

ผลของการใช้ความร้อนต่อการลดอาการ
สะท้อนหนาวของมะเขือเทศ

Effect of Heat Treatment on Reduction of
Chilling Injury of Tomato

นันทวุฒิ อิมsoon^{1/} และ ดนัย บุญเกียรติ^{1/}

Nuntawut Imsoon^{1/} and Danai Boonyakiat^{1/}

Abstract : Effect of temperatures on chilling injury of tomato during storage at 0, 3, 6 and 10 °C were studied. The results showed that the tomato fruits stored at 0 °C for 14 days had the most serious chilling injury symptoms. These symptoms included surface pitting and water soaking. The electrolyte leakage of these tomato fruit was 75.93%, the weight loss was 0.40% and the soluble solids content were increased from 3.66 to 5.40%, but these changes had no effect on the level of vitamin C content.

Tomato fruits were dipped in water at 38, 42 and 45°C for 5, 10 and 20 minutes and were stored at 0 °C for 12 days. It was found that dipping in water at 42 °C for 10 minutes could reduce the chilling injury of the fruits. The electrolyte leakage and the loss of vitamin C were also reduced. The weight loss was 0.34% and there were no effect on titratable acidity and soluble solids content.

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

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

A comparison between tomato fruits that were not dipped in hot water and the fruits that were dipped in water at 42 °C for 10 minutes before minimally processed as fresh-cut tomatoes were done. After these processes, the fresh-cut fruits were stored at 10 °C for 10 days. The results showed that the treated fresh-cut tomatoes could reduce the chilling injury symptoms. The electrolyte leakage were 55.54 and 41.10%, the titratable acidity were 0.38 and 0.34% as citric acid and the vitamin C content were 8.84 and 9.84 mg/100g for the undipped and dipped fruits, respectively but there were no effect on the skin color change, the content of soluble solids and the weight loss.

บทคัดย่อ : การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเกิดอาการสะท้อนหนาวของผลมะเขือเทศ โดยนำผลมะเขือเทศมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 3, 6 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ผลมะเขือเทศ ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน แสดงอาการสะท้อนหนาวมากที่สุด คือ เกิดการยุบตัวของเนื้อเยื่อ และน้ำมี การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ 75.93% สูญเสียน้ำหนัก 0.40% และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นจาก 3.66 เป็น 5.40% แต่ไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซี เมื่อนำผลมะเขือเทศมาแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 38, 42 และ 45 องศาเซลเซียส นาน 5, 10 และ 20 นาที ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน ผลปรากฏว่า การแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที สามารถลดอาการสะท้อนหนาวของผลมะเขือเทศได้ดีที่สุดโดยมีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ 42.42% มีปริมาณวิตามินซีลดลงจากเมื่อเริ่มต้นน้อยที่สุด และสูญเสียน้ำหนัก 0.34% แต่ไม่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่โคเรตได้และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

เมื่อเปรียบเทียบผลมะเขือเทศที่ไม่ได้รับความร้อนกับที่ได้รับความร้อนโดยการแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แล้วนำไปหั่นชิ้น และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน พบว่า ผลมะเขือเทศที่ได้รับความร้อนก่อนหั่นชิ้นแสดงอาการสะท้อนหนาวลดลง มีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เท่ากับ 55.54 และ 41.10% มีปริมาณกรดทั้งหมดที่โคเรตได้ เท่ากับ 0.38 และ 0.34% ในรูปกรดซิตริก และปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 8.84 และ 9.84 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิว ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และการสูญเสียน้ำหนัก

Index words : การใช้ความร้อน อาการสะท้อนหนาว การเก็บรักษา มะเขือเทศ มะเขือเทศหั่นชิ้น
การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว
heat treatment, chilling injury, storage, tomato, fresh-cut tomato, postharvest handling

คำนำ

มะเขือเทศ เป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งมีการผลิตและบริโภคกันทั่วประเทศ โดยมีพื้นที่เพาะปลูกมะเขือเทศเพื่อ

