สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

ผลของความร้อนและสารเคมีบางชนิดต่อคุณภาพของมะเขือเทศระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

Effects of mild heat treatment and some chemicals on quality of tomato during low temperature storage

ผู้วิจัย

นาง พอใจ ถามากร

RCH
S8
349
W485ผ

สชหมู่.....
เลขทะเบียน 115289
วัน,เดือน,ปี 23 ก.พ. 2554

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2553

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b.1228441
i.....

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ผลของความร้อนและสารเคมีบางชนิดต่อคุณภาพของมะเขือเทศระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

(ภาษาอังกฤษ) Effects of mild heat treatment and some chemicals on quality of tomato during low temperature storage

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปี 2553 จำนวนเงิน 174,400 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ต.ค. 52 - 30 ก.ย. 53

ผู้ดำเนินการวิจัย ผศ.ดร.พอใจ ถามากร

หน่วยงานที่สังกัด คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โทร. 02-3298527 02-3298000-99 ต่อ 7270

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของความร้อนร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศ โดยนำผลมะเขือเทศแช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 40 45 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 2 5 และ 10 นาที พบว่าอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที เก็บรักษาชิ้นมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาชิ้นมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยพบลักษณะทางกายภาพอยู่ในสภาพดี และมีแนวโน้มการลดลงของค่าแรงกดของเนื้อสัมผัส ในขณะที่ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และความเป็นกรด-ด่าง นอกจากนี้เมื่อศึกษาการใช้ความร้อนร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 3 และ 5 พบว่าการแช่ผลมะเขือเทศในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 และ 5 อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาชิ้นมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยพบลักษณะทางกายภาพอยู่ในสภาพดี และมีแนวโน้มการลดลงของค่าแรงกดของเนื้อสัมผัส ในขณะที่ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และความเป็นกรด-ด่าง ทั้งนี้ยังสามารถเก็บได้นานกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างน้อย 5 วัน และเมื่อใช้ความร้อนร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เก็บรักษามะเขือเทศเป็นผล พบว่าสามารถชะลอลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและอาการสะท้านหนาว โดยช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้นาน 20 วัน และมีแนวโน้มการลดลงของค่าแรงกดของเนื้อสัมผัส ในขณะที่ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และความเป็นกรด-ด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The combination effects of mild heat treatment and calcium chloride on qualities of sliced tomatoes were studied. Whole tomatoes were treated by immersing in deionised water at 40 45 and 50^0C for 2 5 and 10 minutes. The results showed that immersing in deionised water at 45^0C for 2 minutes and storage at 1±1 ^{0}C for15 days could extension the shelf-life of treated tomatoes according to visual examination in physical appearance of sliced tomatoes and the higher firmness values but these changes had no effect on soluble solids content and pH of treated. In addition combination between heat and calcium chloride treatment were also investigated at $CaCl_2$ 0% 3% and 5% (w/v) solution. It was found that the shelf-life extension of treated tomatoes, both 3% and 5% $CaCl_2$ at 45^0C for 2 minutes could extension the shelf-life while storage at low temperature according to visual examination in physical appearance of sliced tomatoes and the higher firmness values but these changes had no effect on soluble solids content and pH of treated. In addition treated were kept more than 5 days of storage compare with control sample. In the same way, Whole tomatoes were treated by immersing in $CaCl_2$ solution. It was found that could retarding postharvest physiological and had the less chilling injury symptoms, could extension the shelf-life for 20 days and the higher firmness values but these changes had no effect on soluble solids content and pH of treated.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

สารบัญ..... III

สารบัญตาราง..... V

สารบัญภาพ..... VI

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 มะเขือเทศ..... 3

2.1.1 ระดับการสุกของมะเขือเทศ..... 5

2.1.2 สีในมะเขือเทศสด..... 6

2.1.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้..... 8

2.1.4 ความเป็นกรด-ด่าง..... 8

2.2 การแปรรูปผักและผลไม้เบื้องต้น..... 10

2.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของผักและผลไม้แปรรูปเบื้องต้น 12

2.3 อาการสะท้านหนาว..... 12

2.3.1 ลักษณะอาการสะท้านหนาว..... 12

2.3.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอาการสะท้านหนาว..... 15

2.3.3 การลดอาการสะท้านหนาว..... 16

2.4 ผลของความร้อนต่อผลิตผลก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ..... 17

2.4.1 ผลของความร้อนต่อผลิตผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในระหว่างการเก็บรักษา..... 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ 20

2.5.1 หน้าที่ของแคลเซียมในพืช..... 20

2.5.2 การนำแคลเซียมมาใช้หลังการเก็บเกี่ยว..... 21

2.5.3 ผลของสารละลายแคลเซียมต่อผลิตผล..... 21

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ..... 27

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์..... 27

3.2 สถานที่ทำการทดลอง..... 28

3.3 วิธีการทดลอง..... 28

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... 32

4.1 ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ..... 32

4.2 ศึกษาผลของเวลาการให้ความร้อนต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ..... 37

4.3 ศึกษาผลของสภาวะการให้ความร้อนร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพ 42
ของชิ้นมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ.....

4.4 ศึกษาผลของสภาวะการให้ความร้อนร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพ 46
ของผลมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ.....

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 53

บรรณานุกรม..... 55

ภาคผนวก..... 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของมะเขือเทศแก่จัด (Mature-green) และมะเขือเทศสุก (Red ripe)..... 4

2.2 วิตามินที่พบในมะเขือเทศสุก (Red ripe)..... 5

2.3 การเปลี่ยนแปลงสีผิวของมะเขือเทศเก็บเกี่ยวที่ระยะเวลาต่างๆกัน..... 6

2.4 ค่าพีเอชของมะเขือเทศเมื่อเปรียบเทียบกับสารประกอบชนิดต่างๆ (substance)..... 9

2.5 เปรียบเทียบค่าต่างๆที่วัดได้ของมะเขือเทศแก่จัด, เริ่มสุก และสุก..... 10

2.6 อาการสะท้านหนาวและอุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถเก็บรักษาผลิตผลบางชนิดได้โดยไม่เกิด... 13
อาการสะท้านหนาว.....

4.1 คะแนนทางกายภาพจากการสังเกตของชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากการแช่ผลมะเขือเทศในน้ำกลั่น 33
อุณหภูมิ 40 45 และ50 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ1±1 องศาเซลเซียส
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ87.....

4.2 คะแนนทางกายภาพจากการสังเกตของชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากการแช่ผลมะเขือเทศในน้ำกลั่น 38
อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 2 5 และ 10 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส.....
เป็นระยะเวลาต่างๆกัน.....

4.3 คะแนนทางกายภาพจากการสังเกตของชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากการแช่ผลมะเขือเทศในน้ำกลั่น 42
อุณหภูมิ45 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที เติมแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 3 และ 5 เก็บรักษาที่
อุณหภูมิ1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ87.....

4.4 คะแนนทางกายภาพจากการสังเกตของผลมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม, แช่สารละลาย..... 47
แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 อายุการเก็บรักษา 0 5 10 15 20 และ 25 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1.....
องศาเซลเซียส.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ผลมะเขือเทศตัดตามยาวและตามขวาง..... 3

2.2 การเปลี่ยนแปลงของผักและผลไม้ที่เกิดขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ..... 11

2.3 สมมุติฐานการเกิดการอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ในพืช..... 15

2.4 องค์ประกอบหลักของผนังเซลล์และการยึดเกาะของแคลเซียมไอออน..... 20

2.5 การเกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้าม (crosslink) ระหว่างหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) และแคลเซียมไอออนเกิดเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า eggbox model..... 22

2.6 ลักษณะโครงสร้างภายในเซลล์ของผักสลัดตัดแต่งที่ล้างด้วยคลอรีนความเข้มข้น 120 mg/L แคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น15 g/L ที่อุณหภูมิห้อง (25^{0}c) และที่อุณหภูมิ 50^{0}c..... เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4^{0}c 25

2.7 ลักษณะโครงสร้างภายในเซลล์ของแครอทตัดแต่งที่ล้างด้วยคลอรีนความเข้มข้น 120 mg/L แคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น15 g/L ที่อุณหภูมิห้อง (25^{0}c) และที่อุณหภูมิ 50^{0}c..... เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4^{0}c..... 26

4.1 ค่าแรงกดสูงสุดของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม (Control) น้ำกลั่นอุณหภูมิ..... 34
40 องศาเซลเซียส (40 c) น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (45 c) และ น้ำกลั่นอุณหภูมิ..... 50 องศาเซลเซียส (50 c) เป็นเวลา 2 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้น.... สัมพัทธ์ร้อยละ 87.....

4.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม (Control)..... 35
น้ำกลั่นอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (40 c) น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (45 c) และ..... น้ำกลั่นอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (50 c) เป็นเวลา 2 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1 องศา..... เซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87.....

4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่างของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม (Control) น้ำกลั่นอุณหภูมิ.... 37
40 องศาเซลเซียส (40 c) น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (45 c) และ น้ำกลั่นอุณหภูมิ 50 .. องศาเซลเซียส (50 c) เป็นเวลา 2 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส..... ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87.....

4.4 ค่าแรงกดสูงสุดของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม (Control) น้ำกลั่นอุณหภูมิ..... 39
45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 5 และ 10 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส..... ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ87.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.5 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม (Control)..... 40
น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 5 และ 10 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1.....
องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ87.....

4.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม (Control) น้ำกลั่นอุณหภูมิ..... 41
45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 5 และ 10 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส.....
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87.....

4.7 ค่าแรงกดสูงสุดของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่าควบคุม, แช่สารละลาย..... 44
แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 3 และ 5 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที.....
อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 11 13 และ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์...
ร้อยละ87.....

4.8 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม,..... 45
แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 3 และ 5 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา.....
2 นาทีอายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 11 13 และ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส.....
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ87.....

4.9 ค่าความเป็นกรด-ด่างของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม, แช่สารละลายแคลเซียมคลอ 46
ไรด์ร้อยละ 0 3 และ 5 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที อายุการเก็บรักษา.....
0 3 6 9 11 13 และ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87.....

4.10 ค่า L, a, b บริเวณผิวผลมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม และแช่สารละลายแคลเซียมคลอ.. 48
ไรด์ร้อยสะ 3 ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 5 10 15 20 และ 25 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส..

4.11 ค่าสีหลัก (hue angle) บริเวณผิวผลมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม และแช่สารละลาย..... 49
แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที เก็บรักษา 25 วัน ที่
อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส.....

4.12 ตำแหน่งค่าสีหลัก (hue angle) ของผลมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม และแช่สารละลาย..... 50
แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ3 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที เก็บรักษา 25 วัน ที่
อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.13 ค่าแรงกดสูงสุดของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่างควบคุม และแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 5 10 15 20 และ 25 วัน ที่อุณหภูมิ..... 1±1 องศาเซลเซียส..... 51

4.14 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่าง..... ควบคุม และแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ3 ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 5 10 15 20 และ 25 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส..... 51

4.15 ค่าความเป็นกรด-ด่างของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่างควบคุม..... และแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 5 10 15 20 และ 25 วันที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส..... 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะเขือเทศ เป็นพืชผลทางการเกษตรที่มีความสำคัญ เป็นพืชล้มลุก และปลูกได้ตลอดปีในประเทศไทย นำมาบริโภคในรูปผลสดและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด และสามารถนำไปประกอบอาหารได้อีกมากมาย มะเขือเทศ ประกอบด้วย วิตามินซี วิตามินเอ โฟเลท โพแทสเซียม เบต้าแคโรทีน และไลโคพีน (lycopene) ที่มีผลในการป้องกันและลดอัตราการเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ (Arab and Steck, 2000) รวมทั้งการเกิดโรคมะเร็งในอวัยวะสำคัญหลายชนิด เช่น ระบบทางเดินอาหาร ตับอ่อน กระเพาะปัสสาวะ มดลูก เต้านม ต่อมลูกหมาก เป็นต้น (Franoeschi *et al.*, 1994 ; Bramley, 2000) ในสภาพสังคมปัจจุบันที่รีบเร่งและมีแนวโน้มในการรับประทานอาหารสดหรืออาหารใกล้เคียงกับธรรมชาติมีมากขึ้น อาหารที่มีการแปรรูปเบื้องต้นมาแล้ว เช่น ผักตัดแต่งสำเร็จรูป สามารถที่จะตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ เพราะสะดวกรวดเร็วในการนำไปใช้ อีกทั้งยังช่วยสนับสนุนให้ผู้บริโภคสามารถรับประทานผักได้มากขึ้น ในขณะที่อุตสาหกรรมการตัดแต่งผักและผลไม้พร้อมบริโภคมีการเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว (Hong and Gross, 2001) รวมถึงการนำผลมะเขือเทศมาสไลด์เป็นชิ้นพร้อมบริโภค เพื่อใช้ในร้านอาหารขนาดใหญ่ ภัตตาคาร ตลาดขายปลีกขนาดใหญ่และร้านฟาสฟูดที่สะดวกรวดเร็วต่อการนำไปใช้และช่วยประหยัดเวลาในการเตรียมวัตถุดิบ ลดการสูญเสีย (waste) ระหว่างการเตรียมวัตถุดิบ ช่วยลดปริมาณขยะ ลดการใช้แรงงานคน ทำให้สามารถบริหารจัดการและควบคุมค่าใช้จ่ายได้ อย่างไรก็ตามชิ้นมะเขือเทศพร้อมบริโภคที่ได้จะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น(Hagenmaier and Baker, 1998) มีความบอบบาง เน่าเสียเร็วกว่าปกติ มีอายุการเก็บรักษาที่สั้น การยืดอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำก็จะเกิดปัญหาเนื่องจากเนื้อเยื่อของชิ้นมะเขือเทศพร้อมบริโภคจะไวต่ออุณหภูมิต่ำเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) เกิดการสูญเสียน้ำ ส่งผลต่อความกรอบของเนื้อสัมผัส (Hong and Gross, 2001)

การใช้ความร้อนโดยการแช่ผลมะเขือเทศในน้ำอุณหภูมิ 39 ถึง 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลาสั้นๆ สามารถช่วยป้องกันการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ (McDonald *et al.*, 1999) รวมถึงยังสามารถลดอัตราการหายใจ (Lurie, 1998; Klein and Lurie, 1990; Lamikanra and Watson, 2007) นอกจากนั้นการใช้ความร้อนร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ยังสามารถปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผักผลไม้ (Beirao-da-Costa *et al.*, 2008) สตรอเบอรี่ (Garcia *et al.*, 1996) แอปเปิล (Klein and Lurie, 1990) แครอท (Rico *et al.*, 2007) ลูกพีท (Manganaris *et al.*, 2007) แตงพันธุ์ฮันนี่ดิว (Saftner *et al.*, 2003) และแคนตาลูป (Luna and Barrett, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาผลของสภาวะการให้ความร้อนร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อและผลมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อ เพื่อปรับปรุงคุณภาพและอายุการวางจำหน่ายในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำให้นานขึ้นโดยยังคงคุณลักษณะและคุณภาพใกล้เคียงของสด

1.2 ขอบเขตการวิจัย

1.ศึกษาหาระดับของอุณหภูมิ 40 45 และ 50 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 2 5 และ 10 นาที ต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของชิ้นมะเขือเทศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส

2.ศึกษาหาระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2 ระดับ คือ ความเข้มข้นร้อยละ 3 และ 5 อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมจากข้อ 1 ต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของชิ้นมะเขือเทศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส

3.ศึกษาผลร่วมกันของการใช้อุณหภูมิสูงและการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับของอุณหภูมิ ระยะเวลาต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของผลมะเขือเทศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการให้อุณหภูมิผลมะเขือเทศต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ
2. เพื่อศึกษาผลของเวลาการให้ความร้อนผลมะเขือเทศต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ
3. เพื่อศึกษาผลของสภาวะการให้ความร้อนร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์กับผลมะเขือเทศต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ
4. เพื่อศึกษาผลของสภาวะการให้ความร้อนร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของผลมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

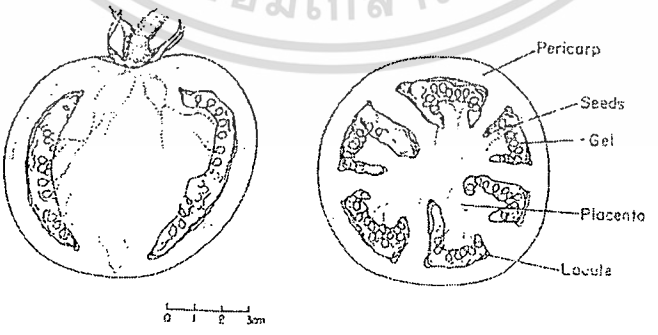
บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะเขือเทศ

มะเขือเทศพันธุ์ท้อ มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Lycopersicon esculentum Mill Var* Tor. เป็นพืชพื้นเมืองของอเมริกาที่คนพื้นเมืองใช้เป็นอาหาร มักใช้ผลแก่ในการบริโภค เป็นพืชล้มลุก ปลูกได้ตลอดปีในประเทศไทย ใช้รับประทานสดและแปรรูป มักเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 85-90 วัน ในประเทศไทยปลูกมะเขือเทศหลายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์มข พันธุ์โรมาVF พันธุ์VF134-1-2 พันธุ์คิงคอง พันธุ์ซานมาซาโน X คาน-เจ และพันธุ์รับประทานสดได้แก่ พันธุ์ท้อ พันธุ์สีดา พันธุ์สีดามก พันธุ์สีดาห้างฉัตร พันธุ์เชอร์รี่ พันธุ์มาสเตอร์เบอร์3 พันธุ์ฟลอราเดล พันธุ์มาโกลบ พันธุ์แอล22 พันธุ์คาลิปโซ และพันธุ์เอลเตอร์ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2537)

สำหรับประเทศไทยพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่จังหวัดหนองคาย นครพนม นครราชสีมา สกลนคร และอุดรธานี ภาคเหนือ ได้แก่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง และพะเยา เนื่องมาจากมะเขือเทศเป็นพืชที่ต้องการอากาศหนาวเย็นในช่วงการเจริญเติบโต จึงจะให้ปริมาณผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตในตอนกลางคืนประมาณ 15.6-18.5 องศาเซลเซียส และในตอนกลางวันประมาณ 18-20 องศาเซลเซียส (เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ์, 2540)

ผลมะเขือเทศประกอบด้วยเปลือก เนื้อมะเขือเทศ (pericarp) และส่วนที่มีลักษณะเป็นโพรงเล็กๆ (locule) ในโพรงเล็กๆเหล่านี้ประกอบด้วยเซลล์พาเรนไคมา (parenchyma) ที่มีลักษณะคล้ายเจลอยู่รอบเมล็ด แสดงดังภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะผลมะเขือเทศตัดตามยาวและตามขวาง



ภาพที่ 2.1 ผลมะเขือเทศตัดตามยาวและตามขวาง

ที่มา : Rubatzky และ Yamaguchi (1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะเขือเทศประกอบด้วยส่วนที่เป็นของแข็งร้อยละ 5 ถึง 10 (ซึ่งประมาณร้อยละ 75 ของของแข็งทั้งหมดเป็นของแข็งที่ละลายน้ำได้) ซึ่งในส่วนนี้เป็นของแข็งที่บริเวณผิวและเมล็ดร้อยละ 1 ถึง 3 ประมาณร้อยละ 50 ของของแข็งทั้งหมดเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ และประมาณร้อยละ 10 ของของแข็งทั้งหมดเป็นกรดอินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดซิตริกและกรดมาลิก องค์ประกอบของมะเขือเทศแก่จัดและมะเขือเทศสุกแสดงดังตารางที่2.1 มะเขือเทศยังประกอบด้วยวิตามินต่างๆ ได้แก่ วิตามินซี วิตามินเอ เป็นต้น แสดงดังตารางที่ 2.2 นอกจากนี้ยังประกอบด้วยเบต้าแคโรทีนและไลโคพีน (lycopene) ซึ่งเป็นกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ชนิดหนึ่งที่ให้สารสีแดงที่พบมากในมะเขือเทศ คือมีถึงร้อยละ 90 ของแคโรทีนอยด์ทั้งหมด เป็นสารธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระ (free radical)ได้ ซึ่งอนุมูลอิสระนี้มีความว่องไวและมีบทบาทในการทำอันตรายต่อร่างกายเมื่อมีปริมาณที่สูงผิดปกติอันเนื่องจากปัจจัยต่างๆ จะส่งผลต่อการทำลายโมเลกุลของไขมัน โปรตีน เซลล์ภายในร่างกาย และ ดีเอนเอ (DNA) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดโรคเรื้อรังต่างๆ แต่เนื่องจากไลโคพีนมีโครงสร้างที่มีความพิเศษจึงทำหน้าที่เป็นตัวต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยให้อิเลคตรอนแก่อนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระนั้นมีเสถียรภาพก่อนที่จะทำอันตรายต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต (สิริรัตน์ นาประเสริฐ, 2546)

ตารางที่ 2.1องค์ประกอบทางเคมีของมะเขือเทศแก่จัด (Mature-green) และมะเขือเทศสุก (Red ripe)

องค์ประกอบ (ต่อ 100 กรัม)	มะเขือเทศแก่จัด	มะเขือเทศสุก
น้ำ (กรัม)	93.0	93.5
พลังงาน (แคลอรี่)	24	22
โปรตีน (กรัม)	1.2	1.1
ไขมัน (กรัม)	0.2	0.2
คาร์โบไฮเดรต		
ทั้งหมด (กรัม)	5.1	4.7
เยื่อใย (กรัม)	0.5	0.5
เถ้า (กรัม)	0.5	0.5
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	13	13
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	27	27
โซเดียม (มิลลิกรัม)	3.0	3.0
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	244	244

ที่มา : Jones (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 วิตามินที่พบในมะเขือเทศสุก (Red ripe)

วิตามิน	ปริมาณที่พบ (ไมโครกรัม ต่อ100 กรัม)
เอ (ß-carotene)	540-760
บี1 (thiamin)	50-60
บี2 (riboflavin)	20-50
บี3 (pantothenic acid)	50-75
บี6 complex	80-110
กรดนิโคตินิก (niacin)	500-700
กรดโฟลิก	6.4-20
ไบโอติน	1.2-4.0
ซี	15-23
อี (α-tocopherol)	40-1200

ที่มา : Davies และ Hobson (1981)

2.1.1 ระดับการสุกของมะเขือเทศ

Sargent และ Moretti (2002) แบ่งระดับการสุกของมะเขือเทศที่ขายในท้องตลาดโดยใช้การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อภายในและ สี เป็นเกณฑ์ ดังนี้

1. Immature (ระยะ 0) คือ ผลมะเขือเทศไม่มีการพัฒนาไปในทางสุกในระดับที่ยอมรับได้ สุดท้ายจะเกิดการสุกขึ้นแต่คุณภาพจะด้อยกว่าปกติ

2. Mature-green (MG) คือ ผลมะเขือเทศมีการพัฒนาไปในทางสุกในระดับที่ยอมรับได้ สีผลจะเริ่มเขียว ผิวไม่มีสีแดง ระยะนี้แบ่งย่อยได้อีก 4 ระยะคือ

MG1 คือ เนื้อผลแน่น เมื่อผ่าผลมะเขือเทศด้วยมีดเมล็ดจะถูกคมมีดตัดขาดได้

MG2 คือ เนื้อผลอ่อน เมื่อผ่าผลมะเขือเทศด้วยมีดเมล็ดจะหนีจากคมมีดไม่ถูกตัดขาด

MG3 คือ เนื้อผลยังไม่มีสีแดง เริ่มมีลักษณะเจลลอยู่รอบๆเมล็ด

MG4 คือ เนื้อผลเริ่มมีสีแดง

3. Breaker คือ ผิวของผลมีการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลเหลือง หรือชมพู หรือแดง น้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10 ของพื้นที่ผิวผล

4. Turning คือ ผิวของผลมีการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลเหลือง หรือชมพู หรือแดง หรือเป็นสีดังกล่าวร่วมกันมากกว่าร้อยละ 10 แต่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของพื้นที่ผิวผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Pink คือ ผิวของผลมีการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีชมพู หรือสีแดง มากกว่าร้อยละ 30 แต่ไม่เกินร้อยละ 60 ของพื้นที่ผิวผล

6. Light Red คือ ผิวของผลมีการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีชมพู หรือสีแดง มากกว่าร้อยละ 60 แต่ไม่เกินร้อยละ 90 ของพื้นที่ผิวผล

7. Red คือ ผิวของผลมีการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีแดงเกินร้อยละ 90 ของพื้นที่ผิวผล

โดย Cantwell (2000) กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงสีผิวของมะเขือเทศดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงสีผิวของมะเขือเทศเก็บเกี่ยวที่ระยะเวลาต่างๆกัน

ระดับการสุก	L^*	a^*	b^*	Chroma	Hue angle
Mature-green	62.7	-16.0	34.4	37.9	115.0
Breaker	55.8	-3.5	33.0	33.2	83.9
Pink	49.6	16.6	30.9	35.0	61.8
Light red	46.2	24.3	27.0	36.3	48.0
Red-ripe	41.8	26.4	23.1	35.1	41.3
Over-ripe	39.6	27.5	20.7	34.4	37.0

ที่มา : Cantwell (2000)

2.1.2 สีในมะเขือเทศสด

สี (color) เป็นสิ่งสำคัญที่สุดสิ่งหนึ่งในการบ่งบอกถึงคุณภาพของมะเขือเทศ สีของมะเขือเทศที่เปลี่ยนแปลงในขณะที่เกิดกระบวนการสุกและภายหลังการเก็บเกี่ยวเกิดจากความเปลี่ยนแปลงปริมาณของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) และแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งสีจะปรากฏตามชนิดและความเข้มข้นของรงควัตถุ (pigment) ที่มีโดยคลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุที่ให้สีเขียว ส่วนแคโรทีนอยด์ซึ่งได้แก่ แคโรทีน (carotene) และไลโคพีน (lycopene) จะให้สีเหลืองและแดงตามลำดับ

วิธีการวัดสีแบบต่างๆกัน เช่น

1. การตรวจสอบสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งวัดสีของวัตถุโดยการวัดปริมาณแสงที่สะท้อน หรือแสงที่ถูกดูดกลืน หรือแสงที่ผ่านลอดมาจากวัตถุที่ความยาวคลื่นหนึ่งๆ ในช่วงความยาวคลื่น 380-770 นาโนเมตร ใช้ความสัมพันธ์ของปริมาณสารให้สีกับปริมาณแสงที่บันทึกได้ นำมาคำนวณหาปริมาณสารให้สีที่อยู่ในวัตถุหนึ่งๆ เช่นการวัดสีในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ซึ่งจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดออกมาในรูปของสัดส่วนของเม็ดสีต่างๆที่อยู่ในเนื้อ เช่น ไมโอโกลบิน เมตไมโอโกลบินและออกซีไมโอโกลบิน เป็นต้น

2. การวัดสีโดยใช้ระบบ CIE ซึ่งเป็นวิธีการวัดสีที่กำหนดขึ้นโดยองค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยเรื่องของแสงและสี ระบบนี้จะวัดในรูปตัวแปร 3 ตัว คือ x,y,Y หรือเรียกว่า chromaticity coordinate ถ้าต้องการบอกสีในรูปของสีที่เห็นตามความรู้สึกของคนทั่วไปจะต้องนำค่า x,y ไปหาตำแหน่งบน Chromaticity Diagram

3. การวัดสีโดยใช้ระบบสีมันเซลล์ (Muncell Color System) ในระบบสีของมันเซลล์จะบอกค่าสีเป็น 3 ตัวแปรคือ

- Hue ใช้เรียกสีซึ่งมีความแตกต่างกัน เช่น แดง น้ำเงิน เหลือง โดยมีช่วงสเกลจาก 0-10 และมีการเรียงลำดับ
- Value หรือ lightness คือความสว่างของสี ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างแสงที่สะท้อนและแสงที่ถูกดูดกลืนโดยวัตถุ โดยไม่คำนึงว่าเป็นแสงที่ความยาวคลื่นใด การแบ่งสเกลเริ่มจาก 0 หรือสว่างน้อยจนเป็นสีดำ ถึง 10 คือสว่างมากจนเป็นสีขาว
- Chroma หรือ saturation หรือ purity เป็นสิ่งที่บอกถึงความสะท้อนของแสงที่ความยาวคลื่นที่กำหนด โดยบอกเป็นความเข้มข้นของสีซึ่งเปรียบเทียบว่าต่างจากสีเทาที่ค่า value เดียวกันอย่างไร สเกลของ chroma จะเป็นค่ามากกว่าศูนย์โดยค่ายิ่งมากแสดงว่ามีความเข้มของสีมาก

