ผลของระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ต่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ในขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์แบบบรรยากาศสมดุล

EFFECT OF TEMPERATURE LEVEL AND PRECOOLING TIME ON CHANGING PATTERN OF CO_2 AND O_2 DURING EQUILIBRIUM MODIFIED ATMOSPHERE STORAGE OF JAVA APPLE (*Syzygium aqueum*) cv. THAPTHIM-JAN

ไตรวรา ศรีเปาระยะ

TRIVARA SREPAORAYA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชสวน

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ต่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ในขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์แบบบรรยากาศสมดุล

EFFECT OF TEMPERATURE LEVEL AND PRECOOLING TIME ON CHANGING PATTERN OF CO_2 AND O_2 DURING EQUILIBRIUM MODIFIED ATMOSPHERE STORAGE OF JAVA APPLE (*Syzygium aqueum*) cv. THAPTHIM-JAN

T 074435

ไตรวรา ศรีเปารยะ

TRIVARA SREPAORAYA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชสวน

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

EFFECT OF TEMPERATURE LEVEL AND PRECOOLING TIME ON CHANGING PATTERN OF CO_2 AND O_2 DURING EQUILIBRIUM MODIFIED ATMOSPHERE STORAGE OF JAVA APPLE (*Syzygium aqueum*) cv. THAPTHIM-JAN

TRIVARA SREPAORAYA

A THESIS SUBMTTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN HORTICULTURE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2007

COPYRIGHT 2007
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วต่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลง ก๊าชคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจนในขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์แบบบรรยากาศสมดุล
นักศึกษา	นายไตรวรา ศรีเปารยะ
รหัสประจำตัว	47062311
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	พืชสวน
พ.ศ.	2550
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. สมชาย กล้าหาญ

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วต่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลงก๊าชคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ในขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์แบบบรรยากาศสมดุล แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของภาชนะบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์และออกซิเจน ในขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์ วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ประกอบด้วย 4 วิธีการ คือ ถุงพลาสติก polyethylene (PE) ถุงพลาสติก polypropylene (PP) ถุงพลาสติก laminate (vacuum) และ ฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) ผลปรากฏว่า ชนิดของภาชนะบรรจุ มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสด สีแดงของผิวผล ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส แต่ไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณกรด ชมพู่ในถุงพลาสติก polyethylene (PE) และ ฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีที่สุด และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด 9 วัน และมีความแตกต่างทางสถิติกับถุงพลาสติก polypropylene (PP) และถุงพลาสติก laminate (vacuum)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วต่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลงก๊าชคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ในขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์ วางแผนการทดลองแบบ 4x4 factorial in completely randomized design ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ระดับอุณหภูมิในการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว 4 ระดับ คือ10, 5, 0 และ -20 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว 4 ระดับ คือ 10, 20, 30 และ 40 นาที ผลปรากฏว่า ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายใน

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุ คุณภาพทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษา แต่ไม่มีผลต่อ การสูญเสียน้ำหนักสด สีผิว ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรด ระยะเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมินานมากขึ้น ทำให้อายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ชมพู่ทับทิมจันท์ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20, 30 และ 40 นาที มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด 18 วัน ส่วนชมพู่ทับทิมจันท์ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 และ 20 นาที และชมพู่ทับทิมจันท์ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุด 12 วัน และมีความแตกต่างกันทางสถิติ

Thesis Title	Effect of Temperature Level and Precooling Time on Changing Pattern of CO_2 and O_2 During Equilibrium Modified Atmosphere Storage of Java Apple (*Syzygium aqueum*) cv. Thapthim-Jan
Student	Mr. Trivara Srepaoraya
Student ID	47062311
Degree	Master of Science
Program	Horticulture
Year	2007
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Somchai Glahan

ABSTRACT

Study on effect of temperature level and precooling time on changing pattern of CO_2 and O_2 during equilibrium modified atmosphere storage of java apple (*Syzygium aqueum*) cv. Thapthim-Jan. This study was divided into 2 experiments and the results showed as following.

First experiment study on effect of packaging material on changing pattern of CO_2 and O_2 during storage of java apple. The statistical model was completely randomized design composes of 4 treatments as 4 packaging material as followed polyethylene (PE), polypropylene (PP), laminate (vacuum) and polyvinyl chloride (PVC). The results showed that packaging material pronounce effected on fresh weight loss, red skin color, CO_2 and O_2 changing, sensory evaluation score and aroma but non impact on firmness, total soluble solid (TSS) and tritratable acidity (TA). Java apple stored in polyethylene (PE) and polyvinyl chloride (PVC) had the highest sensory evaluation score. The longest storage life of 9 days received from java apple those stored in polyethylene (PE) and polyvinyl chloride (PVC) and showed significantly difference among polypropylene (PP) and laminate (vacuum).

Second experiment study on effect of temperature level and precooling time on changing pattern of CO_2 and O_2 during equilibrium modified atmosphere storage of java apple. The statistical model was 4x4 factorial in completely randomized design comprised of 2 factors; 4 levels of precooling temperature 10, 5, 0 and -20^{0}C and 4 level of precooling time 10, 20, 30 and 40 minutes. The results showed that temperature level and precooling time effected on inside temperature, CO_2 and O_2 changing, sensory evaluation score and storage life

but non impact on fresh weight loss, skin color, firmness, total soluble solid (TSS) and tritratable acidity (TA) however increased in precooling time resulting in increasing of storage life. Java apple precooled at -20°C for 20, 30 and 40 minutes gave the longest storage life of 18 days while those precooled at 5 and 10°C for 10, 20, 30 and 40 minutes, 0°C for 10 and 20 minutes and -20 °C for 10 minutes gave the shortest storage life of 12 days and showed significantly difference.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณท่าน รศ. ดร.สมชาย กล้าหาญ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ตลอดจนคณาจารย์ กรรมการทุกท่าน ซึ่งได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแก้ไขปัญหาต่างๆ และตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบังที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ในการดำเนินงานวิจัย และให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือต่างๆ ตลอดจนทุกคนที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้เสมอมา

ขอขอบคุณผู้บริหารบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้สนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวทุกคน ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนในการศึกษาด้วยดีตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ไตรวรา ศรีเปารยะ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.......... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.......... III

กิตติกรรมประกาศ.......... V

สารบัญ.......... VI

สารบัญตาราง.......... VIII

สารบัญภาพ.......... XI

บทที่1 บทนำ.......... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.......... 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.......... 1

1.3 สมมุติฐานของศึกษา.......... 2

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.......... 2

1.5 ขอบเขตของการวิจัย.......... 2

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.......... 2

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.......... 3

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของชมพู่.......... 3

2.2 ภาชนะบรรจุ.......... 3

2.3 การลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว.......... 5

2.4 การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศสมดุล.......... 6

2.5 รายงานการเก็บรักษาที่เกี่ยวข้อง.......... 6

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.......... 9

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี.......... 9

3.2 วิธีดำเนินงาน.......... 9

3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล.......... 13

3.4 สถานที่ดำเนินงาน.......... 13

3.5 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง.......... 14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง........ 15

4.1 การทดลองที่ 1........ 15

4.2 การทดลองที่ 2........ 33

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง........ 109

5.1 การทดลองที่ 1........ 109

5.2 การทดลองที่ 2........ 109

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง........ 111

บรรณานุกรม........ 113

ประวัติผู้เขียน........ 115

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12วัน	16
4.2	แสดงความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน	18
4.3	แสดงสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน	18
4.4	แสดงความแน่นเนื้อของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน	21
4.5	แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน	23
4.6	แสดงปริมาณกรดของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน	24
4.7	แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ในภาชนะบรรจุต่างๆ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน	31
4.8	แสดงอายุการเก็บรักษาของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน.	32
4.9	แสดงอุณหภูมิภายในของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน	34
4.10	แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดของชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน	46
4.11	แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน	47
4.12	แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน	47
4.13	แสดงค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน	57
4.14	แสดงค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.15 แสดงค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะ เวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน........................... 58

4.16 แสดงค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน........................ 60

4.17 แสดงค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน........................ 60

4.18 แสดงค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน........................ 61

4.19 แสดงความแน่นเนื้อของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน........................ 72

4.20 แสดงความแน่นเนื้อของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน........................ 72

4.21 แสดงความแน่นเนื้อของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน........................ 73

4.22 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน........................ 79

4.23 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน........................ 79

4.24 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน........................ 80

4.25 แสดงปริมาณกรดของชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน........................ 86

4.26 แสดงปริมาณกรดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน........................ 86

4.27 แสดงปริมาณกรดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน........................ 87

4.28 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 15, 18 และ 21 วัน........................ 101

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.29 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 15 วัน............................ 102

4.30 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 15 วัน……………………… 102

4.31 แสดงอายุการเก็บรักษาของชมพู่ทับทิมจันท์.. 105

4.32 แสดงอายุการเก็บรักษาของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน.. 106

4.33 แสดงอายุการเก็บรักษาของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน... 106

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.1	แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12วัน…………………………...	16
4.2	แสดงความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน……………………………………...	19
4.3	แสดงสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน...	19
4.4	แสดงสีผิวของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน..	20
4.5	แสดงความแน่นเนื้อของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน...	22
4.6	แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน...	23
4.7	แสดงปริมาณกรดของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน...	25
4.8	แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุต่างๆ ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ 72 ชั่วโมง หลังการเก็บรักษา..	28
4.9	แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุต่างๆ ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน..	29
4.10	แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน…...	31
4.11	แสดงอายุการเก็บรักษาของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน	32
4.12	แสดงอุณหภูมิภายในของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน..	34
4.13	แสดงลักษณะเนื้อเยื่อ (กำลังขยาย 10X) ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ก่อนการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว..	36
4.14	แสดงลักษณะเนื้อเยื่อ (กำลังขยาย 10X) ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน…………………………………………….	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.15	แสดงลักษณะเนื้อเยื่อ (กำลังขยาย 10X) ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน............	38
4.16	แสดงลักษณะเนื้อเยื่อ (กำลังขยาย 10X) ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน............	39
4.17	แสดงลักษณะเนื้อเยื่อ (กำลังขยาย 10X) ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 12 วัน..........	40
4.18	แสดงลักษณะเนื้อเยื่อ (กำลังขยาย 10X) ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 15 วัน..........	41
4.19	แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดของชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน..	48
4.20	แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน...............................	48
4.21	แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน.........................	49
4.22	แสดงค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน..	58
4.23	แสดงค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, และ 15 วัน............................	59
4.24	แสดงค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, และ 15 วัน....................................	59
4.25	แสดงค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 15, 18 และ 21 วัน……………………………………………………………………	61
4.26	แสดงค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน...............................	62
4.27	แสดงค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, และ 15 วัน....................................	62
4.28	แสดงลักษณะสีผิวของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน.....................	63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.29	แสดงลักษณะสีผิวของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน	64
4.30	แสดงลักษณะสีผิวของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน	65
4.31	แสดงลักษณะสีผิวของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 12 วัน	66
4.32	แสดงลักษณะสีผิวของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 15 วัน	67
4.33	แสดงความแน่นเนื้อของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน	73
4.34	แสดงความแน่นเนื้อของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน	74
4.35	แสดงความแน่นเนื้อของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน	74
4.36	แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน	80
4.37	แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน	81
4.38	แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน	81
4.39	แสดงปริมาณกรดของชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน	87
4.40	แสดงปริมาณกรดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน	88
4.41	แสดงปริมาณกรดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน	88
4.42	แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุ ของชมพู่ทับทิมจันท์ 72 ชั่วโมงหลังการเก็บรักษา	95
4.43	แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุ ของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 15, 18 และ 21 วัน	96

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.44	แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน	103
4.45	แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน	103
4.46	แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน	104
4.47	แสดงอายุการเก็บรักษาของชมพู่ทับทิมจันท์	107
4.48	แสดงอายุการเก็บรักษาของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน	107
4.49	แสดงอายุการเก็บรักษาของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน	108

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ชมพู่ *(Syzygium aqueum)* เป็นผลไม้เมืองร้อน อยู่ในวงศ์ Myrtaceae ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั่วไปทั้งภายในและต่างประเทศ ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศเหมาะสม สามารถปลูกได้ทั่วไปทุกภูมิภาคของประเทศไทย (Morton. 1987 ; วิจิตร วังใน. 2537) ซึ่งทำรายได้ให้กับเกษตรกรปีหนึ่งเป็นจำนวนมาก ชมพู่เป็นพืชที่ปลูกได้ง่าย ให้ผลผลิตเร็ว และทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี จึงช่วยให้เกษตรกรผู้ปลูกชมพู่มีโอกาสประสบผลสำเร็จได้มาก พันธุ์ชมพู่ที่นิยมนำมาปลูกกันในประเทศไทยนั้นมีอยู่หลายพันธุ์ ทั้งที่เป็นพันธุ์พื้นบ้านและพันธุ์ทางการค้า ซึ่งมีการนำเข้ามาจากต่างประเทศ สำหรับชมพู่พันธุ์ทางการค้าที่น่าสนใจมีหลายพันธุ์ เช่น ทูลเกล้า เพชรน้ำผึ้ง ทับทิมจันท์ เพชรชมพู เพชรสายรุ้ง เพชรจินดา เพชรสามพราน เพชรบ้านแพ้ว มานาลากีหรือแดงอินโด และ ชมพู่ม่าเหมี่ยว เป็นต้น (อภิชาต ศรีสะอาด. 2546)

ปัญหาที่พบ คือการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวของชมพู่ยังไม่เหมาะสม ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลผลิตและชมพู่เป็นผลไม้ที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากผิวเปลือกบอบบาง เกิดบาดแผลง่าย เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมี และสรีรวิทยาอย่างรวดเร็ว ซึ่งหลังจากเก็บเกี่ยวหากเก็บที่อุณหภูมิห้อง จะมีอายุการเก็บรักษาเพียง 3-4 วัน (ดนัย บุณยเกียรติ. 2531) เนื่องจากชมพู่มีการปลดปล่อยความร้อนจากผล อีกทั้งในระหว่างการเก็บเกี่ยว พืชจะสะสมความร้อนที่ได้รับในแปลงปลูก เรียกว่าความร้อนแฝง (field heat) ซึ่งจะทำให้พืชมีอัตราการคายน้ำและการหายใจสูงขึ้น ทำให้เหี่ยวและเน่าเร็ว จึงจำเป็นต้องทำการลดอุณหภูมิหรือกำจัดความร้อนจากผลชมพู่อย่างรวดเร็ว ก่อนการเก็บรักษาและขนส่ง เพื่อชะลออั ตราการคายน้ำและอัตราการหายใจ ช่วยให้ยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว (จริงแท้ ศิริพานิช. 2546)

ดังนั้นหากมีการลดความร้อนหลังการเก็บเกี่ยวอย่างรวดเร็ว ร่วมกับการเก็บรักษาชมพู่ในสภาพบรรยากาศสมดุล ก็น่าจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาชมพู่ไว้ได้นานขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของภาชนะบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์และออกซิเจนในขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของภาชนะบรรจุ ต่อคุณภาพของชมพู่ทับทิมจันท์หลังการเก็บรักษา

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ต่อการเปลี่ยนแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ในขณะเก็บรักษาแบบบรรยากาศสมดุล

1.2.4 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาในการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ต่อคุณภาพของชมพู่ทับทิมจันท์หลังการเก็บรักษา

1.2.5 เพื่อค้นหาวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวชมพู่ทับทิมจันท์ผลสดที่เหมาะสม

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

1.3.1 ภาชนะบรรจุที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนสูง จะช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์

1.3.2 ระดับอุณหภูมิที่ต่ำลง และระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่นานขึ้น แต่ไม่ถึงระดับที่เกิดความเสียหายจากอุณหภูมิต่ำ จะมีผลทำให้ชมพู่ทับทิมจันท์มีอัตราการหายใจต่ำลง

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การเกิดบรรยากาศสมดุล ระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ภายในภาชนะบรรจุที่เหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์ มี 2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ อัตราการซึมผ่านก๊าซของภาชนะบรรจุ และ อัตราการหายใจ (respiration rate) ของผลผลิต

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาภาชนะบรรจุและการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วต่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน เพื่อให้เกิดสภาพบรรยากาศสมดุลที่เหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทำให้ทราบผลของภาชนะบรรจุ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์และออกซิเจนในขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์

1.6.2 ทำให้ทราบผลของภาชนะบรรจุต่อคุณภาพของชมพู่ทับทิมจันท์หลังการเก็บรักษา

1.6.3 ทำให้ทราบผลของอุณหภูมิและเวลาในการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ต่อการเปลี่ยนแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน ภายหลังการเก็บรักษา

1.6.4 ทำให้ทราบการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในของชมพู่ทับทิมจันท์ ในระหว่างการเก็บรักษาแบบบรรยากาศสมดุล

1.6.5 ทำให้ทราบแนวทางในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวชมพู่ทับทิมจันท์ที่เหมาะสม

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของชมพู่

ชมพู่ (java apple) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Syzygium aqueum* Merr.&Perry. อยู่ในวงศ์ Myrtaceae ชมพู่เป็นพืชในเขตร้อนของทวีปเอเชีย มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศอินเดีย ซึ่งถือเป็นศูนย์กลางของการปลูกชมพู่ และมีการปลูกแพร่หลายในประเทศเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และประเทศไทย (Morton. 1987 ; วิจิตร วังใน และ ยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา. 2537) ชมพู่เป็นพืชใบเลี้ยงคู่มีลักษณะเป็นไม้ยืนต้นหรือไม้พุ่มไม่พลัดใบทรงสูง มียอดเป็นพุ่มแหลม สูงประมาณ 3-10 เมตร ลำต้นมีเปลือกเรียบหรือขรุขระสีน้ำตาล หรือเทา มักแตกกิ่งก้านสาขาบริเวณใกล้กับโคนต้น ลักษณะใบของชมพู่เป็นใบเดี่ยวเรียงตัวแบบตรงกันข้าม ใบหนา ผิวด้านหลังใบเป็นมันสีเขียวเข้มและมักเจือด้วยสีแดงหรือม่วง ลักษณะของดอกจะออกเป็นช่อตามซอกใบ สีดอกแตกต่างกันไปตามพันธุ์อาจจะเป็นสีขาว เหลือง ชมพูหรือแดง ชั้นกลีบเลี้ยงมีจำนวน 4-5 กลีบ และอยู่ติดกันเป็นรูปถ้วย เมื่อดอกบานชั้นกลีบดอกจะหลุดร่วงเป็นแผงคล้ายหมวก เกสรตัวผู้มีจำนวนมากมายและอับเกสรสีทองอยู่ที่ปลายดอก การออกดอกในประเทศไทย มีการออกดอกมาก 2 ครั้งคือ ครั้งแรกเริ่มประมาณเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ครั้งที่สองเริ่มประมาณเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม ผลของชมพู่มีลักษณะคล้ายระฆัง ที่ปลายผลมีชั้นของกลีบเลี้ยงรูปถ้วยติดอยู่ เนื้อ สี รูปร่าง ขนาด และรสชาติแตกต่างกันตามพันธุ์ เมล็ดของชมพู่มีตั้งแต่ 1-5 เมล็ด หรืออาจไม่มีเมล็ด ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของชมพู่ (เปรมปรี ณ สงขลา. 2542)

2.2 ภาชนะบรรจุ

ภาชนะบรรจุ หมายถึง วัสดุหรือสิ่งที่ใช้ในการรองรับสินค้าเพื่อการจัดการกับสินค้านั้น หรือเพื่อการขนส่งหรือการวางขาย ซึ่งภาชนะส่วนใหญ่ในที่นี้จะใช้เป็นถุงพลาสติก ซึ่งที่นิยมใช้บรรจุผลิตผลสดทางการเกษตร มีดังนี้ (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2541)

2.2.1 โพลิเอทิลีน (polyethylene – PE)

โพลิเอทิลีนนับเป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุดและราคาถูก เนื่องจากโพลิเอทิลีนมีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเทียบกับพลาสติกอื่นๆ ทำให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำ โพลิเอทิลีนผลิตจากกระบวนการโพลิเมอไรสเซชั่นของก๊าซเอทิลีน ภายใต้ความดันและอุณหภูมิสูง โดยอยู่ในสภาวะปราศจากตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ การจับตัวของโมเลกุลในลักษณะโซ่สั้นและยาว จะส่งผลให้ โพลิเอทิลีนที่ได้ออกมามีความหนาแน่นแตกต่างกัน โพลิเอทิลีนแบ่งเป็น 3 ประเภทตามค่าความหนาแน่น คือ

1. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene หรือ LDPE) ความหนาแน่น 0.910 – 0.925 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

2. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นปานกลาง (medium density polyethylene หรือ MDPE) ความหนาแน่น 0.926 – 0.940 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

3. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (high density polyethylene หรือ HDPE) ความหนาแน่น 0.941 – 0.965 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

โพลิเอทิลีนมักจะรู้จักกันในนามของถุงเย็น ด้วยคุณสมบัติเด่นของโพลิเอทิลีน มีการยืดตัวได้ดี ทนต่อการทิ่มทะลุและการฉีกขาด พร้อมทั้งสามารถใช้ความร้อนเชื่อมติดปิดผนึกได้ดี โครงสร้างของ โพลิเอทิลีนจะสามารถป้องกันความชื้นได้ดีพอสมควรแต่จุดอ่อนของ โพลิเอทิลีนคือ สามารถปล่อยให้ไขมันซึมผ่านได้ง่าย แต่ทนต่อกรดและด่างทั่วๆไป นอกจากนี้ โพลิเอทิลีน ยังปล่อยให้อากาศซึมผ่านได้ง่าย ด้วยเหตุนี้อาหารที่ไวต่ออากาศ เช่น ของขบเคี้ยวและของทอด เมื่อใส่ในถุงเย็น คุณภาพอาหารจะแปรเปลี่ยนไปเพียงเวลาไม่กี่วัน โพลิเอทิลีนยังมีคุณสมบัติดูดฝุ่นในอากาศมาเกาะติดตามผิว ทำให้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจาก โพลิเอทิลีนนี้เมื่อทิ้งไว้นานๆ จะเปรอะด้วยฝุ่น (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2541)

2.2.2 โพลิโพรพิลีน (polypropylene – PP)

โพลิโพรพิลีนมักจะรู้จักกันในนามของถุงร้อน ด้วยคุณสมบัติเด่นของโพลิโพรพิลีน ซึ่งมีความใสและป้องกันความชื้นได้ดี มากกว่าครึ่งหนึ่งของโพลิโพรพิลีนที่นิยมใช้กันจะเป็นรูปของฟิล์ม อย่างไรก็ตาม การป้องกันอากาศซึมผ่านของโพลิโพรพิลีน ยังไม่ดีเท่าพลาสติกบางชนิด เนื่องจากอุณหภูมิในการหลอมละลายมีช่วงอุณหภูมิสั้นทำให้โพลิโพรพิลีน เชื่อมติดได้ยากโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ฟิล์มประเภท OPP ที่มีการจัดเรียงโมเลกุลในทิศทางเดียวกันจะไม่สามารถเชื่อมติดได้เลย คุณสมบัติเด่นอีกประการหนึ่งของโพลิโพรพิลีนคือ มีจุดหลอมเหลวสูง ทำให้สามารถใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารสำหรับบรรจุอาหารในขณะร้อน (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2541)

2.2.3 ลามิเนท (laminate หรือ vacuum)

ลามิเนทเป็นแผ่นประกบของวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป วัสดุเหล่านี้ได้แก่ กระดาษ พลาสติก และแผ่นอลูมิเนียมบาง (aluminum foil) การประกบของแผ่นวัสดุเพื่อนำมาทำภาชนะบรรจุซึ่งเรียกว่าถุงลามิเนท เพื่อให้มีคุณสมบัติครบถ้วนยิ่งขึ้นตามต้องการ เช่น ถุงลามิเนทที่ใช้ต้มได้ทำจากแผ่นประกบของแผ่นโพลีเอสเทอร์และแผ่นโพลีเอทิลีน ถุงลามิเนทที่ใช้บรรจุอาหารแบบสุญญากาศ ทำจากแผ่นประกบของแผ่นไนลอนและแผ่นโพลีเอทิลีน จากแผ่นประกบของไมลาร์ แผ่นอลูมิเนียมบางๆ และแผ่นโพลีเอทิลีน ถุงลามิเนทชนิดกันแสงสว่าง ความชื้นและแก๊ส ใช้บรรจุอาหารสำเร็จรูปพวกอาหารผงแห้งทำจากแผ่นโพลีเอทิลีน ประกบกับแผ่นอลูมิเนียมบางและแผ่นโพลีเอทิลีน (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2541)

2.2.4 โพลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinylchloride – PVC)

โพลิไวนิลคลอไรด์เป็นพลาสติกที่สามารถแปรเปลี่ยนคุณสมบัติได้ โดยการเติมสารเคมีปรุงแต่งต่างๆ เช่น plasticizer, modifier และ fillers ทำให้โพลิไวนิลคลอไรด์ นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ มากกว่าอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ โดยโพลิไวนิลคลอไรด์ มักใช้ในรูปแบบของขวด ฟิล์ม และแผ่น แม้ว่าครั้งหนึ่งเคยมีข่าวจะให้เลิกใช้โพลิไวนิลคลอไรด์ในบรรจุภัณฑ์อาหาร เนื่องจากมีสารตกค้างไวนิลคลอไรด์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดมะเร็งในตับได้ แต่วิวัฒนาการทางด้านการผลิตในปัจจุบัน ทำให้โพลิไวนิลคลอไรด์นี้ ปลอดภัยและสามารถใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร ในแง่ของการผลิตฟิล์มโพลิไวนิลคลอไรด์ จะผลิตยากกว่าฟิล์มโพลิเอทิลีน หรือ โพลิโพรพิลีน จุดเด่นของฟิล์มโพลิไวนิลคลอไรด์ คือ ทนต่อน้ำมันและกันกลิ่นได้ดี ใส แข็งแรงทนทานต่อการเสียดสี ในขณะที่ความต้านทานต่อการซึมผ่านของความชื้นอยู่ในขั้นปานกลาง อุณหภูมิใช้งานของ PVC ไม่เกิน 90 องศาเซลเซียส และถ้าอุณหภูมิการใช้งานเกินกว่า 137 องศาเซลเซียส จะเริ่มเปลี่ยนคุณภาพ (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2541)

2.3 การลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว

วิธีการลดความร้อนของผลิตผลทางการเกษตรมีหลายวิธี แต่วิธีการที่นิยมใช้ ได้แก่ (ดนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2548)

2.3.1 การลดความร้อนโดยใช้อากาศเป็นตัวกลาง (air cooling)

การใช้ห้องเย็น (room cooling) คือ การใช้ห้องเย็นเป็นห้องสำหรับลดอุณหภูมิของผักและผลไม้โดยตรง โดยการนำผักและผลไม้เข้าไปไว้ในห้องเย็น วิธีนี้ความเร็วในการลดอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ เพราะอากาศเย็นไหลหมุนเวียนรอบๆ ภาชนะบรรจุเท่านั้น

การใช้ลมเย็น (forced-air cooling) เป็นการลดอุณหภูมิโดยการเป่าอากาศเย็นอุณหภูมิประมาณ 0–3 ˚C และทำการหมุนเวียนอากาศด้วยความเร็วสูง การทำให้อากาศเย็นไหลผ่านและแทรกตัวเข้าไประหว่างภาชนะบรรจุด้วยความเร็วสูง จะทำให้อากาศพาความร้อนออกจากผักและผลไม้ได้อย่างรวดเร็ว วิธีนี้นิยมใช้กับส้ม สตรอเบอรี่ แตง มะเขือเทศ องุ่น ท้อ แอปเปิล และกล้วย (ดนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2548)

2.3.2 การลดความร้อยโดยใช้น้ำเย็น (hydrocooling) เป็นวิธีการที่รวดเร็ว ใช้ได้ดีกับผักและผลไม้หลายชนิด โดยการใช้น้ำเย็นเป็นตัวกลาง สามารถทำได้หลายวิธี เช่น ปล่อยให้น้ำเย็นไหลผ่าน การสเปรย์น้ำเย็น การจุ่มผักและผลไม้ลงในน้ำเย็น หรือถังน้ำแช่น้ำแข็ง น้ำที่ใช้ต้องเย็นที่สุดเท่าที่จะเย็นได้โดยไม่ทำให้เกิดผลเสียกับผลิตผล และอาจเติมคลอรีนหรือสารระงับการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ลงไปด้วย การใช้น้ำเย็นเป็นวิธีการที่นิยมใช้เนื่องจากใช้เวลาน้อย ลดการสูญเสียน้ำหนัก และยังช่วยทำความสะอาดเบื้องต้นด้วย นิยมใช้กับหน่อไม้ฝรั่ง ข้าวโพดหวาน เชอรี่ สาลี่และแอปเปิล (ดนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2548)

2.3.3 การใช้น้ำแข็ง (contact icing) นิยมใช้กับผักใบ ใช้น้ำแข็งป่นคลุมด้านบนหรือปูเป็นชั้นๆระหว่างผลิตผลเพื่อลดความร้อน เมื่อน้ำแข็งละลาย น้ำเย็นจะไหลผ่านผักและผลไม้

2.3.4 การใช้สุญญากาศหรือการลดความดัน (vacuum cooling) เป็นวิธีการลดอุณหภูมิที่รวดเร็วที่สุด นิยมใช้กับผักใบต่างๆ ทำได้โดยการใส่ผักหรือผลไม้ในภาชนะที่ปิดมิดชิด แล้วดูดอากาศออกโดยใช้ปั๊มสุญญากาศจนมีความดันประมาณ 4.5 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งจะทำให้น้ำระเหยเป็นไอน้ำออกจากผักและผลไม้ ทำให้อุณหภูมิลดลง วิธีการนี้จะมีการสูญเสียน้ำหนักสดของผักและผลไม้ไปมาก ดังนั้นจึงอาจสเปรย์ผักและผลไม้ด้วยน้ำสะอาดก่อน นิยมใช้กับผักกาดหอมห่อหน่อไม้ฝรั่ง เชอรี่ ข้าวโพดหวาน ถั่วฝักสด เห็ด (คนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2548)

2.4 การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศสมดุล

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศสมดุล (equilibrium modified atmosphere storage หรือ EMA) คือ การเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนระหว่างออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม ทำให้ชะลออัตราการหายใจและการสังเคราะห์เอทิลีนตลอดจนยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในขบวนการสุกและเสื่อมคุณภาพ นอกจากนี้ยังสามารถลดความรุนแรงของการเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ตลอดจนความผิดปกติทางสรีรวิทยา และการเน่าเสียของผลผลิตบางชนิด ในบรรยากาศที่ไม่มีคาร์บอนไดออกไซด์ผลผลิตจะสูญเสียคาร์โบไฮเดรตเร็วกว่าในบรรยากาศที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ (Lee. 1996) ซึ่งการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศสมดุลนี้ จะเป็นวิธีการควบคุมการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของบรรยากาศที่จุดเริ่มต้นเท่านั้น หลังจากนั้นส่วนประกอบของบรรยากาศจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้ เนื่องจากการหายใจและกระบวนการต่างๆ ของผลิตผล และขึ้นอยู่กับอัตราการซึมผ่านของก๊าซภายในภาชนะบรรจุจนกระทั่งถึงจุดสมดุล (Zagory and Kader. 1988 ; นิภา คุณทรงเกียรติ. 2540)

2.5 รายงานการเก็บรักษาที่เกี่ยวข้อง

ไตรวรา ศรีเปารยะ (2548) ทำการเก็บรักษาผลชมพู่พันธุ์ทูลเกล้า ภายในถุงพลาสติก ขนาด 7 x 11 นิ้ว ซึ่งมีสารดูดซับเอทิลีน 2 เปอร์เซ็นต์ และสารดูดซับความชื้น ทำการปิดผนึกถุงโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อก๊าซออกซิเจน 10: 5 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว เก็บรักษาไว้ในอุ ณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานกว่า 15 วัน

