combined with 50 or 25 mg/L sodium chlorite ($NaClO_2$) for 5 min and storage at 4 °C for 14 days.

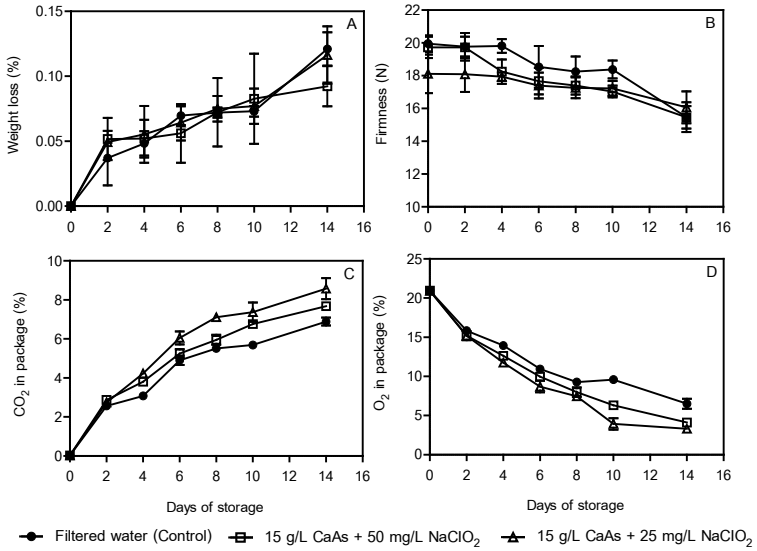

Figure 2 Weight loss (A), firmness (B), CO_2 and O_2 in package (C, D) of fresh-cut apple were dipped in the cold filtered water, cold solution (4°C) of 15 g/L calcium ascorbate (CaAs) combined with 50 or 25 mg/L sodium chlorite ($NaClO_2$) for 5 min and storage at 4 °C for 14 days.

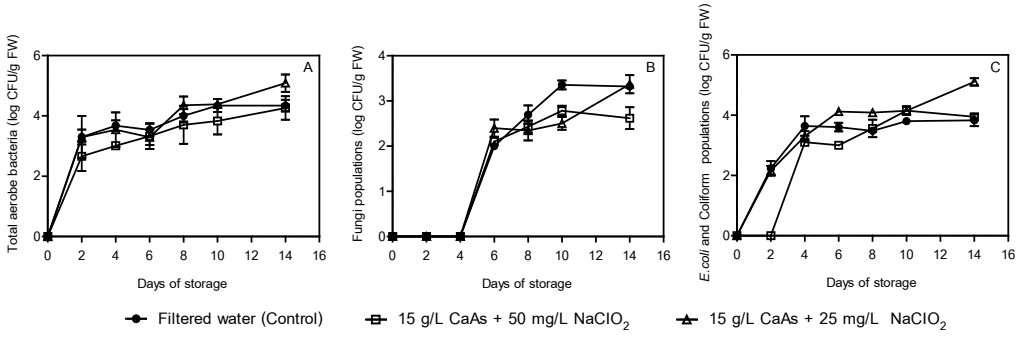

Figure 3 Total aerobe bacteria (A), fungi populations (B) and *E. coli* and Coliform populations (C) of fresh-cut apple were dipped in the cold filtered water, cold solution (4°C) of 15 g/L calcium ascorbate (CaAs) combined with 50 or 25 mg/L sodium chlorite ($NaClO_2$) for 5 min and storage at 4 °C for 14 days.

