

ผลของกรดแอสคอร์บิกต่อการเกิดสีน้ำตาล
และกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส
ของผลลำไยพันธุ์ดอหลังการเก็บเกี่ยว

Effects of Ascorbic Acid on Browning
and Activity of Polyphenol Oxidase
on Postharvest Quality of Longan cv. Daw

ศันสนีย์ กาบบัว^{1/} และธนะชัย พันธุ์เกษมสุข^{1/}
Sunsanee Kabbua^{1/} and Tanachai Pankasemsuk^{1/}

Abstract: The effects of ascorbic acid on postharvest quality of longan cv. Daw fruits was studied by soaking the fruits in 1% ascorbic acid solution for 0 (control), 1, 5, 10, 20 and 30 minutes. Then the fruits were stored at 5 °C. The result showed that the shelf-life of fruits, soaked in 1% ascorbic acid solution for 0, 1, 5, 10, 20 and 30 minutes, were 15, 21, 21, 18, 15 and 15 days respectively. Longan fruits were soaked in 1% ascorbic acid solution for 1 and 5 minutes had fresh weight loss, dry weight, polyphenol oxidase activity and exocarp browning lower than the control. However, they had vitamin C and total phenolics contents higher than the control.

Keywords: Longan, ascorbic acid, browning

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิกต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของลำไยพันธุ์ดอ โดยการแช่ผลลำไยในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 0 (ชุดควบคุม), 1, 5, 10, 20 และ 30 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า ผลลำไยมีอายุการเก็บรักษาได้ 15, 21, 21, 18, 15 และ 15 วัน ตามลำดับ โดยผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 และ 5 นาที มีการสูญเสียน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง เปลือก กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังมีปริมาณวิตามินซี และปริมาณสารประกอบฟีนอลมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ลำไย กรดแอสคอร์บิก การเกิดสีน้ำตาล

^{1/} ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

คำนำ

ลำไยเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย ผลผลิตที่ได้นอกจากจะเป็นที่นิยมภายในประเทศแล้วยังเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ให้แก่ประเทศ เช่น ในปี พ.ศ. 2548 ประเทศไทยส่งออกผลลำไยสดและลำไยแช่แข็ง 134,433 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,198.03 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) ซึ่งมีตลาดที่ส่งออกผลลำไยสด ได้แก่ ฮองกง มาเลเซีย อินโดนีเซีย แคนาดา สิงคโปร์ และจีน (พิทยา และพาวิน, 2545) การผลิตลำไยยังสามารถทำนอกฤดูได้ โดยการใช้สารเคมีกระตุ้นให้ลำไยออกดอก จึงทำให้สามารถผลิตลำไยได้ตลอดปี ทำให้การส่งออกผลลำไยสดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ผลลำไยสดจัดเป็นผลไม้ที่มีอายุการเก็บรักษาสั้นมาก เนื่องจากผลลำไยเกิดการเน่าเสียจากการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ และการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือก เกิดได้เนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase; PPO) เปลี่ยนโมเลกุลของฟีนอลไปเป็น quinone และรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้นและมีสีน้ำตาล (จริงแท้, 2546) นอกจากนี้การสูญเสียสีน้ำตาลหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่ง ที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตผลผลิตที่มีการเก็บรักษา (สายชล, 2528) โดยมีผลต่อการสูญเสียสีน้ำตาล และคุณภาพของผล การใช้สารเคมีเป็นวิธีการชะลอหรือยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ โดยเฉพาะการใช้สารละลายกรด เช่น กรดแอสคอร์บิก สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้โดยกรดแอสคอร์บิกจะปฏิกิริยา quinone ไม่ให้เกิดการรวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่ (จริงแท้, 2546)

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่กรดแอสคอร์บิกต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของลำไยพันธุ์ดอ ซึ่งคาดว่าผลที่ได้จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยให้นานขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี 6 กรรมวิธี แต่ละกรรมวิธีมี 4 ซ้ำ โดยนำผลลำไยพันธุ์ดอจากสวนเกษตรกรในเขตอำเภอบ้านไธสง จังหวัดลำพูน มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แล้วนำผลลำไยแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 1% นาน 1, 5, 10, 20 และ 30 นาที และชุดควบคุมคือไม่แช่ผลลำไยในสารละลายกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 1% จากนั้นผึ่งให้ผิวแห้งในที่อุณหภูมิห้อง นำผลลำไยบรรจุลงในภาตโฟมหุ้มด้วยฟิล์ม polyvinyl chloride แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส บันทึกข้อมูลทุก 3 วัน ดังต่อไปนี้ อายุการเก็บรักษา การสูญเสียสีน้ำตาล น้ำหนักแห้งเปลือก ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณวิตามินซีในเนื้อ กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในเปลือก ปริมาณสารประกอบฟีนอลในเปลือก การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของผิวเปลือกด้านนอก