สุกัลยา ภู่ทอง และคณะ (2548) ศึกษาผลของการลดอุณหภูมิด้วยน้ำที่มีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของข้าวโพดหวานพันธุ์ Hibrix 3 และ Insee 2 โดยทำการลดอุณหภูมิด้วยน้ำที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ ดังนี้ อุณหภูมิ 5 และ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 45 และ 60 นาที พบว่าข้าวโพดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

นาน 60 นาที สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ

Basanta and Sankat (1995) ทำการเก็บรักษาชมพู่ที่อุณหภูมิ 5, 10, 15 และ 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ ในถุงพลาสติก polyethylene พบว่าที่ 28 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) ชมพู่มีอายุการเก็บรักษาเพียง 4-6 วัน และที่ 10 และ 15 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษา 10-15 วัน แต่พบว่าที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีผลต่อการลดคุณภาพสีผิว ความแน่นเนื้อ คุณภาพการรับประทาน ซึ่งจะปรากฏอาการเหี่ยวย่นที่ผิวให้เห็นได้ชัดเจน

Glahan and Kerdsiri (2000) พบว่าการเก็บรักษากล้วยหอมทองร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์กับออกซิเจน 0:0 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 16±2 องศาเซลเซียส พบว่ากล้วยหอมทองที่บ่มให้สุกที่อุณหภูมิห้องก่อนการเก็บรักษา มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ระหว่าง 19.40-22.60 เปอร์เซ็นต์ ส่วน กล้วยหอมทองที่บ่มให้สุกที่อุณหภูมิห้องภายหลังการเก็บรักษามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ระหว่าง 17.40-22.40 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการเก็บรักษากล้วยหอมทองมีเปอร์เซ็นต์กรดที่วิเคราะห์ได้ ระหว่าง 0.0034-0.0101 เปอร์เซ็นต์ กล้วยหอมทองที่บ่มให้สุกที่อุณหภูมิห้องภายหลังการเก็บรักษา 35 วัน มีเปอร์เซ็นต์กรดที่วิเคราะห์ได้ ระหว่าง 0.0034-0.0254 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และยังมีลักษณะที่ดี มีรสชาติเป็นที่ยอมรับ

Glahan and Kerdsiri (2000) ศึกษาพบว่า กล้วยหอมทองอายุ 64 วัน เก็บรักษาร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์กับออกซิเจน 0:0 เปอร์เซ็นต์ มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด 88.33 วัน และสีเปลือกยังเป็นสีเขียว พบว่ากล้วยหอมทองก่อนเก็บรักษาแล้วนำไปบ่มสุก และกล้วยหอมทองหลังเก็บรักษา 56 วัน แล้วนำไปบ่มสุก มีปริมาณ TSS ไม่ต่างกัน และยังพบว่ากล้วยหอมที่เก็บรักษาร่วมกับตัวดูดซับเอทิลีน 2 เปอร์เซ็นต์(โดยน้ำหนักสด) และคาร์บอนไดออกไซด์กับออกซิเจน 0:0 เปอร์เซ็นต์ ให้อายุการเก็บรักษานานที่สุด 88.33 วัน และ TSS เพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น กล้วยหอมทองก่อนเก็บรักษาที่นำมาบ่มที่อุณหภูมิห้องจะมีปริมาณ TSS อยู่ที่ 21.67-25.47 เปอร์เซ็นต์ และหลังการเก็บรักษา 56 วันแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง ปริมาณ TSS และ TA เท่ากับ 17.60-23.33 เปอร์เซ็นต์ และ 0.0262-0.0525 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อ จะค่อยๆ เปลี่ยนแปลงทีละน้อย หลังเก็บรักษา 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 และ 56 วัน นำกล้วยมาบ่มที่อุณหภูมิห้องพบว่า กล้วยหอมมีลักษณะทางกายภาพและคุณภาพการรับประทานที่ดีเหมือนกับกล้วยหอมที่บ่มให้สุกก่อนการเก็บรักษา

Jacxsens *et al.* (2001) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการบรรจุแบบบรรยากาศสมดุลต่อคุณภาพและการเกิดโรคของผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมที่จะทำให้เกิดสภาวะบรรยากาศสมดุลภายในภาชนะบรรจุ ซึ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาและลดการเกิดโรคของผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภคได้

Holfman *et al.* (2002) ทำการศึกษาการใช้อุณหภูมิต่ำเพื่อส่งเสริมคุณภาพของอโวกาโดพันธุ์ 'Hass' โดยอาจจะใช้หรือไม่ใช้ การจุ่มน้ำร้อน (hot water treatment ; HWT) ร่วมด้วย การใช้สภาพอุณหภูมิต่ำ (low temperature condition ; LTC) คือ เก็บไว้ที่ 4-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 วัน หลังจากนั้นนำไปเก็บไว้ที่ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วันก่อนนำไปบ่มสุกที่ 16 องศาเซลเซียส และในการทดลองที่ 2 นำผลอโวกาโดไปแช่น้ำร้อน 41-42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-25 นาที แล้วทำ LTC หรือ ไม่ทำ LTC พบว่า การทำ LTC ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน หรือเก็บที่ 6-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 วัน พบว่าลักษณะภายนอกมีการยอมรับเพิ่มขึ้น (พบรอยสีดำบนผิว เกิดขึ้นน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์) การทำ LTC ก่อนนำไปวางไว้ จะลดการเกิดรอยดำบนผิวผลได้ และให้ผลดีกว่าการทำ HWT และพบว่าการใช้ HWT ร่วมกับ LTC ให้ผลไม่ดีไปกว่าการทำ LTC เพียงอย่างเดียว และมีการนำผลอโวกาโดที่เก็บใน 6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วส่งจาก Queensland ไป New Zealand พบว่า ลักษณะภายนอกเป็นที่ยอมรับ และเนื้อภายในมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

Sanyot *et al.* (2006) ศึกษาผลของ sucrose ester ที่มีผลต่อชมพู่ทับทิมจันท์ ทำการจุ่มผลใน sodium bicarbonates ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ก่อนเคลือบผิวด้วย sucrose ester ความเข้มข้น 0.7 1.3 1.7 และ 2.3 เปอร์เซ็นต์ แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC (polyvinyl chloride) ก่อนเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ พบว่าในวันที่ 20 ของการเก็บรักษาชมพู่ที่เคลือบผิวด้วย sucrose ester 2.3 เปอร์เซ็นต์ มีการเกิดโรค 77.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าผลชมพู่ที่มิได้ผ่านขบวนการดังกล่าว โดยมีอัตราการเกิดโรค 94.4 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 ชมพู่ทับทิมจันท์

3.1.2 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

3.1.3 สารดูดซับเอทิลีน (ethylene absorbent)

3.1.4 สารดูดความชื้น (moisture absorbent)

3.1.5 ถุงพลาสติก (polyethylene, polypropylene, laminate, polyvinyl chloride)

3.1.6 เครื่องผนึกสุญญากาศ (vacuum sealer)

3.1.7 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (refrigerator)

3.1.8 เครื่องชั่งแบบดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (balance)

3.1.9 เครื่องวัดสี (spectrophotometer)

3.1.10 เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (fruit pressure tester)

3.1.11 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน (gas analyzer)

3.1.12 เครื่องวัดความหวาน (hand refractometer)

3.1.13 เครื่องวัดอุณหภูมิภายใน (thermocouple)

3.1.14 หลอดแก้วสำหรับวัดของเหลว (burette)

3.1.15 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ ฟีนอฟทาลีน

3.1.16 อุปกรณ์ในการทำ cross-section เช่น กระจกสไลด์ กล้องจุลทรรศน์

3.1.17 เครื่องแก้ว เช่น beaker flask test tube

3.2 วิธีดำเนินงาน

การศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของภาชนะบรรจุ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์และออกซิเจนในขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์

จัดหาชมพู่ที่เก็บเกี่ยวในระยะเหมาะสม (เก็บเกี่ยวหลังจากดอกบานแล้ว 30-35 วัน) จากสวนเกษตรกร ในเขตตำบลบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร คัดขนาดและคุณภาพผลชมพู่ให้อยู่ในระดับเดียวกัน (สีผิวผลเป็นสีแดงสม่ำเสมอทั่วทั้งผล) ทำความสะอาดเอาสิ่งสกปรกออก นำไปบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ ตามวิธีการทดลอง ใส่สารดูดความชื้น (moisture absorbent) 0.4 เปอร์เซ็นต์ และสารดูดซับเอทิลีน (ethylene absorbent) 2 เปอร์ เซ็นต์ โดยน้ำหนักสดของชมพู่

ผนึกปากถุงด้วยเครื่องผนึกสุญญากาศแล้วเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ในอัตราส่วน 10:5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (PSI) แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส (ไตรวรา ศรีเปาระยะ. 2548)

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ประกอบด้วย 4 วิธีการ วิธีการละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 30 ผล

วิธีการที่ 1 ถุงพลาสติก polyethylene (PE)

วิธีการที่ 2 ถุงพลาสติก polypropylene (PP)

วิธีการที่ 3 ถุงพลาสติก laminate (vacuum)

วิธีการที่ 4 ฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC)

บันทึกข้อมูล ก่อนการเก็บรักษาและระหว่างการเก็บรักษา ทุกๆ 3 วัน ดังนี้

1. น้ำหนักสด

หาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด โดยชั่งผลชมพู่ทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์และนำมาคำนวณดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด} = \frac{\text{น้ำหนักสดก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักสดหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักสดก่อนการเก็บรักษา}} \times 100$$

2. สีผิว

ทำการวัดเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของผิวชมพู่แต่ละผล ทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาโดยใช้เครื่องวัดสี colorflex® เป็นค่า L*a*b* color space

3. ความแน่นเนื้อ

ใช้เครื่อง effegi penetrometer ซึ่งมีหัวกด (plunger) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร วัดความแน่นเนื้อ 2 จุด ซึ่งอยู่ตรงกันข้าม แปลงค่าความแน่นเนื้อที่ได้เป็นนิวตัน โดยคูณด้วย 9.807 (Kader. 1982 ; สายชล เกตุษา และอภิตา บุญศิริ. 2546)

4. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ total soluble solid (TSS)

นำผลชมพู่มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ โดยการนำน้ำคั้นจากผลชมพู่มาวัดด้วย hand refractometer มีหน่วยเป็น บริกซ์ (brix)

5. ปริมาณกรด tritratable acidity (TA)

โดยการนำน้ำคั้นจากผลชมพู่ปริมาตร 5 มิลลิลิตร มาเติมสารละลาย phenolphtha lein ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 2 หยด เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ (indicator) จากนั้นนำไปไทเทรตด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน (NaOH) ความเข้มข้น 0.01 N จนกระทั่งถึง end point (น้ำคั้นเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างถาวร) บันทึกปริมาตรด่างที่ใช้เพื่อใช้ในการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดซิตริกจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก} = \frac{\text{N base x ml. Base x meq.wt. ของกรดซิตริก}}{\text{ml. ของน้ำคั้นที่ใช้}} \times 100$$

โดย	N base	=	normality ของ NaOH
	ml. base	=	จำนวนมิลลิลิตรของ NaOH ที่ใช้ไทเทรต
	meq.wt. ของกรดซิตริก	=	0.06404

6. ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุ

โดยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน (gas analyzer) วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุ ทุกๆ 6 ชั่วโมง จำนวน 12 ครั้ง (72 ชั่วโมง) หลังจากนั้นทำการวัดปริมาณก๊าซดังกล่าวทุกๆ 3 วัน

7. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

โดยใช้ผู้ทดสอบผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 10 คน เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะคือ ลักษณะภายนอก สีของเนื้อใน กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม โดยวิธีการให้คะแนนแบบ hedonic scale 5 ระดับ ดังนี้ 5 = ชอบมากที่สุด 4 = ชอบ 3 = เฉยๆ 2 = ไม่ชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด (British Nutrition Foundation. 2001 ; Vigneault *et al.* 2004)

8. อายุการเก็บรักษา

โดยพิจารณาจากลักษณะคุณภาพภายนอก และภายในของผลชมพู่ลักษณะอาการที่ผิดปกติของสีผิว สีเนื้อ และการเน่าเสียของผลชมพู่ และสังเกตจากคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสมีค่ามากกว่า 3 ถือว่ายอมรับได้นับอายุเป็นวัน

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วต่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ในขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์

จัดหาชมพู่ที่เก็บเกี่ยวในระยะเหมาะสม (เก็บเกี่ยวหลังจากดอกบานแล้ว 30-35 วัน) จากสวนเกษตรกร ในเขตตำบลบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร คัดขนาดและคุณภาพผลชมพู่ให้อยู่ในระดับเดียวกัน (สีผิวผลเป็นสีแดงสม่ำเสมอทั่วทั้งผล) ทำความสะอาดเอาสิ่งสกปรกออก แล้วนำมาเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ กัน ตามวิธีการที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นนำไปบรรจุลงในถุงพลาสติกที่ดีที่สุด จากผลการทดลองที่ 1 ใส่สารดูดความชื้น (moisture absorbent) 0.4 เปอร์เซ็นต์ และสารดูดซับเอทิลีน (ethylene absorbent) 2 เปอร์ เซ็นต์ โดยน้ำหนักสดของชมพู่ ผนึกปากถุงด้วยเครื่องผนึกสุญญากาศแล้วเติมคาร์บอนได ออกไซด์และออกซิเจน ในอัตราส่วน 10:5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (PSI) แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส (ไตรวรา ศรีเปารยะ. 2548)

วางแผนการทดลองแบบ 4x4 factorial in completely randomized design ประกอบด้วย 16 วิธีการ วิธีการละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 30 ผล และมี 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัย A คือ ระดับอุณหภูมิในการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (องศาเซลเซียส)

a_1 = 10 องศาเซลเซียส

a_2 = 5 องศาเซลเซียส

a_3 = 0 องศาเซลเซียส

a_4 = -20 องศาเซลเซียส

ปัจจัย B คือ ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (นาที)

b_1 = 10 นาที

b_2 = 20 นาที

b_3 = 30 นาที

b_4 = 40 นาที

บันทึกข้อมูล ก่อนการเก็บรักษาและระหว่างการเก็บรักษา ทุกๆ 3 วัน ดังนี้

1. อุณหภูมิภายใน

วัดอุณหภูมิภายในของผลชมพู่ โดยการใช้เครื่องวัดอุณหภูมิภายใน (thermocouple) แทงเข้าไปในผลชมพู่ที่ผ่านการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วแล้ว

2. ลักษณะเนื้อเยื่อ

บันทึกลักษณะเนื้อเยื่อของชมพู่ ด้วยการตัด cross-section จนพบอาการผิดปกติ

3. น้ำหนักสด

หาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด โดยชั่งผลชมพู่ทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์และนำมาคำนวณดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด} = \frac{\text{น้ำหนักสดก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักสดหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักสดก่อนการเก็บรักษา}} \times 100$$

4. สีผิว

ทำการวัดเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของผิวชมพู่แต่ละผล ทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาโดยใช้เครื่องวัดสี colorflex® เป็นค่า L*a*b* color space

5. ความแน่นเนื้อ

ใช้เครื่อง effegi penetrometer ซึ่งมีหัวกด (plunger) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร วัดความแน่นเนื้อ 2 จุด ซึ่งอยู่ตรงกันข้าม แปลงค่าความแน่นเนื้อที่ได้เป็นนิวตัน โดยคูณด้วย 9.807 (Kader. 1982 ; สายชล เกตุษา และอภิตา บุญศิริ. 2546)

6. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ total soluble solid (TSS)

นำผลชมพู่มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ โดยการนำน้ำคั้นจากผลชมพู่มาวัดด้วย hand refractometer มีหน่วยเป็น บริกซ์ (brix)

7. ปริมาณกรด tritratable acidity (TA)

โดยการนำน้ำคั้นจากผลชมพู่ปริมาตร 5 มิลลิลิตร มาเติมสารละลาย phenolphtha lein ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 2 หยด เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ (indicator) จากนั้นนำไปไทเทรต ด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน (NaOH) ความเข้มข้น 0.01 N จนกระทั่งถึง end point (น้ำคั้นเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างถาวร) บันทึกปริมาตรด่างที่ใช้เพื่อใช้ในการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดซิตริก จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก} = \frac{\text{N base x ml. Base x meq.wt. ของกรดซิตริก}}{\text{ml. ของน้ำคั้นที่ใช้}} \times 100$$

โดย N base = normality ของ NaOH

ml. base = จำนวนมิลลิลิตรของ NaOH ที่ใช้ไทเทรต

meq.wt. ของกรดซิตริก = 0.06404

8. ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุ

โดยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน (gas analyzer) วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุ ทุกๆ 6 ชั่วโมง จำนวน 12 ครั้ง (72 ชั่วโมง) หลังจากนั้นทำการวัดปริมาณก๊าซดังกล่าวทุกๆ 3 วัน

9. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

โดยใช้ผู้ทดสอบผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 10 คน เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะคือ ลักษณะภายนอก สีของเนื้อใน กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม โดยวิธีการให้คะแนนแบบ hedonic scale 5 ระดับ ดังนี้ 5 = ชอบมากที่สุด 4 = ชอบ 3 = เฉยๆ 2 = ไม่ชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด (British Nutrition Foundation. 2001 ; Vigneault *et al.* 2004)

10. อายุการเก็บรักษา

โดยพิจารณาจากลักษณะคุณภาพภายนอก และภายในของผลชมพู่ลักษณะอาการที่ผิดปกติของสีผิว สีเนื้อ และการเน่าเสียของผลชมพู่ และสังเกตจากคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสมีค่ามากกว่า 3 ถือว่ายอมรับได้นับอายุเป็นวัน

3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ตาราง Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

3.4 สถานที่ดำเนินงาน

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

รวมระยะเวลาในการดำเนินการทั้งสิ้น 12 เดือน

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1

จากการศึกษาผลของภาชนะบรรจุ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์ ผลปรากฏดังนี้

4.1.1 การสูญเสียน้ำหนักสด

ภายหลังการเก็บรักษาปรากฏว่า ชมพู่ทับทิมจันท์มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.1) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองผลชมพู่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 4.65 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.43 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.1)

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน

ชมพู่ที่เก็บรักษาในฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 1.27 เปอร์เซ็นต์ และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polyethylene มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.28 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.1)

ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน

ชมพู่ที่เก็บรักษาในฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 2.19 เปอร์เซ็นต์ และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polyethylene มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.35 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.1)

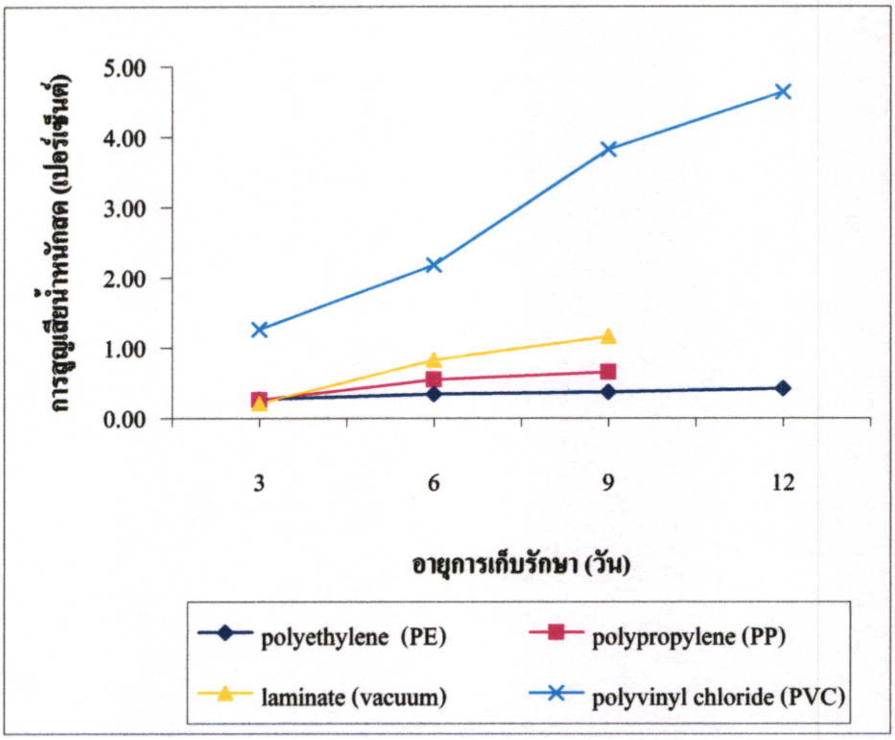
ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน

ชมพู่ที่เก็บรักษาในฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 3.83 เปอร์เซ็นต์ และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polyethylene มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.38 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน

ชนิดถุงบรรจุ	การสูญเสียน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์)			
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน
polyethylene (PE)	0.28b 1/	0.35c 1/	0.38c 1/	0.43
polypropylene (PP)	0.27b	0.56c	0.66c	-
laminate (vacuum)	0.22b	0.84b	1.17b	-
polyvinyl chloride (PVC)	1.27a	2.19a	3.83a	4.65
F-test	**	**	**	-
CV.	7.06	11.18	10.80	-

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

4.1.2 สีผิว

ภายหลังการเก็บรักษาปรากฏว่า ชมพู่ทับทิมจันท์มีสีแดงเข้ม (Darker, Redder, Yellower) โดยมีค่าความสว่าง (L*) ที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.2) และมีค่าสีแดง (a*) ที่ลดลง (ภาพที่ 4.3) ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น เมื่อสิ้นสุดการทดลองผลชมพู่มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 24.54 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 23.25 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.2) ส่วนค่าสีแดง มีค่ามากที่สุดคือ 24.69 และมีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 15.73 (ตารางที่ 4.3)

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน

ค่าความสว่าง (L*) ของสีผิวผลชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polyethylene มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 24.72 เปอร์เซ็นต์ และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polypropylene มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 22.22 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าความสว่าง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.2 และ ภาพที่ 4.2)

ค่าสีแดง (a*) ของสีผิวผลชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polyethylene มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 23.46 และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polypropylene มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 18.67 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าสีแดง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.3 และ ภาพที่ 4.3)

ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน

ค่าความสว่าง (L*) ของสีผิวผลชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polypropylene มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 24.29 เปอร์เซ็นต์ และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก laminate มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 23.25 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าความสว่าง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.2 และ ภาพที่ 4.2)

ค่าสีแดง (a*) ของสีผิวผลชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polyethylene มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 24.74 และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก laminate มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 15.73 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าสีแดง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.3 และ ภาพที่ 4.3)

ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน

ค่าความสว่าง (L*) ของสีผิวผลชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polyethylene มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 24.54 เปอร์เซ็นต์ และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก laminate มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 23.25 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าความสว่าง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.2 และ ภาพที่ 4.2)

ค่าสีแดง (a*) ของสีผิวผลชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polyethylene มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 24.69 และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก laminate มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 15.73 จาก

74435

การวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าสีแดง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.3 และ ภาพที่ 4.3)

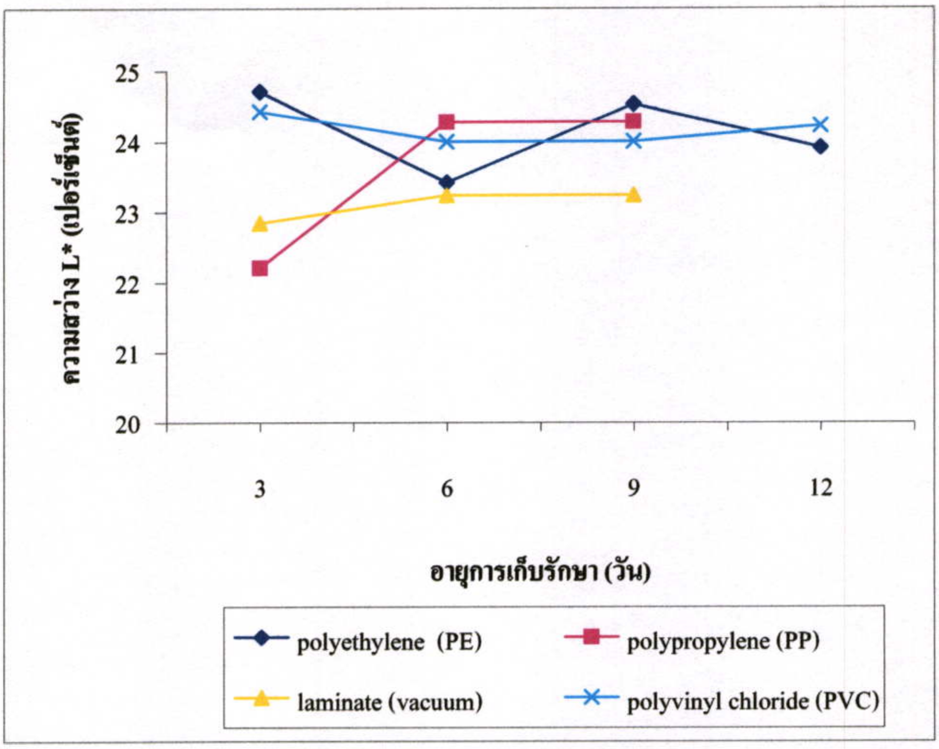
ตารางที่ 4.2 แสดงความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน

ชนิดถุงบรรจุ	ความสว่าง L* (เปอร์เซ็นต์)			
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน
polyethylene (PE)	24.72	23.43	24.54	23.92
polypropylene (PP)	22.22	24.29	24.29	-
laminate (vacuum)	22.86	23.25	23.25	-
polyvinyl chloride (PVC)	24.44	24.01	24.01	24.23
F-test	ns	ns	ns	-
CV.	8.90	12.88	12.05	-

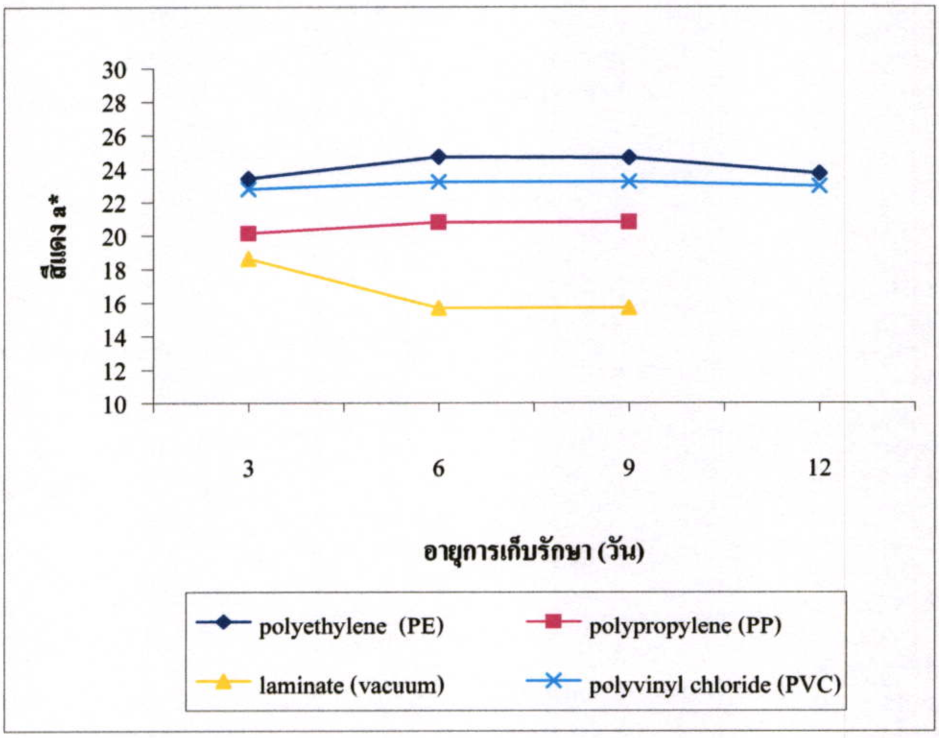
ตารางที่ 4.3 แสดงสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน

ชนิดถุงบรรจุ	สีแดง a*			
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน
polyethylene (PE)	23.46a 1/	24.74a 1/	24.69a 1/	23.74
polypropylene (PP)	20.18b	20.83b	20.83b	-
laminate (vacuum)	18.67b	15.73c	15.73c	-
polyvinyl chloride (PVC)	22.82a	23.26a	23.26a	22.98
F-test	**	**	**	-
CV.	5.81	3.67	3.65	-

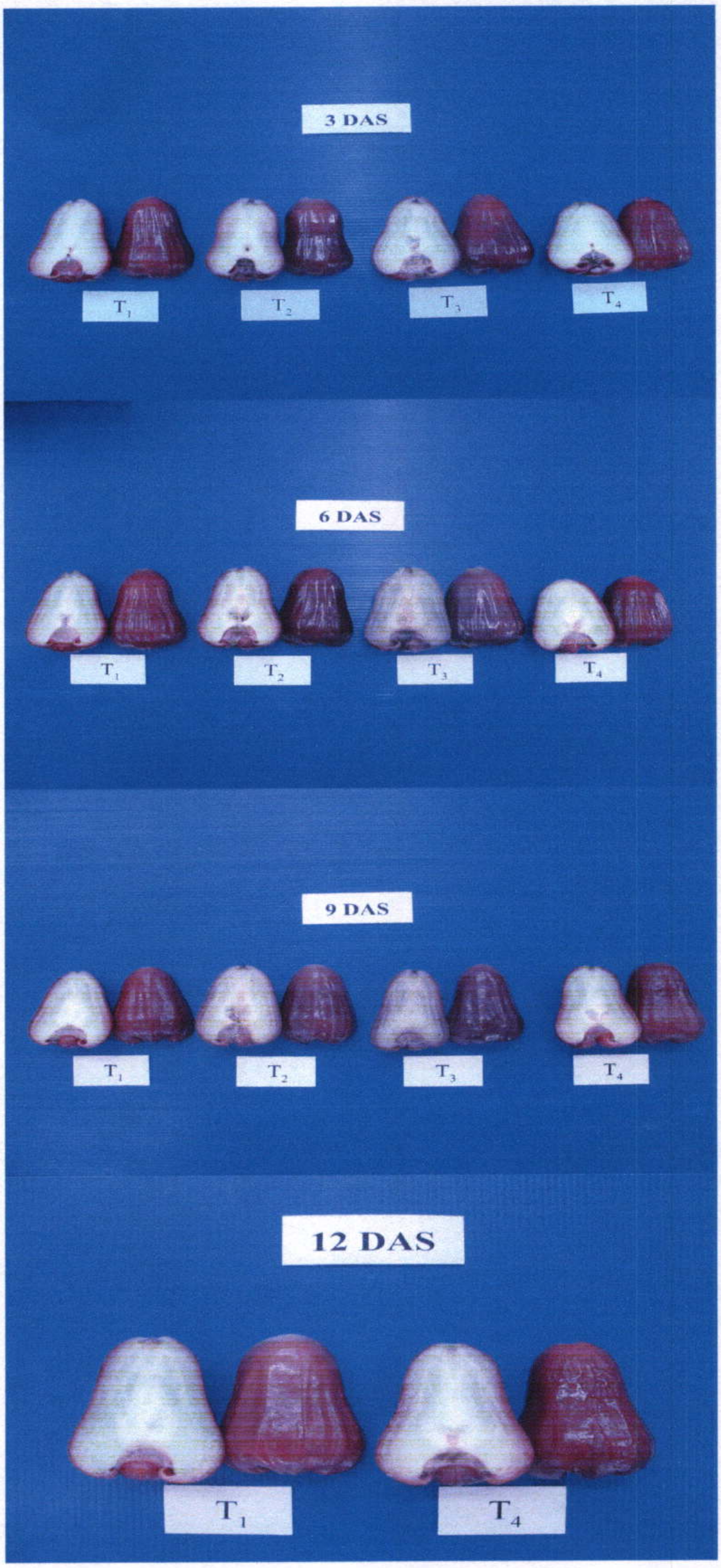
1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 4.2 แสดงความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กันภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน



ภาพที่ 4.3 แสดงสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กันภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน



ภาพที่ 4.4 แสดงสีผิวของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน

4.1.3 ความแน่นเนื้อ

ภายหลังการเก็บรักษาปรากฏว่า ชมพู่ทับทิมจันท์มีความแน่นเนื้อลดลงเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.5) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองผลชมพู่มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 34.34 นิวตัน และมีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 30.15 นิวตัน (ตารางที่ 4.4)

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน

ชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polyethylene มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 33.18 นิวตัน และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก laminate มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 30.24 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ความแน่นเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.4)

ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน

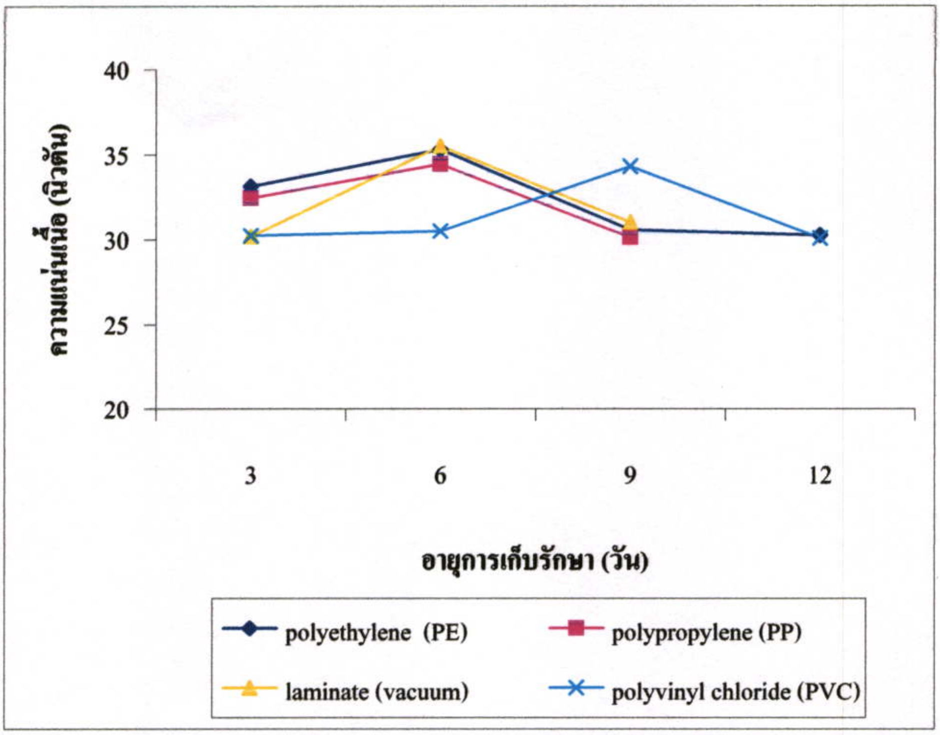
ชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก laminate มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 35.55 นิวตัน และชมพู่ที่เก็บรักษาในฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 30.55 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ความแน่นเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.4)

ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน

ชมพู่ที่เก็บรักษาในฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 34.34 นิวตัน และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polypropylene มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 30.15 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ความแน่นเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 แสดงความแน่นเนื้อของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน

ชนิดถุงบรรจุ	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)			
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน
polyethylene (PE)	33.18	35.34	30.61	30.29
polypropylene (PP)	32.51	34.50	30.15	-
laminate (vacuum)	30.24	35.55	31.06	-
polyvinyl chloride (PVC)	30.29	30.55	34.34	30.11
F-test	ns	ns	ns	-
CV.	13.99	15.93	18.67	-



ภาพที่ 4.5 แสดงความแน่นเนื้อของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน

4.1.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ total soluble solid (TSS)

ภายหลังการเก็บรักษาปรากฏว่า ชมพู่ทับทิมจันท์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลงเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.6) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองผลชมพู่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ มากที่สุดคือ 9.07 บริกซ์ และมีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 8.13 บริกซ์ (ตารางที่ 4.5)

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน

ชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polypropylene มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ มากที่สุดคือ 10.33 บริกซ์ และชมพู่ที่เก็บรักษาในฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 9.50 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.5)

ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน

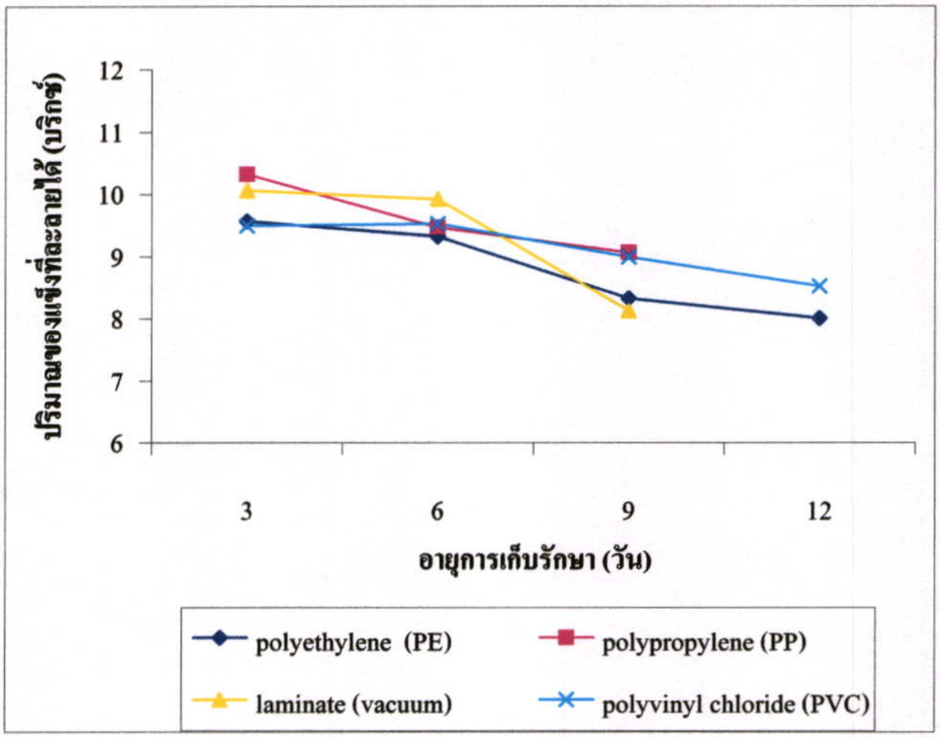
ชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก laminate มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ มากที่สุดคือ 9.93 บริกซ์ และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polyethylene มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 9.33 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.5)

ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน

ชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polypropylene มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ มากที่สุดคือ 9.07 บริกซ์ และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก laminate มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 8.13 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน

ชนิดถุงบรรจุ	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์)			
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน
polyethylene (PE)	9.57	9.33	8.33	8.01
polypropylene (PP)	10.33	9.47	9.07	-
laminate (vacuum)	10.07	9.93	8.13	-
polyvinyl chloride (PVC)	9.50	9.53	9.00	8.53
F-test	ns	ns	ns	-
CV.	9.77	7.63	8.51	-



ภาพที่ 4.6 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน

4.1.5 ปริมาณกรด tritratable acidity (TA)

ภายหลังการเก็บรักษาปรากฏว่า ชมพู่ทับทิมจันท์มีปริมาณกรด ลดลงเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.7) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองผลชมพู่มีปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.18 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.17 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.6)

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน

ชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก laminate มีปริมาณกรด มากที่สุดคือ 0.22 เปอร์เซ็นต์ และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polypropylene มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.19 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณกรด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.6)

ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน

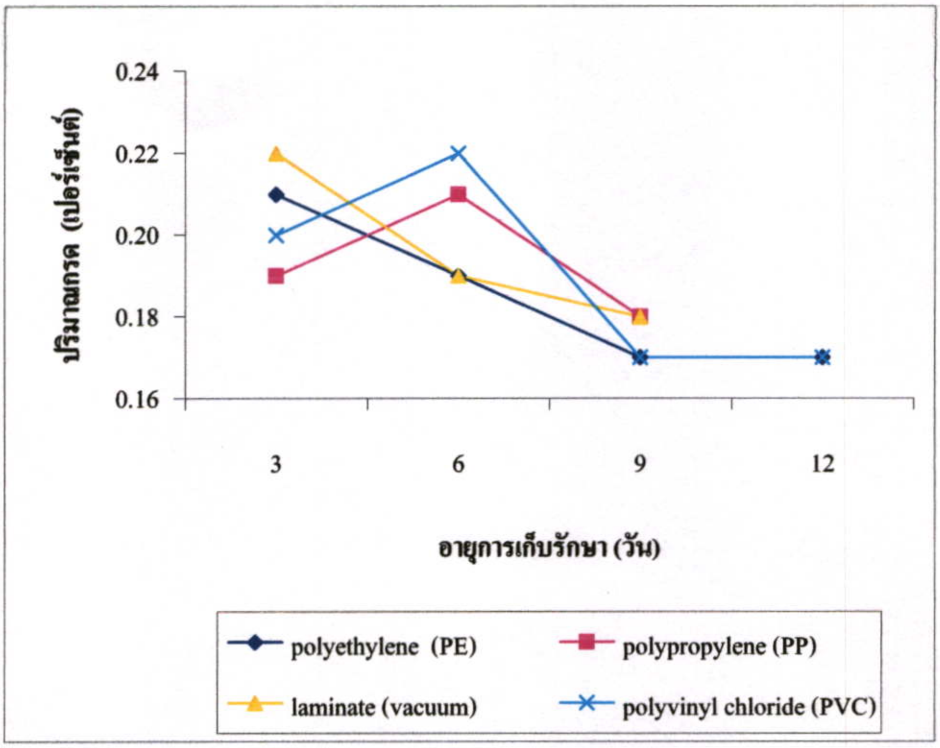
ชมพู่ที่เก็บรักษาในฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride มีปริมาณกรด มากที่สุดคือ 0.22 เปอร์เซ็นต์ และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polyethylene และ ถุงพลาสติก polypropylene มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.19 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณกรด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.6)

ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน

ชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polypropylene และถุงพลาสติก laminate มีปริมาณกรด มากที่สุดคือ 0.18 เปอร์เซ็นต์ และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polyethylene และฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.17 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณกรด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณกรดของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน

ชนิดถุงบรรจุ	ปริมาณกรด (เปอร์เซ็นต์)			
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน
polyethylene (PE)	0.21	0.19	0.17	0.17
polypropylene (PP)	0.19	0.21	0.18	-
laminate (vacuum)	0.22	0.19	0.18	-
polyvinyl chloride (PVC)	0.20	0.22	0.17	0.17
F-test	ns	ns	ns	-
CV.	7.64	7.57	13.17	-



ภาพที่ 4.7 แสดงปริมาณกรดของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน

4.1.6 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุ

ภายหลังการเก็บรักษาปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ได้แก่ ถุงพลาสติก polyethylene (PE), polypropylene (PP), laminate (vacuum) และ ฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC)ที่ใช้บรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ขณะเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ดังนี้

ถุงพลาสติก polyethylene (PE)

ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 40.33, 31.90, 22.37, 15.37, 10.30, 7.40, 7.40, 7.40, 7.40, 7.40, 8.50 และ 8.23เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 35.87, 34.77, 32.87, 25.50, 21.20, 17.80, 13.77, 8.57, 4.11, 1.25, 2.01และ 0.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.8) มีลักษณะการเปลี่ยนแปลง โดยค่อยๆลดลงเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ทั้งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

ถุงพลาสติก polypropylene (PP)

ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 57.75, 54.00, 51.80, 49.85, 42.65, 37.85, 36.60, 35.15, 34.85, 33.65, 32.65 และ 30.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ

มีปริมาณก๊าซออกซิเจน 35.13, 31.55, 28.25, 25.00, 21.10, 16.30, 13.77, 10.10, 7.33, 4.11, 1.25 และ 2.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.8) มีลักษณะการเปลี่ยนแปลง โดยค่อยๆลดลงเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ทั้งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

ถุงพลาสติก laminate (vacuum)

ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 46.87, 48.27, 53.55, 52.30, 56.70, 60.20, 62.40, 65.50, 67.40, 67.40, 67.70 และ 69.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 35.13, 32.30, 29.53, 26.20, 22.70, 19.90, 16.40, 13.50, 11.40, 11.00, 9.80 และ 8.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.8) มีลักษณะการเปลี่ยนแปลง โดยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ค่อยๆเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และปริมาณก๊าซออกซิเจนค่อยๆลดลงเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

ฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC)

ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1.23, 1.23, 1.10, 0.90, 0.73, 0.77, 1.10, 0.83, 0.73, 1.10, 0.90 และ 0.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 17.97, 17.90, 18.23, 18.97, 19.20, 19.40, 18.27, 18.23, 18.97, 19.20, 18.25 และ 16.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.8) มีลักษณะการเปลี่ยนแปลง โดยค่อนค้างคงที่ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ทั้งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

ภายหลังการเก็บรักษา 3-12 วัน

ถุงพลาสติก polyethylene (PE)

ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, และ 12 วัน ปรากฏว่า ภายในภาชนะบร รจุชมพู่ทับทิมจันท์มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 8.23, 4.87, 7.07 และ 9.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 0.63, 0.93, 1.80 และ 0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.9) มีลักษณะการเปลี่ยนแปลง โดยค่อนค้างคงที่ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ทั้งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

ถุงพลาสติก polypropylene (PP)

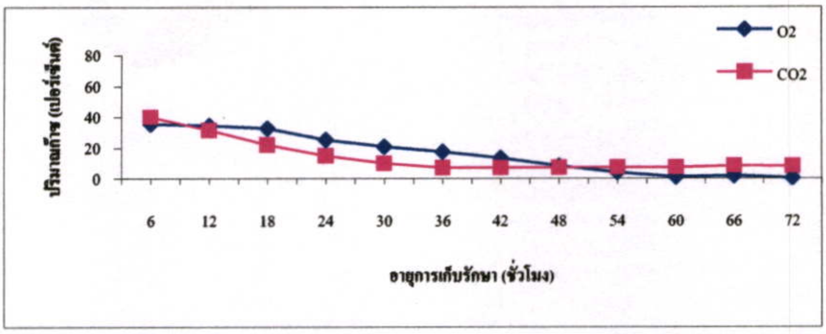
ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, และ 12 วัน ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 43.40, 15.77, 21.17 และ 26.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 2.20, 0.93, 0.17 และ 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.9) มีลักษณะการเปลี่ยนแปลง โดยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ค่อยๆเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และปริมาณก๊าซออกซิเจนค่อยๆลดลงเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

ถุงพลาสติก laminate (vacuum)

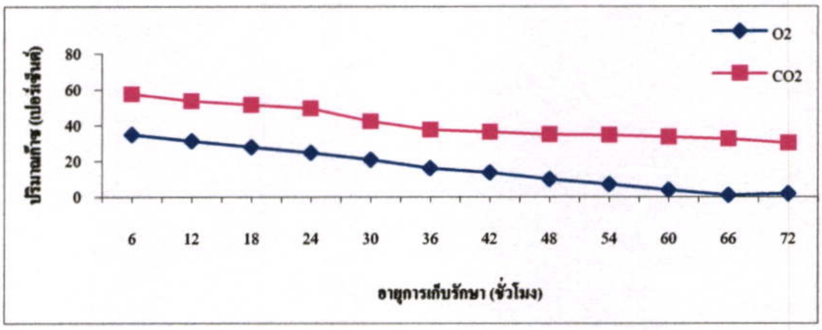
ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, และ 12 วัน ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 69.03, 81.70, 80.97 และ 83.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 8.10, 0.00, 0.00 และ 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.9) มีลักษณะการเปลี่ยนแปลง โดยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ค่อยๆเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และปริมาณก๊าซออกซิเจนค่อยๆลดลงเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

ฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC)

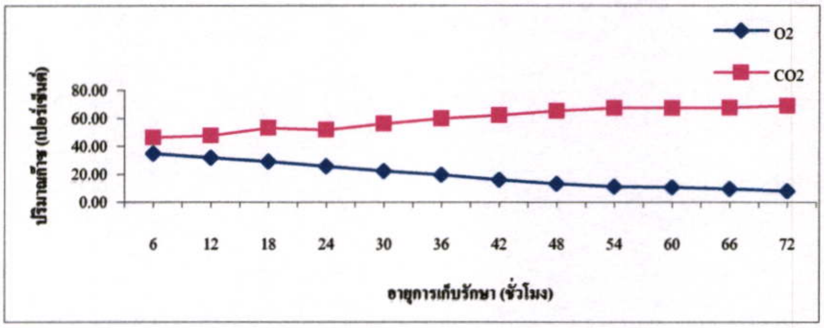
ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, และ 12 วัน ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.97, 2.07, 1.60 และ 0.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 17.37, 15.20, 15.53 และ 16.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.9) มีลักษณะการเปลี่ยนแปลง โดยค่อนค้างคงที่ ตลอดอายุการเก็บรักษา ทั้งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน



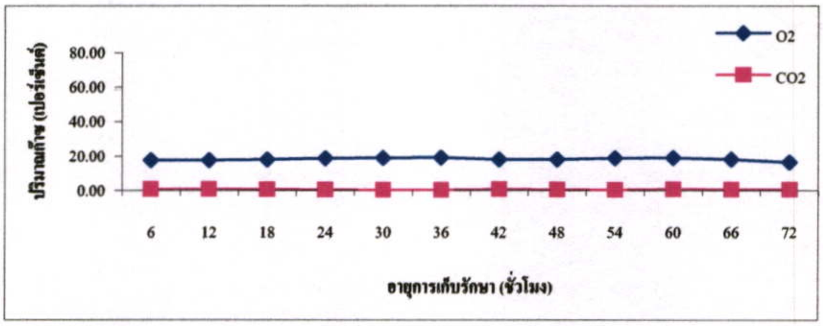
polyethylene (PE)



polypropylene (PP)

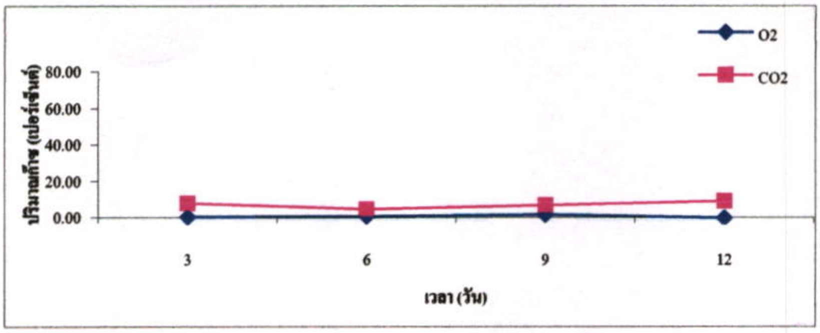


laminate (vacuum)

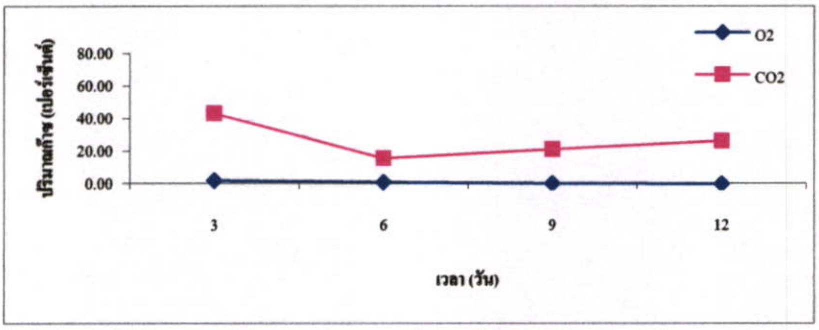


polyvinyl chloride (PVC)

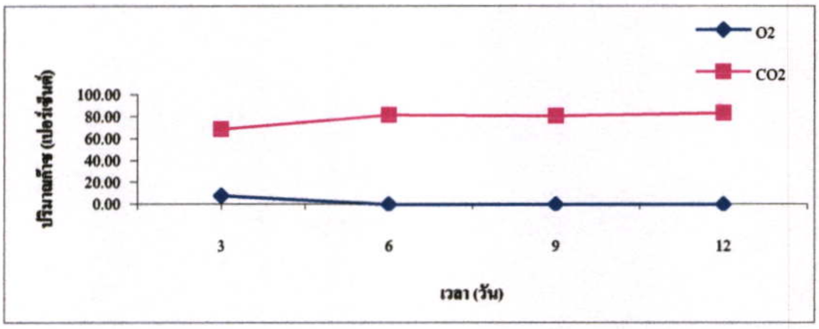
ภาพที่ 4.8 แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุต่างๆ ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ 72 ชั่วโมง หลังการเก็บรักษา



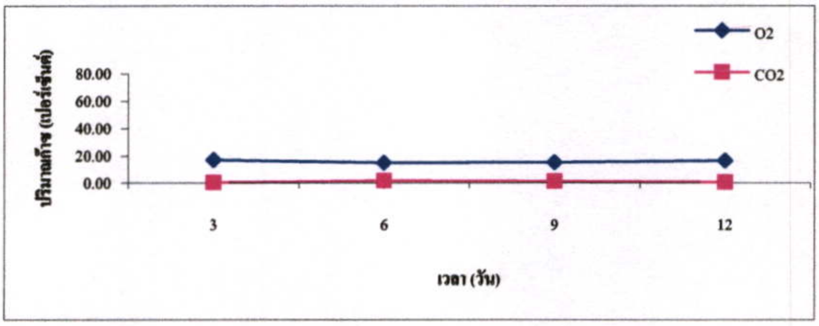
polyethylene (PE)



polypropylene (PP)



laminate (vacuum)



polyvinyl chloride (PVC)

ภาพที่ 4.9 แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุต่างๆ ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน

4.1.7 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภายหลังการเก็บรักษาปรากฏว่า ชมพู่ทับทิมจันท์มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสลดลงเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.10) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองผลชมพู่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 3.40 คะแนน และมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 2.52 คะแนน (ตารางที่ 4.7)

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน

ชมพู่ที่เก็บรักษาในฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 4.62 คะแนน รองลงมาได้แก่ ถุงพลาสติก polyethylene และ polypropylene มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสคือ 4.55 และ 4.13 คะแนน ตามลำดับ และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก laminate มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 3.72 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัส มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.7) แต่พบว่า ถุงบรรจุทั้ง 4 ชนิด มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ของตลาด

ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน

ชมพู่ที่เก็บรักษาในฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 4.16 คะแนน รองลงมาได้แก่ ถุงพลาสติก polyethylene และ laminate มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสคือ 4.01 และ 3.44 คะแนน ตามลำดับ และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polypropylene มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 3.37 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัส มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.7) แต่พบว่า ถุงบรรจุทั้ง 4 ชนิด มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ของตลาด

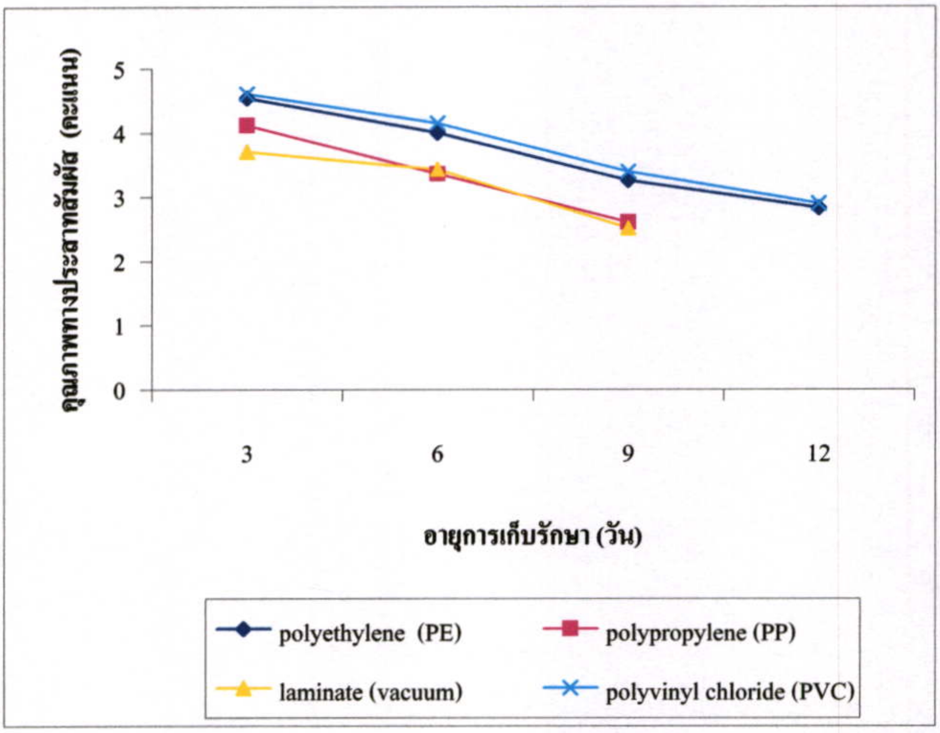
ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน

ชมพู่ที่เก็บรักษาในฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 3.40 คะแนน รองลงมาได้แก่ ถุงพลาสติก polyethylene และ polypropylene มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสคือ 3.26 และ 2.61 คะแนน ตามลำดับ และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก laminate มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 2.52 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัส มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.7) พบว่าฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride และ ถุงพลาสติก polyethylene มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ของตลาด แต่พบว่า ถุงพลาสติก polypropylene และ laminate มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับไม่ได้ของตลาด

ตารางที่ 4.7 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน

ชนิดถุงบรรจุ	คุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)			
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน
polyethylene (PE)	4.55a 1/	4.01a 1/	3.26a 1/	2.83
polypropylene (PP)	4.13b	3.37b	2.61b	-
laminate (vacuum)	3.72c	3.44b	2.52b	-
polyvinyl chloride (PVC)	4.62a	4.16a	3.40a	2.90
F-test	**	**	**	-
CV.	4.70	5.34	6.78	-

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 4.10 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 12 วัน

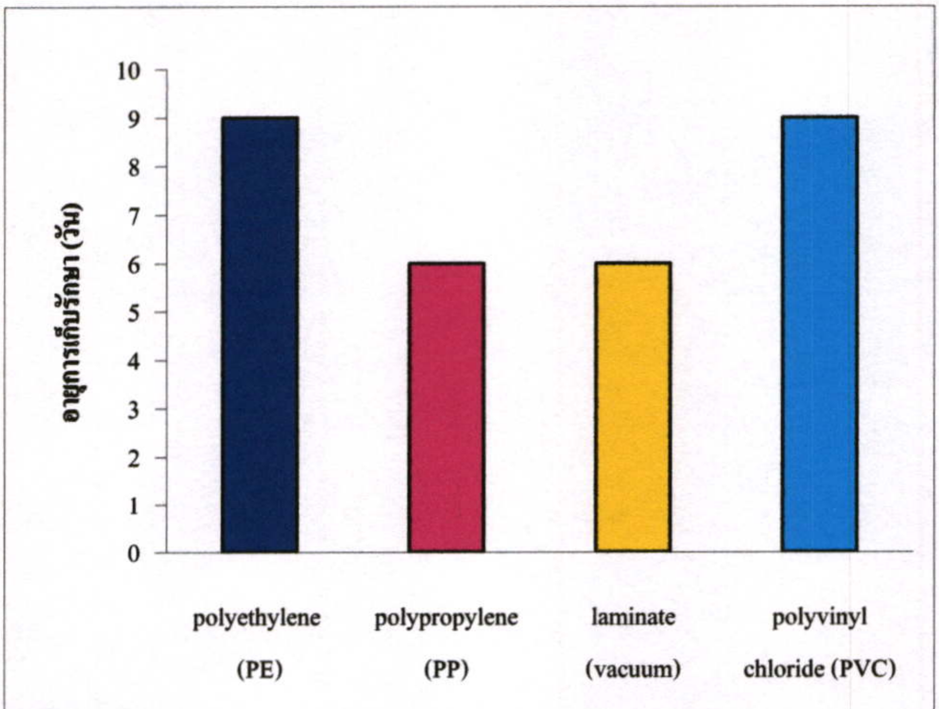
4.1.8 อายุการเก็บรักษา

ภายหลังการเก็บรักษาปรากฏว่า ชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polyethylene (PE) และฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดคือ 9 วัน และชมพู่ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก polypropylene (PP) และถุงพลาสติก laminate (vacuum) มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุดคือ 6 วัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า อายุการเก็บรักษา มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 แสดงอายุการเก็บรักษาของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน

ชนิดถุงบรรจุ	อายุการเก็บรักษา (วัน)
polyethylene (PE)	9a[1/]
polypropylene (PP)	6b
laminate (vacuum)	6b
polyvinyl chloride (PVC)	9a
F-test	**
CV.	13.33

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 4.11 แสดงอายุการเก็บรักษาของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างๆ กัน

4.2 การทดลองที่ 2

จากการศึกษาผลของระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วต่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์ ในถุงพลาสติก polyethylene (PE) ผลปรากฏดังนี้

4.2.1 อุณหภูมิภายใน

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วปรากฏว่า ชมพู่ทับทิมจันท์มีอุณหภูมิภายในดังนี้

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 20, 30, และ 40 นาที ชมพู่ทับทิมจันท์มีอุณหภูมิภายใน 26.10, 24.11, 22.21 และ 20.27องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) โดยลักษณะการลดลงของอุณหภูมิภายในจะลดลงมากยิ่งขึ้นตามระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.12)

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 20, 30, และ 40 นาที ชมพู่ทับทิมจันท์มีอุณหภูมิภายใน 26.06, 23.57, 21.20 และ 19.15 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) โดยลักษณะการลดลงของอุณหภูมิภายในจะยิ่งต่ำลงมากยิ่งขึ้นตามระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.12)

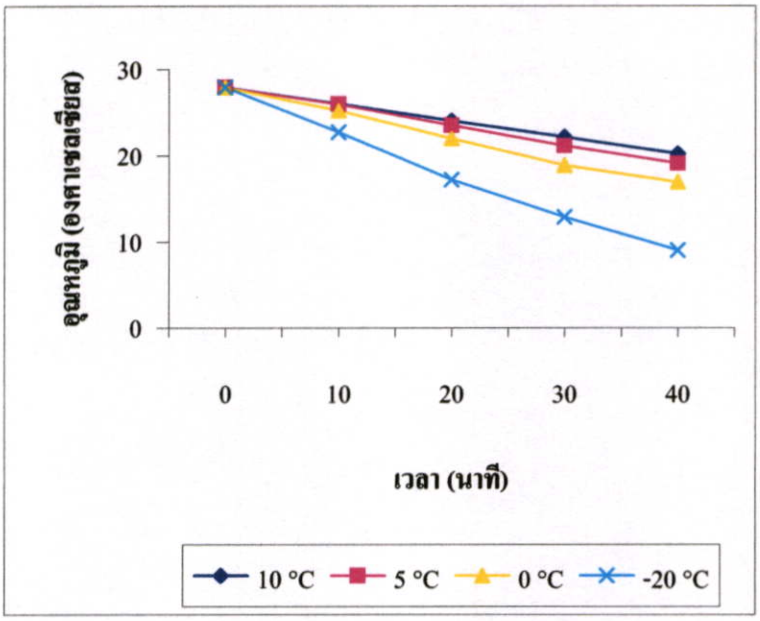
ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 20, 30, และ 40 นาที ชมพู่ทับทิมจันท์มีอุณหภูมิภายใน 25.30, 22.06, 18.92 และ 16.99 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) โดยลักษณะการลดลงของอุณหภูมิภายในจะยิ่งต่ำลงมากยิ่งขึ้นตามระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.12)

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 20, 30, และ 40 นาที ชมพู่ทับทิมจันท์มีอุณหภูมิภายใน 22.80, 17.26, 12.97 และ 9.07 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) โดยลักษณะการลดลงของอุณ หภูมิภายในจะยิ่งต่ำลงมากยิ่งขึ้นตามระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.12) การลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ทำให้อุณหภูมิภายในผลชมพู่ลดลงมากที่สุด ซึ่งอุณหภูมิภายในจะลดลงเหลือ 9.07 องศาเซลเซียส ส่วนชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ทำให้อุณหภูมิภายในผลชมพู่สูงถึง 20.27 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.9 แสดงอุณหภูมิภายในของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน

ระดับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิภายใน (องศาเซลเซียส)			
	10 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที
10	26.10a[1/]	24.11a[1/]	22.21a[1/]	20.27a[1/]
5	26.06a	23.57b	21.20b	19.15b
0	25.30b	22.06c	18.92c	16.99c
-20	22.80c	17.26d	12.97d	9.07d
F-test	**	**	**	**
CV.	0.80	0.82	1.12	1.11

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 4.12 แสดงอุณหภูมิภายในของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน

4.2.2 ลักษณะเนื้อเยื่อ

เนื้อเยื่อของชมพู่ทับทิมจันท์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นนอกเรียกว่า epicarp เนื้อชั้นนี้ผนังเซลล์บาง ปรากฏต่อมน้ำมัน (oil gland) มีปริมาณน้อย ชั้นกลางเรียกว่า mesocarp ส่วนใหญ่เป็นเนื้อเยื่อ parenchyma จึงอ่อนนุ่มเป็นแหล่งสะสมแป้งและน้ำตาล และชั้นในเรียกว่า endocarp ก่อนการทดลองปรากฏว่า ลักษณะเนื้อเยื่อในชั้น epicarp และชั้น mesocarp มี

ลักษณะเต่ง ต่อมน้ำมันมีสีเหลืองใส (ภาพที่ 4.13) ภายหลังการเก็บรักษาปรากฏว่า ชมพู่ทับทิมจันท์มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อเยื่อ ดังนี้

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน

จากการตัด cross section เนื้อของผลชมพู่ปรากฏว่า ลักษณะเนื้อเยื่อในชั้น epicarp และชั้น mesocarp มีลักษณะเต่ง ต่อมน้ำมันมีสีเหลืองใสทุกวิธีการทดลอง ยกเว้น การลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส บริเวณชั้น epicarp แสดงอาการเนื้อเยื่อเหี่ยวใสเป็นจุดเล็กๆ ต่อมน้ำมัน (oil gland) มีสีดำ (ภาพที่ 4.15)

ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน

จากการตัด cross section เนื้อของผลชมพู่ปรากฏว่า ลักษณะเนื้อเยื่อในชั้น epicarp และชั้น mesocarp มีลักษณะเต่ง ต่อมน้ำมันมีสีเหลืองใสทุกวิธีการทดลอง ยกเว้น การลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส บริเวณชั้น epicarp แสดงอาการเนื้อเยื่อเหี่ยวใสเป็นจุดเล็กๆ ต่อมน้ำมัน (oil gland) มีสีดำ (ภาพที่ 4.16)

ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน

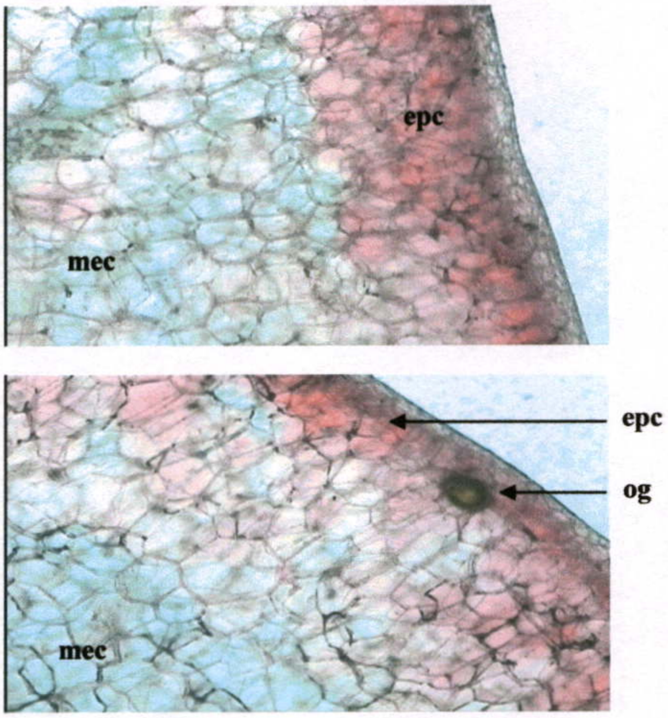
จากการตัด cross section เนื้อของผลชมพู่ปรากฏว่า ลักษณะเนื้อเยื่อในชั้น epicarp และชั้น mesocarp มีลักษณะเต่ง เนื้อเยื่อเริ่มปรากฏสีคล้ำภายในเซลล์ ต่อมน้ำมัน (oil gland) มีสีดำทุกวิธีการทดลอง (ภาพที่ 4.17)

ภายหลังการเก็บรักษา 12 วัน

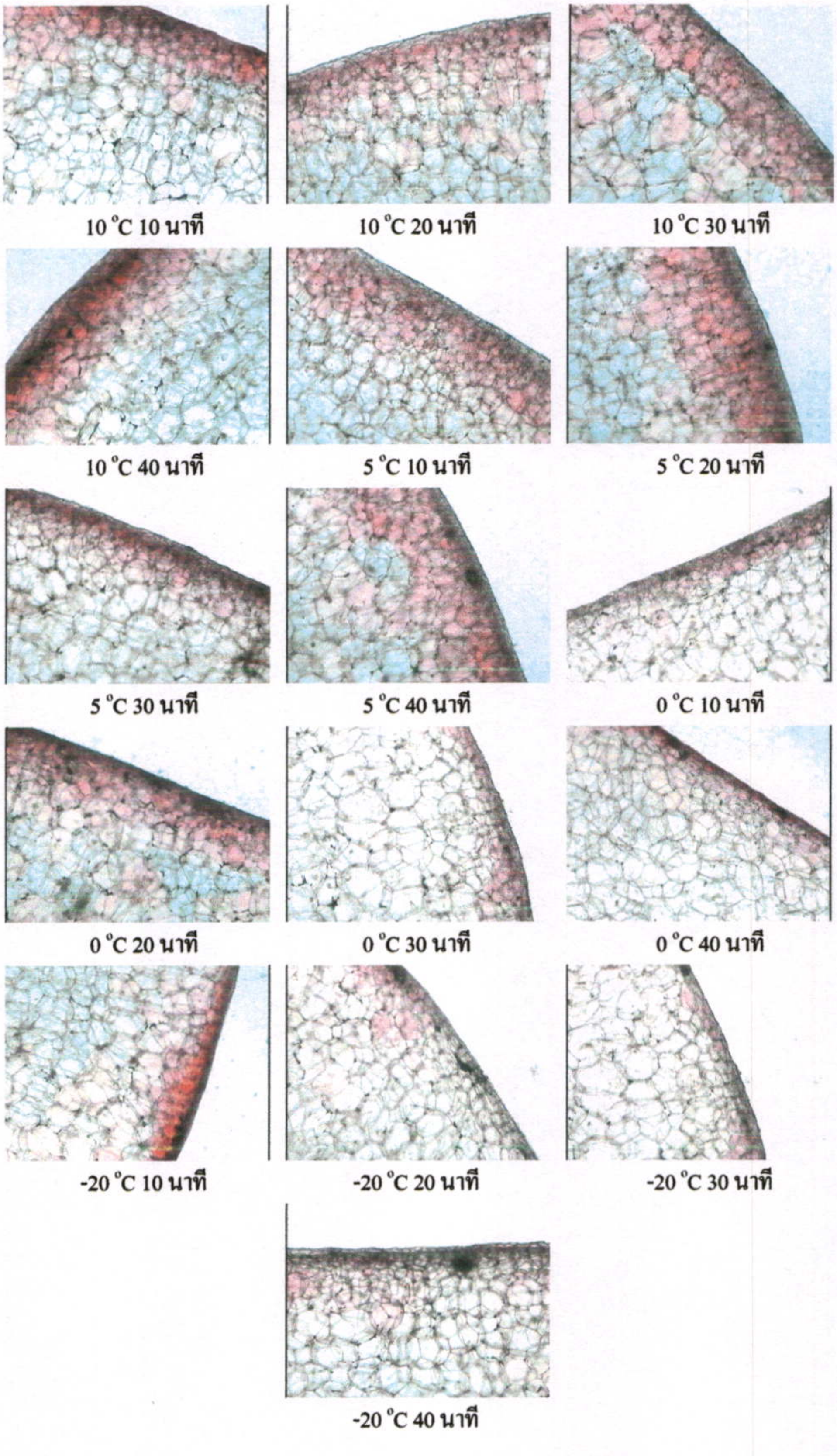
จากการตัด cross section เนื้อของผลชมพู่ปรากฏว่า ลักษณะเนื้อเยื่อในชั้น epicarp และชั้น mesocarp มีลักษณะเริ่มเหี่ยว เนื้อเยื่อปรากฏสีคล้ำภายในเซลล์ ต่อมน้ำมัน (oil gland) มีสีดำทุกวิธีการทดลอง ซึ่งวิธีการอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เนื้อเยื่อจะปรากฏสีคล้ำภายในเซลล์น้อยกว่าการอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอื่นๆ (ภาพที่ 4.18)

ภายหลังการเก็บรักษา 15 วัน

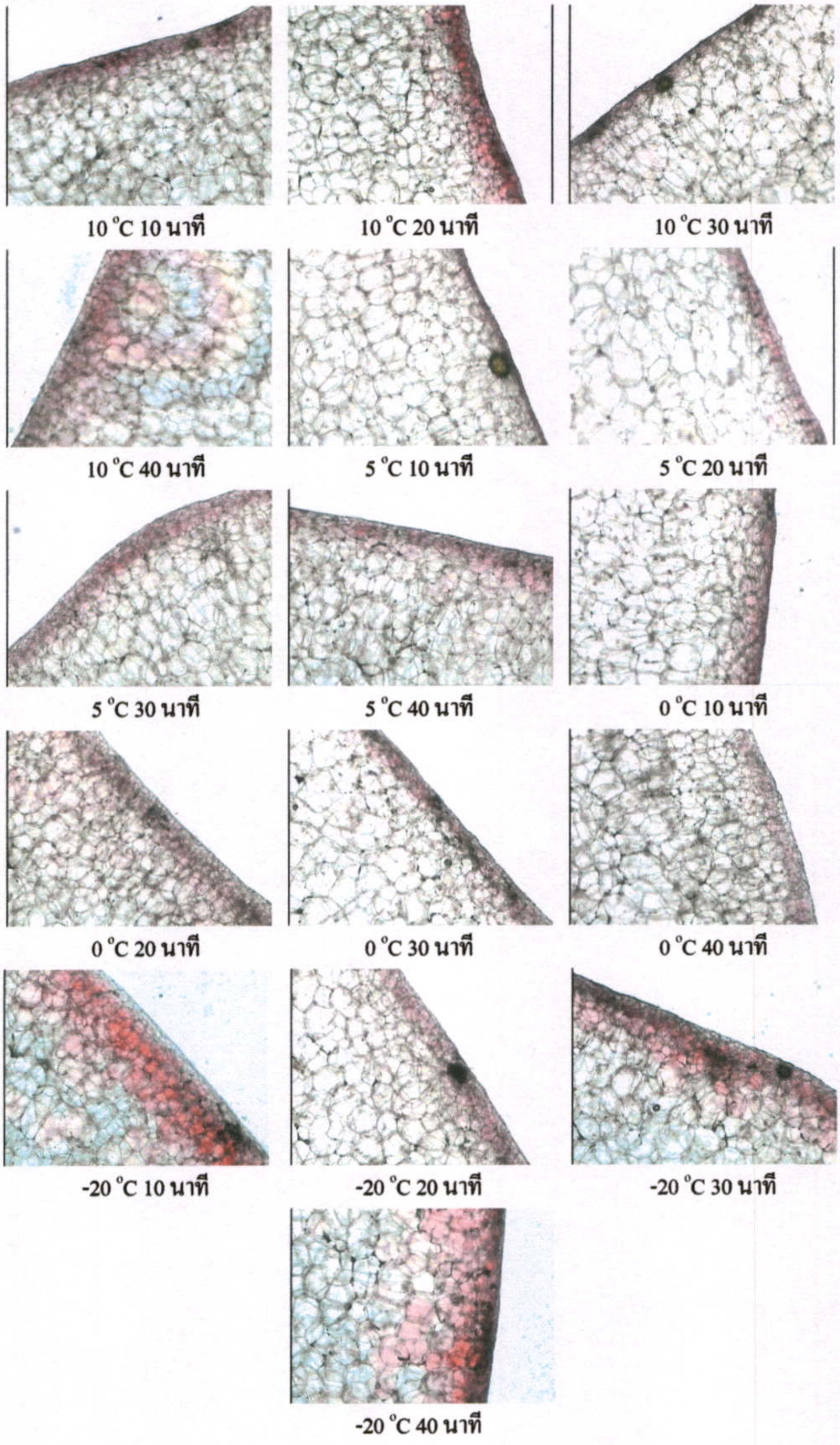
จากการตัด cross section เนื้อของผลชมพู่ปรากฏว่า ลักษณะเนื้อเยื่อในชั้น epicarp และชั้น mesocarp มีลักษณะเหี่ยว เนื้อเยื่อปรากฏสีคล้ำภายในเซลล์ ต่อมน้ำมัน (oil gland) มีสีดำทุกวิธีการทดลอง ซึ่งวิธีการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เนื้อเยื่อจะปรากฏสีคล้ำภายในเซลล์น้อยกว่าการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอื่นๆ (ภาพที่ 4.19)



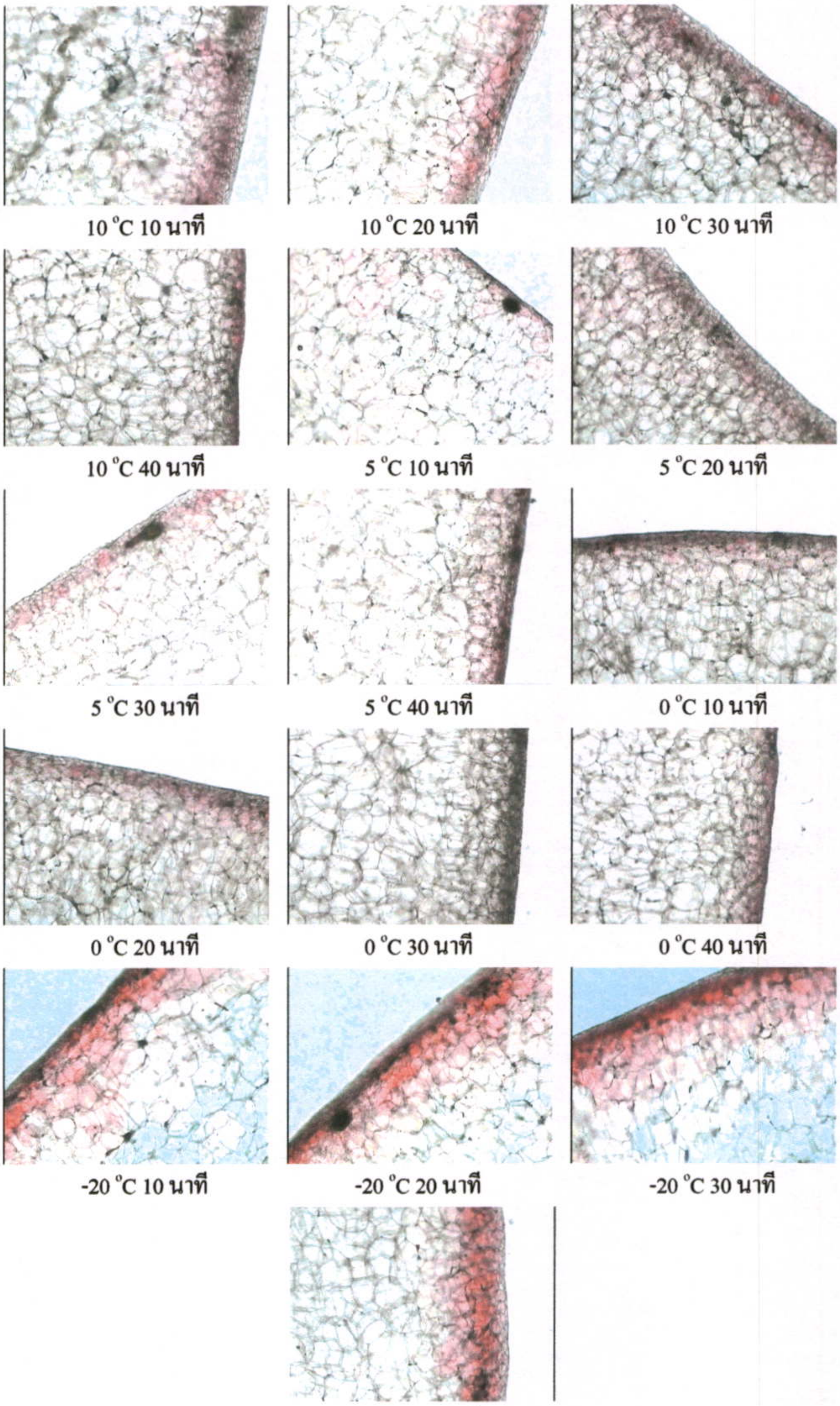
ภาพที่ 4.13 แสดงลักษณะเนื้อเยื่อ (กำลังขยาย 10X) ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ก่อนการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดย og = oil gland, epc = epicarp, mec = mesocarp



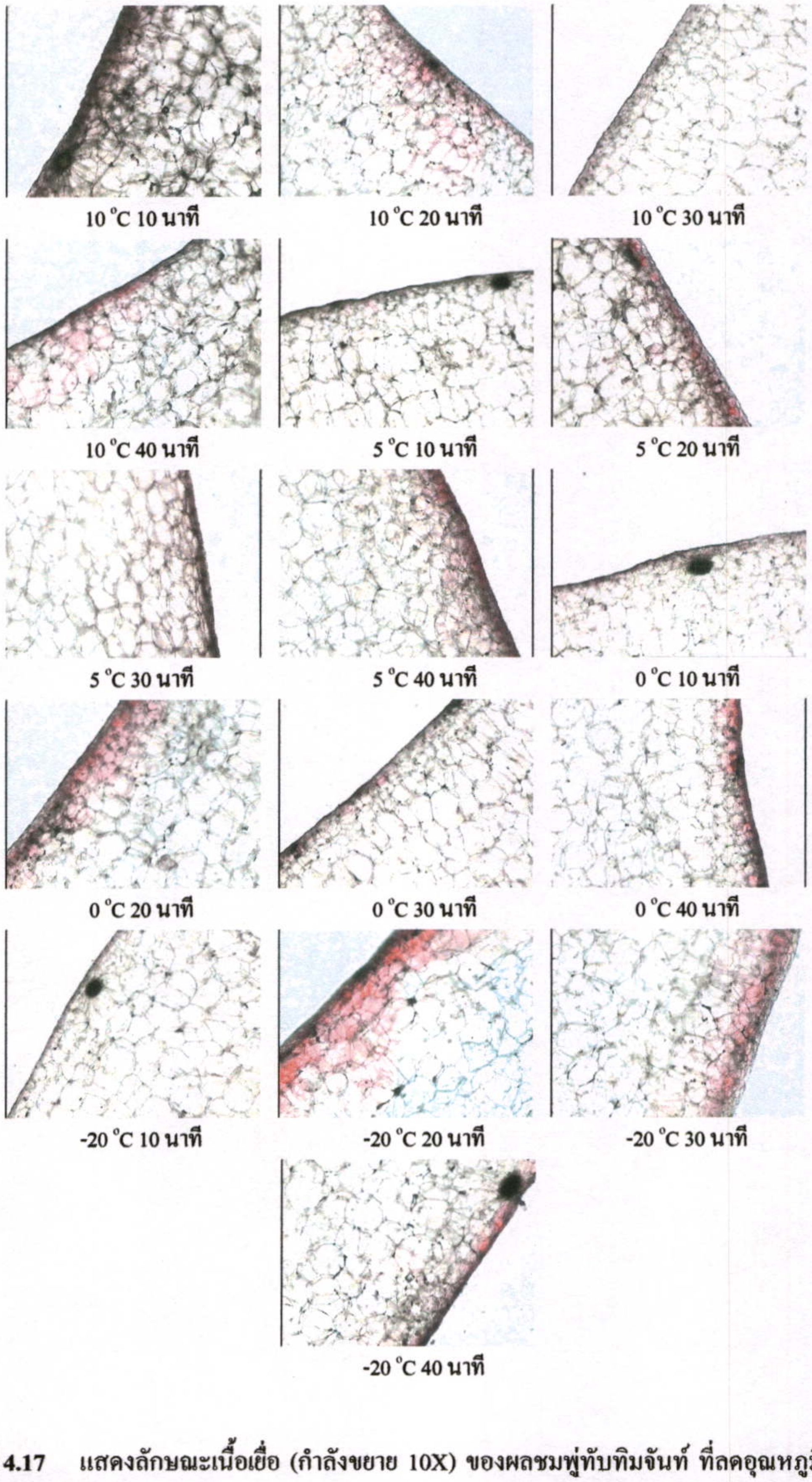
ภาพที่ 4.14 แสดงลักษณะเนื้อเยื่อ (กำลังขยาย 10X) ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน



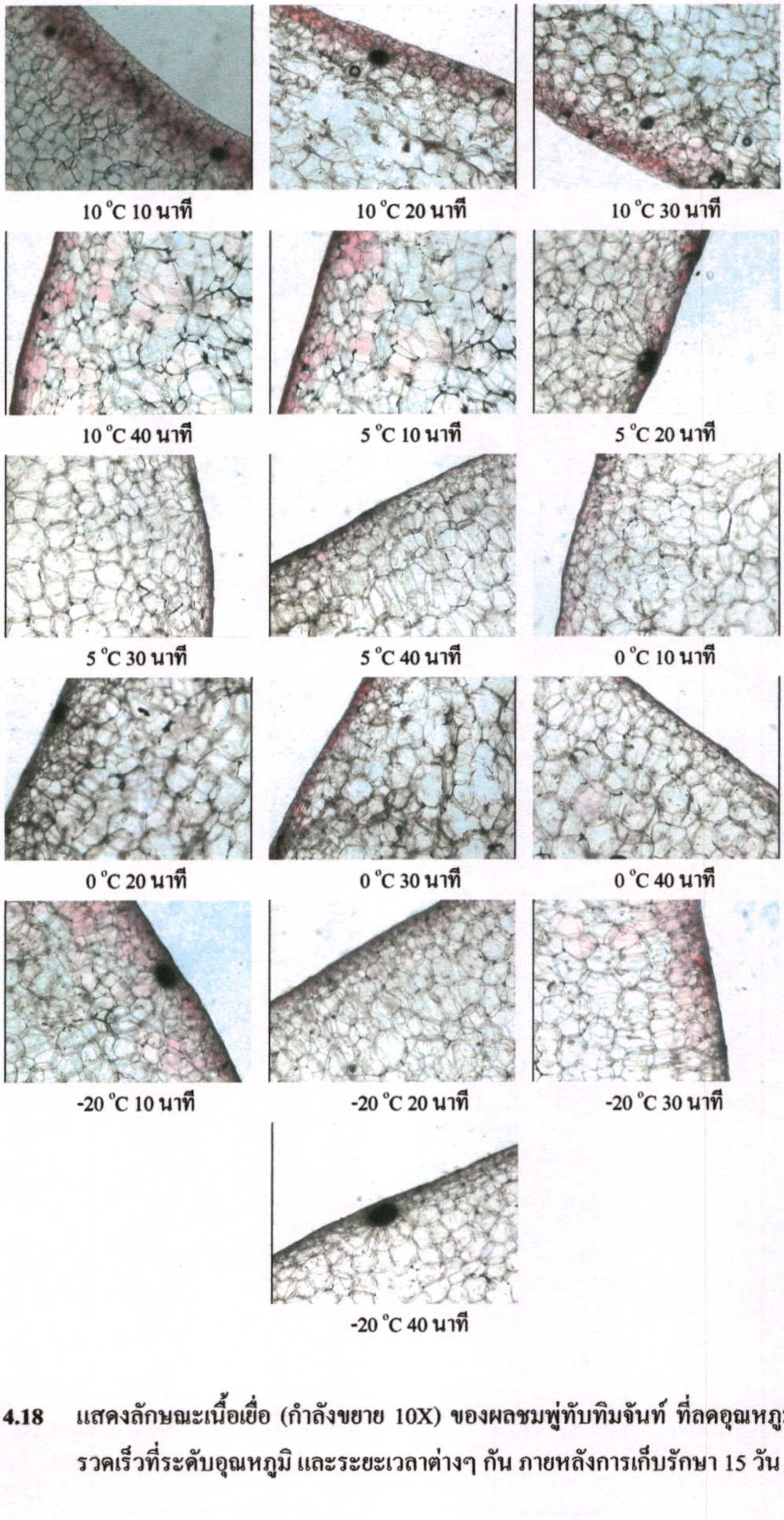
ภาพที่ 4.15 แสดงลักษณะเนื้อเยื่อ (กำลังขยาย 10X) ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน



ภาพที่ 4.16 แสดงลักษณะเนื้อเยื่อ (กำลังขยาย 10X) ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน



ภาพที่ 4.17 แสดงลักษณะเนื้อเยื่อ (กำลังขยาย 10X) ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 12 วัน



ภาพที่ 4.18 แสดงลักษณะเนื้อเยื่อ (กำลังขยาย 10X) ของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 15 วัน

4.2.3 การสูญเสียน้ำหนักสด

ภายหลังการเก็บรักษาปรากฏว่า ชมพู่ทับทิมจันท์มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.19) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองผลชมพู่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 0.54 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.43 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.10)

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 0.36 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดคือ 0.35, 0.32, 0.32, 0.32, 0.32, 0.31, 0.31, 0.30, 0.29, 0.29, 0.28, 0.26, 0.25 และ 0.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.23 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.10)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 0.30 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.29 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.11)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 40 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 0.31 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะเวลา 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.28 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.13)

ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 0.41 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดคือ 0.40, 0.38, 0.38, 0.38, 0.37, 0.36, 0.35, 0.35, 0.34, 0.34, 0.33 และ 0.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.29 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.10)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 0.39 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.32 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.11)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 10 และ 20 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 0.36 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะเวลา 40 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.34 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.13)

ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 0.50 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา

40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดคือ 0.44, 0.43, 0.41, 0.41, 0.40, 0.39, 0.39, 0.39, 0.39, 0.39, 0.38, 0.37, 0.36 และ 0.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.34 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.10)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 0.43 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.37 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.11)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 20 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 0.43 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะเวลา 10 และ 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.38 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.13)

ภายหลังการเก็บรักษา 12 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 0.52 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดคือ 0.51, 0.50, 0.49, 0.49, 0.46, 0.44, 0.44, 0.44, 0.42, 0.42, 0.41, 0.41, 0.40 และ 0.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.36 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.10)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 0.48 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.42 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.11)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 10 และ 20 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 0.47 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะเวลา 40 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.41 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.13)

ภายหลังการเก็บรักษา 15 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 0.54 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดคือ 0.53, 0.52, 0.52, 0.52, 0.49, 0.47, 0.47, 0.46, 0.44, 0.44, 0.44, 0.44, 0.44 และ 0.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.43 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.10)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 0.50 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.45 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.11)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 10 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 0.50 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะเวลา 40 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.44

เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.10 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดของชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน

Treatment combination	การสูญเสียน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์)						
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน	18 วัน	21 วัน
10 °C 10 นาที	0.26bc[1/]	0.38	0.39	0.50	0.52	-	-
10 °C 20 นาที	0.31abc	0.38	0.50	0.52	0.54	-	-
10 °C 30 นาที	0.32abc	0.40	0.43	0.51	0.52	-	-
10 °C 40 นาที	0.29abc	0.34	0.40	0.41	0.44	-	-
5 °C 10 นาที	0.35ab	0.35	0.39	0.44	0.46	-	-
5 °C 20 นาที	0.31abc	0.34	0.38	0.42	0.44	-	-
5 °C 30 นาที	0.25c	0.29	0.35	0.41	0.44	-	-
5 °C 40 นาที	0.28abc	0.29	0.37	0.42	0.44	-	-
0 °C 10 นาที	0.32abc	0.35	0.36	0.49	0.52	-	-
0 °C 20 นาที	0.30abc	0.33	0.41	0.49	0.53	-	-
0 °C 30 นาที	0.23c	0.31	0.34	0.36	0.39	0.44	-
0 °C 40 นาที	0.32abc	0.36	0.39	0.40	0.44	0.49	-
-20 °C 10 นาที	0.29abc	0.37	0.39	0.46	0.49	-	-
-20 °C 20 นาที	0.23c	0.41	0.44	0.44	0.47	0.52	0.55
-20 °C 30 นาที	0.32abc	0.41	0.41	0.44	0.47	0.53	0.56
-20 °C 40 นาที	0.36a	0.38	0.39	0.39	0.43	0.45	0.52
F-test	*	ns	ns	ns	ns	-	-
CV.	17.00	17.36	20.02	27.88	20.73	-	-

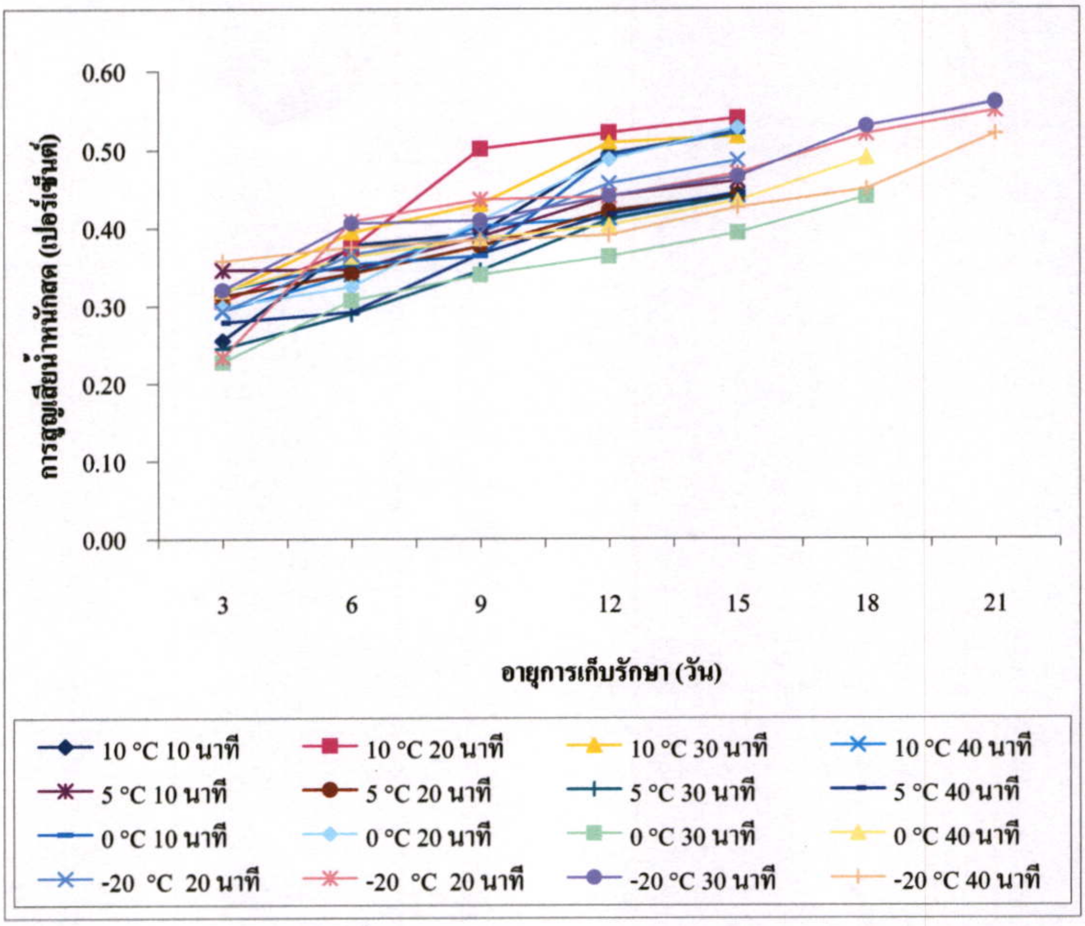
1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.11 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

