

ผลของความร้อนต่อการสั่นไหว ของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

Effect of Heat Treatment on Chilling Injury of Mango cv. Choke A-nan

ธนศวร์ สวีระแก้ว และคณัย บุญเกียรติ

Thanade Seerakaew and Danai Boonyakiat

Abstract : Effect of heat treatment on chilling injury of mango cv. Choke A-nan was studied. Mango fruits were treated with hot air at 34 and 38°C for 24, 48 or 72 hours prior to be stored at 5°C for 10, 20 and 30 days. The results showed that mango stored at 5°C for 30 days showed symptoms of chilling injury which were darker skin than normal, surface pitting and more decay. Electrolyte leakage can be used to determine the severity of chilling injury. The chilling injury mango had higher electrolyte leakage, lower level of total soluble solids, higher level of titratable acids, lower ability in changing skin and flesh colour, higher disease incidence and lower quality of fruit than the normal ripe-mango at 25°C. Hot air treatment at 34°C for 24 or 48 hours and at 38°C for 24 hours prior to be stored at 5°C for 10 and 20 days were able to reduce symptoms of chilling injury. However, the mango lost more weight and flesh firmness than untreated fruit.

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ : การศึกษาผลของความร้อนต่อการสะท้อนหนาวของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ โดยการอบด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 34 และ 38 องศาเซลเซียส นาน 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 10, 20 และ 30 วัน ผลการทดลองปรากฏว่า ผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 วัน แสดงอาการสะท้อนหนาว คือมีสีผิวคล้ำกว่าปกติ เนื้อเยื่อของผลเกิดการยุบตัว และเกิดการเน่าเสียมาก การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์สามารถบ่งชี้ความรุนแรงของอาการสะท้อนหนาวได้ โดยพบว่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เพิ่มมากขึ้นเมื่อผลมะม่วงแสดงอาการสะท้อนหนาว ผลมะม่วงที่แสดงอาการสะท้อนหนาวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูง ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงสีผิวและสีเนื้อลดลง มีการเน่าเสียมากขึ้น และคุณภาพของผลต่ำกว่าผลมะม่วงที่สุกตามปกติที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส การใช้อากาศร้อนที่อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส นาน 24 หรือ 48 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง กับผลมะม่วงก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 10 และ 20 วัน สามารถลดอาการสะท้อนหนาวของผลมะม่วงได้ แต่ผลมะม่วงมีการสูญเสียน้ำหนักสูง และมีความแน่นเนื้อต่ำกว่าผลมะม่วงที่สุกตามปกติ

บทนำ

มะม่วงจัดเป็นผลไม้เขตร้อนชนิดหนึ่งที่อ่อนแอต่ออาการสะท้อนหนาวโดยสีผิวของเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวปนเทา และเนื้อบางส่วนมีสีคล้ำ ซึ่งอาจเป็นสีม่วงหรือสีเทา บางครั้งผลมะม่วงดิบอาจไม่แสดงอาการที่ผิว แต่อาจแสดงอาการที่เนื้อติดกับเมล็ด ซึ่งจะเกิดสีเทาหรือสีดำคล้ำ ผลมะม่วงอาจสุกผิดปกติ รสชาติผิดปกติ เนื้อพัฒนาไม่สมบูรณ์ เกิดรอยบุ๋มที่ผิว (surface pitting) และเน่าเสียง่าย ความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดเนื่องจากอาการสะท้อนหนาวขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความยาวนานของผลมะม่วงที่ได้รับอุณหภูมิต่ำ (คณัย, 2534) เช่น มะม่วงพันธุ์เฮเดนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 5 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน แล้วนำผลมะม่วงมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส แสดงอาการยุบตัวที่ผิวของผลมากกว่าผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (Fuchs *et al.*, 1989) และผลมะม่วงสุกจะมีความต้านทานต่อการ