ผลการทดลอง

อายุการเก็บรักษาพบว่าผลลำไยในชุดควบคุมผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 20 และ 30 นาที มีอายุการเก็บรักษาได้เท่ากันคือ 15 วัน ขณะที่ผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 10 นาที มีอายุการเก็บรักษาได้ 18 วัน ผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 1 และ 5 นาที ที่มีอายุการเก็บรักษาได้เท่ากันคือ 21 วัน

การสูญเสียสีน้ำตาลพบว่าผลลำไยในทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เก็บรักษา โดยเมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน ชุดควบคุม และผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 1, 5, 10, 20 และ 30 นาที มีการสูญเสียสีน้ำตาลเท่ากับ 5.88, 5.52, 5.36, 5.69, 5.78 และ 5.97% ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ โดยผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 1 และ 5 นาที มีการสูญเสีย น้ำหนักสตน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1)

น้ำหนักแห้งเปลือกของผลลำไยในทุกกรรมวิธีเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เก็บรักษา (ภาพที่ 1) โดยเมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน พบว่าชุดควบคุม ผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 1, 5, 10, 20 และ 30 นาที มีน้ำหนักแห้งเปลือกเท่ากับ 80.23, 77.35, 78.27, 78.80, 79.83 และ 80.89% ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1)

ปริมาณวิตามินซีพบว่าผลลำไยในทุกกรรมวิธีมีปริมาณวิตามินซีในช่วง 3 วันแรกของการเก็บรักษาค่อนข้างคงที่ และหลังจากนั้นลดลงอย่างช้า ๆ และหลังจากเก็บรักษานาน 9 วัน ชุดควบคุมผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 20 และ 30 นาที มีปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 2) โดยเมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน พบว่าผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 1 และ 5 นาที มีปริมาณวิตามินซีในเนื้อเท่ากับ 114.35 และ 112.85 มิลลิกรัม/100กรัมน้ำหนักสดตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม และผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 10, 20 และ 30 นาที ซึ่งมีปริมาณวิตามินซีในเนื้อเท่ากับ 105.10, 99.64 และ 100.71 มิลลิกรัม/100กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

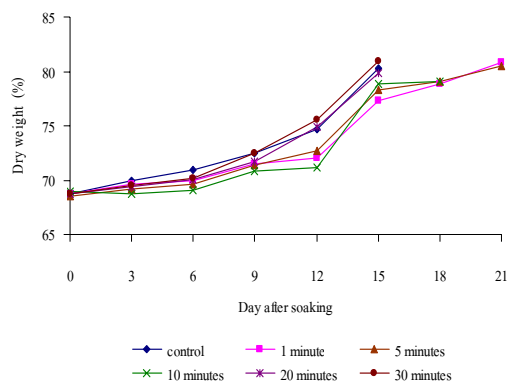


Figure 1 Dry weight of longan cv. Daw fruits soaked in 1% ascorbic acid solution for 0, 1, 5, 10, 20 and 30 minutes.

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ พบว่าลดลงเล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ในช่วง 17.10-19.60 °บริกซ์ (ภาพที่ 3) และเมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน พบว่าผลลำไยในทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

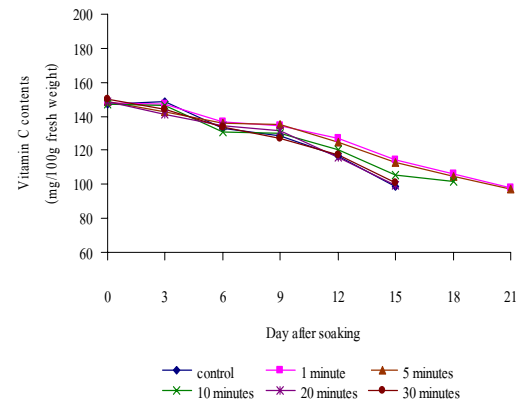


Figure 2 Vitamin C contents of longan cv. Daw fruits soaked in 1% ascorbic acid solution for 0, 1, 5, 10, 20 and 30 minutes.