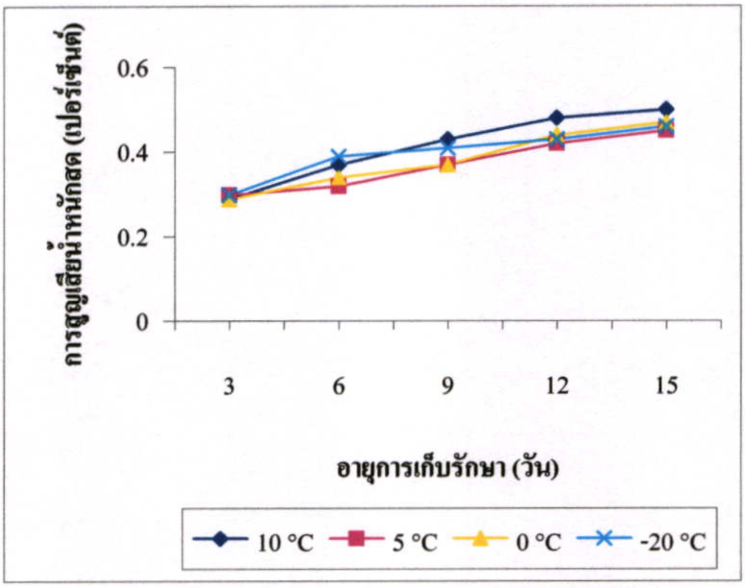
ระดับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การสูญเสียน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์)				
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
10	0.29	0.37	0.43	0.48	0.50
5	0.30	0.32	0.37	0.42	0.45
0	0.29	0.34	0.37	0.44	0.47
-20	0.30	0.39	0.41	0.43	0.46
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV.	17.00	17.36	20.02	27.88	20.73

ตารางที่ 4.12 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆกัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

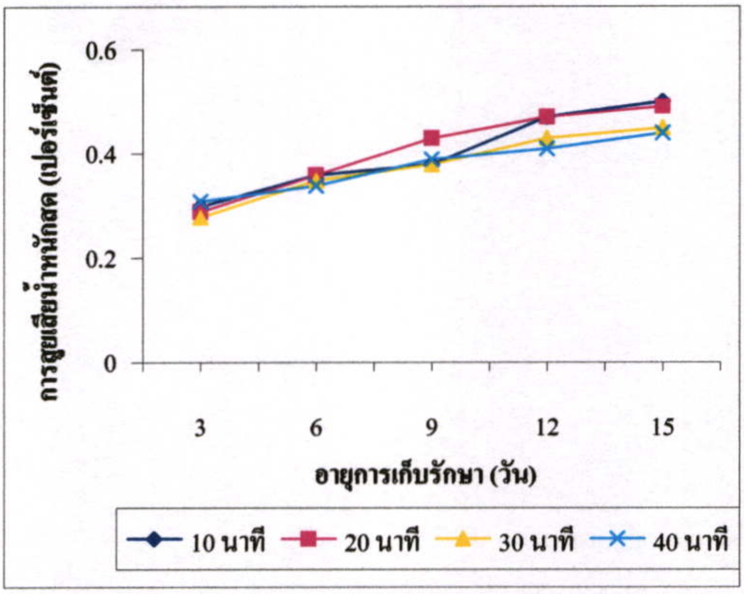
ระยะเวลา (นาที)	การสูญเสียน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์)				
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
10	0.30	0.36	0.38	0.47	0.50
20	0.29	0.36	0.43	0.47	0.49
30	0.28	0.35	0.38	0.43	0.45
40	0.31	0.34	0.39	0.41	0.44
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV.	17.00	17.36	20.02	27.88	20.73



ภาพที่ 4.19 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดของชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน



ภาพที่ 4.20 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน



ภาพที่ 4.21 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

4.2.4 สีผิว

ภายหลังการเก็บรักษาปรากฏว่า ชมพู่ทับทิมจันท์มีสีแดงเข้ม (Darker, Redder, Yellower) ชมพู่ทับทิมจันท์มีค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.22) เมื่อสิ้นสุดการทดลองผลชมพู่มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 26.42 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 22.20 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.14) ส่วนค่าสีแดง มีค่ามากที่สุดคือ 25.89 และมีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 22.75 (ตารางที่ 4.17)

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน

ค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 26.05 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีค่าความสว่างคือ 25.53, 24.88, 24.76, 24.47, 24.42, 24.33, 24.19, 24.00, 23.73, 23.59, 22.93, 22.51, 22.11 และ 21.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับ

อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 21.28 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าความสว่าง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.13)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 24.67 เปอร์เซ็นต์ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 22.63 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ มีผลทำให้ค่าความสว่างแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.14)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 20 นาที มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 24.38 เปอร์ เซ็นต์ และที่ระยะเวลา 30 นาที มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 23.08 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ค่าความสว่างแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.15)

ค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 23.69 รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีค่าสีแดงคือ 23.48, 22.47, 22.28, 22.23, 22.12, 22.10, 21.76, 21.73, 21.51, 21.26, 21.14, 21.10, 20.82 และ 20.75 ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 21.28 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าสีแดง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.16)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 22.40 และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 21.42 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ค่าสีแดงแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.17)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 10 นาที มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 22.29 และที่ระยะ เวลา 20

นาที มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 21.22 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ค่าสีแดงแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.18)

ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน

ค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 26.37 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีค่าความสว่างคือ 25.30, 25.05, 24.97, 24.78, 24.77, 24.71, 24.68, 24.52, 24.25, 24.23, 24.13, 23.83, 23.77 และ 23.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 21.67 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าความสว่าง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.13)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 25.22 เปอร์เซ็นต์ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 23.38 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ มีผลทำให้ค่าความสว่างแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.14)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 10 นาที มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 24.77 เปอร์ เซ็นต์ และที่ระยะเวลา 30 นาที มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 23.77 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ค่าความสว่างแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.15)

ค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 25.06 รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศา

เซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีค่าสีแดงคือ 25.00, 24.75, 24.17, 23.97, 23.88, 23.66, 23.57, 23.51, 23.50, 23.46, 23.44, 22.96, 22.96 และ 22.74 ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 21.37 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าสีแดง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.16)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 24.24 และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 23.19 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ค่าสีแดงแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.17)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 40 นาที มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 24.29 และที่ระยะ เวลา 10 นาที มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 23.13 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ค่าสีแดงแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.18)

ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน

ค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 26.68 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีค่าความสว่างคือ 26.35, 25.83, 25.73, 25.71, 25.51, 25.36, 25.33, 25.20, 24.84, 24.79, 24.72, 24.56, 24.02 และ 23.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 22.06 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าความสว่าง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.13)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 25.76 เปอร์เซ็นต์ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างน้อย

ที่สุดคือ 24.13 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ มีผลทำให้ค่าความสว่างแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.14)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 10 นาที มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 25.73 เปอร์ เซ็นต์ และที่ระยะเวลา 30 นาที มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 24.46 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ค่าความสว่างแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.15)

ค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 25.81 รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีค่าสีแดงคือ 25.68, 24.97, 24.93, 24.48, 24.28, 24.17, 23.97, 23.91, 23.75, 23.69, 23.54, 22.44, 22.80 และ 22.75 ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 22.73 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าสีแดง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.16)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 24.68 และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 23.62 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ค่าสีแดงแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.17)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 30 นาที มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 24.43 และที่ระยะ เวลา 10 นาที มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 23.39 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ค่าสีแดงแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.18)

ภายหลังการเก็บรักษา 12 วัน

ค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 26.89 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็น

เวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีค่าความสว่างคือ 26.48, 25.97, 25.19, 25.09, 25.04, 25.02, 25.01, 24.98, 24.92, 24.76, 24.28, 24.09, 24.04 และ 23.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 23.97 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าความสว่าง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.13)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 25.63 เปอร์เซ็นต์ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 24.13 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ มีผลทำให้ค่าความสว่างแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.14)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 10 นาที มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 25.36 เปอร์ เซ็นต์ และที่ระยะเวลา 30 นาที มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 24.26 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ค่าความสว่างแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.15)

ค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 24.94 รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีค่าสีแดงคือ 24.41, 24.24, 23.99, 23.80, 23.76, 23.68, 23.65, 23.52, 23.43, 23.13, 22.87, 22.83, 22.81 และ 22.75 ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 22.52 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าสีแดง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.16)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 23.81 และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 23.01 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ค่าสีแดงแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.17)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 40 นาที มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 24.72 และที่ระยะ เวลา 20 นาที มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 23.07 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ค่าสีแดงแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.18)

ภายหลังการเก็บรักษา 15 วัน

ค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 26.42 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีค่าความสว่างคือ 26.12, 25.93, 25.67, 25.20, 25.15, 24.95, 24.87, 24.77, 24.70, 24.51, 23.74, 23.60, 23.54 และ 23.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 22.20 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าความสว่าง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.13)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 25.73 เปอร์เซ็นต์ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 23.21 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ มีผลทำให้ค่าความสว่างแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.14)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 20 นาที มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ 24.91 เปอร์ เซ็นต์ และที่ระยะเวลา 40 นาที มีค่าความสว่างน้อยที่สุดคือ 24.31 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทาง

สถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ค่าความสว่างแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.15)

ค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 25.89 รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีค่าสีแดงคือ 25.56, 24.78, 24.63, 24.51, 24.34, 24.34, 24.01, 23.95, 23.81, 23.51, 23.50, 23.38, 23.23 และ 23.12 ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 22.75 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ค่าสีแดง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.16)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 24.44 และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 23.60 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ค่าสีแดงแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.17)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 40 นาที มีค่าสีแดงมากที่สุดคือ 24.80 และที่ระยะ เวลา 20 นาที มีค่าสีแดงน้อยที่สุดคือ 23.68 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ค่าสีแดงแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.18)

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน

Treatment	ความสว่าง L* (เปอร์เซ็นต์)						
combination	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน	18 วัน	21 วัน
10 °C 10 นาที	21.53	23.43	25.33	25.19	23.54	-	-
10 °C 20 นาที	23.73	23.77	23.81	24.04	23.60	-	-
10 °C 30 นาที	21.28	21.67	22.06	22.28	22.20	-	-
10 °C 40 นาที	24.00	24.68	25.36	25.02	23.53	-	-
5 °C 10 นาที	22.11	24.23	26.35	26.89	24.87	-	-
5 °C 20 นาที	24.47	24.25	24.02	25.04	24.95	-	-
5 °C 30 นาที	22.51	24.13	25.73	24.98	24.51	-	-
5 °C 40 นาที	24.76	24.78	24.79	24.92	24.77	-	-
0 °C 10 นาที	26.05	26.37	26.68	25.09	26.12	-	-
0 °C 20 นาที	24.88	25.30	25.71	26.48	25.93	-	-
0 °C 30 นาที	24.19	24.52	24.84	25.01	25.67	24.95	-
0 °C 40 นาที	23.59	24.71	25.83	25.97	25.20	25.30	-
-20 °C 10 นาที	25.53	25.05	24.56	24.28	24.70	-	-
-20 °C 20 นาที	24.42	24.97	25.51	24.09	25.15	25.83	24.98
-20 °C 30 นาที	24.33	24.77	25.20	24.76	26.42	26.37	26.05
-20 °C 40 นาที	22.93	23.83	24.72	23.97	23.74	24.13	25.30
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	-	-
CV.	6.97	3.90	5.41	5.21	6.49	-	-

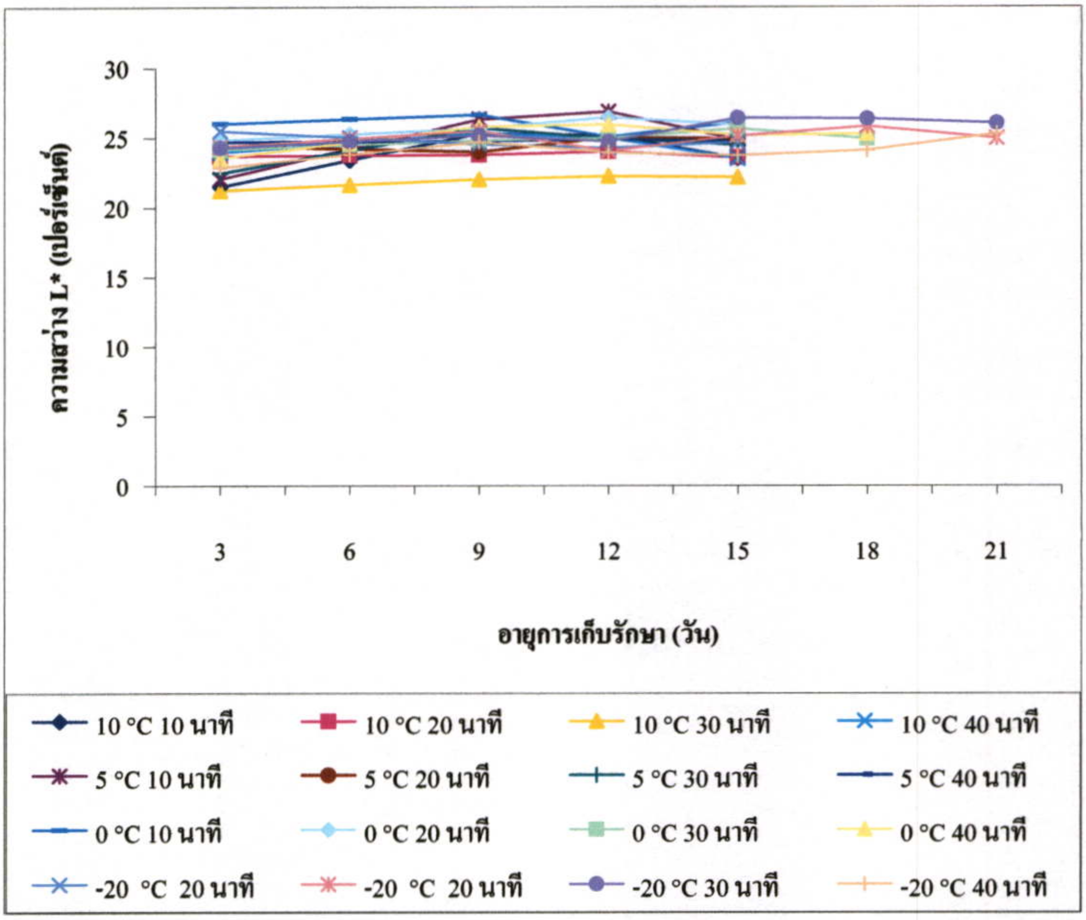
ตารางที่ 4.14 แสดงค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

ระดับอุณหภูมิ	ความสว่าง L* (เปอร์เซ็นต์)				
(องศาเซลเซียส)	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
10	22.63b 1/	23.38c 1/	24.13b 1/	24.13b 1/	23.21b 1/
5	23.46ab	24.34b	25.22ab	25.45a	24.77a
0	24.67a	25.22a	25.76a	25.63a	25.00a
-20	24.30a	24.65ab	24.99ab	24.27b	25.73a
F-test	*	**	*	*	**
CV.	6.97	3.90	5.41	5.21	6.49

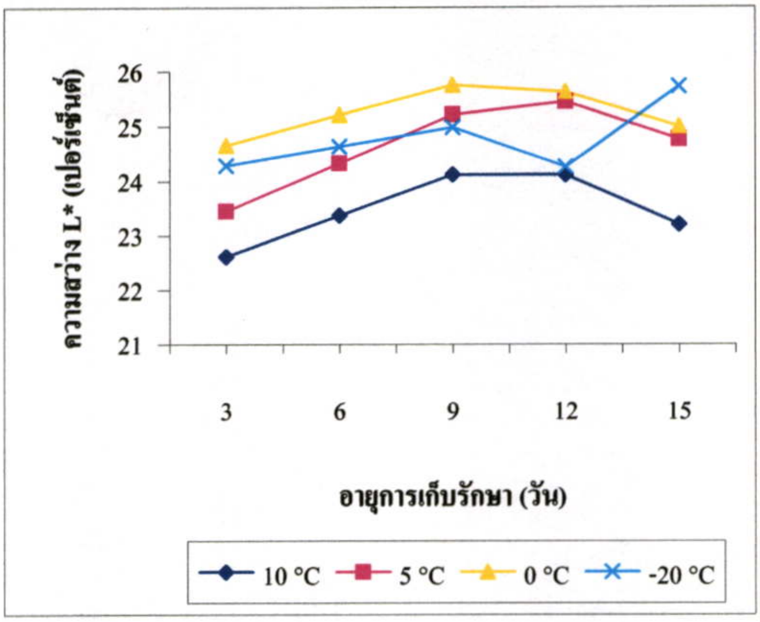
1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะ เวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

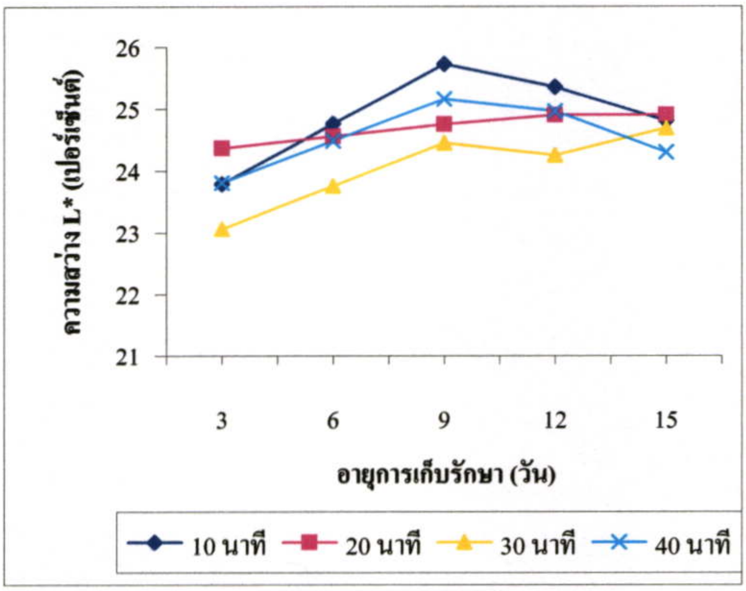
ระยะเวลา	ความสว่าง L* (เปอร์เซ็นต์)				
(นาที)	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
10	23.80	24.77	25.73	25.36	24.81
20	24.38	24.57	24.76	24.91	24.91
30	23.08	23.77	24.46	24.26	24.70
40	23.82	24.50	25.17	24.97	24.31
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV.	6.97	3.90	5.41	5.21	6.49



ภาพที่ 4.22 แสดงค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน



ภาพที่ 4.23 แสดงค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, และ 15 วัน



ภาพที่ 4.24 แสดงค่าความสว่าง (L*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, และ 15 วัน

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน

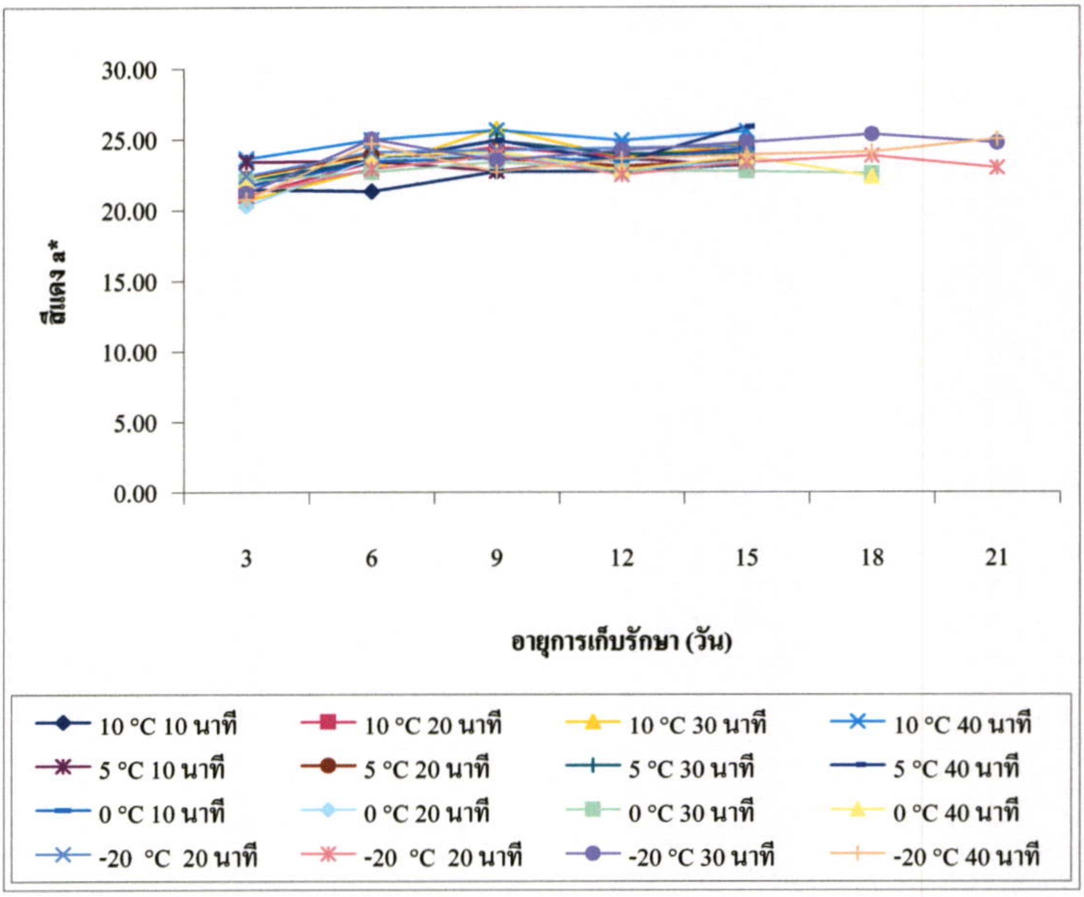
Treatment	สีแดง a*						
combination	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน	18 วัน	21 วัน
10 °C 10 นาที	21.51	21.37	22.75	22.75	23.23	-	-
10 °C 20 นาที	21.10	23.44	24.48	23.80	24.34	-	-
10 °C 30 นาที	20.75	22.96	25.81	23.76	24.63	-	-
10 °C 40 นาที	23.69	25.00	25.68	24.94	25.56	-	-
5 °C 10 นาที	23.48	23.50	22.80	23.68	23.12	-	-
5 °C 20 นาที	22.28	23.97	23.69	23.13	23.51	-	-
5 °C 30 นาที	22.10	23.57	24.93	23.99	24.01	-	-
5 °C 40 นาที	21.76	23.51	24.97	23.43	25.89	-	-
0 °C 10 นาที	21.73	23.46	23.75	23.52	24.34	-	-
0 °C 20 นาที	20.36	23.66	23.97	22.83	23.50	-	-
0 °C 30 นาที	22.12	22.74	23.44	22.81	22.75	22.59	-
0 °C 40 นาที	22.23	23.88	24.17	22.87	23.81	22.36	-
-20 °C 10 นาที	22.47	24.17	24.28	24.41	24.51	-	-
-20 °C 20 นาที	21.14	22.96	23.91	22.52	23.38	23.85	22.98
-20 °C 30 นาที	21.26	25.06	23.54	24.24	24.78	25.34	24.74
-20 °C 40 นาที	20.82	24.75	22.73	23.65	23.95	24.13	25.00
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	-	-
CV.	7.88	6.70	5.72	7.47	6.45	-	-

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

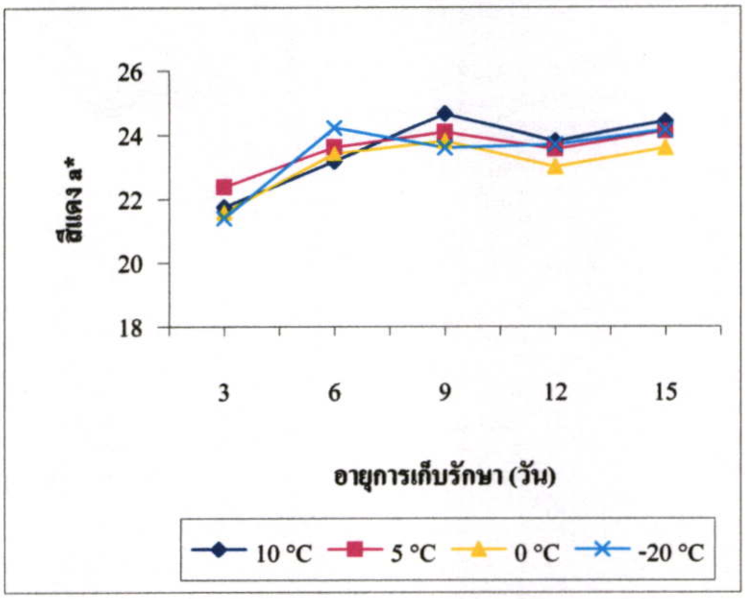
ระดับอุณหภูมิ	สีแดง a*				
(องศาเซลเซียส)	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
10	21.76	23.19	24.68	23.81	24.44
5	22.40	23.64	24.10	23.56	24.13
0	21.61	23.43	23.83	23.01	23.60
-20	21.42	24.24	23.62	23.71	24.16
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV.	7.88	6.70	5.72	7.47	6.45

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

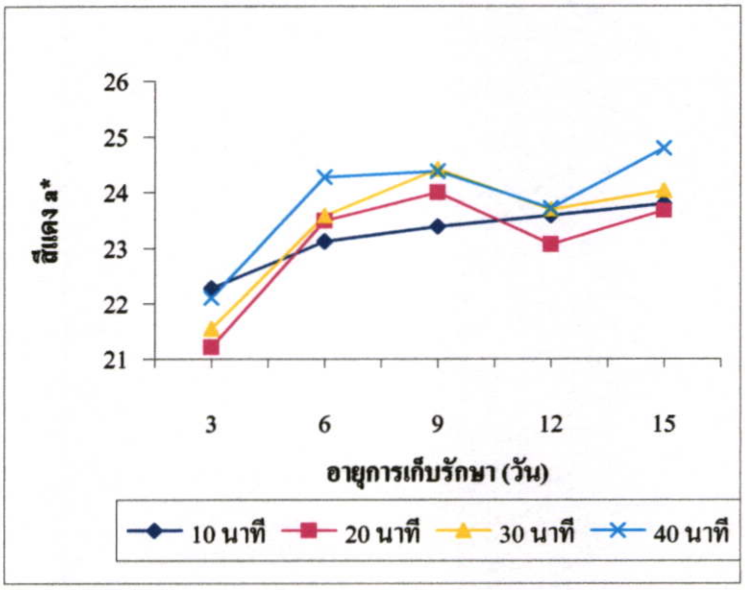
ระยะเวลา	สีแดง a*				
(นาที)	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
10	22.29	23.13	23.39	23.59	23.80
20	21.22	23.50	24.01	23.07	23.68
30	21.56	23.59	24.43	23.70	24.04
40	22.12	24.29	24.39	23.72	24.80
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV.	7.88	6.70	5.72	7.47	6.45



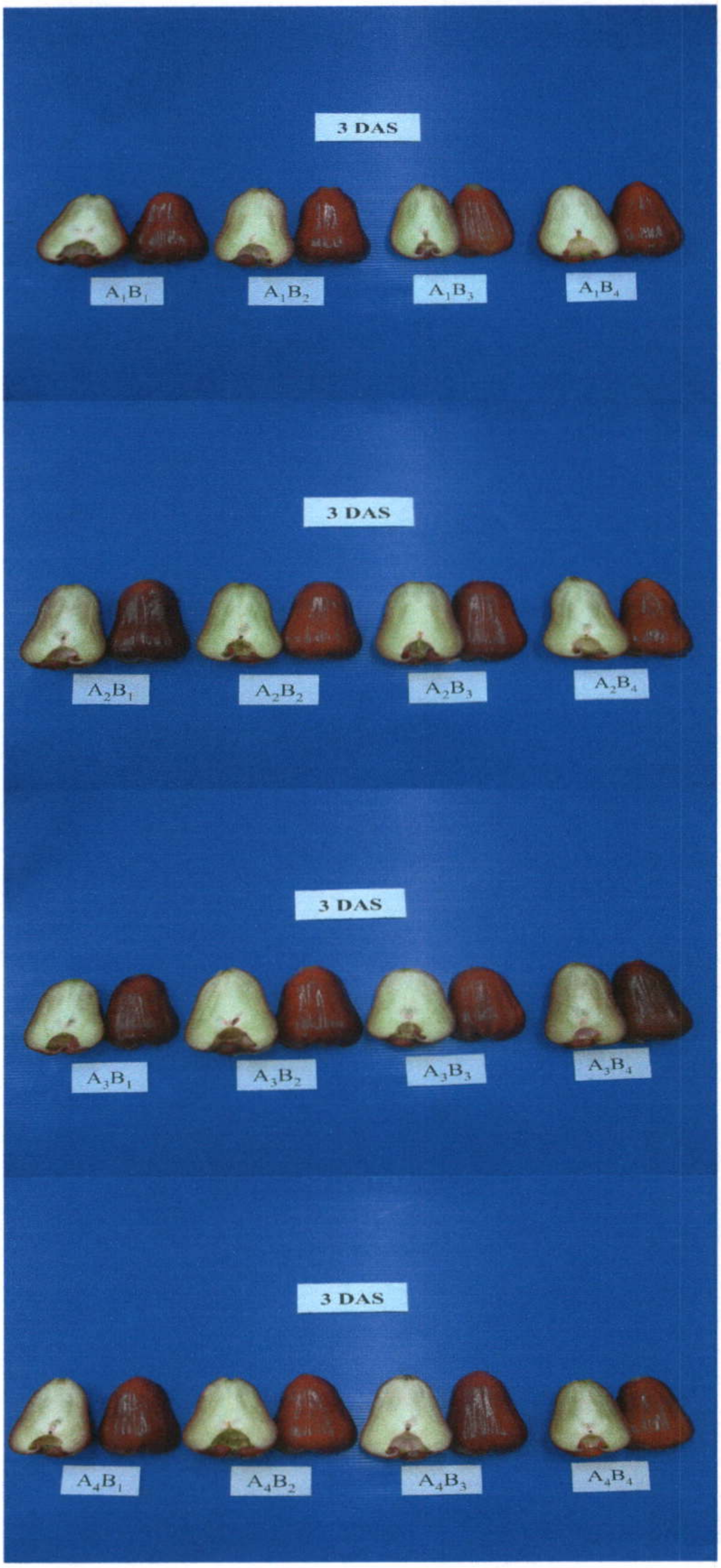
ภาพที่ 4.25 แสดงค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 15, 18 และ 21 วัน



