Agricultural Sci. J. 43: 3 (Suppl.): 335-338 (2012) ว. วิทย. กษ. 43: 3 (พิเศษ): 335-338 (2555)

การลดการช้ำและการเกิดสีน้ำตาลในผลละมุดพันธุ์มะกอกโดยใช้กรดแอสคอร์บิก

Reduction of Bruising and Browning in Sapodilla (*Achras sapota* Linn. cv. Makok) Fruit Using Ascorbic Acid

วัชรชัย พรมทับ[1] และ ลำแพน ขวัญพูล[1]

Watcharachai Promtab[1] and Lampan Khurnpoon[1]

Abstract

The reduction of bruising and browning in sapodilla (*Achras sapota* Linn. cv. Makok) fruit using ascorbic acid was studied. Sapodillas at the maturity stage (with brownish-green skin) were dipped in 2, 4 and 6% ascorbic acid solution for 5 minutes. Untreated fruits were regarded as the control. All treatments were then stored at 25±2 and 15±2°C for 6 days. The results showed that dipping in ascorbic acid at all concentrations followed by storage at 15±2°C could effectively delay changes in lightness (L*), chroma, bruised area, skin and flesh browning, weight loss, firmness, and total soluble solids (TSS) with significant differences from the control stored at 15±2°C and all the treatments stored at 25±2°C. However, dipping in 4 and 6% ascorbic acid solution followed by storage at 15±2°C could delay the activities of polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase (POD) with significant differences from the sample dipped in 2% ascorbic acid, the control and all the treatments stored at 25±2°C. It was also found that the degree of bruising and browning was parallel with increases in PPO and POD activities.

Keywords: sapodilla, bruising, browning, ascorbic acid

บทคัดย่อ

ศึกษาการลดการช้ำและการเกิดสีน้ำตาลในผลละมุดพันธุ์มะกอก โดยนำตัวอย่างผลละมุดที่เจริญเต็มวัย (ผิวมีสีเขียวปนน้ำตาล) มาแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิก (ชุดควบคุม) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 และ 15±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน พบว่า การแช่ผลละมุดในสารละลายกรดแอสคอร์บิกทุกความเข้มข้นตามด้วยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ค่าความสดของสี พื้นที่การเกิดรอยช้ำ และการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวและเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำได้ดีที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส และแตกต่างจากทุกทรีตเมนต์ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามพบว่าการแช่ผลละมุดในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส สามารถชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) และ peroxidase (POD) ได้ดีที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุมซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส และทุกทรีตเมนต์ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส และพบว่าความรุนแรงของการเกิดรอยช้ำและการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD

คำสำคัญ: ละมุด การช้ำ การเกิดสีน้ำตาล กรดแอสคอร์บิก

คำนำ

ละมุดจัดเป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีทรงพุ่มขนาดปานกลางมีความสูงต้นเฉลี่ยประมาณ 5-20 เมตร และให้ผลผลิตเฉลี่ย 2,500-3,000 ผลต่อปี (วรรยา และจริงแท้, 2545) แต่ปัญหาที่พบเกี่ยวกับคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลละมุด คือ เมื่อผลแก่เต็มที่แล้วจะมีเปลือกบางมาก และเมื่อผลสุกจะเห็นผลมีรอยช้ำเป็นสีน้ำตาลทั้งผิวด้านนอกและผิวด้านใน ภายหลังจากปอก

[1] หลักสูตรพืชสวน สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

[1] Programme of Horticulture, Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

