

ผลของสารแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโต  
องค์ประกอบทางเคมีและอายุการเก็บรักษาผลหม่อน

**EFFECT OF CALCIUM CHLORIDE APPLICATION ON GROWTH  
CHEMICAL COMPOSITION AND STORAGE LIFE OF MULBERRY FRUIT**

นัฐกานต์ พิสุทธิพิบูลวงศ์

**NATTAKARN PISUTPIBOONWONG**

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชสวน

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2561

KMITL-2018-AG-M-021-283

ผลของสารแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโต  
องค์ประกอบทางเคมีและอายุการเก็บรักษาผลหม่อน

EFFECT OF CALCIUM CHLORIDE APPLICATION ON GROWTH  
CHEMICAL COMPOSITION AND STORAGE LIFE OF MULBERRY FRUIT

ณัฐกานต์ พิสุทธิพิบูลวงศ์  
NATTAKARN PISUTPIBOONWONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาพืชสวน  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2561  
KMITL-2018-AG-M-021-283

**EFFECT OF CALCIUM CHLORIDE APPLICATION ON GROWTH  
CHEMICAL COMPOSITION AND STORAGE LIFE OF  
MULBERRY FRUIT**

**NATTAKARN PISUTPIBOONWONG**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN HORTICULTURE  
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2018**

**KMITL-2018-AG-M-021-283**

**COPYRIGHT 2018**

**FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของสารแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบ
ทาง	เคมีและอายุการเก็บรักษาผลหม่อน
นักศึกษา	นางสาวณัฐกานต์ พิสุทธิพิบูลวงศ์
รหัสนักศึกษา	57604047
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขา	พืชสวน
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. ลำแพน ขวัญพูล

### บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ ) ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลหม่อน โดยทำการศึกษาในต้นกล้าหม่อนจำนวน 32 ต้น ซึ่งได้ทำการตัดแต่งกิ่งและปล่อยให้ต้นแตกกิ่งใหม่ยาวประมาณ 50 เซนติเมตร และมีการพัฒนาดอกและเกิดผลจนกระทั่งผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผลประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร จึงทำการศึกษาโดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) ไม่ฉีดพ่นสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  และ 2) ฉีดพ่นด้วยสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  ความเข้มข้น 2% ทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำการเก็บเกี่ยวผลในระยะสุก (สีม่วงแดง) โดยเลือกรูปร่างและขนาดที่สม่ำเสมอ จากนั้นแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 นำมาแช่ในสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  ความเข้มข้น 2% เป็นเวลา 5 นาที ส่วนกลุ่มที่ 2 ไม่แช่สารละลาย  $\text{CaCl}_2$  จากนั้นบรรจุในถุงโพลีเอทิลีน (polyethylene; PE) เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 วัน วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) โดยทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผลและคุณภาพของผล ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (TSS) ปริมาณกรดที่ได้จากการไทเตรท (TA) การเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณแอนโทไซยานิน ผลการทดลองพบว่าผลหม่อนที่ฉีดพ่นด้วย  $\text{CaCl}_2$  ความเข้มข้น 2% มีจำนวนผลและจำนวนกิ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลหม่อนฉีดพ่นและแช่ในสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  ความเข้มข้น 2% มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด (0.28%) เมื่อเทียบกับผลหม่อนในชุดควบคุม (1.61%) และมีค่าความแน่นเนื้อของผลมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา แต่พบว่ามีค่าสัดส่วนของปริมาณ TSS / TA ต่ำกว่าชุดที่ไม่ได้ฉีดพ่น ส่วนค่า  $L^*$  และ  $a^*$  พบว่าลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา แต่พบว่าการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอนโทไซยานิน โดยมีค่าคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา และยังพบว่าสารสกัดจากผลหม่อนที่ฉีดพ่นและแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีศักยภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ดีกว่าชุดควบคุม

<b>Title</b>	Effect of calcium chloride application on growth, chemical composition and storage life of mulberry fruit
<b>Student</b>	Miss Nattakarn Pisutpiboonwong
<b>Student ID</b>	57604047
<b>Degree</b>	Master of Science
<b>Program</b>	Horticulture
<b>Year</b>	2018
<b>Thesis advisor</b>	Assist.Prof.Dr. Lampan Khurnpoon

### **ABSTRACT**

Effect of preharvest calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) sprayed on growth and quality of mulberry was studied. Thirty two mulberry plants were pruned then separated into two groups (16 each) of 1).  $\text{CaCl}_2$  sprayed and 2%  $\text{CaCl}_2$  sprayed continuously 4 weeks after fruit development to about 0.5-1 cm diameter. Fruit were harvested at ripe stage (purple red color), selected with a uniform shapes and sizes. First set were dipped in 2%  $\text{CaCl}_2$  solution for 5 minutes while the second set were non-dipped. All samples were packed in polyethylene (PE) bags then stored at 5°C for 24 days. Complete Randomized Design (CRD) was set up and data recorded were included fruit growth and quality (weight loss, firmness, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), color change, anthocyanin content and free radical inhibition) every 6 days. The results showed that, mulberry fruit sprayed with 2%  $\text{CaCl}_2$  showed significantly different in number of fruit and number of branches. Mulberry sprayed and dipped in 2%  $\text{CaCl}_2$  had the lowest in weight loss (0.28%) while it was 1.61% in non-sprayed fruit. Fruit firmness appeared higher in pre and postharvest  $\text{CaCl}_2$  treatment at the end of storage. The TSS / TA ratio in  $\text{CaCl}_2$  treated fruit was lower than that of the non-sprayed fruit. The  $L^*$  and  $a^*$  values decreased during storage, and maintained the change in anthocyanin content during storage in  $\text{CaCl}_2$  treated. This treatment also showed higher in free radical inhibition than non-treated  $\text{CaCl}_2$ .

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ลำแพน ขวัญพูล อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ขอขอบพระคุณที่ให้คำปรึกษา คำเสนอแนะ และการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.กัญญา แซ่เตียว รศ.ดร.พรหมมาศ กุหากาญจน์ ดร.อรอุมา รุ่งน้อย และผศ.ดร.วชิรญา อิ่มสบาย คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและบุคลากรทุกท่านที่ได้อนุเคราะห์อุปกรณ์ต่างๆ เกี่ยวกับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ คุณลุง และคุณป้าคนงานระดับปฏิบัติการแปลง คณะเทคโนโลยีการเกษตรที่ให้คำแนะนำ การดูแล และช่วยเหลือข้าพเจ้าในการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้โอกาส กำลังใจ และการสนับสนุนในทุกๆด้าน สุดทำยนี้ ขอขอบคุณ พี่ เพื่อนน้องและทุกๆ คนที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ด้วยดีเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแต่บิดาและมารดา

ณัฐกานต์ พิสุทธ์พิบูลวงศ์

สิงหาคม 2561

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตารางภาคผนวก.....	VI
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหม่อน.....	3
2.2 การปลูกและการดูแล.....	3
2.3 การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวมีผลต่อคุณภาพของฝักและผลไม้.....	5
2.4 แนวทางการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร.....	6
2.5 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร.....	8
2.6 บทบาทของแคลเซียมในพืช.....	10
2.7 การใช้สารละลายแคลเซียมก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว.....	11
2.8 สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant).....	14
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	15
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี.....	15
3.2 วิธีการเตรียมพืชทดลอง.....	15
3.3 การบันทึกผลการทดลอง.....	19
3.4 การศึกษาข้อมูล.....	19
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	22

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6 สถานที่ดำเนินงาน.....	22
3.7 ระยะเวลาดำเนินงาน.....	22
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	23
ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการใช้สารละลายแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวต่อ	
การเจริญเติบโตและคุณภาพของผลหม่อนรับประทานสด.....	23
- จำนวนใบและขนาดพื้นที่ใบ.....	23
- จำนวนกิ่ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกิ่งและความยาวกิ่ง.....	23
- จำนวนผล ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวผล.....	24
- การเปลี่ยนแปลงค่าสีผลก่อนการเก็บเกี่ยว.....	24
- การเปลี่ยนแปลงสีของผลหม่อนตามค่ามุม Hue angle.....	25
ผลการทดลองที่ 2 ศึกษาความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมต่อ	
การแช่ผลหม่อนก่อนการเก็บรักษา.....	31
- การสูญเสียน้ำหนักสด.....	31
- การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ.....	31
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้และ	
สัดส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรตได้.....	31
- การเปลี่ยนแปลงค่าสีผล.....	32
- การเปลี่ยนแปลงสีของผลหม่อนตามค่ามุม Hue angle.....	32
- ปริมาณสารแอนโทไซยานิน.....	33
- กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ.....	33
บทที่ 5 วิจัยผลการทดลอง.....	45
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย.....	48
บรรณานุกรม.....	49
ภาคผนวก.....	56
ประวัติผู้เขียน.....	80

## สารบัญภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1 จำนวนใบของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับ การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน.....	57
2 ขนาดพื้นที่ใบของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับ การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน.....	58
3 จำนวนกิ่งของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับ การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน.....	59
4 ความยาวกิ่งของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับ การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน.....	60
5 ขนาดกิ่งของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับ การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน.....	61
6 จำนวนผลของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับ การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน.....	62
7 ความยาวผลของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับ การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน.....	63
8 ขนาดผลของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับ การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน.....	64

## สารบัญภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
9	การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ก่อนการเก็บเกี่ยวผลหม่อน จากต้นที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่น สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26-46 วัน.....65
10	การเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a*) ก่อนการเก็บเกี่ยวผลหม่อน จากต้นที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่น สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26-46 วัน.....66
11	การเปลี่ยนแปลงค่าสีเขียว (b*) ก่อนการเก็บเกี่ยวผลหม่อน จากต้นที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่น สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26-46 วัน.....67
12	การพัฒนาสีผลตามค่ามุม Hue angle ของผลหม่อนก่อนการเก็บเกี่ยวจากต้นที่ ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26-46 วัน.....68
13	การสูญเสียน้ำหนักสดของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผล ก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^\circ\text{C}$ นาน 24 วัน.....69
14	ความแน่นเนื้อของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ หรือฉีดพ่น ก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผล ก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^\circ\text{C}$ นาน 24 วัน.....70
15	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับ การแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^\circ\text{C}$ นาน 24 วัน.....71

## สารบัญภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
16	ปริมาณกรดที่ไต่เตรทได้ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^\circ\text{C}$ นาน 24 วัน.....72
17	สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไต่เตรทได้ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^\circ\text{C}$ นาน 24 วัน.....73
18	การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^\circ\text{C}$ นาน 24 วัน.....74
19	การเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง ( $a^*$ ) ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^\circ\text{C}$ นาน 24 วัน.....75
20	การเปลี่ยนแปลงค่าสีเขียว ( $b^*$ ) ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^\circ\text{C}$ นาน 24 วัน.....76
21	การเปลี่ยนแปลงสีผลตามค่ามุม Hue angle ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^\circ\text{C}$ นาน 24 วัน.....77
22	ปริมาณสารแอนโทไซยานินของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^\circ\text{C}$ นาน 24 วัน.....78
23	กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^\circ\text{C}$ นาน 24 วัน.....79

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1	ลักษณะของต้นหม่อนหลังการตัดแต่ง การเจริญเติบโต ดิจผลและการพัฒนาผล.....18
2	จำนวนใบและขนาดพื้นที่ใบของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อน ที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน.....26
3	จำนวนกิ่ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผลและความยาวผลของต้นหม่อน ที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่น สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน.....27
4	จำนวนผล ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผลและความยาวผลของต้นหม่อน ที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่น สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน.....28
5	การเปลี่ยนแปลงค่าสี $L^*$ $a^*$ และ $b^*$ ของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบ กับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 26, 30, 34, 38, 42, และ 46 วัน.....29
6	การเปลี่ยนแปลงโทนสีของผลหม่อนชุดควบคุมและชุดที่ได้รับการฉีดพ่น สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์.....30
7	การสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อผลของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย $CaCl_2$ หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^{\circ}C$ นาน 24 วัน.....34
8	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผลหม่อน ที่ไม่ได้รับสารละลาย $CaCl_2$ หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อน ก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษา โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^{\circ}C$ นาน 24 วัน.....35

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
9	สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษา โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^\circ\text{C}$ นาน 24 วัน.....36
10	การเปลี่ยนแปลงค่าสี $L^*$ $a^*$ และ $b^*$ ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษา โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^\circ\text{C}$ นาน 24 วัน.....37
11	การเปลี่ยนแปลงโทนสีของผลหม่อนชุดควบคุมและของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษา โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^\circ\text{C}$ นาน 24 วัน.....38
12	ปริมาณสารแอนโทไซยานินและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษา โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5^\circ\text{C}$ นาน 24 วัน.....39
13	ลักษณะของผลหม่อนก่อนการเก็บรักษาในชุดควบคุมและชุดที่ได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ก่อนและหลังเก็บเกี่ยว.....40
14	ลักษณะของผลหม่อนชุดควบคุมและได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ก่อนและหลังเก็บเกี่ยว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน.....41
15	ลักษณะของผลหม่อนชุดควบคุมและได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ก่อนและหลังเก็บเกี่ยว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน.....42
16	ลักษณะของผลหม่อนชุดควบคุมและได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ก่อนและหลังเก็บเกี่ยว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน.....43

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
17	ลักษณะของผลหม่อนชุดควบคุมและได้รับสารละลาย $\text{CaCl}_2$ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ก่อนและหลังเก็บเกี่ยว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 วัน.....44

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หม่อนเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์จั่นอยู่ในวงศ์เดียวกับขนุน ปอสาและต้นไทร (Moraceae) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morus alba* Lin. เป็นพืชที่ปลูกในหลายประเทศปลูกได้ในทุกสภาพอากาศในประเทศไทยพื้นที่ปลูกหม่อนมากกว่าร้อยละ 95 อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลูกหม่อนหรือผลหม่อน (mulberry fruit) มีลักษณะผลแบบผลรวม (collective fruit) ผลหม่อนสุกจะมีลักษณะอวบน้ำ มีสัดส่วนความเปรี้ยวและหวานสมดุลกันนิยมรับประทานเป็นผลสดหรือนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ผลหม่อนพบว่ามีกลูโคส แทนนิน กรดอะมิโน วิตามินเอ วิตามินบี วิตามินซี แคลเซียมและแอนโทไซยานินสูง มีการนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง

ต้นหม่อนให้ผลผลิตและสามารถเก็บเกี่ยวได้ใช้เวลาประมาณ 30-40 วันหลังมีการตัดแต่งบังคับทรงพุ่มส่งผลทำให้การนำผลหม่อนไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ต้องมีการดำเนินการอย่างเร่งด่วนเพื่อป้องกันผลหม่อนสุกเกิดความเสียหาย ในการเก็บเกี่ยวผลหม่อนเพื่อบริโภคผลสดนั้นจะต้องเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีสีม่วงแดงหรือสีม่วงดำ โดยจะเก็บเกี่ยวด้วยการใช้มือเก็บทีละผล เนื่องจากผลหม่อนจะสุกไม่พร้อมกัน การปล่อยให้ร่วงจนสีผลเปลี่ยนเป็นสีดำแล้วจะทำให้ผลร่วงทำให้เก็บเกี่ยวผลผลิตได้น้อยและการเก็บรักษาผลหม่อนเพื่อบริโภคผลสด หลังจากเก็บผลมาแล้วนำมาบรรจุในกล่องกระดาษ เรียงเป็นชั้นๆ หนาไม่เกิน 2 ชั้น นำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บได้เพียง 1-2 วัน (กิตติพันธ์ สุริยศักดิ์, 2554)

ผลหม่อนมีสรรพคุณมากมายในหลายๆ ด้าน แต่การที่จะคงคุณค่าหรือสารสำคัญที่เป็นประโยชน์ภายในเอาไว้ให้ได้ยาวนานจึงขึ้นอยู่กับวิธีการหลังเก็บเกี่ยว เช่น การล้างทำความสะอาด การเก็บรักษาด้วยวิธีการต่างๆ การใช้อุณหภูมิต่ำ การจุ่มหรือแช่สารที่ช่วยในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียเพื่อไม่ให้ผลผลิตเกิดความเสียหายอย่างรวดเร็ว ผลหม่อนโดยปกติจะถูกเก็บเกี่ยวผลสดในระยะพร้อมทานหรือผลมีสีม่วงแดงหรือสีม่วงดำและมีน้ำเป็นองค์ประกอบส่วนมาก ผลจึงเกิดความเสียหายได้ง่าย จึงส่งให้มีอายุการเก็บรักษาสั้น การเก็บที่อุณหภูมิต่ำสามารถเก็บได้เพียง 1-2 วันเท่านั้น เนื่องจากผลที่สุกพร้อมทานจะเกิดการอ่อนนุ่มมีรายงานการใช้สารละลายแคลเซียมเพิ่มความแข็งแรงของเนื้อและสารเคมีคลอโรลีนทรีน โดยเฉพาะสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีการใช้มากในผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค เช่น แคนตาลูปที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1

เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีคุณภาพดีกว่าแคนตาลูปที่ไม่ได้รับแคลเซียม (ไกรยศ แซ่ลิ้ม และกัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ, 2559) การจุ่มสตอเบอรี่ในสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมโพรฟิไอเนต 1 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมกลูโคเนต 1.5 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมแลคเตท 1 เปอร์เซ็นต์ ช่วยรักษาความแน่นเนื้อได้ดีที่สุด (ปัฐมาภรณ์ กองเจริญ นิธิยา รัตนापนนท์ และสุจินดา ศรีวัฒนะ, 2555) การใช้สารละลายแคลเซียมก่อนการเก็บรักษาจะเป็นอีกแนวทางที่ดีในการที่จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลหม่อนสดเพื่อการบริโภค อีกทั้งยังจะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลและคงคุณค่าของสารสำคัญที่อยู่ภายในผล ที่มีประโยชน์แก่ผู้บริโภคให้คงอยู่ได้นานที่สุด ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงผลของสารประกอบแคลเซียมต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพในการรับประทานและอายุการเก็บรักษาผลหม่อนรับประทานสด

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของการใช้สารละลายแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต และหลังเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพในการรับประทานและอายุการเก็บรักษาผลหม่อนรับประทานสด

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาผลของการใช้สารละลายแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมีและศึกษาผลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนและหลังเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพในการรับประทานและอายุการเก็บรักษาของผลหม่อน

## 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมให้แก่ผลหม่อนก่อนการเก็บเกี่ยวจะส่งเสริมการเจริญเติบโตและองค์ประกอบทางเคมีของหม่อนรับประทานสด

1.4.2 การใช้สารละลายแคลเซียมหลังเก็บเกี่ยวจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของหม่อนรับประทานสด

## บทที่ 2

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหม่อน (มนตรี แสนสุข, 2559)

หม่อนหรือมัลเบอร์รี่ (Mulberry) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Morus alba* Lin. อยู่ในวงศ์ Moraceae มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน หม่อนที่รู้จักกันทั่วไปจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด ได้แก่ หม่อนที่ปลูกเพื่อรับประทานผล ชนิดนี้ผลจะโตเป็นช่อ เมื่อสุกผลจะเป็นสีดำ มีรสเปรี้ยวอมหวาน นิยมนำมารับประทาน ทำแยมหรือนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ส่วนอีกชนิดหนึ่งก็คือ หม่อนที่ใช้ปลูกเพื่อการเลี้ยงไหมเป็นหลัก ชนิดนี้จะมีใบใหญ่และออกใบมากใช้เป็นอาหารของไหมได้ดี ส่วนผลจะออกเป็นช่อเล็ก เมื่อสุกแล้วจะมีรสเปรี้ยว ใช้รับประทานได้

หม่อนเป็นไม้ยืนต้นที่มีอายุยืนยาวนานร้อยปี สามารถเจริญเติบโตได้ดีตั้งแต่เขตอบอุ่นถึงเขตร้อน ลำต้นเมื่อโตเต็มที่จะสูงประมาณ 10-15 เมตร ในปัจจุบันมีการตัดแต่งให้มีขนาดเหมาะสมและสะดวกต่อการเก็บเกี่ยว ใบเดี่ยวจัดเรียงแบบสลับ ส่วนมากปลายใบแหลม ขอบใบหยัก อาจจะมีเว้ามากหรือน้อยตามสายพันธุ์ ใบมีรูปร่างแตกต่างกันทั้งที่เป็นแฉกและไม่เป็นแฉก มีสารเคลือบผิวใบป้องกันการระเหยของน้ำได้ดี ลำต้นมีลักษณะกลม ผิวเรียบ ไม่มีหนาม มียางสีขาวคล้ายน้ำนม ดอกมีขนาดเล็กอยู่กับผลอ่อน ดอกย่อยมี 4 กลีบ ผลหม่อนจัดอยู่ในกลุ่มผลรวม (collective fruit หรือ inflorescence fruit) หม่อนเป็นไม้ยืนต้นตระกูลเบอร์รี่เช่นเดียวกับ บลูเบอร์รี่และราสเบอร์รี่ เมื่อดิบมีผลจะมีสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีแดงจนถึงม่วงดำ

#### 2.2 การปลูกและการดูแล

ประเทศไทยสามารถปลูกต้นหม่อนได้ทุกภูมิภาค เพียงให้มีแหล่งน้ำเพียงพอ ต้นหม่อนจะเจริญเติบโตได้โดยไม่ต้องใช้สารเคมีในการกำจัดโรคและแมลง วิธีการปลูกแบ่งออกเป็น 2 ระบบดังนี้

1. ระบบการปลูกเป็นแถว ไถดินลึก 30 เซนติเมตร ปรับพื้นที่ให้ราบสม่ำเสมอ ขุดร่องกว้างขนาดอย่างน้อย 30 เซนติเมตร ลึก 30 เซนติเมตร ร่องกันร่องด้วยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก ปลูกต้นกล้าและกลบดิน โดยเว้นระยะปลูกระหว่างต้น 0.75 เมตร ระหว่างแถว 2-3 เมตร

2. ระบบการปลูกเป็นหลุม เตรียมหลุมขนาดอย่างต่ำ 30×30×30 เซนติเมตร โดยให้มีระยะห่างระหว่างหลุม 2-4 เมตร ร่องกันหลุมด้วยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก 3-5 กิโลกรัม คลุกเคล้ากับหน้าดิน แล้วกลบหลุมพูนดินสูงขึ้นจากปากหลุม 15 เซนติเมตร ปลูกต้นกล้าแล้วกลบหลุมให้แน่น รดน้ำให้ชุ่ม

