

ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของแคนตาลูป ที่ผ่านการให้ความร้อนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ Relationship between Physicochemical Changes of Hot Water-Treated Cantaloupe during Cold Storage

ไกรยศ แซ่ลิ่ม และกัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ*

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

ถนนสุวรรณศร อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว 27160

Kraiyyot Saelim and Kanyarat Lueangprasert*

Faculty of Agricultural Technology, Burapha University Sakaeo Campus,

Suwannasorn Road, Watthananakhon, Sakaeo 27160

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของผลแคนตาลูปที่ได้รับความร้อนระหว่างการเก็บรักษา โดยนำผลแคนตาลูปแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างกัน (55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 45 นาที และผลที่ไม่ได้ผ่านการแช่น้ำร้อน (ชุดควบคุม) นำผลไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 วัน วิเคราะห์ผลในเรื่องของการสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ การร่วนไหลของสารอเล็กโทรไลต์ในเนื้อผล การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลทั้งค่าความสว่าง ค่าสีแดง-เขียว ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน ค่าความเข้มสี และค่าสีทุก ๆ 3 วันของการเก็บรักษา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการสูญเสียน้ำหนักของผลและการเปลี่ยนแปลงของความแน่นเนื้อในเนื้อผล แคนตาลูปที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สามารถรักษาความแน่นเนื้อและการสูญเสียน้ำหนักน้อยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้การร่วนไหลของสารอเล็กโทรไลต์มีความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ อย่างไรก็ตาม เนื้อผลที่ผ่านการให้ความร้อนไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผล ทั้งค่าความสว่าง ค่าความเข้มสี และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน แต่ในทางตรงกันข้ามความร้อนช่วยเพิ่มค่าสีเนื้อและค่าสีแดง-เขียวให้สูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งเป็นการเพิ่มลักษณะปรากฏที่ดีสำหรับการบริโภคและพัฒนาเทคนิคในการประเมินคุณภาพการวางจำหน่ายแคนตาลูปได้

คำสำคัญ : แคนตาลูป; การให้ความร้อน; การเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพ; การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ; ค่าความแน่นเนื้อ

Abstract

The objective of this study was to investigate the relationship between physicochemical changes of cantaloupe fruits treated with hot water during storage. Whole fruits of cantaloupe were submerged into hot water at different temperatures (55, 60, 65 and 70 °C) for 45 min and untreated (control). Then whole fruits were stored at 5 ± 2 °C, 84 ± 2 % relative humidity (RH) for 15 days. Weight loss, firmness, total soluble solid, electrolyte leakage of pulp, peel color change; brightness value (L^* value), red-green value (a^* value), yellow-blue value (b^* value), color intensity value (Chroma value) and color tone value (Hue value) were determined in every interval of 3 days storage. The result showed that a highly significant correlation was found between weight loss of fruit and change of firmness in the pulp. The cantaloupes treated with hot water at 60 °C maintained their firmness and had decreased weight loss of fruit during cold storage. In addition, electrolyte leakage has a highly significant inverse relationship with total soluble solid. However, hot water treatment did not affect the changes of pulp color, both L^* value, Chroma value and b^* value. On the other hand, the heat treatments increased the Hue value and a^* value during cold storage, which can be used to enhance the appearance to the consumer and develop techniques for shelf-life evaluation of cantaloupe fruit.

Keywords: cantaloupe; hot water treatment; physicochemical change; color change; firmness value

1. บทนำ

แคนตาลูป (*Cucumis melo* L var. *Cantaloupensis*) เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมรับประทานเป็นอย่างมาก เป็นหนึ่งในผลไม้ที่นำมาจัดเลี้ยงในงานรับรองต่าง ๆ หรือรับประทานในครัวเรือน จัดเป็นพืชเมืองร้อน ชอบอากาศร้อนชื้น อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 21-32 องศาเซลเซียส ต้องการปริมาณน้ำพอสมควร และดินที่นำมาใช้ปลูกสามารถระบายน้ำและอากาศดี [1] โดยแหล่งที่นิยมปลูกแคนตาลูปเป็นพืชเศรษฐกิจในปัจจุบัน ได้แก่ ลพบุรี นครสวรรค์ พระนครศรีอยุธยา สระบุรี นครราชสีมา และสระแก้ว เป็นต้น แคนตาลูปเป็นหนึ่งในผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในจังหวัดสระแก้ว ซึ่งมีผลผลิตออกสู่ตลาดมากกว่า

