# ผลของ Heat Treatment ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ภายหลังการเก็บเกี่ยว

# Effect of Heat Treatment on the Postharvest Quality Changes of Rose Apple (*Syzygium samarangense* (Blume) Merr. & Perry) cv. Thabthimchan

**วรรษชน สีหบุตร**[1]
**Watsachon Sihaboot** [1]

## บทคัดย่อ

การศึกษาผลของ heat treatment ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ภายหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อหาระดับอุณหภูมิของน้ำร้อน และระยะเวลาการแช่ที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองแบบ 4x3 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 45 50 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0 30 และ 60 วินาที เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้แช่น้ำ ผลการทดลอง พบว่า การทำ heat treatment นอกจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแล้วยังสามารถรักษาคุณภาพของผลิตผลไว้ได้ ทำให้ชมพู่ทับทิมจันทร์มีการเปลี่ยนแปลงสีผิวช้าลง และช่วยชะลอขบวนการย่อยอาหารสะสมและการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาล โดยอุณหภูมิของน้ำร้อนและระยะเวลาที่เหมาะสมในการจุ่มผลในน้ำร้อนคือ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที มีประสิทธิภาพโดยรวมดีที่สุด สามารถช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของชมพู่ทับทิมจันทร์ตลอด 9 วัน ที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่น ($p=0.01$)

**คำสำคัญ**: การใช้ความร้อน ชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ หลังการเก็บเกี่ยว

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University

## Abstract

This research was based on 4x3 Factorial in Completely Randomized Design +1 (Factorial in CRD) with hot water at 40, 45, 50, and 55 $^{\circ}$C at 0, 30, and 60 seconds. The control was without heat treatment. The experiment found that heat treatment can control diseases and also maintain the produce qualities. This resulted in the slow changes of rose apple skin colors. Accumulated nutrients metabolism and synthesize of sugar from carbohydrate were also slowed down. The most effective temperature and time for hot water treatment were 50 $^{\circ}$C for 30 seconds. This can slow the breakdown of rose apple to until day 9 when stored at 25 $^{\circ}$C (p=0.01).


**Keywords**: Heat Treatment, Rose Apple, Postharvest

### คำนำ

ชมพู่เป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีถิ่นกำเนิดแถบประเทศอินโดนีเซียและอินเดีย เดิมมีชื่อว่า “ซีต้า” แต่เกษตรกรนำกิ่งพันธุ์เข้ามาปลูกในประเทศไทย และเรียกชื่อแตกต่างกันออกไป ตามแต่ละสายพันธุ์ (ประเสริฐ , 2545) ชมพู่จัดเป็นไม้ผลที่ปลูกและดูแลรักษาได้ง่าย ให้ผลผลิตเร็วสามารถบังคับให้ออกดอกติดผลได้ดี ผลมีรสชาติอร่อยหวานกรอบและมีสีสันสวยน่ารับประทาน นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น วิตามินเอ วิตามินซี แคลเซียม ฟอสฟอรัส และสารต้านอนุมูลอิสระ (นิวัตร์, 2541) ทั้งยังมีสารพิษตกค้างน้อยจึงจัดว่าเป็นผลไม้เพื่อสุขภาพที่นิยมบริโภคกันโดยทั่วไป (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) แต่ชมพู่เป็นผลไม้ที่มีเปลือกค่อนข้างบาง ทำให้เหี่ยว ช้ำง่าย อายุการเก็บรักษาสั้น ขนส่งไม่ได้ไกล ตลาดส่วนใหญ่จึงอยู่ภายในประเทศมีเฉพาะส่วนน้อยเท่านั้น ที่ส่งไปยังประเทศฮ่องกงและประเทศใกล้เคียง (พนม, ม.ป.ป.)