เปลือกแล้วจะพบรอยช้ำเป็นสีน้ำตาลมากยิ่งขึ้น (เจริญ และคณะ, 2542) และพบว่าความเสียหายของผลละมุดเกิดขึ้นได้ในทุกขั้นตอนของการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ การเก็บเกี่ยว การล้างขัดผิว การย้อมสี การบ่ม การบรรจุ จนกระทั่งการขนส่งไปขายยังตลาด มีผลทำให้ผลละมุดเกิดรอยช้ำเป็นสีน้ำตาลมากยิ่งขึ้น (จริงแท้ และวรรยา, 2551) ซึ่งลักษณะการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากการช้ำในผลไม้ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาสั้น และทำให้คุณค่าทางโภชนาการลดลง (Song *et al*., 2007) การเกิดสีน้ำตาลในผลไม้เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ PPO และ POD ซึ่งที่ผ่านมาได้มีการยับยั้งหรือลดการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้โดยวิธีการแช่เยือกแข็งเพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ากรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซีสามารถยับยั้งหรือลดการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ (จริงแท้, 2549) ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงใช้กรดแอสคอร์บิกลดการช้ำและการเกิดสีน้ำตาลในผลละมุดพันธุ์มะกอกเพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการยับยั้งหรือชะลอการช้ำและการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. คัดเลือกผลละมุดพันธุ์มะกอกที่เจริญเต็มวัย (ผิวมีสีเขียวปนน้ำตาล) ขนาดสม่ำเสมอกันแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที เปรียบเทียบกับผลละมุดที่ไม่ได้แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิก (ชุดควบคุม) แต่ละทรีตเมนต์ใช้ตัวอย่างทั้งหมด 6 ซ้ำ นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 (อุณหภูมิห้อง) และ 15±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน วางแผนการทดลองแบบ 2×4 factorial in CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยบันทึกค่าความสว่างของสี (L*) ค่าองศาของสี (hue angle) และค่าความสดของสี (chroma) ในส่วนของเปลือกและเนื้อผล วัดพื้นที่การเกิดรอยช้ำ (ตารางเซนติเมตร) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์) ค่าความแน่นเนื้อ (นิวตัน) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (เปอร์เซ็นบริกซ์) จากนั้นเก็บตัวอย่างทุกทรีตเมนต์ในตู้แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20±2 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ต่อไป

2. วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ดัดแปลงตามวิธีการของ (Bradford, 1976) โดยใช้สารละลาย bovine serum albumin (BSA) เป็นสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อลิตร ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย comassie blue G-250 ความเข้มข้น 0.0125 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร จะได้สมการเส้นตรงจากกราฟมาตรฐาน คือ $y = ax+b$ ชั่งตัวอย่าง 2.5 กรัม จากนั้นเติมฟอสเฟตบัพเฟอร์ (pH = 7.3) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร บดให้ละเอียดแล้วนำเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000×g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใสที่ได้จากการหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยใช้วิธีการเดียวกันกับการสกัดปริมาณโปรตีนในสารละลายมาตรฐาน นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้แทนค่า y ในสมการเส้นตรงจากกราฟมาตรฐานเมื่อหาปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง

3. วิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ PPO ดัดแปลงตามวิธีการของ (Benjamin and Montgomery, 1973) โดยปิเปตต์ส่วนใสที่ได้จากข้อ 2 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมฟอสเฟตบัพเฟอร์ (pH = 7.0) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 1.2 มิลลิลิตร ตามด้วยสารละลาย catechol ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.7 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ทันทีจนครบ 3 นาที นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้คำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์ โดยเทียบกับปริมาณโปรตีน รายงานค่าเป็นหน่วย unit/mg protein

4. วิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ POD ดัดแปลงตามวิธีการของ (Morita *et al*., 1988) โดยปิเปตต์ส่วนใสที่ได้จากข้อ 2 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมฟอสเฟตบัพเฟอร์ (pH = 7.0) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 0.9 มิลลิลิตร ตามด้วยสารละลาย gauicol ความเข้มข้น 8 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติมไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 24 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร ทันทีจนครบ 3 นาที จากนั้นนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้คำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์ โดยเทียบกับปริมาณโปรตีน รายงานค่าเป็นหน่วย unit/mg protein