390,400 กิโลกรัมต่อปี [2] พันธุ์ที่นิยมปลูก ได้แก่ ชันเลดี้ ฮันนี่เวิลด์ ชันสวีท เป็นต้น [3] โดยปัจจุบันพันธุ์ชันสวีทเป็นที่นิยมปลูกเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีเนื้อสีส้ม เนื้อและเปลือกผลหนา ทนต่อโรคและแมลง สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน และผลิตผลเสียหายยากเมื่อขนส่งได้ระยะทางไกล แคนตาลูปพันธุ์นี้ยังคงพบปัญหาในเรื่องของรสชาติหวานน้อย ภายหลังจากเก็บเกี่ยว จึงมีการหาวิธีในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลหลังการเก็บเกี่ยวในหลายวิธี ได้แก่ การให้ความร้อน ซึ่งมีการศึกษาในผลกีวี่ ท้อ สาลี่ แอปเปิล เมลอน เป็นต้น ซึ่งการให้ความร้อนแก่ผลิตผลเป็นการกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และสรีรวิทยาต่าง ๆ ให้เกิดเร็วยิ่งขึ้น [4]

นอกจากนี้หากใช้วิธีการเก็บรักษาผลผลิตที่อุณหภูมิต่ำ จะช่วยรักษาคุณภาพของผลผลิตให้มีการเปลี่ยนแปลงช้าลงและยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การให้ความร้อนเป็นกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของผลผลิตหลายด้าน หากสามารถทราบความสัมพันธ์ของลักษณะคุณภาพด้านต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว นั้น จะทำให้สามารถประเมินคุณภาพของผลผลิตได้ง่ายและสะดวกมากยิ่งขึ้น สามารถจัดการกับผลผลิตและคาดการณ์ระยะเวลาการวางจำหน่ายผลผลิตให้มีคุณภาพต่อไป ดังนั้นการทดลองนี้จึงศึกษาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแคนตาลูปที่ผ่านการให้ความร้อนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อนำความสัมพันธ์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการประเมินคุณภาพในการวางจำหน่ายผลแคนตาลูปและประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมตัวอย่างพืช

เลือกผลแคนตาลูปพันธุ์ชั้นสวีท (Sun Sweet) ในระยะบรูณทางการค้า (commercial maturity) ที่ปลูกในจังหวัดสระแก้ว อายุประมาณ 60-65 วันหลังดอกบาน คัดขนาดผลให้มีน้ำหนักประมาณ 2.0 ± 0.2 กิโลกรัม ลักษณะโดยรอบผลไม่มีรอยขีดและตำหนิจากโรคและแมลง นำผลที่คัดเรียบร้อยแล้วมาตัดก้านให้เหลือบริเวณเหนือขั้วผลประมาณ 3-4 เซนติเมตร สำหรับนำมาใช้ในการทดลอง

2.2 วิธีการทดลอง

การทดลองใช้ผลแคนตาลูป 90 ผล แบ่งการทดลองออกเป็น 5 กลุ่ม โดยผลแคนตาลูปในแต่ละกลุ่มผ่านการให้ความร้อนแบบเปียกที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับอุณหภูมิห้อง (28 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 45 นาที ทำผลให้แห้งและนำไปเก็บรักษาที่

อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84 ± 2 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์ผลแคนตาลูปทุก ๆ 3 วัน เป็นเวลา 15 วัน โดยวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทั้ง 3 ด้าน คือ (1) ทางกายภาพ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อ ค่าความสว่าง (L^* value) ค่าสีแดง-เขียว (a^* value) ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^* value) ค่าความเข้มสี (Chroma value) และค่าสี (Hue value) โดยใช้เครื่องวัดสี (Chroma meter) การสูญเสียน้ำหนัก (%) และค่าความแน่นเนื้อ (firmness) โดยใช้ fruit hardness tester (2) ทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่อง hand refractometer (3) ทางสรีรวิทยา ได้แก่ การร้าวไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ [5]

2.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS statistics 22 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p < 0.05$) และการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R^2) ระหว่างค่าความแน่นเนื้อกับการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อผล และการร้าวไหลของสารอิเล็กโทรไลต์กับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อผลที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่อุณหภูมิห้อง

3. ผลการวิจัย

3.1 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผลแคนตาลูปที่ผ่านการให้ความร้อนระหว่างการเก็บรักษา

3.1.1 ค่าความสว่าง (L^* value) ของเนื้อผล ผลการทดลองพบว่าเนื้อผลที่ผ่านการให้ความร้อนในทุกอุณหภูมิมีค่าความสว่างของสีเนื้อ