ปัจจุบันมีการนำอุณหภูมิในระดับที่ต่ำและสูงมาใช้กับผักและผลไม้สด เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและชะลอการเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพบางประการ เนื่องจากความร้อนสามารถลดระดับจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนและสามารถชะลอการเปลี่ยนสีได้ (Gould,1989) เช่น การทำ heat treatment (HT) โดยการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 ชั่วโมง ร่วมกับการใช้สารละลาย $CaCl_2$ 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที สามารถช่วยรักษาคุณภาพผลและลดการเกิด chilling injury (CI) ของผลละมุดพันธุ์มะกอกได้ดีที่สุด สามารถลดอัตราการหายใจ การผลิตเอทธิลีน กิจกรรมของเอนไซม์ ACC oxidase รวมถึงการรั่วไหลของประจุและมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 40 วัน (อนันต์ และคณะ, 2545) หรือ การใช้น้ำร้อนต่อคุณภาพของผักหวานบ้าน พบว่า การแช่น้ำร้อนสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและไม่มีผลต่อการเปลี่ยนสีของผักหวานบ้าน และการใช้ความร้อนที่ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที สามารถรักษาความสดได้ดีกว่าชุดทดลองอื่นๆ ในระหว่างการเก็บรักษา (กรรณิการ์ และคณะ, 2554) ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงต้องการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการวางขายหรืออายุการเก็บรักษาชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ สำหรับตลาดที่อยู่ห่างไกลหรือตลาดต่างประเทศซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่งค่อนข้างนาน

### วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมของ heat treatment ในการรักษาคุณภาพชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ภายหลังการเก็บเกี่ยว และศึกษาอิทธิพลของ heat treatment ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ภายหลังการเก็บเกี่ยว

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

คัดเลือกชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์อายุ 85 วันหลังออกดอก (ขั้วตึงและมีเส้นสีแดงเข้ม) จากสวนปรีชา จังหวัดบุรีรัมย์ ให้มีขนาดใกล้เคียงกัน วางแผนการ

ทดลองแบบ 4x3 Factorial in CRD โดยมี 2 ปัจจัย คือ ปัจจัย A อุณหภูมิของน้ำร้อน 4 ระดับ คือ $a_1$ = 40 องศาเซลเซียส $a_2$= 45 องศาเซลเซียส $a_3$ = 50 องศาเซลเซียส และ $a_4$ = 55 องศาเซลเซียส ปัจจัย B ระยะเวลาในการแช่น้ำร้อน 3 ระดับ คือ $b_1$ = 0 วินาที $b_2$ = 30 วินาที และ $b_3$ = 60 วินาที มีทั้งหมด 12 กลุ่มทดลองๆ ละ 3 ซ้ำๆ 10 ผล เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้แช่น้ำร้อน และนำมาเก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์

ทำการบันทึกผลการทดลองทุกๆ 3 วัน นับตั้งแต่วันที่ทำการทดลอง โดยการสุ่มมาจากทุกกลุ่มทดลองและทุกซ้ำๆ ละ 2 ผล ทำการบันทึกการสูญเสียน้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงสีผิวและเนื้อของผล โดยใช้เครื่องมือ colorimeter เป็นระบบ CIE (L*a*b) ความแน่นเนื้อ โดยใช้ Effegi fruit firmness tester หัววัดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัวเจาะ 1.5 เซนติเมตร ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS) โดยใช้ Hand Refractometer หน่วยเป็น องศาบริกซ์ และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable Acidity, TA) โดยนำน้ำคั้นจากชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์มาจำนวน 20 มิลลิลิตร หยดด้วยphenolphthalein แล้วทำการไตเตรทด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน NaOH 0.1 N จนถึงจุดยุติ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี lsd (Least Significant Difference) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p=0.05)

