Agricultural Sci. J. 50 : 3 (Suppl.) : 63-66 (2019) ว. วิทย. กษ. 50 : 3 (พิเศษ) : 63-66(2562)

ประสิทธิภาพของแคลเซียมแอสคอร์เบทต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

Efficacy of Calcium Ascorbate on Browning Reduction of Fresh-cut Mango cv. 'Nam Dok Mai'

ณิชาภัทร แก้วมณี[1] มัณฑนา บัวหนอง[1,2] และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1,2]

Nichapat Keawmanee[1], Mantana Buanong[1,2] and Panida Boonyaritthongchai[1,2]

Abstract

The major problems of ripe mango are browning incidence and microbial contamination which limit shelf-life and consumer acceptance. Efficiency of calcium ascorbate solution on reducing browning symptom of fresh-cut mango cv. 'Nam Dok Mai' was investigated. The mangoes were washed, peeled and cut into pieces and then separately dipped in 0 (control), 0.5, 1 and 2% of calcium ascorbate solutions for 1 min. After air dried, they were packed in semi-rigid packaging covered with lid and stored at 4 °C for 6 days. The results showed that calcium ascorbate solutions maintained the color changes expressed as lightness (L*), Hue angle and total color difference (ΔE). The 2% (w/v) of calcium ascorbate treatment maintained firmness of fresh-cut mango. Calcium ascorbate at 1 and 2% (w/v) treated mangoes revealed browning intensity and browning score lower than control set during storage for 6 days. These treatments had storage life for 6 days while as 0.5% calcium ascorbate and control had storage life only 2 days.

Keywords: Browning, Fresh-cut mango, Calcium ascorbate

บทคัดย่อ

ปัญหาหลักของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคได้แก่การเกิดสีน้ำตาลและการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ ส่งผลให้มะม่วงเกิดการเสื่อมเสียอย่างรวดเร็วและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของการใช้สารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทต่อการลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยนำผลมะม่วงสุกที่คัดขนาดและวัยเดียวกัน นำมาล้าง ปอกเปลือก และหั่นชิ้นแล้วนำมาจุ่มในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทที่ความเข้มข้น 0 (น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม), 0.5, 1 และ 2% เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นปล่อยให้สะเด็ดน้ำและบรรจุใส่กล่องพลาสติกแบบกึ่งคงรูปมีฝาปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน พบว่าสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเนื้อมะม่วงสุก ได้แก่ ค่า L* Hue angle และค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ได้ มะม่วงที่จุ่มด้วยสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของชิ้นมะม่วงสุกได้ นอกจากนี้มะม่วงที่จุ่มด้วยสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทที่ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความเข้มของสีน้ำตาล (browning intensity) และคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (browning score) ต่ำกว่าเนื้อมะม่วงสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคทรีตเมนต์อื่น และเก็บรักษาได้เป็นเวลา 6 วัน ในขณะที่เนื้อมะม่วงสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคทรีตเมนต์อื่นเก็บรักษาได้ 2 วัน

คำสำคัญ: การเกิดสีน้ำตาล เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น แคลเซียมแอสคอร์เบท

คำนำ

ผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค (fresh-cut fruit) คือผลไม้ที่ผ่านขั้นตอนต่างๆ ภายหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ การทำความสะอาด การปอกเปลือก การตัดแต่ง และการบรรจุ เป็นต้น โดยผลไม้ยังคงความสดใหม่ เพื่อเป็นการตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันที่มีความเร่งรีบในการดำเนินชีวิต ทำให้ต้องการความสะดวกสบายและรวดเร็วที่สามารถนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไปรับประทานได้ทันที แต่ผลิตภัณฑ์ตัดแต่งพร้อมบริโภคมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น เนื่องจากเซลล์หรือเนื้อเยื่อของพืชถูกทำลายจากกระบวนการตัดแต่ง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่รวดเร็วและมีการเสื่อมเสียได้ง่ายกว่าผัก

[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 Tientalay 25, Thakam, Bangkuntien, Bangkok 10150, Thailand