ลดลงอย่างต่อเนื่องระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน โดยเนื้อผลที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างมากที่สุด รองลงมา คือ 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดการ เก็บรักษา ซึ่งผลที่ให้ความร้อนในทุกอุณหภูมิมีค่าความ สว่างของเนื้อผลน้อยกว่าชุดควบคุม (รูปที่ 1 และ ตารางที่ 1)

3.1.2 ค่าสีแดง-เขียว (a^* value) ของเนื้อ ผล

เนื้อผลที่ผ่านการให้ความร้อนในทุก อุณหภูมิมีค่า a^* เป็นค่าบวก แสดงให้เห็นว่าพบสีแดง ในเนื้อผล และพบค่า a^* ลดลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บ รักษาเป็นเวลา 15 วัน โดยค่า a^* ของเนื้อผลที่ผ่านการ ให้ความร้อนมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมและมีค่าแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเนื้อผลที่ผ่านการให้ความ ร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะพบค่า a^* มาก ที่สุด รองลงมา คือ 65, 60 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (รูปที่ 1 และตารางที่ 2)

3.1.3 ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^* value) ของ เนื้อผล

การให้ผลแคนตาลูปที่ผ่านความร้อนที่ อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าสีเนื้อมีค่า b^* เป็นค่าบวก แสดง ให้เห็นว่าพบสีเหลืองในเนื้อผลและมีค่าลดลงเล็กน้อย ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน โดยค่า b^* ของ เนื้อผลที่ผ่านการให้ความร้อนมีค่าสูงกว่าชุดควบคุม และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเนื้อผลที่ผ่านการให้ ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะพบค่า b^* มากที่สุด รองลงมา คือ 65, 60 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุมเมื่อ เก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน (รูปที่ 1 และตารางที่ 3)

3.1.4 ค่าความเข้มสี (Chroma value) ของเนื้อผล

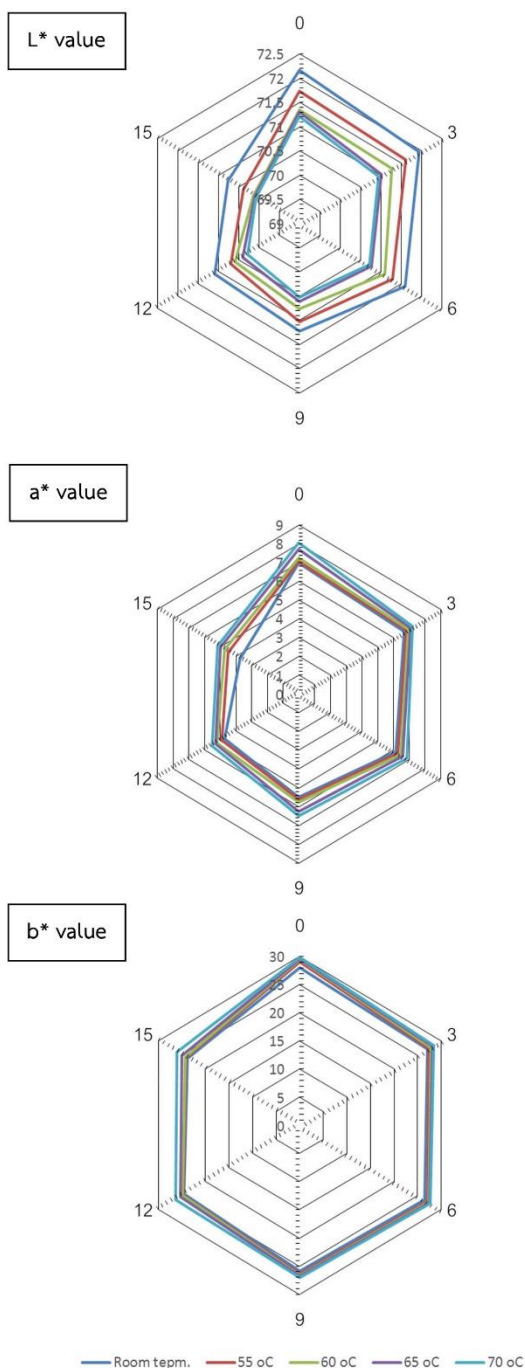


Figure 1 L^* , a^* and b^* values for cantaloupe pulp color of the whole fruit treated with hot water at room temperature, 55, 60, 65 and 70 °C before storage at 5 ± 2 °C for 15 days.