4. การวัดสีโดยใช้ระบบสีของฮันเตอร์ (Hunter Color System) ระบบสีของฮันเตอร์ประกอบด้วยตัวแปรของสี 3 ตัวคือ L a b ซึ่งมีความหมายดังนี้

L คือ ความสว่างของสีซึ่งมีค่าจาก 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว

a คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดง ที่อยู่ในตัวอย่าง โดยค่า a+ แสดงถึงความเป็นสีแดง ค่า a- แสดงถึงความเป็นสีเขียว

b คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่า b+ แสดงถึงความเป็นสีเหลือง และ b- แสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน

การวัดสีในระบบนี้มีเครื่องวัดสีคือ Hunter Color-Difference Meter ซึ่งวัดสีตัวอย่างออกมาเป็น L a และ b ค่าของสีในระบบต่างๆ ดังกล่าวสามารถเปลี่ยนปรับเป็นค่าของสีในระบบอื่นๆได้ นักวิทยาศาสตร์หลายท่าน ได้นำเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าสีทางกายภาพด้วยระบบต่างๆ มาใช้ในการวัดสีของมะเขือเทศ เช่น เครื่อง Hunter colorimeter และ Minolta chroma meters รุ่นต่างๆซึ่งระบุผลการวัดเป็นระบบ CIE (Y,x,y), CIELAB (L^*, a^*,b^*)

มะเขือเทศที่เปลี่ยนสีจากเขียวเป็นแดง ค่า L, a และ b ที่ได้เกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน โดยค่า L (ความสว่าง) ต่ำลง, ค่า a (เขียว-แดง) เปลี่ยนจาก a- เป็น a+ และค่า b (น้ำเงิน-เหลือง) มีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b+ ลดลง และเนื่องจากค่า a และ b ที่วัดได้มักเกิดการแปรปรวนและยังขึ้นกับการสอบเทียบของเครื่องมือที่ใช้วัดกับมาตรฐาน ดังนั้นค่าสีส่วนใหญ่จึงมักใช้เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างค่า a และ b

2.1.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

Total Soluble Solids (TSS) หรือ Soluble solid content (SSC) หมายถึงของแข็งทั้งหมดได้แก่ น้ำตาล กรดอินทรีย์ เกลือของกรดอินทรีย์ เกลือแกง(NaCl) โปรตีน และอื่นๆที่ละลายในส่วนที่เป็นน้ำของอาหาร ตัวอย่างเช่น ในน้ำส้มร้อยละ80 ของของแข็งที่ละลายน้ำได้ คือ คาร์โบไฮเดรต และครึ่งหนึ่งของคาร์โบไฮเดรตนี้คือ น้ำตาลซูโครส โดยมีน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตสในปริมาณเท่าๆกันรวมอยู่ด้วย ความหนาแน่นของสารละลายซูโครสร้อยละ 100 อย่างเดียว จะเท่าๆกับความหนาแน่นของสารละลายซูโครส กลูโคส ฟรุกโตส อย่างละเท่าๆกันรวมกัน แม้ว่า TSS จะหมายถึงของแข็งทุกชนิดที่ละลายได้ แต่ในทางปฏิบัติทั้งในแง่ความหนาแน่นและด้านควบคุมคุณภาพจะถือว่า TSS คือ น้ำตาล

การวัดค่า TSS มักอาศัยหลักการด้านการหักเหแสง มีสเกลในหน่วยร้อยละ บริกซ์ (%Brix) เครื่องมือที่อาศัยหลักการด้านการหักเหแสงได้แก่ refractometer ซึ่งมีหลายชนิด ได้แก่ Abbe refractometer (อ่านค่าเป็นดัชนีการหักเหแสงและ องศาบริกซ์มักมีระบบควบคุมอุณหภูมิด้วย) hand refractometer (อ่านค่าเป็นองศาบริกซ์) salinity refractometer (อ่านค่าเป็นร้อยละเกลือ) ทุกชนิดทำงานโดยอาศัยหลักการด้านการหักเหแสงจากตัวอย่างอาหารเข้าสู่ตัวปริซึม ทำให้เกิดบริเวณที่มืด (ไม่มีแสง) และบริเวณที่สว่าง (มีแสง) ตัวอย่างที่มีความเข้มข้นสูงจะหักเหแสงน้อย จะมีบริเวณที่มืดน้อย ตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่ำจะหักเหแสงมาก จะมีบริเวณที่มืดมาก วิธีใช้ง่ายๆคือ หยดตัวอย่าง 2-3 หยดบนปริซึม ปิดแผ่นรับแสงแล้วอ่านค่าบนสเกลของ refractometer จากเส้นเขตระหว่างพื้นที่มืดกับพื้นที่สว่าง

Brix Scale เสนอโดยนักคณิตศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ Adolf Ferdinand Wenceslaus Brix (1798-1870) ในปี 1854 ใช้ได้ทั้ง Brix และ degree Brix หรือ °Brix เดิมเคยใช้อุณหภูมิ 17.5 องศาเซลเซียสเป็นมาตรฐาน ต่อมา Domke (1912) เสนอให้ใช้ 20 องศาเซลเซียสเป็นมาตรฐานแทน Brix หรือ degree Brix หมายถึง ร้อยละTSS หรือ ร้อยละสารละลายน้ำตาลซูโครส โดยเครื่องมือต่างๆที่ใช้วัดในสเกลนี้จะเทียบจากสารละลายน้ำตาลซูโครสทั้งสิ้น

2.1.4 ความเป็นกรด-ด่างของมะเขือเทศ

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของมะเขือเทศควรอยู่ระหว่าง 4.0-4.5 ยิ่งมีค่าต่ำมะเขือเทศยิ่งมีรสเปรี้ยว พีเอชเป็นปัจจัยหนึ่งที่ผู้บริโภคใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจ โดย Cantwell (2000) กล่าวถึงค่าพีเอชของน้ำมะเขือเทศเมื่อเทียบกับสารประกอบอื่นแสดงดังตารางที่ 2.4 และค่าต่างๆที่วัดได้ของมะเขือเทศแสดงดังตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ค่าพีเอชของน้ำมะเขือเทศเปรียบเทียบกับผลไม้และน้ำผลไม้ชนิดต่างๆ

ผลไม้และน้ำผลไม้	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
Lime juice	2.00-2.35
Lemon Juices	2.00-2.60
Canberry Juice, canned	2.30-2.52
Pomegranate	2.93-3.20
Grapefruit Juice, canned	2.90-3.25
Tamarind	3.00
Strawberries	3.00-3.90
Pineapple	3.20-4.00
Peaches	3.30-4.05
Orange Juice, Florida	3.30-4.15
Orange Juice, California	3.30-4.19
Apple Juice	3.35-4.00
Guava, canned	3.37-4.10
Mangoes, ripe	3.40-4.80
Nectarine	3.92-4.18
Prune Juice	3.95-3.97
Tomato Juices	**4.10-4.60**
Lychee	4.70-5.01
Watermelon	5.18-5.60
Papaya	5.20-6.00

ที่มา: (เข้าถึงได้จาก: http://www.cfsan.fda.gov/~comm/lacf-phs.html (เมษายน 30, 2552))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบค่าต่างๆที่วัดได้ของมะเขือเทศแก่จัด เริ่มสุก และสุก

ระยะที่เก็บเกี่ยว	Soluble solids(%)	pH	Titratable acidity(%)	ß-carotene (µg/g)	Lycopene (µg/g)	Ascorbic Acid (mg/100 g)
Mature-green	2.37	4.20	0.28	0.0	0.0	12.5
Breaker	2.42	4.17	0.39	0.40	0.52	18.0
Red ripe	5.15	4.12	0.43	4.33	48.3	22.5

ที่มา : Cantwell (2000)

2.2 การแปรรูปผักและผลไม้เบื้องต้น (Minimally processed fruits and vegetables, Ready-to-use, Fresh-cut product or Pre-cut produce)

สมาคมผักผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภคของสหรัฐอเมริกา (International Fresh-Cut Produce Association, IFPA) ได้ให้คำจำกัดความ การแปรรูปผักและผลไม้เบื้องต้น คือ ผักหรือผลไม้ชนิดใดก็ได้ที่นำมาผ่านขั้นตอนทางกายภาพ ทำให้รูปร่างเปลี่ยนแปลงจากเดิม แต่ยังคงความใกล้เคียงของสดไว้

Roll และ Chism (1987) ได้ให้คำจำกัดความ การแปรรูปผักและผลไม้เบื้องต้น คือ การใช้ปฏิบัติการหน่วยย่อยทั้งหมดในการแปรรูปผักและผลไม้ เช่น ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก หั่น หรือตัดเป็นชิ้น

Wiley (1994) กล่าวว่า การแปรรูปผักและผลไม้เบื้องต้น คือ การปฏิบัติใดๆ ก็ตามหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้เพียงหนึ่งหรือหลายกระบวนการที่เหมาะสม เช่น การล้างทำความสะอาด การปอก การตัดแต่ง การซอยเป็นชิ้นเล็กๆ โดยที่ผักและผลไม้ยังมีชีวิตอยู่ การแปรรูปลักษณะนี้ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความบอบบาง ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคและเน่าเสียเร็วกว่าปกติ ซึ่งตรงข้ามกับการแปรรูปทั่วไป

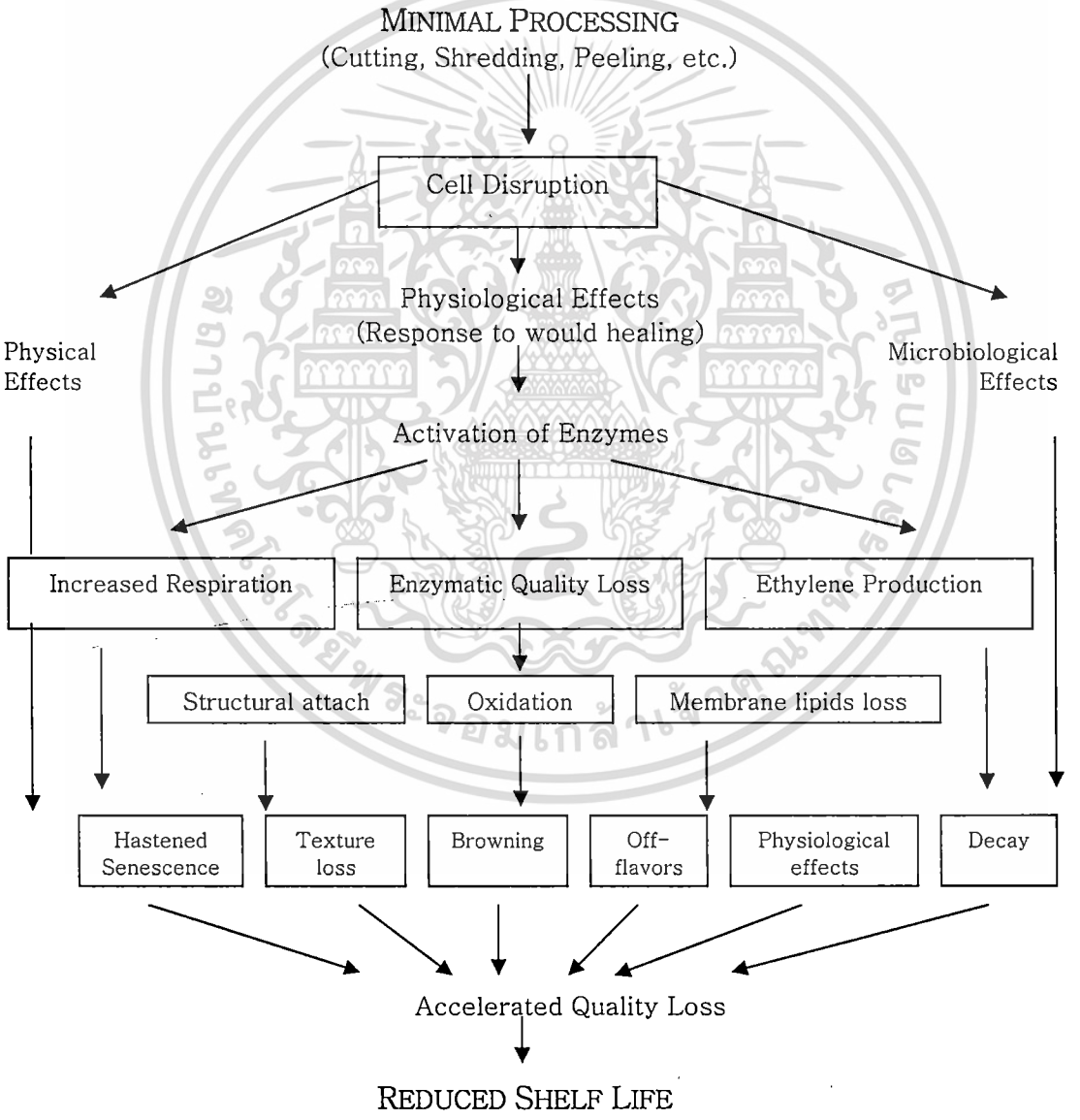
Watada และคณะ (1996) ให้ความหมาย การแปรรูปผักและผลไม้เบื้องต้น คือ การนำผักหรือผลไม้มาทำความสะอาด ปอกเปลือก เอาไส้หรือเมล็ดออก ตัดแต่ง ซอยหรือหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วบรรจุในภาชนะ เช่น ถาดโฟม ถุงหรือกล่องพลาสติก เป็นต้น แล้วนำไปวางจำหน่าย โดยวัตถุประสงค์ของการแปรรูปผักและผลไม้เบื้องต้นเพื่อตอบสนองผู้บริโภคที่ต้องการความสะดวกสบาย สามารถนำไปบริโภคได้ทันทีและทำให้ประหยัดเวลาด้วย

Barry-Ryan และ O'Beirne (1998) กล่าวว่า การแปรรูปผักและผลไม้เบื้องต้น คือ การนำผักหรือผลไม้สด มาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก สไลด์ ตัด หรือฝาน และบรรจุ จำหน่ายสู่ผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จริงแท้ ศิริพานิช (2537) ให้คำจำกัดความของการแปรรูปผักและผลไม้เบื้องต้นว่า คือ การปฏิบัติการใดๆ ภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก การตัดแต่ง การซอยเป็นชิ้นเล็กๆ การบรรจุ ฯลฯ โดยที่ผักและผลไม้สดยังมีชีวิตอยู่

แต่อย่างไรก็ตามจุดประสงค์การแปรรูปผักและผลไม้เบื้องต้น เป็นไปในทำนองสอดคล้องกัน คือ สะดวกต่อการนำไปใช้ พร้อมบริโภค คงคุณค่าทางโภชนาการและทางประสาทสัมผัส โดย Huxsoll และ Bolin (1989) กล่าวว่า มีจุดประสงค์หลัก 2 ประการที่การแปรรูปผักและผลไม้เบื้องต้นต้องทำให้ได้ คือ ผักและผลไม้เบื้องต้นพร้อมบริโภคต้องคงคุณค่าทางโภชนาการและระยะเวลาการเก็บรักษานานเพียงพอต่อการขนส่งไปให้ในผู้บริโภคท้องถิ่น



ภาพที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงของผักและผลไม้ที่เกิดขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ

ที่มา: Tien (2001)

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของผักและผลไม้แปรรูปเบื้องต้น

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของเนื้อเยื่อพืชมีผลกระทบต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของผักและผลไม้แปรรูปเบื้องต้น ผักและผลไม้แปรรูปเบื้องต้นเป็นเนื้อเยื่อพืชที่ยังคงมีชีวิตอยู่และมีอัตราการหายใจสูงขึ้นมากกว่าผักและผลไม้ที่ไม่ได้ผ่านการตัดแต่ง ซึ่งการแปรรูปโดยการปอกเปลือก การหั่นและการตัดแต่งทำให้เซลล์หรือเนื้อเยื่อของผลไม้ถูกทำลาย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างรวดเร็วมากกว่าผักและผลไม้ที่ยังไม่ผ่านการแปรรูป เช่น การหายใจ การผลิตเอทธิลีน การเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่นๆ เช่น การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลทำให้ผักและผลไม้แปรรูปเบื้องต้นเกิดการเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว และทำให้สารต่างๆรั่วไหลออกมาจากเซลล์ รวมทั้งสารประกอบฟีนอลซึ่งเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศจะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลขึ้น และจุลินทรีย์มีโอกาสเข้าทำลายเนื้อเยื่อพืชได้ (Tien, 2001) การเปลี่ยนแปลงผักผลไม้เมื่อผ่านกระบวนการตัดแต่งแสดงดังภาพที่ 2.2

2.3 อาการสะท้านหนาว (Chilling injury)

สายชล เกตุษา (2528) ได้ให้คำจำกัดความอาการสะท้านหนาว (chilling injury) คือ ความผิดปกติทางสรีระอย่างหนึ่ง ลักษณะอาการของพืชที่ได้รับอันตรายและปรากฏให้เห็นอาจจะเป็นอย่างเดียวหรือหลายอย่างรวมกัน อาการเหล่านี้ได้แก่ การเน่าเสีย การสุกที่ผิดปกติ รอยบุ๋ม และ มีสีผิดปกติ

จริงแท้ ศิริพานิช (2537) ได้ให้คำจำกัดความอาการสะท้านหนาว คือ ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผักหรือผลไม้เนื่องจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง (chilling temperature) พืชเมืองร้อนส่วนใหญ่จะเกิดอาการผิดปกติขึ้นเมื่อเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12-15 องศาเซลเซียส ซึ่งอาการผิดปกติจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของผลผลิตนั้นๆแสดงดังตารางที่ 2.6

2.3.1 ลักษณะอาการสะท้านหนาว

ของผลิตผลที่เกิดจากอุณหภูมิต่ำมักจะเกิดรุนแรงเมื่อนำออกมาสู่อุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิที่ทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว อาการที่เกิดขึ้นกับผลิตผลพอสรุปได้ดังนี้ (ดนัย บุญยเกียรติ, 2540)

1) การยุบตัวของผิว (Surface pitting) เป็นอาการที่ผิวของผลิตผลยุบตัวลงเป็นแห่งๆ บริเวณที่ยุบตัวลงอาจมีผิดปกติไปจากเดิม นอกจากนั้นผลิตผลจะมีการสูญเสียน้ำมาก ทำให้จุดน้ำขยายใหญ่ขึ้น ซึ่งอาจพบมากในมะเขือเทศ (Whitaker, 1993) อะโวกาโด (Sanxter *et al.*, 1994)

2) การฉ่ำน้ำ เกิดจากการสลายตัวของโครงสร้างเซลล์ผิวของผลิตผล ทำให้เนื้อเยื่อมีสีคล้ำฉ่ำน้ำ มักเกิดร่วมไปกับการปล่อยสารบางชนิดออกจากเซลล์ ซึ่งทำให้จุลินทรีย์สามารถเข้าทำลายทำให้เกิดการเน่าเสีย อาการฉ่ำน้ำมักเกิดร่วมกับส่วนของใบ ซึ่งต่อมาใบจะเหี่ยวและแห้งไปในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การเปลี่ยนสีของเนื้อและเปลือก สีของเนื้อและเปลือกจะเปลี่ยนไป เนื้อของผลไม้บางชนิดที่ได้รับอุณหภูมิต่ำจะเปลี่ยนจากสีปกติเป็นสีน้ำตาลโดยมักจะเกิดขึ้นรอบๆ ท่อน้ำและท่ออาหาร การเปลี่ยนสีในลักษณะนี้อาจเป็นเพราะกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ที่ออกซิไดส์สารประกอบฟีนอลที่มีอยู่ภายในเซลล์ เช่น ส้มเขียวหวาน (*Citrus reticulata.*)ที่มีจุดน้ำตาลที่ผิวผล ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารประกอบฟีนอล ซึ่งเป็นเหตุผลให้มีการตายของเนื้อเยื่อเกิดขึ้น (Martinez-Tellez and Lafuente, 1993)

ตารางที่ 2.6 อาการสะท้านหนาวและอุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถเก็บรักษาผลิตผลบางชนิดได้โดยไม่เกิดอาการสะท้านหนาว

ชนิดของผลิตผล	อุณหภูมิต่ำสุด(องศาเซลเซียส)	อาการ
อะโวกาโด	5-12	Pitting เนื้อและท่อน้ำท่ออาหารเป็นสีน้ำตาล
กล้วย	12	ผิวมีสีเส้นน้ำตาลเกิดขึ้น
แตงกวา	7	สีคล้ำ มีอาการฉ่ำน้ำเป็นบางจุด
มะเขือ	7	Surface scald
มะนาวฝรั่ง	10	Pitting ที่เปลือก และมีสีน้ำตาลบริเวณที่เนื้อเยื่อยุบตัว
มะนาว	7	Pitting
มะม่วง	5-12	ผิวมีสีคล้ำอาจจะเกิดปื้นสีน้ำตาล
เมลอน	7-10	Pitting และอ่อนแอต่อเชื้อจุลินทรีย์
มะละกอ	7	Pitting และเกิดอาการช้ำเน่าเป็นบางจุด
สับปะรด	6-10	เนื้อมีสีน้ำตาลหรือดำ
มะเขือเทศ	7-12	Pitting และอ่อนแอต่อเชื้อ *Alternaria sp.*

ที่มา : ดนัย บุญยเกียรติ (2540)

4) การสลายตัวของเนื้อเยื่อ ทำให้มีสารแมทอบอไลต์ต่างๆ เช่น กรดอะมิโน น้ำตาล และแร่ธาตุต่างๆ ถูกปล่อยออกมาจากเซลล์ ทำให้จุลินทรีย์เข้าทำลายต่อได้ง่าย ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการเน่าเสียมากขึ้น การวัดความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์สามารถกระทำได้โดยวัดการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ ซึ่งพบว่า มีค่าสูงขึ้นเมื่อเกิดอาการสะท้านหนาว (L'Heureux *et al.*, 1993) King และ Ludford (1983) รายงานว่า มะเขือเทศพันธุ์ที่อ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำที่เก็บเกี่ยวที่ระยะผลแก่ดิบ แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 7 และ 15 วันเกิดการรั่วไหลของสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์มากกว่าสายพันธุ์ที่ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำ McCollum และ McDonald (1991) รายงานว่า มะเขือเทศพันธุ์ที่อ่อนแอต่ออาการสะท้านหนาวมีการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ สูงกว่าพันธุ์ที่ต้านทานอาการสะท้านหนาวประมาณนาน 2 สัปดาห์ ผลมะเขือเทศแสดงอาการสะท้านหนาวเกิดขึ้นและมีค่าการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ สูงกว่าผลที่ไม่แสดงอาการสะท้านหนาว ธเนศวร์ ศรีระแก้ว (2541) รายงานว่า การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ สามารถบ่งชี้ความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวได้ โดยพบว่า การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ เพิ่มขึ้น เมื่อผลมะม่วงโชคอนันต์แสดงอาการสะท้านหนาว

5) การเสื่อมคุณภาพของเนื้อผลผลไม้ดิบที่แก่จัดหลายชนิด เมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลานาน อาจจะเสียความสามารถที่จะสุกเมื่อนำไปบ่ม เช่น กล้วย และมะละกอ (Couey, 1982) นอกจากนี้ผลมะม่วงที่แสดงอาการสะท้านหนาวมักจะมีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ เช่น มะม่วงพันธุ์ Julie ที่แสดงอาการสะท้านหนาวโดยมีสีผิวผิดปกติ บริเวณผิวยุบตัว สีของเนื้อ และรสชาติของเนื้อไม่ดี มีปริมาณของกรดซิตริกสูง คือร้อยละ 1.19 ในขณะที่ผลสุกปกติมีปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.65 ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่า 22 องศาบริกซ์ และการยอมรับของผู้บริโภคต่ำกว่าผลมะม่วงที่สุกทันทีหลังจากเก็บเกี่ยว (Sankat *et al.*, 1994)

6) เสื่อมสภาพเร็วขึ้น เช่น มะม่วงที่แสดงอาการสะท้านหนาวเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วและอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรค (ธเนศวร์ ศรีระแก้ว, 2541)

7) มีอายุการเก็บรักษาสั้นลง อันเนื่องจากสาเหตุที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

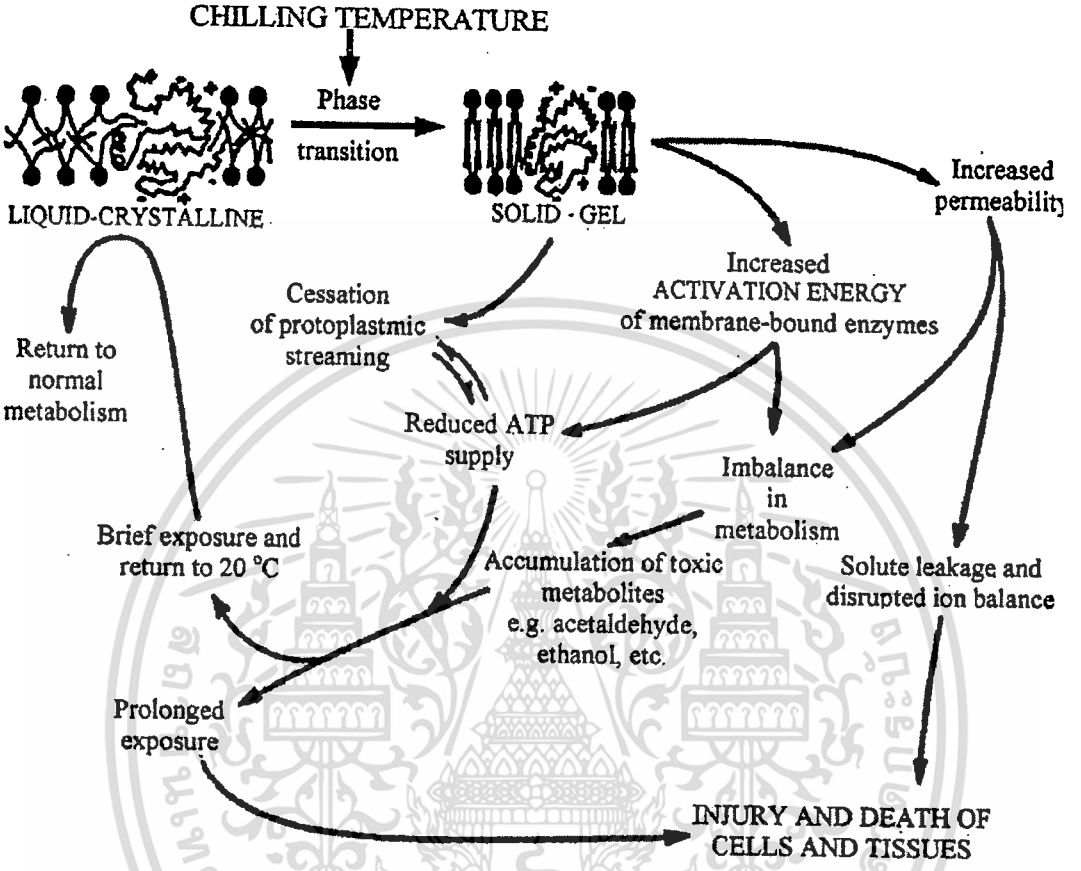
8) ส่วนประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลงไป มักมีกลิ่นและรสชาติผิดปกติไปจากเดิม

9) ขาดคุณสมบัติในการเจริญต่อเนื่อง เช่น ไม่สามารถงอกได้ ซึ่งจะส่งผลเสียไปถึงส่วนขยายพันธุ์ของพืชต่างๆที่เก็บรักษาในสภาพที่อุณหภูมิต่ำเกินไป