การแปรรูปทั้งหมดในปีการเพาะปลูก 2543 จำนวน 6,800 ไร่ สามารถให้ผลผลิตรวม 236,000 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 3,806 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นจากปี พ.ศ. 2541 ที่ผลิตมะเขือเทศเพื่อการแปรรูปได้เพียง 175,000 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 3,182

กิโลกรัมต่อไร่ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2545) จึงเห็นได้ว่าความต้องการของมะเขือเทศนั้นเพิ่มขึ้นอย่างมาก มะเขือเทศนิยมบริโภคในรูปผลสด และนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ เช่น ซอสมะเขือเทศ น้ำมะเขือเทศและน้ำมะเขือเทศเข้มข้น

ผลมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวมาแล้ว บางครั้งมีปริมาณมากเกินไป ทำให้ขายไม่หมด หรือขายได้ในราคาถูกลง ดังนั้นการเก็บรักษาจึงมีบทบาทสำคัญ ที่จะทำให้ผลมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวแล้ว มีอายุการวางจำหน่ายได้นานขึ้น การเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่อุณหภูมิต่ำ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากวิธีหนึ่ง (สายชล, 2536) เนื่องจากอุณหภูมิต่ำช่วยลดกระบวนการเมตาบอลิซึม และชะลอการสังเคราะห์เอทิลีน ซึ่งทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ (दनัย, 2540) ผักและผลไม้หลายชนิดมีอาการผิปกดขึ้นได้ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ แต่สูงกว่าจุดเยือกแข็งของผลผลิตนั้นๆ ซึ่งมักจะต่ำกว่า 12-15 องศาเซลเซียส แต่ในบางกรณีอุณหภูมิต่ำ ก็อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ โดยเฉพาะกับผลผลิตในเขตร้อนอาจเกิดอาการผิปกดที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (chilling injury) ขึ้นได้ (จริงแท้, 2538) ซึ่งผลมะเขือเทศจัดเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่อ่อนแอต่ออาการสะท้านหนาว เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7-12 องศาเซลเซียส ผลมะเขือเทศจะแสดงอาการผิปกดที่ผิว เช่น มีสีผิปกด ผิวกาก ไม่มัน ภายในมีน้ำมากกว่าปกติ มีกลิ่นหมัก และมักจะอ่อนแอต่อเชื้อรา *Alternaria* sp. (दनัย, 2540) เป็นเหตุทำให้เกิดการสูญเสียผลมะเขือเทศทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ

ดังนั้น หากสามารถทำให้มะเขือเทศที่อ่อนแอต่ออาการสะท้านหนาวมีความต้านทานต่ออาการสะท้านหนาวเพิ่มขึ้น หรือสามารถชะลอการพัฒนาอาการสะท้านหนาวได้ จะทำให้สามารถเก็บรักษา

มะเขือเทศไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อชะลอการเน่าเสียของผลผลิตได้ (Wang, 1993)

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุพันธุ์พืช : มะเขือเทศพันธุ์เคลต้า ระยะ Breaker
การทดลองที่ 1 ผลของอุณหภูมิต่อการสะท้านหนาวของผลมะเขือเทศ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 4 กรรมวิธี แต่ละกรรมวิธีมี 3 ซ้ำๆ ละ 6 ผล ซึ่งมีกรรมวิธีการทดลองดังต่อไปนี้คือ อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลมะเขือเทศ 4 ระดับ คือ 0, 3, 6 และ 10 องศาเซลเซียส

วิธีการ นำผลมะเขือเทศมาล้างน้ำให้สะอาด แล้วบรรจุในภาชนะโฟม หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ ซึ่งมีผลมะเขือเทศ 6 ผลต่อหนึ่งภาชนะ หรือน้ำหนักประมาณ 480 กรัม จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 3, 6 และ 10 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเก็บรักษานาน 2 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างออกมาตรวจสอบคุณภาพทุก 2 วัน ดังนี้ คือ การสูญเสีย น้ำหนัก การร่วงไหลของสาร อิเล็กโตรไลต์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ ปริมาณวิตามินซี การเปลี่ยนแปลงสีผิว และการแสดงอาการสะท้านหนาว (คะแนน 1-5)