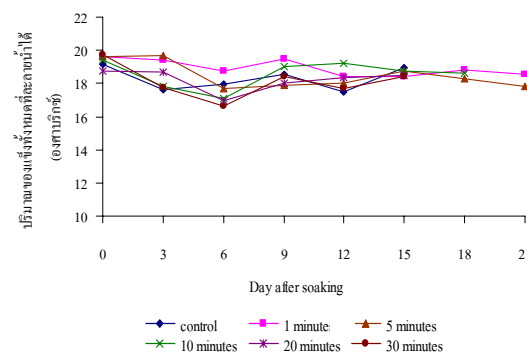


Figure 3 Total soluble solid of longan cv. Daw fruits soaked in 1% ascorbic acid solution for 0, 1, 5, 10, 20 and 30 minutes.

กิจกรรมของเอนไซม์ PPO พบว่าในช่วง 6 วันแรกผลลำไยในทุกกรรมวิธีมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลดลง และหลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในช่วงหลังวันที่ 6 ของการเก็บรักษาผลลำไยที่ไม่ได้แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO สูงกว่าชุดควบคุม (ภาพที่ 4) และเมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน พบว่าชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO สูงสุด คือ 7.38 หน่วย ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 1, 5, 10, 20 และ 30 นาที ที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เท่ากับ 5.77, 5.77, 5.76, 6.67 และ 6.65 หน่วยตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ปริมาณสารประกอบฟีนอล พบว่าในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลในเปลือกของผลลำไยมีค่าค่อนข้างคงที่ ยกเว้นผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 20 นาที ที่ลดลงหลังจากเก็บรักษานาน 3 วัน และหลังจากนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลในเปลือกลดลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 5) เมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน พบว่าผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 1, 5 และ 10 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลเท่ากับ 0.60, 0.65 และ 0.58 มิลลิกรัม/100กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 20 และ 30 นาที ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลเท่ากับ 0.48 และ 0.50 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ

การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของผิวเปลือกด้านนอก พบว่าหลังจากวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 30 นาที เริ่มมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของผิวเปลือกด้านนอก และเมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน ผลลำไยในทุกกรรมวิธีเริ่มมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของผิวเปลือกด้านนอก โดยชุดควบคุม ผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 20 และ 30 นาที มีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของผิวเปลือกด้านนอกเท่ากันคือ 2.25 คะแนน ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยที่

แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 1, 5 และ 10 นาที ที่มีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของผิวเปลือกด้านนอกเท่ากับ 1, 1 และ 1.25 คะแนน ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

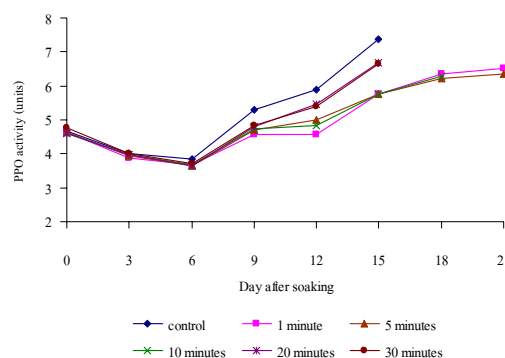


Figure 4 Polyphenol oxidase of longan cv.

Daw fruits soaked in 1% ascorbic acid solution for 0, 1, 5, 10, 20 and 30 minutes.

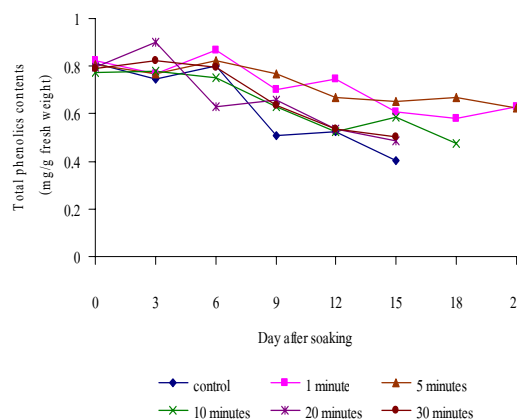


Figure 5 Total phenolic contents of longan cv.