เมื่อพิจารณาในระดับเซลล์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและองค์ประกอบของเยื่อหุ้ม (membrane)เกิดการรั่วไหลของอิเลคโตรไลต์ เกิดการหดตัวของเยื่อหุ้มเนื่องจากการสูญเสียน้ำ (plasmolysis)เกิดการปลี่ยนแปลงขบวนการเมตาบอลิซึม (Nilsen and Orcutt, 1996) เยื่อหุ้มต่างๆเสื่อมสภาพลง ทำให้ substrate มีโอกาสสัมผัสกับเอนไซม์ได้โดยขาดการควบคุม ทำให้เซลล์ขาดความสมดุลและตายในที่สุด (จริงแท้ ศิริพานิช, 2537; Nilsen and Orcutt, 1996) โดยสมมุติฐานการเกิด chilling injury ในพืชแสดงดังภาพที่ 2.3 (Lyons, 1973) ซึ่งเป็นการแสดงสภาพของเยื่อหุ้ม โดยในสภาพปกติจะมีสภาพกึ่งเหลว มีความสามารถในการไหล (fluidity) สูง ทำให้สามารถควบคุมการผ่านเข้า-ออก ของสารต่างๆได้ เมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาต่ำลง พืชที่มีความไวต่อการเกิดอาการ chilling injury สูง ได้แก่ พืชในเขตร้อนและกึ่งร้อน membrane-lipid ที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มจะเปลี่ยนสภาพเป็นกึ่งแข็ง (solid gel) ที่มีความสามารถในการไหลต่ำ การเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้เกิดช่องว่างหรือรอยแตกบนเยื่อหุ้ม ทำให้เกิดการผ่าน-เข้าออกของสารต่างๆเพิ่มขึ้น หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เยื่อหุ้มมีความสามารถในการจำกัดการผ่านเข้าออกของสารลดลง ซึ่งนำไปสู่ความไม่สมดุลของสารไอออนภายในเซลล์



ภาพที่ 2.3 สมมุติฐานการเกิดการอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ในพืช

ที่มา : Lyons (1973)

2.3.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอาการสะท้านหนาว

สายชล เกตุษา (2528) กล่าวว่า มีอยู่ 3 ปัจจัย คือ อุณหภูมิ ระยะเวลาที่ถูกอุณหภูมิต่ำ และชนิดของพืช โดยอุณหภูมิสูงสุดที่ชักนำให้เกิดอาการสะท้านหนาวกับพืชทั่วไป คือ 10 องศาเซลเซียส พืชบางชนิดอาจเกิดอาการสะท้านหนาวที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้

ดนัย บุญยเกียรติ (2540) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอาการสะท้านหนาว ได้แก่

1. ระยะความแก่ กล่าวคือ ผลไม้สุกมีความต้านทานต่ออาการสะท้านหนาวมากกว่าผลไม้ที่ยังไม่สุก ส่วนผลไม้ที่ยังไม่สุกถ้าผ่านอุณหภูมิอาการสะท้านหนาวจะไม่สุก หรืออาการสุกได้แต่คุณภาพไม่ดี หรืออาจสุกช้ากว่าปกติ เช่น การเก็บรักษาพริกหวานพันธุ์ Bison และ Doria ที่สุกไว้ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ พบว่า พริกหวานที่สุกไม่แสดงอาการสะท้านหนาว ขณะที่พริกหวานระยะแก่จัดมีสีเขียว แสดงอาการสะท้านหนาว (Lin *et al.*, 1993)

2. คาร์บอนไดออกไซด์ ในสภาวะที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูง จะช่วยลดความอ่อนแอของผลิตผลต่ออาการสะท้านหนาวได้ ซึ่งพบได้ในผลมะม่วงและผลอะโวกาโด เช่น การเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ถึงร้อยละ 20 ในระหว่างการเก็บรักษาผลอะโวกาโดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ช่วยลดอาการสะท้านหนาวได้ (Marcellin and Chaves, 1983)

3. ลักษณะทางพันธุกรรม ผลิตผลที่ผลิตได้จากแหล่งต่างกันหรือพันธุ์ต่างกันอาจแสดงอาการสะท้านหนาวแตกต่างกันได้ ถึงแม้จะเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิเดียวกันก็ตาม โดยเฉพาะผลผลิตเมืองร้อน ส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์จะต่างไปจากผลิตผลเขตอบอุ่น จึงทำให้มีความอ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำ

4. ธาตุอาหาร การแทรกซึม (infiltration) ของสารละลายแคลเซียมเข้าไปในผลอะโวกาโดจะช่วยลดอาการสะท้านหนาวได้ นอกจากนี้การจุ่มผลแอปเปิลลงลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์หลังการเก็บเกี่ยวสามารถลดอาการสะท้านหนาวของแอปเปิลพันธุ์ Jonathan ได้ แคลเซียมอาจจะเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ ธาตุอาหารที่ปรากฏอยู่ในต้นและผลแอปเปิลมีผลกระทบต่ออาการสะท้านโดยตรง เช่น ผลแอปเปิลซึ่งมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและแคลเซียมต่ำจะอ่อนแอต่ออาการสะท้านหนาว

5. การทำให้ผลผลิตเคยชินต่ออุณหภูมิต่ำ (acclimation) พืชบางชนิดที่ได้รับความเย็นเป็นช่วงสั้นๆ แต่ไม่ใช่ที่อุณหภูมิที่ทำให้เกิดอาการสะท้านหนาวจะทำให้เนื้อเยื่อชิน (acclimate) ต่ออุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะช่วยลดความอ่อนแอต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวได้

ผลมะเขือเทศจัดเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่อ่อนแอต่ออาการสะท้านหนาว เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7 ถึง 12 องศาเซลเซียส ผลมะเขือเทศจะแสดงอาการผิดปกติที่ผิว เช่น มีสีผิวผิดปกติ ผิวสาก ไม่มัน ภายในมีน้ำมากกว่าปกติ มีกลิ่นหมัก ผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีสีผิวผิดปกติเมื่อเกิดอาการสะท้านหนาว และการเกิดอาการสะท้านหนาวจะผันแปรขึ้นอยู่กับพันธุ์ของมะเขือเทศด้วย (Dodd *et al.*, 1991)

2.3.3 การลดอาการสะท้านหนาว

การลดความรุนแรงของความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำหรือ chilling injury สามารถทำได้หลายวิธี เช่น

1. สภาพดัดแปลงบรรยากาศ (modified atmosphere, MA) เช่น การเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในถุงพลาสติกชนิด polypropylene (PP) ซึ่งมีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 12.38-14.94 ออกซิเจนร้อยละ 8.91-10.72 สามารถลดอาการ chilling injury และชะลอการสุกในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสได้ (มาโนชญ์ กูลพฤกษี, 2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2. การใช้อุณหภูมิสลับ (intermittent warming) เช่น ในระหว่างการเก็บรักษามะเขือเทศที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 28 วันและนำออกมาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 1วันต่อสัปดาห์ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าสามารถป้องกันอาการ chilling injury และอาการเสื่อมเสียได้รวมทั้งชะลอการเปลี่ยนสีผิวจากสีเขียวไปเป็นสีแดง (Artes and Escriche, 1994) ส่วนการเก็บรักษาผล nectarine พันธุ์ Fantasia ที่ผ่านการใช้อุณหภูมิสลับที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 2 วัน หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสทุกๆวัน 2 สัปดาห์ เมื่อเก็บรักษาผล nectarine เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าผล nectarine มีการสุกอย่างปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับผล nectarine ที่ไม่ได้ผ่านการใช้อุณหภูมิสลับ ซึ่งพบอาการเปลี่ยนเนื้อเยื่อสภาพเป็นลักษณะของเหลวข้น (mealy) ระหว่างการสุกและพบว่าในระหว่างการสุกของผล nectarine ที่ผ่านการใช้อุณหภูมิสลับไม่มีการสลายตัวของเพคตินเพิ่มขึ้น (Dawson *et al.*, 1995) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้อุณหภูมิสลับสามารถลดอาการ chilling injury ได้ในพืชอีกหลายชนิด เช่น ในผล grapefruit พันธุ์ Mash และ Ruby red (Hatton and Cubbedge, 1982) ผล squash พันธุ์ Zucchini (Kamer and Wang, 1989) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้

2.4 ผลของความร้อนต่อผลิตผลก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

Lurie (1998) กล่าวว่า การใช้ความร้อน (heat treatment) เพื่อป้องกันและยับยั้งการเกิดและการเจริญเติบโตของโรคและแมลงศัตรูในผลไม้ได้มีการใช้มาเป็นเวลานาน แต่วิธีการได้พัฒนาไปอย่างช้าๆ เนื่องจากนิยมใช้สารเคมีฆ่าเชื้อโรคแทน เพราะสะดวกรวดเร็วและหาง่าย แต่ปัจจุบันการใช้สารเคมีมีข้อจำกัดในเรื่องสารพิษตกค้างในผลไม้ จึงนำวิธีการใช้ความร้อนแทนการใช้สารเคมี ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น การใช้น้ำร้อน (hot water) ไอน้ำร้อน (vapor heat) อากาศร้อน (hot air) ความแตกต่างของแต่ละวิธีการได้แก่ การถ่ายเทความร้อน ซึ่งการใช้น้ำร้อนจะทำให้ผลิตผลได้รับความร้อนอย่างรวดเร็วกว่าอากาศร้อน เพราะสัมผัสกับผลิตผลได้มากกว่า การใช้ความร้อนสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. Short-term heat treatment โดยจุ่มผลิตผลในน้ำร้อนอุณหภูมิเกิน 40 องศาเซลเซียส (โดยเฉลี่ยที่ 44-55 องศาเซลเซียส) เป็นช่วงเวลาสั้น (ในหน่วยนาที ถึง 1 ชั่วโมง)

2. Long-term heat treatment โดยจุ่มผลิตผลในน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 38-46 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ถึง 4 วัน

การใช้ความร้อนเพื่อฆ่าแมลงศัตรู โดยมากมักใช้อุณหภูมิที่สูงมากคือ 45-65 องศาเซลเซียส ซึ่งบางครั้งการใช้ความร้อนนี้ทำให้ผลิตผลเกิดความเสียหาย จึงใช้อุณหภูมิประมาณ 38-46 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานแทนการใช้อุณหภูมิสูง

การใช้ความร้อนนอกจากมีผลในการควบคุมโรคและแมลงหลังการเก็บเกี่ยวแล้ว ยังพบว่าการใช้ความร้อนก่อนการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและกระบวนการทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
115289

ชีวเคมีต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยสามารถชะลอกระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นให้ช้าลง

2.4.1 ผลของความร้อนต่อผลิตผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในระหว่างการเก็บรักษา

1. ผลของความร้อนต่อการหายใจ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการหายใจจะสูงขึ้น โดยวัดจากการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ โดย Klein และ Lurie (1991) รายงานว่า อัตราการหายใจสูงขึ้นเมื่อผลสุกและเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผลถูกเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยการวางผลมะเขือเทศและแอปเปิล ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน ทำให้คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น แต่การผลิตเอทธิลีนลดลง และเมื่อย้ายมาวางยังอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส การผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงร้อยละ 80 อย่างไรก็ตามการใช้อุณหภูมิสูงมากเกินไปมีผลให้กระบวนการหายใจถูกยับยั้งได้

2. ผลของความร้อนต่อความแน่นเนื้อ อุณหภูมิสูงมีผลต่อการชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อของผลหรือชะลอการอ่อนนิ่มของผล โดยมีการศึกษาในผลมะเขือเทศพบว่าในสภาพอุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส ผลจะมีความแน่นเนื้อลดลงช้ากว่าเก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (Biggs *et al.*, 1988) นอกจากนี้ยังพบว่าการให้ผลได้รับอุณหภูมิสูงพอเหมาะก่อนการเก็บรักษาผลมีผลทำให้ชะลอการอ่อนนิ่มและยืดอายุการเก็บรักษาผลได้ เช่นการเก็บรักษาผลแอปเปิลไว้ที่ 38 องศาเซลเซียส นาน 3-4 วัน แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียน นาน 6 เดือน ยังมีความแน่นเนื้อสูงและมีอายุการวางที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นาน 7-10 วัน (Klein and Lurie, 1991)

3. ผลของความร้อนต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS หรือ SSC) โดยปกติผลของความร้อนจะไม่ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ในผลไม้แตกต่างกัน ซึ่ง McCollum และคณะ(1993) พบว่ามะม่วงที่เก็บที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ไม่เกิน6 วัน จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับในการทดลองของ Lurie และ Klein (1990) ซึ่งเก็บผลแอปเปิลพันธุ์ Anna ไว้ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน หลังจากนั้นจึงนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่เปลี่ยนแปลง อาจเนื่องมาจากการแตกตัวของแป้งไม่ได้รับผลเนื่องจากการใช้ความร้อนและจากรายงานของ Klein และ Lurie (1991) พบว่าแม้ว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ในผลที่ได้รับความร้อนจะไม่แตกต่างจากผลที่ไม่ได้รับความร้อน แต่ผลมะเขือเทศที่ได้รับอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงกว่าผลที่ไม่ได้รับความร้อน

4. ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงสี ความร้อนมีผลต่อการลดการเปลี่ยนสีได้ จากสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือม่วงแดง การยับยั้งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และการสังเคราะห์ไลโคพีน จะเกิดขึ้นเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แต่เมื่อย้ายผลมาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และไลโคพีน เป็นไปตามปกติพร้อมๆกับการสุกของผล (Lurie *et al.*, 1996) การสุกของแอปเปิลคือการเปลี่ยนแปลงสีผิว จากสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือม่วงแดง เมื่อให้อุณหภูมิสูงก่อนการเก็บรักษาช่วยลดอัตราการเปลี่ยนสี (Klein and Lurie, 1990) คลอโรฟิลล์ที่อยู่ในเซลล์ชั้นผิว (epidermis) ลดลงเมื่อไว้ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส แต่เพิ่มขึ้นเมื่อย้ายไปไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (Lurie and Klein, 1990) มะเขือเทศที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียสยังคงมีสีเขียวตามปกติ(Klein and Lurie, 1991) การยับยั้งการสลายของคลอโรฟิลล์ การสังเคราะห์ไลโคพีนถูกยับยั้งเมื่อไว้ที่อุณหภูมิ30 องศาเซลเซียส และเมื่อนำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส การยับยั้งจะกลับคืนมาทำให้ผลสุกช้าตามปกติ แต่การสุกจะช้ากว่าผลที่ไม่ได้รับอุณหภูมิสูง แม้ว่าผิวผลไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีพร้อมกับการสุก และสามารถยับยั้งการเกิดโรคในผลแอปเปิลที่ได้รับอุณหภูมิสูง (Lurie and Klein, 1990)

5. ผลของความร้อนต่อการชักนำให้มีความต้านทานอาการสะท้านหนาว (chilling injury) มีรายงานว่าพืชชั้นสูงสามารถทนต่อสภาพอุณหภูมิต่ำๆภายหลังการได้รับอุณหภูมิสูงได้ (Lindquist, 1986) และการทำให้พืชได้รับสภาพเครียดอย่างหนึ่งมีผลไปป้องกันสภาพเครียดอีกอย่างหนึ่งได้ เช่น การให้รับสภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อน (heat stress) อาจป้องกันผลไม้ไม่ให้ได้รับอันตรายจากอุณหภูมิต่ำได้ เช่น ผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 36 ถึง 40 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 3 สัปดาห์ ไม่แสดงอาการสะท้านหนาวแต่ผลมะเขือเทศที่ไม่ได้เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส จะแสดงอาการสะท้านหนาวโดยใต้ผิวของผลมะเขือเทศมีสีน้ำตาลเกิดขึ้น (Klein and Lurie, 1991) ผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาที่ 2 องศาเซลเซียส โดยไม่ได้แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที เกิดอาการสะท้านหนาวขึ้นโดยผลจะเน่าก่อนการสุก (McDonald and McCollum, 1996)

Florissen และคณะ (1996) รายงานว่า ผลของการใช้ความร้อนจะช่วยป้องกันการเกิดอาการสะท้านหนาว โดยชักนำให้เกิด heat shock proteins (HSP) ระหว่างที่ได้รับความร้อน ซึ่ง HSPs จะช่วยป้องกันเอนไซม์และโปรตีนไม่ให้เสียหายหรือหยุดการทำงานในขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งมีรายงานว่า มะเขือเทศที่ได้รับอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน ก่อนการเก็บรักษาแสดงอาการสะท้านหนาวลดลง และผลมะเขือเทศที่ได้รับอุณหภูมิสูงมี HSPs เพิ่มขึ้น ทำให้ทนต่ออาการสะท้านหนาวได้ (Lurie *et al.*, 1993)

นอกจากการใช้อุณหภูมิสูงเพื่อลดอาการสะท้านหนาวแล้ว อุณหภูมิสูงยังช่วยการควบคุมการนิ่มและการเปลี่ยนแปลงอื่นๆที่มีผลต่อคุณภาพของผลไม้ โดยมีการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (Poovaiah *et al.*, 1988) เนื่องจากแคลเซียมเป็นสารอาหารที่ไม่เป็นพิษต่อเซลล์พืชและเซลล์พืชทนต่อแคลเซียมความเข้มข้นสูงภายนอกเซลล์ได้ (Palta and Lee-stademan, 1983)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้

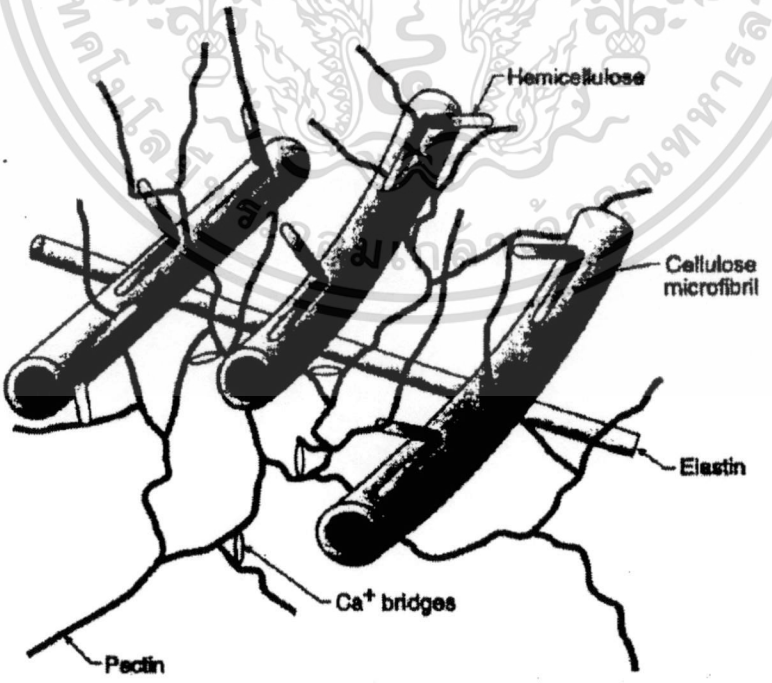
จริงแท้ ศิริพานิช (2541) กล่าวว่า การดูดซึมและการขนส่งแคลเซียมไปยังส่วนต่างๆ ของลำต้นพืช ทั้งการให้ทางดิน และการฉีดพ่นทางใบ ซึ่งพบว่าพืชมีปัญหาในการขนส่งแคลเซียมไปยังส่วนต่างๆ เนื่องจากการที่พืชจะดูดซึมแคลเซียมไปใช้ในรูปไดวาเลนต์แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) จึงทำให้แคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายทางท่ออาหารได้ยากและเมื่อแคลเซียมอยู่ในเนื้อเยื่อพืชแล้วไม่ค่อยเคลื่อนย้ายไปยังส่วนอื่น

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ (2544) กล่าวว่า แคลเซียม (Calcium, Ca) เป็นโลหะ alkaline ที่มีอยู่ในธรรมชาติพบได้ทั่วไปในพืชและสัตว์ แคลเซียมที่พืชดูดซึมไปใช้อยู่ในรูปของไดวาเลนต์แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายยาก ดังนั้นเมื่อ Ca^{2+} อยู่ในเนื้อเยื่อพืชจะไม่ค่อยเคลื่อนย้ายไปยังส่วนอื่น

2.5.1 หน้าที่ของแคลเซียมในพืช สามารถสรุปได้ดังนี้ (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544)

1. เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ในรูปของแคลเซียมแพคเทต (calcium pectate) ซึ่งเกิดจากแคลเซียมไอออนเชื่อมกับเพคติก (pectic acid) ในมิดเดิลลาเมลลา (middle lamella) ของผนังเซลล์ เกิดเป็น Ca^{2+} bridge ทำให้เนื้อเยื่อพืชมีโครงสร้างที่แข็งแรง แสดงดังภาพที่ 2.4

2. เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมตาโบลิซึม (metabolism) การสร้างนิวเคลียสและไมโตคอนเดรีย ตลอดจนการแบ่งเซลล์และการขยายตัวของเซลล์



ภาพที่ 2.4 องค์ประกอบหลักของผนังเซลล์และการยึดเกาะของแคลเซียมไอออน
ที่มา : Nilsen และ Orcutt (1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ช่วยทำให้เมมเบรนของเซลล์มีโครงสร้างและหน้าที่สมบูรณ์โดยเกี่ยวข้องกับการควบคุมการเข้าออกของสารบางชนิดในเซลล์ (permeability)

4. มีบทบาทต่อเอนไซม์บางชนิด โดยเป็นองค์ประกอบในเอนไซม์

แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย เช่น ใช้เป็นสารกันเสีย (preservative) และ สารช่วยคงความแน่นเนื้อ (firming agent) ในอุตสาหกรรมผักและผลไม้หลายชนิดทั้งประเภทผลและแปรรูปเบื้องต้น การใช้ประโยชน์จากแคลเซียมคลอไรด์อาจมีรสขม (bitterness) และกลิ่นรสไม่ดี (off-flavours) เนื่องจากคลอรีนที่ตกค้างอยู่บริเวณผิวของผักและผลไม้ (Bolin and Huxsoll, 1989; Ohlsson, 1994)

calcium lactate, calcium propionate and calcium gluconate ใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกับแคลเซียมคลอไรด์ เช่น ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส แต่ไม่มีรสขม และกลิ่นรสไม่ดี (Yang and Lawsless, 2003) นอกจากนั้นยังมีการใช้แคลเซียมในรูปของ calcium amino acid chelate ซึ่งมีประโยชน์ทางโภชนาการสูง Lester และ Grusak (1999) ใช้ calcium chelate กับผลแตงพันธุ์ Honeydew พบว่าสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ นาน 2 เท่าของปกติ

2.5.2 การนำแคลเซียมมาใช้หลังการเก็บเกี่ยวทำได้ดังนี้

1. การจุ่ม (Dip)

2. การจุ่มร่วมกับการใช้ความดัน (pressure infiltration)

3. การจุ่มภายใต้สภาวะสุญญากาศ (vacuum infiltration)

โดยปล่อยให้แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) แทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อผลทางเลนติเซล (lenticle) หรือรอยแตกต่างๆ (cracks) ของเนื้อเยื่อชั้น epidermis พบว่าปริมาณแคลเซียมในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ผลิตผลมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นและสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น (Siddiqui and Bangerth, 1993) ซึ่งปริมาณของแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ในเนื้อเยื่อจะเพิ่มมากหรือน้อยจะขึ้นกับชนิดและพันธุ์ของผลิตผล สภาพของแคลเซียมในผล และความร้อนต่อการเก็บเกี่ยว อุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายแคลเซียมระหว่างการใช้ และความเข้มข้นของแคลเซียมในสารละลาย (Sams and Conway, 1993)

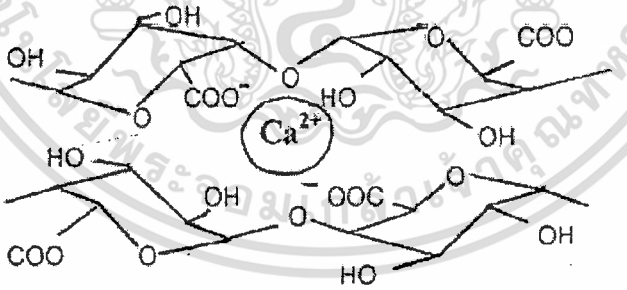
2.5.3 ผลของสารละลายแคลเซียมต่อผลิตผล สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลของแคลเซียมต่อความแข็งแรงและความสมบูรณ์ของเซลล์ แคลเซียมเป็นธาตุอาหารรองที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต การพัฒนาของพืช และคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว รวมถึงการรักษาหรือทำให้กระบวนการต่างๆในเซลล์ให้สูงหรือต่ำลงได้ โดยพบว่าแคลเซียมมีความสำคัญต่อโครงสร้างและหน้าที่ของผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ (Palta, 1997) ซึ่งในกระบวนการอ่อนตัวของผลไม้นั้นจะเกิดการสูญเสียเพคตินในบริเวณช่องต่อระหว่างเซลล์ (middle lamella) และผนังเซลล์ ซึ่งทำให้สูญเสียความสมบูรณ์ของเซลล์ เมื่อมีการให้แคลเซียมกับผลไม้ แคลเซียมส่วนหนึ่งจะเข้าไปอยู่บริเวณ middle lamella และผนังเซลล์เกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้าม (crosslink) ระหว่างหมู่คาร์บอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซิล (carboxyl group) บนสายโพลีกาแลคทูโรไนด์ (polygalacturonides) และประจุคู่ของแคลเซียมไอออน โดยแคลเซียมไอออนทำหน้าที่ดึงหมู่คาร์บอกซิลบนสายโพลีกาแลคทูโรไนด์สายหนึ่งให้จับกับหมู่คาร์บอกซิลของสายโพลีกาแลคทูโรไนด์อีกสายหนึ่ง เกิดเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า egg-box model ดังภาพที่ 2.5 เกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมเพคเตท ซึ่งไม่ละลายน้ำ (Luna *et al.*, 1999; Grant *et al.*., 1973) Vaz Richardson (1985) ได้ทดลองโดยการใช้แคลเซียมโดยตรงต่อผลแพร์หลังการเก็บเกี่ยวพบว่าสามารถควบคุมการพัฒนาอาการผิดปกติของผลระหว่างการเก็บรักษาได้

สารละลายแคลเซียมคลอไรด์สามารถช่วยปรับปรุงความกรอบของเนื้อผลไม้ก่อนการตัดแต่งหรือหลังการตัดแต่งได้ โดยช่วยให้เนื้อเยื่อของผลไม้มีความแข็งแรงและทนต่อการย่อยของเอนไซม์ที่หลั่งออกมาจากเนื้อเยื่อที่เสียหายจากการตัดแต่ง โดยถ้าใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นมาก ความกรอบก็เพิ่มมากขึ้นและเวลาที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1 ถึง 2 นาที อาจมีการเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ให้สูงขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะช่วยให้แคลเซียมสามารถแพร่ผ่านเข้าสู่ภายในเนื้อเยื่อของผลไม้ได้มากขึ้น โดยอุณหภูมิที่ใช้ไม่ควรสูงเกิน 60 องศาเซลเซียส (Luna *et al.*, 1999) เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำให้เนื้อเยื่อผลไม้เกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนทำให้สูญเสียความกรอบและลักษณะปรากฏที่สวยงามไป ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสแตกต่างกันไปตามชนิดของผลไม้



ภาพที่ 2.5 การเกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้าม (crosslink) ระหว่างหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group)และแคลเซียมไอออน เกิดเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า egg-box model

ที่มา: Luna และคณะ (1999); Grant และคณะ (1973)

โดยทั่วไปแล้วความเข้มข้นที่เหมาะสมอยู่ระหว่างร้อยละ 0.1 ถึง 1 หากใช้ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์สูงเกินไปอาจทำให้เกิดรสขมในเนื้อผลไม้ได้ (Fortuny and Belloso,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2003) นอกจากนี้ Ca^{2+} ยังช่วยคงสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์โดยการเชื่อมโยงระหว่างหมู่ phosphate และ carboxylate ของ phospholipid ที่ผิวของเยื่อหุ้มเซลล์ (Legge *et al.*, 1982) ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์สามารถรักษาการควบคุมการผ่านเข้า-ออกของสารต่างๆได้ ซึ่งจากการทดลองพบว่าการให้แคลเซียมจากภายนอกเข้าสู่ผลแอปเปิลพันธุ์ Golden delicious สามารถลดการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 20 องศาเซลเซียส (Beavers *et al.*,1994; Saftner *et al.*,1998) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อของแพร์ (Gerosopoulos and Richardson, 1997) shredded carrot (Picchiono *et al.*, 1996) และผลกีวี (Hopkirk *et al.*, 1990) เป็นต้น โดยการให้แคลเซียมจะทำให้เกิด cell wall bound Ca ขึ้นทันที ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรงขึ้น สามารถควบคุมการนิ่มของผลไม้ได้ นอกจากนี้ยังพบว่า การให้แคลเซียมจากภายนอกสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสลายของเซลล์ เช่น ß-galactosidase (Siddiqui and Bangerth, 1993) polyphenoloxidase และ pectinmethyesterase (PME) (Sams and Conway, 1993) ซึ่งคาดว่าอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยน pH ของผนังเซลล์หรือการส่งเอนไซม์ ß-galactosidase ออกมานอกเซลล์บริเวณ middle lamella ไม่ได้ (Brady, 1987; Izumi and Watada, 1994)