## ผลการวิจัยและวิจารณ์

### การเปลี่ยนแปลงสีผิว/คุณภาพภายนอก

**1. ค่าความสว่างของสีผิว (L)**

เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ผิวผลของชมพู่ทับทิมจันทร์ มีค่าอยู่ระหว่าง 32.68 - 38.66 และ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (3 วัน) ค่า L ของผลมีแนวโน้มลดลงในทุกกลุ่มทดลอง ผลการศึกษานี้แสดงว่าผลผลิตมีผิวสีแดงที่คล้ำขึ้น โดยชมพู่ทับทิมจันทร์ที่ผ่านการแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที มีแนวโน้มให้ค่า L หรือค่าความสว่างของผิวผลมากที่สุดคือ 38.66 และมีความแตกต่างทางสถิติ (p=0.01) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน พบว่า ชมพู่ทับทิมจันทร์ที่ผ่านการแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที มีแนวโน้มให้ค่าความสว่างของผิวผลมากที่สุด (ผิวยังคงมีสีแดงสด) คือ 35.96 ในขณะที่การแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที มีแนวโน้มให้ค่าความสว่างของผิวผลน้อยที่สุด (ผิวมีสีแดงคล้ำ) คือ 30.99 และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 วัน) พบว่าการจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และนำขึ้นทันที (0 วินาที) และอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที มีแนวโน้มให้ค่าความสว่างของผิวผลมากที่สุด และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่า L เท่ากับ 36.81 และ 36.53 ตามลำดับ ในขณะที่การการจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และนำขึ้นทันที (0 วินาที) มีแนวโน้มให้ค่าความสว่างของผิวผลน้อยที่สุดคือ 31.61 (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ ภัทษร และคณะ (2554) ที่นำบรอคโคลี่มาผ่านการให้ความร้อน และพบว่า การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวไปเป็นสีเหลือง นอกจากนี้ อภิรดี และคณะ (2555) ทดลองนำมะระจีนมาจุ่ม น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที พบว่า มะระจีนยังคงมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ

**2. การเปลี่ยนแปลงสีแดง (a)**

ค่าสีแดง (a) ของผิวผล ตอนเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 19.18 – 24.87 และมีความแตกต่างกันทางสถิติ (p = 0.01) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น (3 วัน) พบว่า ค่า a มีแนวโน้มลดลง แสดงว่าผิวผลมีสีแดงที่คล้ำขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน การแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แล้วนำขึ้นทันที (0 วินาที) มีแนวโน้มสีแดง (ค่า a) มากที่สุดคือ 23.40 ในขณะที่อุณหภูมิเดียวกัน แต่แช่เป็นเวลา 60 วินาที มีแนวโน้มให้ค่า a น้อยที่สุดคือ 18.37 และมีความแตกต่างกันทางสถิติ (p=0.01) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทุกกลุ่มการทดลองมีค่า a ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่า a อยู่ระหว่าง 20.08 – 22.30 โดยการแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที มีแนวโน้มให้ค่า a มากที่สุด เท่ากับ 22.30 แสดงว่าผิวผลยังมีสีแดงสดมากกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ ในขณะที่การแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที มีแนวโน้มให้ค่า a น้อยที่สุดคือ 18.18 (ตารางที่ 2)

จากผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงสีผิว พบว่าในทุกกลุ่มทดลองจะมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลคล้ายๆ กัน คือจากสีแดงสว่างเริ่มเป็นสีแดงอมน้ำเงินหรือสีแดงคล้ำขึ้นและเริ่มมีระยะเหี่ยวย่นที่ผิวปรากฏให้เห็น เมื่อสิ้นสุดการทดลอง แต่ในกลุ่มทดลองที่ไม่ได้แช่น้ำร้อนส่วนมากแล้วเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน เริ่มมีการเข้าทำลายของเชื้อรา ทั้งราดำและราขาว ส่งผลให้เกิดการตายของเนื้อเยื่อ

**ตารางที่ 1.** การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L) ของสีเปลือกของชมพู่ทับทิมจันทร์ที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนที่ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 9 วัน