[2]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400

[2]Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400, Thailand

และผลไม้ที่ยังไม่ได้ผ่านการตัดแต่ง เช่น การเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด (browning) การอ่อนนุ่ม และการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ เป็นต้น การเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ตัดแต่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) เมื่อเซลล์ของผลิตผลผ่านกระบวนการตัดแต่ง ทำให้เอนไซม์ สารที่ทำปฏิกิริยา (substrate) และออกซิเจนเข้ามาสัมผัสกันเกิดเป็นสีน้ำตาลขึ้น เนื้อเยื่อที่ถูกทำลายหรือเกิดบาดแผลสามารถกระตุ้นเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเซลล์ เช่น เอนไซม์ pectinmethylesterase (PME) เอนไซม์ polygalacturonase (PG) และเอนไซม์ cellulase และง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ การใช้สารละลายแคลเซียมเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ผนังเซลล์ และลดอาการสีน้ำตาล โดยแคลเซียม (Ca^{2+}) สามารถเข้าไปจับกับสารประกอบเพคติค (pectic substance) ในผนังเซลล์และ middle lamella ของพืชเป็น calcium pectate ทำให้เซลล์แข็งแรงขึ้น (Degrave *et al*., 2003) งานวิจัยที่ผ่านมามีการนำสารละลายแคลเซียมอนุพันธ์ต่างๆ มาใช้ ซึ่งแคลเซียมแอสคอร์เบทเป็นอนุพันธ์ชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในผลิตผลสดและผลิตผลตัดแต่ง โดยสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทมีรายงานว่าสามารถรักษาความแน่นเนื้อ ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และยืดอายุการเก็บรักษาของผักผลไม้สดและผักสด เช่น แอปเปิ้ล (Wang *et al*., 2007; Aguayo *et al*., 2010; Li *et al*., 2015) เมลอน (Silveira *et al*., 2011) และ มะเขือยาว (Barbagallo *et al*., 2012) ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของแคลเซียมแอสคอร์เบทต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยครั้งนี้ใช้มะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีความแน่นเนื้อ 10-13 นิวตัน โดยการวัดความแน่นเนื้อทั้งผลแบบไม่ทำลาย (Non-destructive Limited Compression Technique) ทำการล้างผลมะม่วงด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที ผึ่งลมให้แห้ง หลังจากนั้นปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้น (ตัดตามขวางของผลจำนวน 8 ชิ้นต่อหนึ่งผล) แล้วนำมาจุ่มในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1 และ 2 เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นปล่อยให้สะเด็ดน้ำและบรรจุใส่กล่องพลาสติกแบบกึ่งคงรูปมีฝาปิดและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลองทุกๆ 2 วัน ดังนี้ ตรวจสอบค่าสี L*, Hue angle และ ΔE โดย colorimeter รุ่น CR-400 ยี่ห้อ Konica minolta ค่าความเข้มของสีน้ำตาล (browning intensity) โดยวัดการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร คะแนนการเกิดสีน้ำตาล (browning score) แสดงการยอมรับของผู้บริโภค โดยการให้คะแนนมีหลักเกณฑ์ดังนี้ คะแนน 1 คือ ไม่เกิดสีน้ำตาล คะแนน 3 คือ เกิดสีน้ำตาลอ่อนร้อยละ 1-25 คะแนน 5 คือ เกิดสีน้ำตาลปานกลางร้อยละ 26-50 คะแนน 7 คือ สีน้ำตาลเข้มร้อยละ 51-75, คะแนน 9 คือ สีน้ำตาลเข้มมากร้อยละ 76-100 ค่าความแน่นเนื้อของชิ้นมะม่วงตัดแต่ง และคะแนนการยอมรับโดยรวม โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Hedonic Scaling 9 point มีหลักเกณฑ์ดังนี้คะแนน 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 2 คือ ไม่ชอบมาก คะแนน 3 คือ ไม่ชอบปานกลาง คะแนน 4 คือ ไม่ชอบเล็กน้อย คะแนน 5 คือ เฉยๆ คะแนน 6 คือ ชอบเล็กน้อย คะแนน 7 คือ ชอบปานกลาง คะแนน 8 คือ ชอบมาก และคะแนน 9 คือ ชอบมากที่สุด วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ Duncan's Multiple Range (DMRT) จำนวน 4 ซ้ำ