Daw fruits soaked in 1% ascorbic acid solution for 0, 1, 5, 10, 20 and 30 minutes.

Table 1 Fresh weight loss, dry weight and vitamin C contents of longan cv Daw fruits soaked in 1% ascorbic acid solution for 0, 1, 5, 10, 20 and 30 minutes storage 15 days.

Treatment	Fresh weight loss ^{1/} (%)	Dry weight ^{1/} (%)	Vitamin C contents ^{1/} (mg/100g fresh weight)
0 minutes	5.88 ab	80.23 a	98.64 c
1 minutes	5.52 cd	77.35 d	114.35 a
5 minutes	5.36 d	78.27 cd	112.85 a
10 minutes	5.69 bc	78.80 bc	105.10 b
20 minutes	5.78 ab	79.83 ab	99.64 c
30 minutes	5.97 a	80.89 a	100.71 bc
LSD0.05	*	*	*
C.V. (%)	2.85	1.11	3.48

^{1/} The means in the same column followed by different letters were significant difference at P<0.05 by LSD

Table 2 Polyphenol oxidase activity, total phenolics contents and exocarp browning of longan cv. Daw fruits soaked in 1% ascorbic acid solution for 0, 1, 5, 10, 20 and 30 minutes storage 15 days.

Treatment	Polyphenol oxidase activity (unit) ^{1/}	Total phenolics contents ^{1/} (mg/g fresh weight)	Exocarp browning ^{1/} (score)
0 minute	7.38 a	0.40 c	2.25 a
1 minute	5.77 c	0.60 a	1.00 b
5 minutes	5.77 c	0.65 a	1.00 b
10 minutes	5.76 c	0.58 a	1.25 b
20 minutes	6.67 b	0.48 b	2.25 a
30 minutes	6.65 b	0.50 b	2.25 a
LSD0.05	*	*	*
C.V. (%)	2.06	9.64	24.49

^{1/} The means in the same column followed by different letters were significant difference at P<0.05 by LSD

วิจารณ์

ผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 1, 5 และ 10 นาที มีอายุการเก็บรักษานานกว่าชุดควบคุม เนื่องจากมีกรดแอสคอร์บิก ซึ่งมีคุณสมบัติรีดิวซ์สาร o-quinone ให้เปลี่ยนกลับเป็นสาร diphenol ก่อนเกิดปฏิกิริยาต่อไปเป็นสีน้ำตาล

(Walker, 1977) จึงทำให้มีอายุการเก็บรักษานานกว่าชุดควบคุม ส่วนผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 20 และ 30 นาที มีอายุการเก็บรักษา 15 วัน ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดควบคุม น่าจะเป็นผลจากการที่แช่ผลลำไยนานเกินไปทำให้มีการสลายตัวของโครงสร้างเซลล์อย่างต่อเนื่องเป็นผลให้เซลล์สูญเสีย permeability ทำให้เอนไซม์ PPO และสาร

ตั้งต้นเข้าทำปฏิกิริยากันได้ง่าย (Jiang *et al.*, 2002)

การสูญเสียน้ำหนักสด เมื่อเก็บรักษาผลลำไยไว้นานขึ้น ผลลำไยในทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยวยังคงมีการหายใจตลอดเวลา ซึ่งดึงเอาสารอาหารที่สะสมออกไปจากผลิตผล ทำให้ส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์ลดลง และผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาจากต้นยังคงมีการสูญเสียน้ำหนักสดขึ้นตลอดเวลา จึงทำให้น้ำหนักของผลิตผลลดลงด้วย (จริงแท้, 2546) และเมื่อเก็บรักษาผลลำไยไว้นานขึ้น พบว่า ผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 30 นาที มีการสูญเสียน้ำหนักสดสูง ทั้งนี้ น่าจะเป็นผลมาจากเวลาในการแช่ 30 นาที ซึ่งอาจถือว่านานเกินไป อาจทำให้เนื้อเยื่อของผลิตผลเกิดความเสียหาย ส่งเสริมให้มีการหายใจและการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ผลลำไยมีการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นตาม