2. ผลของแคลเซียมต่อการหายใจ Song และ Bangerth (1993) พบว่า การจุ่มผลแอปเปิลในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับการใช้ความดัน (pressure infiltration) อัตราการหายใจจะแปรผกผันกับความเข้มข้นของแคลเซียมในเนื้อเยื่อระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 20 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าการให้แคลเซียมคลอไรด์จากภายนอกสามารถลดอัตราการหายใจในผลแพร์ (Sam and Conway, 1984) ซึ่งคาดว่าการควบคุมการหายใจเนื่องจากแคลเซียม มาจากความสามารถในการควบคุมการเข้า-ออกของสารผ่านเยื่อหุ้มต่างๆ (Ferguson *et al.*, 1983) หรือผลของกิจกรรมของไมโตคอนเดีย ในการควบคุมการผ่านเข้า-ออกของสารพวก phosphate หรือวัตถุดิบในการหายใจ เช่น malate ไม่ให้ผ่านเข้าไปใน tonoplast หรือ plasmalemma ได้ จึงลดอัตราการหายใจสูงสุด (climacteric rise) ของผลิตผลได้ (Ferguson,1984) นอกจากนี้การรักษาสภาพของเซลล์เนื่องจากการให้แคลเซียมภายนอกอาจทำให้อัตราการหายใจลดลงได้เช่นเดียวกัน โดยพบว่าในการให้แคลเซียมจากภายนอก ถ้าระดับของแคลเซียมในเนื้อเยื่อที่มีอยู่แล้วในระดับสูงพอที่สามารถเพิ่มความสามารถในการเลือกผ่านของเยื่อหุ้ม ดังนั้นการให้แคลเซียมอาจลดอัตราการหายใจโดยการรักษาความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มเซลล์ (membrane integrity) แต่ถ้าระดับแคลเซียมที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติมีปริมาณสูงพอที่จะสามารถรักษาความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มแล้ว การให้แคลเซียมจากภายนอกอาจมีผลเพียงเล็กน้อยต่ออัตราการหายใจ

นอกจากช่วยปรับปรุงความกรอบและลดอัตราการหายใจของผลไม้ตัดแต่งแล้ว สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ยังช่วยลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าของชิ้นผลไม้ตัดแต่งมีสาเหตุสำคัญมาจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase ; PPO) Luna และคณะ(1999) รายงานว่า การแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 5

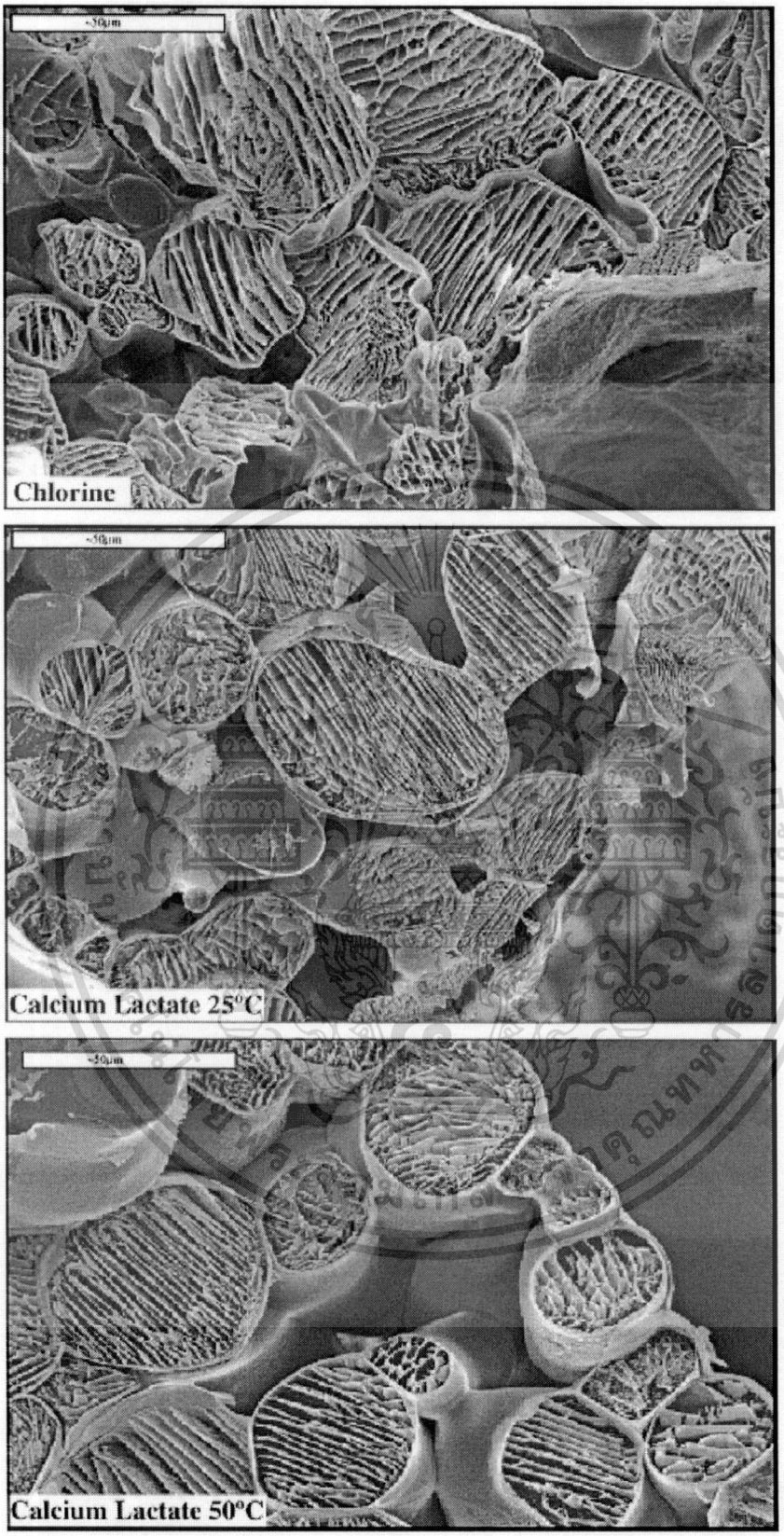
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าชิ้นแตงเมลอน (fresh – cut melon) ได้ ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้เอนไซม์เกิดการเสียสภาพ จนไม่สามารถเข้าจับกับซับสเตรท ทำให้ไม่เกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเวลาในการแช่ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1 ถึง 5 นาที นอกจากนี้การแช่สารละลายแคลเซียมเป็นการช่วยชะลอเมทาบอลิซึมของเซลล์ผลไม้ได้ เนื่องจากการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์จะทำให้ชิ้นผลไม้ตัดแต่ง มีอัตราการหายใจต่ำลง

Martin-Diana และคณะ (2006) พบว่าการจุ่ม iceberg lettuce ในสารละลายแคลเซียมเลคเตท ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 1 วัน นำมาวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างภายใน (microstructure analysis) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอน (cryo-scanning electron micrographs) พบเซลล์ยังคงเต่งตึงดีเมื่อเทียบกับจุ่มในสารคลอรีน แสดงดังภาพที่ 2.6

Rico และคณะ (2007) พบว่าการใช้อุณหภูมิสูงสามารถช่วยให้แคลเซียมคลอไรด์แพร่ผ่านเข้าไปยังเนื้อเยื่อของแครอทดีกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ ช่วยปรับปรุงคุณภาพและลักษณะเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้น นำมาวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างภายใน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนพบว่าสามารถลดความเสียหายของเซลล์ที่ผิวลงได้แสดงดังภาพที่ 2.7

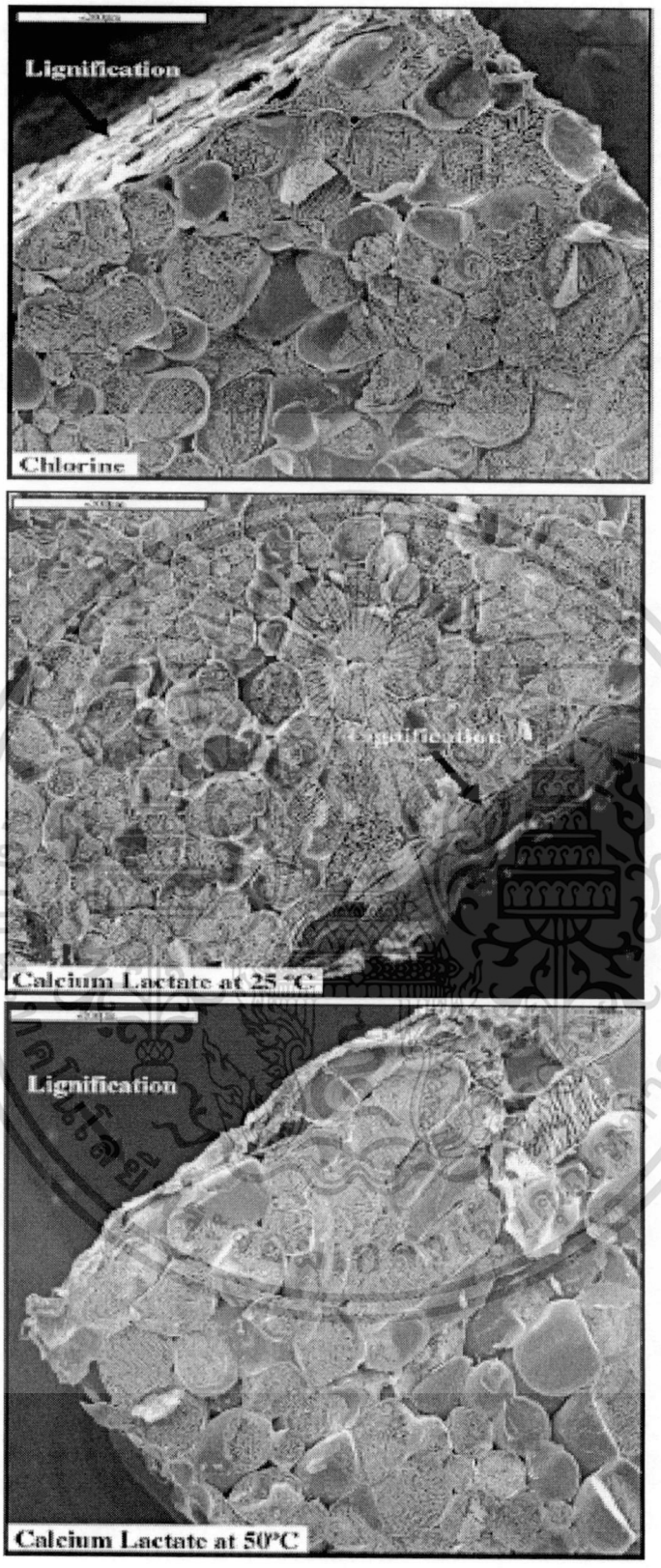
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 ลักษณะโครงสร้างภายในเซลล์ของผักสลัดตัดแต่งที่ล้างด้วยคลอรีนความเข้มข้น 120mg/L แคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น15 g/L ที่อุณหภูมิห้อง (25^0c) และที่อุณหภูมิ 50^0c เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4^0c

ที่มา: Martin-Diana และคณะ (2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 ลักษณะโครงสร้างภายในเซลล์ของแครอทตัดแต่งที่ล้างด้วยคลอรีนความเข้มข้น 120 mg/Lแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น15 g/L ที่อุณหภูมิห้อง (25^0c) และที่อุณหภูมิ 50^0c เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4^0c

ที่มา: Rico และคณะ (2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

มะเขือเทศสดพันธุ์ท้อ (*Lycopersicon esculentum Mill Var. Tor)* จากแหล่งผลิตจังหวัดเชียงใหม่ เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนกันยายน-พฤศจิกายน 2551

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ในการเก็บรักษามะเขือเทศ

3.2.1.1 ฟิลม์ถนอมอาหารชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride) ความหนา 12 ไมครอน

3.2.1.2 ถาดโฟม ขนาด 4×6×0.5 นิ้ว

3.2.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

3.2.2.1 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer)	TX-XT2i, England
3.2.2.2 เครื่องวัดสี (Chroma colorimeter)	Konica Minolta, CR- 400, Japan
3.2.2.3 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)	SUNTEX, SP-701, Germany
3.2.2.4 เครื่องวัดของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Hand refractrometer)	ATAGO, N1, Japan
3.2.2.5 เครื่องหั่นสไลซ์ (Slicer)	Sirman, Quarzo 250, Italy
3.2.2.6 เครื่องห่อด้วยฟิลม์ (Hand wrapper)	HANA, NW-460, Japan
3.2.2.7 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง	Mettler Toledo
3.2.2.8 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)	Memmert, WB 22, Germany
3.2.2.9 เครื่องปั่น (Blender)	Philips, Cucina, China

3.2.2.10 เครื่องแก้ว

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 Calcium chloride ($CaCl_2$)	Food grade	Merck, Germany
3.3.2 Sodium hypochlorite (NaOCl) 16-18%	Food grade	Merck, Germany
3.3.3 Hydrochloric acid (HCl)	Food grade	Merck, Germany

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การเตรียมตัวอย่าง

มะเขือเทศสดพันธุ์ท้อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5-6 เซนติเมตร (น้ำหนัก 90±10 กรัม) เลือกที่ผิวไม่มีตำหนิ ไม่มีการทำลายของโรค ลักษณะปรากฏภายนอกที่ดี มีระดับความสุกในระยะ Light Red (stage 5) คือผลมีสีแดงอมชมพู หรือแดงเกินร้อยละ 60 แต่น้อยกว่าร้อยละ 90 (Jones, 1999) บิดขั้วผลออก และปัดเศษฝุ่นดินออกให้หมด ล้างด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม นาน 5 นาที สะเด็ดให้แห้งบนตะแกรง

3.5.2 ศึกษาผลของการให้อุณหภูมิผลมะเขือเทศต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ

นำตัวอย่างมะเขือเทศจากข้อ 3.5.1 จำนวนทั้งหมด 336 ผล แบ่งบรรจุลงในถุงตาข่ายไนลอนครั้งละ 20 ผลนำไปแช่น้ำกลั่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 40 45 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที หลังจากนั้นนำมะเขือเทศมาหั่นสไลซ์ตามขวางด้วยเครื่องหั่นสไลซ์เป็นชิ้น ความหนา 7 มิลลิเมตร (ก่อนใช้งานเครื่องหั่นสไลซ์ทำความสะอาดด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 พีพีเอ็มทุกครั้ง) ชิ้นแรกและชิ้นสุดท้ายไม่นำมาทดลอง บรรจุชิ้นมะเขือเทศที่ได้จาก 4 ผล ในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มถนอมอาหารความหนา12ไมครอนด้วยเครื่องห่อด้วยฟิล์ม ได้จำนวนทั้งหมด 84 ถาดโฟม แบ่งเป็นการทดลองละ 21 ถาดโฟม นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87 (วัดด้วยHygrometer) และไม่มีแสงสว่าง ทำการวัดผลวันที่ 0 3 6 9 11 13 และ 15 โดยใช้ตัวอย่างที่ไม่ผ่านความร้อนเป็นตัวอย่างควบคุม สุ่มตัวอย่างมาตรวจและบันทึกผลการทดลองดังนี้

3.5.2.1 ประเมินลักษณะทางกายภาพจากการสังเกต (ดัดแปลงจากวิธีการของ ดวงกมล สระน้ำ, 2549) สังเกตการเปลี่ยนแปลงชิ้นมะเขือเทศระหว่างการเก็บรักษา โดยให้คะแนนลักษณะทางกายภาพที่เกิดขึ้นดังนี้

คะแนน 4 = ดี ชิ้นมะเขือเทศอยู่ในสภาพดี มีลักษณะสด สีแดง ไม่เหี่ยวไม่เละ

คะแนน 3 = ปานกลาง ชิ้นมะเขือเทศอยู่ในสภาพปานกลาง ลักษณะเริ่มเหี่ยวเล็กน้อย สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แดง ไม่เละ

คะแนน 2 = พอใช้ ชิ้นมะเขือเทศอยู่ในสภาพพอใช้ ลักษณะเหี่ยวเล็กน้อย มีอาการฉ่ำน้ำ และลักษณะเละเล็กน้อย

คะแนน 1 = ไม่ยอมรับ ชิ้นมะเขือเทศมีลักษณะเละทั้งชิ้น และฉ่ำน้ำ เป็นเมือกเยิ้ม มีกลิ่นผิดปกติ

3.5.2.2 วัดลักษณะเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ใช้ขนาดหัวเข็ม P/2 กดลงบริเวณส่วนเนื้อมะเขือเทศด้านนอกติดเปลือก (outer pericarp) 4 ตำแหน่งที่ระยะห่างเท่ากัน ความเร็วหัววัด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทางที่กด 3 มิลลิเมตร ใช้ load cell น้ำหนัก 5 กิโลกรัม บันทึกค่าที่ได้ในหน่วยนิวตัน

3.5.2.3 วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่องวัดของแข็งที่ละลายน้ำได้ ก่อนใช้ปรับสเกลเครื่องวัดให้เป็นศูนย์ด้วยน้ำกลั่น หยดน้ำ (กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4) ที่ได้จากการปั่นชิ้นมะเขือเทศลงบนเลนซ์ของเครื่องวัดของแข็งที่ละลายน้ำ ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นร้อยละบริกซ์ (%Brix)

3.5.2.4 วัดความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง จากน้ำ(กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4) ของชิ้นมะเขือเทศที่ปั่นด้วยเครื่องปั่น

วิเคราะห์ผลการทดลองตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.5.3 ศึกษาผลของเวลาการให้ความร้อนผลมะเขือเทศต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ

นำตัวอย่างจากข้อ 3.5.1 จำนวนทั้งหมด 336 ผลแบ่งบรรจุลงในถุงตาข่ายไนลอนครั้งละ 20 ผลนำไปแช่น้ำกลั่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิโดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3.5.2 และใช้เวลานาน 2 5 และ 10 นาที หลังจากนั้นนำมะเขือเทศมาหั่นตามขวางด้วยเครื่องหั่นสไลซ์เป็นชิ้น ความหนา 7 มิลลิเมตร (ก่อนใช้งานเครื่องหั่นสไลซ์ทำความสะอาดด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 พีพีเอ็มทุกครั้ง) ชิ้นแรกและชิ้นสุดท้ายไม่นำมาทดลอง บรรจุชิ้นมะเขือเทศที่ได้จาก 4 ผล ในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มถนอมอาหารความหนา 12 ไมครอนด้วยเครื่องห่อด้วยฟิล์ม ได้จำนวนทั้งหมด 84 ถาดโฟม แบ่งเป็นการทดลองละ 21 ถาดโฟม นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87 (วัดด้วยHygrometer)และไม่มีแสงสว่าง ทำการวัดผลวันที่ 0 3 6 9 11 13 และ 15 โดยใช้ตัวอย่างที่ไม่ผ่านความร้อนเป็นตัวอย่างควบคุม สุ่มตัวอย่างมาตรวจและบันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดลองตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.5.4 ศึกษาผลของสภาวะการให้ความร้อน ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์กับผลมะเขือเทศต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ

นำตัวอย่างจากข้อ 3.5.1จำนวนทั้งหมด 336 ผลแบ่งบรรจุลงในถุงตาข่ายไนลอนครั้งละ 20 ผลนำไป แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3.5.2 และ3.5.3 ตามลำดับ และแปรความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 3 และ 5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาหั่นสไลด์ตามขวางด้วยเครื่องหั่นสไลซ์เป็นชิ้น ความหนา 7 มิลลิเมตร (ก่อนใช้งานเครื่องหั่นสไลซ์ทำความสะอาดด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 พีพีเอ็มทุกครั้ง) ชิ้นแรกและชิ้นสุดท้ายไม่นำมาทดลอง บรรจุชิ้นมะเขือเทศที่ได้จาก 4 ผล ในถาดโฟม หุ้มด้วยฟิล์มถนอมอาหารความหนา 12 ไมครอน ด้วยเครื่องห่อด้วยฟิล์มได้จำนวนทั้งหมด 84 ถาดโฟม แบ่งเป็นการทดลองละ 21 ถาดโฟม นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87 (วัดด้วยHygrometer) และไม่มีแสงสว่าง ทำการวัดผลวันที่ 0 3 6 9 11 13 และ 15 โดยใช้ตัวอย่างที่ไม่ผ่านความร้อนและไม่เติมแคลเซียมคลไรด์เป็นตัวอย่างควบคุมสุ่มตัวอย่างมาตรวจและบันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.5.2

วิเคราะห์ผลการทดลองตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.5.5 ศึกษาผลของสภาวะการให้ความร้อนร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของผลมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ

นำตัวอย่างจากข้อ 3.5.1จำนวนทั้งหมด 168 ผลแบ่งบรรจุลงในถุงตาข่ายไนลอนครั้งละ 20 ผลนำไปแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3.5.2 และ3.5.3 ตามลำดับ และความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์จากการทดลองที่ 3.5.4 บรรจุผลมะเขือเทศ 4 ผล ในถาดโฟมปิดทับด้วยฟิลม์ถนอมอาหารความหนา 12 ไมครอน ด้วยเครื่องห่อด้วยฟิลม์ได้จำนวนทั้งหมด 42 ถาดโฟม แบ่งเป็นการทดลองละ 21 ถาดโฟม แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87 (วัดด้วยHygrometer) และไม่มีแสงสว่าง นาน 25 วัน ทุก 5 วัน สุ่มตัวอย่างมาตรวจโดยใช้ผลมะเขือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทศที่ไม่ผ่านความร้อนและไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นตัวอย่างควบคุม และบันทึกผลการทดลองดังนี้

3.5.5.1 ประเมินลักษณะทางกายภาพจากการสังเกต (ดัดแปลงจากวิธีการของ นันทวุฒิ อิ่มศูนย์, 2545) สังเกตการเปลี่ยนแปลงผลมะเขือเทศระหว่างการเก็บรักษา โดยให้คะแนนลักษณะทางกายภาพที่เกิดขึ้นดังนี้

คะแนน 7 = ผลมะเขือเทศมีลักษณะสด สีแดง ไม่เหี่ยว ไม่ปรากฏอาการสะท้านหนาว

คะแนน 6 = ผลมะเขือเทศมีลักษณะสด สีแดง ผิวเหี่ยวเล็กน้อย ไม่ปรากฏอาการสะท้านหนาว

คะแนน 5 = ผลมะเขือเทศผิวเหี่ยวปานกลาง เนื้อสัมผัสนิ่ม ปรากฏอาการสะท้านหนาว

คะแนน 4 = ผลมะเขือเทศผิวเหี่ยวย่น เนื้อสัมผัสนิ่มมาก ปรากฏอาการสะท้านหนาว

คะแนน 3 = ผลมะเขือเทศปรากฏอาการสะท้านหนาวเล็กน้อย

คะแนน 2 = ผลมะเขือเทศปรากฏอาการสะท้านหนาวปานกลาง

คะแนน 1 = ผลมะเขือเทศปรากฏอาการสะท้านหนาวรุนแรง

3.5.5.2 วัดสีผิวของผลมะเขือเทศ ทำการวัดสีบริเวณกึ่งกลางระหว่างขั้วผลและก้นผลโดยใช้หัววัดแนบสัมผัสกับผิวของมะเขือเทศทั้ง 4 ทิศด้วยเครื่องวัดสี (D'souza *et al.*, 1992) รายงานผลเป็นค่า Hunter scale ซึ่งวัดค่าสีออกมาเป็น L^*, a^* และb^* คำนวณหาค่า hue angle จากสมการดังนี้ (McGurire, 1992)

$$\text{hue angle} = \arctan(b^*/a^*)$$

3.5.5.3 วัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยนำมะเขือเทศมาหั่นสไลด์ตามขวางด้วยเครื่องหั่นสไลซ์ความหนา 7 มิลลิเมตร ชิ้นแรกและชิ้นสุดท้ายไม่นำมาทดลอง วัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสเช่นเดียวกับข้อ 3.5.2.2

3.5.5.4 วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เช่นเดียวกับข้อ 3.5.2.3

3.5.5.5 วัดความเป็นกรด-ด่าง เช่นเดียวกับข้อ 3.5.2.4

วิเคราะห์ผลการทดลองตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาผลของการให้อุณหภูมิผลมะเขือเทศต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ

จากการทดลองศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87 โดยแช่มะเขือเทศในน้ำกลั่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 40 45 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที นำมะเขือเทศมาหั่นสไลซ์ตามขวางด้วยเครื่องหั่นสไลซ์เป็นชิ้น ความหนา 7 มิลลิเมตร ชิ้นแรกและชิ้นสุดท้ายไม่นำมาทดลอง บรรจุชิ้นมะเขือเทศที่ได้จาก 4 ผล ในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มถนอมอาหารความหนา 12 ไมครอนด้วยเครื่องห่อด้วยฟิล์ม ผลการทดลองที่ได้ดังนี้

4.1.1 ประเมินลักษณะทางกายภาพจากการสังเกต

คุณภาพของชิ้นมะเขือเทศแปรรูปเบื้องต้น สังเกตจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายนอกโดยรวมในระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่าลักษณะทางกายภาพของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุมและชิ้นมะเขือเทศจากการแช่ผลมะเขือเทศในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 13 วัน จึงเริ่มแสดงการเสื่อมเสียอย่างชัดเจน และวันที่ 15 ชิ้นมะเขือเทศมีลักษณะเละทั้งชิ้น เป็นเมือกเยิ้ม มีกลิ่นผิดปกติ สำหรับชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากการแช่ผลมะเขือเทศในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เริ่มแสดงการเสื่อมเสียในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากการแช่ผลมะเขือเทศในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่าอยู่ในสภาพปานกลาง โดยทั่วไปอยู่ในสภาพดี ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 15 วัน

โดยคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศแปรรูปเบื้องต้น เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส การตัดแต่งทำให้เซลล์หรือเนื้อเยื่อของผลมะเขือเทศถูกทำลาย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างรวดเร็วมากกว่าผลมะเขือเทศที่ยังไม่ผ่านการแปรรูป และเนื้อเยื่อหรือบริเวณส่วนเนื้อมะเขือเทศจะไวต่ออาการสะท้านหนาว (chilling injury, CI) มากกว่าผลมะเขือเทศ สังเกตจากลักษณะปรากฏแก่สายตา การฉ่ำน้ำ (water-soaked areas on the pericarp of red tomato) การสลายตัวของเนื้อเยื่อทำให้ชิ้นมะเขือเทศแปรรูปเบื้องต้นมีลักษณะเละเกิดขึ้น (Hobson, 1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 คะแนนทางกายภาพจากการสังเกตของชิ้นมะเขือเทศ ที่ได้จากการแช่ผลมะเขือเทศในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 40 45 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที

สภาวะ / วัน	คะแนนทางกายภาพจากการสังเกต						
	0	**3**	**6**	**9**	**11**	**13**	**15**
ตัวอย่างควบคุม	4	4	3.6	3	3	2.6	1.6
น้ำกลั่นอุณหภูมิ 40^0c	4	4	4	3	2.6	2.6	2
น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45^0c	4	4	4	3.6	3	3	3
น้ำกลั่นอุณหภูมิ 50^0c	4	4	3.6	3.3	3	3	2.3