การใส่ปุ๋ย ครั้งที่ 1 ใส่ในช่วงต้นฤดูฝน โดยใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก อัตรา 1,000-3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ตามความอุดมสมบูรณ์ของดิน ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากนั้นใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ในช่วงต้นฤดูหนาวก่อนทำการบังคับทรงพุ่มให้ออกดอกติดผลดี ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และครั้งที่ 3 ใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มความหวาน โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ในระยะที่ผลหม่อนเริ่มเปลี่ยนเป็นสีชมพูแดง

การให้น้ำต้นหม่อนเพื่อเก็บผลสดนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพราะจะต้องให้น้ำในระยะที่หม่อนติดผลแล้ว โดยวิธีการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์หรือแบบฝิวดิน หากหม่อนขาดน้ำในระยะนี้จะทำให้ผลหม่อนมีขนาดเล็กกว่าปกติ ส่วนการให้น้ำในระยะอื่นๆ ให้พิจารณาตามความเหมาะสมเมื่อฝนทิ้งช่วง

การบังคับทรงพุ่ม เลือกกิ่งสมบูรณ์ไว้ 1-5 กิ่งต่อต้น ตัดยอดให้แตกทรงพุ่มที่ความสูง 1-1.5 เมตร ช่วงต้นฤดูฝน เพื่อให้เจริญเติบโต หม่อนจะออกดอกกราวเดือนมกราคม-มีนาคมตามธรรมชาติ และเก็บเกี่ยวผลหม่อนในช่วงปลายฤดูหนาว-ฤดูร้อน การเก็บเกี่ยวผลหม่อนแบ่งเป็น 2 จุดประสงค์ ดังนี้

1. การเก็บเกี่ยวเพื่อบริโภคผลสด ลงมือเก็บเมื่อผลหม่อนมีสีม่วงแดงหรือสีม่วงดำ โดยใช้มือเก็บทีละผล เนื่องจากผลหม่อนจะสุกไม่พร้อมกัน หากปล่อยให้ทิ้งไว้จนผลเปลี่ยนเป็นสีดำ ผลจะร่วงทำให้เก็บเกี่ยวผลผลิตได้น้อย

2. การเก็บเกี่ยวเพื่อการแปรรูป ถ้าต้องการนำไปทำน้ำผลหม่อนที่ให้สีแดงให้ทำการเก็บเกี่ยวในระยะผลสีแดง แต่ถ้าหากต้องการให้น้ำผลไม่มีสีค้ำให้เลือกเก็บผลหม่อนในระยะสีม่วงหรือม่วงดำ ซึ่งถือว่าเหมาะมากสำหรับการแปรรูปเป็นไวน์ เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลในผลสูง (กิตติพันธ์ สุริยศักดิ์, 2554)

ในผลหม่อนสุกมีสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ เช่น คาร์โบไฮเดรตปริมาณ 21.35 กรัมต่อ 100 กรัม เหล็กปริมาณ 43.48 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม วิตามินบี 1 ปริมาณ 50.65 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และวิตามินบี 6 ปริมาณ 390.10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และจากการวิจัยยังพบอีกว่าเมื่อผลหม่อนมีความสุกเพิ่มขึ้นปริมาณสารออกฤทธิ์ดังกล่าวข้างต้นจะมีเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย (มนตรี แสนสุข, 2559)

ผลงานวิจัยหลายสถาบันในประเทศไทย มหาวิทยาลัยทางการแพทย์แผนตะวันออก มหาวิทยาลัยรังสิตและงานวิจัยหลายประเทศพบว่าผลหม่อนมีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เป็นสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเป็นสารสีม่วงแดง ช่วยป้องกันโรคหัวใจและป้องกันมะเร็ง วิตามินบี 6 ช่วยบำรุงเลือด ตับ ไต ลดการเกิดสิว ลดอาการปวดประจำเดือน ป้องกันและยับยั้งการเกิดลิ้มเลือด ป้องกันเส้นเลือดแตก สาเหตุของโรคอัมพฤกษ์ อัมพาต วิตามินซีสูง ช่วยป้องกันหวัด โรคภูมิแพ้ โรคปอด วัณโรค ป้องกันเชื้อไวรัส วิตามินเอ ช่วยบำรุงสายตา ป้องกันการเกิดต่อกระจก (ป้องกันแสงสีน้ำเงินเข้าทำลายเลนส์ตา) บำรุงเหงือกและฟัน สร้างภูมิให้ระบบ

หายใจ บำรุงผิว ลดการอักเสบของผิว กรดโฟลิกหรือวิตามิน M ป้องกันโรคโลหิตจาง ป้องกัน  
 ทารกพิการ ช่วยการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์ ช่วยแก้อาการเมาค้าง ผ่อนคลายความเครียด  
 ช่วยบำรุงเส้นผมให้ดกดำ ป้องกันผมหงอกก่อนวัย

## 2.3 การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวมีผลต่อคุณภาพของผักและผลไม้ ดังนี้

หลังการเก็บเกี่ยว ผักและผลไม้ ยังคงมีการหายใจและกิจกรรมทางชีวเคมีดำเนินอยู่อย่าง  
 ต่อเนื่องมีผลทำให้คุณภาพด้านต่างๆ ของผักและผลไม้ เช่น สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส รวมทั้ง  
 คุณค่าทางโภชนาการเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ผลผลิตทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว  
 ออกจากต้นแล้ว เซลล์ยังมีการหายใจแบบใช้ออกซิเจนของพืช จะรับออกซิเจนจากสิ่งแวดล้อม เข้า  
 ไปเพื่อเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรต ที่สะสมไว้ในเซลล์พืชในรูปของแป้ง และน้ำตาลได้ก๊าซ  
 คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานในรูปของพลังงานความร้อน พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจาก  
 การหายใจของพืช เรียกว่า vital heat หรือ respiration heat ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ง่าย ผักและผลไม้  
 ที่มีอัตราการหายใจสูง จะผลิตความร้อนออกมามากกว่าผักและผลไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำ เพราะ  
 จะมีอัตราการสลายโมเลกุลของสารอาหารมากกว่าและเสื่อมคุณภาพเร็วกว่า

อัตราการหายใจยังมีความสำคัญต่อการพิจารณาเลือกใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่  
 เหมาะสม เช่น การออกแบบระบบการแช่เย็นผักและผลไม้ ผลผลิตทางการเกษตรที่มีอัตราการ  
 หายใจสูงกว่ามีแนวโน้มที่จะมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นกว่าผลผลิตที่มีอัตราการหายใจที่ต่ำ หาก  
 ผลผลิตอยู่ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนหรือมีออกซิเจนไม่เพียงพอจะเกิดการหายใจแบบไม่ใช้  
 ออกซิเจน (anaerobic respiration หรือ fermentation) ซึ่งกระบวนการนี้จะทำให้เกิดการสร้าง  
 เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส ความแน่นเนื้อของผลไม้จะ  
 ลดลงหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีซึ่งเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็ก  
 ลง เช่น แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาล รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของสารกลุ่ม เพกทิน ซึ่ง  
 เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ตัวอย่างเช่น ผลมะม่วงเมื่อสุก จะมีความแน่นเนื้อลดลง

การเปลี่ยนสีของผักและผลไม้บางชนิดจะมีสีผิวของผลและเนื้อเปลี่ยนไป เนื่องจากมีการ  
 สลายตัวของคลอโรฟิลล์ ซึ่งมีสีเขียวทำให้เห็นรงควัตถุในกลุ่มแคโรทีนอยด์ เช่น บีตา-แคโรทีน ที่มี  
 สีเหลืองในผลไม้สุก เช่น มะม่วง กุ้งฝอย มะละกอ และมีสีแดงของไลโคปีนในผลมะเขือเทศสุก  
 และแตงโม เป็นต้น

การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรส โดยทั่วไปผลไม้สุกจะมีรสหวานขึ้นเมื่อแป้งสลายตัวได้เป็น  
 น้ำตาลกลูโคส และเกิดสารประกอบที่มีกลิ่นหอม ซึ่งเป็นสารระเหย เช่น กลิ่นสุก มีกลิ่นหอม  
 เฉพาะ

การสูญเสียน้ำหนัก สาเหตุสำคัญเนื่องจากการหายใจและการคายน้ำผลไม้กลุ่ม climacteric  
 fruit หมายถึงผลผลิตที่มีการผลิตก๊าซเอทิลีนในระหว่างที่ผลไม้เริ่มสุก ในขณะที่กลุ่ม non-

climacteric fruit โดยมากแล้วมีอัตราการหายใจต่ำกว่าและมีการหายใจและการผลิตก๊าซเอทิลีนระหว่างกระบวนการสุกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2553)

## 2.4 แนวทางการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร

เป้าหมายของการเก็บรักษาผักและผลไม้สดนั้นเพื่อยืดอายุออกไปให้ได้นานที่สุด การเก็บรักษาจะประสบความสำเร็จได้นั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ตั้งแต่การเก็บเกี่ยวตามระยะที่เหมาะสม ด้วยวิธีการต่างๆ ตามความเหมาะสมของพืชชนิดนั้นๆ รวมถึงการปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมเพื่อคงความสดใหม่ของผักและผลไม้ร่วมกับการชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นในขั้นตอนของการเก็บเกี่ยวจะต้องคำนึงถึงปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเก็บรักษาผลิตผลสดด้วย

โดยทั่วไปแล้ว ผลิตผลที่ถูกเก็บรักษาไว้มักมีคุณภาพไม่ดีไปกว่าเดิม แม้ว่าจะมีวิธีการในการเก็บรักษาอย่างไรก็ตาม การสูญเสียก็ยังคงเกิดขึ้นได้ในบางครั้ง ผลิตผลที่ถูกเก็บรักษาไว้จะมีการสูญเสียคุณค่าทางอาหาร โดยเฉพาะวิตามินซีแต่แม้ว่าจะไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ก็ตาม การเก็บรักษาผลิตผล โดยให้ผลิตผลมีคุณภาพดีที่สุด เท่าที่จะเป็นไปได้ก็ยังคงมีความจำเป็นอยู่วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษาผลิตผล โดยผลิตผลมีการสูญเสียน้อยที่สุด ได้แก่

1. การใช้ความเย็น (Refrigerated storage) สภาพอุณหภูมิต่ำ เป็นสภาพแวดล้อมที่นิยมและเป็นหัวใจสำคัญในการเก็บรักษาผลิตผล โดยจะต้องใช้สภาพความชื้นสูงควบคู่กันไปสิ่งที่จะต้องพิจารณาในการเลือกการเก็บรักษาวิธีนี้คือ

- 1.1 ชนิดของผลิตผล และสภาพแวดล้อมที่ผลิตผลได้รับก่อนเก็บเกี่ยว
- 1.2 วิธีการลดอุณหภูมิล่วงหน้าและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา
- 1.3 การหมุนเวียนของอากาศเย็น
- 1.4 ความชื้นสัมพัทธ์ผลิตผลส่วนใหญ่ต้องการความชื้นของอากาศสูงประมาณ 90-95% แต่อาจมีปัญหาในเรื่องการแพร่ระบาดของจุลินทรีย์หรือโรคที่ติดมากับผลิตผล

2. การใช้สภาพควบคุมบรรยากาศ (controlled atmosphere storage; CA storage) เป็นการเก็บรักษาผลิตผล โดยการควบคุมความเข้มข้นของบรรยากาศที่ผลิตผลได้รับเพื่อควบคุมอัตราการหายใจของผลิตผลการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ให้สูงขึ้นหรือการลดความเข้มข้นของออกซิเจนให้ต่ำลงจะทำให้อัตราการหายใจของผลิตผลลดลงต่ำลงการเก็บรักษาผลิตผลโดยวิธีนี้ จะมีการควบคุมปริมาณและอัตราส่วนของก๊าซในระดับที่กำหนดไว้ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา นอกจากนี้ ยังต้องควบคุมโรงเก็บรักษาให้มีอุณหภูมิต่ำและความชื้นสูงด้วย

3. การใช้สภาพการดัดแปลงบรรยากาศ (modified atmosphere storage; MA storage) การเก็บรักษาผลิตผลโดยวิธีนี้จะต่างจากการเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศในด้านการควบคุมความเข้มข้นของบรรยากาศโดยการเก็บรักษาแบบการดัดแปลงบรรยากาศ ไม่ได้มีการควบคุมความ

เข้มข้นของบรรยากาศ ตัวอย่างการเก็บรักษาผลผลิตโดยวิธีนี้คือ การเก็บรักษาผลผลิตในภาชนะปิดสนิท การเก็บในถุงพลาสติก การใช้แผ่นฟิล์มห่อผลผลิต (สังคม เตชะวงศ์เสถียร, 2536)

#### 2.4.1 การเก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิต่ำ

ผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวจะเสื่อมคุณภาพง่ายและมีอายุการใช้งานสั้น ดังนั้น การเก็บรักษาผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวจึงเป็นสิ่งจำเป็น การเก็บรักษาผักและผลไม้สามารถทำได้หลายวิธี แต่การเก็บรักษาโดยใช้อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด และปฏิบัติเป็นการค้าในปัจจุบัน การเก็บรักษาโดยใช้อุณหภูมิต่ำสามารถลดอัตราการหายใจ การคายน้ำ การเปลี่ยนแปลงภายใน และการเน่าเสีย การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (วาสนา พิทักษ์พล และคณะ, 2558) สับปะรดที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 7-12 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 14-20 วัน (Paull, 1993) แต่ไม่สามารถเก็บรักษาผักและผลไม้ทุกชนิดไว้ที่อุณหภูมิต่ำใกล้จุดเยือกแข็ง (freezing point) ได้ เพราะจะทำให้ผลิตผลเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ (chilling injury) (สายชล เกตุษา, 2549) การเก็บรักษาสับปะรดที่อุณหภูมิ 7 – 12 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 14-20 วัน (Paull, 1993) การเก็บรักษาผักและผลไม้ที่อุณหภูมิต่ำ มีวัตถุประสงค์ทำให้ผักและผลไม้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจาก

1. การลดอุณหภูมิเป็นการลดอัตราการหายใจของพืชผักและผลไม้ เนื่องจากหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้ยังมีชีวิตอยู่ และยังมีอัตราการหายใจอยู่ตลอดเวลา
2. ลดการเสื่อมเสียเนื่องจากเอนไซม์ และปฏิกิริยาทางชีวเคมี เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (enzymatic browning reaction)
3. ลดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ (microbial storage) การลดอุณหภูมิเป็นการลดการเจริญของจุลินทรีย์ได้หลายชนิดที่มักพบเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดการเสื่อมเสียของผักและผลไม้
4. ลดอันตรายจากอาหารเป็นพิษ เนื่องจากจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) และการสร้างสารพิษจากเชื้อรา (mycotoxin) เช่น พาทูลิน (patulin) (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานพนนท์, 2553)

#### 2.4.2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อหรือส่งผลต่อการเก็บรักษาผลผลิตสด

1. อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อคุณภาพผลผลิตหลังเก็บเกี่ยว เนื่องจากอุณหภูมิมิผลต่อกระบวนการต่างๆ ภายในผลิตผล อุณหภูมิสูงจะเร่งการหายใจ การคายน้ำ การผลิตเอทิลีนและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่นๆ ภายในผลิตผลให้เกิดเร็วขึ้น หรือเร่งการเสื่อมสภาพของผักผลไม้ ดังนั้นในการเก็บรักษาจึงต้องใช้อุณหภูมิต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่ต้องไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตสด หรือเป็นอันตรายกับผลผลิตที่เรียกว่า อาการสะท้อนหนาว (chilling injury)

2. ความชื้น ปริมาณน้ำในอากาศในสภาพการเก็บรักษามีมาก จะช่วยลดการสูญเสียน้ำออกจากผักและผลไม้ ในสภาพการเก็บรักษาจึงจะต้องจัดให้มีความชื้นสูงพอเหมาะ ไม่ให้มีการสูญเสียน้ำจากพืชมากเกินไป และต้องไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดผลผลิตเน่าเสียได้ง่าย

3. องค์ประกอบของบรรยากาศ ออกซิเจนในบรรยากาศจำเป็นสำหรับการหายใจของผลผลิต โดยเฉพาะผลผลิตที่กำลังเจริญเติบโต ในการเก็บรักษาถ้ามีปริมาณออกซิเจนต่ำจะช่วยลดอัตราการหายใจและยืดอายุการเก็บรักษาผักผลไม้ได้ แต่ถ้าออกซิเจนมีปริมาณน้อยเกินไปอาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้ผลผลิตเสียหายได้ ขณะที่คาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจ หากมีปริมาณมากกว่าในบรรยากาศปกติจะสามารถยืดอายุผักผลไม้ได้ แต่หากระหว่างการเก็บรักษามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มาก ส่งผลให้ผลผลิตเกิดการหายใจผิดปกติ และทำให้ผลผลิตเสียหายได้ นอกจากนี้ยังมีก๊าซเอทิลีนเป็นก๊าซที่สำคัญทำให้ผลผลิตเสียหายได้เร็วขึ้น ซึ่งเอทิลีนนั้นอาจเกิดจากการผลิตของผลผลิตเองหรือเกิดจากแหล่งอื่นๆ เช่น จากเชื้อรา การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงต่างๆ ซึ่งเอทิลีนจะกระตุ้นหรือเร่งกระบวนการสุก การเปลี่ยนแปลงอื่นๆ รวมถึงการเสื่อมสภาพของผักและผลไม้สด

## 2.5 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตร

ผักและผลไม้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาหลังการเก็บเกี่ยวเนื่องจากกระบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆยังคงดำเนินต่อไปส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่างๆ ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพไปในทางที่ด้อยลง การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของพืชหลังการเก็บเกี่ยวส่วนใหญ่เป็นการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง เช่น การเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล การเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้ง การเปลี่ยนสี และการย่อยสลายตัวของผนังเซลล์ที่ทำให้ผลไม้มีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มลง การเกิดเส้นใย เส้นใย กิจกรรมของเอนไซม์หลายชนิด เช่น เอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส และเซลลูเลสเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาในขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ออกซิเดสลดลง ทั้งนี้กิจกรรมของเอนไซม์ผันแปรตามอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาและระยะความแก่ของผลไม้อีกด้วย (นิธิยา รัตนาปนนท์ และคณะ บุญยเกียรติ, 2548) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตด้วยเพื่อดำเนินการจัดการและควบคุมปัจจัยในการเก็บรักษาผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวก่อนการนำไปใช้ประโยชน์หรือบริโภคให้สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบที่จะมีผล ต่อการเสื่อมของคุณภาพ พืชผลทางการเกษตรหลังเก็บเกี่ยวยังคงมีชีวิตอยู่ จึงมีการหายใจและเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทำให้องค์ประกอบ รสชาติ และคุณค่าทางอาหารเปลี่ยนแปลงไปด้วย ส่งผลทำให้คุณภาพของผลผลิตลดลง (จริงแท้ ศิริพานิช และธีรนุตร์ รมโพธิ์ ภัคดิ์, 2543)

### 2.5.1 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี

1. คาร์โบไฮเดรต ในผักและผลไม้มีอยู่ทั้งในรูปของอาหารสะสม เช่น แป้งและน้ำตาลชนิดต่างๆ รวมถึงอินนูลินซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลฟรุคโตส โดยมีการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณของคาร์โบไฮเดรตเหล่านี้ในระหว่างการเจริญเติบโตและหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งอาจเกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ เช่น เอนไซม์ในกระบวนการสร้างแป้งและสลายแป้ง เอนไซม์อินเวอร์เทสที่เปลี่ยนโครงสร้างน้ำตาล หรืออาจเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปริมาณน้ำตาลที่ลดลงถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ นอกจากนี้คาร์โบไฮเดรตในพืชยังอยู่ในรูปองค์ประกอบโครงสร้างที่ให้ความแข็งแรงของเซลล์ เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพกติน ซึ่งอาจไม่เกี่ยวข้องกับรสชาติของผักและผลไม้โดยตรงแต่มีผลต่อคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัส เช่น เหนียวเป็นเส้นใย (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546)

2. แป้งและน้ำตาล ภายหลังการเก็บเกี่ยว ปริมาณน้ำตาลอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลง แล้วแต่ชนิดของผักผลไม้และสภาพแวดล้อม ผลผลิตที่มีการหายใจตลอดเวลาจะมีการใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารหรือพลัง ทำให้ปริมาณน้ำตาลที่สะสมอยู่ลดน้อยลง

3. ไขมัน ในผลิตผลพืชสวนมีปริมาณอยู่น้อยมาก โดยทั่วไปจะมีปริมาณไม่เกิน 0.1% มักอยู่ในรูปของอาหารสะสม สารปกคลุมผิว และส่วนประกอบของเยื่อหุ้มต่างๆ ไขมันในรูปอาหารสะสมมักจะอยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นสารประกอบที่ไม่อยู่ตัวและทำปฏิกิริยากับน้ำในผลิตผลเกิดเป็นสารที่มีกลิ่นรสหืน (rancid) ดังนั้นจึงต้องเก็บรักษาในภาชนะที่มีออกซิเจนและความชื้นน้อยที่สุด

4. โปรตีน ในผักผลไม้จะมีโปรตีนในปริมาณน้อย แต่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ หลังการเก็บเกี่ยว เช่น ข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บเกี่ยว น้ำตาลจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแป้งโดยการทำงานของเอนไซม์ซึ่งก็เป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล การเปลี่ยนสี การย่อยสลายตัวของผนังเซลล์ที่ทำให้ผลไม้อ่อนนุ่มลง เกิดจากการทำงานของเอนไซม์หรือโปรตีน

5. กรดอินทรีย์ พบมากในผักผลไม้ คือ กรดซิตริก พบในผลไม้พวกส้ม ฝรั่ง ทับทิม สตรอเบอร์รี่ และกรดมาลิก พบในกล้วย มะม่วงและองุ่น กรดอินทรีย์เหล่านี้ทำให้ผลไม้มีรสเปรี้ยว มีปริมาณมากในผลไม้ยังอ่อนอยู่ทำให้ไม่เหมาะในการบริโภค แต่เมื่อผลไม้สุก ปริมาณกรดมักจะลดต่ำลงทำให้รสชาติดีขึ้น จึงเหมาะในการบริโภค แต่ขณะเดียวกันเชื้อโรคจะเข้าทำลายได้ง่ายขึ้นด้วย