| ปัจจัย A (อุณหภูมิ) | ปัจจัย B (ระยะเวลา, วินาที) | ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)[1] | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 3 | 6 | 9 |
| 40 °C | 0 | 35.53$^{ab}$ | 33.18$^{bc}$ | 34.00$^{ab}$ | 36.81$^{a}$ |
| | 30 | 38.66$^{a}$ | 36.58$^{a}$ | 33.80$^{ab}$ | 34.69$^{ab}$ |
| | 60 | 36.46$^{ab}$ | 33.85$^{abc}$ | 33.35$^{ab}$ | 34.27$^{ab}$ |
| 45 °C | 0 | 34.76$^{ab}$ | 33.69$^{abc}$ | 32.15$^{ab}$ | 31.61$^{b}$ |
| | 30 | 36.55$^{ab}$ | 33.89$^{abc}$ | 32.66$^{ab}$ | 33.34$^{ab}$ |
| | 60 | 37.36$^{ab}$ | 34.06$^{abc}$ | 34.79$^{ab}$ | 32.79$^{ab}$ |
| 50 °C | 0 | 37.67$^{ab}$ | 35.80$^{ab}$ | 33.83$^{ab}$ | 33.66$^{ab}$ |
| | 30 | 36.54$^{ab}$ | 33.30$^{bc}$ | 33.83$^{ab}$ | 32.81$^{ab}$ |
| | 60 | 35.22$^{ab}$ | 33.86$^{abc}$ | 35.96$^{a}$ | 33.01$^{ab}$ |
| 55 °C | 0 | 34.76$^{ab}$ | 32.74$^{c}$ | 33.63$^{ab}$ | 32.30$^{ab}$ |
| | 30 | 36.06$^{ab}$ | 34.39$^{abc}$ | 30.99$^{b}$ | 36.53$^{a}$ |
| | 60 | 35.91$^{ab}$ | 32.37$^{c}$ | 32.29$^{ab}$ | 33.42$^{ab}$ |
| ไม่จุ่มน้ำร้อน | - | 32.68$^{ab}$ | 36.00$^{ab}$ | 33.43$^{ab}$ | 33.83$^{ab}$ |
| F-test | - | ** | ** | ** | ** |
| %CV. | - | 4.86 | 3.06 | 4.93 | 4.72 |

**หมายเหตุ :** [1]ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันยกกำลังด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p=0.01)

**การสูญเสียน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์)**

ผลชมพู่ทับทิมจันทร์ทุกกลุ่มทดลองมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาที่นานขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน พบว่า การแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 13.35 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การจุ่ม น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แล้วนำขึ้นทันที (0 วินาที) มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด คือ 6.37 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 วัน) พบว่า การจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แล้วนำขึ้นทันที (0 วินาที) มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 29.88 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 วินาที อุณหภูมิ 45 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 21.23 20.70 และ 20.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก การแช่น้ำร้อน หรือการใช้อุณหภูมิสูงที่เหมาะสมก่อนการเก็บรักษา นอกจากจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแล้วยังสามารถชะลออัตราการหายใจและการสร้างเอทธิลีน ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่มีผลในการเร่งการเสื่อมสภาพของผลิตผล แต่การใช้อุณหภูมิของน้ำร้อนที่สูงเกินไป จะไปเร่งอัตราหายใจให้สูงขึ้น และเมื่ออัตราการหายใจสูง ความร้อนภายในผลก็จะสูงขึ้นเช่นกัน ทำให้ผลิตผลมีการระบายความร้อนออกในรูปการคายน้ำ ส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น (ธรรมรัตน์ และคณะ , 2550) นอกจากนี้การทำ heat treatment หรือการแช่น้ำร้อนต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่อยู่ตลอดเวลา และควรทำให้ผลของชมพู่ทับทิมจันทร์แห้งก่อนนำเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทุกขั้นตอนควรปฏิบัติด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากผลของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์มีผิวบาง ทำให้มีการบอบช้ำง่าย

**ตารางที่ 2.** ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a) ของสีเปลือกชมพู่ทับทิมจันทร์ที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนที่ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 9 วัน

| ปัจจัย A (อุณหภูมิ) | ปัจจัย B (ระยะเวลา, วินาที) | ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0[1] | 3[1] | 6[1] | 9[2] |
| 40 °C | 0 | 21.74$^{ab}$ | 18.81$^{cd}$ | 19.72$^{ab}$ | 20.56 |
| | 30 | 23.91$^{a}$ | 22.65$^{a}$ | 21.71$^{ab}$ | 22.23 |
| | 60 | 24.08$^{a}$ | 20.44$^{abcd}$ | 21.90$^{ab}$ | 22.30 |
| 45 °C | 0 | 21.90$^{ab}$ | 19.12$^{bcd}$ | 20.06$^{ab}$ | 19.95 |
| | 30 | 23.71$^{a}$ | 21.51$^{abc}$ | 20.72$^{ab}$ | 20.43 |
| | 60 | 24.38$^{a}$ | 22.70$^{a}$ | 21.72$^{ab}$ | 19.92 |
| 50 °C | 0 | 24.87$^{a}$ | 21.56$^{abc}$ | 21.27$^{ab}$ | 20.55 |
| | 30 | 23.45$^{ab}$ | 21.39$^{abc}$ | 21.48$^{ab}$ | 21.54 |
| | 60 | 22.70$^{ab}$ | 21.16$^{abc}$ | 21.33$^{ab}$ | 18.18 |
| 55 °C | 0 | 23.35$^{ab}$ | 21.95$^{ab}$ | 23.40$^{a}$ | 21.03 |
| | 30 | 23.45$^{ab}$ | 23.43$^{a}$ | 19.92$^{ab}$ | 21.75 |
| | 60 | 20.86$^{ab}$ | 17.70$^{d}$ | 18.37$^{b}$ | 18.70 |
| ไม่จุ่มน้ำร้อน | - | 19.18$^{b}$ | 21.16$^{abc}$ | 21.75$^{ab}$ | 21.32 |
| F-test | - | ** | ** | ** | ns |
| %CV. | - | 4.52 | 3.05 | 4.31 | 4.71 |