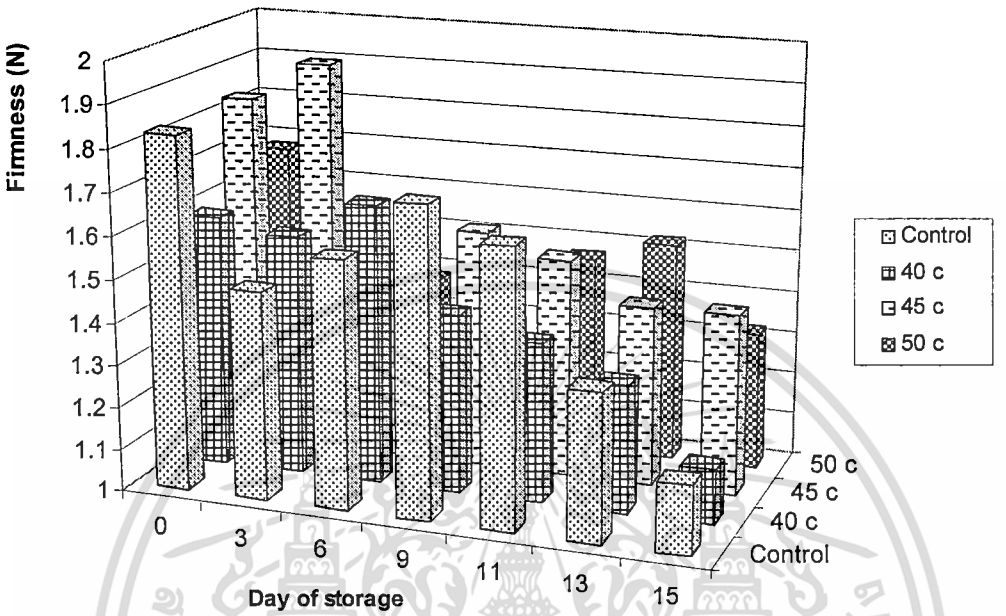
แต่เมื่อนำผลมะเขือเทศแช่ในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 40 45 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที เป็นวิธีการใช้ความร้อนแบบน้ำร้อน (hot water) ซึ่งการใช้น้ำร้อนจะทำให้ผลมะเขือเทศ ได้รับความร้อนอย่างรวดเร็ว การใช้ความร้อนเป็นแบบ Short-term heat treatment เป็นช่วงเวลาสั้น (Lurie, 1998) ผลการใช้ความร้อนแบบนี้ สามารถลดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ลงได้ โดยชักนำให้เกิด heat shock proteins (HSP) ระหว่างที่ได้รับความร้อน ซึ่ง HSPs จะช่วยป้องกันเอนไซม์และโปรตีนไม่ให้เสียหายหรือหยุดการทำงานในขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Florissen *et al.*, 1996) โดย Lurie และคณะ(1993) รายงานว่า มะเขือเทศที่ได้รับอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน ก่อนการเก็บรักษาแสดงอาการสะท้านหนาวลดลง และผลมะเขือเทศที่ได้รับอุณหภูมิสูงมี HSPs เพิ่มขึ้น ทำให้ทนต่ออาการสะท้านหนาวได้ ทั้งนี้ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาการให้ความร้อนอาจแตกต่างกันไปตามพันธุ์ของมะเขือเทศ ขนาดผล ระยะการสุก ซึ่งมีผลต่ออัตราการส่งผ่านความร้อนในผลมะเขือเทศ

4.1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส

เมื่อวัดลักษณะเนื้อสัมผัสบริเวณส่วนเนื้อมะเขือเทศด้านนอกติดเปลือก (outer pericarp) พบว่ามีแนวโน้มการลดลงของค่าแรงกดสูงสุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.1 โดยวันที่ 0 ของการเก็บรักษาชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่มีการใช้ความร้อน มีค่าแรงกดสูงสุดอยู่ในช่วง 1.59-1.83 N และวันสุดท้ายการเก็บรักษา (วันที่ 15) ชิ้นมะเขือเทศทุกตัวอย่าง มีค่าแรงกดสูงสุดอยู่ช่วง 1.12-1.43 N โดยชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากน้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่าแรงกดสูงสุดคือ 1.43 N ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมและชิ้นมะเขือเทศที่ได้จาก น้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส มีค่าแรงกดสูงสุดคือ 1.16 1.12และ 1.33 N ตามลำดับ ซึ่งผลค่อนข้างที่จะสอดคล้องกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายนอกโดยรวมที่ประเมินได้กล่าวคือตัวอย่างมะเขือเทศที่ผ่านการแช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีคุณภาพโดยเฉลี่ยดีที่สุด ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการศึกษาในขั้นตอนข้อ 4.2 ต่อไป



ภาพที่ 4.1 ค่าแรงกดสูงสุดของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม (Control) น้ำกลั่นอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (40 c) น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (45 c) และ น้ำกลั่นอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (50 c) เป็นเวลา 2 นาที

ลักษณะเนื้อสัมผัสที่วัดได้เกี่ยวข้องกับการแปรรูปผลมะเขือเทศจากการสไลด์ได้ชิ้นมะเขือเทศ ทำให้เนื้อเยื่อฉีกขาด ของเหลวในเซลล์ออกมาซึ่งมีเอนไซม์ที่พร้อมจะเกิดปฏิกิริยาต่างๆ มีอัตราการหายใจ การคายน้ำ เมทาบอลิซึมสูงขึ้น ทำให้ชิ้นมะเขือเทศแปรรูปเบื้องต้นมีการเสื่อมสลายเร็วขึ้น อายุการเก็บรักษาจึงสั้นลง (McLachlan and Stark, 1985) และลักษณะเนื้อสัมผัสที่วัดได้ยังเกี่ยวข้องกับอาการสะท้านหนาวที่เกิดขึ้นเมื่อเก็บชิ้นมะเขือเทศไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เกิดการสลายตัวของโครงสร้างเซลล์ ทำให้เนื้อเยื่อเกิดการฉ่ำน้ำ และมีการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์มาก และอีกสาเหตุหนึ่งที่สำคัญ ที่ทำให้เกิดการอ่อนนิ่มคือการเสื่อมสภาพของผนังเซลล์จากการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น cellulose, glucosidase, mannosidase, α-D-galactosidase, ß-D-galactosidase และ xylase ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของผนังเซลล์ ทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์ซึ่งเคยยึดเกาะกันแน่นหลุดแยกออกจากกันได้ โดยเอนไซม์ที่สำคัญที่มักพบในผลไม้ทั่วไปที่ทำให้เกิดการอ่อนนิ่มมี 2 ชนิดคือ polygalacturonase (PG) และ pectinmethyesterase (PME) โดยเอนไซม์ทั้งสองชนิดมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุล

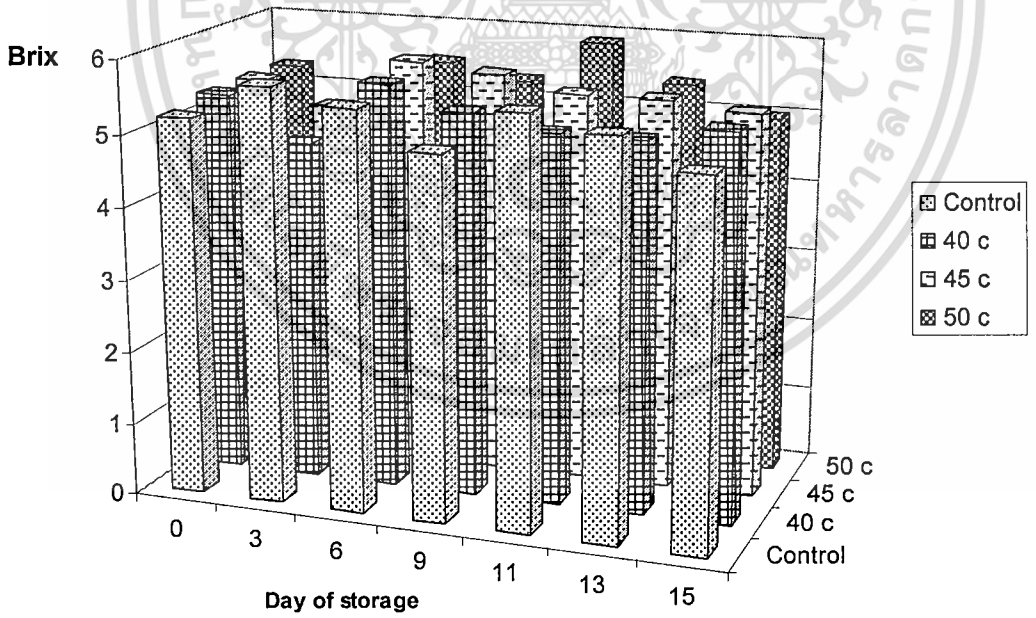
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆที่เป็นองค์ประกอบโครงสร้างของผนังเซลล์โดยเฉพาะสารประกอบเพคติน (pectin compounds) เปลี่ยนรูปจาก protopectin ซึ่งไม่ละลายน้ำไปเป็นรูปที่ละลายน้ำได้ (soluble pectin) โดยโครงสร้างของผนังเซลล์ยอมให้สารผ่านมากขึ้น (permeability) ก่อให้เกิดการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อทำให้เนื้อสัมผัสนิ่มลง (Brett and Waldron, 1990)

ผลการใช้ความร้อนแบบแช่ในน้ำร้อนทำให้ปริมาณเพคตินที่ไม่ละลายน้ำสูงขึ้น เพราะความร้อนไปยับยั้งการสังเคราะห์เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายผนังเซลล์ (cell wall degrading enzymes) ส่งผลให้การอ่อนนุ่มของผลมะเขือเทศลดลง (Bartz and Eckert, 1987) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Biggs และคณะ (1988) มีการศึกษาในผลมะเขือเทศพบว่าในสภาพอุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส ผลจะมีความแน่นเนื้อลดลงช้ากว่าเก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงมีผลต่อการชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อของผลหรือชะลอการอ่อนนิ่มของผล

4.1.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของชิ้นมะเขือเทศตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาแสดงดังภาพที่ 4.2 จากการทดลองพบว่า สภาวะการให้ความร้อนไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของตัวอย่างมะเขือเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติดังตารางก2 ภาคผนวก ก)



ภาพที่4.2ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม (Control) น้ำกลั่นอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (40 c) น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (45 c) และ น้ำกลั่นอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (50 c) เป็นเวลา 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่จากการรายงานของ Klein และ Lurie (1991) พบว่าแม้ว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ในผลมะเขือเทศที่ได้รับความร้อนจะไม่แตกต่างจากผลที่ไม่ได้รับความร้อน แต่ผลมะเขือเทศที่ได้รับอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ สูงกว่าผลที่ไม่ได้รับความร้อน

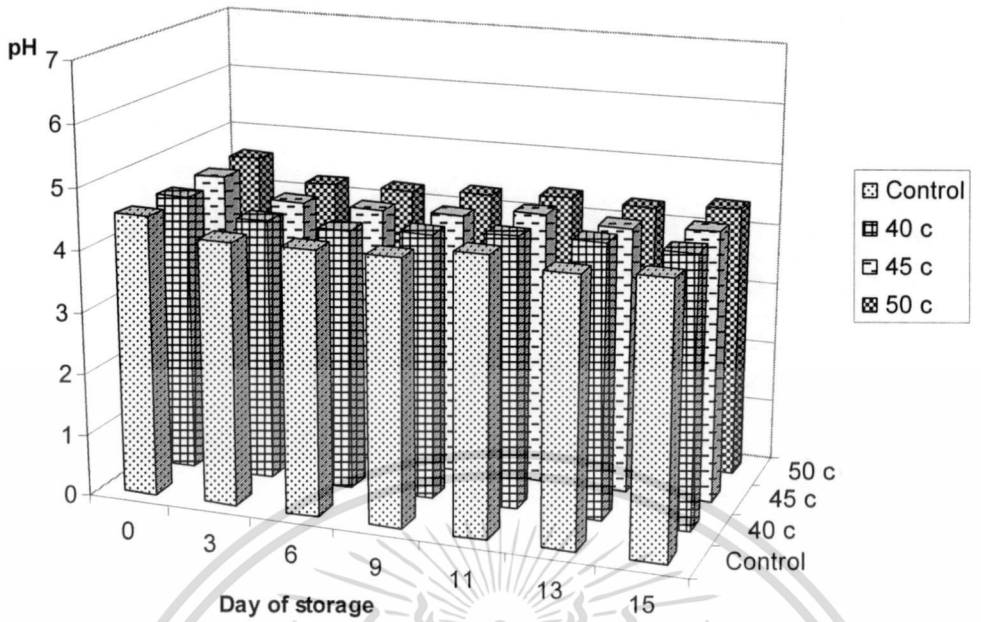
เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษานาน 15 วัน ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมาก โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่เพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะเกิดจากมะเขือเทศไม่มีแป้งเป็นองค์ประกอบทางเคมีนั่นเอง สอดคล้องกับการทดลองของ Lurie และ Sabehat (1997) ที่พบว่ามะเขือเทศพันธุ์ Daniella เก็บที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 2 วัน หลังจากนั้นจึงนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่เปลี่ยนแปลง

การไม่เปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ยังพบกับผักผลไม้ชนิดอื่นเช่นกัน เช่น McCollum และคณะ (1993) พบว่ามะม่วงที่เก็บที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 6 วัน จะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับในการทดลองของ Lurie และ Klein (1990) ซึ่งเก็บผลแอปเปิลพันธุ์ Anna ไว้ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน หลังจากนั้นจึงนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เกิดจากการไฮโดรไลซ์สตาร์ชได้เป็นน้ำตาลทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น (ดนัย บุญยเกียรติ, 2540)

4.1.4 ความเป็นกรด-ด่าง

ความเป็นกรด-ด่าง ของชิ้นมะเขือเทศตามระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.3 โดยพบว่าสภาวะการให้ความร้อนไม่มีผลต่อค่า pH ของมะเขือเทศอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การทดสอบทางสถิติพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปัจจัยเวลาการเก็บรักษา ($P<0.05$)โดยค่า pH ของมะเขือเทศเปลี่ยนแปลงเพียงช่วงแคบระหว่าง 4.23-4.60 (แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติดังตารางก3 ภาคผนวก ก) อย่างไรก็ตามนันทวุฒิ อิ่มศูนย์ (2545) รายงานว่าเมื่อแช่ผลมะเขือเทศในน้ำอุณหภูมิ 38 ถึง 45 องศาเซลเซียส นาน 5 ถึง 20 นาที ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกับ ธเนศวร์ ศรีระแก้ว (2541) รายงานว่า ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อน 34 และ 38 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3ค่าความเป็นกรด-ด่างของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม (Control) น้ำกลั่นอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (40 c) น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (45 c) และ น้ำกลั่นอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (50 c) เป็นเวลา 2 นาที

Cantwell (2000) กล่าวว่าค่าพีเอชของมะเขือเทศควรอยู่ที่ 4.1 (Red ripe tomato) ยิ่งพีเอชต่ำมะเขือเทศยิ่งมีรสเปรี้ยว ค่าพีเอชต่ำกว่า 5 สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และ เชื้อรา จึงทำให้ชิ้นมะเขือเทศมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (Lund, 1983) แต่ถ้าค่าพีเอชสูงกว่า 5 จุลินทรีย์ และ เชื้อรา บางชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ (Bartz and Eckert, 1987) แต่จากการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน สังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายนอกโดยรวมในระหว่างการเก็บรักษา ไม่พบจุลินทรีย์ และเชื้อรา ที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ชิ้นมะเขือเทศมีกลิ่นปกติ สาเหตุที่ไม่พบจุลินทรีย์ และเชื้อรา ที่มองเห็นด้วยตาเปล่า สันนิษฐานว่าเนื่องมาจากผลมะเขือเทศเริ่มต้นที่ล้างด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม นาน 5 นาที ซึ่งมีประสิทธิภาพในการฆ่าจุลินทรีย์ และ เชื้อรา จนหมด ก่อนการเก็บรักษา และระหว่างการเก็บรักษา 15 วันก็ไม่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และ เชื้อรา

4.2 ศึกษาผลของเวลาการให้ความร้อนผลมะเขือเทศต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ

จากการทดลองศึกษาผลของเวลาการให้ความร้อนต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศ โดยแช่มะเขือเทศในน้ำกลั่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส นาน 2.5 และ 10 นาที นำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะเขือเทศมาหั่นสไลซ์ตามขวางด้วยเครื่องหั่นสไลซ์เป็นชิ้น ความหนา 7 มิลลิเมตร ชิ้นแรกและชิ้นสุดท้ายไม่นำมาทดลอง บรรจุชิ้นมะเขือเทศที่ได้จาก 4 ผล ในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มถนอมอาหาร ความหนา 12 ไมครอนด้วยเครื่องห่อด้วยฟิล์ม ผลการทดลองที่ได้ดังนี้

4.2.1 ประเมินลักษณะทางกายภาพจากการสังเกต

จากการสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายนอกโดยรวมของชิ้นมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่าลักษณะทางกายภาพวันที่ 0 และ 3 ได้คะแนน 4 เท่ากันทุกตัวอย่าง ชิ้นมะเขือเทศที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 11 วันในตัวอย่างควบคุม เริ่มแสดงการเสื่อมเสีย ชิ้นมะเขือเทศมีลักษณะเละเล็กน้อย และเห็นการเสื่อมเสียได้อย่างชัดเจนขึ้นในวันที่ 13 ชิ้นมะเขือเทศมีลักษณะเละทั้งชิ้น เป็นเมือกเยิ้ม มีกลิ่นผิดปกติ ส่วนชิ้นมะเขือเทศที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 13 วันในตัวอย่างที่ได้จากการแช่ผลมะเขือเทศในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 5 และ 10 นาที ชิ้นมะเขือเทศมีลักษณะเละทั้งชิ้น เป็นเมือกเยิ้ม มีกลิ่นผิดปกติ แต่สำหรับชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากการแช่ผลมะเขือเทศในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที พบว่าอยู่ในสภาพปานกลาง โดยทั่วไปอยู่ในสภาพดีเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน

ตารางที่ 4.2 คะแนนทางกายภาพจากการสังเกตของชิ้นมะเขือเทศ ที่ได้จากการแช่ผลมะเขือเทศในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 2 5 และ 10 นาที

สภาวะ / วัน	คะแนนทางกายภาพจากการสังเกต						
	0	**3**	**6**	**9**	**11**	**13**	**15**
ตัวอย่างควบคุม	4	4	3.7	3	2.7	2	2
2 นาที	4	4	4	3.7	3	3	2.7
5 นาที	4	4	4	3.3	3	2.7	2
10 นาที	4	4	4	4	3	2.7	2

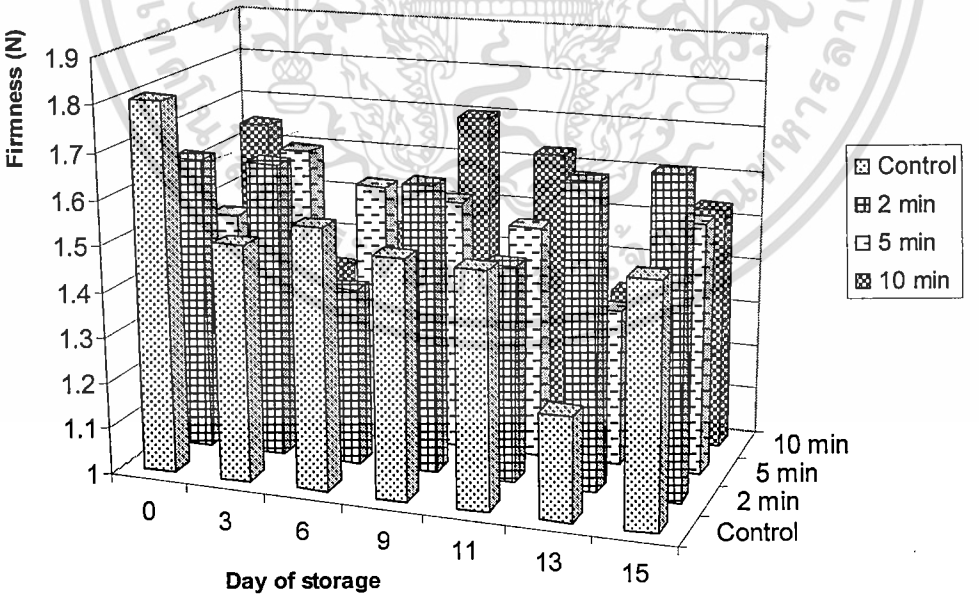
เมื่อแช่ผลมะเขือเทศในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 2 5 และ 10 นาที เวลาที่เหมาะสมคือ 2 นาที ส่วนเวลา 5 และ10 นาที เป็นเวลาที่ไม่เหมาะสมทำให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อภายในของมะเขือเทศ โดยระยะเวลาที่นานเกินไปทำให้ความร้อนส่งผ่านจากผิวมะเขือเทศเข้าไปภายใน ทำให้ชิ้นมะเขือเทศที่ได้เละทั้งชิ้น เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 13 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นแล้วผลของความร้อนทำให้เกิดความเสียหาย (heat damage) ต่อผักผลไม้สามารถทำความเสียหายได้ทั้งภายนอก (external) และภายใน (internal) ของผักผลไม้ โดยความเสียหายทั่วไปภายนอกที่เกิดขึ้น เช่น ผิวเกิดสีน้ำตาล (Kerbel *et al.*, 1987) ผิวเกิดการยุบตัว (pitting) (Miller *et al.*, 1988) ผิวเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เช่น ซูกินี (Jacobi *et al.*, 1996) แตงกวา (Chan and Linse, 1989) ส่วนความเสียหายภายในที่เกิดขึ้น เช่น มะละกอเกิดอาการนิ่มเร็วผิดปกติ (Paull and Chen, 1990) เนื้อของลิ้นจี่และNectarines เกิดสีคล้ำขึ้น (Jacobi *et al.*, 1993;Lay-Yee and Rose, 1994)

4.2.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส

เมื่อวัดลักษณะเนื้อสัมผัสบริเวณส่วนเนื้อมะเขือเทศด้านนอกติดเปลือก (outer pericarp) พบว่ามีแนวโน้มการลดลงของค่าแรงกดสูงสุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่4.4 โดยวันที่ 0 ของการเก็บรักษาชิ้นมะเขือเทศทั้งจากตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่ใช้ความร้อน มีค่าแรงกดสูงสุดอยู่ในช่วง 1.48- 1.80 N และเมื่อเก็บรักษาจนครบ 15 วัน พบว่าชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากน้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 2 นาที มีค่าแรงกดสูงสุดคือ 1.69 N รองลงมาคือ ชิ้นมะเขือเทศที่ได้จาก น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 5 นาที น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 10 นาที และตัวอย่างควบคุม มีค่าแรงกดสูงสุดคือ 1.55 1.53 และ 1.52 N ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 2 นาที เพื่อใช้ในการศึกษาในขั้นตอนข้อ 4.3 ต่อไป



ภาพที่ 4.4ค่าแรงกดสูงสุดของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม (Control) น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 5 และ 10 นาที

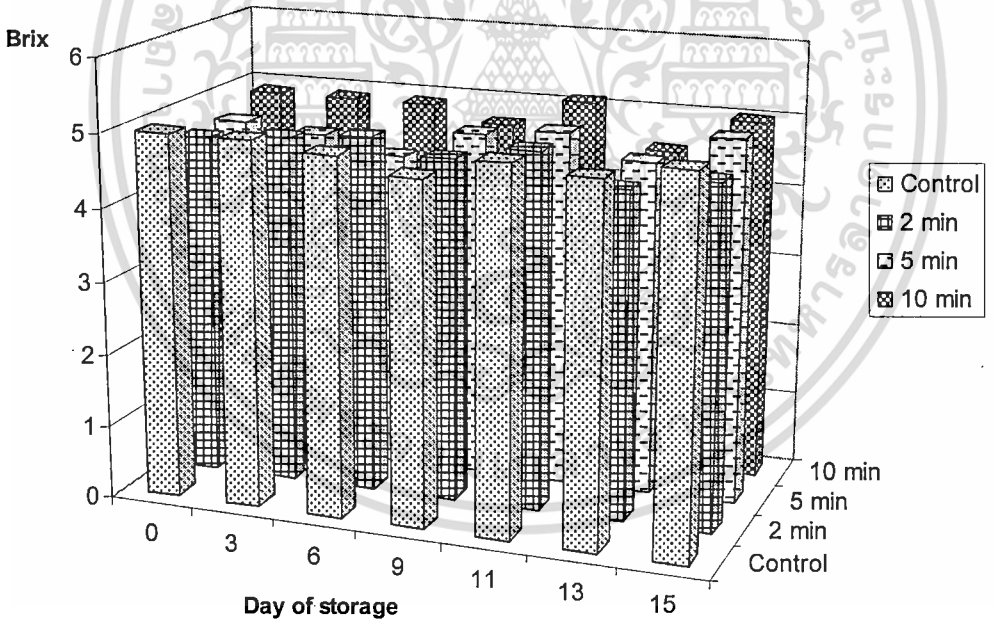
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากค่าคะแนนสังเกตจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายนอกโดยรวมและลักษณะเนื้อสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน มีค่าคะแนนเฉลี่ยดีกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มตัวอย่างอื่น

4.2.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของชิ้นมะเขือเทศตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาแสดงดังภาพที่ 4.5 จากการทดลองพบว่า สภาวะการให้ความร้อนไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของตัวอย่างมะเขือเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติดังตารางก5 ภาคผนวก ก) เช่นเดียวกันระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นตัวอย่างที่ใช้เวลา 10 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

โดยทั่วไปพบการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยของค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เมื่อเก็บรักษาชิ้นมะเขือเทศไว้เป็นเวลา 15 วัน ของทุกตัวอย่างทดลองซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงแคบระหว่าง 4.4-5.1



ภาพที่4.5ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม (Control) น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 5 และ 10 นาที

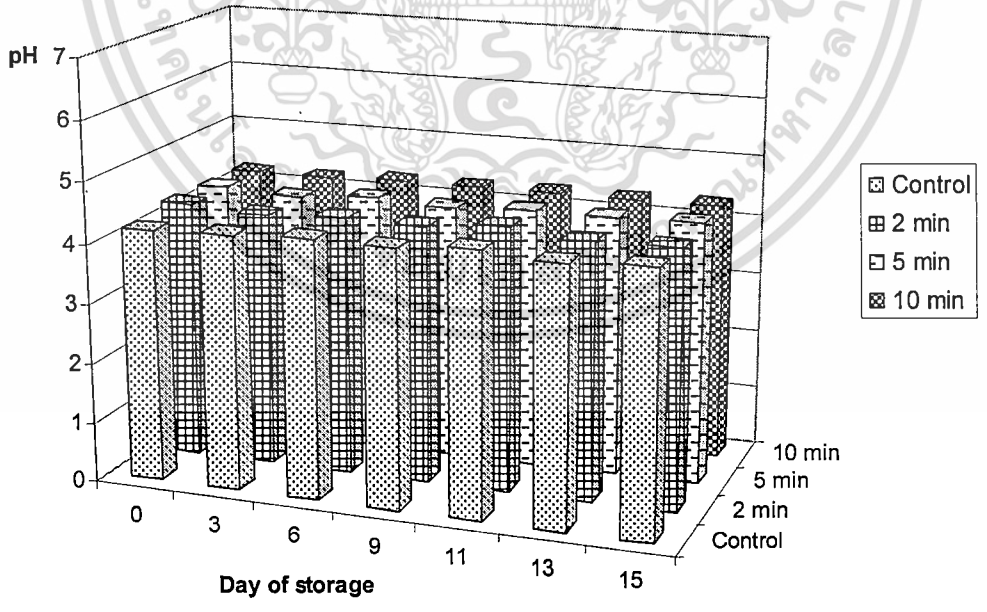
เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษานาน 15 วัน ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมาก โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่เปลี่ยนแปลงในปริมาณไม่มากนักซึ่งน่าจะเกิดจากความร้อนทำให้กระบวนการไฮโดรไลซ์สตาร์ชเป็นน้ำตาล (ปริมาณของแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้) ไม่เกิดขึ้นนั่นเอง สอดคล้องกับการทดลองของ Lurie และ Sabehat (1997) ซึ่งพบว่ามะเขือเทศพันธุ์ Daniella เก็บที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 2 วัน หลังจากนั้นจึงนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่เปลี่ยนแปลง

4.2.4 ความเป็นกรด-ด่าง

ความเป็นกรด-ด่าง ของชิ้นมะเขือเทศตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.6 โดยพบว่าสภาวะการให้ความร้อนไม่มีผลต่อค่า pH ของมะเขือเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P>0.05*) (แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติดังตารางก6 ภาคผนวก ก) นอกจากนี้การทดสอบทางสถิติพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปัจจัยเวลาการเก็บรักษา โดยค่า pH ของมะเขือเทศเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบระหว่าง 4.20-4.39 โดยวันแรกและวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 15) ชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม, น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 2 5 และ 10 นาที มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.20 4.30 4.29 4.26 และ 4.36 4.33 4.37 4.33 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ นันทวุฒิ อิ่มศูนย์ (2545) รายงานว่าเมื่อแช่ผลมะเขือเทศในน้ำอุณหภูมิ 38 ถึง 45 องศาเซลเซียส นาน 5 ถึง 20 นาที ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P>0.05*)



ภาพที่ 4.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม (Control) น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 5 และ 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ศึกษาผลของสภาวะการให้ความร้อน ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์กับผลมะเขือเทศต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ

จากการทดลองศึกษาผลของสภาวะการให้ความร้อนร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศ โดยแช่มะเขือเทศในน้ำกลั่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที เติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 3 และ 5 นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาหั่นสไลซ์ตามขวางด้วยเครื่องหั่นสไลซ์เป็นชิ้น ความหนา 7 มิลลิเมตร ชิ้นแรกและชิ้นสุดท้ายไม่นำมาทดลอง บรรจุชิ้นมะเขือเทศที่ได้จาก 4 ผล ในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มถนอมอาหารความหนา 12 ไมครอนด้วยเครื่องห่อด้วยฟิล์ม ผลการทดลองที่ได้ดังนี้