Table 1 Brightness value (L^* value) for cantaloupe pulp color of the whole fruit treated with hot water at room temperature, 55, 60, 65 and 70 °C before storage at 5 ± 2 °C for 15 days.

Treatments (°C)	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Room temp.	72.17 $\pm$ 1.16 ^a	71.95 $\pm$ 0.81 ^a	71.60 $\pm$ 2.18 ^a	71.23 $\pm$ 1.26 ^a	71.09 $\pm$ 0.81 ^a	70.77 $\pm$ 0.45 ^a
55	71.74 $\pm$ 2.72 ^a	71.62 $\pm$ 0.75 ^a	71.30 $\pm$ 1.07 ^a	71.04 $\pm$ 1.60 ^a	70.69 $\pm$ 3.21 ^a	70.39 $\pm$ 2.11 ^a
60	71.34 $\pm$ 2.73 ^a	71.27 $\pm$ 2.08 ^a	71.10 $\pm$ 1.87 ^a	70.67 $\pm$ 0.70 ^a	70.59 $\pm$ 1.44 ^a	70.14 $\pm$ 0.37 ^a
65	71.30 $\pm$ 1.40 ^a	71.02 $\pm$ 1.49 ^a	70.78 $\pm$ 1.28 ^a	70.62 $\pm$ 0.67 ^a	70.40 $\pm$ 0.76 ^a	70.11 $\pm$ 1.22 ^a
70	71.21 $\pm$ 2.58 ^a	70.95 $\pm$ 1.04 ^a	70.72 $\pm$ 0.56 ^a	70.53 $\pm$ 0.84 ^a	70.28 $\pm$ 0.86 ^a	70.07 $\pm$ 4.37 ^a
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Data shown as mean $\pm$ SD; ns means are not significantly different at $p = 0.05$.

Table 2 a^* value for cantaloupe pulp color of the whole fruit treated with hot water at room temperature, 55, 60, 65 and 70 °C before storage at 5 ± 2 °C for 15 days.

Treatments (°C)	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Room temp.	6.99 $\pm$ 0.67 ^b	6.69 $\pm$ 1.03 ^a	6.16 $\pm$ 0.57 ^a	5.48 $\pm$ 1.01 ^a	4.74 $\pm$ 0.63 ^a	3.75 $\pm$ 0.52 ^a
55	7.06 $\pm$ 0.72 ^a	6.82 $\pm$ 0.61 ^a	6.29 $\pm$ 1.02 ^a	5.63 $\pm$ 0.82 ^{ab}	4.92 $\pm$ 1.05 ^a	4.48 $\pm$ 0.99 ^{ab}
60	7.27 $\pm$ 0.61 ^a	6.93 $\pm$ 1.20 ^a	6.46 $\pm$ 0.41 ^a	5.78 $\pm$ 0.45 ^{ab}	5.21 $\pm$ 0.55 ^a	4.72 $\pm$ 0.52 ^{ab}
65	7.72 $\pm$ 0.59 ^{ab}	7.06 $\pm$ 1.14 ^a	6.60 $\pm$ 0.26 ^a	6.26 $\pm$ 0.18 ^{ab}	5.30 $\pm$ 0.87 ^a	4.99 $\pm$ 0.88 ^b
70	8.06 $\pm$ 0.84 ^{ab}	7.20 $\pm$ 0.59 ^a	6.87 $\pm$ 0.51 ^a	6.48 $\pm$ 0.73 ^b	5.52 $\pm$ 0.59 ^a	5.16 $\pm$ 0.94 ^b
F-test	*	ns	ns	*	ns	*

Data shown as mean $\pm$ SD; * means followed by different letters in column are significantly different at $p < 0.05$. ns means are not significantly different at $p = 0.05$.

Table 3 b^* value for cantaloupe pulp color of the whole fruit treated with hot water at room temperature, 55, 60, 65 and 70 °C before storage at 5 ± 2 °C for 15 days.