**หมายเหตุ :** [1]ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันยกกำลังด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p=0.01)

[2]ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ns)

**ความแน่นเนื้อเฉลี่ยของผล (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)**

ผลการทดลองพบว่า ผลชมพู่ทับทิมจันทร์ทุกกลุ่มทดลองมีค่าความแน่นเนื้อลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดการเก็บรักษา โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน พบว่า การจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แล้วยกขึ้นทันที (0 วินาที) มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อมากที่สุด คือ 4.07 กก./ตร.ซม. ในขณะที่ การแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที ผลเริ่มนิ่ม มีค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 3.60 กก./ตร.ซม. สาเหตุที่ความแน่นเนื้อมีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น เนื่องจาก การที่ผลิตผลได้รับความร้อนสูง ความร้อนจะไปเร่งการทำงานของเอนไซม์ pectin esterase โดยเอนไซม์จะทำหน้าที่ดึงหมู่ methyl จาก galacturonic acid ในเพคติน เกิดเป็นเพคตินอิสระ ส่งผลให้โครงสร้างของผนังเซลล์เสื่อมสภาพและเกิดการนุ่มของผล (Harker *et al.*, 1988) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 วัน) พบว่า ผลชมพู่ทับทิมจันทร์ที่ผ่านการแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ยังคงมีความแข็งและมีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อมากที่สุด คือ 3.53 กก./ตร.ซม. (ตารางที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของนกน้อย และคณะ (2546) ที่ทำการศึกษาผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวแตงเมลอน พบว่า การใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อได้ดีที่สุด เนื่องจากการให้ความร้อนที่เหมาะสมจะช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของผลิตผล โดยลดอัตราการหายใจของผลผลิตและกระบวนการทางสรีรวิทยาอื่นๆ (Vicente *et al.*, 2006)

**ตารางที่ 3**. ค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์) ของชมพู่ทับทิมจันทร์ที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนที่ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 9 วัน

| ปัจจัย A (อุณหภูมิ) | ปัจจัย B (ระยะเวลา ,วินาที) | ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 3[2] | 6[1] | 9[2] |
| 40 °C | 0 | 12.01[abc] | 15.83 | 21.23[b] |
| | 30 | 7.22[bc] | 16.38 | 25.44[ab] |
| | 60 | 9.87[abc] | 17.90 | 28.10[ab] |
| 45 °C | 0 | 9.41[abc] | 18.89 | 24.97[ab] |
| | 30 | 12.11[abc] | 19.03 | 20.70[b] |
| | 60 | 13.35[a] | 18.44 | 28.38[ab] |
| 50 °C | 0 | 6.37[c] | 14.33 | 22.29[ab] |
| | 30 | 9.54[abc] | 15.98 | 20.59[b] |
| | 60 | 9.10[abc] | 19.38 | 27.03[ab] |
| 55 °C | 0 | 13.27[ab] | 23.29 | 29.88[a] |
| | 30 | 10.37[abc] | 20.56 | 23.89[ab] |
| | 60 | 9.87[abc] | 16.56 | 23.02[ab] |
| ไม่จุ่มน้ำร้อน | - | 10.62[abc] | 20.99 | 26.01[ab] |
| F-test | - | * | ns | * |
| %CV. | - | 8.21 | 15.32 | 10.77 |