6. วิตามิน ผักผลไม้เป็นแหล่งวิตามินเอและซี วิตามินเอส่วนใหญ่มีอยู่ในรูปของคาโรทีน ซึ่งเป็นสารสีและไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงหลังเก็บเกี่ยวมากนัก ส่วนวิตามินซีมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากในผักทานใบและช่อดอกจะมีการสูญเสียมาก ส่วนในผลไม้จะไม่เสียมากนัก สภาพหลังการเก็บรักษามีผลต่อการสลายตัวของวิตามินซี โดยอุณหภูมิสูงจะสูญเสียวิตามินซีมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นระหว่างการเก็บรักษาเพื่อช่วยรักษาความสดและคุณค่าทางอาหารไว้ด้วย

7. สารสี ภายหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้ต่างๆ มักมีการเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้น โดยเฉพาะสีเขียวจะหายไปและปรากฏสีเหลืองหรือสีแดงขึ้นมาแทน ซึ่งการสูญเสียสีเขียวหรือคลอโรฟิลล์จะแสดงถึงความเสื่อมสภาพของผักสดชนิดต่างๆ แต่ในผลไม้จะแสดงถึงคุณภาพในการรับประทาน การป้องกันไม่ให้ผักผลไม้สูญเสียคลอโรฟิลล์สามารถทำได้โดยการลดอุณหภูมิของผลผลิตลง หรือเก็บรักษาในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำรวมทั้งเก็บในที่มืดมีแสงสว่างเพียงพอก็จะสามารถชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ (จิ่งแท้ ศิริพานิช และธีรนุต รมโพธิ์ภักดิ์, 2543)

## 2.6 บทบาทของแคลเซียมในพืช

บทบาทที่สำคัญของแคลเซียมคือไปสร้างเสถียรภาพให้เพคตินในมิคเซลลามัลลาในผนังเซลล์ โดยก่อเป็นรูปแคลเซียมเพคตินท เช่นเดียวกันจะไปสร้างเสถียรภาพให้กับ micellar structure ของ membrane phosphatides มีความสำคัญสำหรับรักษาความมั่นคงของโครงสร้างเยื่อ แคลเซียมช่วยปรับปรุงการดูดใช้ธาตุอาหารอื่นๆ ของรากและเคลื่อนย้ายธาตุอาหารไปยังส่วนต่างๆ ในต้นพืช ธาตุนี้จะช่วยกระตุ้นระบบเอ็นไซม์ที่ควบคุมการเจริญเติบโตหลายอย่างด้วยกัน ช่วยเปลี่ยนไนเตรท-ไนโตรเจน ( $\text{NO}_3-\text{N}$ ) ไปเป็นรูปที่จำเป็นสำหรับการสร้างโปรตีน เป็นธาตุจำเป็นสำหรับการสร้างผนังเซลล์และการแบ่งเซลล์ ตลอดจนมีส่วนร่วมปรับปรุงความต้านทานโรค แคลเซียมเมื่อร่วมทำงานกับแมกนีเซียมและโพแทสเซียมช่วยทำให้กรดอินทรีย์เป็นกลางซึ่งเกิดระหว่างกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์พืช (วิจิตร วังใน, 2552) ประโยชน์ของแคลเซียมต่อพืชในด้านต่างๆ ดังนี้

1. โครงสร้างของพืชเป็นส่วนประกอบของผนังพืชโดยอยู่ในรูปเกลือแคลเซียมเพคเตตจึงมีบทบาทสำคัญในการสร้างผนังเซลล์ใหม่ของพืช ช่วยให้สีเนื้อและสีผิวของผลสดใสร และยังมี ความจำเป็นในการแบ่งเซลล์ช่วยเสริมสร้างเซลล์และการแบ่งเซลล์ของพืชซึ่งพืชต้องการอย่างต่อเนื่องการขาดธาตุแคลเซียมจะแสดงออกทางเนื้อเยื่อเจริญก่อนเนื่องจากเป็นบริเวณที่มีการแบ่งตัวมากที่สุด

2. โครงสร้างของเยื่อเซลล์แคลเซียมมีผลทำให้เยื่อหุ้มเซลล์มีความเสถียรภาพถ้าพืชได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอจะทำให้เกิดการรั่วไหลของสารอาหารต่างๆ ได้ ช่วยสร้างเซลล์และทำให้ผนังเซลล์ตึง ทำให้ลำต้นพืชแข็งช่วยลดการเกิดเนื่อของผลแข็งกระด้างและเนื้อเน่าช่วยให้เซลล์ติดต่อกันและจะช่วยเชื่อมผนังเซลล์ให้เป็นรูปร่างและขนาดให้เป็นไปตามลักษณะของพืชแต่ละชนิด

3. การงอกของเมล็ดและการเจริญของเกสรของพืชแคลเซียมจะช่วยทำให้การงอกของเมล็ดดีขึ้นและการยึดตัวของหลอดเรณูช่วยเพิ่มการติดผลช่วยในการสร้างราก การแตกกิ่งสร้างตาสร้างดอกมีบทบาทที่สำคัญในระยะเวลาการเจริญเติบโตและการออกดอกของพืช

4. ชะลอการเสื่อมแก่การสุกของผลไม้ช่วยลดการหายใจในของพืชช่วยป้องกันผลร่วง ผลแตก
5. การเปิด-ปิดของปากใบและช่วยสังเคราะห์ซูโครสเพื่อกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ

แคลเซียมยังจำเป็นสำหรับการควบคุมการทำงานของฮอร์โมนพืช ตัวอย่างเช่น แคลเซียมไอออนและออกซินจะมีอิทธิพลต่อการยึดตัวและการแปรรูปของเซลล์ การขาดแคลเซียมทำให้เซลล์ขยายใหญ่ขึ้นและไม่แปรรูป เนื่องจากขาดเสถียรภาพในโครงสร้าง การสร้างผนังเซลล์และการยึดตัวของเซลล์ในเนื้อเยื่อเจริญของยอดอ่อนและราก บทบาทนี้ธาตุอาหารตัวอื่นทำหน้าที่แทนไม่ได้ (วิจิตร วังโน, 2552)

ความเข้มข้นของแคลเซียมระดับต่ำในผลจะไปเร่งการสุกและลดความแน่นและความเหมาะสมสำหรับการเก็บรักษา ในสาลีมีสหสัมพันธ์ในทางลบระหว่างปริมาณแคลเซียม (โดยเฉพาะแคลเซียมที่ละลายน้ำได้) ของผลและการสร้างเอทิลีนในระหว่างการสุก (Richardson and Al-Ani, 1982) การขาดแคลเซียมนำไปสู่การสะสมไนโตรเจนที่เพราะการขนย้ายไนโตรเจนทางระหว่างเซลล์ถูกขัดขวางดังนั้นพืชที่ขาดแคลเซียมจึงไม่สามารถใช้ในตรรกอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเป็นแหล่งของไนโตรเจน (Yamada, 1975) ความต้องการแคลเซียมในพืชจะมีค่า โดยเฉพาะถ้าความเข้มข้นของโลหะหนักต่ำ ความเข้มข้นของแคลเซียมปริมาณ 0.3-2.0% น้ำหนักแห้งในใบและ 0.20-3.00% น้ำหนักแห้งในผลควรจะมีเพียงพอสำหรับพืชส่วนมาก (Wallace and Soufi, 1975) ใบของต้นมะเขือเทศที่ได้รับแคลเซียมอัตรา 8 mval/l ในสารละลายธาตุอาหารอย่างต่อเนื่องมีความเข้มข้นของแคลเซียม ปริมาณ 3.2% และไม่เกิดอาการปลายผลเน่า พืชที่ได้รับธาตุอาหารตามปกติเป็นเวลา 83 วัน แล้วย้ายมาเลี้ยงในสารละลายที่มีแคลเซียม 1 ใน 10 ในใบจะมีความเข้มข้นแคลเซียม ปริมาณ 3.4% และผลมะเขือเทศส่วนมากเกิดอาการปลายผลเน่า (Bould and Tsai-Fua, 1976)

## 2.7 การใช้สารละลายแคลเซียมก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว

จากการศึกษาพบว่ามีการใช้สารละลายแคลเซียมกันมากขึ้นเป็นการให้แคลเซียมแก่พืชในด้านการเจริญเติบโต ก่อนการเก็บเกี่ยวและหลังเก็บเกี่ยวในการชะลอการสุกและการอ่อนนุ่มของผลไม้ทั้งในรูปผลสดและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค (fresh-cut) การใช้สารแคลเซียมเป็นวิธีการหนึ่งในการเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ผนังเซลล์ มีรายงานว่าแคลเซียมคลอไรด์เป็นสารเคมีที่จัดอยู่ในกลุ่มปลอดภัยต่อผู้บริโภค ช่วยรักษาคุณภาพของผลิตผลหลังเก็บเกี่ยว โดยช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับเซลล์ ลดอัตราการหายใจ ลดการผลิตเอทิลีนและลดอัตราเร็วในการอ่อนนุ่มของผลไม้นี้ระหว่างการสุก รักษาคุณภาพและทำให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (วาสนา, 2550; Yuen *et al.*, 1993; Wasna *et al.*, 1999)

การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์หรือแคลเซียมไนเตรท ช่วยแก้ไขอาการขาดแคลเซียมของพืชได้ สำหรับเวลาที่เหมาะสมแก่การให้ธาตุนี้ทางใบควรเป็นตอนเย็น ทั้งนี้เพราะ

หลังจากนั้นความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะสูงขึ้น หรืออาจเป็นช่วงเวลาที่ใบพืชสะสมกรดอินทรีย์ และมีปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนระหว่างแคลเซียมกับไฮโดรเจนไอออนจากกรดในใบพืชได้ดี จึงทำให้ การดูดซึมแคลเซียมของใบมากขึ้น (ขงยุทธ โอสถสภา, 2557) อัตราการดูดแคลเซียมของใบจะเป็นไปอย่างรวดเร็วเฉพาะสองสามชั่วโมงแรกแล้วจะลดอัตราการลงอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากสภาพการ ดูดจอน้ำของเนื้อเยื่อใบบริเวณที่ได้รับไอออนและเนื้อเยื่อใต้บริเวณนั้น สำหรับการเคลื่อนย้าย ของไอออนเหล่านี้จากบริเวณดังกล่าวเป็นไปอย่างเชื่องช้า (ขงยุทธ โอสถสภา, 2557)

จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการใช้สารละลายแคลเซียมก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวในพืช หลายชนิด การให้แคลเซียมคลอไรด์ในกระชายดำที่ความเข้มข้น 800 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณ สารประกอบฟีนอลรวมทั้งหมดและสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุด (นาตยา มนตรี และอัญญา จันทร์ประทิว, 2560) นอกจากนี้ยังมีการใช้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวในพืชอีกหลาย ชนิดทั้งในผักและผลไม้ การใช้แคลเซียมร่วมกับโบรอนอัตรา 20 มิลลิกรัมต่อน้ำ 20 ลิตร มีผลทำให้ ใบพลับระยหลังเก็บเกี่ยวผลมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียมสูงและมีผลทำให้ได้ผล ผลิตมากขึ้นในพลับพันธุ์ซิงชูและพันธุ์ฟูยู (ชัยสิทธิ์ ทองจู และคณะ, 2559)

งานวิจัยหลายงานที่ชี้ให้เห็นว่าการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์สามารถช่วยลดการ สูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเกิดโรคและมีคุณภาพโดยรวมของผลดี (วาสนา พิทักษ์พล และคณะ, 2558) และการให้แคลเซียมคลอไรด์จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์ให้มีความทนต่ออาการ สะท้อนหนาวมากยิ่งขึ้น (Garcia *et al.*, 1996) การใช้ความร้อนร่วมกับสารละลายแคลเซียมในการ รักษาความแน่นเนื้อ เพิ่มประสิทธิภาพการซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ของผักและผลไม้ตัดแต่ง เช่น เม ล่อน แอปเปิ้ล แครอท และผักกาดหอมห่อ (Martin-Diana *et al.*, 2006; Rico *et al.*, 2007; Aguayo *et al.*, 2008) การใช้ความร้อนร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์สามารถคงความแน่นเนื้อของมะละกอดิบเส้น ได้ (อัครรัตน์ ไชยธรรม, 2541)

การให้แคลเซียมกับผลไม้จากภายนอก นอกจากจะทำให้ผลไม้อ่อนตัวช้าลงแล้ว ยังพบว่า กระบวนการสุกอื่น ๆ ลดลงด้วย (จริงแท้ ศิริพานิช, 2548) การลดอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน การเปลี่ยนแปลงสี และยืดอายุการเก็บรักษามะละกอสุกแปรรูปพร้อมบริโภค โดยมีอายุการเก็บ รักษา 27 วัน (อินทิรา ลิจันทร์พร และศิริชัย กัลป์ยาณรัตน์, 2549) เช่นเดียวกับเนื้อแก้วมังกรสด ตัดแต่งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมเล็กเตทมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำ กว่าและมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าเนื้อแก้วมังกรในชุดควบคุม เนื้อแก้วมังกรสดตัดแต่งที่แช่ใน สารละลาย  $\text{CaCl}_2$  หรือ  $\text{Ca lactate}$  ที่ 1 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมของเอนไซม์เพกทิน-เมทิลเอสเทอเรส และพอลิกลาเล็กทูลิโรเนส และค่าการรั่วไหลของสารมีประจุต่ำกว่าชุดควบคุม (ศลิษา ศรีสุข และคณะ, 2559)

สารละลายแคลเซียมช่วยรักษาความแน่นเนื้อของผลสตอเบอร์รี่ได้ เนื่องจากแคลเซียม ไอออนจะจับกับเพกทินที่อยู่ในโครงสร้างผนังเซลล์ของผลสตอเบอร์รี่ ทำให้โครงสร้างเพกทินยึด ติดกันแน่นขึ้น (Chen *et al.*, 2011; Suutarinen *et al.*, 2000) จึงทำให้ผลสตอเบอร์รี่มีความแน่นเนื้อ

ดี แคลเซียมที่นิยมใช้ ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์ใช้ได้ผลดีกับผลสตรอเบอร์รี่ (Chen *et al.*, 2011; Galetto *et al.*, 2010; Suutarinen *et al.*, 2000) แคลเซียมเล็กเทตใช้กับผลแดงเทศ (Aguayo *et al.*, 2008; Luna-Guzmán and Barrett, 2000) และผลสตรอเบอร์รี่ (Han *et al.*, 2004) สับปะรดที่จุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 2.2 สามารถลดการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ดีและมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูง (เบญจวรรณ และคณะ, 2556) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Manganaris (2007) พบว่าการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์สามารถลดความรุนแรงของการเกิดอาการสะท้านหนาว และลดการเกิดสีน้ำตาลในผลพีชได้ และการพ่นแคลเซียมคลอไรด์เป็นอีกวิธีหนึ่งในการเพิ่มคุณภาพผลสับปะรด จากงานทดลองของ Wijeratnam *et al.* (2007) พบว่าการพ่นแคลเซียมคลอไรด์กับผลสับปะรดก่อนเก็บเกี่ยว ช่วยให้ปริมาณแคลเซียมในแกนและเนื้อผลมีค่าสูงขึ้น และยังลดอาการไส้สีน้ำตาลหลังเก็บในห้องเย็นได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุนทร โมลา และคณะ (2558) พบว่าการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับโพแทสเซียมซัลเฟต สามารถรักษาคุณภาพของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียได้นาน 14 วัน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

การให้แคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการสุกแก่ของสตรอเบอร์รี่หลังการเก็บเกี่ยว แคลเซียมทำให้ปริมาณแคลเซียมในใบและผลเพิ่มขึ้น ปริมาณแอนโทไซยานินและปริมาณ Free-sugar และการนำไฟฟ้าของเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น ความแน่นเนื้อลดลง แคลเซียมส่งผลให้การเกิดราสีเทา ลดลงมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียม (Chéour *et al.*, 1990)

แช่ผลมะเขือในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำ พบว่าผลมะเขือที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถเก็บรักษามะเขือผลสดได้นาน 14 วัน (วาสนา พิทักษ์พล และคณะ, 2558)

แคลเซียมคลอไรด์ (0, 1 และ 4 เปอร์เซ็นต์) ต่อลักษณะคุณภาพและผนังเซลล์ของผลสตรอเบอร์รี่ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน พบว่ากลุ่มของแคลเซียม 1 เปอร์เซ็นต์ มีคุณลักษณะที่มีคุณภาพดีกว่า ได้แก่ อัตราการสลายตัว การสูญเสียน้ำและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ในกลุ่มของแคลเซียม 4 เปอร์เซ็นต์ ลดการสูญเสียน้ำหนัก (Chen *et al.*, 2011) ผลไม้ที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์มีปริมาณเพคตินสูง และแคลเซียมร่วมกับออกซินสามารถปรับเปลี่ยนการสุกของผลไม้ได้โดยไม่ทำให้เกิดการย่อยสลายของผนังเซลล์ (Figuerola *et al.*, 2012)

บลูเบอร์รี่ที่ได้รับแคลเซียมมีอาการอ่อนนุ่มและการเสียน้ำหนักน้อยกว่าบลูเบอร์รี่ในชุดควบคุม อัตราการหายใจสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา แต่ลดลงในบลูเบอร์รี่ที่ได้รับแคลเซียม การได้รับแคลเซียมไม่เปลี่ยนแปลงปริมาณเฮมิเซลลูโลส เมื่อเก็บเกี่ยวพบว่าปริมาณแคลเซียมในผนังเซลล์เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยแคลเซียมซัลเฟตมีประโยชน์ในการชะลอการอ่อนนุ่มและลดการสูญเสียน้ำหนักของบลูเบอร์รี่ (Angeletti *et al.*, 2010) การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับโพแทสเซียมซัลเฟตความเข้มข้น 0.6 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการลดลงของค่า

Hue angle ของสีเปลือกและสีเนื้อ ตลอดจนการใส่สีน้ำตาล จะลดการเพิ่มขึ้นของปริมาณ MDA และสารประกอบฟีนอลิก มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณวิตามินซีสูงกว่าชุดควบคุม (สุนทร โมลา และคณะ, 2558)

## 2.8 สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant)

สารที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยา oxidation ด้วยเหตุที่อนุมูลอิสระเกิดขึ้นมาจากกระบวนการต่างๆ ในการดำรงชีวิต ดังนั้นร่างกายจึงต้องสร้างสารต้านอนุมูลอิสระขึ้นมาเพื่อกำจัดและลดความรุนแรงของอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นด้วย เช่น co-enzyme Q10 alpha-lipoic acid

โดยปกติแล้วการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายนั้นมีอย่างเพียงพอต่อการเกิดอนุมูลอิสระขึ้นภายในร่างกาย แต่หากมีสภาวะผิดปกติในร่างกาย เช่น ความเครียด การนอนดึกติดต่อกันนานๆ การรับประทานยาที่มีผลลด antioxidant enzyme หรือสภาวะโรคต่างๆ ก็อาจจะทำให้การสร้างอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นจนเสียสมดุลระหว่าง antioxidant และ อนุมูลอิสระเกิดเป็นภาวะ oxidative stress อนุมูลอิสระที่ไม่ได้ถูกกำจัดจะไปทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อทำให้เป็นต้นเหตุของการเกิดโรคต่างๆ ได้ เช่น เป็นต้นเหตุของภาวะหลอดเลือดอุดตัน มะเร็ง พากินสัน รวมถึงอาการอักเสบต่างๆ จะเห็นได้ว่าสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายนั้นมีความสำคัญในการป้องกันการเกิดโรคและความเสื่อมของร่างกายเป็นอย่างมาก นอกจากการไปจับกับอนุมูลอิสระแล้วสารต้านอนุมูลอิสระควรจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ร่วมด้วย (อชิป สกุกเฟือก, 2559)

1. ป้องกันการเกิดขึ้นของอนุมูลอิสระได้
2. สามารถจับกับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นก่อนที่อนุมูลอิสระนั้นจะไปทำอันตรายเนื้อเยื่อต่างๆ
3. ต้องไม่เพิ่มความรุนแรงของอนุมูลอิสระหรือไม่เปลี่ยนอนุมูลอิสระที่มีความแรงต่ำไปเป็นอนุมูลอิสระที่มีความแรงสูง
4. ทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของ antioxidant enzyme หรือสารต้านอนุมูลอิสระตัวอื่นๆ
5. เพิ่มการแสดงออกของยีนที่ใช้สร้าง antioxidant enzyme และช่วยในการฟื้นฟูความเสียหายของเซลล์หรือเนื้อเยื่อจากการถูกทำลายด้วยอนุมูลอิสระ

การวิจัยในระยะแรกของบทบาทสารต้านอนุมูลอิสระในทางชีววิทยามุ่งประเด็นเกี่ยวกับการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นเหม็นหืน (German, 1999) ฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระสามารถวัดอย่างง่ายโดยนำไขมันใส่ในภาชนะปิดที่มีออกซิเจนและวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยา อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวก็ทำให้สามารถระบุได้ว่า วิตามินเอ ซี และอี ว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงนำไปสู่การตระหนักถึงความสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระในสิ่งมีชีวิต (Jacob, 1996; Knight, 1998)

## บทที่ 3

# วิธีการดำเนินงานวิจัย

### 3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

#### 3.1.1 อุปกรณ์

- 1) เครื่องวัดสี (Color Flex<sup>®</sup> spectrophotometer)
- 2) เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (Fruit Firmness Tester)
- 3) เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer รุ่น T90+ UV/VIS Spectrometer)
- 4) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล 7 กิโลกรัม
- 5) เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Hand Refractometer รุ่น B-32)
- 6) ไมโครปิเปตต์ขนาด 1 มิลลิลิตร
- 7) ตู้แช่อุณหภูมิตั้งที่ 5 องศาเซลเซียส
- 8) ถุงพลาสติก (Polyethylene; PE)
- 9) บีกเกอร์
- 10) บิวเรตขนาด 25 มิลลิลิตร
- 11) อุปกรณ์ตัดแต่ง
- 12) อุปกรณ์ถ่ายภาพ
- 13) กระดาษกรอง