สะท้อนหนาวมากกว่าผลมะม่วงดิบ (Medlicott *et al.*, 1990) ผลมะม่วงที่เกิดอาการสะท้อนหนาวมีค่า pH ต่ำ และปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้สูง ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่าผลสุกตามปกติ (Chaplin *et al.*, 1991)

การลดอาการสะท้อนหนาวเป็นการช่วยเพิ่มความทนทานของเนื้อเยื่อพืชต่ออุณหภูมิต่ำก่อนการเก็บรักษา ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีการ เช่น การใช้อุณหภูมิสูงก่อนการเก็บรักษา การใช้อากาศร้อนที่อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียสก่อนการเก็บรักษา จะช่วยเพิ่มความทนทานต่อการสะท้อนหนาวของเนื้อเยื่อ (Lafuente *et al.*, 1991) เช่น นำผลมะม่วงไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ นาน 24 และ 48 ชั่วโมง แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 11 วัน แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่าผลมะม่วงที่ได้รับอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ก่อนการเก็บรักษาเกิดความเสียหายจากอาการสะท้อนหนาว

เก็บรักษาเกิดความเสียหายจากอาการสะท้านหนาวลดลง (McCollum *et al.*, 1993) ซึ่งการใช้อุณหภูมิสูงกับผลิตผลก่อนการเก็บรักษา สามารถลดอาการสะท้านหนาวได้ เนื่องจากอุณหภูมิสูงนั้น ทำให้เนื้อเยื่อพืชมีการสร้าง โปรตีนพิเศษขึ้นมา เรียกว่า heat shock protein (hsp) (Whitaker, 1993) เช่น มะเขือเทศที่ได้รับอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน ก่อนการเก็บรักษาแสดงอาการสะท้านหนาวลดลง และผลมะเขือเทศที่ได้รับความร้อนมี hsp เพิ่มขึ้นทำให้ทนต่ออาการสะท้านหนาวได้ (Lurie *et al.*, 1993)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของความร้อนต่ออาการสะท้านหนาวและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ (2x3x3)+3+1 มีทั้งหมด 22 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำแต่ละซ้ำประกอบด้วยผลมะม่วง 8 ผล ทำการศึกษา 3 ปัจจัย คือ

- ปัจจัยที่ 1 ระดับความร้อน 2 ระดับ คือ 34 และ 38 องศาเซลเซียส
 ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาที่ได้รับความร้อน 3 ระดับ คือ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง
 ปัจจัยที่ 3 ระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มี 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 30 วัน

วิธีการทดลอง

นำผลมะม่วงบรรจุในถุงพลาสติก ขนาด 20x30 นิ้ว เจาะรูขนาด 1 เซนติเมตร จำนวน 4 รูต่อถุง ปิดปากถุงแล้วนำผลมะม่วงไปใส่ในตู้ซึ่งปรับอุณหภูมิของอากาศให้เท่ากับ 34 และ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เมื่อถึงเวลาที่กำหนดแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 10, 20 และ 30 วัน จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส บันทึกผลการทดลองในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (control) และผลมะม่วงที่สุกตามปกติที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (check)

การบันทึกผลการทดลอง

การร้าวไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ (ตามวิธีการของ Cote *et al.*, 1993) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ วัดความแน่นเนื้อของผล โดยใช้ firmness tester (Metek Hunter Spring, Model LKG-10, 0.1 kg/div.) หัวเจาะรูปกรวย ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.65 เซนติเมตร และความสูงเอียง 0.7 เซนติเมตร อ่านค่าได้เป็นหน่วยกิโลกรัม การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีผิว พิจารณาตามระบบคะแนน 1-6 (1=เขียว และ 6=ผิวมีสีเหลือง มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ของผล) การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของผล โดยพิจารณาตามระบบคะแนน 1-4 (1=ขาว และ 4=เหลืองเข้ม) ลักษณะผิดปกติของสีผิว และสีเนื้อ ประเมินการเกิดโรคของผลมะม่วง พิจารณาตามระบบคะแนน 1-4 (1=สภาพผลสมบูรณ์ ไม่มีโรค