ผล

ผลการศึกษาการใช้สารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทเพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าการเปลี่ยนแปลงสีบริเวณผิวของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคทุกทรีตเมนต์มีค่า L* และ Hue angle ลดลงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งค่า L* และค่า Hue angle ที่ลดลงจากผลการทดลองแสดงถึงชิ้นมะม่วงมีสีน้ำตาลคล้ำเพิ่มมากขึ้น (Fig. 1 A และ B) ทรีตเมนต์ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบททุกความเข้มข้นสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* Hue angle และค่าการเปลี่ยนแปลงสีผิวของชิ้นมะม่วง (ΔE) (Fig. 1C) ได้ดีกว่าทรีตเมนต์ควบคุม โดยทรีตเมนต์ที่ให้ผลดีที่สุดคือชิ้นมะม่วงที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 2 นอกจากนี้ยังมีค่าความเข้มของสีน้ำตาล (browning intensity) (Fig. 2B) ต่ำกว่าทรีตเมนต์อื่น แสดงให้เห็นว่าทรีตเมนต์ดังกล่าวมีการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่ามะม่วงทรีตเมนต์โดยมีเส้นเกณฑ์การยอมรับของผู้บริโภคที่คะแนน 4.9 ซึ่งประเมินจากการให้คะแนนของผู้บริโภคจำนวน 40 คน ถ้าได้คะแนนสูงกว่า 4.9 แสดงถึงการไม่ยอมรับของผู้บริโภค จากผลการทดลองพบว่ามะม่วงตัดแต่งที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 2 มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าเส้นเกณฑ์การยอมรับของผู้บริโภคตลอดอายุการเก็บรักษา (Fig. 3A) และมีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน โดยวิเคราะห์จากคะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคซึ่งมีเส้นเกณฑ์การยอมรับของผู้บริโภคที่คะแนน 5 (Fig. 3B) พบว่ามะม่วงตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทความ

เข้มข้นร้อยละ 2 มีคะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคสูงกว่าเส้นเกณฑ์การยอมรับของผู้บริโภคตลอดอายุการเก็บรักษา ในขณะที่มะม่วงตัดแต่งในทรีตเมนต์อื่นมีอายุการเก็บรักษา 4 วัน นอกจากนี้มะม่วงตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 2 มีค่าความแน่นเนื้อสูงว่าทรีตเมนต์อื่น (Fig. 2A)

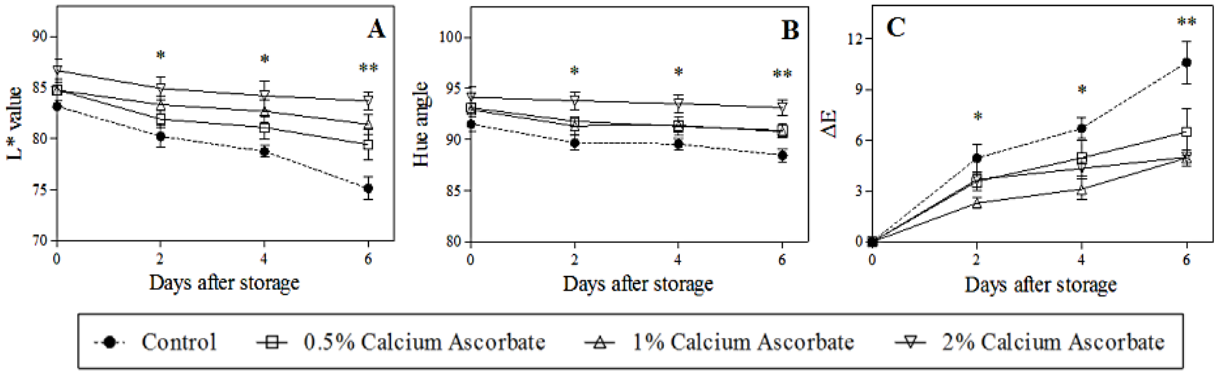

Figure 1 L* value (A), Hue angle (B) and ΔE (C) of fresh cut mango cv. Nam Dok Mai treated with 0% (control), 0.5%, 1% and 2% calcium ascorbate solution packing into semi rigid packaging covered with lid then stored at 4ºC for 6 days.