#### 3.1.2 สารเคมี

- 1) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล
- 2) ฟีนอล์ฟทาเลอิน (Phenolphthalene) ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์
- 3) แอลกอฮอล์ (Ethanol) ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์
- 4) 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์
- 5) สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ )
- 6) กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid; HCL)

### 3.2 วิธีการเตรียมพืชทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลหม่อนรับประทานสด

ต้นหม่อนอายุ 2 ปี ทำการตัดแต่งกิ่งของต้นหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60 จำนวน 32 ต้น หลังตัดแต่งกิ่ง 2 สัปดาห์หม่อนจะเริ่มมีการแตกกิ่งใหม่และติดดอก จากนั้นแบ่งต้นหม่อนออกเป็น 2 กลุ่ม

กลุ่มละ 16 ต้น กลุ่มที่ 1 ไม้ฉีดพ่น และกลุ่มที่ 2 ฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ เมื่อเข้าสัปดาห์ที่ 3 หลังตัดแต่งกิ่งและเมื่อผลมีขนาดผลประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl<sub>2</sub>) ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากผลหม่อนมีการพัฒนาขนาดผลและสีผลค่อนข้างเร็วจึงทำการฉีดพ่นทุกสัปดาห์ ต่อเนื่องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ บันทึกผลการทดลองทุกสัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลแบบ T-test โดยมีทริตเมนต์ของการทดลอง ดังนี้

- 1) ฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์
- 2) ไม้ฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพในการรับประทานและอายุการเก็บรักษาผลหม่อนรับประทานสด

เก็บเกี่ยวผลหม่อนผลหม่อนทั้งสองชุดจากการทดลองที่ 1 ทั้งในระยะผลสีม่วงแดง นำมาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำผลหม่อนบรรจุในถุง polyethylene (PE) ไม่เจาะรู ถุงละ 30 ผล ปิดปากถุงด้วยเครื่องซีล แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส บันทึกผลการทดลองทุกสัปดาห์จนกระทั่งผลหม่อนเกิดการเสื่อมสภาพมากกว่า 30% จนวันสิ้นอายุการเก็บรักษา วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) โดยมีทริตเมนต์ ดังนี้

- 1) ผลหม่อนที่ไม้ฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ + ไม้แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์
- 2) ผลหม่อนที่ไม้ฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ + แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์
- 3) ผลหม่อนที่ฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ + ไม้แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์
- 4) ผลหม่อนที่ฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ + แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1 ระยะเวลาการดำเนินงานหลังการตัดแต่งกิ่งหม่อน

วันหลังตัดแต่งกิ่ง	การปฏิบัติงาน
11	เริ่มติดผล
20	ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ครั้งที่ 1 (ผลหม่อนขนาด 0.5-1 เซนติเมตร)
26	บันทึกผลการเจริญเติบโต ครั้งที่ 1 บันทึกการเปลี่ยนแปลงค่าสีผล ครั้งที่ 1
27	ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ครั้งที่ 2
30	บันทึกการเปลี่ยนแปลงค่าสีผล ครั้งที่ 2
34	ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ครั้งที่ 3 บันทึกการเปลี่ยนแปลงค่าสีผล ครั้งที่ 3
37	บันทึกผลการเจริญเติบโต ครั้งที่ 2
38	บันทึกการเปลี่ยนแปลงค่าสีผล ครั้งที่ 4
41	ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ครั้งที่ 4
42	บันทึกการเปลี่ยนแปลงค่าสีผล ครั้งที่ 5
46	บันทึกการเปลี่ยนแปลงค่าสีผล ครั้งที่ 6 เก็บเกี่ยวผลหม่อน
62	บันทึกผลการเจริญเติบโต ครั้งที่ 3



ภาพที่ 1 ต้นหม่อนที่ปลูกในกระถาง (A), ตัดแต่งกิ่งต้นหม่อน (B), การพัฒนาของกิ่งใหม่ (C), เริ่มมีการติดดอก (D), ระยะที่เริ่มฉีดพ่นสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  (E) การพัฒนาของผลหม่อนในระยะสีชมพู (F)

### 3.3 การบันทึกผลการทดลอง

ในการบันทึกผลการทดลองที่ 1 มีดังนี้

1. นับจำนวนใบ ขนาดพื้นที่ใบ จำนวนกิ่ง จำนวนผลต่อต้น ขนาดผลโดยสุ่มจำนวน 20 ผล/ต้น การเจริญเติบโตของกิ่งใหม่ ความยาวกิ่งและขนาดกิ่ง บันทึกผล 26, 37 และ 62 วันหลังการตัดแต่งกิ่ง

2. การเปลี่ยนแปลงสีผล ในระบบ CIE  $L^* a^* b^*$  color space โดยค่า  $L^*$  คือค่าความสว่าง มีค่าเท่ากับ 0 คือสีดำ และ เท่ากับ 100 คือสีขาว ค่า  $a^*$  โดยถ้าค่า  $a^*$  เป็นบวก (+) คือสีแดง ค่า  $a^*$  เป็นลบ (-) คือสีเขียว และค่า  $b^*$  โดยถ้าค่า  $b^*$  เป็นบวก (+) คือสีเหลือง ค่า  $b^*$  เป็นลบ (-) คือสีน้ำเงิน และค่า Hue angle คือ โทนสีที่จำแนกสีแดง เหลือง และน้ำเงินดังนี้

$$\text{Hue angle (H } \circ) = (\tan^{-1} b/a) \text{ เมื่อค่า } a > 0 \text{ และ } b \geq 0$$

$$\text{Hue angle (H } \circ) = 180^\circ + (\tan^{-1} b/a) \text{ เมื่อค่า } a < 0$$

$$\text{Hue angle (H } \circ) = 360^\circ + (\tan^{-1} b/a) \text{ เมื่อค่า } a > 0 \text{ และ } b < 0$$

บันทึกผลทุก 4 วัน หลังได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์

สำหรับการบันทึกข้อมูลของการทดลองที่ 2 มีดังนี้

1. สีผิวผล และสีเนื้อ ในระบบ CIE  $L^* a^* b^*$  color space โดยค่า  $L^*$  คือค่าความสว่าง มีค่าเท่ากับ 0 คือสีดำ และ เท่ากับ 100 คือสีขาว ค่า  $a^*$  โดยถ้าค่า  $a^*$  เป็นบวก (+) คือสีแดง ค่า  $a^*$  เป็นลบ (-) คือสีเขียว และค่า  $b^*$  โดยถ้าค่า  $b^*$  เป็นบวก (+) คือสีเหลือง ค่า  $b^*$  เป็นลบ (-) คือสีน้ำเงิน ค่า Hue angle

2. การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักผล (กรัม)

3. ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)

4. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid; TSS)

5. สัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ (TSS/TA)

6. ปริมาณสารแอนโทไซยานิน

7. กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH)

8. ปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ (TA)

9. อายุการเก็บรักษา (วัน)

### 3.4 การศึกษาข้อมูล

1. นับจำนวนใบ จำนวนกิ่ง จำนวนผล หลังการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ขนาดผล วัดโดยการใส่เวอร์เนีย คาลิปเปอร์ วัดความยาวผลและความกว้างผล การวัดพื้นที่ใบ ทาบใบ

หม่อนลงบนกระดาษกราฟ จากนั้นวาดตามขอบใบ นับช่องและบันทึกผล มีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร การเจริญเติบโตของกิ่งใหม่ โดยการนับกิ่งที่แตกใหม่ ความยาวกิ่ง วัดโดยใช้สายวัด ทาบจากโคนกิ่งถึงปลายยอด บันทึกผล มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

2. การวัดสีในระบบ CIE L a b color space โดยค่า L\* คือค่าความสว่าง มีค่าเข้าใกล้ 0 คือสีดำ และเข้าใกล้ 100 คือสีขาว ค่า a\* โดยถ้าค่า a\* เป็นบวก (+) คือสีแดง ค่า a\* เป็นลบ (-) คือสีเขียว และค่า b\* โดยถ้าค่า b\* เป็นบวก (+) คือสีเหลือง ค่า b\* เป็นลบ (-) คือสีน้ำเงิน โดยใช้เครื่องวัดสี Color Flex และค่า Hue angle คือ โทนสีที่จำแนกสีแดง เหลือง และน้ำเงินดังนี้

$$\text{Hue angle (H o)} = (\tan^{-1} b/a) \text{ เมื่อค่า } a > 0 \text{ และ } b \geq 0$$

$$\text{Hue angle (H o)} = 180 + (\tan^{-1} b/a) \text{ เมื่อค่า } a < 0$$

$$\text{Hue angle (H o)} = 360 + (\tan^{-1} b/a) \text{ เมื่อค่า } a > 0 \text{ และ } b < 0$$

3. การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก โดยชั่งผลหม่อนด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก และบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตลอดอายุการเก็บรักษา จากนั้นจึงนำค่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่ได้มาหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนการทดลอง} - \text{น้ำหนักหลังการทดลอง})}{\text{น้ำหนักก่อนการทดลอง}} \times 100$$

4. ความแน่นเนื้อ ทำการบันทึกผลของค่าความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อ Penetrometer ใช้หัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อกดลงไปบริเวณผลหม่อนลึก 0.5 เซนติเมตร บันทึกผล โดยมีหน่วยเป็นนิวตัน

5. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยใช้ Hand Refractometer ด้วยการนำตัวอย่างของผลหม่อนมาคั้นน้ำ จากนั้นนำน้ำคั้นของผลหม่อนหยดลงบน Hand Refractometer จำนวน 1 หยด อ่านค่าที่ได้ โดยมีหน่วยเป็นองศาบริกซ์

6. การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ตัดแปลงจากวิธีการของ Murakami (2004) ดังนี้

- เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ วิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ในตัวอย่างมัลเบอร์รี่ดังนี้

เตรียมสารสกัดจากตัวอย่างมัลเบอร์รี่มา 3 กรัม ตวงใส่บีกเกอร์ เดิมแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 30 มิลลิลิตร บดละเอียด จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปบ่มโดยใส่ในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิของสารสกัดเท่ากับ  $45 \pm 2$  องศาเซลเซียส นาน 1

ชั่วโมง พร้อมกับคนตัวอย่างทุก 20 นาที แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman #1 จากนั้นปรับปริมาตรด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ให้ได้ปริมาตร 30 มิลลิลิตร

เตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลาย DPPH จากความเข้มข้นเริ่มต้น 0.8 มิลลิโมลาร์ โดยทำการเจือจางให้มีความเข้มข้นตั้งแต่ 0.01 ถึง 0.08 มิลลิโมลาร์ ด้วยการเติมแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรในแต่ละหลอดให้เป็น 6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลาย DPPH (มิลลิโมลาร์)

เปิดสารสกัดตัวอย่างของผลหม่อนมาทำการเจือจางด้วยแอลกอฮอล์ต่างๆ 7 ระดับ ตั้งแต่ 0.025-0.175 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 5.4 มิลลิลิตร ด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ลงไปผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที และเตรียมปฏิกิริยาควบคุม (control) โดยใช้แอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ แทนตัวอย่างสารสกัด นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH} = \left[ 1 - \left[ \frac{[\text{DPPH}]_T}{[\text{DPPH}]_{T=0}} \right] \right] \times 100$$

โดยที่  $[\text{DPPH}]_T$  = ความเข้มข้นของสารละลาย DPPH ของตัวอย่างสารสกัด

$[\text{DPPH}]_{T=0}$  = ความเข้มข้นของสารละลาย DPPH ของปฏิกิริยาควบคุม (control)

#### 7. ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (TA)

โดยการนำน้ำคั้นของผลหม่อนปริมาณ 1 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนครบ 20 มิลลิลิตร แล้วหยดฟีนอล์ฟทาเลิน (Phenolphthalein) ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ลงไป 2 หยด แล้วนำมาไตเตรตด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ที่เตรียมใส่บิวเรตขนาด 25 มิลลิลิตรไว้ หยดโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) ลงในน้ำคั้น สังเกตคูสีของน้ำคั้นที่เปลี่ยนไปเป็นสีชมพูอ่อนๆ แล้วทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาที จนสีของน้ำคั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง จากนั้นนำผลที่ได้มาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(\text{N base} \times \text{ml base} \times \text{meq.wt.})}{\text{ml ของน้ำคั้น}} \times 100$$

N base = normality ของ NaOH (0.1 นอร์มอล)

ml base = ปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการไตเตรต

meq.wt. ของ citric acid = 0.064

ml ของน้ำคั้น = ปริมาตรของน้ำคั้นที่ใช้ในการไตเตรต

8. ปริมาณสารแอนโทไซยานินด้วยวิธี UV Spectrophotometer คัดแปลงจากวิธีการของ Ranganna (1986) ดังนี้

ซึ่งตัวอย่างผลหม่อน 1 กรัม เติมสารละลายเอทานอลิก (เอทานอล 95% : ไฮโดรคลอริก 1% อัตราส่วน 98:2) โดยใช้ตัวอย่างพืช 1 กรัม/ตัวทำละลาย 20 มิลลิลิตร ทำการสกัดที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองด้วยผ้าขาวบางใส่ขวดรูปชมพู่ ปรับปริมาตรให้ครบ 20 มิลลิลิตรด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร ใช้สารสกัดข้างต้นเป็นตัวเปรียบเทียบ คำนวณปริมาณแอนโทไซยานิน

$$\begin{aligned} \text{ค่าการดูดกลืนแสงรวม} &= \frac{A_{535} \times \text{ปริมาตรสุดท้าย} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างพืช (กรัม)}} \\ \text{ปริมาณแอนโทไซยานินรวม} &= \text{ค่าการดูดกลืนแสงรวม} / 98.2 \\ \text{รายงานค่าที่ได้ในหน่วย} & \text{มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด} \end{aligned}$$

9. อายุการเก็บรักษาผลผลิต เมื่อผลแสดงลักษณะการเสื่อมสภาพมากกว่า 30% เป็นวันสิ้นสุดการเก็บรักษาโดยดูจากลักษณะภายนอกซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ความแน่นเนื้อผล และไม่มีการเจริญของจุลินทรีย์ภายในบรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บรักษา

### 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองที่ 1 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test

การทดลองที่ 2 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

### 3.6 สถานที่ดำเนินงาน

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช พืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

### 3.7 ระยะเวลาดำเนินงาน

ระยะการดำเนินงาน เริ่มตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2559 – 30 กันยายน 2560



## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลหม่อนรับประทานสด

#### จำนวนใบและพื้นที่ใบ

ต้นหม่อนที่ได้รับการตัดแต่งกิ่งและฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีจำนวนใบเพิ่มขึ้นตลอดการเจริญเติบโต โดยต้นหม่อนที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 56.80 ใบ (จาก 335.88 เป็น 392.68) และ 168.67 ใบ (จาก 392.68 เป็น 561.35) ในวันที่ 37 และ 62 วันหลังการตัดแต่งกิ่ง เช่นเดียวกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 62.95 ใบ (จาก 412.29 เป็น 475.24) และ 181.68 ใบ (จาก 475.24 เป็น 656.92) และต้นหม่อนที่ได้รับ 2 เปอร์เซ็นต์แคลเซียมคลอไรด์ในวันที่ 26 และ 37 หลังการตัดแต่งกิ่ง แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติในวันที่ 62 หลังการตัดแต่งกิ่ง (ภาพที่ 2A)

ขนาดพื้นที่ใบของต้นหม่อนที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตหลังได้รับการตัดแต่งกิ่ง โดยหลังการตัดแต่งกิ่ง 26 วันมีพื้นที่ใบเท่ากับ 63.6 ตารางเซนติเมตร และเพิ่มขึ้นเป็น 71.08 ตารางเซนติเมตรในวันที่ 62 หลังการตัดแต่งกิ่ง ในขณะที่ต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ มีพื้นที่ใบลดลงจาก 71.95 เป็น 60.99 ตารางเซนติเมตร และพบความแตกต่างทางสถิติระหว่างหม่อนที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นและหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 2B)

#### จำนวนกิ่ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกิ่งและความยาวกิ่ง

ต้นหม่อนหลังได้รับการตัดแต่งกิ่งและฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 26 วัน พบความแตกต่างทางสถิติของจำนวนกิ่งระหว่างต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นและต้นหม่อนที่ได้รับ 2 เปอร์เซ็นต์แคลเซียมคลอไรด์ โดยมีจำนวน 32.37 กิ่งในต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นและ 40.18 กิ่งในต้นหม่อนที่ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียม (ภาพที่ 3A)

ต้นหม่อนหลังได้รับการตัดแต่งกิ่งมีขนาดกิ่งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างผลหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นและไม่ได้รับการฉีดพ่นสาร  $\text{CaCl}_2$  โดยมีขนาดของกิ่งเพิ่มขึ้นจาก 4.61-4.80 มิลลิเมตร หลังจากตัดแต่งกิ่ง 26 วัน เป็น 6.04-6.07 มิลลิเมตร ในวันที่ 62 ของการตัดแต่งกิ่ง

ความยาวกิ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการเจริญเติบโตหลังได้รับการตัดแต่งกิ่ง ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นและต้นหม่อนที่ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (ภาพที่ 3A,B) โดยต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นมีความกิ่งเพิ่มขึ้นจาก 40.15 เป็น 48.37 เซนติเมตร และต้นหม่อนที่ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีความยาวกิ่งเพิ่มขึ้นจาก 39.32 เป็น 51.34 เซนติเมตร ในช่วงวันที่ 26 ถึง 62 วัน หลังตัดแต่งกิ่ง

#### จำนวนผล ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวผล

ต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นและฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีจำนวนผลเฉลี่ยต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นมีจำนวนผลเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 188.75 ผล และต้นหม่อนที่ฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีจำนวนผลเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 209.31 ผล (ภาพที่ 3 A)

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของผลหม่อนมีค่าใกล้เคียงกันทั้งต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นและฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังได้รับการตัดแต่งกิ่ง ในต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้นจาก 6.29 เป็น 8.72 มิลลิเมตรและความยาวผลเท่ากับ 16.69 และ 21.44 มิลลิเมตร ใน 26 และ 37 วันหลังการตัดแต่งกิ่ง เช่นเดียวกันกับต้นหม่อนที่ฉีดพ่นด้วย 2 เปอร์เซ็นต์แคลเซียมคลอไรด์ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 6.34 และ 8.51 มิลลิเมตร และความยาวผลเท่ากับ 16.22 และ 21.67 มิลลิเมตรหลังตัดแต่งกิ่ง 26 และ 37 วัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นและต้นหม่อนที่ฉีดพ่น (ภาพที่ 4B,C)

#### การเปลี่ยนแปลงค่าสีผลก่อนการเก็บเกี่ยว

ค่าความสว่างของผลหม่อน ในชุดควบคุมและชุดที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีแนวโน้มลดลง โดยในชุดควบคุมมีค่าความสว่างเฉลี่ยเท่ากับ 73.90 ต่อมาเมื่อค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนมีค่าเท่ากับ 25.17 ในวันที่ 46 หลังการตัดแต่งกิ่ง ขณะที่ผลหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  มีค่า  $L^*$  ต่ำกว่าผลหม่อนในชุดควบคุม 26 วันหลังการฉีดพ่นมีค่าความสว่างเท่ากับ 58.90 และมีแนวโน้มเดียวกันกับผลหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เนื่องจากมีค่าความสว่างลดลงเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 46 หลังการฉีดพ่นผลหม่อนทั้ง 2 ชุดมีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างใกล้เคียงกัน โดยผลหม่อนชุดควบคุมอยู่ที่ 25.17 และในชุดที่ได้รับการฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์มีค่าเท่ากับ 28.57 ซึ่งไม่พบความกั้นทางสถิติระหว่างผลหม่อนชุดควบคุมและชุดที่ได้รับการฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ (ภาพที่ 5A)

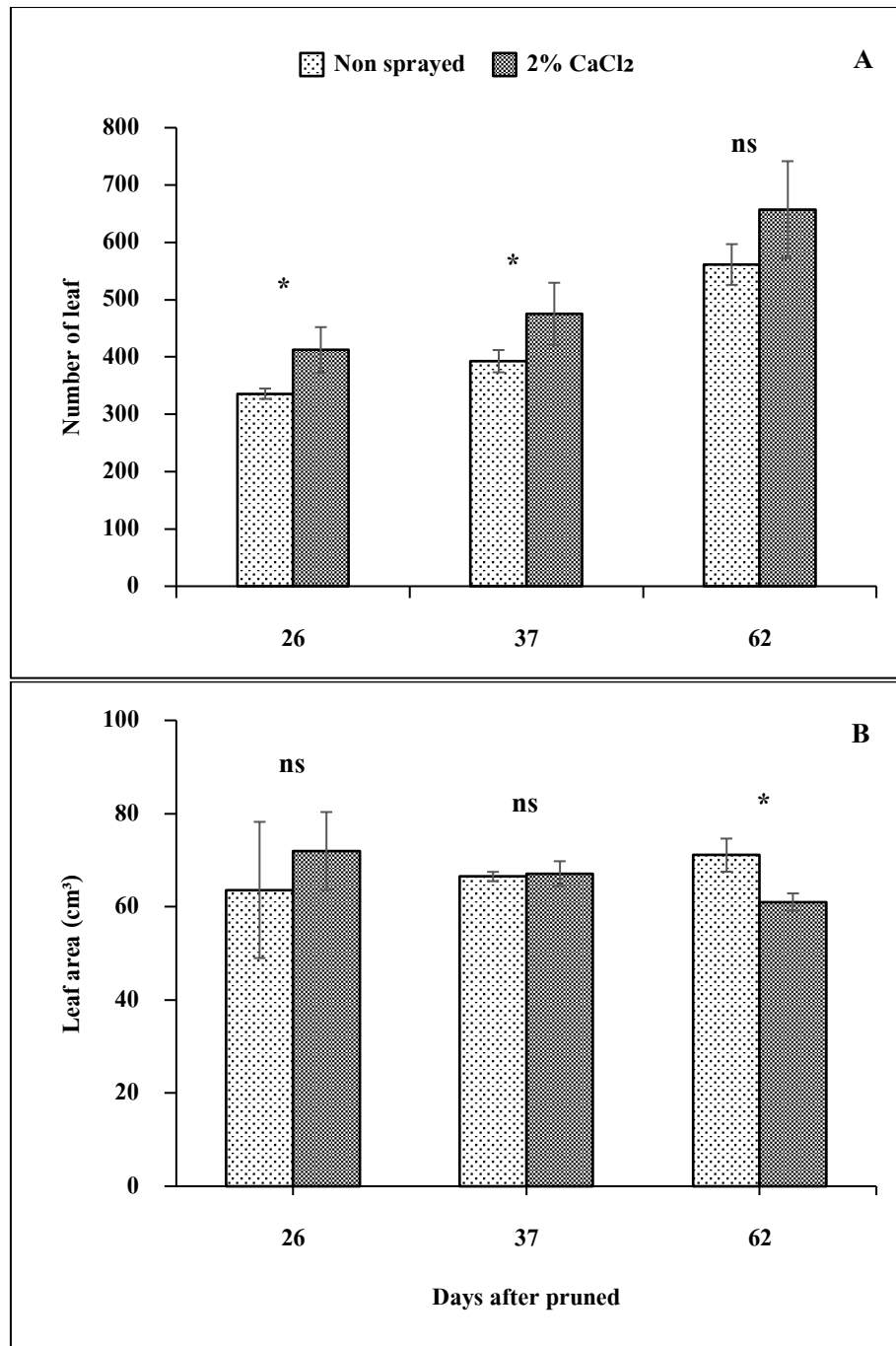
ค่า  $a^*$  ของผลหม่อนจากชุดควบคุมและชุดที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นเวลา 26 วันมีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับ -11.42 และ -12.17 ตามลำดับ โดยผลหม่อนชุดควบคุมมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า  $a^*$  ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 34-38 และจากนั้นมีค่าคงที่จนกระทั่งวันที่ 42 ก่อนที่จะลดลงในวันที่ 46 หลังการตัดแต่งกิ่ง โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 28.95 ขณะที่ผลหม่อนในชุดที่

ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า  $a^*$  คล้ายกับผลหม่อนในชุดควบคุม แต่มีการพัฒนาสีแดงของผลสูงสุดเร็วกว่า สูงสุดในวันที่ 38 หลังการตัดแต่งกิ่งและลดลงในวันที่ 46 หลังการตัดแต่งกิ่ง (ภาพที่ 5B)

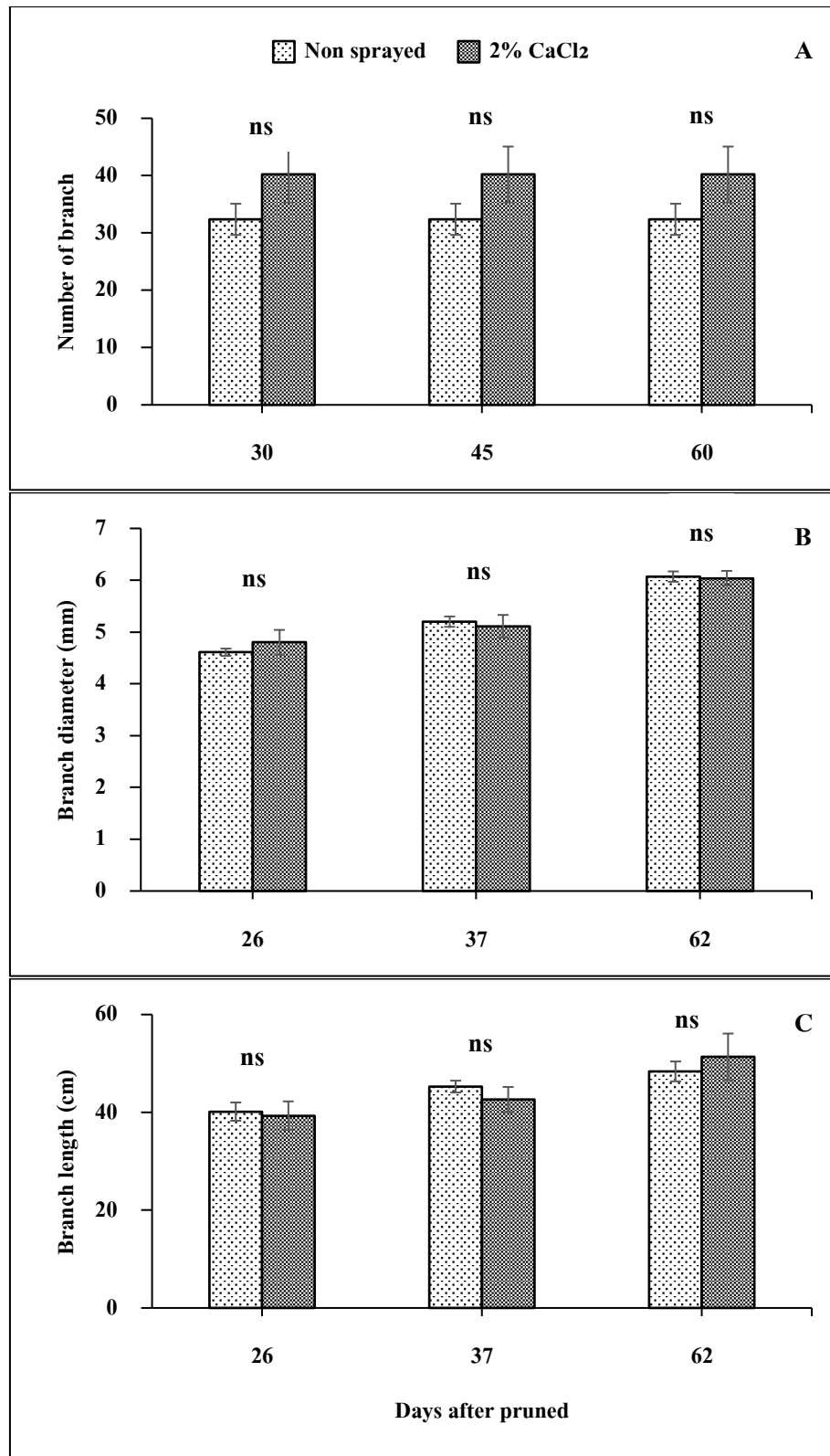
การเปลี่ยนแปลงค่า  $b^*$  ของผลหม่อนในชุดควบคุมและชุดที่ฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงวันที่ 26-34 วันหลังการตัดแต่งกิ่ง โดยมีค่าลดลงจาก 47.27 เป็น 29.87 จากนั้นพบว่าค่า  $b^*$  ในชุดที่ฉีดพ่นด้วย  $\text{CaCl}_2$  มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องและต่ำสุดในวันที่ 46 หลังการตัดแต่งกิ่ง โดยมีค่าเท่ากับ 8.67 ส่วนค่า  $b^*$  ในชุดควบคุมพบว่ามีค่าคงที่ในช่วงวันที่ 34-42 หลังการตัดแต่งกิ่ง โดยมีค่าเท่ากับ 32.82 และลดลงเป็น 15.02 ในวันที่ 46 หลังการตัดแต่งกิ่ง (ภาพที่ 5C)

#### การเปลี่ยนแปลงสีของผลหม่อนตามค่ามุม Hue angle

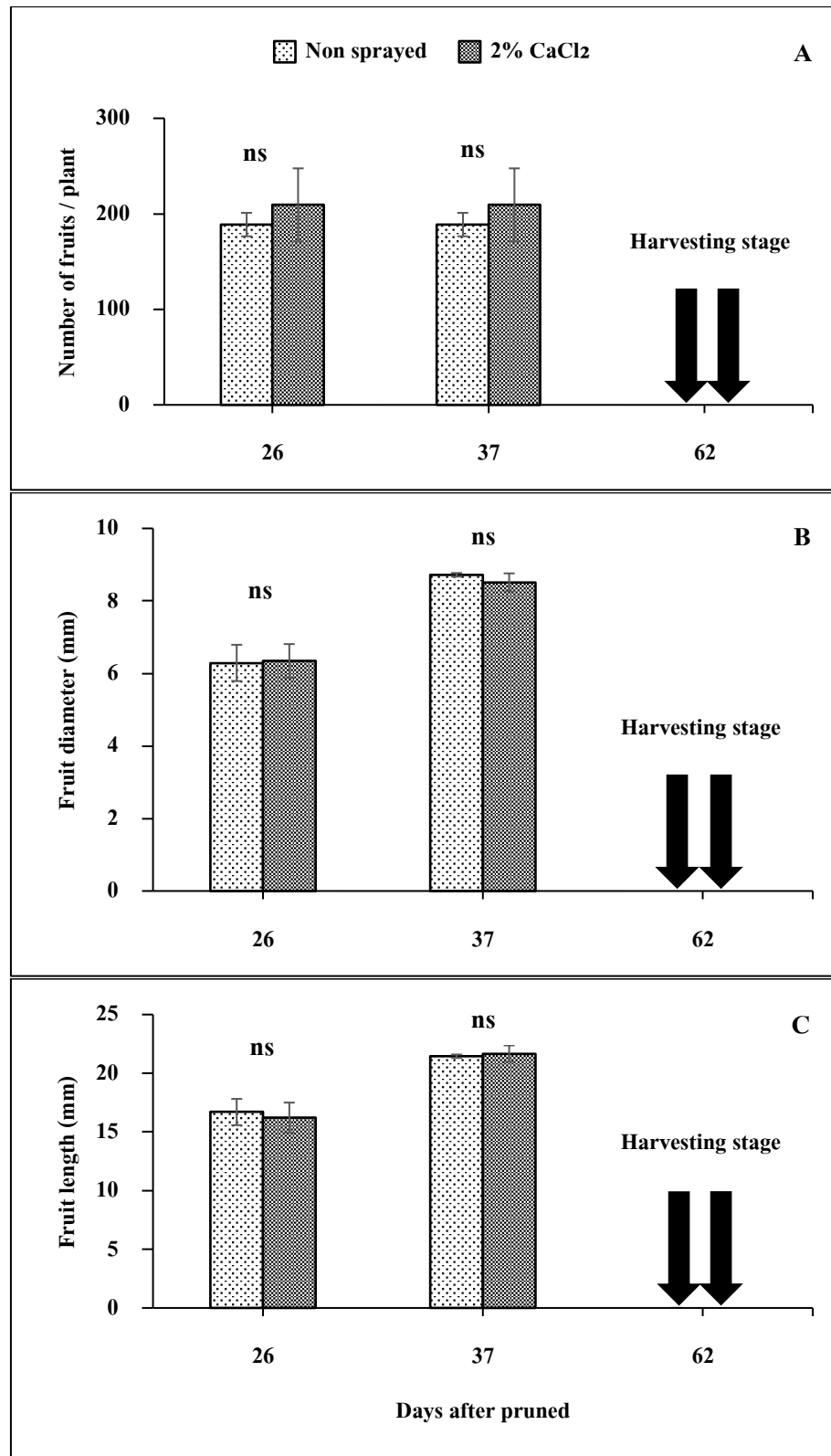
การพัฒนาสีแดงของผลหม่อนในชุดควบคุมและชุดที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่าลดลงในช่วงวันที่ 26-34 วันหลังการตัดแต่งกิ่ง โดยชุดควบคุมมีค่าลดลงจาก 10.03 เป็น -1.41 และชุดที่ฉีดพ่นมีค่าลดลงจาก 9.01 เป็น -1.63 จากนั้นผลหม่อนทั้งสองชุดมีการพัฒนาสีแดงค่อนข้างคงที่จนกระทั่งในวันที่ 46 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.80 (ภาพที่ 6)



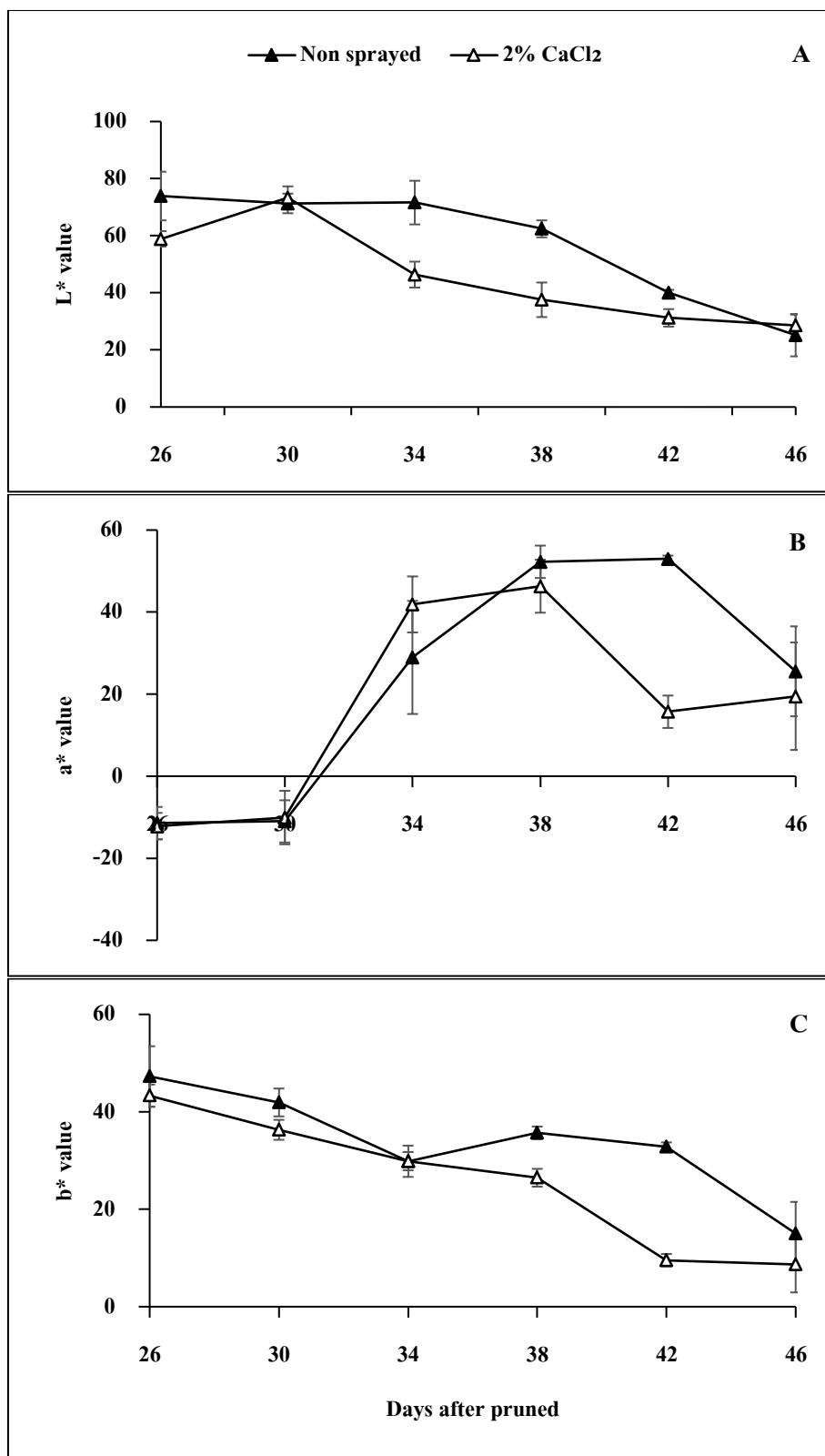
ภาพที่ 2 จำนวนใบ (A) พื้นที่ใบ (B) ของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน



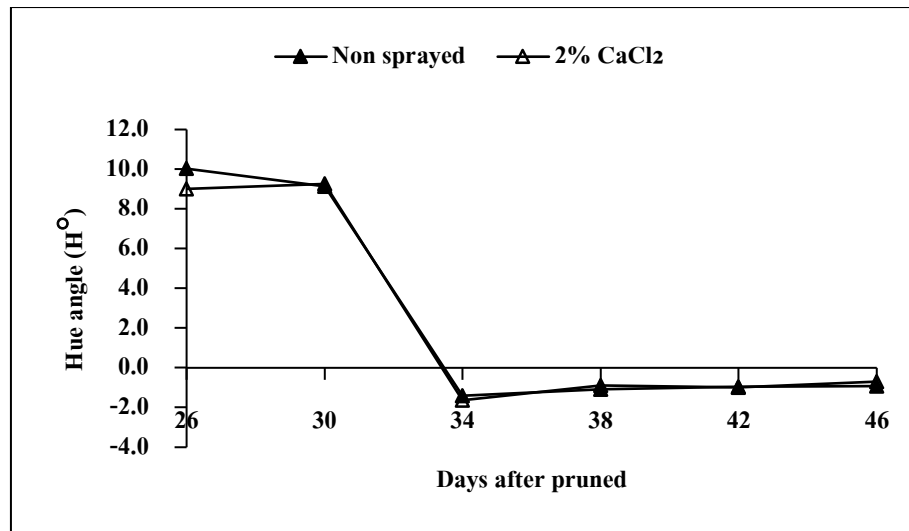
ภาพที่ 3 จำนวนกิ่ง (A) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผล (B) ความยาวผล (C) ของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน



ภาพที่ 4 จำนวนผล (A) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผล (B) ความยาวผล (C) ของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L\* (A) a\* (B) และ b\* (C) ของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 26, 30, 34, 38, 42, และ 46 วัน



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงโทนสีของผลหม่อนชุดควบคุมและชุดที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์

## ผลการทดลองที่ 2 ศึกษาผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพในการรับประทานและอายุการเก็บรักษาผลหม่อนรับประทานสด

### การสูญเสียน้ำหนักสด

ผลหม่อนสดมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษา โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งชุดที่ฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก็บรักษาสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าชุดอื่นๆ โดยมีความเท่ากับ 0.6 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ชุดการทดลองอื่นๆ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักอยู่ในช่วง 1.2-1.6 เปอร์เซ็นต์ ในชุดควบคุม พบว่ามีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการเก็บรักษา โดยมีความเท่ากับ 1.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ขณะที่การฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลมีค่าน้อยกว่าชุดอื่นๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีความเท่ากับ 0.3 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 7A)

### การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อของผลหม่อนในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงช้าๆ อย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษา ผลหม่อนในชุดควบคุมมีค่าลดลงต่ำสุดเท่ากับ 5.12 นิวตัน ในวันที่ 18 ของการเก็บรักษา ขณะที่ผลหม่อนชุดที่ฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลมีความแน่นเนื้อมากกว่าชุดทดลองอื่นๆ โดยมีความเท่ากับ 9.26 นิวตัน ในวันที่ 24 ของการเก็บรักษาและพบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างผลหม่อนในชุดควบคุมและผลหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 7B)

### ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้และสัดส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรตได้

ในระหว่างการเก็บรักษา ค่า TSS ของผลหม่อนในทุกชุดการทดลองมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีความเฉลี่ยเท่ากับ 7 องศาบริกซ์ ผลหม่อนที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บรักษามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงจาก 8.30 เป็น 6.20 องศาบริกซ์ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 7.40 องศาบริกซ์ ในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างในทุกชุดการทดลอง (ภาพที่ 8A)

ผลหม่อนชุดควบคุมมีปริมาณกรดที่ไตเตรตได้มีแนวโน้มลดลงในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษา โดยมีความเท่ากับ 0.7 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 0.83 ในวันที่ 12 และลดลงในช่วงวันที่ 18-24 ของการเก็บรักษา ขณะที่ผลหม่อนในชุดทดลองอื่นๆ มีปริมาณกรดที่ไตเตรตได้เพิ่มขึ้นและ

ลดลงไม่คงที่ โดยเพิ่มขึ้นในช่วง 6 วันแรก และมีค่าลดลงในวันที่ 12 จากนั้นเพิ่มขึ้นในวันที่ 18 และมีค่าลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 0.78 เปอร์เซ็นต์ ใน วันสุดท้ายของการเก็บรักษาและมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 8B)

ค่า TSS/TA ของผลหม่อนชุดควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 6 วันแรกของการเก็บ โดยมียค่าเท่ากับ 9.93 จากนั้นมีค่าค่อนข้างคงที่กระทั่งถึงวันที่ 24 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 10.47 ขณะที่ผลหม่อนในชุดอื่นๆ มีแนวโน้มค่า TSS/TA ลดลงในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษาและมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างคงที่และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.5 ในวันที่ 24 ของการเก็บรักษาซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกชุดการทดลอง (ภาพที่ 9)

#### การเปลี่ยนแปลงค่าสีผล

ค่า L\* ของผลหม่อนในทุกชุดการทดลองมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยผลหม่อนในชุดควบคุมมีค่า L\* ลดลงต่ำที่สุดเท่ากับ 15.04 ใน วันสุดท้ายของการเก็บรักษา ในวันที่ 24 ของการเก็บรักษาผลหม่อนชุดที่ได้รับการฉีดพ่นก่อนการเก็บเกี่ยวและแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บรักษามีค่า L\* สูงที่สุดเท่ากับ 19.22 เมื่อเทียบกับชุดทดลองอื่นๆ และพบความแตกต่างทางสถิติระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 10A)

การเปลี่ยนแปลงค่า a\* ผลหม่อนทุกชุดทดลองมีค่าลดลงในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษา จากนั้นมีการเปลี่ยนแปลงของค่า a\* ค่อนข้างคงที่ในทุกชุดการทดลอง ใน วันสุดท้ายของการเก็บรักษาผลหม่อนในชุดควบคุมมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 10.63 และผลหม่อนชุดที่ได้รับการฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บรักษามีค่า a\* สูงที่สุดเท่ากับ 17.32 ซึ่งพบความแตกต่างทางสถิติระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 10B)

การเปลี่ยนแปลงค่า b\* มีแนวโน้มลดลงตลอดการเก็บรักษา โดยมีค่าลดลงในช่วงวันที่ 12 จากนั้นมีค่าค่อนข้างคงที่จากวันที่ 12 กระทั่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ผลหม่อนในชุดควบคุมมีการลดลงของค่า b\* ต่ำกว่าผลหม่อนในชุดทดลองอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 5.87 และผลหม่อนชุดที่ฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บรักษามีค่า b\* สูงที่สุดเท่ากับ 10.24 ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 10C)