มิลลิเมตรขึ้นไป ซึ่งเกิดโรครามาก (จำหน่ายไม่ได้) ประเมินคุณภาพด้วยการชิม (taste panel assessments) โดยการประเมินเนื้อในแง่รสชาติ (taste) กลิ่น (flavour) และการยอมรับทั่วไป (general acceptability) โดยให้คะแนน 1-9 คือ (1=ไม่ชอบมากที่สุด และ 9=ชอบที่สุด)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การร่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์

ผลมะม่วงที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน มีการร่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์สูงสุดเท่ากับ 60.35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างจากผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 38 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน ซึ่งมีการร่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เท่ากับ 53.32 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นๆ ส่วนผลมะม่วงที่สุกตามปกติ มีการร่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เท่ากับ 26.97 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างจากผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 34 องศาเซลเซียส นาน 24 และ 48 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 10 และ 20 วัน และผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 38 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 และ 20 วัน (ตารางที่ 1) ซึ่ง McCollum *et al.*, (1993) รายงานว่า การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 24 และ 48 ชั่วโมง ก่อนนำผลมะม่วงไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 11 วัน แล้วนำผลมะม่วงมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าการให้ความร้อนก่อน

การเก็บรักษาสามารถลดอาการสะท้อนหนาวของผลมะม่วงได้ อาจเนื่องมาจากการใช้ความร้อนนั้นทำให้เนื้อเยื่อของพืชมีการสร้างโปรตีนพิเศษขึ้นมาเรียกว่า heat shock protein (Whitaker, 1993) โดยโปรตีนชนิดนี้ช่วยป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับโปรตีนในเซลล์ และโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับเยื่อหุ้มและยังช่วยป้องกันเอนไซม์ และโปรตีนไม่ให้เกิดความเสียหายหรือหยุดทำงานในขณะที่เก็บรักษา ผลผลิตที่อุณหภูมิต่ำ (Lafuente *et al.*, 1991) เช่น การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน กับมะเขือเทศก่อนการเก็บรักษา สามารถลดอาการสะท้อนหนาวได้ และพบว่าผลมะเขือเทศที่ได้รับความร้อนมี heat shock protein เพิ่มขึ้นทำให้ผลมะเขือเทศทนต่ออาการสะท้อนหนาวได้ (Lurie *et al.*, 1993)

ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 38 องศาเซลเซียสมีการร่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เท่ากับ 37.74 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 34 องศาเซลเซียส ก่อนการเก็บรักษา ซึ่งมีการร่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เท่ากับ 30.43 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาที่ผลมะม่วงได้รับความร้อนมีปริมาณการร่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนนาน 72 ชั่วโมง มีการร่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เท่ากับ 40.50 เปอร์เซ็นต์ และผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนนาน 24 ชั่วโมง มีการร่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ต่ำสุดคือ 29.36 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการใช้ความร้อนสูงขึ้นและระยะเวลาที่ผลมะม่วงได้รับความร้อนนานขึ้นเป็นสาเหตุ ทำให้เนื้อเยื่อของผลถูกทำลาย (Porritt and Lidster, 1978) และการที่ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 38 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง

Table 1 **Electrolyte leakage (EL), total soluble solids (TSS), titratable acids (TA), flesh firmness and weight loss of mango fruits treated with hot air at 34 and 38°C for 24, 48 and 72 hours before storage at 5°C for 10, 20 and 30 days and ripened at 25°C for 6 days.**