**หมายเหตุ :** [1]ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ns)

[2]ค่าเฉลี่ยที่ยกกำลังด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p=0.05)

**ตารางที่ 4.** ค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อของชมพู่ทับทิมจันทร์ที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนที่ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 9 วัน

| ปัจจัย A (อุณหภูมิ) | ปัจจัย B (ระยะเวลา, วินาที) | ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 3[1] | 6[2] | 9[3] |
| 40 °C | 0 | 4.07[a] | 3.41 | 3.11[bc] |
| | 30 | 4.01[ab] | 3.67 | 3.40[abc] |
| | 60 | 3.81[abc] | 3.67 | 3.24[abc] |
| 45 °C | 0 | 3.77[ab] | 3.65 | 3.25[abc] |
| | 30 | 3.89[ab] | 3.41 | 3.12[bc] |
| | 60 | 3.60[c] | 3.41 | 3.09[c] |
| 50 °C | 0 | 3.94[abc] | 3.52 | 3.38[abc] |
| | 30 | 3.90[abc] | 3.58 | 3.53[a] |
| | 60 | 3.82[abc] | 3.57 | 3.26[abc] |
| 55 °C | 0 | 3.74[abc] | 3.67 | 3.51[ab] |
| | 30 | 3.76[abc] | 3.68 | 3.40[abc] |
| | 60 | 3.72[bc] | 3.53 | 3.35[abc] |
| ไม่จุ่มน้ำร้อน | - | 3.89[abc] | 3.58 | 3.11[bc] |
| F-test | - | * | ns | ** |
| %CV. | - | 0.45 | 0.39 | 0.41 |

**หมายเหตุ :** [1]ค่าเฉลี่ยที่ยกกำลังด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p=0.05)

[2]ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ns)

[3]ค่าเฉลี่ยที่ยกกำลังด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p=0.01)

**ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid : %TSS)**

จากผลการทดลองพบว่าผลที่ได้รับความร้อนในทุกกลุ่มทดลอง มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มมากขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน พบว่า การจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องสาเซลเซียส แล้วยกขึ้นทันที (0 วินาที) มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากที่สุดเท่ากับ 14.20 องศาบริกซ์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 วัน) พบว่า ผลชมพู่ทับทิมจันทร์ที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แล้วยกขึ้นทันที (0 วินาที) มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด คือ 14.27 องศาบริกซ์ ในขณะที่การแช่ น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุด คือ 11.83 องศาบริกซ์ (ตารางที่ 5) สาเหตุที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าสูงขึ้นเนื่องจาก ความร้อนที่ใช้ จะไปเร่งอัตราการย่อยสลายแป้งภายในผล ให้เปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลได้เร็วขึ้น ประกอบกับการใช้อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม ไปช่วยชะลออัตราการหายใจ ทำให้การใช้น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานเกิดขึ้นช้าลง ส่งผลให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (จริงแท้, 2544) นอกจากนี้ ความร้อนยังส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ จึงทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน (สมโภชน์ และคณะ, 2554)

**ตารางที่ 5.** ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของชมพู่ทับทิมจันทร์ที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนที่ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 9 วัน

| ปัจจัย A (อุณหภูมิ) | ปัจจัย B (ระยะเวลา, วินาที) | ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 3[1] | 6[2] | 9[2] |
| 40 °C | 0 | 12.93 | 14.20[a] | 13.30[ab] |
| | 30 | 11.80 | 13.27[ab] | 11.83[b] |
| | 60 | 12.43 | 12.73[ab] | 12.93[ab] |
| 45 °C | 0 | 12.00 | 12.73[ab] | 12.37[ab] |
| | 30 | 12.73 | 12.40[b] | 13.33[ab] |
| | 60 | 11.73 | 11.93[b] | 13.23[ab] |
| 50 °C | 0 | 12.00 | 12.73[ab] | 14.27[a] |
| | 30 | 12.07 | 12.67[ab] | 12.63[ab] |
| | 60 | 11.87 | 12.07[b] | 13.43[ab] |
| 55 °C | 0 | 11.53 | 12.40[b] | 12.57[ab] |
| | 30 | 11.40 | 13.20[ab] | 13.20[ab] |
| | 60 | 11.67 | 12.80[ab] | 12.50[ab] |
| ไม่จุ่มน้ำร้อน | - | 11.67 | 12.57[ab] | 13.47[ab] |
| F-test | - | ns | ** | ** |
| %CV. | - | 1.69 | 1.66 | 1.92 |