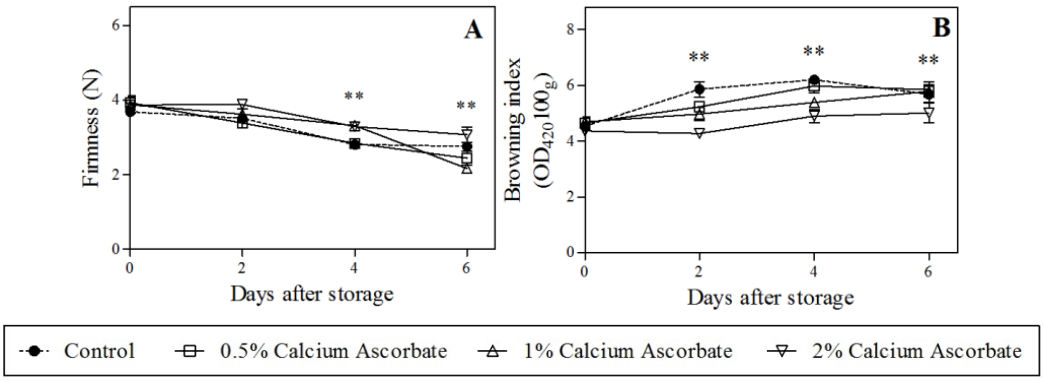

Figure 2 Firmness (A) and Browning intensity (B) of fresh cut mango cv. Nam Dok Mai treated with 0% (control), 0.5%, 1% and 2% calcium ascorbate solution packing into semi rigid packaging covered with lid then stored at 4ºC for 6 days.

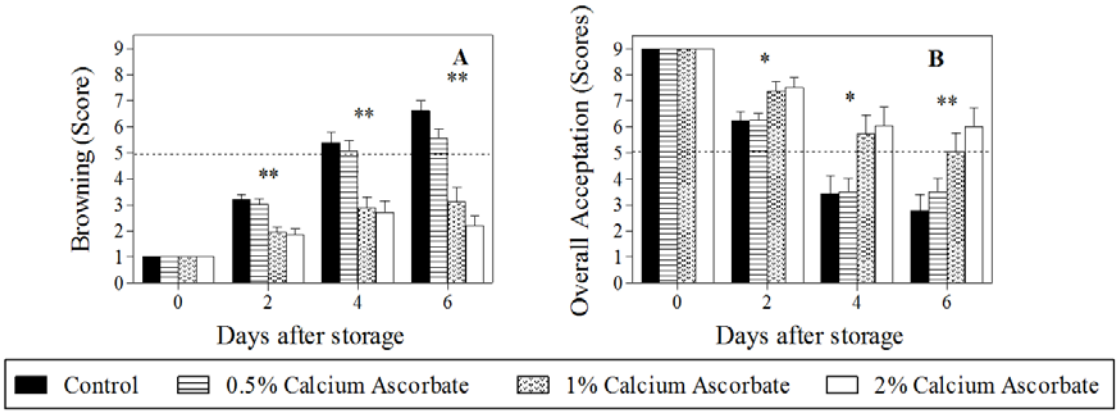

Figure 3 Browning score (A) and Overall acceptation scores (B) of fresh cut mango cv. Nam Dok Mai treated with 0% (control), 0.5%, 1% and 2% calcium ascorbate solution packing into semi rigid packaging covered with lid then stored at 4ºC for 6 days.