4.3.1 ประเมินลักษณะทางกายภาพจากการสังเกต

คุณภาพของชิ้นมะเขือเทศแปรรูปเบื้องต้น สังเกตจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายนอกโดยรวมในระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่าลักษณะทางกายภาพของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุมเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 11 วัน จึงเริ่มแสดงการเสื่อมเสียอย่างชัดเจน และในวันที่ 13 และ 15 ชิ้นมะเขือเทศมีลักษณะเละทั้งชิ้น เป็นเมือกเยิ้ม มีกลิ่นไม่ดีอย่างชัดเจนแต่สำหรับชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากการแช่ผลมะเขือเทศในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที เติมแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 13 วัน จึงเริ่มแสดงการเสื่อมเสีย ส่วนชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากการแช่ผลมะเขือเทศในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที เติมแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 และ 5 ชิ้นมะเขือเทศอยู่ในสภาพปานกลาง โดยทั่วไปอยู่ในสภาพดีในระยะการเก็บรักษา 15 วัน

ตารางที่ 4.3 คะแนนทางกายภาพจากการสังเกตของชิ้นมะเขือเทศ ที่ได้จากการแช่ผลมะเขือเทศในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที เติมแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 3 และ 5

สภาวะ / วัน	คะแนนทางกายภาพจากการสังเกต						
	0	**3**	**6**	**9**	**11**	**13**	**15**
ตัวอย่างควบคุม	4	4	3.7	3	2.7	2	2
$CaCl_2$ ร้อยละ 0	4	4	4	3.7	3	2.7	2.7
$CaCl_2$ ร้อยละ 3	4	4	4	3.3	3	3	3
$CaCl_2$ ร้อยละ 5	4	4	4	4	3	3	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลมะเขือเทศบริเวณผิว ประกอบด้วยเปลือก เป็นเนื้อเยื่อทำหน้าที่ป้องกัน ชั้นนอกสุดของเซลล์ คือ epidermis อยู่รวมกันหนาไม่มีช่องว่าง และชั้นนอกสุดของเซลล์เหล่านี้มีสารประเภทไข (wax หรือ cutin) อยู่มาก ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ยอมให้น้ำผ่านได้ (สายชล เกตุษา, 2528) ผลมะเขือเทศระยะ Light Red (stage 5) คือผลมีสีแดงอมชมพู หรือแดงเกินร้อยละ 60 แต่น้อยกว่าร้อยละ 90 (Jones, 1999) จะมีชั้นของไขที่หนากว่าระยะที่ผลยังอ่อนทำให้ แคลเซียมมีผลช่วยให้โครงสร้างของเซลล์แข็งแรง มีผลต่อโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ และการยอมให้สารต่างๆผ่านเข้า-ออกเซลล์ ถ้าขาดแคลเซียมจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดการสลายตัว และเกิดการไม่ประสานงานกันภายในส่วนประกอบของเซลล์ เช่น เอนโดพลาสมิคเรติคิวลั่ม แคลเซียมช่วยให้เยื่อหุ้มเซลล์มีความสามารถในการควบคุมการเข้า-ออกของสารเพิ่มขึ้นทำให้พืชนั้นทนต่ออาการสะท้านหนาวได้ (Lyons *et al.*, 1979) นอกจากนี้แคลเซียมยังมีผลต่อความแข็งแรงของผนังเซลล์ ทำให้ผลิตผลไม่บอบช้ำง่าย และส่งผลให้การเข้าทำลายของจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้น้อยลง และการให้ผลิตผลได้รับแคลเซียมจากภายนอกจะช่วยเพิ่มปริมาณแคลเซียมภายในผลได้ ซึ่งเท่ากับเป็นการเพิ่มจำนวนของ Ca-bond ของผนังเซลล์ ดังนั้นการให้แคลเซียมจากภายนอกช่วยทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์แข็งแรงและทำให้เนื้อเยื่อมีความทนทานต่อการเสื่อมสภาพ (Conway *et al.*, 1993)

4.3.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส

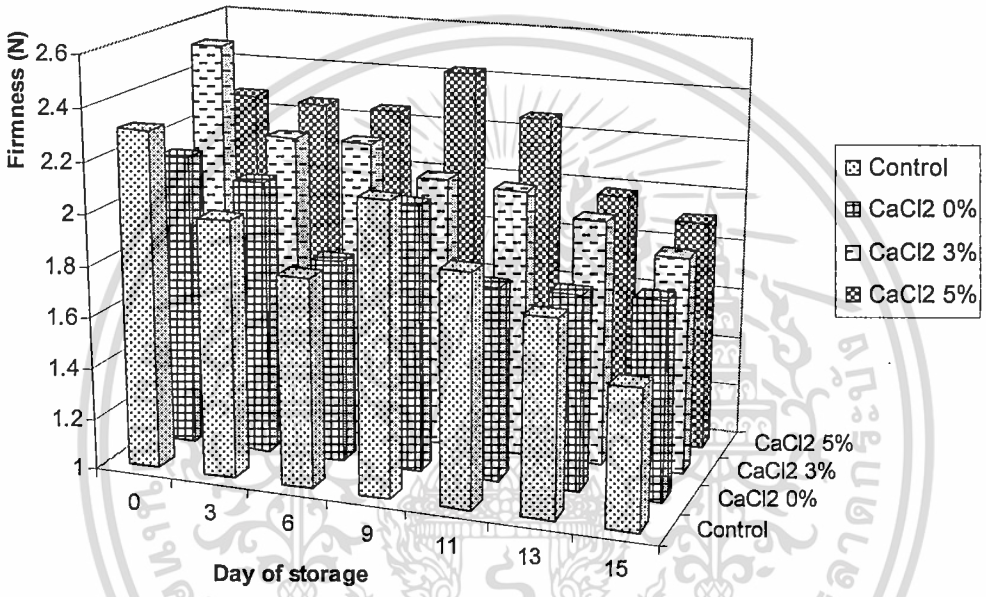
เมื่อวัดลักษณะเนื้อสัมผัสบริเวณส่วนเนื้อมะเขือเทศด้านนอกติดเปลือก (outer pericarp) พบว่ามีแนวโน้มการลดลงของค่าแรงกดสูงสุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.7 โดยพบว่าวันที่ 0 ของการเก็บรักษาชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากผลมะเขือเทศแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 มีค่าแรงกดสูงสุดคือ 2.53 N เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากตัวอย่างควบคุม แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 และ5 และวันสุดท้ายการเก็บรักษาชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากผลมะเขือเทศแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 5 มีค่าแรงกดสูงสุดคือ 1.91 N เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 และ3 และตัวอย่างควบคุม อาจกล่าวโดยสรุปว่าผลมะเขือเทศแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 และ 5 สามารถช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสมีค่าแรงกดสูงกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0

เมื่อแช่ผลมะเขือเทศในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 และ 5 อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ขณะที่ให้ความร้อนทำให้สารประเภทไข (epicuticular wax หรือ cutin) ที่อยู่ที่ผิวผลมะเขือเทศอ่อนนุ่มลง และแยกตัวออกเป็นบางแห่งทำให้แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) สามารถแทรกซึมเข้าไปยังเซลล์ชั้นในได้ โดยแคลเซียมไอออนจะเข้าไปอยู่บริเวณ middle lamella หรือช่องว่างระหว่างเซลล์ ซึ่งมีเพคตินที่สามารถละลายน้ำได้อยู่ โดยแคลเซียมไอออน(Ca^{2+})จะเชื่อมโยงหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group)บนสายโพลีกาแลคทูโรไนด์ (polygalacturonides) สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนึ่งให้จับกับหมู่คาร์บอกซิลของสายโพลีกาแลคทูโรไนด์อีกสายหนึ่ง เกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมเพคเตทขึ้น ซึ่งไม่ละลายน้ำ (Luna *et al.*, 1999; Grant *et al.*, 1973) จึงช่วยให้โครงสร้างของเซลล์มะเขือเทศแข็งแรงขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่า การให้แคลเซียมจากภายนอกสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสลายของเซลล์ เช่น ß-galactosidase (Siddiqui และ Bangerth, 1993) polyphenoloxidase และ pectinmethyesterase (PME) (Sams and Conway, 1993) ซึ่งคาดว่าอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยน pH ของผนังเซลล์หรือการส่งเอนไซม์ ß-galactosidase ออกมานอกเซลล์บริเวณ middle lamella ไม่ได้ (Brady, 1987; Izumi and Watada, 1994)



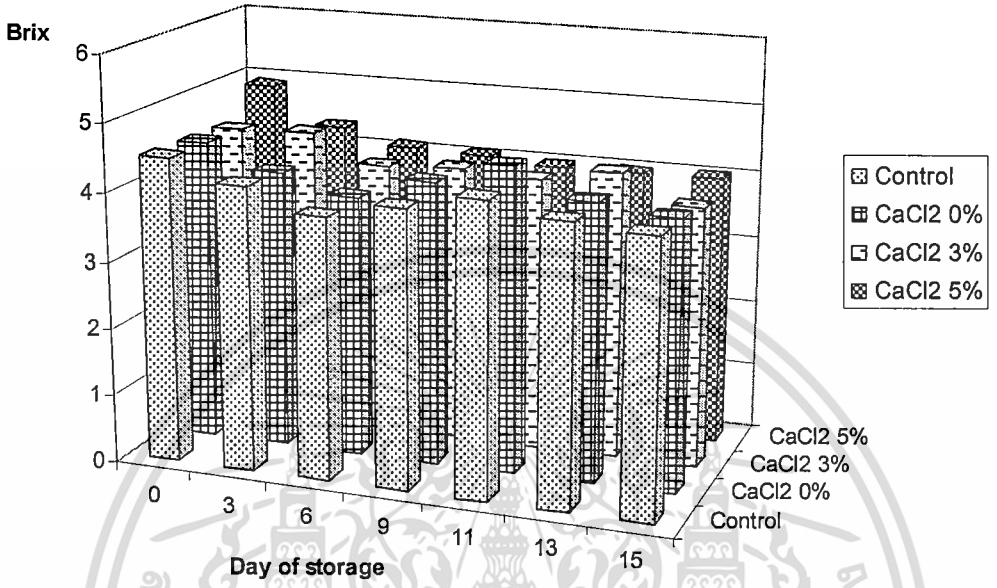
ภาพที่ 4.7 ค่าแรงกดสูงสุดของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่างควบคุม, แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 3 และ 5 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 11 13 และ 15 วัน

4.3.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของชิ้นมะเขือเทศตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาแสดงดังภาพที่ 4.8 จากการทดลองพบว่า สภาวะการให้ความร้อนและปริมาณแคลเซียมไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของตัวอย่างมะเขือเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติดังตารางก8 ภาคผนวก ก) แต่พบการลดลงของค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เมื่อเก็บรักษามะเขือเทศไว้เป็นเวลา 15 วัน โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของทุกตัวอย่างทดลองมีแนวโน้มลดลง 4.9 ถึง 4.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามจากการทดลองของ Lara และคณะ (2004) พบว่าเมื่อแช่ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Pajaro ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1 ด้วยวิธี vacuum infiltration นาน 5 นาที และด้วยวิธี Dip นาน 15 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

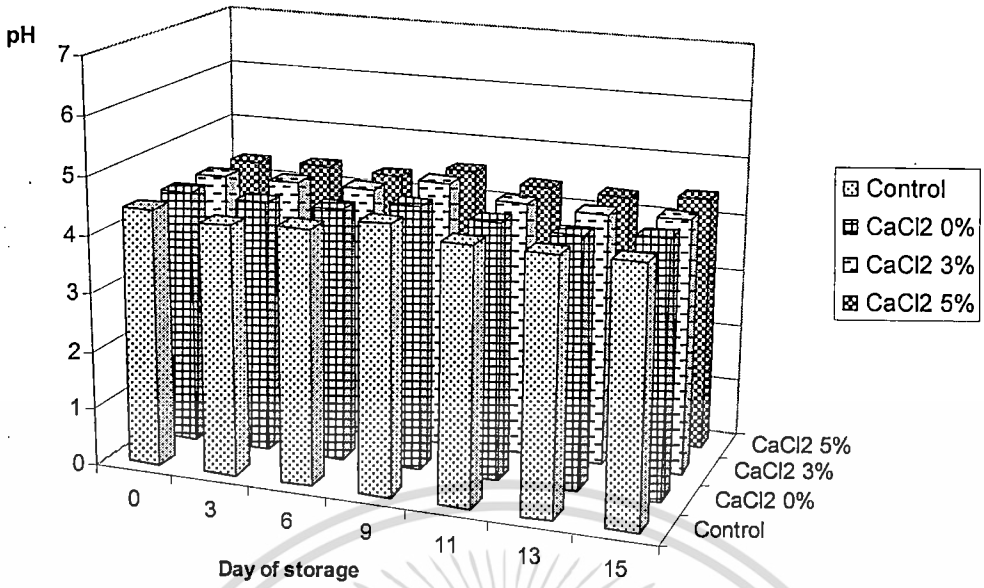


ภาพที่4.8ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม, แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 3 และ 5 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 11 13 และ 15 วัน

4.3.4 ความเป็นกรด-ด่าง

เมื่อวัดความเป็นกรด-ด่าง ของชิ้นมะเขือเทศตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.9 ความเป็นกรด-ด่าง ของชิ้นมะเขือเทศตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าสภาวะการให้ความร้อนไม่มีผลต่อค่า pH ของมะเขือเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติดังตารางก9 ภาคผนวก ก) ในขณะที่การทดลองของ Lara และคณะ (2004) พบการเพิ่มขึ้นของ pH เพียงเล็กน้อยในสตรอเบอรี่ที่ใช้แคลเซียมคลอไรด์ นอกจากนี้จากการทดสอบทางสถิติพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปัจจัยเวลาการเก็บรักษา โดยค่า pH ของมะเขือเทศเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบระหว่าง 4.30-4.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่4.9 ค่าความเป็นกรด-ด่างของชิ้นมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม, แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 3 และ 5 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 11 13 และ 15 วัน

4.4 ศึกษาผลของสภาวะการให้ความร้อนร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของผลมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ

จากการทดลองศึกษาผลของสภาวะการให้ความร้อนร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของผลมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ โดยแช่ผลมะเขือเทศในน้ำกลั่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที เติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 บรรจุผลมะเขือเทศ 4 ผล ในถาดโฟมปิดทับด้วยฟิลม์ถนอมอาหารความหนา 15 ไมครอน ด้วยเครื่องห่อด้วยฟิลม์ แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87 และไม่มีแสงสว่างนาน 25 วัน วัดผลการทดลองทุก 5 วัน ผลการทดลองที่ได้ดังนี้

4.4.1 ประเมินลักษณะทางกายภาพจากการสังเกต

คุณภาพของผลมะเขือเทศ สังเกตจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายนอกโดยรวมในระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาเท่ากัน ลักษณะทางกายภาพของผลมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุมมีคะแนนลดลงเร็วกว่าตัวอย่างของผลมะเขือเทศที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 โดยตัวอย่างควบคุมสามารถเก็บได้นาน 15 วัน จึงปรากฏอาการสะท้านหนาว ผลมะเขือเทศผิวเหี่ยวย่น เนื้อสัมผัสนิ่มมาก ในขณะที่ผลมะเขือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทศจากที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 เก็บได้นาน 20 วัน ผลมะเขือเทศจึงปรากฏอาการสะท้านหนาวเล็กน้อย

ผลของความร้อนทำให้เกิดการชักนำให้มีความต้านทานอาการสะท้านหนาว (chilling injury) และการทำให้พืชได้รับสภาพเครียดอย่างหนึ่งมีผลไปป้องกันสภาพเครียดอีกอย่างหนึ่งได้ เช่น การให้รับสภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อน (heat stress) อาจป้องกันผลไม้ไม่ให้ได้รับอันตรายจากอุณหภูมิต่ำได้ เช่น ผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 36 ถึง 40 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 3 สัปดาห์ ไม่แสดงอาการสะท้านหนาวแต่ผลมะเขือเทศที่ไม่ได้เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส จะแสดงอาการสะท้านหนาวโดยใต้ผิวของผลมะเขือเทศมีสีน้ำตาลเกิดขึ้น (Klein and Lurie, 1991)

ตารางที่ 4.4 คะแนนทางกายภาพจากการสังเกตของผลมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที เก็บรักษา 25 วัน

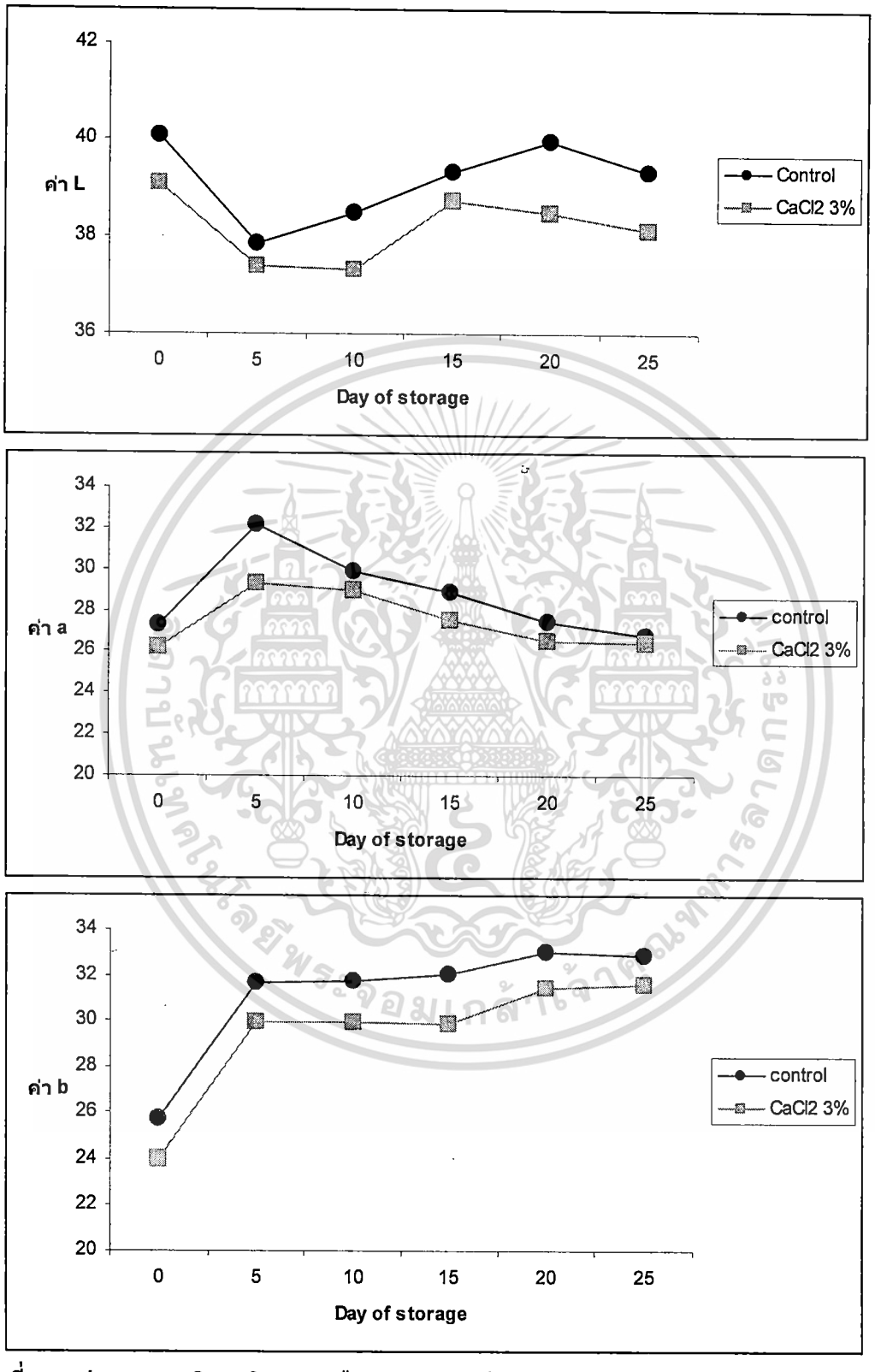
สภาวะ / วัน	คะแนนทางกายภาพจากการสังเกต					
	0	5	10	15	20	25
ตัวอย่างควบคุม	7	6	5	4	2	1
$CaCl_2$ ร้อยละ 3	7	7	6	5	3	2

4.4.2 สีผิวของผลมะเขือเทศ

จากการวัดค่าสีของมะเขือเทศที่บริเวณผิวผล แสดงดังภาพที่ 4.10 พบว่าค่า L (0=มืด, 100=สว่าง) a (a- แสดงถึงความเป็นสีเขียว, a+ แสดงถึงความเป็นสีแดง) และ b (b- แสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน, b+ แสดงถึงความเป็นสีเหลือง) ของตัวอย่างควบคุมมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาและมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าเหมือนกัน โดยค่า L และค่า a ของทั้งสองตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 5 วันแรกและลดลงหลังจากนั้น ส่วนค่า b มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีอัตราการเพิ่มใน5 วันแรกสูงกว่าช่วงหลังของการเก็บรักษา จากการทดลองทางสถิติพบว่าสภาวะการให้ความร้อนไม่มีผลต่อสีผิวของมะเขือเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติดังตารางก13 ภาคผนวก ก)ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อสีผิวของมะเขือเทศ ($P>0.05$) (แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติดังตารางก13 ภาคผนวก ก)

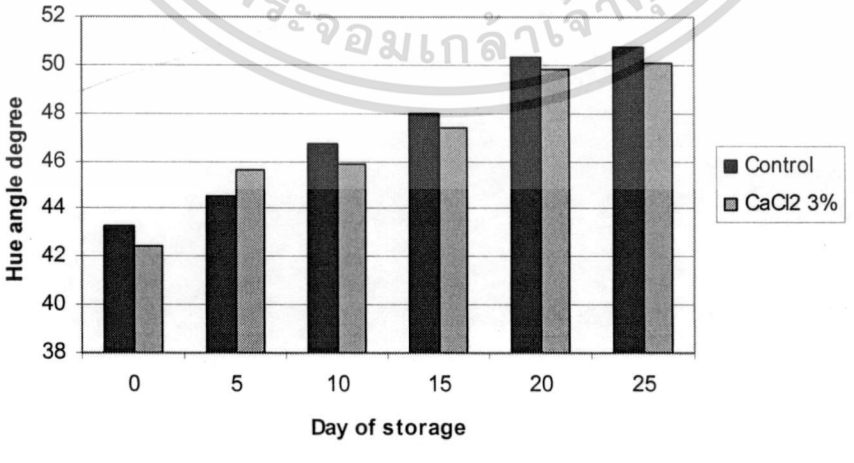


ภาพที่ 4.10 ค่า L, a, b บริเวณผิวผลมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม และแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที เก็บรักษา 25 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

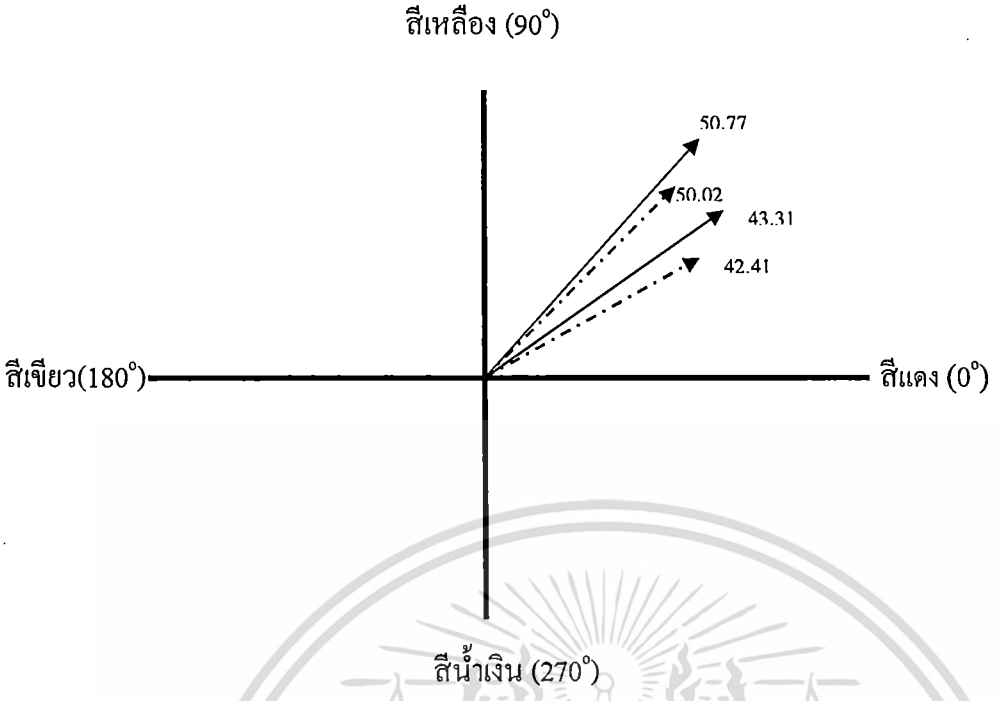
มีการรายงานการศึกษาการชราภาพ (senescence) ของใบไม้และการสุกของผลไม้ พบว่าอัตราการเกิดการชราภาพ ขึ้นอยู่กับระดับแคลเซียมในเนื้อเยื่อ โดยระดับแคลเซียมเพิ่มขึ้น มีผลต่ออัตราการหายใจ การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน ปริมาณคลอโรฟิลล์ และสภาวะของเหลวในเมมเบรนจะมีการเปลี่ยนแปลงด้วย (Suwwan and Poovaiah, 1978) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Stow (1993) พบว่าการสูญเสียแคลเซียมจากส่วน middle lamella เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการอ่อนตัวของแอปเปิลระหว่างการสุก นอกจากนี้ การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 4 6 8 และ 12 กับผักและผลไม้หลายชนิด สามารถยืดอายุการเก็บรักษา และชะลอการสุกในผลมะเขือเทศ (Wills *et al*, 1977)

สำหรับค่าสีหลัก (hue angle) เป็นค่าที่แสดงว่าสีอยู่ที่ตำแหน่งใดในกราฟ มีหน่วยเป็นองศา (ซึ่งได้จากสูตรการคำนวณ arctan (b/a) โดยถ้าค่าที่ได้เท่ากับ 0 แสดงว่าเป็นสีแดง 90 องศา แสดงว่าเป็นสีเหลือง 180 องศา แสดงว่าเป็นสีเขียว และ 270 องศา แสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน) ค่าสีหลักของมะเขือเทศที่ได้จากบริเวณผิวผลของตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างผลมะเขือเทศที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 แสดงดังภาพที่ 4.11 และภาพที่ 4.12 โดยสภาวะการให้ความร้อนไม่มีผลต่อสีผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$) (แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติดังตารางก14 ภาคผนวก ก)แต่ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อสีผิวทั้ง 2 ตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P\leq0.05$) โดยมีค่าสีผิวเริ่มต้น(วันที่0)ของตัวอย่างควบคุมและและตัวอย่างผลมะเขือเทศที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 เท่ากับ 43.31องศา และ 42.41 องศา และค่าวันสุดท้าย(วันที่ 25) 50.77 องศา และ 50.02 องศา ตามลำดับ ซึ่งทั้งค่าเริ่มต้นและค่าสุดท้ายแสดงถึงตำแหน่งของสีที่อยู่ระหว่างสีแดงและสีเหลืองและในระหว่างการเก็บรักษาจะมีความเป็นสีแดงของผิวผลน้อยลงเรื่อยๆ โดยตัวอย่างควบคุมมีความเป็นสีแดงน้อยกว่าตัวอย่างผลมะเขือเทศที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 เล็กน้อย



ภาพที่ 4.11 ค่าสีหลัก (hue angle) บริเวณผิวผลมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม และแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที เก็บรักษา 25 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 ตำแหน่งค่าสีหลัก (hue angle) ของผลมะเขือเทศจากตัวอย่างควบคุม และแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที เก็บรักษา 25 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส (⟶ หมายถึงค่าสีหลักจากผิวผลของตัวอย่างควบคุม -·-·▸ หมายถึงค่าสีหลักจากผิวผลของตัวอย่างแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ3)