การทดลองที่ 2 ผลของอุณหภูมิสูงต่อการลดอาการสะท้านหนาวของผลมะเขือเทศ

วางแผนการทดลองแบบ 3x3 ปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ ทำ 3 ซ้ำๆ ละ 6 ผล ปัจจัยที่ศึกษามี 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 คือ ระยะเวลาที่ได้รับความร้อน คือ 5, 10 และ 20 นาที

ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับความร้อน 3 ระดับ คือ 38, 42 และ 45 องศาเซลเซียส

วิธีการ นำมะเขือเทศมาแช่น้ำที่มีอุณหภูมิ 38, 42 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 10 และ 20 นาที บรรจุในถาดโฟม หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติก โพลีไวนิลคลอไรด์ จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส บันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 3 เปรียบเทียบผลของการใช้ความร้อนกับผลมะเขือเทศต่อคุณภาพของผลมะเขือเทศหั่นชิ้น

วางแผนการทดลองแบบ T-test ทำ 3 ซ้ำๆ ละ 6 ผล ซึ่งมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้คือ นำผลมะเขือเทศมาแช่น้ำที่มีอุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แล้วนำมาหั่นเป็นชิ้นตามขวางหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำไปบรรจุในถาดโฟม หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับผลมะเขือเทศที่ไม่ได้ผ่านความร้อน โดยนำผลมะเขือเทศมาหั่นเป็นชิ้นตามขวางหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตรนำไปบรรจุในถาดโฟม หุ้มด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ ซึ่ง

มีผลมะเขือเทศ 6 ผล ต่อหนึ่งถาด หรือประมาณ 480 กรัม จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน บันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ผลของอุณหภูมิต่อการสะท้อนหนาวของผลมะเขือเทศ

จากการศึกษา พบว่า ผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส แสดงอาการสะท้อนหนาว และการร่วงไหลของสารอิเล็กโตรไลต์มากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2) ในขณะที่การเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 3, 6 และ 10 องศาเซลเซียส มีการแสดงอาการสะท้อนหนาวและการร่วงไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ใกล้เคียงกัน ซึ่งการเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่อุณหภูมิต่ำเกินไปทำให้มีการร่วงไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดอาการสะท้อนหนาว หรือเกิดการสุกที่ผิดปกติและเน่าเสียได้ง่าย (นิธิยา และ ดนัย, 2535) และมีผลทำให้การสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซี

Table 1 Electrolyte leakage of tomato fruits stored at 0, 3, 6 and 10 °C for 14 days.

storage temp. (°C)	electrolyte leakage (%)							
	storage time (days)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
0	41.35	51.74	57.51 a	58.46 a	61.70 a	68.95 a	73.00 a	75.93
3	41.35	45.95	49.52 b	55.23 ab	57.69 ab	61.72 ab	68.26 ab	77.10
6	41.35	42.30	43.08 c	48.45 b	51.25 b	58.23 b	64.12 b	70.85
10	41.35	43.04	47.87 bc	52.43 ab	57.91 ab	57.99 b	67.77 ab	75.56
LSD 0.05	-	9.45	5.38	7.59	8.76	7.27	6.24	16.73
C.V.(%)	-	2.82	2.64	2.27	2.22	2.07	1.64	2.03

Different letters in the same column denote significant differences at $P = 0.05$.

Table 2 Chilling injury symptom of tomato fruits stored at 0, 3, 6 and 10 °C for 14 days.

storage temp. (°C)	chilling injury symptom							
	storage time (days)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
0	1.00	1.00	1.22 a	1.33 a	1.44 a	2.00 a	2.44 a	2.78 a
3	1.00	1.00	1.00 b	1.00 b	1.22 ab	1.33 b	1.56 b	2.00 b
6	1.00	1.00	1.00 b	1.00 b	1.00 b	1.44 b	1.56 b	1.89 b
10	1.00	1.00	1.00 b	1.00 b	1.00 b	1.22 b	1.33 b	1.44 c
LSD 0.05	-	-	0.18	0.31	0.26	0.40	0.32	0.44
C.V.(%)	-	-	18.26	22.61	21.83	21.61	21.36	19.48

Different letters in the same column denote significant differences at $P = 0.05$.