น้ำหนักแห้งเปลือก ผลลำไยในทุกกรรมวิธีมีน้ำหนักแห้งเปลือกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และเมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน พบว่าชุดควบคุม ผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 20 และ 30 นาที มีน้ำหนักแห้งเปลือกสูง ทั้งนี้ น่าจะเป็นผลมาจากผลลำไยมีการสูญเสียน้ำหนักมากทำให้สัดส่วนของน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น จึงทำให้น้ำหนักแห้งเปลือกเพิ่มสูงขึ้น

ปริมาณวิตามินซี การสูญเสียปริมาณวิตามินซีของผลิตผลมีสาเหตุมาจากการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น ascorbic acid oxidase, polyphenol oxidase และ peroxidase (จริงแท้, 2546; Burton, 1982) และยังเกิดจากกระบวนการออกซิเดชันด้วย การแช่ผลลำไยในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 10, 20 และ 30 นาที ในช่วงหลังมีการสูญเสียวิตามินซีไม่ต่างจากชุดควบคุม ทั้งนี้การแช่ที่นานเกินไปทำให้เกิดความเสียหายแก่เนื้อเยื่อของผลิตผลจึงทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าระยะเวลาในการแช่ผลลำไยในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และเมื่อสิ้นสุดการเก็บ

รักษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้ เนื่องจากผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวยังคงมีการหายใจ จึงมีการใช้น้ำตาลที่เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของลำไยส่วนใหญ่คือน้ำตาล จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลง

กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% ต่ำกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากกรดแอสคอร์บิกไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO โดยทำหน้าที่เป็น chelating agent ซึ่งจะรวมตัวกับไอออนโลหะของเอนไซม์ PPO คือทองแดงที่บริเวณเร่งและเกิดการรีดิวซ์ cupric ion (Cu^{2+}) ของเอนไซม์ให้เปลี่ยนเป็น cuprous ion (Cu^+) ซึ่งเป็นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โดยตรง (Marshall *et al.*, 2000) จึงส่งผลให้กิจกรรมเอนไซม์ลดลง ดังงานวิจัยของ Pongsakul *et al.* (2006) ที่แช่ผลลำไยในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1, 2.5, 5 และ 10 mM พบว่าสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้ 27, 44, 54 และ 100% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม เช่นเดียวกับ Soliva *et al.* (2001) ทดลองจุ่มผลอะโวคาโดพันธุ์ Hass ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 200 มก./กก. พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลดลง 0.4% ส่วนการแช่ผลลำไยในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 20 และ 30 นาที อาจมีการชักนำให้เกิดการสลายตัวของโครงสร้างของเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์สูญเสีย permeability ส่งผลให้เอนไซม์มีกิจกรรมสูงขึ้น

ปริมาณสารประกอบฟีนอลของผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 1, 5 และ 10 นาที สูงกว่าชุดควบคุม ซึ่งสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ที่มีค่าต่ำ ดังนั้นการแช่ผลลำไยในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 1, 5 และ 10 นาที มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ทำให้เอนไซม์ PPO ทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นได้น้อย และแอสคอร์บิกยังมีคุณสมบัติที่เป็นสาร reducing agent ทำการรีดิวซ์สาร o-quinone ให้เปลี่ยนกลับเป็นสาร diphenol ก่อนเกิดปฏิกิริยาต่อไปเป็นสีน้ำตาล (Walker, 1977) จึงทำให้ยังคงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงกว่าชุดควบคุม

การเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเปลือกด้านนอก ของผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 1, 5 และ 10 นาที น้อยกว่าชุดควบคุม เนื่องมาจากกรดแอสคอร์บิกมีคุณสมบัติที่เป็นสาร reducing agent ทำการรีดิวซ์สาร o-quinone ให้เปลี่ยนกลับเป็นสาร diphenol ก่อนเกิดปฏิกิริยาต่อไปเป็นสีน้ำตาล (Walker, 1997) สอดคล้องกับการทดลองของพรอนันต์ (2547) ที่พบว่า การแช่ผลลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 15 นาที สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้นาน 24 วัน เช่นเดียวกับการทดลองของ Son *et al.* (2001) พบว่าเมื่อแช่แอปเปิ้ลตัดแบ่งชิ้นพันธุ์ Liberty ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 3 นาที มีการเกิดสีน้ำตาลต่ำมาก และในผลสาลี่พันธุ์ Barlett ที่แช่สารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 2% นาน 5 นาที พบว่า สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดี โดยเกิดสีน้ำตาลขึ้นเพียง 8% ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน (Gorny *et al.*, 2002) และจากการทดลองพบว่าผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 20 และ 30 นาที มีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากผลลำไยได้รับความเครียดจากระยะเวลาแช่นานเกินไปทำให้มีการสลายตัวของโครงสร้างเซลล์อย่างต่อเนื่อง