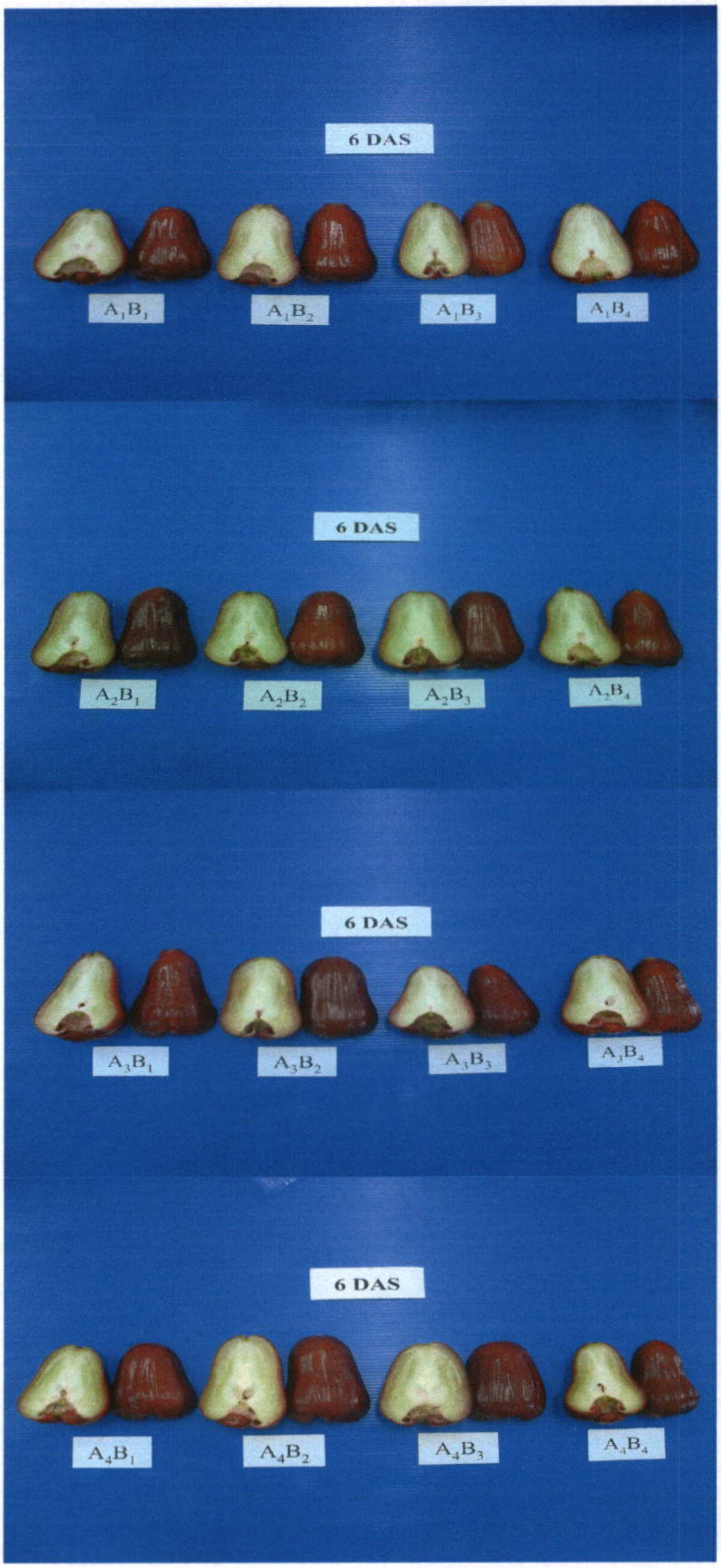
ภาพที่ 4.26 แสดงค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน



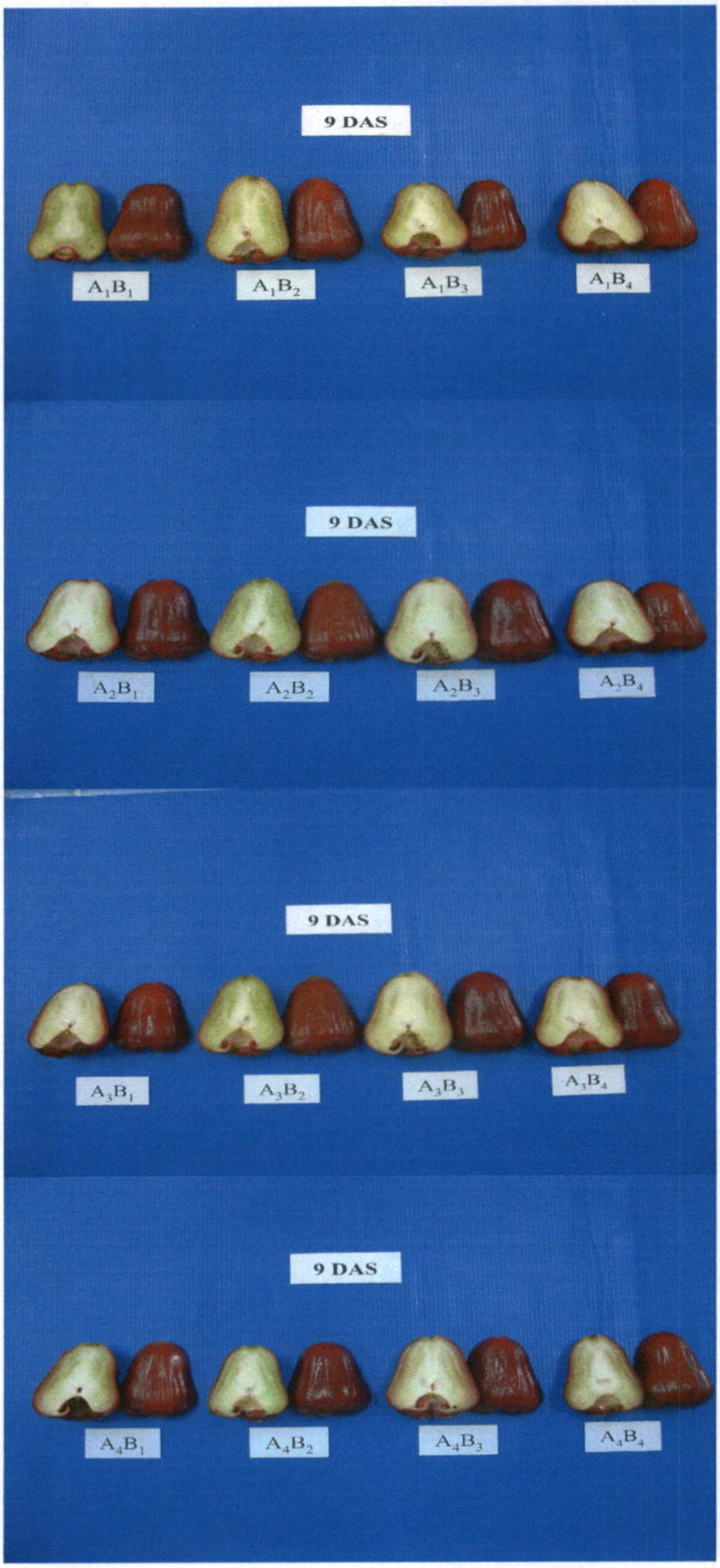
ภาพที่ 4.27 แสดงค่าสีแดง (a*) ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, และ 15 วัน



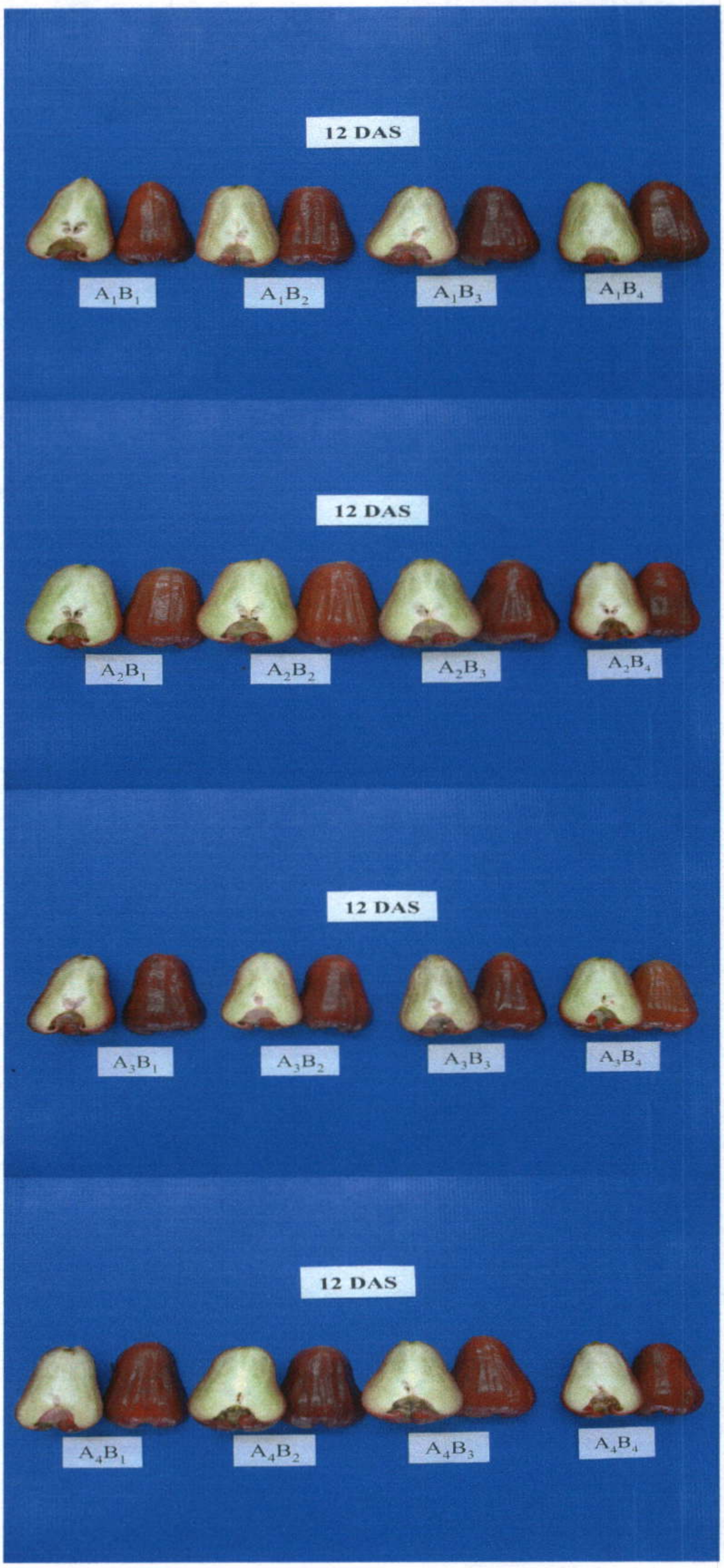
ภาพที่ 4.28 แสดงลักษณะสีผิวของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน



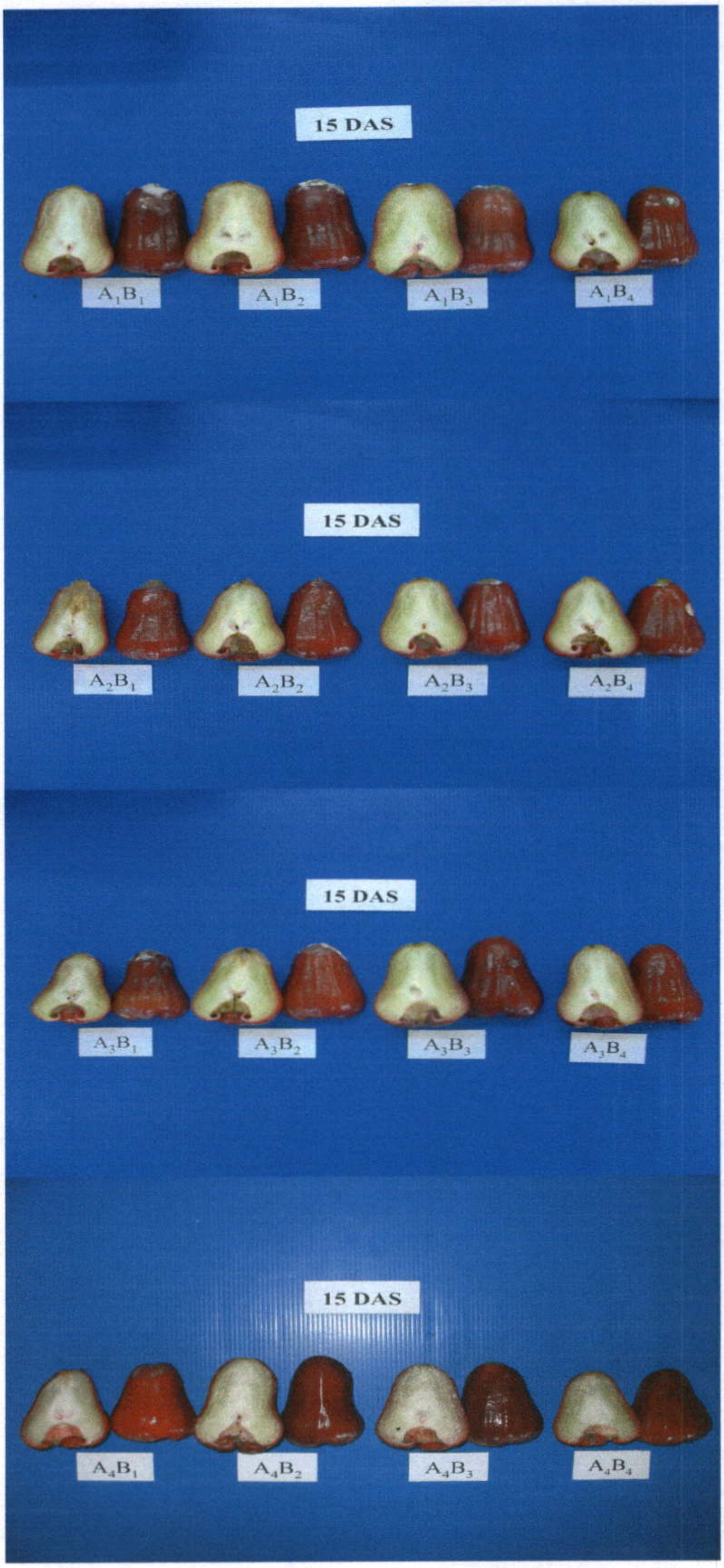
ภาพที่ 4.29 แสดงลักษณะสีผิวของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน



ภาพที่ 4.30 แสดงลักษณะสีผิวของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน



ภาพที่ 4.31 แสดงลักษณะสีผิวของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 12 วัน



ภาพที่ 4.32 แสดงลักษณะสีผิวของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 15 วัน

4.2.5 ความแน่นเนื้อ

ภายหลังการเก็บรักษาปรากฏว่า **ชมพู่ทับ**ทิมจันท์มีความแน่นเนื้อลดลงเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.33) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองผลชมพู่มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 36.73 นิวตัน และมีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 30.11 นิวตัน (ตารางที่ 4.19)

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 37.53 นิวตัน รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีความแน่นเนื้อคือ 37.09, 36.06, 35.55, 35.42, 35.34, 35.31, 34.50, 33.28, 33.23, 33.18, 32.51, 30.70, 30.55 และ 33.29 นิวตัน ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 30.24 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ความแน่นเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.19)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 35.56 นิวตัน และที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 31.55 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ความแน่นเนื้อแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.20)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 10 นาที มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 34.71 นิวตัน และที่ระยะเวลา 40 นาที มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 31.74 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ความแน่นเนื้อแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.21)

ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 37.53 นิวตัน รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20

นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีความแน่นเนื้อคือ 37.09, 36.06, 35.55, 35.42, 35.34, 35.31, 34.50, 33.28, 33.23, 33.18, 32.51, 30.70, 30.55 และ 33.29 นิวตัน ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 30.24 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ความแน่นเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.19)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 35.56 นิวตัน และที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 31.32 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ความแน่นเนื้อแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.20)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 30 นาที มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 34.66 นิวตัน และที่ระยะเวลา 40 นาที มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 31.74 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ความแน่นเนื้อแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.21)

ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 37.41 นิวตัน รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีความแน่นเนื้อคือ 36.19, 35.89, 35.44, 35.03, 34.60, 34.34, 33.75, 32.84, 31.82, 31.43, 29.83, 29.60, 29.42 และ 28.98 นิวตัน ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 27.02 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ความแน่นเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.19)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 34.40 นิวตัน และที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 29.47 นิวตัน จากการวิเคราะห์

ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ มีผลทำให้ความแน่นเนื้อแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.20)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 40 นาที มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 33.22 นิวตัน และที่ระยะเวลา 20 นาที มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 32.15 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ความแน่นเนื้อแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.21)

ภายหลังการเก็บรักษา 12 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 36.26 นิวตัน รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีความแน่นเนื้อคือ 36.23, 35.87, 34.78, 34.34, 34.06, 32.53, 32.15, 31.96, 31.76, 31.19, 31.06, 30.85, 30.61 และ 30.15 นิวตัน ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 30.11 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ความแน่นเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.19)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 34.76 นิวตัน และที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และ 5 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 31.54 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ความแน่นเนื้อแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.20)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 40 นาที มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 33.21 นิวตัน และที่ระยะเวลา 10 นาที มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 32.28 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ความแน่นเนื้อแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.21)

ภายหลังการเก็บรักษา 15 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 36.73 นิวตัน รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส

เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีความแน่นเนื้อคือ 36.26, 35.87, 34.78, 34.34, 34.06, 32.53, 32.15, 31.76, 31.19, 31.06, 30.85, 30.61, 30.29 และ 30.15 นิวตัน ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 30.11 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ความแน่นเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.19)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 34.88 นิวตัน และที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 31.12 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ความแน่นเนื้อแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.20)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 40 นาที มีความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ 33.21 นิวตัน และที่ระยะเวลา 10 นาที มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดคือ 32.40 นิวตัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ความแน่นเนื้อแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.21)

ตารางที่ 4.19 แสดงความแน่นเนื้อของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน

Treatment combination	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)						
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน	18 วัน	21 วัน
10 °C 10 นาที	33.18	32.74	31.43	30.61	30.61	-	-
10 °C 20 นาที	32.51	32.02	29.83	30.15	30.15	-	-
10 °C 30 นาที	30.24	30.24	29.60	31.06	31.06	-	-
10 °C 40 นาที	30.29	30.29	27.02	34.34	34.34	-	-
5 °C 10 นาที	35.34	35.34	29.42	32.15	32.15	-	-
5 °C 20 นาที	34.50	34.50	35.44	31.19	31.19	-	-
5 °C 30 นาที	35.55	35.55	32.84	31.96	30.29	-	-
5 °C 40 นาที	30.55	30.55	33.75	30.85	30.85	-	-
0 °C 10 นาที	37.09	37.09	37.41	36.23	36.73	-	-
0 °C 20 นาที	33.28	33.28	28.98	36.26	36.26	-	-
0 °C 30 นาที	35.31	35.31	35.03	34.78	34.78	34.78	-
0 °C 40 นาที	30.70	30.70	36.19	31.76	31.76	31.76	-
-20 °C 10 นาที	33.23	33.23	31.82	30.11	30.11	-	-
-20 °C 20 นาที	36.06	36.06	34.34	32.53	32.53	29.19	26.86
-20 °C 30 นาที	37.53	37.53	34.60	34.06	34.06	30.98	29.06
-20 °C 40 นาที	35.42	35.42	35.89	35.87	35.87	31.85	32.53
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	-	-
CV.	14.33	14.13	11.55	19.58	19.68	-	-

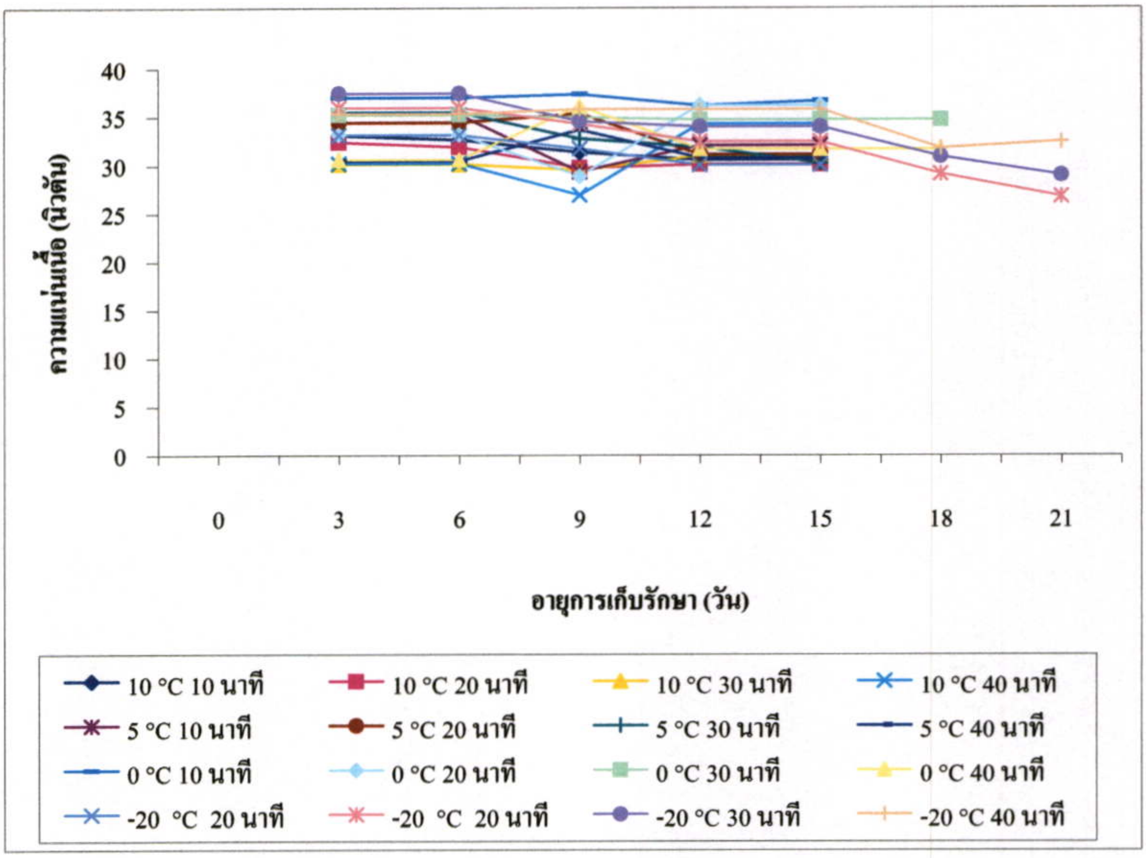
ตารางที่ 4.20 แสดงความแน่นเนื้อของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

ระดับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)				
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
10	31.55	31.32	29.47b1/	31.54	31.54
5	33.98	33.98	32.86a	31.54	31.12
0	34.09	34.09	34.40a	34.76	34.88
-20	35.56	35.56	34.17a	33.14	33.14
F-test	ns	ns	*	ns	ns
CV.	14.33	14.13	11.55	19.58	19.68

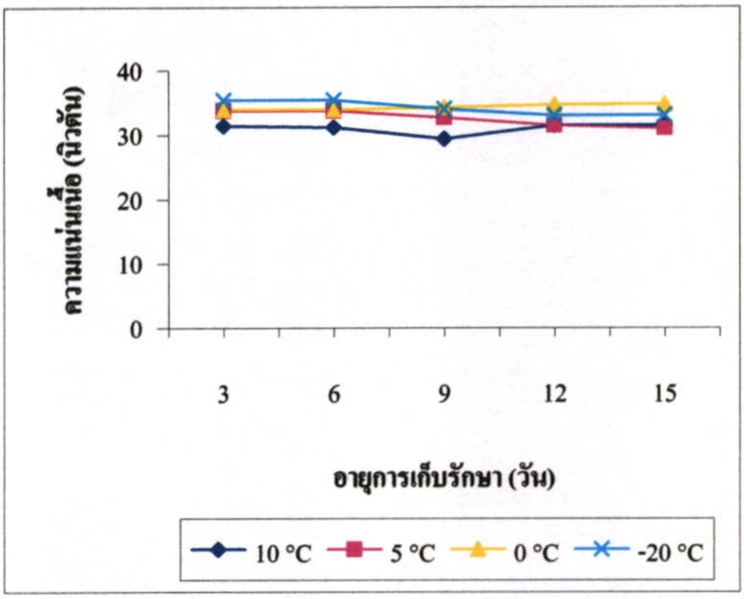
1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.21 แสดงความแน่นเนื้อของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

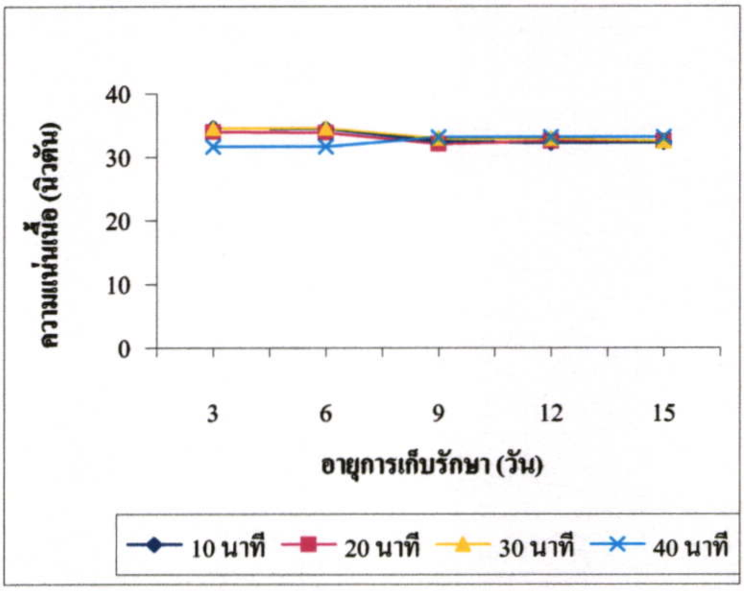
ระยะเวลา	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)				
(นาที)	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
10	34.71	34.60	32.52	32.28	32.40
20	34.09	33.96	32.15	32.53	32.53
30	34.66	34.66	33.02	32.97	32.55
40	31.74	31.74	33.22	33.21	33.21
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV.	14.33	14.13	11.55	19.58	19.68



ภาพที่ 4.33 แสดงความแน่นเนื้อของผลชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน



ภาพที่ 4.34 แสดงความแน่นเนื้อ ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน



ภาพที่ 4.35 แสดงความแน่นเนื้อ ของผิวผลชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

4.2.6 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ total soluble solid (TSS)

ภายหลังการเก็บรักษาปรากฏว่า ชมพู่ทับทิมจันท์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลงเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.36) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองผลชมพู่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ 10.20 บริกซ์ และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 8.30 บริกซ์ (ตารางที่ 4.22)

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ 10.47 บริกซ์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้คือ 10.33, 10.07, 10.00, 9.93, 9.87, 9.80, 9.73, 9.73, 9.63, 9.57, 9.50, 9.27, 9.23 และ 9.07 บริกซ์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 8.77 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.22)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ 9.79 บริกซ์ และที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 8.80 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ มีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.23)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 20 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ 9.73 บริกซ์ และที่ระยะเวลา 40 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 9.14 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.24)

ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ 10.30 บริกซ์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้คือ 10.17, 9.90, 9.73, 9.70, 9.67, 9.57, 9.47, 9.47, 9.40, 9.33, 9.33, 9.10, 9.07 และ 8.90 บริกซ์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 8.60 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.22)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ 9.62 บริกซ์ และที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 8.63 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ มีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.23)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 20 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ 9.56 บริกซ์ และที่ระยะเวลา 40 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 8.98 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.24)

ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ 10.60 บริกซ์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้คือ 10.40, 10.33, 10.27, 9.93, 9.67, 9.53, 9.47, 9.33, 9.27, 9.20, 8.20, 9.00, 8.77 และ 8.50 บริกซ์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 8.30 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.22)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ

9.38 บริกซ์ และที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 8.93 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.23)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 10 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ 9.62 บริกซ์ และที่ระยะเวลา 20 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 8.89 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.24)

ภายหลังการเก็บรักษา 12 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ 10.27 บริกซ์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้คือ 10.07, 10.00, 9.93, 9.60, 9.40, 9.33, 9.33, 9.13, 9.00, 9.00, 8.93, 8.87, 8.53 และ 8.33 บริกซ์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 8.13 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.22)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ 9.92 บริกซ์ และที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 9.48 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.23)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 10 และ 30 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ 10.02 บริกซ์ และที่ระยะเวลา 40 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 9.43 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.24)

ภายหลังการเก็บรักษา 15 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ 10.20 บริกซ์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้คือ 9.73, 9.73, 9.57, 9.53, 9.53, 9.43, 9.43, 9.40, 9.30, 9.20, 9.17, 9.17, 9.13 และ 8.70 บริกซ์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 8.30 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.22)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ 9.55 บริกซ์ และที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 9.08 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.23)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 10 และ 30 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ 9.68 บริกซ์ และที่ระยะเวลา 40 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยที่สุดคือ 9.15 บริกซ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา มีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.24)

ตารางที่ 4.22 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน

Treatment combination	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์)						
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน	18 วัน	21 วัน
10 °C 10 นาที	9.93	9.73	8.50	8.33	9.43	-	-
10 °C 20 นาที	9.23	9.07	8.77	8.53	8.30	-	-
10 °C 30 นาที	10.00	9.67	8.30	8.13	9.17	-	-
10 °C 40 นาที	9.73	9.33	9.00	9.00	9.43	-	-
5 °C 10 นาที	9.80	9.47	9.20	9.13	9.53	-	-
5 °C 20 นาที	9.73	9.57	9.20	8.87	9.20	-	-
5 °C 30 นาที	9.63	9.47	10.33	10.00	9.30	-	-
5 °C 40 นาที	8.77	8.60	9.27	8.93	9.57	-	-
0 °C 10 นาที	10.47	10.30	10.60	10.27	9.73	-	-
0 °C 20 นาที	9.87	9.70	10.27	9.93	9.53	-	-
0 °C 30 นาที	9.27	9.10	9.33	9.00	9.77	9.18	-
0 °C 40 นาที	9.57	9.40	9.47	9.33	9.17	8.37	-
-20 °C 10 นาที	10.33	10.17	9.93	9.60	9.73	-	-
-20 °C 20 นาที	10.07	9.90	9.53	9.40	9.13	8.87	9.07
-20 °C 30 นาที	9.50	9.33	10.40	10.07	9.40	9.93	8.50
-20 °C 40 นาที	9.07	8.90	9.67	9.33	8.70	9.60	8.40
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	-	-
CV.	8.47	7.42	9.16	8.60	7.34	-	-

ตารางที่ 4.23 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กันภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

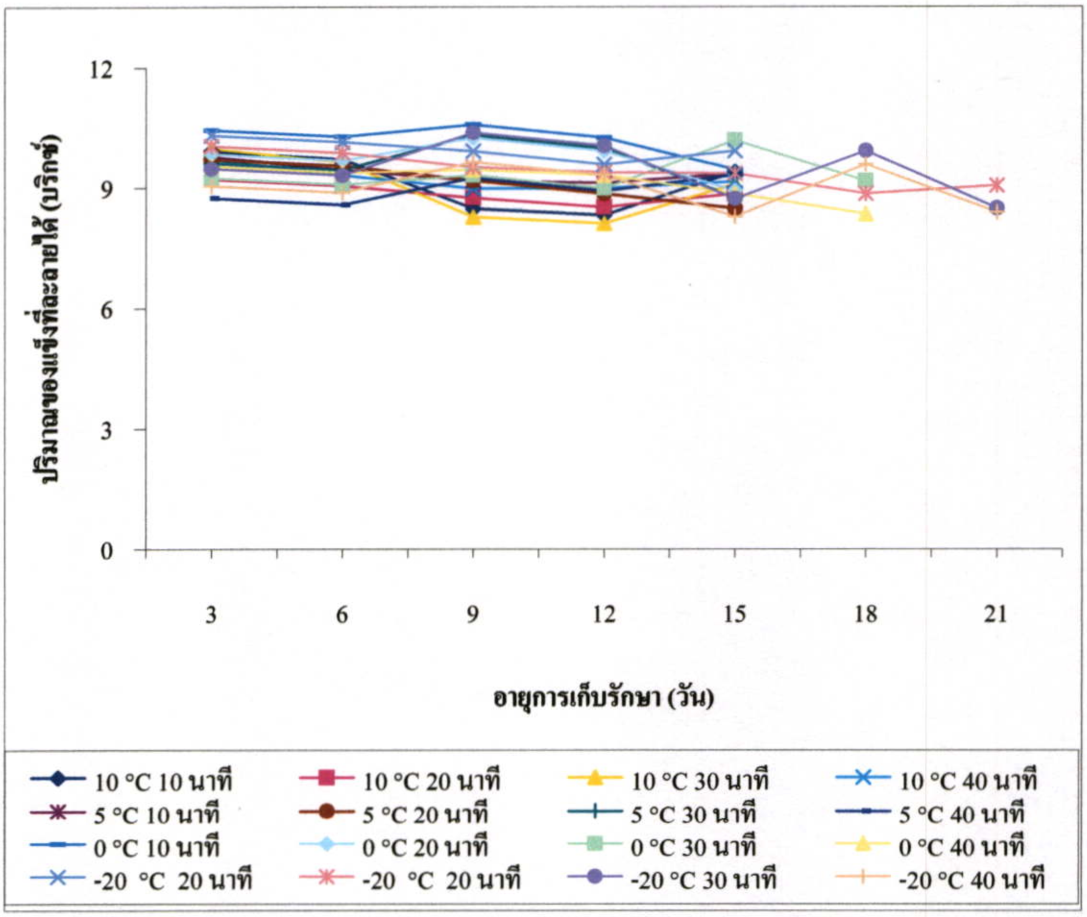
ระดับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์)				
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
10	8.80b [1/]	8.63b [1/]	9.38	9.48	9.08
5	9.37ab	9.21a	8.93	9.65	9.40
0	9.79a	9.62a	9.37	9.92	9.55
-20	9.74a	9.58a	9.08	9.88	9.24
F-test	*	**	ns	ns	ns
CV.	8.47	7.42	9.16	8.60	7.34