#### การเปลี่ยนแปลงสีของผลหม่อนตามค่ามุม Hue angle

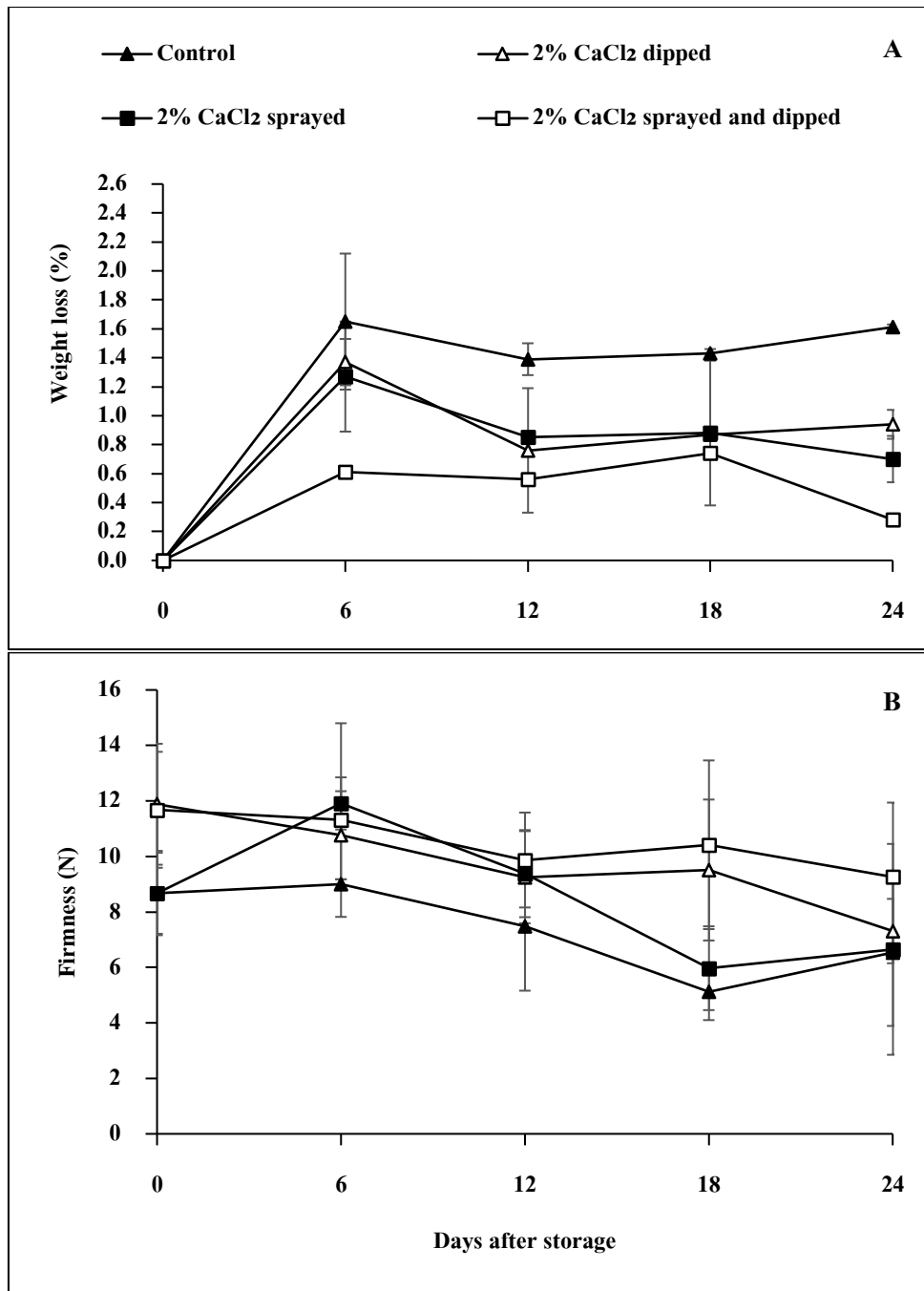
ผลหม่อนในทุกชุดทดลองมีค่าค่อนข้างคงที่จากวันแรกจนถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -1.12 จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก -1.12 เป็น -0.75 ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา และมีค่าลดลงในวันที่ 24 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.90 (ภาพที่ 11)

### ปริมาณสารแอนโทไซยานิน

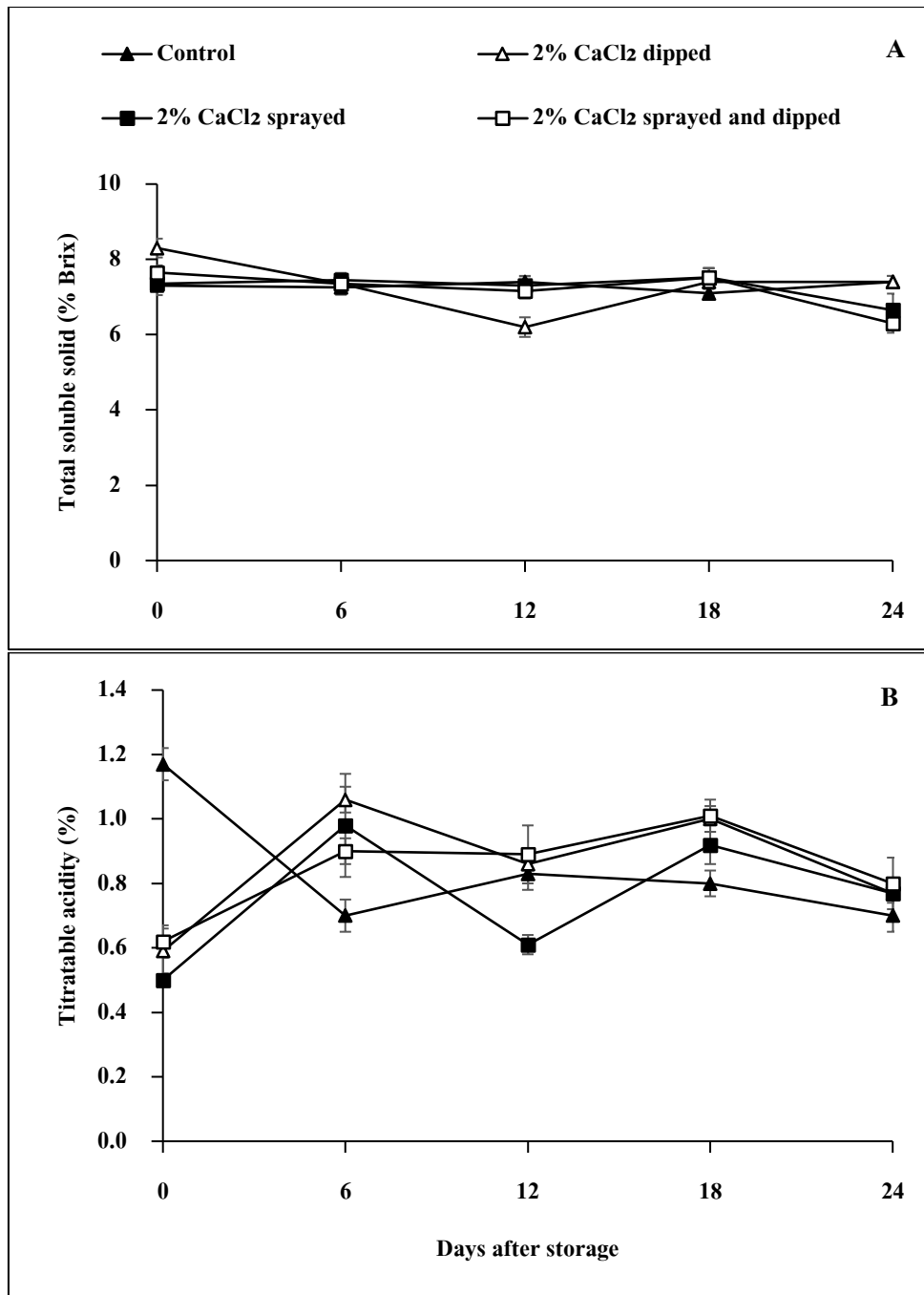
ผลหม่อนชุดควบคุมมีปริมาณสารแอนโทไซยานินเริ่มต้นสูงกว่าผลหม่อนในชุดทดลองอื่นๆ โดยมีปริมาณแอนโทไซยานินลดลงในช่วง 6 วันแรกจาก 5,402 เป็น 1,593 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด จากนั้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 12-24 วันของการเก็บรักษา จาก 1,772 เป็น 2,663 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีความมากกว่าผลหม่อนในชุดทดลองอื่นๆ ขณะที่ผลหม่อนชุดที่ได้รับการฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีปริมาณสารแอนโทไซยานินเริ่มต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 2,520 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด มีปริมาณสารแอนโทไซยานินลดลงในช่วง 12 วันแรกของการเก็บรักษา โดยลดลงจาก 2,520 เป็น 254.25 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด จากนั้นมีค่าค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 24 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 91.25 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดและมีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกชุดการทดลอง (ภาพที่ 12A)

### กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ

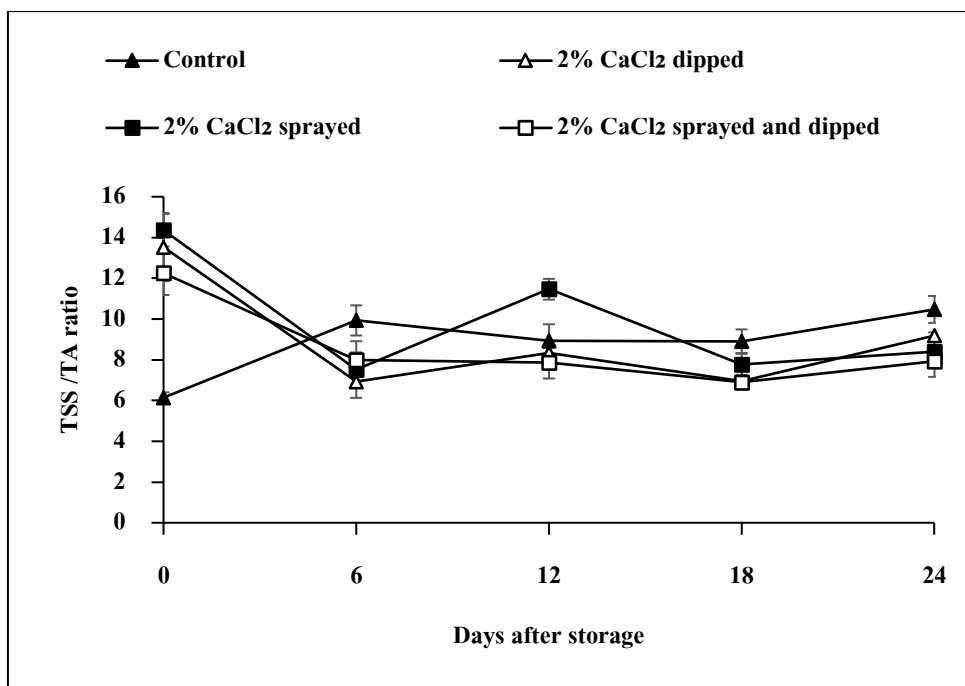
กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของผลหม่อนในชุดควบคุมมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงเพียงเล็กน้อย โดยมีกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระกว่าผลหม่อนในชุดทดลองอื่นๆ โดยมีค่าลดลงจาก 62.16 เป็น 59.95 เปอร์เซ็นต์ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ผลหม่อนชุดที่ฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 12 เท่ากับ 79.56 เปอร์เซ็นต์และลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเท่ากับ 63.66 เปอร์เซ็นต์ ผลหม่อนชุดที่ทำการแช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดทดลองอื่นๆ เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาเท่ากับ 76.76 เปอร์เซ็นต์ และพบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างผลหม่อนชุดควบคุมและชุดทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 12B)



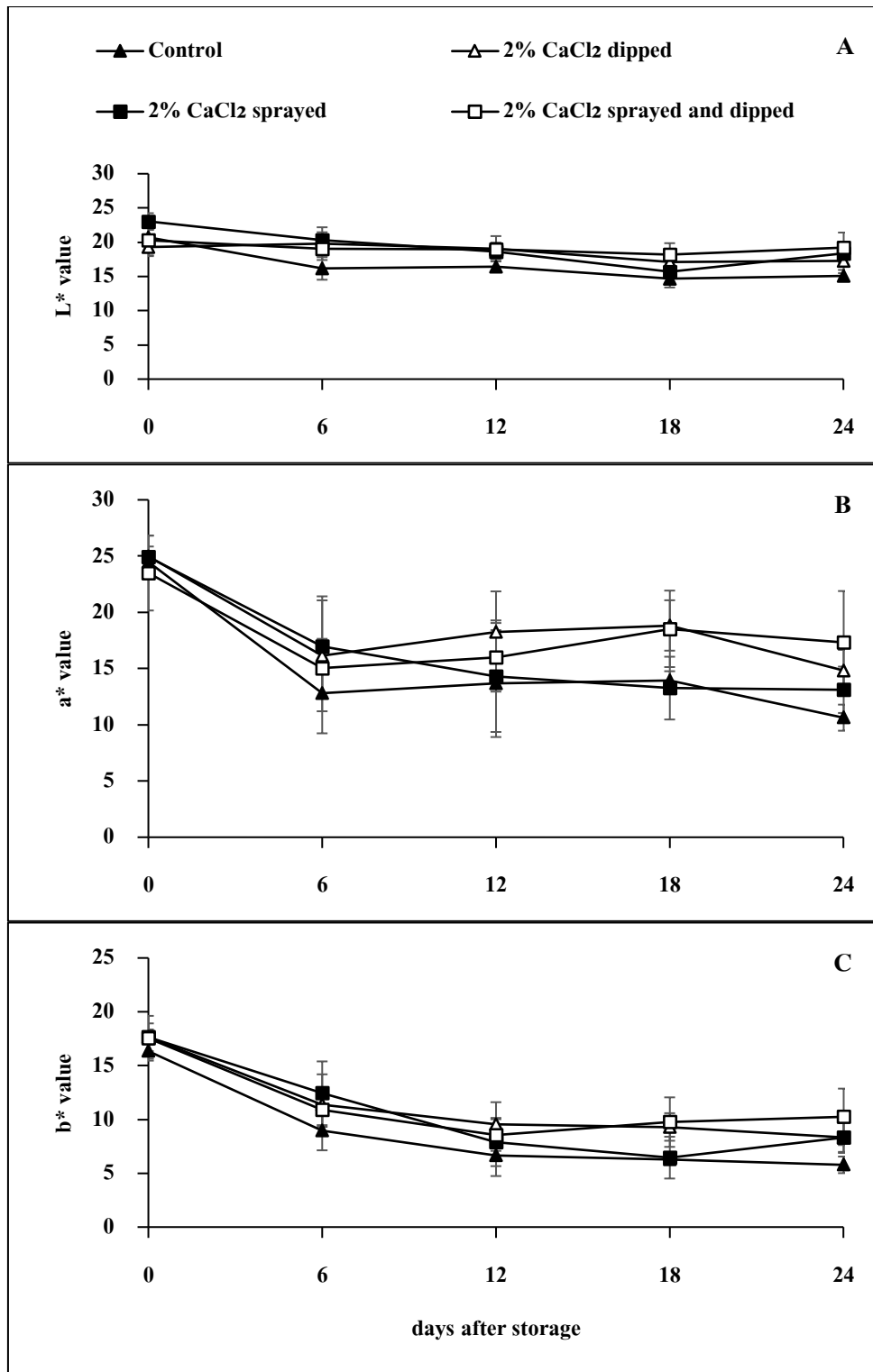
ภาพที่ 7 การสูญเสียน้ำหนักสด (A) ความแน่นเนื้อผล (B) ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย CaCl<sub>2</sub> หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C นาน 24 วัน



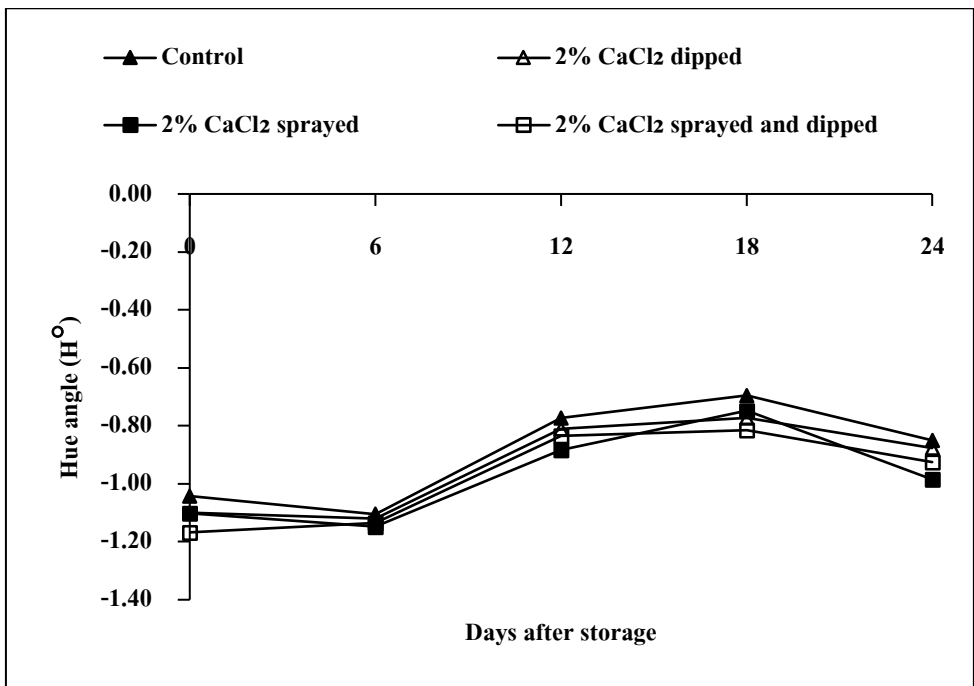
ภาพที่ 8 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (A) ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (B) ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย CaCl<sub>2</sub> หรือนิดฟนก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและนิดฟนร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C นาน 24 วัน



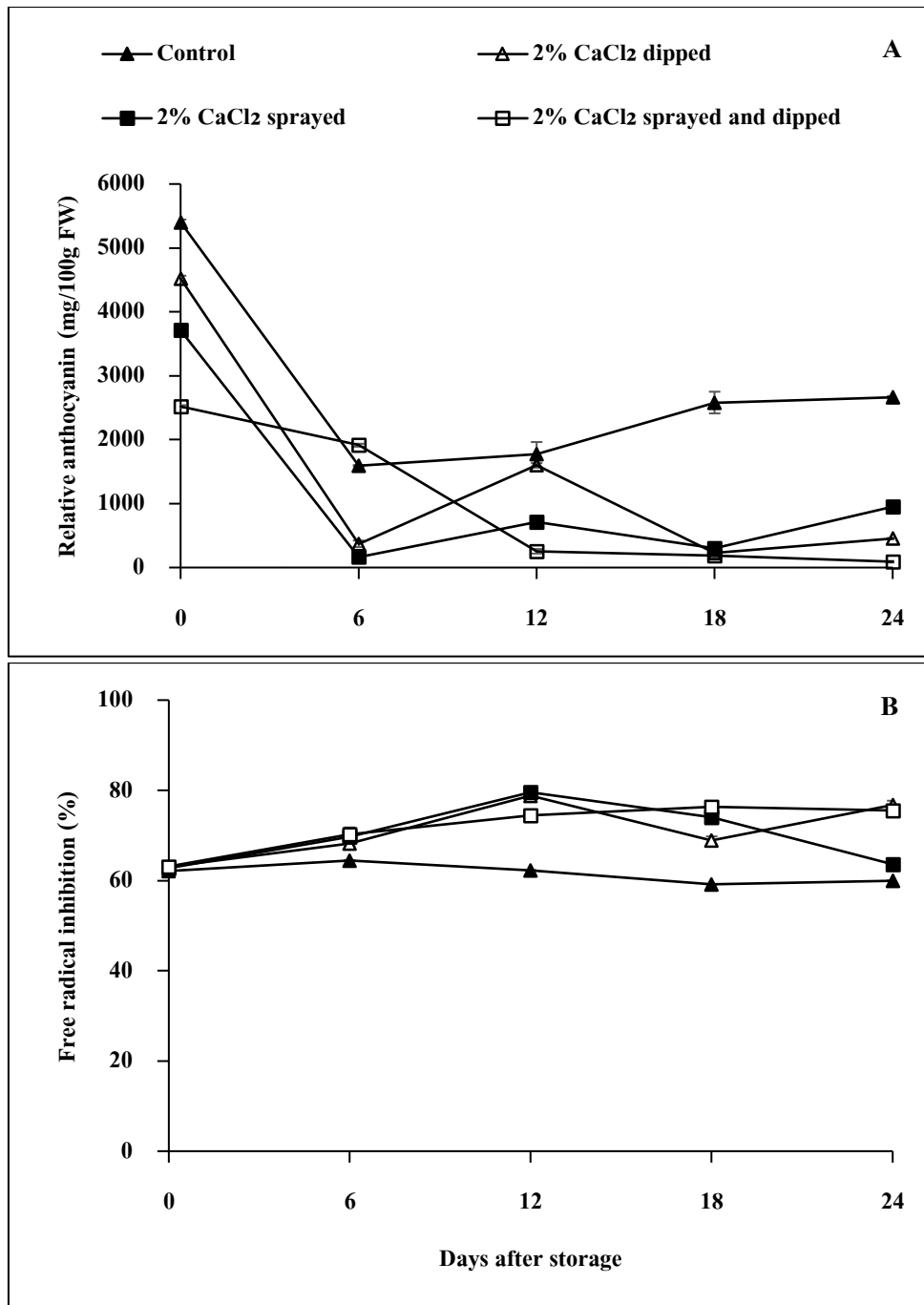
ภาพที่ 9 สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ของผลหมอนที่ไม่ได้รับสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  หรือนิดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหมอนก่อนเก็บรักษาและนิดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $5^\circ\text{C}$  นาน 24 วัน



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L\* (A) a\* (B) และ b\* (C) ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย CaCl<sub>2</sub> หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C นาน 24 วัน



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงโทนสีของผลหม่อนชุดควบคุมและ ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย CaCl<sub>2</sub> หรือน้ำดื่มน้ำก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C นาน 24 วัน



ภาพที่ 12 ปริมาณสารแอนโทไซยานิน (A) กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ (B) ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย CaCl<sub>2</sub> หรือนิยดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและนิยดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C นาน 24 วัน

**Control****2% CaCl<sub>2</sub> dipped****2% CaCl<sub>2</sub> sprayed****2% CaCl<sub>2</sub> sprayed and dipped**

ภาพที่ 13 ลักษณะของผลหม่อนก่อนการเก็บรักษาในชุดควบคุมและชุดที่ได้รับสารละลาย CaCl<sub>2</sub> ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ก่อนและหลังเก็บเกี่ยว

**Control****2% CaCl<sub>2</sub> dipped****2% CaCl<sub>2</sub> sprayed****2% CaCl<sub>2</sub> sprayed and dipped**

ภาพที่ 14 ลักษณะของผลหม่อนชุดควบคุมและได้รับสารละลาย CaCl<sub>2</sub> ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ก่อน และหลังเก็บ  
เกี่ยวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 วัน