ผลการทดลอง

วันแรกของการทดลองผลละมุดจากทุกทรีตเมนต์มีค่าความสว่าง (L*) ค่าองศาของสี ค่าความสดของสีเปลือกและเนื้อ พื้นที่การเกิดรอยช้ำ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ และกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าการแช่ผลละมุดในสารละลายกรดแอสคอร์บิกทุกความเข้มข้นหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน มีค่าความสว่าง (L*) ค่า

องศาของสี และค่าความสดของสีที่เปลือกและเนื้อมากที่สุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส และแตกต่างจากทุกทรีตเมนต์ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส (Table 1) และพบว่าทุกทรีทเมนต์ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน มีพื้นที่การเกิดรอยช้ำน้อยที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับทุกทรีตเมนต์ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส และการแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกทุกความเข้มข้นร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำน้อยที่สุด และมีความแน่นเนื้อมากที่สุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส และแตกต่างจากทุก ทรีตเมนต์ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส สำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD พบว่าการแช่ผลละมุดในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน มีกิจกรรมของเอนไซม์ทั้งสองชนิดน้อยที่สุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุมซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส และแตกต่างจากทุกทรีตเมนต์ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส (Table 2)

Table 1 Effect of ascorbic acid solution on changes in skin colors of sapodilla (*Achras sapota* Linn. cv. Makok) fruit after 6 days in storage at 25±2 and 15±2°C.

Treatments	skin lightness		hue angle		chroma	
	peel	pulp	peel	pulp	peel	pulp
0% ascorbic acid	50.34e[1/]	36.91c[1/]	66.72c[1/]	64.03c[1/]	21.38d[1/]	24.50c[1/]
0% ascorbic acid 15±2°C	55.34b	47.65b	71.87b	77.48b	26.24b	30.44b
2% ascorbic acid	51.45de	41.86c	69.28bc	63.95c	23.06cd	25.79c
2% ascorbic acid 15±2°C	57.25a	60.00a	78.43a	83.66a	30.60a	34.09a
4% ascorbic acid	52.03cd	41.59c	70.39b	64.07c	23.81c	26.86c
4% ascorbic acid 15±2°C	57.85a	60.54a	78.10a	81.52a	31.92a	33.90a
6% ascorbic acid	53.59c	40.04c	71.32b	61.34c	23.30cd	24.01c
6% ascorbic acid 15±2°C	57.96a	58.14a	77.99a	82.33a	29.90a	34.86a
C.V. (%)	3.19	6.30	4.24	5.95	8.29	9.35

Notation
1/ = The same letter in vertical column indicate no statistic all difference level 95% with Duncan Multiple Range Test (DMRT).

Table 2 Effect of ascorbic acid solution on changes in bruised area, weight loss, firmness, TSS, PPO activities and POD activities of sapodilla (*Achras sapota* Linn. cv. Makok) fruit after 6 days in storage at 25±2 and 15±2°C.

Treatments	bruised area (cm^2)	weight loss (%)	firmness (newton)	TSS (%brix)	PPO activities (unit/mg protein)	POD activities (unit/mg protein)
0% ascorbic acid	11.38a[1/]	17.38a[1/]	2.73c[1/]	23.12a[1/]	296.96a[1/]	102.28a[1/]
0% ascorbic acid 15±2°C	1.01c	12.34b	26.87b	18.28bc	224.64c	53.48c
2% ascorbic acid	8.65b	13.39b	3.23c	21.00ab	284.26ab	83.83b
2% ascorbic acid 15±2°C	0.97c	9.19c	32.06a	18.96bc	159.19d	48.70c
4% ascorbic acid	8.07b	13.46b	3.68c	21.20ab	236.52c	50.51c
4% ascorbic acid 15±2°C	0.23c	8.76c	34.83a	18.4bc	90.27e	24.99d
6% ascorbic acid	8.2b	13.17b	3.18c	2.08ab	245.22bc	56.39c
6% ascorbic acid 15±2°C	0.22c	9.43c	34.33a	17.08c	91.04e	29.42d
C.V. (%)	34.52	8.00	23.50	10.11	12.47	15.65

Notation
1/ = The same letter in vertical column indicate no statistic all difference level 95% with Duncan Multiple Range Test (DMRT).