Treatments (°C)	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Room temp.	28.04 $\pm$ 1.34 ^a	27.03 $\pm$ 2.53 ^a	26.47 $\pm$ 1.53 ^a	25.85 $\pm$ 2.74 ^a	24.47 $\pm$ 2.46 ^a	23.74 $\pm$ 1.87 ^a
55	29.06 $\pm$ 1.99 ^a	27.43 $\pm$ 1.20 ^a	27.04 $\pm$ 1.05 ^a	26.34 $\pm$ 1.12 ^a	24.76 $\pm$ 1.80 ^a	24.09 $\pm$ 1.95 ^{ab}
60	29.45 $\pm$ 1.85 ^a	27.75 $\pm$ 2.70 ^a	27.31 $\pm$ 1.28 ^a	26.60 $\pm$ 1.88 ^a	24.89 $\pm$ 0.81 ^a	24.20 $\pm$ 1.47 ^{ab}
65	29.57 $\pm$ 1.04 ^a	28.08 $\pm$ 1.91 ^a	27.48 $\pm$ 1.25 ^a	26.77 $\pm$ 0.93 ^a	25.30 $\pm$ 1.37 ^a	24.92 $\pm$ 0.87 ^{ab}
70	29.84 $\pm$ 0.52 ^a	28.41 $\pm$ 1.70 ^a	27.63 $\pm$ 0.47 ^a	27.08 $\pm$ 2.53 ^a	26.37 $\pm$ 1.97 ^a	25.97 $\pm$ 1.64 ^b
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*

Data shown as mean $\pm$ SD; * means followed by different letters in column are significantly different at $p < 0.05$. ns means are not significantly different at $p = 0.05$.

เนื้อผลที่ผ่านการให้ความร้อนทุกอุณหภูมิพบว่ามีความเข้มสีเนื้อลดลงเล็กน้อย สอดคล้องกับชุดควบคุมและเนื้อผลที่ผ่านการให้ความร้อนทุกอุณหภูมิมีความเข้มสีสูงกว่าชุดควบคุม โดยผลที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีความเข้มสีเนื้อมากที่สุด รองลงมา คือ 65, 60 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งผลที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส มีความเข้มของสีเนื้อไม่แตกต่างจากชุดควบคุมตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน (รูปที่ 2 และตารางที่ 4)

3.1.5 ค่าสี (Hue value) ของเนื้อผล

เนื้อผลที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีความเข้มสีเนื้อเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับชุดควบคุมตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน และมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยในผลที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีความเข้มสีเนื้อมากที่สุด รองลงมา คือ 65, 60 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และมีความสูงกว่าชุดควบคุม (รูปที่ 2 และตารางที่ 5)

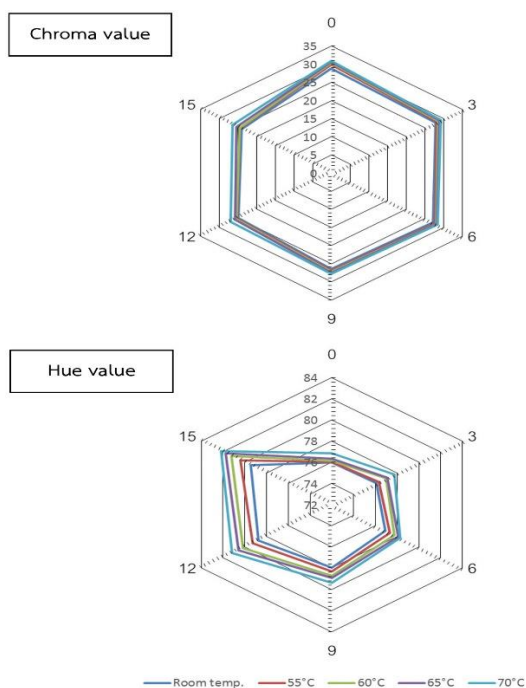


Figure 2 Chroma and Hue values for cantaloupe pulp color of the whole fruit treated with hot water at room temperature, 55, 60, 65 and 70 °C before storage at 5±2 °C for 15 days.

Table 4 Color intensity value (chroma value) for cantaloupe pulp color of the whole fruit treated with hot water at room temperature, 55, 60, 65 and 70 °C before storage at 5±2 °C for 15 days.

Treatments (°C)	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Room temp.	28.89±1.21 ^b	27.84±1.11 ^a	27.17±1.75 ^a	26.42±2.70 ^a	24.92±2.62 ^b	24.03±1.74 ^b
55	29.90±2.10 ^{a^b}	28.26±1.89 ^a	27.76±1.00 ^a	26.93±2.42 ^a	25.24±2.87 ^b	24.50±2.64 ^b
60	30.33±1.94 ^a	28.60±1.47 ^a	28.06±0.72 ^a	27.22±3.72 ^a	25.42±0.97 ^b	24.65±1.00 ^b
65	30.56±1.30 ^a	28.95±2.63 ^a	28.26±1.37 ^a	27.49±2.62 ^a	25.84±0.81 ^{ab}	25.41±0.84 ^{ab}
70	30.90±1.81 ^a	29.30±1.23 ^a	28.47±0.86 ^a	27.84±2.10 ^a	26.94±3.01 ^a	26.47±3.01 ^a
F-test	*	ns	ns	ns	*	*

Data shown as mean±SD; * means followed by different letters in column are significantly different at p < 0.05. ns means are not significantly different at p = 0.05.