**หมายเหตุ :** [1]ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ns)

[2]ค่าเฉลี่ยที่ยกกำลังด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p=0.01)

**ปริมาณกรดที่ไตเตรท (%TA)**

ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (%TA) ของชมพู่ทับทิมจันทร์ในระหว่างการเก็บรักษา ตอนเริ่มต้นการทดลอง มีค่าเท่ากันคือ 0.18 % เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาที่นานขึ้น พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทุกกลุ่มทดลอง โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน พบว่า การจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แล้วยกขึ้นทันที (0 วินาที) มีค่าปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มากที่สุด คือ 0.23 % แต่การแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที มีค่าปริมาณกรดที่ไตเตรทได้น้อยที่สุด คือ 0.19 % และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 วัน) พบว่า การไม่ทำแช่น้ำร้อน (control) มีค่าปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มากที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากการจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แล้วยกขึ้นทันที (0 วินาที) คือ 0.27 % และ 0.26% ตามลำดับ ในขณะที่ การแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที มีค่าปริมาณกรดที่ไตเตรทได้น้อยที่สุด คือ 0.20% (ตารางที่ 6)

**สรุปผลการทดลอง**

ศึกษาอิทธิพลของ heat treatment ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพชมพู่ทับทิมจันทร์ภายหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า การทำ heat treatment นอกจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแล้วยังสามารถรักษาคุณภาพของผลิตผลไว้ได้ ทำให้ชมพู่ทับทิมจันทร์มีการเปลี่ยนแปลงสีผิวช้าลง โดยอุณหภูมิของน้ำร้อนและระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่ผลในน้ำร้อน คือ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ทำให้คุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวชมพู่ทับทิมจันทร์ดีที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด มีความแน่นเนื้อของผลมากที่สุด มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ปานกลาง รองลงมา คือ การจุ่มผลชมพู่ทับทิมจันทร์ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แล้วยกขึ้นทันที (0 วินาที) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุด มีค่าความแน่นเนื้อ อัตราการสูญเสียน้ำหนักสดและปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ปานกลาง ในขณะที่ชมพู่ทับทิมจันทร์ ที่ไม่ได้ทำการแช่น้ำร้อนส่วน

ใหญ่มีการเน่าเสียเกิดขึ้น เนื่องจากการเข้าทำลายของ เชื้อจุลินทรีย์

**ตารางที่ 6.** ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของน้ำคั้นชมพู่ทับทิมจันทร์ที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนที่ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 9 วัน

| ปัจจัย A (อุณหภูมิ) | ปัจจัย B (ระยะเวลา, วินาที) | ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 3[1] | 6[2] | 9[2] |
| 40 °C | 0 | 0.20 | 0.21$^{ab}$ | 0.24$^{bcd}$ |
| | 30 | 0.19 | 0.20$^{ab}$ | 0.22$^{de}$ |
| | 60 | 0.18 | 0.21$^{ab}$ | 0.23$^{cd}$ |
| 45 °C | 0 | 0.18 | 0.20$^{ab}$ | 0.21$^{ef}$ |
| | 30 | 0.20 | 0.21$^{ab}$ | 0.20$^{f}$ |
| | 60 | 0.19 | 0.21$^{ab}$ | 0.21$^{ef}$ |
| 50 °C | 0 | 0.18 | 0.20$^{ab}$ | 0.24$^{bcd}$ |
| | 30 | 0.19 | 0.19$^{b}$ | 0.23$^{cd}$ |
| | 60 | 0.19 | 0.21$^{ab}$ | 0.24$^{bcd}$ |
| 55 °C | 0 | 0.18 | 0.23$^{a}$ | 0.26$^{a}$ |
| | 30 | 0.18 | 0.20$^{ab}$ | 0.25$^{b}$ |
| | 60 | 0.20 | 0.19$^{b}$ | 0.25$^{b}$ |
| ไม่จุ่มน้ำร้อน | - | 0.20 | 0.21$^{ab}$ | 0.27$^{a}$ |
| F-test | - | ns | ** | ** |
| %CV. | - | 0.04 | 0.03 | 0.02 |

**หมายเหตุ :** [1] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ns)

[2] ค่าเฉลี่ยยกกำลังด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p=0.01)

## เอกสารอ้างอิง


กรมส่งเสริมการเกษตร. 2547. ชมพู่. ค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2557, http : // www.doae.go.th/.