วิจารณ์ผล

สารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 2 สามารถชะลอการเกิดอาการสีน้ำตาลที่บริเวณผิวของมะม่วงตัดแต่งและช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เซลล์ได้ เนื่องจากคุณสมบัติของแคลเซียม (Ca^{2+}) สามารถเข้าไปจับกับสารประกอบเพคติค (pectic substance) ในผนังเซลล์และ middle lamella ของพืชเป็น calcium pectate โดยแคลเซียมจะเชื่อมกับหมู่คาร์บอกซิลอิสระของสายโพลิกาแลคตูโลเนส (polygalacturonate polymer) ทำให้เซลล์แข็งแรงขึ้น (Degrave *et al*., 2003) สารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทมีรายงานว่าสามารถรักษาความแน่นเนื้อ ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และยืดอายุการเก็บรักษาของผักผลไม้สดและผักสด เช่น แอปเปิ้ล (Wang *et al*., 2007; Aguayo *et al*., 2010; Li *et al*., 2015) เมลอน (Silveira *et al*., 2011) และ มะเขือยาว (Barbagallo *et al*., 2012) จากงานวิจัยของ Rössle *et al*. (2009) พบว่าแอปเปิ้ลตัดแต่งที่จุ่มด้วยสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทสามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวของชิ้นแอปเปิ้ลตัดแต่งได้ และช่วยรักษาความแน่นเนื้อในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งแคลเซียมอาจจะเข้าไปรักษาความสมบูรณ์ของเซลล์ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์สามารถรักษาการควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆ ได้ (Degrave *et al*., 2003) Fan *et al*. (2005) พบว่าชิ้นแอปเปิ้ลที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 7 สามารถลดปริมาณสารกลุ่มควิโนน (quinones) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation) เปลี่ยนสารประกอบฟีนอลิกในรูปโมโนฟีนอล (monophenol) ไปเป็นไดฟีนอล (diphenol) และการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) โดยมีเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase; PPO) เป็นตัวทำปฏิกิริยา และมีออกซิเจนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนสารกลุ่มไดฟีนอลไปเป็นสารกลุ่มควิโนน (He and Luo, 2007) ซึ่งสารกลุ่มนี้สามารถเกิดการพอลิเมอไรเซชันเป็นสารเมลานิน (melanins) หรือสารที่ให้สีน้ำตาลหรือสีดำกับเนื้อเยื่อพืช

สรุป

มะม่วงที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 2 สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล และรักษาความแน่นเนื้อในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ เมื่อเก็บรักษาในกล่องพลาสติกกึ่งคงรูปที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และมีอายุการเก็บรักษา 6 วัน

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และ The United Graduate School of Agricultural Science (UGSAS) มหาวิทยาลัยกิฟุ ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Aguayo, E., C. Requejo-Jackman, R. Stanley and A. Woolf. 2010. Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. Postharvest Biology and Technology 57: 52-60.

Barbagallo, R.N., M. Chisari and G. Caputa. 2012. Effects of calcium citrate and ascorbate as inhibitors of browning and softening in minimally processed 'Birgah' eggplants. Postharvest Biology and Technology 73: 107-114.

Degrave, P., R. Saurel and Y. Cautel. 2003. Vacuum impregnation pretreatment with pectin methyl esterase to improve firmness of pasteurized fruits. Journal of Food Science 68: 716-721.

Fan, X., B. A. Niemera, J. P. Mettheis, H. Zhuang and D. W. Olson. 2005. Quality of fresh-cut apple slices as affected by low-dose ionizing radiation and calcium ascorbate treatment. Journal of Food Science 70: 143–148.

He, Q. and Y. Luo. 2007. Enzymatic browning and its control in fresh-cut produce. Stewart Postharvest Solutions 6: 1-7.

Li, Y., R.B.H. Wills and J.B. Golding. 2015. Sodium chloride, a cost effective partial replacement of calcium ascorbate and ascorbic acid to inhibit surface browning on fresh-cut apple slices. LWT - Food Science and Technology 64: 503-507.

Rössle, C., T. R. Gormley and F. Butler. 2009. Efficacy of Natureseal® AS1 browning inhibitor in fresh-cut fruit salads applications, with emphasis on apple wedges. Journal of Horticultural Science and Biotechnology ISAFRUIT Special Issue 62–67.

Silveira, A.C., E. Aguayo, M. Chisari and F. Artes. 2011. Calcium salts and heat treatment for quality retention of fresh-cut 'Galia' melon. Postharvest Biology and Technology 62: 77-84.

Wang, H., H. Feng and Y. Luo. 2007. Control of browning and microbial growth on fresh-cut apples by sequential treatment of sanitizers and calcium ascorbate. Journal of Food Science 72: 1-7.