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

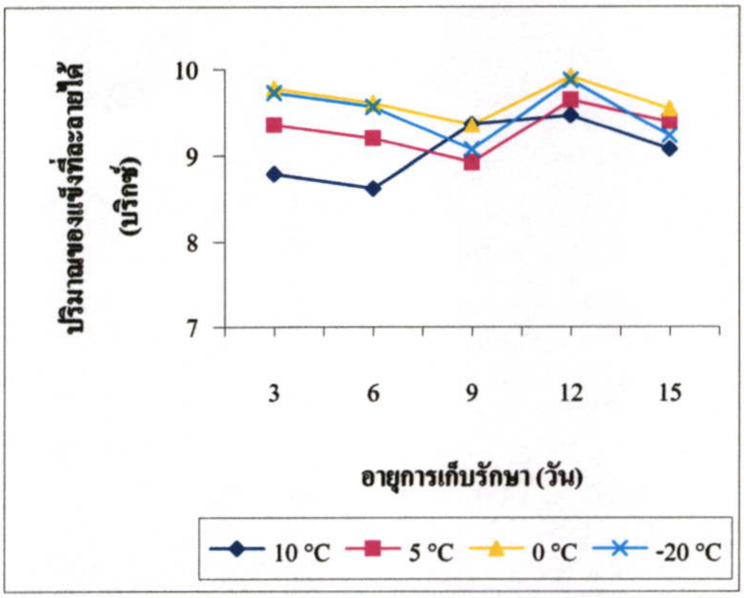
ตารางที่ 4.24 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

ระยะเวลา	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์)				
(นาที)	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
10	9.67	9.50	9.62	10.02	9.68a 1/
20	9.73	9.56	8.89	9.47	9.18b
30	9.17	9.01	9.20	10.02	9.68a
40	9.14	8.98	9.06	9.43	9.15b
F-test	ns	ns	ns	ns	*
CV.	8.47	7.42	9.16	8.60	6.00

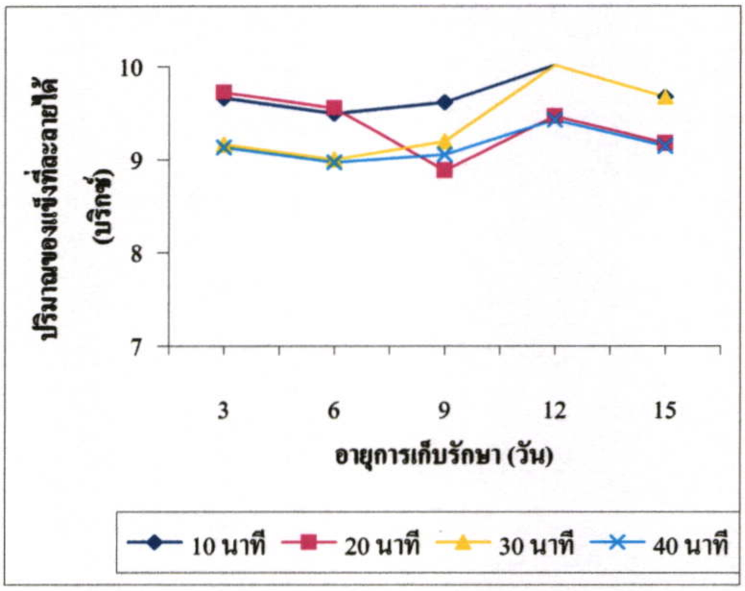
1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 4.36 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน



ภาพที่ 4.37 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน



ภาพที่ 4.38 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

4.2.7 ปริมาณกรด tritratable acidity (TA)

ภายหลังการเก็บรักษาปรากฏว่า ชมพู่ทับทิมจันท์มีปริมาณกรด ลดลงเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.39) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองผลชมพู่มี ปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.20 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.16 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.25)

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.22 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีปริมาณกรดคือ 0.21, 0.21, 0.20, 0.20, 0.19, 0.19, 0.19, 0.19, 0.19, 0.19, 0.19, 0.18, 0.18 และ 0.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.17 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณกรด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.25)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.20 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับอุณหภูมิ 10, 0 และ -20 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.19 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.26)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลา 40 นาที มีปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.20 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะเวลา 10, 20 และ 30 นาที มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.19 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.27)

ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.22 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศา

เซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีปริมาณกรดคือ 0.21, 0.21, 0.20, 0.20, 0.19, 0.19, 0.19, 0.19, 0.19, 0.19, 0.19, 0.18, 0.18 และ 0.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.17 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณกรด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.25)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.20 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับอุณหภูมิ 10, 0 และ -20 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.19 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.26)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลา 4 0 น าที มีปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.20 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะเวลา 10, 20 และ 30 นาที มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.19 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.27)

ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.21 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีปริมาณกรดคือ 0.20, 0.19, 0.19, 0.18, 0.18, 0.18, 0.18, 0.18, 0.18 และ 0.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และที่ระดับอุณหภูมิ-20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.17 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณกรด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.25)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.19 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.17 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.26)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลา 20 นาที มีปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.19 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะเวลา 10 นาที มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.17 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.27)

ภายหลังการเก็บรักษา 12 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.20 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีปริมาณกรดคือ 0.19, 0.19, 0.19, 0.19, 0.19, 0.19, 0.19, 0.18, 0.18, 0.18, 0.17 และ 0.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.16 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณกรด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.25)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 และ 0 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.19 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.17 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.26)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลา 10 และ 20 นาที มีปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.19 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะเวลา 30 นาที มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.17 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.27)

ภายหลังการเก็บรักษา 15 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.20 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีปริมาณกรดคือ 0.19, 0.19, 0.18, 0.18, 0.18, 0.18, 0.18, 0.18, 0.18, 0.17, 0.17, 0.17 และ 0.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.16 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณกรด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.25)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.19 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับอุณหภูมิ 0 และ -20 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.17 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ ไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.26)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลา 20 นาที มีปริมาณกรดมากที่สุดคือ 0.19 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะเวลา 10 นาที มีปริมาณกรดน้อยที่สุดคือ 0.17 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.27)

ตารางที่ 4.25 แสดงปริมาณกรดของชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน

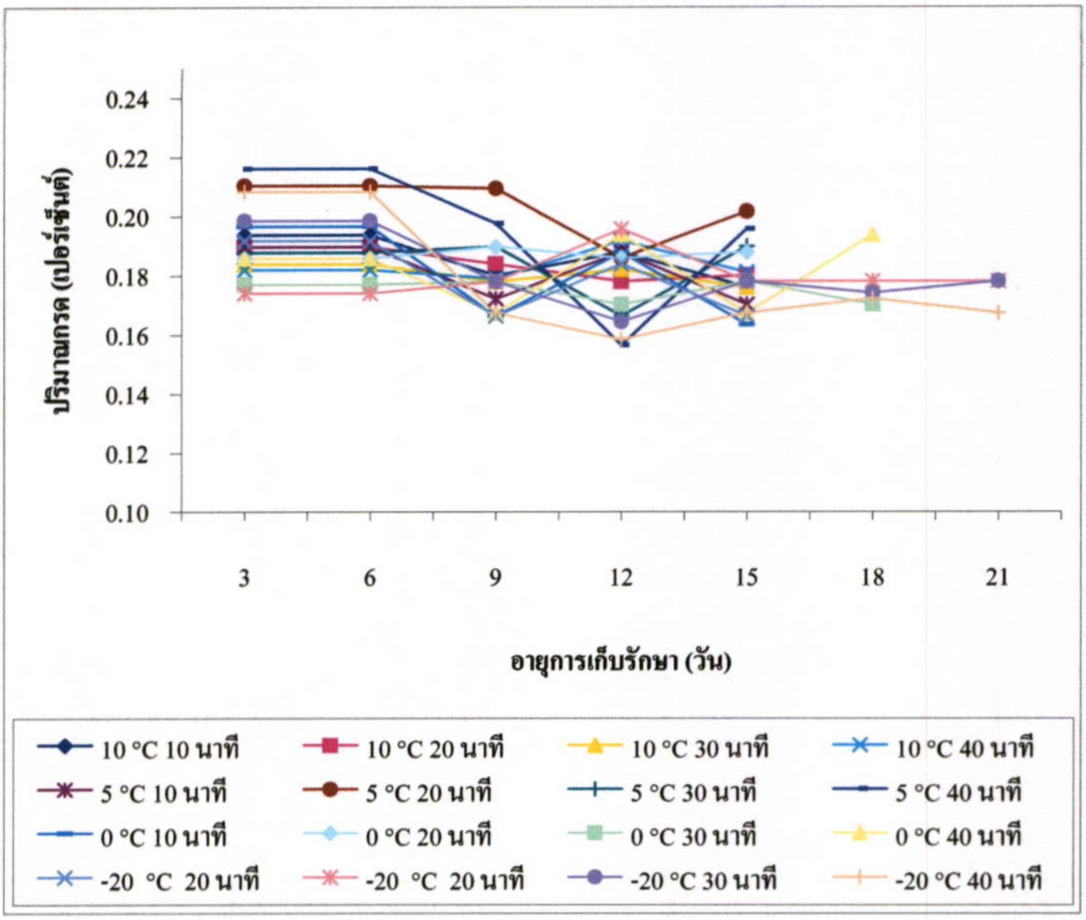
Treatment combination	ปริมาณกรด (เปอร์เซ็นต์)						
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน	18 วัน	21 วัน
10 °C 10 นาที	0.19	0.19	0.18	0.19	0.18	-	-
10 °C 20 นาที	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	-	-
10 °C 30 นาที	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	-	-
10 °C 40 นาที	0.18	0.18	0.18	0.19	0.18	-	-
5 °C 10 นาที	0.19	0.19	0.17	0.19	0.17	-	-
5 °C 20 นาที	0.21	0.21	0.21	0.19	0.20	-	-
5 °C 30 นาที	0.19	0.19	0.19	0.17	0.19	-	-
5 °C 40 นาที	0.22	0.22	0.20	0.16	0.20	-	-
0 °C 10 นาที	0.20	0.20	0.17	0.19	0.16	-	-
0 °C 20 นาที	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	-	-
0 °C 30 นาที	0.18	0.18	0.18	0.17	0.18	0.17	-
0 °C 40 นาที	0.19	0.19	0.17	0.19	0.17	0.19	-
-20 °C 10 นาที	0.19	0.19	0.17	0.18	0.17	-	-
-20 °C 20 นาที	0.17	0.17	0.18	0.20	0.18	0.18	0.18
-20 °C 30 นาที	0.20	0.20	0.18	0.16	0.18	0.17	0.18
-20 °C 40 นาที	0.21	0.21	0.17	0.16	0.17	0.17	0.17
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	-	-
CV.	9.12	9.12	10.99	13.56	10.33	-	-

ตารางที่ 4.26 แสดงปริมาณกรดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

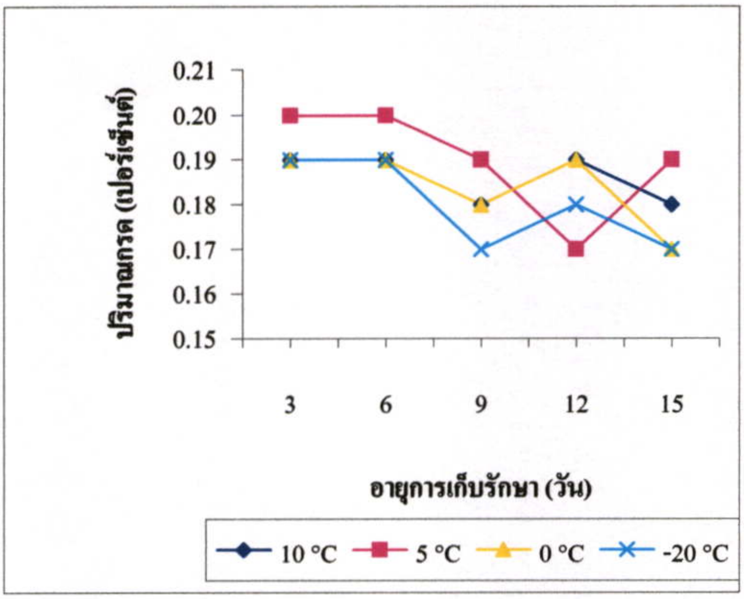
ระดับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณกรด (เปอร์เซ็นต์)				
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
10	0.19	0.19	0.18	0.19	0.18
5	0.20	0.20	0.19	0.17	0.19
0	0.19	0.19	0.18	0.19	0.17
-20	0.19	0.19	0.17	0.18	0.17
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV.	9.12	9.12	10.99	13.56	10.33

ตารางที่ 4.27 แสดงปริมาณกรดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

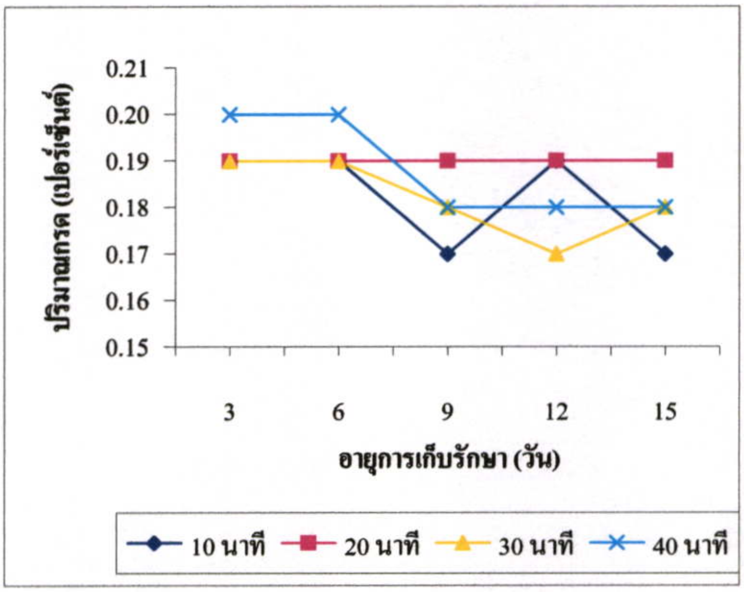
ระยะเวลา	ปริมาณกรด (เปอร์เซ็นต์)				
(นาที)	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
10	0.19	0.19	0.17	0.19	0.17
20	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
30	0.19	0.19	0.18	0.17	0.18
40	0.20	0.20	0.18	0.18	0.18
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV.	9.12	9.12	10.99	13.56	10.33



ภาพที่ 4.39 แสดงปริมาณกรดของชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน



ภาพที่ 4.40 แสดงปริมาณกรดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน



ภาพที่ 4.41 แสดงปริมาณกรดของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

4.2.8 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุ

ภายหลังการเก็บรักษาปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน ดังนี้

ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 40.83, 31.93, 25.13, 17.67, 13.40, 10.37, 9.71, 9.04, 8.38, 7.72, 7.06 และ 6.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 37.17, 36.47, 36.43, 28.27, 23.40, 19.13, 15.97, 12.80, 9.63, 6.47, 3.30 และ 0.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.42)

ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 39.77, 29.13, 26.73, 20.07, 13.80, 10.53, 9.66, 8.78, 7.90, 7.02, 6.14 และ 5.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 36.20, 32.97, 35.53, 29.83, 23.20, 18.20, 15.26, 12.32, 9.38, 6.44, 3.51และ 0.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.42)

ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 41.80, 31.43, 27.87, 22.10, 15.50, 9.47, 8.83, 8.19, 7.55, 6.91, 6.27 และ 5.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 35.50, 33.60, 34.07, 30.27, 23.50, 18.30, 15.27, 12.24, 9.22, 6.19, 3.16 และ 0.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.42)

ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที

ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 39.33, 30.93, 25.63, 21.50, 12.07, 12.40, 11.23, 10.06, 8.88, 7.71, 6.54 และ 5.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 37.10, 36.30, 37.77, 34.23, 28.83, 19.77, 16.65, 13.53, 10.42, 7.30, 4.18 และ 1.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.42)

ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 39.23, 31.67, 26.17, 20.83, 15.50, 8.97, 8.49, 8.01, 7.53, 7.06, 6.58 และ 6.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมี

ปริมาณก๊าซออกซิเจน 35.90, 34.77, 35.37, 30.17, 23.00, 17.60, 14.71, 11.81, 8.92, 6.02, 3.13 และ 0.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.42)

ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 39.50, 32.30, 26.63, 19.87, 13.33, 11.00, 10.07, 9.14, 8.22, 7.29, 6.36 และ 5.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 37.75, 37.50, 39.13, 33.83, 27.53, 21.60, 18.42, 15.23, 12.05, 8.87, 5.68 และ 2.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.42)

ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 41.57, 30.27, 24.43, 18.47, 14.67, 9.63, 9.18, 8.73, 8.28, 7.83, 7.38 และ 6.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 32.97, 29.47, 30.13, 25.77, 22.50, 18.97, 15.95, 12.93, 9.92, 6.90, 3.88 และ 0.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.42)

ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที

ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 39.37, 30.23, 23.70, 17.10, 9.93, 8.93, 8.43, 7.92, 7.42, 6.91, 6.41 และ 5.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 36.77, 33.40, 28.30, 25.10, 20.37, 16.53, 14.32, 12.11, 9.90, 7.69, 5.48 และ 3.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.42)

ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 35.07, 26.90, 26.60, 21.57, 17.60, 13.97, 12.69, 11.42, 10.15, 8.88, 7.61 และ 6.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 41.23, 37.67, 39.20, 36.30, 30.77, 22.93, 19.15, 15.37, 11.58, 7.80, 4.02 และ 0.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.42)

ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 36.55, 28.85, 27.73, 22.87, 18.03, 12.20, 11.04, 9.89, 8.73, 7.58, 6.42 และ 5.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 39.95, 38.80, 39.00, 35.33, 28.20, 20.20, 17.01, 13.82, 10.63, 7.44, 4.26 และ 1.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.42)

ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 34.87, 29.00, 25.77, 18.97, 14.97, 14.07, 12.65, 11.23, 9.82, 8.40, 6.98 และ 5.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 42.20, 41.63, 38.33, 31.20, 25.80, 20.27, 16.97, 13.67, 10.37, 7.07, 3.77 และ 0.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.42)

ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที

ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 36.67, 30.27, 28.80, 21.33, 17.47, 12.33, 11.26, 10.19, 9.12, 8.04, 6.97 และ 5.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 41.23, 40.80, 37.47, 31.87, 25.27, 18.27, 15.51, 12.74, 9.98, 7.22, 4.46, 1.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.42)

ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 39.93, 31.57, 26.03, 17.97, 14.60, 10.33, 9.89, 9.46, 9.02, 8.58, 8.14, 7.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 38.80, 39.53, 35.90, 27.50, 23.90, 19.57, 16.41, 13.26, 10.10, 6.94, 3.79 และ 0.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.42)

ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 41.83, 30.80, 25.30, 19.97, 14.93, 9.87, 9.18, 8.49, 7.80, 7.11, 6.42 และ 5.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 38.43, 36.40, 38.73, 35.03, 28.70, 20.43, 17.14, 13.86, 10.57, 7.28, 3.99 และ 0.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.42)

ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 40.67, 30.60, 25.93, 20.70, 10.07, 9.27, 8.73, 8.19, 7.65, 7.11, 6.57 และ 6.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 35.47, 33.93, 37.27, 31.13, 22.00, 17.97, 15.11, 12.26, 9.40, 6.54, 3.69 และ 0.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.42)

ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที

ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชั่วโมง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 38.97, 31.00, 26.63, 20.87, 16.20, 12.77, 11.57, 10.38, 9.18, 7.99, 6.79 และ 5.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 36.97, 34.17, 36.00, 32.43, 23.07, 20.17, 17.33, 14.50, 11.67, 8.83, 6.00 และ 3.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.42)

ภายหลังการเก็บรักษา 3-21 วัน

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 6.40, 5.40, 4.40, 10.57 และ 11.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 0.13, 3.17, 2.23, 0.00 และ 0.00เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.43)

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5.27, 4.90, 4.87, 8.83 และ 9.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 0.57, 1.27, 5.67, 0.83 และ 0.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.43)

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5.63, 4.30, 7.93, 5.07 และ 6.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 0.13, 4.57, 1.10, 2.67 และ 2.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.43)

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5.37, 4.23, 3.50, 4.17 และ 3.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 1.07, 1.27, 5.17, 5.33 และ 5.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.43)

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 6.10, 5.63, 4.30, 5.00 และ 5.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 0.23, 0.93, 2.77, 2.93 และ 3.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.43)

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5.43, 5.10, 7.43, 5.83 และ 5.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 2.50, 0.97, 0.10, 2.27 และ 2.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.43)

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 6.93, 4.63, 7.60, 4.80 และ 6.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 0.87, 0.83, 0.00, 4.07 และ 2.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.43)

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5.90, 7.67, 6.13, 7.30 และ 8.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 3.27, 0.00, 1.47, 2.53 และ 1.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.43)

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 6.33, 5.43, 4.70, 6.60 และ 4.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 0.23, 0.00, 2.33, 0.17 และ 0.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.43)

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5.27, 5.03, 7.67, 7.47 และ 7.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 1.07, 0.60, 1.13, 1.83และ 1.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.43)

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15 และ 18 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5.57, 5.03, 6.00, 5.77, 5.87 และ 5.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 0.47, 1.37, 1.67, 1.63, 2.73 และ 2.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.43)

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15 และ 18 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5.90, 3.70, 6.37, 5.80, 6.17 และ 5.53เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 1.70, 3.50, 1.03, 2.33, 2.83 และ 2.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.43)

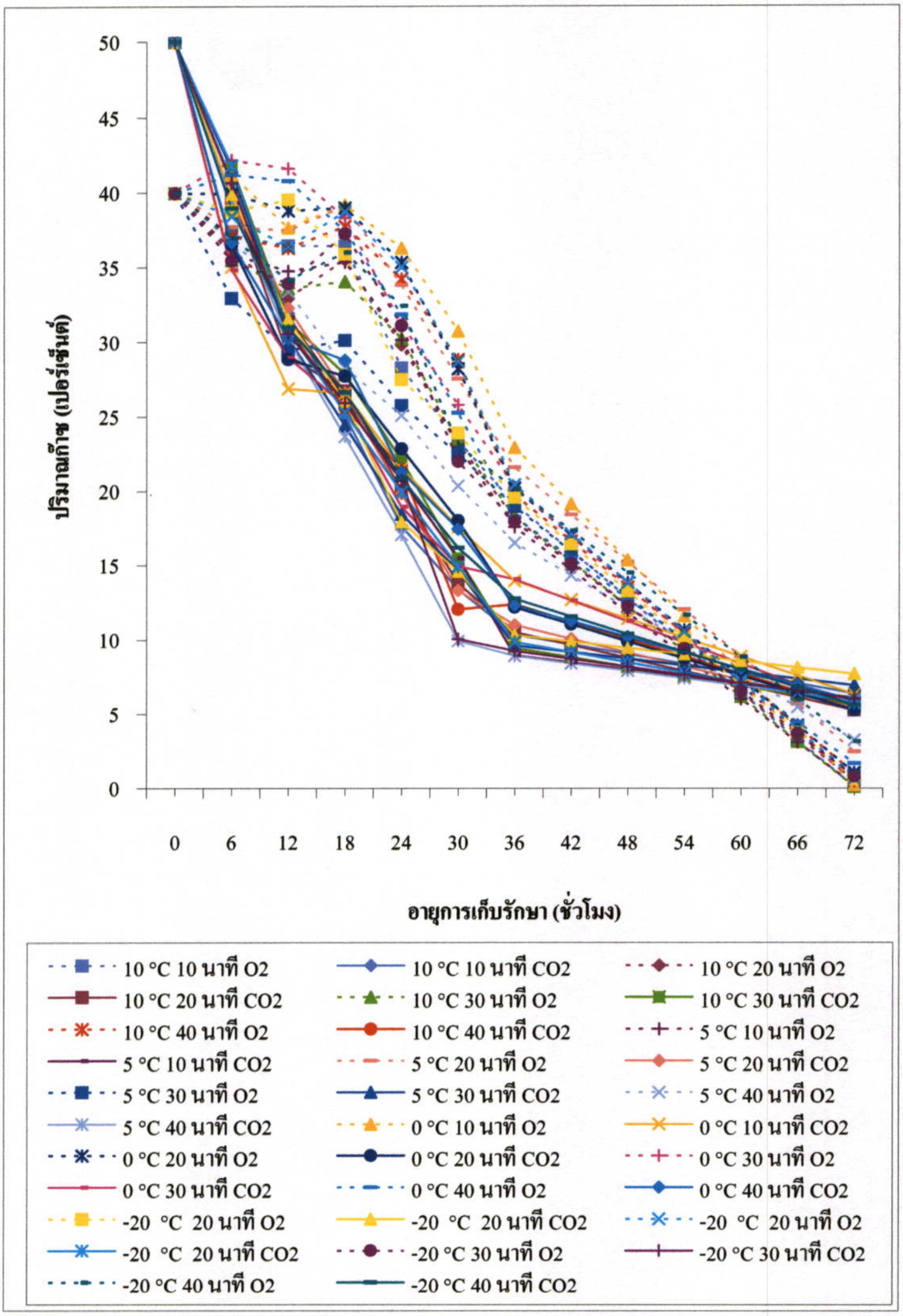
ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 7.70, 4.97, 6.07, 4.87 และ 4.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 0.63, 1.00, 1.57, 2.80 และ 2.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.43)

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15,

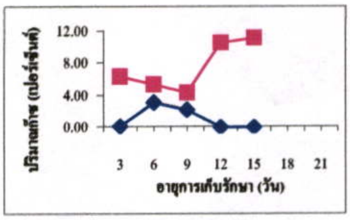
18 และ 21 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5.73, 4.83, 7.67, 5.47, 5.47, 4.77 และ 5.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 0.70, 2.27, 1.87, 1.53, 1.70, 1.47 และ 1.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.43)

ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 6.03, 4.23, 4.83, 6.80, 5.37, 5.57 และ 5.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 0.83, 3.17, 2.00, 2.43, 2.00, 2.17 และ 2.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.43)

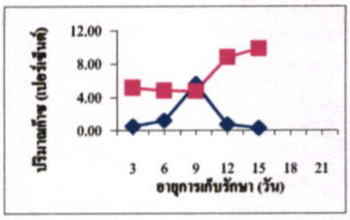
ภายหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ปรากฏว่า ภายในภาชนะบรรจุชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5.60, 5.47, 7.60, 4.07, 4.57, 7.80 และ 7.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจน 3.17, 0.17, 7.07, 6.17, 4.87, 2.97 และ 4.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.43)



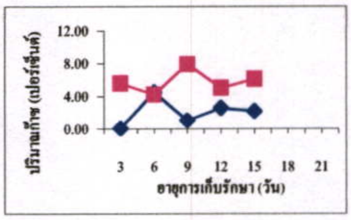
ภาพที่ 4.42 แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุ ของชมพู่ทับทิมจันท์ 72 ชั่วโมงหลังการเก็บรักษา



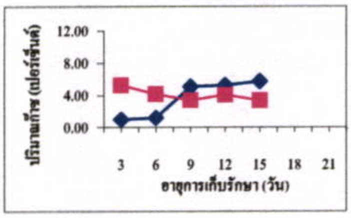
10 °C 10 นาที



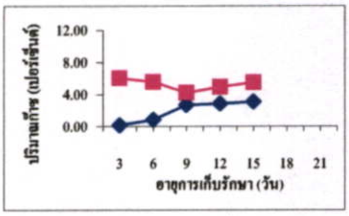
10 °C 20 นาที



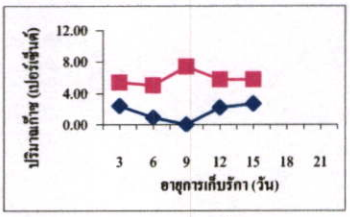
10 °C 30 นาที



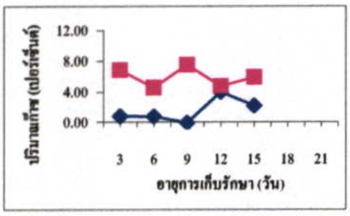
10 °C 40 นาที



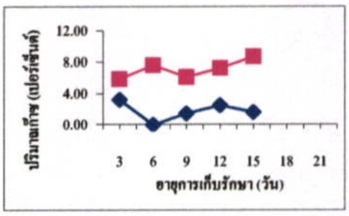
5 °C 10 นาที



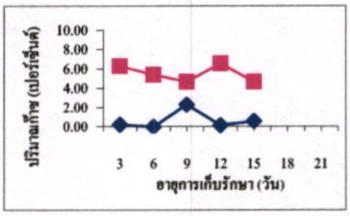
5 °C 20 นาที



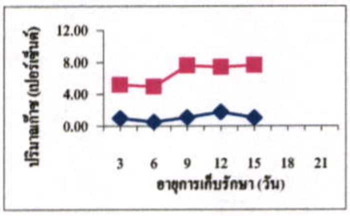
5 °C 30 นาที



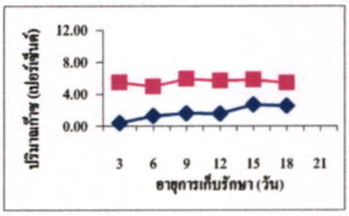
5 °C 40 นาที



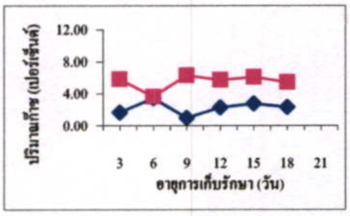
0 °C 10 นาที



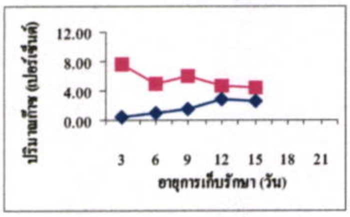
0 °C 20 นาที



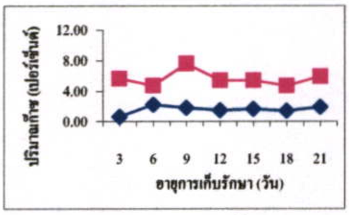
0 °C 30 นาที



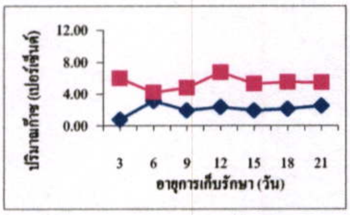
0 °C 40 นาที



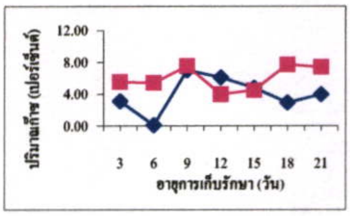
-20 °C 10 นาที



-20 °C 20 นาที



-20 °C 30 นาที



-20 °C 40 นาที

ภาพที่ 4.43 แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุ ของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 15, 18 และ 21 วัน โดย —■— = CO_2 และ —◆— = O_2

4.2.9 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภายหลังการเก็บรักษาปรากฏว่า ชมพู่ทับทิมจันท์มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสลดลงเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.44) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองผลชมพู่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 3.36 คะแนน และมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 2.21 คะแนน (ตารางที่ 4.28)