Temperature (°C)	Heat duration (hours)	Storage time (days)	EL (%)	TSS (°brix)	TA (%)	Firmness (kg)	Weight loss (%)
34	24	10	23.48e ^{1/}	18.28a	1.12c	0.36c	17.91c
		20	25.02e	16.65a	1.08c	0.38c	18.86c
		30	36.23c	14.85b	1.36c	0.25c	25.64a
	48	10	25.02e	16.90c	1.07c	0.55b	16.23d
		20	22.85e	17.65b	1.50b	0.45b	18.33c
		30	34.69c	16.60c	1.69b	0.30c	24.44a
	72	10	30.49d	15.25d	1.81c	0.41b	15.66d
		20	31.70d	14.20e	2.00b	1.04a	14.57d
		30	44.23b	14.90e	2.03b	0.28c	24.48a
38	24	10	25.72e	18.45a	0.86c	0.33c	20.08c
		20	25.93e	18.40a	0.93c	0.34c	17.10d
		30	39.72b	17.85b	1.63b	0.30c	27.23a
	48	10	30.49d	17.40b	0.91c	0.54b	18.43c
		20	36.96c	18.80a	1.38c	0.45b	16.10d
		30	44.20b	16.10c	2.04b	0.25c	26.04a
	72	10	37.53c	15.70d	1.54b	0.63b	14.84d
		20	45.76b	15.90d	1.95b	0.25c	14.74d
		30	53.32a	14.45e	2.63a	0.43b	22.76b
Untreated mango fruits (control)		10	36.04c	16.95c	0.88c	0.30c	15.74d
		20	43.14b	13.55e	1.09c	0.49b	17.66c
		30	60.35a	13.20e	2.63a	0.21c	19.20c
Normal-ripe mango fruits at 25 °C (check)			26.97e	17.60b	1.30c	0.91a	9.55e
LSD 0.05			7.18	1.55	0.62	0.18	2.71
CV (%)			14.35	6.58	28.68	32.89	10.11

^{1/} Means within column followed by different superscript are significantly different at $P < 0.05$

ทำให้โปรตีนในผลเปลี่ยนสภาพ ซึ่งเชื้อหุ้มเซลล์มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบ และเมื่อโปรตีนเปลี่ยนสภาพไป ทำให้เชื้อหุ้มเซลล์เสื่อมสภาพหรือเกิดความเสียหาย ทำให้เซลล์ยอมให้สารผ่านเข้าออกได้ง่าย ซึ่งวัดความเสียหายของเชื้อหุ้มเซลล์ได้โดยวัดปริมาณการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์ ซึ่งมีค่าสูงขึ้นเมื่อเชื้อหุ้มเซลล์เกิดความเสียหาย หรือเกิดอาการสะท้านหนาว (L'Heureux *et al.*, 1993; Cote *et al.*, 1993) ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ปรากฏว่า ผลมะม่วงที่เก็บรักษานาน 30 วัน มีการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์สูงสุดคือ 42.06 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะเวลาที่เก็บรักษานาน 20 และ 10 วัน (ตารางที่ 2) ซึ่งสันต์ (2538) รายงานว่า ผลลิ้นจี่ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0-7.5 องศาเซลเซียส มีการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์เกิดจากอุณหภูมิต่ำทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของฟอสโฟไลปิด ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเชื้อหุ้มเซลล์ ทำให้เซลล์เกิดความเสียหายและยอมให้สารผ่านเข้าออกได้ง่าย จึงทำให้มีการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์มาก (L'Heureux *et al.*, 1993)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 34 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 10 และ 20 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 18.28 และ 19.65 องศาบริกซ์ ซึ่งไม่แตกต่างจากปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 38 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 10 และ 20 วัน หรือผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 38 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 วัน ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 18.45, 18.40 และ 18.80 องศาบริกซ์ ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกรรมวิธีอื่นๆ ส่วนผลมะม่วงที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำสุดคือ 13.20 องศาบริกซ์ ในขณะที่ผลมะม่วงที่สุกตามปกติที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 17.60 องศาบริกซ์ (ตารางที่ 1) ซึ่ง McCollum *et al.* (1993) รายงานว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 หรือ 48 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11 วัน มีมากกว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษา

Table 2 Effect of temperature, heat duration and storage time on electrolyte leakage (EL), total soluble solids (TSS), titratable acids (TA), flesh firmness and weight loss of mango fruits.