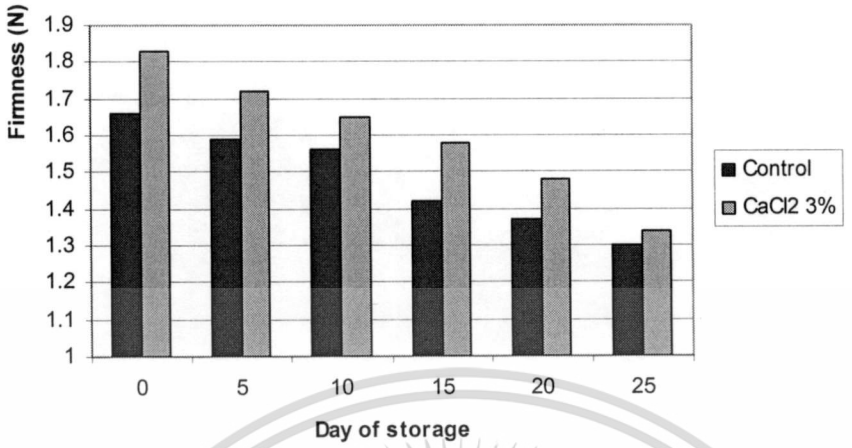
4.4.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส

เมื่อวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากผลมะเขือเทศทดลองบริเวณส่วนเนื้อมะเขือเทศด้านนอกติดเปลือก (outer pericarp) พบว่ามีแนวโน้มการลดลงของค่าแรงกดสูงสุดตามระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.11 โดยวันที่ 0 ของการเก็บรักษาชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากผลมะเขือเทศแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 มีค่าแรงกดสูงสุดคือ 1.83 N และชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากตัวอย่างควบคุมมีค่าแรงกดสูงสุดคือ 1.66 N และวันสุดท้ายการเก็บรักษา (วันที่ 25) ชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากผลมะเขือเทศแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 มีค่าแรงกดสูงสุดคือ 1.34 N และชิ้นมะเขือเทศที่ได้จากตัวอย่างควบคุมมีค่าแรงกดสูงสุดคือ 1.30 N โดยพบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติดังตารางก10 ภาคผนวก ก) ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส

การนำแคลเซียมมาใช้หลังการเก็บเกี่ยวโดยการจุ่มผลมะเขือเทศลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เมื่ออุณหภูมิของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ให้สูงขึ้น อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยให้แคลเซียมสามารถแพร่ผ่านเข้าสู่ภายในเนื้อเยื่อของผลไม้ได้มากขึ้นโดยปล่อยให้แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) แทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อผลทางเลนติเซล (lenticle) หรือรอยแตกต่างๆ (cracks) ของเนื้อเยื่อ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

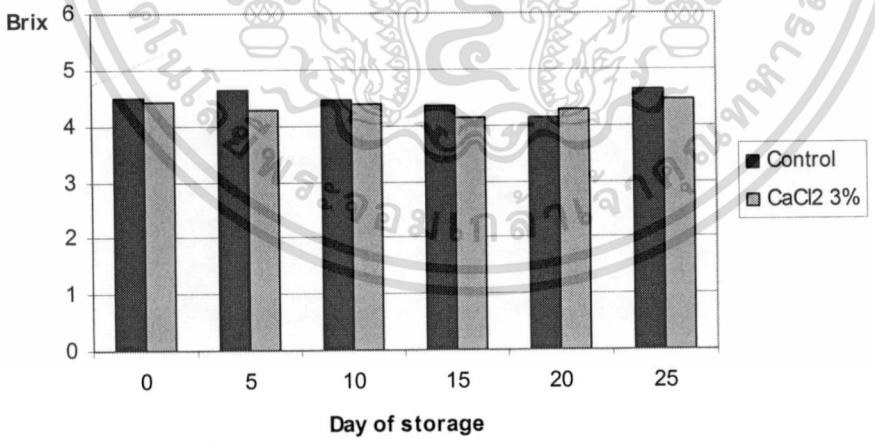
ชั้น epidermis พบว่าปริมาณแคลเซียมในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ผลิตผลมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นและสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น (Siddiqui and Bangerth, 1993)



ภาพที่ 4.13ค่าแรงกดสูงสุดของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่างควบคุม และแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที เก็บรักษา 25 วัน

4.4.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของมะเขือเทศตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.12 จากการทดลองพบว่า สภาวะการให้ความร้อนและระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของตัวอย่างมะเขือเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

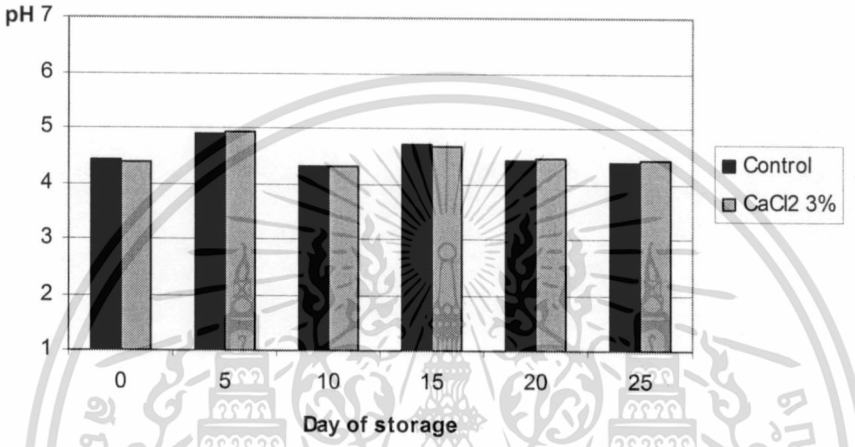


ภาพที่ 4.14 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่างควบคุม และแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที เก็บรักษา 25 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5 ความเป็นกรด-ด่าง

ความเป็นกรด-ด่าง ของมะเขือเทศตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.13 โดยพบว่าสภาวะการให้ความร้อนไม่มีผลต่อค่า pH ของมะเขือเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่การทดลองของ Lara *et al* (2004) พบการเพิ่มขึ้นของ pH เพียงเล็กน้อยในสตรอเบอรี่ที่ใช้แคลเซียมคลอไรด์ ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษาไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติดังตารางก12 ภาคผนวก ก) โดยค่า pH ของมะเขือเทศเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบระหว่าง 4.30-4.88



ภาพที่ 4.15 ค่าความเป็นกรด-ด่างของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่าง ควบคุม และแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที เก็บรักษา 25 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1.จากการทดลองศึกษาผลของการให้อุณหภูมิผลมะเขือเทศต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำโดยศึกษาที่อุณหภูมิ 40 45 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมที่สุดโดยช่วยยืดอายุการเก็บรักษาชิ้นมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส โดยพบลักษณะทางกายภาพอยู่ในสภาพดี และมีแนวโน้มการลดลงของค่าแรงกดของเนื้อสัมผัสสามารถเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาได้จากตัวอย่างควบคุมอย่างน้อย 4 วัน (ตัวอย่างควบคุมเก็บได้ 11วัน)ในขณะที่ไม่มีความแตกต่างของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และความเป็นกรด-ด่าง

2.จากการทดลองศึกษาผลของเวลาการให้ความร้อนผลมะเขือเทศต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำโดยศึกษาใช้ระยะเวลา 2 5 และ10 นาที พบว่าที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 นาที มีความเหมาะสมที่สุด โดยช่วยยืดอายุการเก็บรักษาชิ้นมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส โดยพบลักษณะทางกายภาพอยู่ในสภาพดี และมีแนวโน้มการลดลงของค่าแรงกดของเนื้อสัมผัส สามารถเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาได้จากตัวอย่างควบคุมอย่างน้อย 3-4 วัน (ตัวอย่างควบคุมเก็บได้ 11วัน) ในขณะที่ไม่มีความแตกต่างของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และความเป็นกรด-ด่าง

3. จากการทดลองศึกษาผลของสภาวะการให้ความร้อน ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์กับผลมะเขือเทศต่อคุณภาพของชิ้นมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ พบว่าการแช่ผลมะเขือเทศในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 และ 5 อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาชิ้นมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส โดยพบลักษณะทางกายภาพอยู่ในสภาพดี สามารถเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาได้จากตัวอย่างควบคุมอย่างน้อย 5 วัน (ตัวอย่างควบคุมเก็บได้ 11วัน) และมีแนวโน้มการลดลงของค่าแรงกดของเนื้อสัมผัส ในขณะที่ไม่มีความแตกต่างของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และความเป็นกรด-ด่าง

4. จากการทดลองศึกษาผลของสภาวะการให้ความร้อนร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของผลมะเขือเทศเก็บที่อุณหภูมิต่ำ พบว่าการแช่ผลมะเขือเทศในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลมะเขือเทศได้ยาวนานกว่าตัวอย่างควบคุม 5 วัน (ตัวอย่างควบคุมเก็บได้ 20วัน)โดยพบลักษณะทางกายภาพของผลมะเขือเทศปรากฏอาการสะท้านหนาวเล็กน้อย มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีที่บริเวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิวของผลมะเขือเทศเพียงเล็กน้อย และมีแนวโน้มการลดลงของค่าแรงกดของเนื้อสัมผัส ในขณะที่ไม่มีความแตกต่างของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และความเป็นกรด-ด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ์. 2540. **มะเขือเทศ**. ศูนย์พัฒนาตำราการเกษตรเพื่อชนบท, นนทบุรี. 30หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2537. **วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** พิมพ์ครั้งที่2 , บ. เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นับ พับลิเคชั่น จำกัด. 396หน้า.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2540. **สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน.** ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 222หน้า.

ดวงกลม สระน้ำ. 2549. **ผลของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และสารละลายโอโซนต่อปริมาณจุลินทรีย์และอายุการวางจำหน่ายมะเขือเทศและหอมหัวใหญ่แปรรูปเบื้องต้น.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสุขาภิบาลอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ธเนศวร์ ศรีระแก้ว. 2541. **ผลของความร้อนและแคลเซียมคลอไรด์ต่ออาการสะท้านหนาวของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิพนธ์ ไชยมงคล. 2536. **มะเขือเทศ**: ภาควิชาเทคโนโลยีทางพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร สถาบันการเกษตรแม่โจ้. เชียงใหม่.

นันทวุฒิ อิ่มศูนย์.2545. **ผลของการใช้ความร้อนต่อการลดอาการสะท้านหนาวของมะเขือเทศ.**วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มาโนชญ์ กูลพฤกษี. 2534. **ผลกระทบของสภาพบรรยากาศดัดแปลงและอุณหภูมิต่ำที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะม่วง (*Manifera indica* L.) พันธุ์น้ำดอกไม้.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายชล เกตุษา. 2528. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้.** โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 364 หน้า.

สิริรัตน์ นาประเสริฐ. 2546. **ผลของสภาวะการเก็บรักษาต่อปริมาณไลโคพีนและความแน่น**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อของมะเขือเทศที่มีระดับสีแตกต่างกัน.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สมบุญ เดชะภิญญาวัฒน ". 2544. **สรีรวิทยาของพืช**. สำนักพิมพ "รั้วเขียว: 203 หน "า.

Arab, L. and Steck,S. 2000. Lycopene and Cardiovascular Diseses. **Am. J. Clin. Nutr**. 71 : 1691s-1695s.

Artes, F. and Escriche, A.J. 1994. Intermittent warming reduce chilling injury and decay of tomato fruit. **J. Food Sci.** 59 (5) : 1053–1056.

Barry-Ryan, C. and O'Beirne, D.1998. Quality and shelf-life of fresh cut carrot slices as affected by slicing method. **J. Food Sci.** 63 : 851–856.

Bartz, J.A. and Eckert, J.W. 1987. **Bacteria diseases of vegetable crops after harvest**. In: J.Weichmann (ed.), Postharvest Physiology of Vegetables, New York, Dekker Press. 351-376.

Biggs M.S., Woodson W.R. and Handa A.K. 1998. Biochemical basis of high temperature inhibiton of ethylene biosynthesis in ripening tomato fruits. **Physiol. Plant**. 72,572-578.

Beavers, W.B., Sams, C.E., Conway, W.S. and Brown, G.A. 1994. Calcium firmness and degree of injury of apples during storage. **HortScience**. 29 (2) : 1520-1524.

Beirao-da-Costa, S., Cardoso A., Martins, L.L., Empis, J. and Moldao-Martins, M. 2008. The effect of calcium dips combined with mild heating of whole kiwifruit for fruit slices quality maintenance. **J. Food Chemistry**. 108 : 191-197.

Bolin, H.R. and Huxsoll, C.C. 1989. Storage stability of minimally processed fruit. **J Food Processing and Preservation**. 13 : 281-292.

Brady, C.J. 1987. **Fruit ripening**. Annual Review of Plant Physiology. 38. 155-178.

Bramley, P.M. 2000. Is Lycopene Beneficial to Human Health?. **Phytochem**. 54 : 233-236.

Brett. C. and Waldson. K. 1990. **Physiology and Biochemistry of Plant Cell Walls**. Unwin Hyman. London.

Cantwell, M. 2000. **Optimum procedures for ripening tomatoes.** In: Management of fruit ripening. Postharvest Horticultural Series No. 9, University of California, Davis, California. 80-88.

Chan, H.T. and Linse, E. 1989. Conditioning cucumbers for quarantine heat treatments. **HortScience**. 24:985–989.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chen, N. and Paull, R.E. 1986. Development and prevention of chilling injury in papaya fruit. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 11 (4) : 639-643.

Conway, W.S., Tobias, R.B. and Sams, C.E. 1993. Reduction of storage decay in apples by postharvest calcium infiltration. **Acta Hort**. 326 : 115-121.

Couey, H.M. 1982. Chilling injury of crops of tropical orgin. **HortScience**. 17 (2) : 162-165.

D'Souza, M.C., Singha, S. and Ingle, M. 1992. Lycopene concentration of tomato fruit can be estimated from chromaticity values. **HortScience**. 27 : 465-466.

Davies, J.N. and Hobson, G.E. 1981. The Constituents of tomato fruit-the influence of environment, nutrition and genotype. **Critical Review of Food Science Nutrition 15**. 205-280.

Dawson, D.M., Watkins, C.B. and Melton. L.D. 1995. Intermittent warming affects cell wall composition of Fantasia nectarines during ripening and storage. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 120(6) : 1057-1062.

Dodds, G.T., Brown. J.W. and Ludfrod, P.M. 1991. Surface color changes of tomato and other solunaceous fruit during chilling. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 116(3) : 482-490.

Ferguson, I.B. 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. **Plant cell and environment**. 7 : 477-489.

Ferguson, I.B., Watkins, C.B. and Harman, J.E. 1983. Inhibition by calcium of senescence og detached cucumber cotyledons : effect of ethylene and hydroperoxide production. **Plant Physiology.** 71 : 182-186.

Florissen, P., Ekman, J.S., Blumental, C., McGlasson, W.B., Conroy, J. and Holford, P. 1996. The effect of short heat treatment on the induction of chilling injury in avocado fruit (*Persea americana* Mill.) **Post. Biology. Tech.** 8 (2) : 129-141.

Fortuny-Soliva, R.C. and Belloso-Martin, O. 2003. New advance in extending the shelf-life of fresh-cut fruits : A review. **Trend in Food Science & Technology**. 14 (9). 341-353.

Franoeschi, S., Bidoli, E., Vecchia L, Talamini,C., D'Avanzo, R.B. and Negri, E. 1994. **Tomatoes and Risk of Digestive-tract Cancers**. Int. J. Cancer. 59 : 181-184.

Garcia, E. and Barrett, D.M. 2002. **Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables**. In O. Lamikanra (Ed.). Fresh-cut Fruits and Vegetables: Science, Technology and Market. Boca Raton, FL, CRC Press, 267–303.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Garcia, J.M., Herrera, S. and Morilla, A. 1996. Effect of postharvest calcium dips in calcium chloride on strawberry. **J of Agriculture and Food Chemistry**. 44 : 30-33.

Grant, G.T., Morris, E.R., Rees, D.A., Smith, P.J.C. and Thom, D.1973. Biological interactions between polysaccharides and divalent cation: The egg-box model. **FEBS Lett** .32 : 195 -198.

Geduspan, H.S. and Peng, A.C. 1988. Changes in cucumber volatile compounds on chilling temperature and calcium chloride treatment. **J. Food Sci.** 51 (3) : 852–853.

Gerasopoulos,D. and Richardson, D.G.1997. Fruit maturity and calcium affect chilling requirement and ripening of 'd'Anjou' pear. **HortScience**. 32 (5) : 911-913.

Hagenmaier, R.D. and Baker, R.A. 1998. Microbial population of shredded carrot in modified atmosphere packaging as related to irradiation treatment. **J. Food Sci.** 63 (1) : 162–164.

Hakim, A. and Voipio. I. 1995. Effect of heated water in prevention of chilling injury in tomato. **HortScience**. 30 (4) : 825.

Hatton, T.T. and Cubbedge, R.H. 1982. Conditioning Florida graph fruit to reduce chilling injury during low-temperature storage. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 107(1) : 57-60.

Hobson, G.E. 1987. Low-temperature injury and the storage of ripening tomatoes. **J. Hort. Sci.** 62 : 55-62.

Hong, J.H. and Gross K.C. 2001. Maintaining quality of fresh cut tomato slices through modified atmosphere packaging and low temperature storage. **J. Food Sci.** 66 (7) : 960-965.

Hopkirk, G., Harger, F.R. and Harman, J.E. 1990. Calcium and the firmness of kiwi fruit. **New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science**. 18 : 215-219.

Huxsoll, C.C. and Blin, H.R. 1989. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**. 43 : 124-128.

Izumi,H. and Watada, A.E. 1994. Calcium treatment effect storage quality of shredded carrots. **J. Food Sci.** 59 (1) : 106–109.

Jacobi, K.K., Wong, L.S. and Giles, J.E. 1993. Lychee (*Lichi chinensis* Sonn.) fruit quality following vapour heat treatment and cool storage. **Post. Biology. Tech.** 3:111–119.

Jacobi, K.K., Wong, L.S., and Giles, J.E. 1996. Postharvest quality of zucchini (*Cucurbita pepo*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L.) following high humidity hot air disinfestation treatments and cool storage. **Post. Biology. Tech.** 7:309–316.

Jones, J.B. 1999. **Tomato Plant Culture : in the Field Greenhouse, and Home Garden**. CRC Press., Boca Raton, Florida.

Kamer, G.F and Wang, C.Y. 1989. Reduction of chilling injury in zucchini squash by temperature management. **HortScience**. 24 (6) : 955-996.

Kerbel, E.L., Mitchell, G., and Mayer, G. 1987. Effect of postharvest heat treatment for insect control on the quality and market life of avocados. **HortScience.** 22 : 92–94.

King, M.M. and Ludford, P.M. 1983. Chilling injury and electrolyte leakage in fruit of different tomato cultivars. **J. Amer. Soc. Hort. Sci**. 108 (1) : 74-77.

Klein, J.D. and Lurie, S. 1990. Prestorage heat treatment as a means of improving poststorage quality of apples. **J. Amer. Soc. Hort. Sci**. 115 (2) : 265-269.

Klein, J.D. and Lurie, S.1991. Postharvest heat treatment and fruit quality. **Postharvest News and Information.** 2 : 15-19.

Lamikanra, O. and Watson, M.A.2004. Effect of calcium treatment temperature on fresh-cut cantaloupe melon during storage. **J. Food Sci.** 69 : 468–472.

Lamikanra, O. and Watson M.A. 2007. Mild heat and calcium treatment effects on fresh-cut cantaloupe melon during storage. **J. Food chemistry.** 102 : 1383-1388.

Lara, I., Garcia, P. and Vendrell, M. 2004. Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (Fragaria×ananassa Duch.) fruit. **Post. Biology. Tech.** 34 : 331-339.

L'Heureux, G.P., Bergevin, M., Thompson, J.E. and Willemot, C. 1993. Molecular species profile of membrane lipids of tomato pericarp during chilling. **Acta Hort.** 343 : 286-287.

Lin, W.C., Hall, J.W. and Saltveit, M.E. 1993. Ripening stage affects the chilling sensitive of greenhouse-grown peppers. **J. Amer. Soc. Hort. Sci**. 118 (6) : 791-795.

Lindquist, S. and Craig. E.A. 1988. The heat shock proteins. **Annual review of genetics**. 22 : 631-677

Legge, R.L., Thompson, E., Baker, J.E. and Lieberman, M. 1982. The effect of calcium on the fluidity and phase properties of microsomal membranes isolate from postclimateric 'Golden Decicious' apple. **Plant Cell Physiology**. 23 : 161-169.

Lester, G.E. and Grusak, M.A. 1999. Postharvest application of calcium and magnesium to honeydew and nettled muskmelons: effects on tissue ion concentrations, quality, and senescence. **J. Amer.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Soc. Hort. Sci. 124 : 545-552.

Lindquist, S. and Craig, E.A. 1986. **The heat shock proteins**.Ann.Rev.Gen. 22 : 631-677.

Luna-Guzman, I. and Barrett, D.M. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cuts cantaloupe. . **Post. Biology. Tech.** 19 : 61-72.

Luna-Guzman, I., Cantwell, M. and Barrett, D.M. 1999. Fresh-cuts cantaloupe: Effect of $CaCl_2$ dips and heat treatment on firmness and metabolic activity. **Post. Biology. Tech.** 17 (3) : 201-213.

Lund, B. M. 1983. **Bacteria spoilage**. In: C. Dennis (ed.), Post-Harvest of fruits and vegetables, Academic Press London and New York. 219-257.

Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. **Post. Biology. Tech.** 14 : 257-269.

Lurie, S., Fallik, E. and Klein, J.D. 1996. The effect of heat treatment on apple epicuticular wax and calcium uptake. **Post. Biology. Tech.** 8 : 271-277.

Lurie, S. and Klein J.D. 1990. Heat treatment of ripening apples : Differential effects of physiology and biochemistry. **Physiol. Plant.** 78, 181-186.

Lurie, S. and Klein, J.D. 1991. Acquisition of low temperature tolerance in tomatoes by exposure to high temperature stress. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 115 : 1007-1012.

Lurie, S. and Klein, J.D., Watkins, C., Ross, G., Boss, P. and Ferguson, I.F. 1993. Prestorage heat treatment of tomato prevents chilling injury and reversibly inhibits ripening. **Acta Hort.** 343 : 283-285.

Lurie, S. and Sabehat, A. 1997. Prestorage temperature manipulations to reduce chilling injury in tomatoes. **Post. Biology. Tech.** 11 : 57-62.

Lyons, J.M. 1973. **Chilling injury in plant**. Annual Review of Plant Physiology. 24 : 445-466.

Lyons, J.M., Raison, J.K. and Steponkus, P.L 1979. **The plant membrane in response of low temperature**. In Lyons,J.M., Graham, D. and Raison, J.K. Low temperature stress in crop plant. Academic press, New York.

Manganaris, G.A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G and Mignani,I. 2007. The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. **Food Chemistry**. 4 : 1385-1392.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Marcellin, P. and Chaves, A. 1983. Effect of intermittent high CO_2 treatment on storage life of avocado fruits in relation to respiration and ethylene production. **Acta Hort.** 138 : 155-162.

Martin-Diana, A.B., Rico,D., Mulcahy, J., Frias, J.M., Henehan, G.T.M. and Barry-Ryan, C. 2006. Effect of calcium lactate and heat-shock on texture in fresh-cut lettuce during storage. **J of food engineering**. 77 : 1069-1077.

Martinez-Tellez, M.A. and Lafuente, M.T. 1993. Chilling-induced changes in phenylalanine ammonia-lyase, peroxidase, and polyphenol activities in citrus flavedo tissue. **Acta Hort.** 343 : 257-263.

McCollum,T.G. and McDonald, R.E. 1991. Electrolyte leakage, respiration, and ethylene production as indices of chilling injury in tomato fruit. **HortScience** . 17 (2) : 162-165.

McCollum, T.G., D'Aquino, S. and McDonald, R.E. 1993. Heat treatment inhibits mango chilling injury. **HortScience** . 28 (3) : 197-198.

McDonald, R.E. and McCollum,T.G. 1996. Prestorage heat treatment influence free sterols and flavor volatiles of tomatoes storage at chilling temperature. **J. Amer. Soc. HortScience**. 121(3) : 531-536.

McDonald, R.E., McCollum,T.G. and Baldwin, E.A. 1999. Temperature of water heat treatment influences tomato fruit quality following low-temperature storage. **Post. Biology. Tech.**16 : 147-155.

McGurire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurement. **HortScience**. 27 : 1254-1255.

McLachan, A. and Stark, R. 1985. **Modified atmosphere packaging of selected prepared vegetables**. Technical memorandum No.412, Campden Food Preservation Research Association, Campden, U.K.

Miller, W.R., McDonald, R.E., Hatton, T.T. and Ismail, M. 1988. Phytotoxicity to grapefruit exposed to hot water immersion treatment. **Proc. Florida State Hort. Soc**. 101:192–195.

Nilsen, K.T. and Orcutt, D.M. 1996. **Physiology of Plant under Stress : Abiotic Factor**, New York, John Wiley and Sons. 456-514.

Ohlsson, T. 1994. Minimal processing-preservation method of the future-an overview. **Trend in Food Science & Technology**. 5. 341-344.

Paull, R.E., Chen, N.J., 1990. Heat shock response in field grown ripening papaya fruit. **J. Amer. Soc. Hort. Sci**. 115 : 623–631.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Palta, J.P. 1997. Role of calcium im plant response to stress: linking basic research to the solution of practical problems. **HortScience**. 32(5) : 831-835.

Palta, J.P. and Lee-Stademann, O.Y. 1983. Vacuolated plant cell as ideal osmometer: reversibility and limits of plasmolysis; and estimation of protoplasm volume in control ans water-stress-tolerant cell. **Plant Cell Environment**. 6 : 601-610.

Poovaiah, B.W., Glenn, G.M. and Reddy, A.S.N. 1988. **Calcium and fruit softening physiology and biochemistry**. In Horticultural review, Edited by Janick, J., Portland, Timber Press. 107-152.

Picchiono, G.A., Watada, A.E., Whitaker, B.D. and Reyes, A. 1996. Calcium delays senescence-related membrane lipid components in shredded carrots. **Post. Biology. Tech.**9 : 235-245.

Rico, D., Martin-Diana, A.B., Henehan, G.T.M., Frias, J., Barat, J.M. and Barry-Ryan, C. 2007. Improvement in texture using calcium lactate and heat-shock treatments for stored ready-to-eat carrots. **J. of Food Engineering**. 79 : 1196-1206.

Rubatzky, V.E. and Yamaguchi, M. 1997. **World Vegetable (Principle, Production and Nutritive Values)**. Chapman & Hall. United States of America.

Rolle, R.S. and Chism, G.W. 1987. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **J. of Food Quality**. 10 : 157-177.

Saftner, R.A., Bai, J., Abbott, J. A. and Lee, Y.S. 2003. Sanitary dips with calcium propionate, calcium chloride, or calcium amino acid chelates maintain quality and shelf stability of fresh-cut honeydew chunks. **Post. Biology. Tech.**29 : 257-269.

Saftner, R.A., Conway, W.S. and Sams, C.E. 1998. Effect of postharvest calcium chloride treatments on tissue water relations, cell wall calcium levels and postharvest life of 'Golden Delicious' apple fruit. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 123 (5) : 893-897.

Sams, C.E. and Conway, W.S. 1984. Effect of calcium infiltration on ethylene production, respiration rate, soluble polyuronide content, and quality of 'Golden Delicious' apple fruit. **J. Amer. Soc. Hort. Sci**. 109 (1) : 53-55.

Sams, C.E. and Conway, W.S. 1993. Postharvest calcium infiltration improves fresh and processing quality of apples. **Acta Hortculture**. 326. 123-129.

Sankat, C.K., Bisson, K., Maharaj, R. and Lauckner, B. 1994. Ripening quality of ' Julie'mangoes stored at low temperature. **Acta Hort.** 368 : 712-722.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sanxter, S.S., Nishijima, K.A. and Chan, H.T. 1994. Heat treating "Sharwil" avocado for cold tolerance in quarantine cold treatments. **HortScience** . 29 (10) : 1166-1168.

Sargent, S.A. and Moretti, C.L. 2002. Tomato. In: Gross, K.C., Wang, C.Y. and Salveit, M.E. (eds) Agricultural Handbook 66-The commercial storage of fruit, vegetables and florist and nursery crops. Available at : http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/contents.html.

Siddiqui, S. and Bangerth, F. 1993. Studies on cell wall mediated changes during storage of calcium-infiltrated apples. **Acta Hortculture**. 326. 105-113.

Song, J. and Bangerth, F. 1993. Effect of calcium infiltration on respiration, ethylene and aroma production of 'Golden Delicious' apple fruit. **Acta Hortculture**. 326 : 131-137.