Table 5 Color tone value (hue value) for cantaloupe pulp color of the whole fruit treated with hot water at room temperature, 55, 60, 65 and 70 °C before storage at 5±2 °C for 15 days.

Treatments (°C)	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Room temp.	76.00±0.57 ^a	76.09±1.04 ^b	76.89±0.91 ^b	77.93±0.98 ^b	78.76±0.40 ^c	79.46±0.23 ^c
55	76.03±1.72 ^a	76.34±0.84 ^b	77.30±0.71 ^{ab}	78.30±0.72 ^{ab}	79.30±0.28 ^{bc}	80.40±0.26 ^{bc}
60	76.13±1.02 ^a	76.97±0.38 ^{ab}	77.77±1.49 ^{ab}	78.74±0.92 ^{ab}	80.17±0.56 ^{ab}	81.20±0.76 ^{ab}
65	76.36±0.88 ^a	77.07±0.43 ^a	78.09±1.28 ^a	78.93±0.43 ^{ab}	80.60±0.93 ^a	81.74±0.93 ^a
70	76.88±0.85 ^a	77.77±0.80 ^a	78.30±0.68 ^a	79.40±0.84 ^a	81.17±0.64 ^a	82.15±0.60 ^a
F-test	ns	*	*	*	*	*

Data shown as mean±SD; * means followed by different letters in column are significantly different at $p < 0.05$. ns means are not significantly different at $p = 0.05$.

Table 6 Linear equations and R^2 values between firmness (N) and weight loss (%) of cantaloupe after the whole fruit treated with hot water (HW) at room temperature, 55, 60, 65 and 70 °C before storage at 5±2 °C for 15 days.

Treatments	Calibration curve	R^2
Control (at room temperature)	$Y = -0.4467X + 17.947$	0.8455
HW at 55 °C	$Y = -1.8027X + 55.834$	0.9104
HW at 60 °C	$Y = -2.4494X + 71.289$	0.9546
HW at 65 °C	$Y = -3.1610X + 75.614$	0.9767
HW at 70 °C	$Y = -3.1956X + 74.158$	0.9267

Table 7 Linear equations and R^2 values between electrolyte leakage (%) and total soluble solids content (%) of cantaloupe after the whole fruit treated with hot water (HW) at room temperature, 55, 60, 65 and 70 °C before storage at 5±2 °C for 15 days.

Treatments	Calibration curve	R^2
Control (at room temperature)	$Y = -1.1271X + 18.553$	0.9846
HW at 55 °C	$Y = -0.2490X + 13.065$	0.8681
HW at 60 °C	$Y = -0.1782X + 13.098$	0.9702
HW at 65 °C	$Y = -0.2642X + 14.986$	0.8809
HW at 70 °C	$Y = -0.2577X + 15.888$	0.9581

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นเนื้อและการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อผลระหว่างการเก็บรักษา

ผลการทดลองพบความสัมพันธ์ของค่าความแน่นเนื้อของเนื้อผลแคนตาลูปที่ผ่านการให้ความร้อนและการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อผลระหว่างการเก็บรักษาเป็นไปในเชิงลบ โดยความสัมพันธ์ที่พบในเนื้อผลที่ผ่านการให้ความร้อนมีความสัมพันธ์สูงกว่าชุดควบคุมที่อุณหภูมิห้อง ($R^2 > 0.90$) ซึ่งเนื้อผลที่มีความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นเนื้อและการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อผลสูงที่สุดคือผลที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ($R^2 = 0.9767$) รองลงมาคือ 60 ($R^2 = 0.9546$) และ 70 ($R^2 = 0.9267$) องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ระหว่างการเก็บรักษา

ความสัมพันธ์ของการร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อผลแคนตาลูปที่ผ่านการให้ความร้อนและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อผลระหว่างการเก็บรักษาเป็นไปในเชิงลบ (ตารางที่ 7) โดยความสัมพันธ์ที่พบในเนื้อผลที่ผ่านการให้ความร้อนมีความสัมพันธ์สูงที่สุดในชุดควบคุมที่อุณหภูมิห้อง ($R^2 = 0.9846$) ซึ่งเนื้อผลที่ผ่านการให้ความร้อนที่มีความสัมพันธ์ระหว่างการร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อผลสูงที่สุด คือ ผลที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ($R^2 = 0.9702$) รองลงมา คือ 70 ($R^2 = 0.9581$) และ 65 ($R^2 = 0.8809$) องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