Temperature (°C)(factor 1)	EL (%)	TSS (°brix)	TA (%)	Firmness (kg)	Weight loss (%)
34	30.43b ¹	16.77	1.52	0.45	19.79
38	37.74a	17.01	1.54	0.39	19.70
LSD _{0.05}	2.37*	0.47ns	0.19ns	0.06ns	0.91ns
Heat duration (hours.)(factor 2)	EL (%)	TSS (°brix)	TA (%)	Firmness (kg)	Weight loss (%)
24	29.36c	18.35a	1.16c	0.33c	21.30a
48	32.40b	17.24b	1.43b	0.42b	19.93b
72	40.50a	15.07c	1.99a	0.50a	18.01c
LSD _{0.05}	2.91	0.57	0.23	0.08	1.12
Storage time(days) (factor 3)	EL (%)	TSS (°brix)	TA (%)	Firmness (kg)	Weight loss (%)
10	28.83c	17.00a	1.22b	0.47a	17.19b
20	31.37b	17.43a	1.58a	0.18a	16.62b
30	42.06a	16.23b	1.78a	0.30b	25.43a
LSD _{0.05}	2.91	0.57	0.23	0.08	1.12
factor 1	*	ns	ns	ns	ns
factor 2	*	*	*	*	*
factor 3	*	*	*	*	*
1x2	*	ns	ns	ns	ns
1x3	ns	ns	ns	*	ns
2x3	ns	ns	*	ns	ns
1x2x3	ns	ns	ns	*	ns
CV(%)	14.73	2.80	25.31	32.39	9.79

^{1/} Means within column followed by different superscript are significantly different at P<0.05

*= significantly (P<0.05)

ns= not significantly difference(P<0.05)

ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 34 และ 38 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 16.77 และ 17.01 องศาบริกซ์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ระยะเวลาที่ผลมะม่วงได้รับความร้อนทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนนาน 24 ชั่วโมง มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 18.35 องศาบริกซ์ รองลงมาคือผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนนาน 48 ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 17.24 องศาบริกซ์ McCollum *et al.* (1993) รายงานว่าผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 38 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่าผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 38 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ในขณะที่ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน นาน 72 ชั่วโมงก่อนการเก็บรักษามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำสุดคือ 15.07 องศาบริกซ์ เนื่องจากผลมะม่วงมีการสุกผิดปกติ ซึ่งการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ทำให้เนื้อเยื่อของผลเสียหายได้ (จริงแท้, 2538) ส่วนผลมะม่วงซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 10 และ 20 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 17.00 และ 17.43 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลมะม่วงที่เก็บรักษานาน 30 วัน ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำสุด คือ 16.23 องศาบริกซ์ (ตารางที่ 2) เนื่องมาจากผลมะม่วงที่เก็บรักษานาน 30 วัน มีอาการสะท้านหนาวเกิดขึ้น ซึ่งมะม่วงพันธุ์ Keitt ในขณะที่เกิดอาการสะท้านหนาวนั้น มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่าผลสุกตามปกติ (Chaplin *et al.*, 1991)

ปริมาณกรดที่ไคเตรทได้

ผลมะม่วงที่ไม่ได้รับความร้อนและได้รับความร้อน 38 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมงก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน มีปริมาณกรดที่ไคเตรทได้สูงสุดเท่ากับ 2.63 และ 2.63 เปอร์เซ็นต์เท่ากัน ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกรรมวิธีอื่นๆ ในขณะที่ผลมะม่วงที่สุกตามปกติที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดที่ไคเตรทได้ เท่ากับ 1.30 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1)

การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 34 และ 38 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อปริมาณกรดที่ไคเตรทได้ คือ มีปริมาณกรดที่ไคเตรทได้เท่ากับ 1.52 และ 1.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ระยะเวลาที่ผลมะม่วงได้รับความร้อนทำให้ปริมาณกรดที่ไคเตรทได้ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง มีปริมาณกรดที่ไคเตรทได้สูงสุดเท่ากับ 1.99 เปอร์เซ็นต์ และผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน นาน 24 ชั่วโมง มีปริมาณกรดที่ไคเตรทได้ต่ำสุดคือ 1.16 เปอร์เซ็นต์ Lizada (1991) รายงานว่าผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน มีการลดลงของกรดที่ไคเตรทได้ต่ำกว่าปกติ ส่วนผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน มีปริมาณกรดที่ไคเตรทได้ต่ำสุดคือ 1.22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากผลมะม่วงที่เก็บรักษานาน 20 และ 30 วัน ซึ่งมีปริมาณกรดที่ไคเตรทได้เท่ากับ 1.58 และ 1.78 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่ง O'Hare and Prasad (1993) รายงานว่าการเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส นาน 0-5 สัปดาห์ ทำให้ปริมาณกรดที่ไคเตรทได้ของผลมะม่วงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาและ

Chaplin *et al.* (1991) รายงานว่า การเก็บรักษา มะม่วงพันธุ์ Kensington ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 และ 4 สัปดาห์ ทำให้ปริมาณกรดมาลิกเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ ผลมะม่วงที่เก็บรักษานาน 1 สัปดาห์ มีปริมาณกรดประมาณ 0.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลมะม่วงที่เก็บรักษา 4 สัปดาห์ มีปริมาณกรดประมาณ 1.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสาเหตุมาจากอุณหภูมิต่ำยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางเคมีบางอย่างของผลมะม่วง

ความแน่นเนื้อ

ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 วัน มีความแน่นเนื้อสูงสุดคือ 1.04 กิโลกรัม ซึ่งไม่แตกต่างจากผลมะม่วงที่สุกตามปกติที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความแน่นเนื้อเท่ากับ 0.91 กิโลกรัม แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกรรมวิธีอื่นๆ ส่วนผลมะม่วงที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 วัน มีความแน่นเนื้อต่ำสุดคือ 0.21 กิโลกรัม (ตารางที่ 1) ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 34 และ 38 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อ ไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 0.45 และ 0.39 กิโลกรัม ตามลำดับ แต่ระยะเวลาที่ผลมะม่วงได้รับความร้อน ทำให้ความแน่นเนื้อของผลมะม่วง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ผลมะม่วงได้รับความร้อนนาน 72 ชั่วโมง มีความแน่นเนื้อสูงสุด คือ 0.50 กิโลกรัม

ในขณะที่ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนนาน 24 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษา มีความแน่นเนื้อสูงสุดคือ 0.33 กิโลกรัม ซึ่งผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนนานขึ้น จะมีความแน่นเนื้อของผลมากกว่าผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนเป็นระยะเวลาสั้น เนื่องจากความร้อน มีผลทำให้เอนไซม์ที่จะมาสลายเพคตินทำงานได้ช้าลง (Porratt and Lidster 1987) นอกจากนี้ Klein *et al.* (1990) รายงานว่าแอปเปิลที่ได้รับความร้อนมีปริมาณเพคตินในเนื้อเยื่อสูงกว่าผลที่ไม่ได้รับความร้อน ในขณะที่ปริมาณเพคตินที่ละลายน้ำมีปริมาณต่ำกว่า ซึ่งทำให้ผลที่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษา มีความแน่นเนื้อสูงกว่าผลที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษาเช่นเดียวกับ Conway *et al.* (1994) รายงานว่าผลแอปเปิลที่ได้รับความร้อน 38 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน ก่อนการเก็บรักษาที่ 0 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน มีความแน่นเนื้อสูงกว่าผลแอปเปิลที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษา ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษาผลมะม่วง ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 10 และ 20 วัน มีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน คือ 0.47 และ 0.48 กิโลกรัมตามลำดับ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะเวลาการเก็บรักษานาน 30 วัน ซึ่งมีความแน่นเนื้อต่ำสุดคือ 0.30 กิโลกรัม (ตารางที่ 2) ซึ่ง Klein *et al.* (1990) รายงานว่าความแน่นเนื้อของแอปเปิลจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 2 เดือน ผลแอปเปิลมีความแน่นเนื้อเท่ากับ 67 N และ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเป็นระยะเวลา 6 เดือน ผลแอปเปิลมีความแน่นเนื้อเท่ากับ 58 N