**Control****2% CaCl<sub>2</sub> dipped****2% CaCl<sub>2</sub> sprayed****2% CaCl<sub>2</sub> sprayed and dipped**

ภาพที่ 15 ลักษณะของผลหม่อนชุดควบคุมและได้รับสารละลาย CaCl<sub>2</sub> ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ก่อนและหลังเก็บ  
เกี่ยวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 วัน

**Control****2% CaCl<sub>2</sub> dipped****2% CaCl<sub>2</sub> sprayed****2% CaCl<sub>2</sub> sprayed and dipped**

ภาพที่ 16 ลักษณะของผลหม่อนชุดควบคุมและได้รับสารละลาย CaCl<sub>2</sub> ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ก่อนและหลังเก็บ  
เกี่ยวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 วัน

**Control****2% CaCl<sub>2</sub> dipped****2% CaCl<sub>2</sub> sprayed****2% CaCl<sub>2</sub> sprayed and dipped**

ภาพที่ 17 ลักษณะของผลหม่อนชุดควบคุมและได้รับสารละลาย CaCl<sub>2</sub> ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ก่อนและหลังเก็บ  
เกี่ยวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 วัน



## บทที่ 5

### วิจารณ์ผลการทดลอง

#### 5.1 การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลหม่อน

การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ให้กับช่อผลหม่อน ตั้งแต่ผลมีขนาด 0.5 เซนติเมตร พบว่าไม่มีผลต่อการเจริญของกิ่ง ใบและขนาดผล อาจเป็นผลจากการที่ต้นหม่อนไม่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ทั่วทั้งต้น ซึ่งในการทดลองนี้เน้นการฉีดพ่นที่บริเวณช่อผล ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงสีของผลหม่อนการเก็บเกี่ยว พบว่าผลหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีการพัฒนาสีผลจากสีเขียวเป็นสีชมพูแดงช้ากว่าผลหม่อนที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ จากรายงานของ เจนจิรา ชุมภูคำ และคณะ (2558) พบว่าการพัฒนาสีผลเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพูแดงใน 4 สัปดาห์ และเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้มขึ้นเรื่อยๆ ในสัปดาห์ที่ 5 และ 6 และสามารถเก็บเกี่ยวได้ในสัปดาห์ที่ 8 หลังแทงช่อดอก (สีผิวผลเปลี่ยนเป็นสีดำ) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ นาดยา และคณะ (2557) ทำการทดลองฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในขม้นชันอายุ 8 เดือนก่อนการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 30 วัน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเหง้าขม้นชัน ขณะที่ผลการวิจัยของ Udomkun *et al.* (2014) ที่ได้ทำการทดลองในมะละกอ พบว่าการให้แคลเซียมคลอไรด์ในมะละกอสดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวของมะละกอหลังการแปรรูปเป็นมะละกอแห้ง และจากรายงานของ Singh *et al.* (1993) พบว่าผลมะม่วงที่มีการใช้แคลเซียมคลอไรด์ฉีดพ่นก่อนการเก็บเกี่ยว พบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงสีเขียวของผิวไม่แตกต่างจากผลที่ไม่ได้ฉีดพ่น

#### 5.2 การฉีดพ่นก่อนการเก็บเกี่ยวและการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลหม่อน

การแช่ผลหม่อนด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาทีก่อนการเก็บรักษา พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด มีค่าความแน่นเนื้อผลมากที่สุด ชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดและการเปลี่ยนแปลงค่าสี  $L^*$   $b^*$  และ  $a^*$  ระหว่างการเก็บรักษา สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Bender (1998) พบว่าการให้แคลเซียมในตรทและแคลเซียมคลอไรด์ 0.6-2.0 เปอร์เซ็นต์ ชะลอการสุกแก่หลังเก็บเกี่ยว ลดการสูญเสียน้ำหนักและลดอัตราการหายใจของผลผลิต จากรายงานผลของการฉีดพ่นแคลเซียมในพริกหวานก่อนการเก็บเกี่ยว พบว่า มีปริมาณเพกตินทั้งหมดเพิ่มขึ้นและรักษาความแน่นเนื้อผล (Peter and Bowen, 1999) ขณะที่การศึกษาผลของการฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยว ในผลลิ้นจี่ พบว่าสามารถลดการสูญเสียทางสรีรวิทยา ชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการสุกและลดเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของผล

ตินิจี (Nitini *et al.*, 2017) และมีรายงานว่า การแช่ผลราสเบอร์รี่ในแคลเซียมคลอไรด์ 1-2 เปอร์เซ็นต์ ช่วยลดการเน่าหลังเก็บเกี่ยวและการอ่อนนุ่มได้ (Montealegre and Valdés, 1993) สำหรับในบลูเบอร์รี่ พบว่าการได้รับแคลเซียมคลอไรด์หลังเก็บเกี่ยวช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านทานความเสียหายทางกายภาพ (Hanson *et al.*, 1993) และ Stuckrath *et al.* (2008) รายงานว่าการใช้แคลเซียมให้กับช่อดอกเริ่มตั้งแต่ 1 เดือนหลังดอกบาน สามารถป้องกันการสูญเสียความแน่นเนื้อผลได้ เนื่องจากแคลเซียมไอออนเพิ่มความเสถียรของผนังเซลล์ด้วยการยึดประสานเพกตินให้มีความแข็งแรง

การใช้แคลเซียมก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อปรับปรุงคุณภาพและลดความผิดปกติ มีรายงานในผลไม้หลายชนิด เช่น สตรอเบอร์รี่ พืช เนคทาตินและแอปเปิ้ล (Dunn and Able, 2006; Hernandez-Munoz *et al.*, 2006) นอกจากนี้ยังมีรายงานในองุ่น พบว่าการฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ 2-3 ครั้งก่อนการเก็บเกี่ยวเพิ่มปริมาณแคลเซียมของผลองุ่นและปรับปรุงความแน่นเนื้อผลสดและความแรงในการทำลายผล (Ciccarese *et al.*, 2013) และการฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์กับผลองุ่นในระยะที่กำลังพัฒนาช่วยปรับปรุงความแน่นเนื้อผล คุณภาพของผลและอายุการเก็บรักษาองุ่นได้ (Marzouk and Kassem, 2011) จากการศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะคุณภาพของแบล็คเบอร์รี่ ราสเบอร์รี่และสตอเบอร์รี่หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิเย็น พบว่าการใช้แคลเซียมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีที่สุดเมื่อให้ผลได้รับแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (Turmanidze *et al.*, 2016) อาจเนื่องมาจากการเพิ่มการกักเก็บน้ำของแคลเซียมแพคเตทไฮโดรเจลและลดอัตราการคายน้ำ (Lester *et al.*, 1999) และยังมีการศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์กับผลแคปซิบเบอร์รี่ (cape gooseberry) พบว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์ลดการสูญเสียน้ำหนัก ค่าความแน่นเนื้อและปริมาณกรดที่ไทเตรตได้ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่แตกต่างกันในพืชอีกหลายชนิด เช่น แอปเปิ้ล มะละกอและอะโวคาโด ผลของการใช้แคลเซียมกับพืชเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการแช่ผลไม้ในแคลเซียมสามารถทำให้ผนังเซลล์มีการสะสมแคลเซียมเพิ่มขึ้น มีการหายใจช้าลง ลดการผลิตเอทิลีนและเพิ่มอายุการเก็บรักษา (Figuerola *et al.*, 2012) ภายหลังจากการเก็บรักษาผลหม่อนทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงสีผล  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  มีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาและไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างผลหม่อนชุดควบคุมกับผลหม่อนที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ สอดคล้องกับรายงานของ Reyes-Medina *et al.* (2017) พบว่าการใช้แคลเซียมไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี แต่การใช้แคลเซียมคลอไรด์ชะลอการสุกและป้องกันการเสื่อมสภาพของผลได้

จากการทดลองภายหลังจากการเก็บรักษาผลหม่อนผ่านไป 24 วัน ผลหม่อนในชุดควบคุมมีปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 12 แต่ในขณะที่ผลหม่อนที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโทไซยานินใกล้เคียงกัน โดยมีแนวโน้มลดลง

ค่อนข้างคงที่ในทุกชุดการทดลองเมื่อเทียบกับชุดควบคุม จากรายงานของ Ganai *et al.* (2015) พบว่าแอปเปิ้ลที่ได้ผ่านการทำให้เย็น (hydrocooling) ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ ) และการเคลือบผิวสามารถรักษาสารแอนโทไซยานินได้สูงที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ โดยเป็นการป้องกันผลกระทบของการย่อยสลายของผลไม้ (Wijewardane and Guleria, 2009) และอาจเป็นไปได้ว่าการลดลงอย่างต่อเนื่องและมีปริมาณแอนโทไซยานินต่ำที่สุดภายหลังการเก็บรักษาในผลหม่อนชุดควบคุม เป็นสาเหตุจากการไม่ได้รับแคลเซียมทำให้เกิดการย่อยสลายของผนังเซลล์ ก่อให้เกิดการสูญเสียปริมาณแอนโทไซยานิน เมื่อเทียบกับผลหม่อนในชุดอื่นๆ ที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโทไซยานินเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้การย่อยสลายของแอนโทไซยานินยังเกี่ยวข้องกับปัจจัยอย่างอื่นอีกด้วย เช่น อุณหภูมิ ค่าพีเอช แสง ออกซิเจนและจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลที่เพิ่มขึ้น (Ávila *et al.* 2009) ภายหลังการเก็บรักษาผลหม่อนที่ได้รับสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  ก่อนการเก็บเกี่ยวและก่อนการเก็บรักษา พบว่าผลหม่อนชุดนี้มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุดเมื่อเทียบกับผลหม่อนในชุดการทดลองอื่นๆ สอดคล้องกับการทดลองของ นราพร พรหมไกรวรรณ และคณะ (2556) ได้ทำการ pre-treatment มันทะเทศสีม่วงด้วย  $\text{CaCl}_2$  พบว่า มันทะเทศสีม่วงมีปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด แต่ผลการทดลองในส่วนของปริมาณสารแอนโทไซยานินในการทดลองนี้ พบว่า ผลหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่น  $\text{CaCl}_2$  ก่อนการเก็บเกี่ยวและแช่ก่อนการเก็บรักษา มีปริมาณสารแอนโทไซยานินค่อนข้างคงที่และสูงกว่าผลหม่อนในชุดทดลองอื่นๆ ตลอดการเก็บรักษา ซึ่งให้ผลตรงกันข้ามกับการทดลองของ อธิชา นะมิกิ และคณะ (2561) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้  $\text{CaCl}_2$  ภายหลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยการเก็บเกี่ยวผลหม่อนในระยะสุกจัด (สีดำทั้งผล) แช่ผลหม่อนในสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด นอกจากนี้การใช้  $\text{CaCl}_2$  ภายหลังการเก็บเกี่ยวที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลทำให้มีปริมาณสารแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากผลหม่อนที่นำมาใช้ทดลองมีระยะที่แตกต่างกัน ในงานทดลองนี้ได้เก็บเกี่ยวผลหม่อนในระยะผลห่าม (สีม่วงแดง) ซึ่งผลยังพัฒนาไม่เต็มที่ เกี่ยวข้องกับรายงานของ พฤกษ์ ชูสังข์ และคณะ (2560) ผลหม่อนมีรูปแบบการหายใจแบบ non climacteric เมื่อเก็บรักษาจะมีการหายใจ การผลิตเอทิลีนสูงขึ้นและผลหม่อนไม่ตอบสนองต่อการได้รับก๊าซเอทิลีนภายนอกต่อการชักนำกระบวนการสุก ขณะที่งานทดลองของ อธิชา นะมิกิ และคณะ (2561) เก็บเกี่ยวผลหม่อนในระยะสุกจัด (สีดำ) มาใช้ในการทดลองซึ่งมีการพัฒนาผลเต็มที่แล้ว ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ สดศรี เนียมเปรม และคณะ (2559) พบว่า เมื่อผลหม่อนมีอายุมากขึ้นจะมีปริมาณสารแอนโทไซยานินและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น โดยการกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารแอนโทไซยานินได้อีกด้วย (Xu *et al.* 2014)

## บทที่ 6

### สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการใช้สารละลายแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมีและศึกษาผลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนและหลังเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพในการรับประทานและอายุการเก็บรักษาของผลหม่อนสรุปได้ว่า

1. ต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์ก่อนการเก็บเกี่ยว ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของ จำนวนใบ ขนาดกิ่ง ความยาวกิ่ง จำนวนผล ความกว้างผล ความยาวผล ภายหลังจากฉีดพ่นพบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงค่าสี  $L^*$  มีแนวโน้มลดลง ขณะที่การเปลี่ยนแปลงค่า  $a^*$  มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

2. ผลหม่อนที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวและก่อนการเก็บรักษา ส่งผลให้ผลหม่อนมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด ค่าความแน่นเนื้อ และมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงที่สุด เมื่อเทียบกับผลหม่อนในชุดทดลองอื่นๆ ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของ TSS แต่มีความแตกต่างกันของ TA และ TSS/TA การเปลี่ยนแปลงค่าสี  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  ปริมาณสารแอนโทไซยานิน และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของผลหม่อนภายหลังจากเก็บรักษา

## บรรณานุกรม

- กิตติพันธ์ สุริยศักดิ์. 2554. **มหัศจรรย์แห่งสมุนไพรหม่อน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เพื่อนคู่ลม. 80 หน้า.
- ไกรยศ แซ่ลิ้ม และกัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ. 2559. **ผลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษา**. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. ปีที่ 3 ฉบับพิเศษ (I): M07/66-73.
- จริงแท้ สิริพานิช และธีรนุต รมโพธิ์ภักดิ์. 2546. **การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 89 หน้า.
- จริงแท้ สิริพานิช. 2548. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- จริงแท้ สิริพานิช. 2549. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า.
- จริงแท้ สิริพานิช. 2550. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพืช**. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 453 หน้า.
- เจนจิรา ชุมภูคำ ชีรวัดน์ จตุอุทัยศรี และอารยา อาจเจริญ เทียนหอม. 2558. **รูปแบบการเจริญเติบโตและการพัฒนาของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60**. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 46(3)(พิเศษ). 457-460.
- ชัยสิทธิ์ ทองจู วีระศรี เมฆตรง บัวบาง ยะอุป โอฟาร ตันฑาวิรุฬห์ วิสิฐ กิจสมพร และวราวิทย์ ยี่สวัสดิ์. 2559. **ผลของการใช้แคลเซียมร่วมกับโบรอนที่มีต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนและปริมาณผลผลิตในพลับพลาพันธุ์ชิวูและพันธุ์ฟูยู**. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. ปีที่ 3 ฉบับพิเศษ (I) : M08/1-10.
- นาดยา มนตรี กนกพร บุญญะอดิชาติ และพรรณนิภา ยั่วยล. 2557. **ผลของการชักนำให้เกิดความเครียดต่อการสะสม สาร curcumin ในขมิ้นชัน**. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ปีงบประมาณ 2557. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง. วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร. ชุมพร.
- นาดยา มนตรี และอัญญา จันทร์ปะทิว. 2561. **ผลของระยะเวลางดน้ำก่อนการเก็บเกี่ยวต่อผลผลิตและคุณภาพของกระชายดำ (*Kaempferia parviflora* Wall. Ex Baker)**. เกณฑ์เกษตร 46 (พิเศษ) 1: 1327-1330.

- นราพร พรหมไกรวรร วิภา สุโรจนะเมธากุล นรินทร์ พูลเพิ่ม และประจเวท สาตมาลี. 2556. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพ ปริมาณแอนโทไซยานิน และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของแป้งมันเทศสีม่วงที่ผ่านการ pre-treatment ที่แตกต่างกัน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51, 5-7 กุมภาพันธ์ 2556. กรุงเทพฯ. 463 หน้า.
- นิธิยา รัตนาปนนท์ และदनัยบุญขเกียรติ. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 5. โอ.เอส.พรีนติ้งเฮาส์ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- เบ็ญจวรรณ จันทรผล ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร พนิตา บุญฤทธิ์ธงไชย อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และเฉลิมชัย วงษ์อารี. 2556. การใช้แคลเซียมคลอไรด์ กรดแอสคอร์บิก และกรดซิตริกในการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับประรดพันธุ์ตราดสีทอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 44 : 3 (พิเศษ) : 37-40.
- ปัฐมาภรณ์ กองเจริญนิธิยา รัตนาปนนท์ และสุจินดา ศรีวัฒนะ. 2555. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42 : 3 (พิเศษ) : 339-342.
- มนตรี แสนสุข. 2559. มัลเบอร์รี่ หม่อนผลสด ลดเบาหวาน ด้านมะเร็ง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์นานา. 128 หน้า.
- วิจิตร วังไ. 2552. ธาตุอาหารกับการผลิตพืชผล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : วิ.บี.บุ๊คเซ็นเตอร์. 371 หน้า.
- สายชล เกตุษา. 2549. ความเสียหายของผักและผลไม้เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. วารสารราชบัณฑิตสถาน ปีที่ 31 ฉบับที่ 2 : 473-485.
- สดศรี นิยมเปรม กุศล เอี่ยมทรัพย์ และจตุฉัตร รัตนกิจวานิชกุล. 2559. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีระหว่างการแก่ของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 47 : 3 (พิเศษ) : 177-180.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. การเปลี่ยนแปลงของผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว. [Online]. Available:<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3369>. 30 พฤษภาคม 2559.
- พฤกษ์ ชูสังข์ พนิตา บุญฤทธิ์ธงไชย และเฉลิมชัย วงษ์อารี. 2560. การจำแนกลักษณะการหายใจของผลหม่อนสดหลังการเก็บเกี่ยวที่ความบริบูรณ์แตกต่างกัน ภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกันและการตอบสนองต่อเอทิลีน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 48 : 3 (พิเศษ) : 181-184.
- ขยทุท โอสสถภา. 2557. การให้ปุ๋ยทางใบ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 164 หน้า.
- วาสนา ณ ฝัน. 2550. ผลของกรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก และแคลเซียมคลอไรด์ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่. วารสารเกษตรนเรศวร 10(1) : 156-173.

- วาสนา พิทักษ์พล ไอรดา สมชาติ ปวีณพล คุณารูป และสมสุดา วรพันธุ์. 2558. ผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะเขือเทศ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 46 : 3/1 (พิเศษ) : 275-278.
- สายชล เกตุษา. (2549). ความเสียหายของผักและผลไม้เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. วารสารราชบัณฑิตยสถาน, 31 (2), 473-485.
- สังคม เตชะวงศ์เสถียร. 2536. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุวรรณรัตน์ กรรมการ พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง สุภชัย อำคา และชงชัย มาลา. 2559. ผลของการให้แคลเซียมซิลิเกตต่อการผลิตต้นกล้าผักกาดหอม. เกษตร 44 ฉบับพิเศษ 1.
- อักรรัตน์ ไชยธรรม. 2541. การศึกษาผลของความร้อนและแคลเซียมคลอไรด์ที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะละกอดิบเส้นพร้อมปรุง. [Online]. Available : <http://www.vcharkarn.com/project/1>. 28 มกราคม 2560.
- อินทิรา ลิจันทรัพย์ และ ศิริชัย กัลป์ยานรัตน์. 2549. ผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของมะละกอสุกแปรรูปพร้อมบริโภค. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 6, 7-10 พฤศจิกายน 2549. ณ โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว เชียงใหม่. 420 หน้า.
- อชิป สกุลเพือก. 2559. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ. [Online]. Available : [file:///C:/Users/admin/Downloads/Athip%20CCPE%20rev01%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/admin/Downloads/Athip%20CCPE%20rev01%20(3).pdf). 30 พฤษภาคม 2559
- ศลิษา ศรีสุข สุจริต ส่วนไพโรจน์ ชัยรัตน์ พิงเพียร และอัญชลี ศิริโชติ. 2559. ผลของแคลเซียมแล็กเตตต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแก้วมังกรสดตัดแต่งระหว่างเก็บรักษา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 47 : 3 (พิเศษ) : 193-196.
- สุนทร โมลา ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ สายลม สัมพันธ์เวช โสภา สุกัญญา เอี่ยมลออ และอภิรดี อุทัยรัตนกิจ. 2558. ผลของการพ่นแคลเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมซัลเฟตทางใบต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียในระหว่างการเก็บรักษา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 46: 3/1 (พิเศษ): 121-124.
- อิชยา นะมิกิ สุภาวดี วงษ์ภมร ภาณุมาศ โคตรพงศ์ การิตา จงเจือกกลาง และเจนจิรา เชาววิโว. 2561. ผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 49: 1(พิเศษ): 456-458.
- Aguayo, E., V.H. Escalona and F. Artés. 2008. **Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut 'Amarillo' melon.** Postharvest Biology and Technology 47: 397-406.

- Angeletti, P., H. Castagnasso., E. Micli., L. Terminiello., A. Concellón., A. Chaves., and A.R. Vicente. 2010. **Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality, softening and cell wall degradation of two blueberry (*Vaccinium corymbosum*) varieties.** *Postharvest Biology and Technology* 58: 98-103.
- Ávila, M., Hidalgo, M., Sánchez-Moreno, C., Pelaez, C., Requena, T. and de Pascual-Teresa, S. 2009. **Bioconversion of anthocyanin glycosides by *Bifidobacteria* and *Lactobacillus*.** *Food Research International*. 42(10): 1453-1461.
- Bender, R.J. 1998. **Elevated CO<sub>2</sub> in controlled atmosphere storage and regulation of mango ripening.** *Annual Review of Phytopathology*. 7: 97-112.
- Bould, C., Tsai-Fua Chiu. 1976. Mobility of calcium in fruit plants. Proc. 4<sup>th</sup> Intern. Coll. **On the control of plant nutrition**. 1: 104-108.
- Chen, F., H. Liu, H. Yang, S. Lai, X. Cheng, Y. Xin, B. Yang, H. Hou, Y. Yao, S. Zhang, G. Bu and Y. Deng. 2011. **Quality attributes and cell wall properties of strawberries (*Fragaria annanassa* Duch.) under calcium chloride treatment.** *Food Chemistry* 126: 450-459.
- Chéour, F., C. Willemot., J. Arul., Y. Desjardins., J. Makhlof., P.M. Charest., and A. Gosselin. 1990. **Foliar Application of calcium chloride delays postharvest ripening of strawberry.** *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 115(5). 1990: 789-792.
- Ciccarese, A., Stellacci, A.M., Gentileco, G. and Rubino, P. 2013. **Effectiveness of pre- and post-veraison calcium applications to control decay and maintain table grape fruit during storage.** *Postharvest Biology and Technology*. 75: 135-141.
- Dunn, J.L. and A.J. Able. 2006. **Pre-harvest calcium effects on sensory quality and calcium mobility in strawberry fruit.** *Acta Horticulturae*. 708:307-312.
- Figueroa, C., Opazo, M.C., Vera, P., Arraigada, O., Diaz, M. and Moya-León, M. 2012. **Effect of postharvest treatment of calcium and auxin on cell wall composition and expression of cell wall-modifying genes in the Chilean strawberry (*Fragaria chiloensis*) fruit.** *Food Chemistry*. 132(4), 2014-1022.
- Galetto, C.D., R.A. Verdini, S.E. Zorrilla and A.C. Rubiolo. 2010. **Freezing of strawberries by immersion in CaCl<sub>2</sub> solutions.** *Food and Food Chemistry* 44: 30-33.