4. วิจารณ์

ผลแคนตาลูปที่ผ่านการให้ความร้อนไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง ค่าความเข้มข้นของ

สีเนื้อ และค่าสีเหลือง-น้ำเงินของเนื้อแคนตาลูประหว่างการเก็บรักษา แต่ส่งผลต่อค่าสีและค่าสีแดง-เขียวของเนื้อผล ซึ่งมีค่าแตกต่างจากชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนที่เหมาะสมมีผลต่อการเร่งกระบวนการสุกของผลผลิตให้เกิดรวดเร็วมากขึ้น ซึ่งพบการพัฒนาสีของเนื้อผลเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการเพิ่มขึ้นของการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ [4] และสารบางชนิดในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ที่เพิ่มขึ้นภายหลังการได้รับความร้อน เช่น สารไลโคพีนในมะเขือเทศที่แช่น้ำเดือดเป็นเวลา 1 นาที ส่งผลให้สีในเปลือกและเนื้อผลของมะเขือเทศมีความเข้มมากขึ้น [6]

ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแคนตาลูปที่ผ่านการให้ความร้อนระหว่างการเก็บรักษา พบว่าความแน่นเนื้อของเนื้อผลมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไประหว่างการเก็บรักษามีการสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในผลที่ผ่านการให้ความร้อนส่งผลให้ความแน่นเนื้อของเนื้อผลลดลง ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะส่งผลให้สารจำพวก wax ที่เคลือบผิวอยู่ภายนอกเกิดการเสื่อมสภาพ จึงกระตุ้นการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาในสัมพันธ์ Star Ruby ที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ก่อนการเก็บรักษา [7] และความร้อนเพิ่มความสามารถในการทำลายพันธะของแคลเซียมที่เชื่อมกันอยู่บริเวณผนังเซลล์ ทำให้สามารถละลายออกมาบริเวณช่องว่างระหว่างเซลล์ได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตอ่อนนุ่มและความแน่นเนื้อลดลง สอดคล้องกับการศึกษาในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์ reticulatus ได้ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 60 องศาเซลเซียส [8] การให้ความร้อนใน

อุณหภูมิที่เหมาะสมจะช่วยลดการทำงานของเอนไซม์ polygalacturonase (PG) และ pectinmethylesterase (PME) ทำให้เกิดความอ่อนนุ่มของเนื้อผลช้าลง ส่งผลให้ชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อ สอดคล้องกับการศึกษาในผล Mei พันธุ์ Daquighe ที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 47, 50 และ 57 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (20 องศาเซลเซียส) [9] และการศึกษาในผลฝรั่งที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 7-10 องศาเซลเซียส สามารถรักษาคูณภาพของผลได้ดีกว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง [10] นอกจากนี้ยังช่วยให้เยื่อหุ้มเซลล์คงรูปและยังกระตุ้นการสังเคราะห์ PR-protein ได้แก่ เอนไซม์ไคทิเนส (chitinase) ซึ่งช่วยป้องกันการเข้าทำลายของรา โดยสามารถย่อยสลายผนังเซลล์ของรา จึงช่วยลดการเข้าทำลายของราให้แก่ผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว และยืดอายุการเก็บรักษาได้ดี สอดคล้องกับการศึกษาในผลอโวคาโดพันธุ์ Hass ที่ได้รับความร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 41 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-30 นาที และ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25-30 นาที [11]

ความสัมพันธ์ของการร่วงไหลของสารอเล็กโทรไลต์เป็นแบบผกผันกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ โดยพบค่าความสัมพันธ์ในผลที่ผ่านการให้ความร้อนทุกอุณหภูมิมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไประหว่างการเก็บรักษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อผลที่มีค่าลดลง ส่งผลให้พบการร่วงไหลของสารอเล็กโทรไลต์ที่มีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนจะช่วยลดอัตราการหายใจของผลิตผลให้ต่ำลงและควบคุมการสร้างฮอร์โมนเอทิลีนให้เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ทำให้ลดการเปลี่ยนปริมาณน้ำตาลซูโครสไปเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวิสมีการเปลี่ยนแปลง