การสูญเสียน้ำหนัก

ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 38 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดคือ 27.23 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างจากผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง หรือผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 34 องศาเซลเซียส นาน 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน ซึ่งการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 26.04, 26.64, 24.44 และ 25.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ผลมะม่วงไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 20 และ 30 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน คือมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 17.66 และ 19.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนผลมะม่วงที่สุกตามปกติที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 9.55 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) ซึ่ง Klein and Lurie (1990) รายงานว่า การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 4 วันกับผลแอปเปิลก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ทำให้แอปเปิลมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น

ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 34 และ 38 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน คือมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 19.97 และ 19.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ระยะเวลาที่ผลมะม่วงได้รับความร้อนทำให้การสูญเสียน้ำหนักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนนาน 48 และ 72 ชั่วโมง มีการ

สูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 19.93 และ 18.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนเป็นระยะเวลานาน 72 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษา มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง Dietz *et al.* (1988) รายงานว่า การสูญเสียน้ำหนักเป็นผลมาจากการหายใจของผลผลิต และแพร่กระจายของไอน้ำ ผ่านกิวติเคิลที่เคลือบผิวทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักของผลระหว่างการเก็บรักษาและการสุก ซึ่งจากการทดลองพบว่า ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง การสุกของผลจะผิดปกติทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งมีการสุกของผลตามปกติ ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากผลมะม่วงที่ได้รับอุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานานเกินไปจะทำให้อัตราการหายใจลดลง ทั้งนี้เพราะโปรตีน หรือเอนไซม์ต่างๆ ที่จำเป็นในกระบวนการหายใจเริ่มเปลี่ยนสภาพและทำให้ปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นลดลง (จริงแท้, 2538) ส่วนผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด คือ 25.43 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 10 และ 20 วัน ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 17.19 และ 16.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งการเก็บรักษาผลมะม่วงเป็นระยะเวลา 30 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทำให้ผลมะม่วงเน่าเสียเพิ่มขึ้น ซึ่งการเน่าเสียจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำมากขึ้น เพราะเซลล์ถูกทำลายจากเชื้อจุลินทรีย์โดยทำลายโครงสร้างในการป้องกันการสูญเสียน้ำให้หมดไปเกิดเป็นช่องเปิดให้สูญเสียน้ำได้มากขึ้น (จริงแท้, 2538) และนอกจากนี้ Sankat *et al.*, 1994 รายงานว่าการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์ Julie ที่อุณหภูมิ 6 องศา

เซลเซียส ทำให้การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองนี้

การเปลี่ยนแปลงสีผิวของผล

จากการศึกษาพบว่า ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 34 และ 38 องศาเซลเซียส นาน 24 หรือ 48 ชั่วโมง และผลมะม่วงที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน มีการเปลี่ยนแปลงสีผิวไม่แตกต่างจากผลมะม่วงที่สุกตามปกติ ส่วนการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อปรากฏว่า ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 34 และ 38 องศาเซลเซียส นาน 24 หรือ 48 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 10 หรือ 20 วัน และผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 38 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีสีผิวคล้ำกว่าปกติ ส่วนเนื้อสีน้ำตาลอ่อน และมีรอยสีขาวเกิดขึ้น ผลมะม่วงที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน ผลมะม่วงมีรอยบวมเกิดขึ้นที่ผิว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีผิว สีเนื้อ และการยอมรับของผู้บริโภคของผลมะม่วง จะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แต่การเกิดโรคของผลมะม่วงจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ข้อมูลไม่ได้แสดง)