เป็นผลให้เซลล์สูญเสีย permeability ทำให้เอนไซม์ PPO และสารตั้งต้นเข้าทำปฏิกิริยากันได้ง่าย (Jiang *et al.*, 2002) ดังการศึกษาในผลลำไยพันธุ์ต่อที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 5 และ 10% นาน 5 นาที แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน พบว่า ผลลำไยมีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (Whangchai *et al.*, 2006) นอกจากนี้ อินทิตรา และคณะ (2545) รายงานว่า ผลลองกองที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.5 และ 1% พบว่าเปลือกผลมีการเกิดสีน้ำตาลขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกับ ผลลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 2.5, 5 และ 10% มีการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลมากกว่าชุดควบคุม (กัญญารัตน์, 2548)

สรุป

1. ผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 0, 1, 5, 10, 20 และ 30 นาที มีอายุการเก็บรักษาได้ 15, 21, 21, 18, 15 และ 15 วันตามลำดับ
2. ผลลำไยที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 1 และ 5 นาทีสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งเปลือก กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือกด้านนอก อีกทั้งยังทำให้ปริมาณวิตามินซีในเนื้อและสารประกอบฟีนอลสูงกว่าชุดควบคุม

เอกสารอ้างอิง

- กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ. 2548. ผลของสารเคมีบางชนิดและอุณหภูมิที่เก็บรักษาต่อการเกิดสีน้ำตาล ของเปลือกลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 234 หน้า.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2546. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า.
- พิทยา สรวมศิริ และพาวิณ มะโนชัย. 2545. การผลิตลำไยนอกฤดูอย่างมืออาชีพ. โรงพิมพ์ธนบรรณการพิมพ์, เชียงใหม่. 64 หน้า.
- พรอนันต์ บุญก่อน. 2547. อิทธิพลของกรรมวิธีรักษาเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี ของผลลิ้นจี่ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 204 หน้า.
- สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ, นครปฐม. 365 หน้า.

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2549. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกลำไย. [ระบบออนไลน์]. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/oaewebsite/oae_imex.php (12 ธันวาคม 2549).
- อินทรา ลิจันทรพร ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2545. ผลของกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริกต่อการเกิดสีน้ำตาลของผลลองกอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 33(6): 119-121.
- Burton, W.G. 1982. Postharvest Physiology of Food Crops. Longman Group, London. 339 pp.
- Gorny, J.R., B. Hess-Pierce, R.A. Cifuentes and A.A. Kader. 2002. Quality changes in fresh-cut pear slices as effected by controlled atmospheres and chemical preservatives. Post. Bio. Tech. 24: 271-278.
- Jiang, Y., Z. Zhang, D.C. Joyce and S. Ketsa. 2002. Postharvest biology and Handling of longan fruit (*Dimocarpus longan* Lour.). Post. Bio. Tech. 26: 241-252.
- Marshall, M.R., J. Kim and C.I. Wei. 2000. Enzymatic browning in fruits, vegetables and seafoods. [Online]. Available: <http://www.fao.org/ag/ags/agsi/ENZYMEFIN/AL/Enzymatic%20Browning.html> (November 12, 2006).
- Pongsakul N., B. Leelasart and N. Rakariyatham. 2006. Effect of L-cysteine, potassium metabisulfite, ascorbic acid and citric acid on inhibition of enzymatic browning in longan. Chiang Mai J. Sci. 33: 137-141.
- Soliva, R.C., P. Elez, M. Sebastian and O. Martin. 2000. Evaluation of browning effect on avocado puree preserved by combined methods. Innov. Food Sci. Emer. Tech. 1: 261-268.
- Son, S.M., K.D. Moon and C.Y. Lee. 2001. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. Food Chem. 73: 23-30.
- Walker, J.R.L. 1977. Enzymatic browning in foods: its chemistry and control. Food Technol. 12: 19-25.
- Whangchai, K., K. Saengnil and J. Uthaibutra. 2006. Effect of ozone in combination with some organic acids on the control of postharvest decay and pericarp browning of longan fruit. Crop Protection 25: 821-825.