ลดลง ดังนั้นปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จึงมีปริมาณสูงมากกว่าชุดควบคุม [12] สอดคล้องกับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในผล Mei พันธุ์ Daquighe [9] และความร้อนยังมีผลต่อการควบคุมปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้โดยการควบคุมการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแป้งและโพลีแซคคาไรด์ชนิดอื่น ๆ ให้กลายเป็นคาร์โบไฮเดรตขนาดเล็กที่ละลายน้ำได้และเปลี่ยนเพคตินที่ไม่ละลายน้ำให้เป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ สอดคล้องกับการศึกษาในผลชุกินีพันธุ์ Belle-308 ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 และ 25 นาที [13] รวมทั้งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำอย่างรวดเร็ว สามารถรักษารสชาติของผลิตผลได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้การที่ผลิตผลได้รับความร้อนยังส่งผลต่อการสูญเสียสมบัติที่ดีของการเป็นเยื่อเลือกผ่านทำให้เกิดการร่วงไหลของสารอเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา [4]

5. สรุป

ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่สามารถนำมาประเมินผลของคุณภาพของเนื้อผลแคนตาลูประหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนักของผลที่เพิ่มขึ้นผกผันกับความแน่นเนื้อที่มีค่าลดลง โดยผลของแคนตาลูปที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความสัมพันธ์ที่สูงที่สุดซึ่งมีค่าไม่ต่างจากชุดควบคุม และการร่วงไหลของสารอเล็กโทรไลต์ที่เพิ่มสูงมีค่าความสัมพันธ์ผกผันกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่ลดลงซึ่งมีค่าลดลงน้อยกว่าชุดควบคุม รวมทั้งความร้อนส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผลให้เพิ่มสูงขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัย

บูรพา วิทยาเขตสระแก้ว และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรสำหรับการสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

7. References

- [1] Wikipedia, 2019, Cantaloupe, Available Source: <https://th.wikipedia.org/wiki/cantaloupe>, May 29, 2019. (in Thai)
- [2] Department of Agricultural Extension, 2017, Cantaloupe, Available Source: <https://www.agriinfo.doe.go.th/year60/plant/rotor/veget/18.pdf>, May 29, 2019. (in Thai)
- [3] Department of Agricultural Extension, 2018, Cantaloupe, Available Source: <http://production.doe.go.th>, October 29, 2018. (in Thai)
- [4] Paull, R. E. and Chen, N. , 2000, Heat treatment and fruit ripening, *Postharvest Biol. Technol.* 21: 21-37.
- [5] Hong, J.H. and Gross, K.C. , 1998, Surface sterilization of whole tomato fruit with sodium hypochlorite influences subsequent postharvest behavior of fresh-cut slices, *Postharvest Biol. Technol.* 13: 51-58.
- [6] Evoli, L. D. , Lombardi- Boccia, G. and Lucarini, M. , 2013, Influence of heat treatments on carotenoid content of cherry tomatoes, *Foods* 2: 352-363.
- [7] Porat, R. , Pavencello, D. , Perez, J. , Ben-Yohoshua, S. and Lurie, S., 2000, Effects of various heat treatments on the induction of cold tolerance and on the postharvest qualities of ‘ Star Ruby’ grapefruit, *Postharvest Biol. Technol.* 18: 159-165.
- [8] Luna-Guzmán, I., Cantwell, M. and Barrett, D.M., 1999, Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl_2 dips and heat treatments on firmness and metabolic activity, *Postharvest Biol. Technol.* 17: 201-213.
- [9] Zisheng, L. , 2006, Hot water treatment of postharvest mei fruit to delay ripening, *Hort. Sci.* 41: 737-740.
- [10] Ortizano, J. , Benitez, M. , Valida, A. and Acedo, A. Jr. , 2014, Postharvest quality of guapple (*Psidium guajava* L.) as influenced by hot water treatment and modified atmosphere packaging, *ISHS Acta Hort.* p. 1213.
- [11] Hofman, P.J., Stubbings, B.A., Adkins, M.F., Meiburg, G. F. and Woolf, A. B. , 2002, Hot water treatments improve ‘Hass’ avocado fruit quality after cold disinfestation, *Postharvest Biol. Technol.* 24: 183-192.
- [12] Aguayo, E., Escalona, V.H. and Artés, F., 2008, Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut ‘Amarillo’ melon, *Postharvest Biol. Technol.* 47: 397-406.
- [13] Zhang, M., Liu, W., Li, C., Shao, T., Jiang, X., Zhao, H. and Ai, W., 2019, Postharvest hot water dipping and hot water forced convection treatments alleviate chilling injury for zucchini fruit during cold storage, *Sci. Hort.* 249: 219-227.