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า การเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน ทำให้มะม่วงแสดงอาการสะท้อนหนาว ซึ่งตรวจสอบได้จากอาการที่ผลมะม่วงมีสีคล้ำ และมีการยุบตัวของเนื้อเยื่อ และการร่วงไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ จากเนื้อเยื่อที่แสดงอาการสะท้อนหนาวมากกว่าจากเนื้อเยื่อปกติ และการใช้อากาศร้อนที่อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส นาน 24 หรือ 48 ชั่วโมง และ 38 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษา สามารถลดอาการสะท้อนหนาวของผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 10 และ 20 วันได้

เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 396 หน้า
- คณัย บุญเกียรติ. 2534. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 215 หน้า.
- สันห์ ละอองศรี. 2538. ผลของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อคุณภาพและสีผิวของลิ้นจี่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรคุณวุฒิบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 232 หน้า.

- Chaplin, G.R., S.P. Cole, M. Landrigan, P.A. Nueno, P.F. Lam and D. Graham. 1991. Chilling injury and storage of mango (*Mangifera indica* L.) fruit held under low temperatures. *Acta Hort.* 291 : 461-471.
- Conway, W.S., C. E. Sams, C. Y. Wang and J.A. Abbott. 1994. Additive effects of postharvest calcium and heat treatment on reducing decay and maintaining quality in apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 199(1) : 49-53.
- Cote, F., J. E. Thompson and C. Willemot. 1993. Limitation to the use of electrolyte leakage for the measurement of chilling injury in tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 3 : 103-110.
- Dietz, T. H., K.R.T. Raju and S.S. Joshi. 1988. Studies on loss of weight of mango fruits as influenced by cuticles and lenticels. *Acta Hort.* 231 : 685-687.
- Fuchs, Y., G. Zauberman, I. Rot and A. Weksler. 1989. Chilling injury and electrolyte leakage in cold storage mango and avocado fruits. *Acta Hort.* 253 : 303-308.
- Klein, J. D. And S. Lurie. 1990. Prestorage heat treatment as a means of improving poststorage quality of apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115(2) : 256-269.
- Klein, J. D., S. Lurie and R. Ben-Arie. 1990. Quality and cell wall components of 'Anna' and 'Granny Smith' apples treated with heat, calcium, and ethylene. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115(6) : 954-958.
- Lafuente, M. T., A. Belver, M. G. Guye and M.E. Saltveit. 1991. Effect of temperature conditioning injury of cucumber cotyledons. *Plant Physiol.* 95 : 443-449.
- L'Heureux, G.P., M. Bergevin, J. E. Thompson and C. Willemot. 1993. Molecular species profile of membrane lipids of tomato pericarp during chilling. *Acta Hort.* 343 : 286-287.
- Lizada, M.C. 1991. Postharvest physiology of the mango. A Review. *Acta Hort.* 291 : 437-760.
- Lurie, S., J. D. Klein, C. Watkins, G. Ross, P. Boss, and I. F. Ferguson. 1993. Prestorage heat treatment of tomato prevents chilling injury and reversibly inhibits ripening. *Acta Hort.* 343 : 283-285.
- McCollum, T.G., S. D. Aquino and R. E. McDonald. 1993. Heat treatment inhibits mango chilling injury. *Hort. Sci.* 28 (3) : 197 - 198.
- Medlicott, C. K., J. M. M. Sigrist and O. Sy. 1990. Ripening of mangos following low-temperature storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115(3) : 430-434.
- O'Hare, T.J. and A. Prasad. 1993. The effect of temperature and carbon dioxide on chilling symptoms in mango. *Acta Hort.* 434 : 244-250.
- Porritt, S.W. and P.D. Lidster. 1978. The effect of pre-storage heating on ripening and senescence of apples during cold storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(5) : 584-587.
- Sankat, C.K., K. Bisson, R. Maharaj and B. Lauckner. 1994. Ripening quality of 'Julie' mangoes stored at low temperatures. *Acta Hort.* 368 : 712-722.
- Whitaker, B. D. 1993. A reassessment of heat stress as a means of reducing chilling injury in tomato fruit. *Acta Hort.* 343 : 281-282.