1 = none, 2 = slight, 3 = moderate, 4 = severe, 5 = very severe

การทดลองที่ 2 ผลของอุณหภูมิสูงต่อการลดอาการสะท้อนขาวของผลมะเขือเทศ

จากการศึกษา พบว่า ผลมะเขือเทศที่แช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่ได้รับความร้อน 10 นาที ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ทำให้ผลมะเขือเทศแสดงอาการสะท้อนขาวและการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์เกิดขึ้นน้อยที่สุด (ตารางที่ 3 และตารางที่ 4) ซึ่งผลมะเขือเทศที่แช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่ได้รับความร้อน 10 นาที มีผลทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง การสูญเสีย

น้ำหนักเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิว ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เนื่องจากการใช้ความร้อนสามารถช่วยป้องกันการสะท้อนขาวได้โดยการชักนำให้มีการสังเคราะห์ heat shock proteins (HSPs) ระหว่างที่ได้รับความร้อน โดย HSPs ช่วยป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับโปรตีนในเซลล์และโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับเยื่อหุ้ม และยังช่วยป้องกันเอนไซม์และโปรตีนไม่ให้เสียหายหรือหยุดการทำงานในขณะที่เก็บรักษาผลผลิตที่อุณหภูมิต่ำ (Sabehat *et al.*, 1995)

Table 3 Electrolyte leakage of tomato fruits dipped in water at 38, 42 and 45 °C for 5, 10 and 20 minutes and stored at 0 °C for 12 days.

method	electrolyte leakage (%)						
	storage time (days)						
	0	2	4	6	8	10	12
<i>Factor 1</i>							
5 minutes	39.15	39.97	41.08	42.68	44.19	54.04 a	57.80 a
10 minutes	35.11	36.99	41.75	43.31	45.06	47.11 b	49.85 b
20 minutes	36.55	40.94	43.37	44.32	45.61	49.25 ab	53.46 ab
<i>Factor 2</i>							
38 °C	38.00	38.54	42.09	42.75 b	43.98 b	52.19 a	56.31 a
42 °C	34.82	37.59	39.52	40.31 b	42.30 b	46.22 b	48.70 b
45 °C	36.83	41.76	44.59	47.26 a	48.58 a	51.98 ab	56.12 ab
Factor 1	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
Factor 2	ns	ns	ns	*	*	*	*
Factor 1 x 2	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
CV(%)	2.64	2.59	12.59	2.33	2.19	2.21	2.33

Different letters in the same column denote significant differences at $P = 0.05$.

* = significant, ns = non-significant

การทดลองที่ 3 เปรียบเทียบผลของการใช้ความร้อนกับผลมะเขือเทศต่อคุณภาพของผลมะเขือเทศหั่นชิ้น

เมื่อเปรียบเทียบผลมะเขือเทศที่ไม่ได้รับความร้อนกับที่ได้รับความร้อนโดยการแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แล้วนำไปหั่นชิ้น และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ผลมะเขือเทศที่ได้รับความร้อนก่อนหั่นชิ้นแสดงอาการสัณฐานหนาว และมีการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์น้อยกว่าผลมะเขือเทศที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนหั่นชิ้น (ตารางที่ 5 และ ตารางที่ 6) และมี

ผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้และปริมาณวิตามินซีลดลง แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิว ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากการใช้ความร้อนจะช่วยป้องกันการสัณฐานหนาวโดยการชักนำของ heat shock proteins (HSPs) ระหว่างที่ได้รับความร้อนโดย HSPs ช่วยป้องกันการเสียหายที่จะเกิดกับโปรตีนในเซลล์และโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับเยื่อหุ้ม และช่วยป้องกันเอนไซม์ และโปรตีนไม่ให้เสียหายหรือหยุดการทำงานในขณะที่เก็บรักษาผลผลิตที่อุณหภูมิต่ำ (Sabehat *et al.*, 1995) จึงเป็นไปได้ว่า

HSPs เข้ามาเกี่ยวข้องกับเชื้อหุ้ม โดยการเปลี่ยนการทำงานของเชื้อหุ้มดำเนินไปตามปกติในระหว่างที่แปลงโครงสร้างของเซลล์ และช่วยให้กระบวนการเกิดความเครียดจากความร้อน