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง พบว่าการแช่ผลละมุดพันธุ์มะกอกในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ความสดของสี และการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวและเนื้อได้ดีที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส และแตกต่างจากทุกทรีตเมนต์ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส เนื่องมาจากกรดแอสคอร์บิกสามารถชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ (จริงแท้, 2549) โดยกรดแอสคอร์บิกจะรีดิวซ์ quinone กลับไปเป็น diphenol ซึ่งจะทำให้ quinone ไม่สามารถรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่กลายเป็นสารสีน้ำตาลที่เรียกว่า melanin (Sapers *et al.*, 1989) และพบว่าการแช่ผลละมุดในสารละลายกรดแอสคอร์บิกทุกความเข้มข้น ตามด้วยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน สามารถชะลอพื้นที่การเกิดรอยช้ำ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำได้ดีที่สุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส และแตกต่างจากทุกทรีตเมนต์ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส เนื่องมาจากอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาไม้ผลเขตร้อน คือ 15±2 องศาเซลเซียส ซึ่งมีผลต่อการลดการเสื่อมสภาพของเซลล์ การสุกของผลิตผล (ดนัย, 2549) และลดอัตราการหายใจทำให้เอนไซม์ขาดออกซิเจนและไม่สามารถทำปฏิกิริยาออกซิไดส์สารประกอบฟีนอลจึงทำให้ไม่มีสีน้ำตาลเกิดขึ้น (จริงแท้, 2549) และพบว่าการแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส สามารถชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ได้ดีที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุมซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส และทุกทรีตเมนต์ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส

สรุป

การแช่ผลละมุดในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ความสดของสี และการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวและเนื้อ พื้นที่การเกิดรอยช้ำ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำได้ดีที่สุด และการแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส สามารถชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ได้ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 451 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช และ วรรยา สุธรรมชัย. 2551. ผลของอายุการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพละมุด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39: 349-360.

เจริญ ขุนพรม, อภิตา บุญศิริ, สมนึก ทองบ่อ, ยุพิน อ่อนศิริ และ ธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์. 2542. ความเสียหายของผลละมุดหลังการเก็บเกี่ยว. ในการประชุมวิชาการเทคนิคของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ครั้งที่ 15 เรื่อง เทคโนโลยีเพื่อคุณภาพผลผลิตทางการเกษตร 2-3 ธันวาคม 2542. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

วรรยา สุธรรมชัย และ จริงแท้ ศิริพานิช. 2545. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผลละมุดของเกษตรกรและคุณภาพของผลละมุดที่ผู้ค้าและผู้บริโภคต้องการ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 33 (พิเศษ): 127-130.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2549. โรคหลังเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 208 หน้า.

Benjamin, N.D. and M.W. Montgomery. 1973. Polyphenol oxidase of royal ann cherries: purification and characterization. Food Science 38: 799-806.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye bind. Analytical and Bioanalytical Chemistry 72: 248-254.

Sapers, G.M., J.G. Hichs, L. Phillips, D. Garzarella, L. Pondish, R.M. Matulaitis, T.J. Mccormack, S.M. Sondey, P.A. Seib and Y.S. Ei-Atawy. 1989. Control of enzymetic browning in apple with ascorbic acid derivatives, polyphenol oxidase inhibitors and complexing agents. Food Science 54: 907-1012.

Song, Y., Y. Yu-xin, Y. Zhia, H. Yuan-peng, D. Chen and W. Shu-wei. 2007. Polyphenolic compound and the degree of browning in processing apple varieties. Agricultural Science in China 6: 607-612.

Morita, T., H. Yamashita, B. Mikami, H. Iwamoto, S. Aibara, M. Terada and J. Minami. 1988. Purification, crystallization, and characterization of peroxidase from *Coprinus cinereus*. Biochemistry 103: 693-699.