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 4.96 คะแนน รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสคือ 4.63, 4.61, 4.61, 4.57, 5.56, 5.56, 5.55, 4.49, 4.47, 4.43, 4.38, 4.32, 4.27 และ 4.20 คะแนน ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 4.02 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.28)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 4.64 คะแนน และที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 4.34 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ มีผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.29)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลา 20 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 4.58 คะแนน และที่ระยะเวลา 40 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 4.36 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.30)

ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 4.44 คะแนน รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิ

อย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสคือ 4.10, 4.08, 4.08, 4.04, 4.03, 4.02, 4.02, 3.96, 3.93, 3.90, 3.84, 3.78, 3.72 และ 3.66 คะแนน ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 3.48 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.28)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 4.11 คะแนน และที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 3.80 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ มีผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.29)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลา 20 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 4.05 คะแนน และที่ระยะเวลา 40 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 3.83 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.30)

ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 3.82 คะแนน รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสคือ 3.80, 3.75, 3.72, 3.68, 3.67, 3.66, 3.66, 3.61, 3.60, 3.53, 3.39, 3.37, 3.35 และ 3.32 คะแนน ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศา

เซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 3.22 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.28)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 3.74 คะแนน และที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 3.37 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ มีผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.29)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลา 10 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 3.71 คะแนน และที่ระยะเวลา 20 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 3.44 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.30)

ภายหลังการเก็บรักษา 12 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 3.63 คะแนน รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสคือ 3.59, 3.54, 3.39, 3.31, 3.23, 3.21, 3.16, 3.16, 3.15, 3.12, 3.07, 3.07, 3.05 และ 3.05 คะแนน ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 3.00 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.28)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 3.47 คะแนน และที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 3.07 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ มีผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.29)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลา 30 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 3.33 คะแนน และที่ระยะเวลา 10 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 3.12 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.30)

ภายหลังการเก็บรักษา 15 วัน

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 3.36 คะแนน รองลงมาได้แก่ ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสคือ 3.18, 3.18, 3.02, 3.00, 2.90, 2.76, 2.70, 2.66, 2.63, 2.61, 2.60, 2.47, 2.38 และ 2.30 คะแนน ตามลำดับ และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 2.21 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัส มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.28)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 3.12 คะแนน และที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 2.45 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระดับอุณหภูมิ มีผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.29)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลา 30 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือ 2.86 คะแนน และที่ระยะเวลา 20 นาที มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดคือ 2.64 คะแนน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา ไม่มีผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.30)

ตารางที่ 4.28 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 15, 18 และ 21 วัน

Treatment combination	คุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)						
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน	18 วัน	21 วัน
10 °C 10 นาที	4.20	3.66	3.68	3.07	2.63def[1/]	-	-
10 °C 20 นาที	4.43	3.90	3.39	3.05	2.38efg	-	-
10 °C 30 นาที	4.27	3.72	3.53	3.15	2.66cdef	-	-
10 °C 40 นาที	4.49	3.96	3.66	3.00	2.47efg	-	-
5 °C 10 นาที	4.47	3.93	3.60	3.07	2.70cde	-	-
5 °C 20 นาที	4.32	3.78	3.22	3.05	2.21g	-	-
5 °C 30 นาที	4.55	4.02	3.32	3.39	2.60def	-	-
5 °C 40 นาที	4.02	3.48	3.37	3.31	2.30fg	-	-
0 °C 10 นาที	4.61	4.08	3.72	3.23	2.90bcd	-	-
0 °C 20 นาที	4.61	4.08	3.35	3.16	2.61def	-	-
0 °C 30 นาที	4.56	4.03	3.75	3.16	3.02abc	2.64	-
0 °C 40 นาที	4.56	4.02	3.61	3.21	3.00abc	2.18	-
-20 °C 10 นาที	4.63	4.10	3.82	3.12	2.76cde	-	-
-20 °C 20 นาที	4.96	4.44	3.80	3.59	3.36a	3.17	2.50
-20 °C 30 นาที	4.57	4.04	3.66	3.63	3.18ab	3.04	2.74
-20 °C 40 นาที	4.38	3.84	3.67	3.54	3.18ab	3.00	2.70
F-test	ns	ns	ns	ns	**	-	-
CV.	6.50	6.96	7.26	8.32	7.24	-	-

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

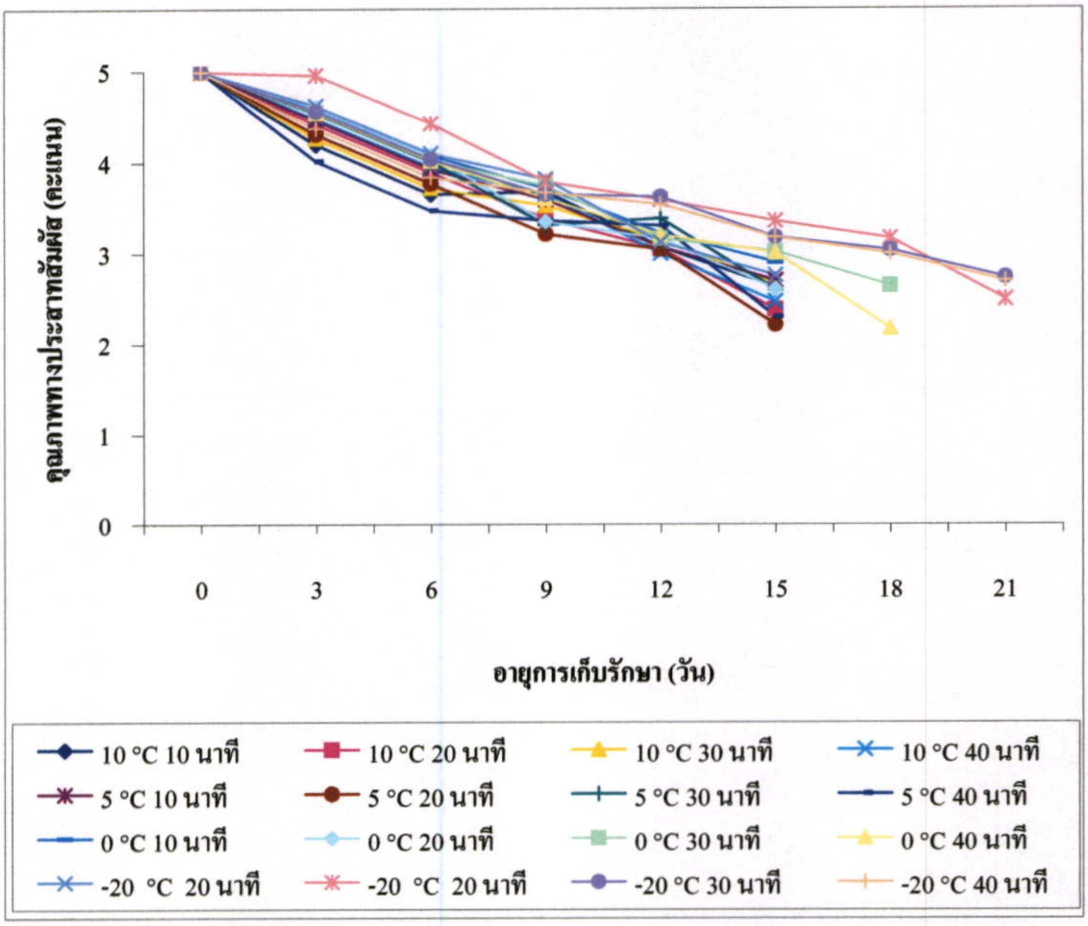
ตารางที่ 4.29 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 15 วัน

ระดับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)				
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
10	4.35b[1/]	3.81b[1/]	3.57ab[1/]	3.07b[1/]	2.54c[1/]
5	4.34b	3.80b	3.37b	3.20b	2.45c
0	4.59ab	4.06a	3.61a	3.19b	2.88b
-20	4.64a	4.11a	3.74a	3.47a	3.12a
F-test	*	*	*	**	**
CV.	6.50	6.96	7.26	8.32	7.24

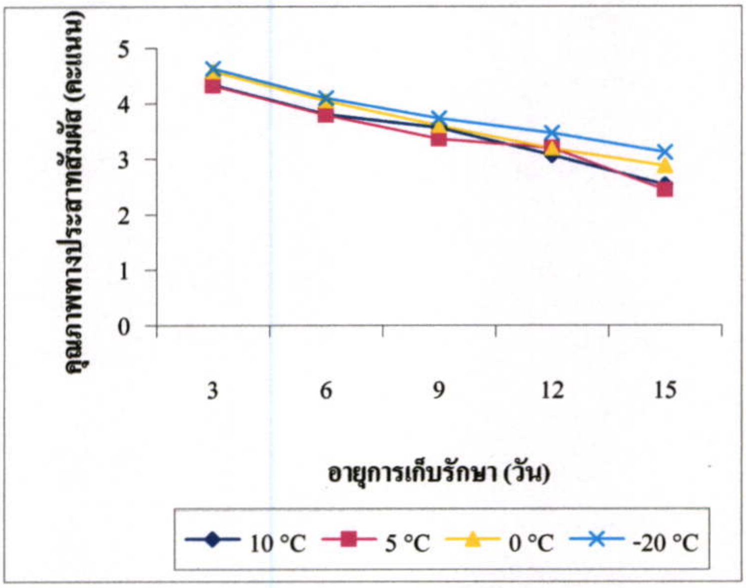
1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.30 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9 และ 15 วัน

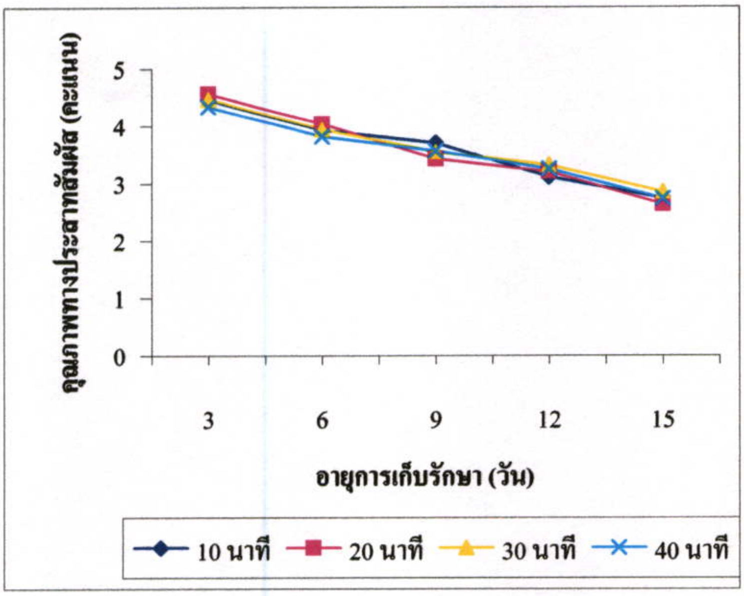
ระยะเวลา (นาที)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)				
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
10	4.48	3.94	3.71	3.12	2.75
20	4.58	4.05	3.44	3.21	2.64
30	4.49	3.96	3.56	3.33	2.86
40	4.36	3.83	3.58	3.26	2.74
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV.	6.50	6.96	7.26	8.32	7.24



ตารางที่ 4.44 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชมพู่ทับทิมจันท์ ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน



ตารางที่ 4.45 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน



ตารางที่ 4.46 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

4.2.10 อายุการเก็บรักษา

ชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดคือ 18 วัน และชมพู่ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ที่ระดับอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุดคือ 12 วัน (ตารางที่ 4.31)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระดับอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดคือ 16.5 วัน และที่ระดับอุณหภูมิ 10 และ 5 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุดคือ 12 วัน (ตารางที่ 4.32)

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการลดอุณหภูมิปัจจัยเดียว ปรากฏว่า ชมพู่ที่ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลา 30 และ 40 นาที มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดคือ 14.25 วัน และที่ระยะเวลา 10 นาที มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุดคือ 12 วัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ระยะเวลา มีผลทำให้อายุการเก็บรักษาแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.33)

ตารางที่ 4.31 แสดงอายุการเก็บรักษาของชมพู่ทับทิมจันท์

Treatment combination	อายุการเก็บรักษา (วัน)
10 °C 10 นาที	12c[1/]
10 °C 20 นาที	12c
10 °C 30 นาที	12c
10 °C 40 นาที	12c
5 °C 10 นาที	12c
5 °C 20 นาที	12c
5 °C 30 นาที	12c
5 °C 40 นาที	12c
0 °C 10 นาที	12c
0 °C 20 นาที	12c
0 °C 30 นาที	15b
0 °C 40 นาที	15b
-20 °C 10 นาที	12c
-20 °C 20 นาที	18a
-20 °C 30 นาที	18a
-20 °C 40 นาที	18a
F-test	**
CV.	7.40

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.32 แสดงอายุการเก็บรักษาของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน

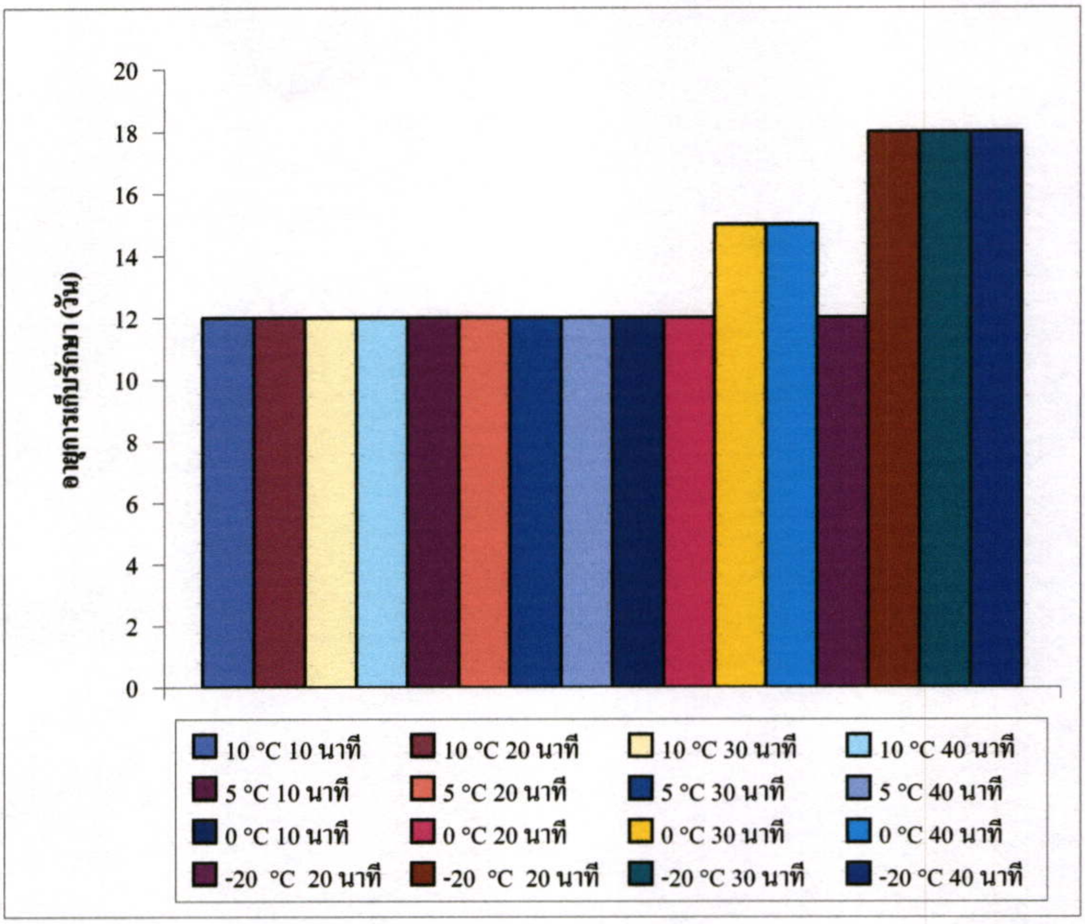
ระดับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อายุการเก็บรักษา (วัน)
10	12.00c[1/]
5	12.00c
0	13.50b
-20	16.50a
F-test	**
CV.	7.40

1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

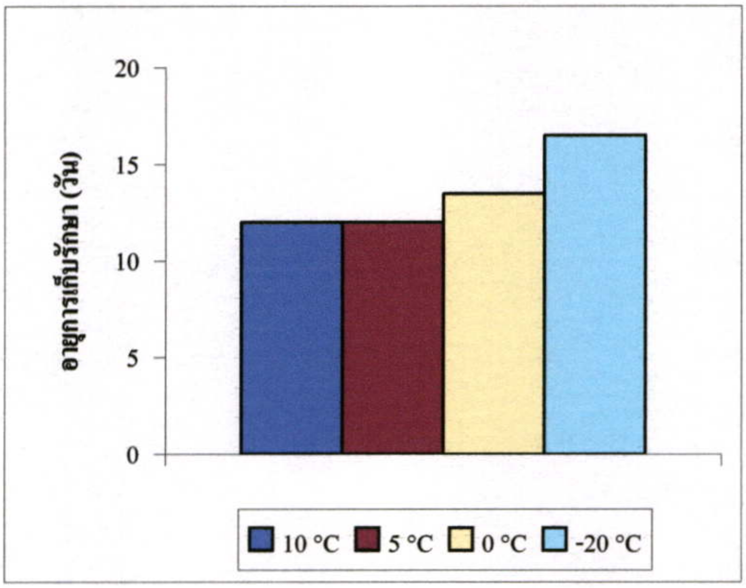
ตารางที่ 4.33 แสดงอายุการเก็บรักษาของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน

ระยะเวลา (นาที)	อายุการเก็บรักษา (วัน)
10	12.00b[1/]
20	13.50a
30	14.25a
40	14.25a
F-test	**
CV.	7.40

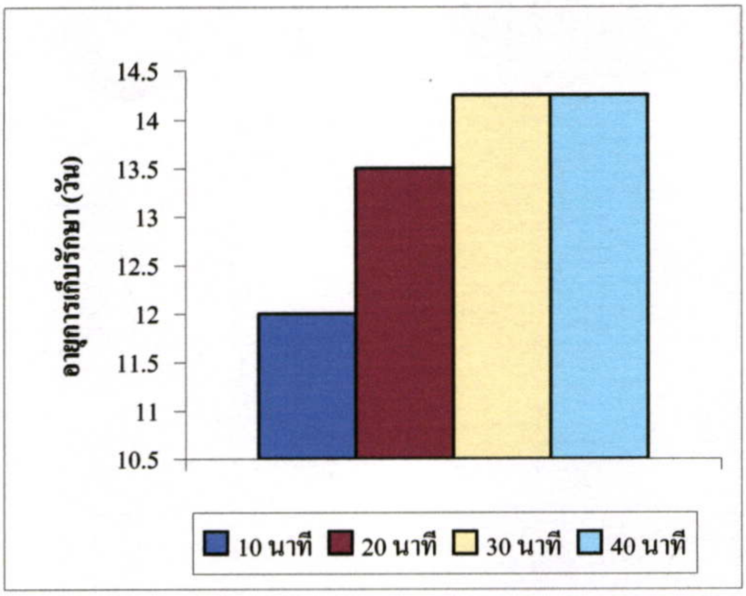
1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 4.47 แสดงอายุการเก็บรักษาของชมพู่ทับทิมจันท์



ภาพที่ 4.48 แสดงอายุการเก็บรักษาของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน



ภาพที่ 4.49 แสดงอายุการเก็บรักษาของชมพู่ทับทิมจันท์ ที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาต่างๆ กัน

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การทดลองที่ 1

จากการศึกษาผลของภาชนะบรรจุ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์และออกซิเจนในขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์ โดยศึกษาภาชนะบรรจุ 4 ชนิด คือ ถุงพลาสติก polyethylene (PE) ถุงพลาสติก polypropylene (PP) ถุงพลาสติก laminate (vacuum) และ ฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) โดยเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส

พบว่าการบรรจุชมพู่ในถุงพลาสติก polyethylene (PE) และ ฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 9 วัน โดยที่ลักษณะภายนอกและคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ของตลาด ซึ่งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในระดับที่เหมาะสมสามารถทำให้อัตราการหายใจของผลผลิตลดต่ำลง โดยไม่เกิดอาการผิดปกติของผลผลิต (Zagory and Kader. 1998) โดยหากเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อัตราการหายใจจะลดลง ทำให้อายุการเก็บรักษาของผลไม้เพิ่มขึ้น (วัฒนา วิริวุฒิกร. 2540) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์ เกิดจากคุณสมบัติการซึมผ่านของก๊าซต่อภาชนะบรรจุ

ภาชนะบรรจุที่มีการซึมผ่านของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ จะส่งผลให้มีการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูง ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของรงควัตถุสีแดง ซึ่งได้แก่ แอนโทไซยานิน และ ฟลาโวนอยด์

ถุงพลาสติก polyethylene (PE) มีการซึมผ่านของไอน้ำได้น้อยกว่าฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการสูญเสียน้ำหนักสดของถุงพลาสติก polyethylene (PE) น้อยกว่าฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) ถึง 10 เท่า ดังนั้นถุงพลาสติก polyethylene (PE) จึงเหมาะสมที่สุดในการใช้เก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

5.2 การทดลองที่ 2

จากการศึกษาผลของระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วต่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์ ทำการบรรจุชมพู่ในถุงพลาสติก polyethylene (PE) โดยเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส พบว่าการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20, 30 และ 40 นาที ก่อนการเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์ แล้วทำการบ รรจุชมพู่ในถุงพลาสติก polyethylene (PE) โดยเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 18 วัน โดยที่

ลักษณะภายนอกและคุณภาพดี ยังเป็นที่ยอมรับได้ของตลาด การลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วสามารถลดความร้อนสะสมที่ผลผลิตได้รับในแปลงปลูก หรือที่เรียกว่า ความร้อนแฝง (field heat) และสามารถลดความร้อนที่พืชคายออกมาจากผักหรือผลไม้ (vital heat) ลงได้ทำให้ผลผลิตมีอัตราการหายใจและการคายน้ำลดลง ส่งผลทำให้อายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น (นิพนธ์ ไชยมงคล. 2548) แต่พบว่าถ้าทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วหรือเก็บรักษาด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 13 องศาเซลเซียส แต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง มักพบอาการสะท้านหนาว (chilling injury) คือพบอาการตายของเซลล์ที่ผิวผลผลิต ทำให้มีรอยบุ๋มหรือเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ถ้าเป็นผลไม้อาจทำให้ผลไม้ไม่สุกและเกิดเป็นโรคได้ง่าย (จริงแท้ ศิริพานิช. 2549) และถ้าทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วหรือเก็บรักษาด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง จะพบการอาการเสียหายอันเนื่องมาจากอุณหภูมิเยือกแข็ง (freezing injury) โดยมีอาการคล้ายอาการสะท้านหนาว แต่มีสาเหตุจากการเกิดผลึกน้ำแข็งขึ้นภายในเซลล์ (Wang. 1991)

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุมีความแตกต่างในช่วงระยะเวลา 72 ชั่วโมงหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนปริมาณก๊าซออกซิเจนนั้นจะเพิ่มขึ้นในช่วงชั่วโมงแรกๆหลังการเก็บรักษา และพบว่าภายหลังการเก็บรักษา 72 ชั่วโมง ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุจะค่อนข้างคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุที่คงที่นี้ จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 5.93 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนเฉลี่ย 1.94 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกับการไม่ได้ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วในวิธีการที่ไม่ได้ทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 7.38 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนเฉลี่ย 0.85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหากสังเกตจากปริมาณก๊าซออกซิเจน พบว่าผลผลิตมีอัตราการหายใจลดลงประมาณ 2.28 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นไปตาม Van't Hoff Rule ซึ่งกฎนี้กล่าวว่า อัตราเร็วของปฏิกิริยาทางชีวเคมีจะเพิ่มขึ้น 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส (ดนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2548)

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

6.1 การทดลองที่ 1

จากการศึกษาผลของภาชนะบรรจุ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์ ออกซิเจน และคุณภาพในขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์ โดยเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส สามารถสรุปได้ดังนี้

ภาชนะบรรจุมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจนในภาชนะบรรจุ ซึ่งภาชนะบรรจุที่มีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูง และมีการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนน้อยส่งผลให้ผลชมพู่มีการสูญเสียคุณภาพเร็วขึ้น โดยถุงพลาสติก polyethylene (PE) และ ฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน ที่เหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษาชมพู่ โดยที่ลักษณะภายนอกและคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ของตลาด

ชนิดของภาชนะบรรจุ ไม่มีผลต่อความสว่างของผิวผล ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณกรด แต่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสด สีแดงของผิวผล ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการสูญเสียน้ำหนักสดจะเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่าการบรรจุชมพู่ในถุงพลาสติก polyethylene (PE) มีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด สีแดงจะลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่าการบรรจุชมพู่ในถุงพลาสติก polyethylene (PE) และ ฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) มีสีแดงมากที่สุด และจะพบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการบรรจุชมพู่ในถุงพลาสติก polyethylene (PE) และ ฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุด

ถุงพลาสติก polyethylene (PE) และ ฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 9 วัน โดยที่ลักษณะภายนอกและคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ของตลาด แต่ถ้าพิจารณารวมถึงการสูญเสียน้ำหนักสด พบว่า การบรรจุชมพู่ในถุงพลาสติก polyethylene (PE) มีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) ถึง 3.55 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ถุงพลาสติก polyethylene (PE) จึงเหมาะสมที่สุดในการใช้เก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

6.2 การทดลองที่ 2

จากการศึกษาผลของระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วต่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน และคุณภาพในขณะเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์ ทำการบรรจุชมพู่ในถุงพลาสติก polyethylene (PE) โดยเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส สามารถสรุปได้ดังนี้

ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุ ในช่วงระยะเวลา 72 ชั่วโมงหลังการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนปริมาณก๊าซออกซิเจนนั้นจะเพิ่มขึ้นในช่วงชั่วโมงแรกๆหลังการเก็บรักษา และพบว่าภายหลังการเก็บรักษา 72 ชั่วโมง ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในภาชนะบรรจุจะค่อนค้างคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุที่คงที่นี้ จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 5.93 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนเฉลี่ย 1.94 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกับการไม่ได้ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 7.38 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนเฉลี่ย 0.85 เปอร์เซ็นต์

การใช้ระดับอุณหภูมิร่วมกับระยะเวลาการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว มีผลต่ออุณหภูมิภายในลักษณะเนื้อเยื่อ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน คุณภาพทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษา แต่ไม่มีผลต่อ การสูญเสียน้ำหนักสด สีผิว ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรด

อุณหภูมิภายในผลชมพู่ มีความแตกต่างกันไปตามระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วและระยะเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดยวิธีการการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด จะมีอุณหภูมิภายในผลเฉลี่ย 17.26 - 9.07 องศาเซลเซียส

การลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่ระดับอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20, 30 และ 40 นาที ก่อนการเก็บรักษาชมพู่ทับทิมจันท์ แล้วทำการบรรจุชมพู่ในถุงพลาสติก polyethylene (PE) โดยเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิ 15±2 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 18 วัน โดยที่ลักษณะภายนอกและคุณภาพดี เป็นที่ยอมรับได้ของตลาด

บรรณานุกรม

จริงแท้ ศิริพานิช. 2546. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช.** นครปฐม : โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2531. **เอกสารประกอบการสอนวิชาสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน.** เชียงใหม่ : คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ดนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. **การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ไตรวรา ศรีเปารยะ. 2548. “ผลของน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นต่อคุณภาพและการยับยั้งการเกิดโรคในชมพู่พันธุ์ทูลเกล้าขณะเก็บรักษา.” ปัญหาพิเศษปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ ชัยมงคล. 2548. **การลดอุณหภูมิเฉียบพลัน (pre-cooling).** [Online]. Available : http://www.agric-prod.mju.ac.th/vegetable/File_link/precooling.pdf 11/09/49.

นิภา คุณทรงเกียรติ. 2540. “การเก็บรักษาผลผลิตพืชสวน.” **วารสารเกษตรก้าวหน้า**. 2(2) : 38-44.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. 2541. **บรรจุภัณฑ์อาหาร**. กรุงเทพฯ: แพคเมทส์.

วิจิตร วังใน และยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา. 2537. **การจำแนกพืชสวน**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัฒนา วิริวุฒิการ. 2540. “เทคนิค CAP/MAP เพื่อยืดอายุการเก็บอาหาร.” **วารสารอาหาร.** 27(4) : 278-281.

สายชล เกตุษา และอภิตา บุญศิริ. 2546. **การเปลี่ยนแปลงสารฟีนอลิก ลิกนิน และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเปลือกผลมังคุดหลังการตกกระทบ.** นครปฐม : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน.

สุกัลยา ภู่ทอง, สุรพล เช้าฉ้อง และกนกวรรณ เสรีภาพ. 2548. “การยืดอายุการเก็บรักษาข้าวโพดหวานโดยการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น.” **วิทยาสารกำแพงแสน.** 3(2) : 48-61.

อภิชาต ศรีสะอาด. 2546. **คู่มือทำสวนชมพู่อย่างมืออาชีพ**. บริษัท นาคา อินเตอร์มีเดีย.

Basanta, A.L. and C.K. Sankat. 1995. “Storage of The Pomerac (*Eugenia malaccensis*).” **Harvest and Postharvest Technologies for Fresh Fruits and Vegetables.** p.567-574.

British Nutrition Foundation. 2001. **Hedonic Scale**. [online]. Available http://www.nutrition.org.uk/upload/Hedonic%20Scale.pdf 08/09/49

Glahan, S. and T. Kerdsiri. 2000. "Influence of CO_2 : O_2 on Quality After Storage of Gros Michel 'Hom Thong'.". **Abstracts The International Conference Tropical Agriculture Technology for Better Health and Environment**. Nakhon Pathom : Kasetsart University. Thailand.

Holfman, P.J., B.A Stubbing., M.F. Adkins, R.J. Corcoran, A. White and A.B. Woolf. 2002. "Low Temperature Conditioning Before Cold Disinfestation Improves 'Hass' Avocado Fruit Quality." **Postharvest Biology and Technology**. 28 : 123-133.

Jacxsens, L., F. Devlieghere and J. Debevere. 2001. "Temperature Dependence of Shelf-life as Affected by Microbial Proliferation and Sensory Quality of Equilibrium Modified Atmosphere Packaged Fresh Produce." **Postharvest Biology and Technology**. 26 : 59–73

Kader, A.A. 1982. "Standardization and Inspection of Fruit and Vegetable." **Postharvest Techonlogy of Horticultural Crops**. University of Califonia. Oakland. 191-200.

Lee, B.H. 1996. **Fundamentals of Food Biotechnology**. New York : VCH.

Morton, J. 1987. "Rose Apple." **Fruits of Warm Climates**. Miami, FL. p.381-382.

Sanyot, T., M. Plainsiirichai, K. Boontiang, S. Suanphairich and W.T. David. 2006. "Effect of Sucrose Ester on Rose apple (*Syzygium aqueum* Alston) cv. Thapthim-Jan." **Agricultural Sci. Journal**. 37(5) : 176-179.

Vigneault, C., Y. Gariepy, D. Roussel and B. Goyette. 2004. "The Effect of Precooling Delay on The Quality of Stored Sweet Corn." **J. Food Agric. Environ**. 2(2) : 71-73.

Wang, C.Y. 1991. "Reduction of Chilling Injury in Fruits and Vegetables." **Postharvest News and Information.** 2(3) : 165-168.

Zagory, D. and Kader, A.A. 1988. "Modified Atmosphere Packaging for Fresh Produce." **J. Food Tech**. 42(9) : 70-77.

ประวัติผู้เขียน

นายไตรวรา ศรีเปารยะ เกิดเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2524 ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมต้นจากโรงเรียนมัธยมวัดดาวคะนอง มัธยมปลายจากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา 2 ปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ (พืชสวน) จากสถาบันสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2547