Table 4 Chilling injury symptom of tomato fruits dipped in water at 38, 42 and 45 °C for 5, 10 and 20 minutes and stored at 0 °C for 12 days.

method	chilling injury symptom						
	storage time (days)						
	0	2	4	6	8	10	12
<i>Factor 1</i>							
5 minutes	1.00	1.00	1.33	1.67 a	1.89	2.44 a	2.89 a
10 minutes	1.00	1.00	1.11	1.11 b	1.67	1.89 b	2.33 b
20 minutes	1.00	1.00	1.00	1.33 ab	1.78	2.00 ab	2.89 a
<i>Factor 2</i>							
38 °C	1.00	1.00	1.33	1.78 a	2.11 a	2.33 a	3.00 a
42 °C	1.00	1.00	1.11	1.11 b	1.44 b	1.78 b	2.33 b
45 °C	1.00	1.00	1.00	1.33 b	1.78 ab	2.22 ab	2.78 ab
Factor 1	ns	ns	ns	*	ns	*	*
Factor 2	ns	ns	ns	*	*	*	*
Factor 1 x 2	ns	ns	ns	*	ns	*	*
CV(%)	-	-	22.99	22.06	17.56	14.79	11.94

Different letters in the same column denote significant differences at $P = 0.05$.

* = significant, ns = non-significant

1 = none, 2 = slight, 3 = moderate, 4 = severe, 5 = very severe

Table 6 Chilling injury symptom of fresh-cut tomatoes stored at 10 °C for 10 days.

method	chilling injury symptom					
	storage time (days)					
	0	2	4	6	8	10
not dipped in water	1.00	1.33	2.22 a	2.78 a	3.67 a	4.55 a
dipped in water at 42°C for 10 minutes	1.00	1.00	1.44 b	2.00 b	2.55 b	3.00 b
2-Tail Sig	-	0.081	0.014	0.013	0.000	0.000

Different letters in the same column denote significant differences at $P = 0.05$.

2-Tail Sig < 0.05 = significant

1 = none, 2 = slight, 3 = moderate, 4 = severe, 5 = very severe

สรุปผลการทดลอง

1. การเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีการร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ และเกิดอาการสะท้านหนาวมากที่สุด คือ เกิดการยุบตัวของเนื้อเยื่อและน้ำ แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี

2. การแช่ผลมะเขือเทศในน้ำที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ผลมะเขือเทศแสดงอาการสะท้านหนาวและการร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์น้อยที่สุด แต่การใช้ความร้อนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิว ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ของผลมะเขือเทศ

3. ผลมะเขือเทศที่ได้รับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ก่อนนำไปหั่นชิ้น มีการร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์และเกิดอาการสะท้านหนาวน้อยกว่าผลมะเขือเทศที่ไม่ได้ได้รับความร้อนก่อนนำไปหั่นชิ้น แต่ไม่มีผลต่อการ

เปลี่ยนแปลงสีผิว ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และการสูญเสียน้ำหนัก แสดงว่าการใช้ความร้อนต่อผลมะเขือเทศก่อนหั่นชิ้น ช่วยลดอาการสะท้านหนาวได้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545. [ระบบออนไลน์] สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2544/45. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. แหล่งที่มา [www.http://oae.go.th/statistic/yearbook/2000-01/Section4/sec4table67.html](http://oae.go.th/statistic/yearbook/2000-01/Section4/sec4table67.html) (12 กันยายน 2545)
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 396 หน้า.
- คณัย บุญเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 222 หน้า.

- นิธิยา รัตนปนนท์และคณะ บุษยเกียรติ. 2533. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้เศรษฐกิจ. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 213 หน้า.
- สายชล เกตุษา. 2536. การเก็บเกี่ยวและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 364 หน้า.
- Sabehat, A., D. Weiss and S. Lurie. 1995. Persistence of heat shock proteins in heated tomato fruit and resistance to chilling injury of the fruit. *Acta Hort.* 398: 11-21.
- Wang, C.Y. 1993. Approach to reduce chilling injury of fruits and vegetable. *Hort. Rev.* 15: 62-94.
-