Stow, J. 1993. Effect of calcium ions on apple fruit softening during storage and ripening. **Post. Biology. Tech.**3 (1) : 1-9.

Suwwan, M.A. and Poovaiah, B.W. 1978. Association between elemental content and fruit ripening in rin and normal tomatoes. **Plant Physiology**. 61. 883-885.

Tien, C.L., Vachon, C., Mateescu, M.A., and Lacroix, M. 2001. Milk protein coating prevent oxidative browing of apples and potatoes. **J. Food Sci.** 66 (4) : 512–516.

Vaz, R.L. and Richardson, D.G. 1985. Effect of calcium on respiration rate, ethylene production and occurrence of cork spot in'd Anjou' pears (*Pyrus communis* L.). **Acta Hort Science**. 157 : 227-236.

Wang, C.Y. 1993. Approaches to reduce chilling injury of fruits and vegetables. **Hort. Rev.** 15 : 63-95.

Whitaker, B.D. 1993. A reassessment of heat stress as a means of reducing chilling injury in tomato fruit. **Acta Hort**. 343 : 281-282.

Watada, A.E., Abe, K. and Yamuchi, N. 1990. Physiological activities of partially processed fruits and vegetable. **Food Technology**. 44 : 116-122.

Watada, A.E., Ko, N.P. and Minott, D.A. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Post. Biology. Tech.** 9 : 115-125.

Wiley, R.C. 1994. **Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. In : Microbial safety of minimally processed foods. CRC Press., Boca Raton, FL.

Wills, R.B.H., Tirmazi, S.I.H. and Scott, K.J. 1977. Use of calcium to delay ripening of tomatoes. **HortScience**. 12 : 551-552.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Yang, H.H. and Lawless, H.T. 2003. Descriptive analysis of divalent salts. **J of sensory studies.** 20 : 97-113.

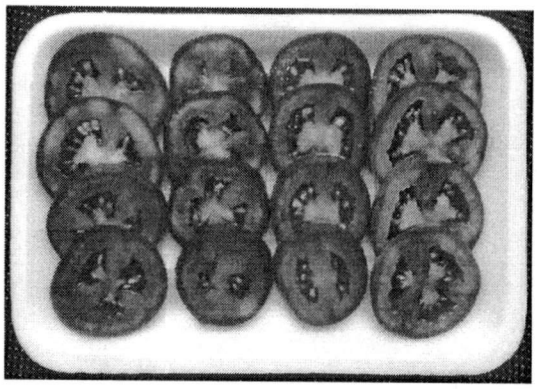
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

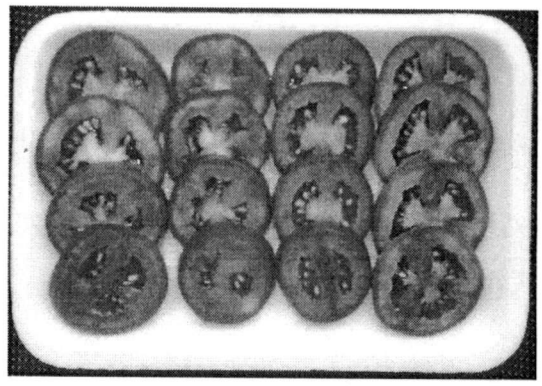
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
คะแนนลักษณะทางกายภาพของชิ้นมะเขือเทศ

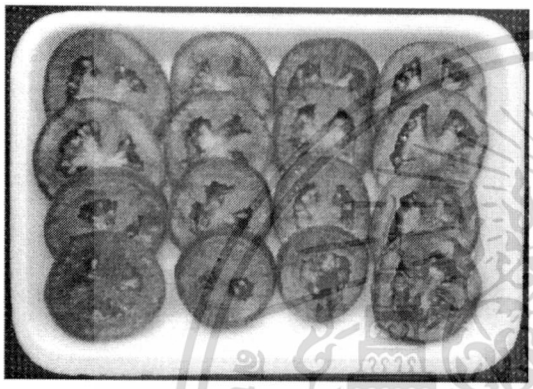
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คะแนน 4



คะแนน 3



คะแนน 2

คะแนน 1

ภาพที่ ก 1 แสดงคะแนนลักษณะทางกายภาพของชิ้นมะเขือเทศ

คะแนน 4 = ดี ชิ้นมะเขือเทศอยู่ในสภาพดี มีลักษณะสด สีแดง ไม่เหี่ยวไม่เละ

คะแนน 3 = ปานกลาง ชิ้นมะเขือเทศอยู่ในสภาพปานกลาง ลักษณะเริ่มเหี่ยวเล็กน้อย สีแดง ไม่เละ

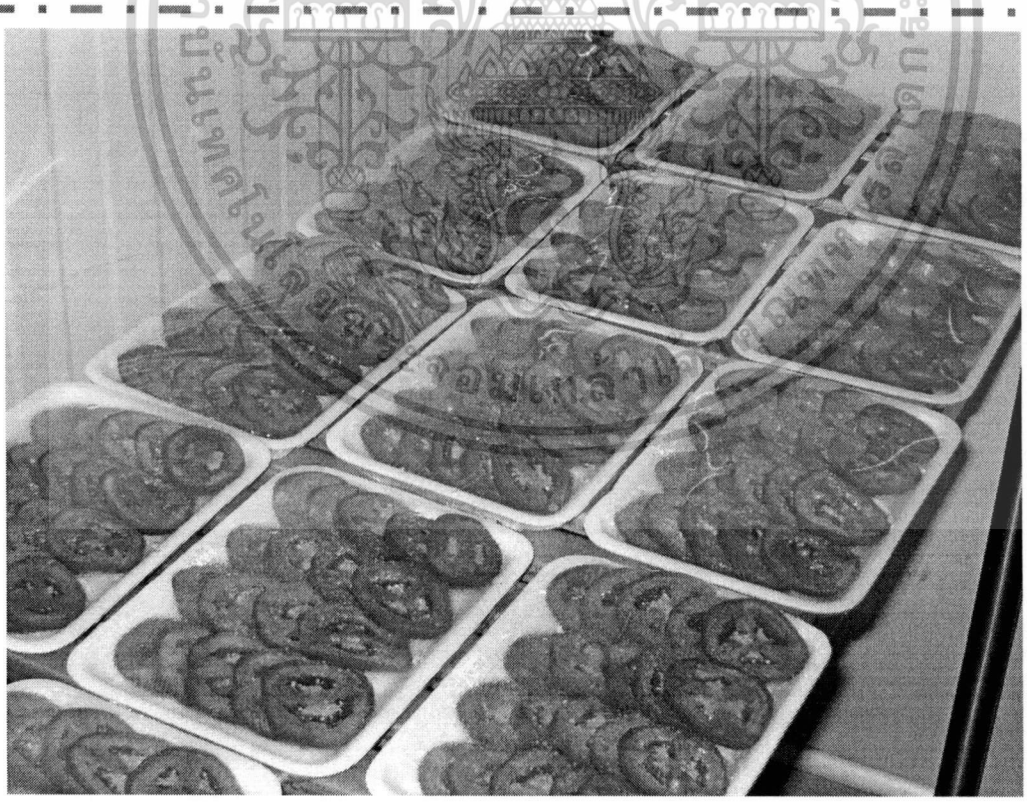
คะแนน 2 = พอใช้ ชิ้นมะเขือเทศอยู่ในสภาพพอใช้ ลักษณะเหี่ยวเล็กน้อย มีอาการฉ่ำน้ำ และลักษณะเละเล็กน้อย

คะแนน 1 = ไม่ยอมรับ ชิ้นมะเขือเทศมีลักษณะเละทั้งชิ้น และฉ่ำน้ำ เป็นเมือกเยิ้ม มีกลิ่นผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ชิ้นมะเขือเทศเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (1±1 องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข 1 แสดงชิ้นมะเขือเทศในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มถนอมอาหาร (PVC) เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก1 ค่าแรงกดสูงสุดของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่างควบคุม, แช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส, แช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และแช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 11 13 และ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87

สภาวะ	วันที่เก็บรักษา						
	0	3	6	9	11	13	15
ตัวอย่างควบคุม	$^{a}1.83\pm0.35^{ns}$	$^{abc}1.48\pm0.08^{b}$	$^{abc}1.58\pm0.33^{ns}$	$^{ab}1.72\pm0.27^{ns}$	$^{ab}1.64\pm0.16^{ns}$	$^{bc}1.34\pm0.12^{ns}$	$^{c}1.16\pm0.12^{ns}$
น้ำกลั่น 40^{0}c	$^{ab}1.59\pm0.28^{ns}$	$^{ab}1.56\pm0.27^{ab}$	$^{a}1.65\pm0.16^{ns}$	$^{ab}1.42\pm0.23^{ns}$	$^{ab}1.37\pm0.39^{ns}$	$^{ab}1.30\pm0.21^{ns}$	$^{b}1.12\pm0.09^{ns}$
น้ำกลั่น 45^{0}c	$^{ab}1.83\pm0.18^{ns}$	$^{a}1.93\pm0.13^{a}$	$^{b}1.47\pm0.19^{ns}$	$^{ab}1.56\pm0.37^{ns}$	$^{b}1.51\pm0.15^{ns}$	$^{b}1.42\pm0.21^{ns}$	$^{b}1.42\pm0.20^{ns}$
น้ำกลั่น 50^{0}c	$^{ns}1.67\pm0.14^{ns}$	$^{ns}1.28\pm0.26^{b}$	$^{ns}1.38\pm0.35^{ns}$	$^{ns}1.28\pm0.05^{ns}$	$^{ns}1.47\pm0.25^{ns}$	$^{ns}1.52\pm0.20^{ns}$	$^{ns}1.33\pm0.31^{ns}$

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรด้านซ้ายที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

2) ตัวอักษรด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

3) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ก2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่างควบคุม, แช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส, แช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และแช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 11 13 และ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87

สภาวะ	วันที่เก็บรักษา						
	0	3	6	9	11	13	15
ตัวอย่างควบคุม	$^{abc}5.16\pm0.28^{ns}$	$^{a}5.66\pm0.28^{a}$	$^{abc}5.50\pm0.50^{ns}$	$^{c}4.96\pm0.15^{b}$	$^{ab}5.63\pm0.11^{ab}$	$^{abc}5.46\pm0.47^{ns}$	$^{bc}5.03\pm0.15^{ns}$
น้ำกลั่น 40^{0}c	$^{ab}5.33\pm0.28^{ns}$	$^{b}4.83\pm0.28^{b}$	$^{a}5.63\pm0.40^{ns}$	$^{ab}5.30\pm0.20^{ab}$	$^{b}5.06\pm0.11^{c}$	$^{b}5.06\pm0.11^{ns}$	$^{ab}5.30\pm0.43^{ns}$
น้ำกลั่น 45^{0}c	$^{ns}5.33\pm0.28^{ns}$	$^{ns}5.00\pm0.00^{b}$	$^{ns}5.70\pm0.45^{ns}$	$^{ns}5.60\pm0.17^{a}$	$^{ns}5.36\pm0.55^{bc}$	$^{ns}5.40\pm0.52^{ns}$	$^{ns}5.26\pm0.37^{ns}$
น้ำกลั่น 50^{0}c	$^{abc}5.33\pm0.28^{ns}$	$^{c}4.66\pm0.57^{b}$	$^{ab}5.50\pm0.50^{ns}$	$^{abc}5.33\pm0.20^{a}$	$^{a}5.93\pm0.05^{a}$	$^{ab}5.36\pm0.37^{ns}$	$^{bc}5.03\pm0.20^{ns}$

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรด้านซ้ายที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

2) ตัวอักษรด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

3) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ก3 ค่าความเป็นกรด-ด่างของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่างควบคุม, แช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส, แช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และแช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 11 13 และ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87

สภาวะ	วันที่เก็บรักษา						
	0	3	6	9	11	13	15
ตัวอย่างควบคุม	$^{a}4.54\pm0.08^{ns}$	$^{d}4.25\pm0.06^{ns}$	$^{cd}4.28\pm0.01^{ns}$	$^{cd}4.28\pm0.06^{ns}$	$^{ab}4.46\pm0.13^{ns}$	$^{cd}4.30\pm0.06^{ns}$	$^{bc}4.40\pm0.07^{ns}$
น้ำกลั่น 40^{0}c	$^{a}4.54\pm0.03^{ns}$	$^{d}4.27\pm0.02^{ns}$	$^{d}4.23\pm0.06^{ns}$	$^{cd}4.29\pm0.06^{ns}$	$^{bc}4.41\pm0.04^{ns}$	$^{ab}4.43\pm0.15^{ns}$	$^{bc}4.41\pm0.04^{ns}$
น้ำกลั่น 45^{0}c	$^{a}4.57\pm0.03^{ns}$	$^{b}4.25\pm0.05^{ns}$	$^{b}4.25\pm0.03^{ns}$	$^{b}4.28\pm0.03^{ns}$	$^{ab}4.43\pm0.19^{ns}$	$^{b}4.33\pm0.05^{ns}$	$^{ab}4.39\pm0.14^{ns}$
น้ำกลั่น 50^{0}c	$^{a}4.60\pm0.02^{ns}$	$^{d}4.26\pm0.03^{ns}$	$^{d}4.26\pm0.03^{ns}$	$^{cd}4.32\pm0.10^{ns}$	$^{bc}4.39\pm0.06^{ns}$	$^{bcd}4.34\pm0.01^{ns}$	$^{b}4.44\pm0.08^{ns}$

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรด้านซ้ายที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

2) ตัวอักษรด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

3) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ก4 ค่าแรงกดสูงสุดของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่างควบคุม, แช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 5 และ 10 นาที อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 11 13 และ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87

สภาวะ	วันที่เก็บรักษา						
	0	3	6	9	11	13	15
ตัวอย่างควบคุม	$^{a}1.80\pm0.11^{a}$	$^{ab}1.51\pm0.06^{ns}$	$^{a}1.56\pm0.15^{ns}$	$^{ab}1.52\pm0.27^{ns}$	$^{ab}1.51\pm0.21^{ns}$	$^{b}1.22\pm0.14^{b}$	$^{ab}1.52\pm0.12^{ns}$
45^{0}c 2 นาที	$^{ns}1.64\pm0.20^{ab}$	$^{ns}1.64\pm0.14^{ns}$	$^{ns}1.38\pm0.04^{ns}$	$^{ns}1.63\pm0.03^{ns}$	$^{ns}1.47\pm0.16^{ns}$	$^{ns}1.66\pm0.29^{a}$	$^{ns}1.69\pm0.13^{ns}$
45^{0}c 5 นาที	$^{ns}1.48\pm0.10^{b}$	$^{ns}1.63\pm0.32^{ns}$	$^{ns}1.57\pm0.26^{ns}$	$^{ns}1.55\pm0.22^{ns}$	$^{ns}1.51\pm0.22^{ns}$	$^{ns}1.34\pm0.07^{ab}$	$^{ns}1.55\pm0.22^{ns}$
45^{0}c 10 นาที	$^{ab}1.65\pm0.11^{ab}$	$^{b}1.33\pm0.09^{ns}$	$^{ab}1.43\pm0.04^{ns}$	$^{a}1.70\pm0.22^{ns}$	$^{ab}1.63\pm0.31^{ns}$	$^{b}1.33\pm0.07^{ab}$	$^{ab}1.53\pm0.23^{ns}$

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรด้านซ้ายที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

2) ตัวอักษรด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

3) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ก5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่างควบคุม, แช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 5 และ 10 นาที อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 11 13 และ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87

สภาวะ	วันที่เก็บรักษา						
	0	3	6	9	11	13	15
ตัวอย่างควบคุม	$^{ns}5.00\pm0.00^{ns}$	$^{ns}5.00\pm0.00^{ns}$	$^{ns}4.93\pm0.05^{a}$	$^{ns}4.66\pm0.41^{ns}$	$^{ns}5.00\pm0.00^{ns}$	$^{ns}4.86\pm0.75^{ns}$	$^{ns}5.06\pm0.37^{ns}$
45^{0}c 2 นาที	$^{ns}4.70\pm0.43^{ns}$	$^{ns}4.80\pm0.34^{ns}$	$^{ns}4.90\pm0.17^{a}$	$^{ns}4.73\pm0.30^{ns}$	$^{ns}4.86\pm0.11^{ns}$	$^{ns}4.53\pm0.41^{ns}$	$^{ns}4.73\pm0.30^{ns}$
45^{0}c 5 นาที	$^{ns}4.66\pm0.28^{ns}$	$^{ns}4.60\pm0.51^{ns}$	$^{ns}4.40\pm0.36^{b}$	$^{ns}4.80\pm0.26^{ns}$	$^{ns}4.86\pm0.41^{ns}$	$^{ns}4.60\pm0.52^{ns}$	$^{ns}5.00\pm0.10^{ns}$
45^{0}c 10 นาที	$^{a}4.90\pm0.17^{ns}$	$^{a}4.90\pm0.10^{ns}$	$^{a}4.93\pm0.05^{a}$	$^{ab}4.73\pm0.30^{ns}$	$^{a}5.06\pm0.23^{ns}$	$^{b}4.46\pm0.23^{ns}$	$^{a}5.00\pm0.10^{ns}$

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรด้านซ้ายที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

2) ตัวอักษรด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

3) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ก6 ค่าความเป็นกรด-ด่างของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่างควบคุม, แช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 5 และ 10 นาที อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 11 13 และ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87

สภาวะ	วันที่เก็บรักษา						
	0	3	6	9	11	13	15
ตัวอย่างควบคุม	$^{b}4.20\pm0.05^{ns}$	$^{b}4.24\pm0.05^{ns}$	$^{ab}4.31\pm0.04^{ns}$	$^{ab}4.29\pm0.05^{ns}$	$^{a}4.39\pm0.08^{ns}$	$^{ab}4.31\pm0.04^{ns}$	$^{a}4.36\pm0.05^{ns}$
45^{0}c 2 นาที	$^{bc}4.30\pm0.02^{ns}$	$^{c}4.23\pm0.03^{ns}$	$^{bc}4.31\pm0.01^{ns}$	$^{bc}4.30\pm0.02^{ns}$	$^{a}4.40\pm0.03^{ns}$	$^{bc}4.30\pm0.04^{ns}$	$^{ab}4.33\pm0.08^{ns}$
45^{0}c 5 นาที	$^{bc}4.29\pm0.06^{ns}$	$^{c}4.22\pm0.02^{ns}$	$^{ab}4.33\pm0.05^{ns}$	$^{bc}4.27\pm0.02^{ns}$	$^{ab}4.35\pm0.03^{ns}$	$^{ab}4.34\pm0.03^{ns}$	$^{a}4.37\pm0.05^{ns}$
45^{0}c 10 นาที	$^{ns}4.26\pm0.09^{ns}$	$^{ns}4.26\pm0.05^{ns}$	$^{ns}4.31\pm0.07^{ns}$	$^{ns}4.30\pm0.02^{ns}$	$^{ns}4.33\pm0.05^{ns}$	$^{ns}4.32\pm0.09^{ns}$	$^{ns}4.33\pm0.03^{ns}$

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรด้านซ้ายที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

2) ตัวอักษรด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

3) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ก7 ค่าแรงกดสูงสุดของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่างควบคุม, แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 3 และ 5 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 11 13 และ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87

สภาวะ	วันที่เก็บรักษา						
	0	3	6	9	11	13	15
ตัวอย่างควบคุม	$^{a}2.31\pm0.11^{ns}$	$^{abc}2.00\pm0.20^{ns}$	$^{abc}1.81\pm0.13^{ns}$	$^{ab}2.13\pm0.49^{ns}$	$^{abc}1.90\pm0.34^{ab}$	$^{bc}1.76\pm0.12^{ns}$	$^{c}1.54\pm0.28^{ns}$
$CaCl_2$ 0%	$^{a}2.14\pm0.04^{ns}$	$^{ab}2.07\pm0.25^{ns}$	$^{ab}1.79\pm0.29^{ns}$	$^{ab}2.04\pm0.22^{ns}$	$^{b}1.75\pm0.09^{b}$	$^{b}1.76\pm0.13^{ns}$	$^{b}1.77\pm0.15^{ns}$
$CaCl_2$ 3%	$^{a}2.53\pm0.37^{ns}$	$^{ab}2.18\pm0.27^{ns}$	$^{ab}2.18\pm0.31^{ns}$	$^{ab}2.07\pm0.38^{ns}$	$^{ab}2.05\pm0.10^{ab}$	$^{ab}1.96\pm0.05^{ns}$	$^{b}1.85\pm0.37^{ns}$
$CaCl_2$ 5%	$^{ab}2.27\pm0.18^{ns}$	$^{ab}2.25\pm0.14^{ns}$	$^{ab}2.25\pm0.26^{ns}$	$^{a}2.42\pm0.15^{ns}$	$^{ab}2.26\pm0.06^{a}$	$^{bc}1.98\pm0.11^{ns}$	$^{c}1.91\pm0.19^{ns}$

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรด้านซ้ายที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

2) ตัวอักษรด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

3) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ก8 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่างควบคุม, แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 3 และ 5 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 11 13 และ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87

สภาวะ	วันที่เก็บรักษา						
	0	3	6	9	11	13	15
ตัวอย่างควบคุม	$^{a}4.50\pm0.17^{ab}$	$^{abc}4.20\pm0.00^{ns}$	$^{c}3.87\pm0.31^{ns}$	$^{bc}4.10\pm0.10^{ns}$	$^{ab}4.33\pm0.12^{ab}$	$^{bc}4.13\pm0.23^{ns}$	$^{bc}4.07\pm0.12^{ns}$
$CaCl_2$ 0%	$^{ab}4.33\pm0.49^{b}$	$^{ab}4.13\pm0.12^{ns}$	$^{b}3.87\pm0.23^{ns}$	$^{ab}4.20\pm0.00^{ns}$	$^{a}4.53\pm0.31^{a}$	$^{ab}4.13\pm0.12^{ns}$	$^{b}4.00\pm0.00^{ns}$
$CaCl_2$ 3%	$^{a}4.43\pm0.15^{ab}$	$^{a}4.47\pm0.50^{ns}$	$^{ab}4.07\pm0.12^{ns}$	$^{ab}4.13\pm0.12^{ns}$	$^{ab}4.07\pm0.23^{b}$	$^{ab}4.27\pm0.31^{ns}$	$^{b}3.87\pm0.23^{ns}$
$CaCl_2$ 5%	$^{a}4.90\pm0.10^{a}$	$^{b}4.33\pm0.23^{ns}$	$^{bc}4.10\pm0.10^{ns}$	$^{c}4.07\pm0.12^{ns}$	$^{c}4.00\pm0.00^{b}$	$^{c}4.00\pm0.20^{ns}$	$^{c}4.03\pm0.06^{ns}$

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรด้านซ้ายที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

2) ตัวอักษรด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

3) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ก9 ค่าความเป็นกรด-ด่างของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศตัวอย่างควบคุม, แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 3 และ 5 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 11 13 และ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87

สภาวะ	วันที่เก็บรักษา						
	0	3	6	9	11	13	15
ตัวอย่างควบคุม	$^{b}4.43\pm0.08^{ns}$	$^{c}4.30\pm0.02^{c}$	$^{bc}4.38\pm0.06^{ns}$	$^{a}4.60\pm0.04^{ab}$	$^{b}4.39\pm0.02^{ns}$	$^{bc}4.38\pm0.05^{ns}$	$^{b}4.40\pm0.01^{b}$
$CaCl_2$ 0%	$^{bc}4.41\pm0.02^{ns}$	$^{de}4.36\pm0.02^{b}$	$^{cd}4.38\pm0.02^{ns}$	$^{a}4.56\pm0.03^{ab}$	$^{b}4.43\pm0.03^{ns}$	$^{e}4.34\pm0.01^{ns}$	$^{b}4.44\pm0.02^{a}$
$CaCl_2$ 3%	$^{b}4.39\pm0.02^{ns}$	$^{b}4.41\pm0.01^{a}$	$^{b}4.41\pm0.07^{ns}$	$^{a}4.64\pm0.02^{a}$	$^{b}4.42\pm0.01^{ns}$	$^{b}4.37\pm0.05^{ns}$	$^{b}4.41\pm0.02^{ab}$
$CaCl_2$ 5%	$^{c}4.36\pm0.04^{ns}$	$^{bc}4.40\pm0.02^{a}$	$^{c}4.35\pm0.02^{ns}$	$^{a}4.55\pm0.06^{b}$	$^{bc}4.39\pm0.04^{ns}$	$^{c}4.35\pm0.05^{ns}$	$^{b}4.45\pm0.03^{a}$

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรด้านซ้ายที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

2) ตัวอักษรด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

3) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ก10 ค่าแรงกดสูงสุดของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศที่ไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไม่ผ่านความร้อน และ แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที อายุการเก็บรักษา 0 5 10 15 20 และ 25 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87

สภาวะ	วันที่เก็บรักษา					
	0	5	10	15	20	25
ตัวอย่างควบคุม	$^{a}1.66\pm0.16^{a}$	$^{a}1.59\pm0.28^{a}$	$^{a}1.56\pm0.27^{a}$	$^{a}1.42\pm0.23^{a}$	$^{a}1.37\pm0.39^{a}$	$^{a}1.30\pm0.21^{a}$
$CaCl_2$ 3%	$^{a}1.83\pm0.35^{a}$	$^{ab}1.72\pm0.27^{a}$	$^{ab}1.65\pm0.16^{a}$	$^{ab}1.58\pm0.33^{a}$	$^{ab}1.48\pm0.08^{a}$	$^{b}1.34\pm0.12^{a}$

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรด้านซ้ายที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

2) ตัวอักษรด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

3) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ก11 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศที่ไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไม่ผ่านความร้อน และ แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที อายุการเก็บรักษา 0 5 10 15 20 และ 25 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87

สภาวะ	วันที่เก็บรักษา					
	0	5	10	15	20	25
ตัวอย่างควบคุม	$^{a}4.50\pm0.17^{a}$	$^{a}4.63\pm0.25^{a}$	$^{a}4.46\pm0.23^{a}$	$^{a}4.33\pm0.30^{a}$	$^{a}4.13\pm0.11^{a}$	$^{a}4.63\pm0.47^{a}$
$CaCl_2$ 3%	$^{a}4.43\pm0.15^{a}$	$^{a}4.26\pm0.30^{a}$	$^{a}4.40\pm0.20^{a}$	$^{a}4.13\pm0.11^{a}$	$^{a}4.26\pm0.11^{a}$	$^{a}4.46\pm0.47^{a}$

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรด้านซ้ายที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

2) ตัวอักษรด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

3) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ก12 ค่าความเป็นกรด-ด่างของชิ้นมะเขือเทศได้จากผลมะเขือเทศที่ไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไม่ผ่านความร้อน และ แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที อายุการเก็บรักษา 0 5 10 15 20 และ 25 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87

สภาวะ	วันที่เก็บรักษา					
	0	5	10	15	20	25
ตัวอย่างควบคุม	$^{c}4.43\pm0.07^{a}$	$^{a}4.88\pm0.01^{a}$	$^{d}4.30\pm0.02^{a}$	$^{b}4.71\pm0.02^{a}$	$^{c}4.41\pm0.01^{a}$	$^{c}4.39\pm0.04^{a}$
$CaCl_2$ 3%	$^{d}4.39\pm0.01^{a}$	$^{a}4.92\pm0.02^{a}$	$^{e}4.30\pm0.04^{a}$	$^{b}4.69\pm0.04^{a}$	$^{c}4.45\pm0.02^{a}$	$^{cd}4.40\pm0.02^{a}$

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรด้านซ้ายที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

2) ตัวอักษรด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

3) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ก14 ค่า hue angle ผลมะเขือเทศที่ไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไม่ผ่านความร้อน และ แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที อายุการเก็บรักษา 0 5 10 15 20 และ 25 วัน ที่อุณหภูมิ 1±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 87

สภาวะ	วันที่เก็บรักษา					
	0	5	10	15	20	25
ตัวอย่างควบคุม	$^{c}43.31\pm0.71^{a}$	$^{c}44.52\pm1.92^{a}$	$^{b}46.73\pm1.02^{a}$	$^{b}48.00\pm0.75^{a}$	$^{a}50.33\pm0.62^{a}$	$^{a}50.77\pm0.69^{a}$
$CaCl_2$ 3%	$^{c}42.41\pm1.24^{a}$	$^{b}45.67\pm1.42^{a}$	$^{b}45.87\pm0.94^{a}$	$^{b}47.36\pm1.01^{a}$	$^{a}49.85\pm1.46^{a}$	$^{a}50.02\pm1.88^{a}$

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรด้านซ้ายที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

2) ตัวอักษรด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

3) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