วิจารณ์ผล

การจุ่มแอปเปิลหั่นชิ้นในสารละลาย CaAs ร่วมกับ $NaClO_2$ สามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ โดย CaAs ทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ควิโนนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ออกซิไดส์สารประกอบฟีนอลเปลี่ยนให้เป็น diphenol (Namiki, 1988) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Karaibrahimoglu et al. (2004) ที่พบว่า CaAs ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของแอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภคได้ Guan and Fan (2010) ยังรายงานว่า $NaClO_2$ มีผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภค เนื่องจาก $NaClO_2$ มีสมบัติเป็น bleaching และมีผลต่อยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของคอปเปอร์ในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งจะช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ ค่าความแน่นเนื้อของแอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภคที่ลดลงเกิดจากการสูญเสียน้ำที่ทำให้แรงดันเต่งในเซลล์ลดลง ส่งผลให้ความแน่นเนื้อลดลง ปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ที่ลดลงแสดงให้เห็นถึงการหายใจแบบใช้ออกซิเจนของแอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภค ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าการใช้สารละลาย CaAs ร่วมกับ $NaClO_2$ ส่งผลกระตุ้นกระบวนการหายใจ (tricarboxylic acid cycle; TCA) ของพืชให้สูงขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Antoniolli *et al*. (2012) ที่พบว่าสับปะรดหั่นชิ้นพร้อมบริโภคที่จุ่มในสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล มีการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุ สำหรับปริมาณจุลินทรีย์ในแอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภคที่ลดลง อาจเป็นผลมาจากกรดคลอรัสที่ได้จากการสลายตัวของ $NaClO_2$ โดยกรดชนิดนี้เป็นสารออกฤทธิ์ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ (Guan and Fan, 2010)

สรุป

การใช้สารละลาย CaAs ความเข้มข้น 15 g/L ร่วมกับสารละลาย $NaClO_2$ ความเข้มข้น 50 mg/L มีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดสีน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงค่า L* a* b* กิจกรรมเอนไซม์ PPO และควบคุมการเจริญของแบคทีเรีย รา *E. coli* และ Coliform ในระหว่างการเก็บรักษาแอปเปิลหั่นชิ้นพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้นาน 6 วัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ขอขอบคุณบริษัท เอ-เบสท์ จำกัด ในการสนับสนุนผลผลิตในการทดลอง และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2553. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (ฉบับที่ 2). กระทรวงสาธารณสุข. 6 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2553. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 453 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2549. ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยสินค้าเกษตรและอาหาร. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช. 9007-2548). กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 37 หน้า.

Antoniolli, L.R., B.C. Benedetti, M.S.M. Souza Filho, D.S. Garruti and M.F. Borges. 2012. Shelf life of minimally processed pineapples treated with ascorbic and citric acids. Bragantia 71: 447-453.

Guan, W. and X. Fan. 2010. Combination of sodium chlorite and calcium propionate reduces enzymatic browning and microbial population of fresh-cut “Granny Smith” apples. Journal of Food Science 75: 72-77.

He, Q., Y. Luo and P. Chen. 2008. Elucidation of the mechanism of enzymatic browning inhibition by sodium chlorite. Food Chemistry 110: 847-851.

Karaibrahimoglu, Y., X. Fan, G.M. Sapers and K. Sokorai. 2004. Effect of pH on the survival of *Listeria innocua* in calcium ascorbate solutions and on quality of fresh-cut apples. Journal of Food Protection 67: 751-757.

Lichter, A., O. Dvir, I. Rot, M. Akerman, R. Regev, A. Wiesblum, E. Fallik, G. Zauberman and Y. Fuchs. 2000. Hot water blushing: an alternative method to SO_2 fumigation for color retention of litchi fruits. Postharvest Biology and Technology 18: 235-244.

Namiki, M. 1988. Chemistry of maillard reaction: Recent studies on the browning reaction mechanism and the development of antioxidants and mutagens. Advances in Food Research 3: 115-184.

Richardson, S.D. 1998. Drinking water disinfection by-products. pp. 1398-1421. *In*: R.A. Meyers (ed.). Encyclopedia of Environmental Analysis and Remediation 3. Wiley. New York.

Soliva-Fortuny, R.C. and O. Martin-Belloso. 2003. New advances in extending the shelf life of fresh-cut fruits: a review. Trends in Food Science and Technology 14: 341-353.