กรรณิการ์ วงษ์สิงห์ ปรียานุช อ้วนแพง รชยา พืชสิงห์ และสุริยัณห์ สุภาพวานิช. 2554. ผลของการใช้น้ำร้อนต่อคุณภาพของผักหวานบ้าน (*Sauropus androgynus* L. Merr) ระหว่างการเก็บรักษา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42 (3/1) (พิเศษ), 275-278.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผัก-ผลไม้.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์.

ธรรมรัตน์ ปราณอมอมรกิจ ศิริชัย กัลป์ยาณรัตน์ อนันต์ จิตรธรรม วิษณุ นิยมเหลา และ พนิดา บุญ-ฤทธิ์ธงไชย. 2550. การใช้ความร้อนในการควบคุมโรคและยืดอายุการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งของกลุ่มเกษตรกรและชมรมปลูกหน่อไม้ฝรั่งในจังหวัดนครปฐมเพื่อการส่งออก. ค้นเมื่อ 27 เมษายน 2557, http:// www.kmutt.ac.th.

นกน้อย ชูคงคา วิษณุ นิยมเหลา และ ศิริชัย กัลป์ยาณ-รัตน์. 2546. อิทธิพลของ Heat Treatment ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายหลังการเก็บเกี่ยวแตงเมลอน. ใน: การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

นิวัตร์ ธรรมภิบาล. 2541. เยี่ยมสวนชมพู่สมาชิก เคห-การเกษตร คุณล้ง ทองสามสี. เคหการเกษตร. 22 (1), 97-101.

ประเสริฐ บุญเกิด. 2545. “ทับทิมจันทร์” สายพันธุ์ใหม่ที่ตลาดต้องการ. เมืองไม้ผล. 2 (15), 89-95.

พนม เกิดแสง. ม.ป.ป.. ชมพู่ทับทิมจันทร์. ค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2557, http : // www.eto.ku.ac.th/ newctole-bocb/ panom/ taptim-jum.pdf.

ภัทษร สำเนียงดี ศิริชัย กัลยาณรัตน์ และพนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย. 2554. ผลของการใช้ความร้อนร่วมกับ 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีของบรอคโคลี่. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42 (1) (พิเศษ), 213-216.

สมโภชน์ โกมล ประณต สมเกตุ และ พฤกษ์ ชูสังข์. 2554. ผลของอุณหภูมิ วัสดุบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาเห็ดเข็มทอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42 (3) (พิเศษ), 693-696.

อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ปิระมิด จิตรมาตร สุกัญญา เอี่ยมลออ และผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์. 2555. ผลของน้ำร้อนและเอทีฟอนต่อคุณภาพของมะระจีนตัดแต่ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43 (3) (พิเศษ), 408-411.

อนันต์ จิตรธรรม ศิริชัย กัลยาณรัตน์ และเฉลิมชัย วงษ์-อารี. 2545. ผลของ Heat Treatment และ $CaCl_2$ ต่ออาการ Chilling injury ของผลละมุดพันธุ์มะกอก (*Archras sapota* Linn.). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 33 (6) (พิเศษ), 122-126.

Gould, J.L. 1988. Timing of landmark learning by honey bees. Journal of Insect Behavior. 1(4), 373–377.

Harker, F.R., I.B. Ferguson, and F.I. Dromgoole. 1988. Calcium ion transport through tissue discs of the cortical flesh of apple fruit. Physiologia Plantarum. 74(4), 688–694.

Vicente, A.R., G.A. Martínez, A.R. Chaves, and P.M. Civello. 2006. Effect of heat treatment on strawberry fruit damage and oxidative metabolism during storage. Postharvest Biology and Technology. 40(2), 116–122.