- Garcia, J. M., S. Herrera and A. Morilla. 1996. **Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry.** Journal of Agricultural Food Chemistry 44: 30–33.
- Ganai, S.A., Ahsan, H., Wani, I.A., Lone, A.A., Mir, S.A. and Wani, S.M. 2015. **Colour changes during storage of apple cv. 'Red delicious' - influence of harvest dates, precooling, calcium chloride and waxing.** International Food Research Journal 22(1): 196-201.
- Han, C., Zhao, Y., Leonard, S.W. and Traber, M.G. 2004. **Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus idaeus*).** Postharvest Biology and Technology 33: 67-78.
- Hanson, E., Beggs, J., Beaudry, R. 1993. **Applying calcium chloride postharvest to improve high bush blueberry firmness.** HortScience. 28(10): 1033-1034.
- Hernandez-Munoz, P., Almenar, E, Ocio, M.J. and Gavara, R. 2006. **Effects of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria ananassa*).** Postharvest Biology and Technology. 39: 247-253.
- Knight, J.A. 1995. **The process and theories of aging.** Annals of Clinical & Laboratory Science. 25: 1-12.
- Lester, G.E., Grusak, M.A. 1999. **Postharvest application of calcium and magnesium to honeydew and netted muskmelons: Effects on tissue ion concentrations, quality and senescence.** Journal of The American Society for Horticultural Science. 124: 545-552.
- Luna-Guzman, I and Barette, D.M, 2000. **Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupe.** Postharvest Biology and Technology. 19: 61-72.
- Manganaris, G.A., M. Vasilakakis, G. Diamantidis and I. Mignani. 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 100: 1385-1392.
- Martin-Diana, A.B., Rico, D., Firas, J.M., Henechan, G.T.M., Mulcahy, J., Barat, J.M. and Barry-Ryan, C. 2006. **Effect of calcium lactate and heat-shock on texture in fresh-cut lettuce during storage.** Postharvest Biology and Technology. 77: 1069-1077.
- Marzouk, H.A. and Kassem, H.A. 2011. **Improving yield, quality, and shelf life of Thompson seedless grapevine by preharvest foliar applications.** Scientia Horticulturae. 130: 425-430.

- Montealegre, J.R. and Valdés, J.M. 1993. **Efecto de aplicaciones de calcio en precosecha sobre la susceptibilidad de frutos de frambuesa a *Botrytis cinerea***. Fitopatologia. 2: 93-98.
- Nitin, P., Jitendra, K., Pradumn, N.R., Daya, S.M. and Jitendra, C. 2017. **Effect of per-harvest foliar sprays of different chemicals on fruit quality and shelf life of litchi fruits**. International Journal of Chemical Studies. 5(4): 419-2-424.
- Paull, R.E. 1993. **Pineapple and papaya**. In: G. Seymour, J. Taylor and G. Tucker (eds.). Biochemistry of Fruit Ripening. Chapman & Hall, London. pp. 291-323.
- Peter, M.A. Toivonen and Bowen, P.A. 1999. **The effect of preharvest foliar sprays of calcium on quality and shelf life of two cultivars of sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.) grown in plasticulture**. Canadian Journal of Plant Science. 79(3): 411-416.
- Ranganna, S. 1986. **Handbook of analysis and quality control for fruit and vegetable products**. New Delhi : Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Reyes-Medina, A.J., Pinzón, E.H. and Álvarez-Herrera, J.G. 2017. **Effect of calcium and refrigeration on the quality and organoleptic characteristics of cape gooseberry (*Phytalis peruviana* L.)**. Acta Agron. 66(1): 15-20.
- Richardson, D.G., and A.M.Al-Ani. 1982. **Calcium and nitrogen effects on d' Anjou pear fruit respiration and ethylene evolution**. International Society Horticultural Science. 124: 195-201.
- Rico, D., Martin-Diana, A.B., Firas, J.M., Barat, J.M., Henechan, G.T.M. and Barry-Ryan, C. 2007. **Improvement in texture using calcium lactate and heat-shock treatments for stored ready-to-eat carrots**. Journal of Food Engineering. 79: 1196-1206.
- Singh, D.K. Tandon. 1993. **Changes in post-harvest quality of mangoes affected by pre-harvest application of calcium chloride**. Indian Journal of Agricultuer Science. 52: 235-239.
- Stuckrath, R., Quevedo, R., De La Fuente, L., Hernández, A. and Sepúlveda, V. 2008. **Effect of calcium foliar application on the characteristics of blueberry fruit during storage**. Journal of Plant Nutrition. 31: 849-866.
- Suutarinen, J., K. Heiska, P. Moss and K. Autio. 2000. **The effects of calcium chloride and sucrose prefreezing treatments on the structure of strawberry tissues**. LWT-Food Science and Technology 33: 89-102.

- Turmanidze, T., Gulua, L., Jgenti, M. and Wicker, L. 2016. **Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of blackberry, raspberry and strawberry fruits after cold storage.** Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology. 4(12): 1127-1133.
- Udomkun, P., B. Mahayothee, M. Nagle and J. Müller. 2014. **Effect of calcium chloride and calcium lactate applications with osmotic pretreatment on physicochemical aspects and consumer acceptances of dried papaya.** International Journal of Food Science & Technology. 49: 1122-1131.
- Wallace, A., and S.M. Soufi. 1975. **Low and variable critical concentrations of calcium in plant tissues.** Commun soil science plant analysis, 6: 331-337.
- Wasna, N.P., K. Kawada, Y. Yoshida and M. Kusunoki. 1999. **Effects of preharvest calcium application on postharvest quality of 'Nyoho' strawberries.** J. Japan Asso. Food Preservation Science 25(2): 63-68.
- Wijeratnam, R.S.W., I.G.N. Hewajulige, R.L.C. Wijesundera and M. Mbeysekere. 2007. **Fruit calcium concentration and chilling injury during low temperature storage of pineapple.** [Online]. Available source:[http://www.actahort.org/members/showpdfbooknrnr=702\\_26](http://www.actahort.org/members/showpdfbooknrnr=702_26).
- Wijewardane, R.M.N.A. and Guleria, S.P.S. 2009. **Combined effects of precooling, application of natural extracts and packaging on the storage quality of apple (*Malus domestica*) cv. Royal Delicious.** Tropical Agricultural Research 21: 10-20.
- Wijewardane, R.M.N.A. and Guleria, S.P.S. 2013. **Effect of pre-cooling, fruit coating and packaging on postharvest quality of apple.** Journal of Food Science Technology 50: 325-331.
- Xu, W., Peng, H., Yang, T., Whitaker, B., Huang, L., Sun, J. and Chen, P. 2014. **Effect of calcium on strawberry fruit flavonoid pathway gene expression and anthocyanin accumulation.** Plant Physiology. And Biochem. 82: 289-298.
- Yamada, T. 1975. **Calcium and its relationship to blossom-end rot in tomato.** Commun soil science plant analysis 6: 273-284.
- Yuen, L. W., W. Tianxia and A.E. Watada. 1993. **Quality and microbial changes of fresh-cut mango cubes held in controlled atmosphere.** HortScience 36(6): 1091-1095.

**ภาคผนวก**

ตารางภาคผนวกที่ 1 จำนวนใบของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน

Treatments	Days after pruned		
	26	37	62
Non sprayed	335.88±9.03b	392.68±19.42b	561.35±35.51a
2% CaCl <sub>2</sub>	412.29±39.75a	475.24±54.25a	656.92±84.65a
T-test	**	*	ns
%C.V.	13.04	13.37	12.94

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 2 ขนาดพื้นที่ใบของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน

Treatments	Days after pruned		
	26	37	62
Non sprayed	63.60±14.62a	66.48±1.00a	71.08±3.55a
2% CaCl <sub>2</sub>	60.99±1.87a	67.12±2.65a	71.95±8.38a
T-test	ns	ns	ns
%C.V.	15.65	2.82	8.36

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 3 จำนวนกิ่งของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน

Treatments	Days after pruned		
	26	37	62
Non sprayed	32.375±2.71b	32.375±2.71b	32.375±2.71b
2% CaCl <sub>2</sub>	40.18±4.87a	40.18±4.87a	40.18±4.87a
T-test	*	*	*
%C.V.	15.29	15.29	15.29

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 4 ความยาวกิ่งของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน

Treatments	Days after pruned		
	26	37	62
Non sprayed	40.15±1.87a	45.27±1.21a	48.37±2.03a
2% CaCl <sub>2</sub>	39.32±2.92a	42.62±2.57a	51.34±4.77a
T-test	ns	ns	ns
%C.V.	5.82	5.32	7.51

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 5 ขนาดกิ่งของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน

Treatments	Days after pruned		
	26	37	62
Non sprayed	4.61±0.07a	5.2±0.10a	6.07±0.10a
2% CaCl <sub>2</sub>	4.8±0.24a	5.11±0.22a	6.04±0.14a
T-test	ns	ns	ns
%C.V.	4.21	3.29	1.96

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 6 จำนวนผลของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน

Treatments	Days after pruned		
	26	37	62
Non sprayed	188.75±12.27a	188.75±12.27a	188.75±12.27a
2% CaCl <sub>2</sub>	209.31±38.28a	209.31±38.28a	209.31±38.28a
T-test	ns	ns	ns
%C.V.	14.33	14.33	14.33

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 7 ความยาวผลของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากการตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน

Treatments	Days after pruned		
	26	37	62
Non sprayed	16.69±1.11a	21.44±0.14a	0.00±0.00
2% CaCl <sub>2</sub>	16.22±1.27a	21.67±0.69a	0.00±0.00
T-test	ns	ns	-
%C.V.	6.92	2.23	0

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์  
 \*\* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  
 %C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 8 ขนาดผลของต้นหม่อนที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26, 37 และ 62 วัน

Treatments	Days after pruned		
	26	37	62
Non sprayed	6.29±0.5a	8.72±0.05a	0.00±0.00
2% CaCl <sub>2</sub>	6.34±0.47a	8.51±0.25a	0.00±0.00
T-test	ns	ns	-
%C.V.	7.17	2.35	0

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L\*) ก่อนการเก็บเกี่ยวผลหม่อนจากต้นที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26-46 วัน

Treatments	Days after sprayed					
	26	30	34	38	42	46
Non sprayed	73.9±8.51a	71.3±3.43a	71.6±7.64a	62.4±2.96a	40.15±0.90a	25.17±7.43a
2% CaCl <sub>2</sub>	58.9±2.69b	73.32±3.95a	46.37±4.54b	37.55±6.05b	31.22±3.06b	28.57±3.78a
T-test	*	ns	**	**	**	ns
%C.V.	14.94	4.97	24.89	28.00	14.59	21.40

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์  
 \*\* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์  
 ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  
 %C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 10 การเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a\*) ก่อนการเก็บเกี่ยวผลหม่อนจากต้นที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26-46 วัน

Treatments	Days after sprayed					
	26	30	34	38	42	46
Non sprayed	-11.42±3.93a	-11.00±5.14a	28.95±13.78a	52.27±3.95a	53.02±0.76a	25.57±10.96a
2% CaCl <sub>2</sub>	-12.17±3.23a	-10.07±6.52a	41.87±6.83a	46.32±6.46a	15.72±3.95b	19.5±13.1a
T-test	ns	ns	ns	ns	**	ns
%C.V.	28.45	21.46	34.49	11.95	58.50	51.69

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99

เปอร์เซ็นต์ ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเขียว (b\*) ก่อนการเก็บเกี่ยวผลหม่อนจากต้นที่ไม่ฉีดพ่น  
เปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์  
ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26-46 วัน

Treatments	Days after sprayed					
	26	30	34	38	42	46
Non sprayed	47.27±6.19a	41.92±2.86a	29.87±1.87a	35.67±1.31a	32.82±0.90a	15.02±6.49a
2% CaCl <sub>2</sub>	43.3±2.30a	36.3±2.05b	29.85±3.21a	26.47±1.83b	9.55±1.27b	8.67±5.74a
T-test	ns	*	ns	**	**	ns
%C.V.	10.64	9.68	8.16	16.52	58.91	55.80

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 12 การพัฒนาสีผลตามค่ามุม Hue angle ของผลหม่อนก่อนการเก็บเกี่ยวจากต้นที่ไม่ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับต้นหม่อนที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากตัดแต่งกิ่งเป็นเวลา 26-46 วัน

Treatments	Days after pruned					
	26	30	34	38	42	46
Non sprayed	10.03±0.96a	9.14±0.46a	-1.41±0.14a	-1.07±0.04a	-0.97±0.01a	-0.92±0.05a
2% CaCl <sub>2</sub>	9.01±0.83a	9.26±1.11a	-1.63±0.18a	-0.90±0.05b	-0.97±0.07a	-0.70±0.05b
F-test	ns	ns	ns	*	ns	*
%CV	18.41	17.09	20.94	12.42	9.20	17.96

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 13 การสูญเสียน้ำหนักสดของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  หรือฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $5^\circ\text{C}$  นาน 24 วัน

Treatments	Days after storage				
	0	6	12	18	24
Control	0.00±0.00	1.65±0.47a	1.39±0.11a	1.43±0.03a	1.61±0.02a
2% $\text{CaCl}_2$ dipped	0.00±0.00	1.37±0.16b	0.76±0.43b	0.87±0.02b	0.94±0.1b
2% $\text{CaCl}_2$ sprayed	0.00±0.00	1.27±0.38c	0.85±0.04b	0.88±0.5b	0.7±0.16c
2% $\text{CaCl}_2$ sprayed and dipped	0.00±0.00	0.61±0.03d	0.56±0.02b	0.74±0.03b	0.28±0.03d
F-test	ns	*	*	*	*
%C.V.	0	25.94	25.31	25.63	11.25

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 14 ความแน่นเนื้อของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  หรือน้ำดื่มน้ำก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $5^\circ\text{C}$  นาน 24 วัน

Treatments	Days after storage				
	0	6	12	18	24
Control	8.67±1.46b	9±0.18a	7.48±2.32a	5.12±1.02b	6.53±2.64a
2% $\text{CaCl}_2$ dipped	11.88±2.18a	10.76±1.59a	9.25±1.66a	9.51±2.54a	7.31±1.16a
2% $\text{CaCl}_2$ sprayed	8.68±1.52b	11.91±0.94a	9.38±1.57a	5.97±1.51b	6.65±3.80a
2% $\text{CaCl}_2$ sprayed and dipped	11.68±2.09a	11.31±3.49a	9.87±1.71a	10.42±3.04a	9.26±2.68a
F-test	*	ns	ns	*	ns
%C.V.	18.03	18.42	20.48	28.12	36.82

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 15 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  หรือนิดฟ่อนก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและนิดฟ่อนร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $5^\circ\text{C}$  นาน 24 วัน

Treatments	Days after storage				
	0	6	12	18	24
Control	7.3±0.25b	7.25±0.19a	7.4±0.16a	7.1±0.11b	7.4±0.16a
2% $\text{CaCl}_2$ dipped	8.3±0.25a	7.35±0.19a	6.2±2.26a	7.4±0.36ab	7.4±0.16a
2% $\text{CaCl}_2$ sprayed	7.35±0.19b	7.45±0.19a	7.3±0.25	7.52±0.25a	6.65±0.44b
2% $\text{CaCl}_2$ sprayed and dipped	7.65±0.19b	7.35±0.19	7.15±0.19a	7.52±0.25a	6.3±0.25b
F-test	*	ns	ns	*	*
%C.V.	2.97	2.61	16.38	3.53	4.06

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 16 ปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  หรือน้ำดื่มน้ำก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและฉีดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $5^\circ\text{C}$  นาน 24 วัน

Treatments	Days after storage				
	0	6	12	18	24
Control	1.17±0.05a	0.7±0.05c	0.83±0.05a	0.8±0.04c	0.7±0.05b
2% $\text{CaCl}_2$ dipped	0.59±0.07b	1.06±0.04a	0.86±0.02a	1±0.04ab	0.77±0.01ab
2% $\text{CaCl}_2$ sprayed	0.5±0.02c	0.98±0.16ab	0.61±0.03b	0.92±0.06b	0.77±0.03ab
2% $\text{CaCl}_2$ sprayed and dipped	0.62±0.05b	0.9±0.04b	0.89±0.09a	1.01±0.05a	0.8±0.08a
F-test	*	*	*	*	*
%C.V.	7.48	10.06	7.35	5.72	6.82

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์  
 ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  
 %C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 17 สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเตรตได้ของผล  
หม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  หรือน็อคก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อน  
ก่อนเก็บรักษาและน็อคพร้อมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่  
อุณหภูมิ  $5^\circ\text{C}$  นาน 24 วัน

Treatments	Days after storage				
	0	6	12	18	24
Control	6.14±0.26c	9.93±0.74a	8.93±0.81b	8.89±0.60a	10.47±0.66a
2% $\text{CaCl}_2$ dipped	13.53±1.67ab	6.93±0.27b	8.33±0.25bc	6.94±0.28c	9.18±0.16b
2% $\text{CaCl}_2$ sprayed	14.36±0.80a	7.52±1.39b	11.46±0.51a	7.78±0.55b	8.41±0.58bc
2% $\text{CaCl}_2$ sprayed and dipped	12.25±1.07b	8±0.36b	7.87±0.79c	6.9±0.36c	7.91±0.75c
F-test	*	*	*	*	*
%C.V.	9.35	10.15	6.97	6.19	6.53

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่  
ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 18 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L\*) ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย CaCl<sub>2</sub> หรือนิดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและนิดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C นาน 24 วัน

Treatments	Days after storage				
	0	6	12	18	24
Control	20.71±1.08ab	16.17±1.65b	16.46±0.77b	14.68±0.67b	15.04±0.44b
2% CaCl <sub>2</sub> dipped	19.29±1.31b	19.79±1.66a	19.04±1.85a	17.11±1.62ab	17.28±1.33a
2% CaCl <sub>2</sub> sprayed	23.04±1.2a	20.33±1.85a	18.64±1.12a	15.69±2.3ab	18.35±1.09a
2% CaCl <sub>2</sub> sprayed and dipped	20.28±2.21b	19.04±1.64a	18.99±0.95a	18.19±1.67a	19.22±2.19a
F-test	*	*	*	*	*
%C.V.	7.32	9.07	6.82	10.2	8.08

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์  
 ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  
 %C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 19 การเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a\*) ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย CaCl<sub>2</sub> หรือนิดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและ นิดพ่นร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C นาน 24 วัน

Treatments	Days after storage				
	0	6	12	18	24
Control	24.48±0.96a	12.81±3.57a	13.66±4.75a	13.96±0.80b	10.63±1.16b
2% CaCl <sub>2</sub> dipped	24.98±1.84a	16.13±4.93a	18.27±3.59a	18.83±2.24a	14.83±1.83ab
2% CaCl <sub>2</sub> sprayed	24.92±0.93a	16.96±4.46a	14.32±4.96a	13.26±2.79b	13.11±2.06ab
2% CaCl <sub>2</sub> sprayed and dipped	23.49±3.33a	15.04±2.6a	16±3.05a	18.53±3.40a	17.32±4.57a
F-test	ns	ns	ns	*	*
%C.V.	8.25	26.22	26.8	15.51	19.56

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่

ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 20 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเขียว (b\*) ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  หรือนิดฟ่อนก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและนิดฟ่อนร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $5^\circ\text{C}$  นาน 24 วัน

Treatments	Days after storage				
	0	6	12	18	24
Control	16.34±0.70a	8.94±1.81a	6.64±1.9a	6.25±0.42b	5.78±0.77b
2% $\text{CaCl}_2$ dipped	17.63±1.29a	11.37±2.82a	9.54±2.06a	9.3±1.28a	8.33±1.35ab
2% $\text{CaCl}_2$ sprayed	17.64±0.71a	12.43±2.96a	7.9±2.24a	6.45±1.94b	8.29±1.4ab
2% $\text{CaCl}_2$ sprayed and dipped	17.54±2.08a	10.89±1.58a	8.55±1.47a	9.75±2.30a	10.24±2.62a
F-test	ns	ns	ns	*	*
%C.V.	7.66	21.77	23.8	20.82	20.61

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 21 การเปลี่ยนแปลงสีผลตามค่ามุม Hue angle ของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย CaCl<sub>2</sub> หรือน้ำด่างก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและน้ำด่าง ร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C นาน 24 วัน

Treatment	Days after storage				
	0	6	12	18	24
Control	-1.04±0.01a	-1.11±0.04a	-0.77±0.02a	-0.70±0.00a	-0.85±0.02a
2% CaCl <sub>2</sub> dipped	-1.10±0.00b	-1.12±0.04a	-0.81±0.01ab	-0.77±0.02ab	-0.88±0.04a
2% CaCl <sub>2</sub> sprayed	-1.10±0.00b	-1.15±0.02a	-0.88±0.04b	-0.75±0.05ab	-0.99±0.02b
2% CaCl <sub>2</sub> sprayed and dipped	-1.17±0.02c	-1.14±0.02a	-0.84±0.01ab	-0.82±0.02b	-0.93±0.01ab
F-test	*	ns	*	*	*
%CV	2.89	6.58	7.48	8.74	6.4

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 22 ปริมาณสารแอนโทไซยานินของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  หรือนิดฟ่อนก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและนิดฟ่อนร่วมกับการแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $5^\circ\text{C}$  นาน 24 วัน

Treatment	Days after storage				
	0	6	12	18	24
Control	5402±42.03a	1593±10.34b	1772±191.48a	2581±169.89a	2663±19.15a
2% $\text{CaCl}_2$ dipped	4521±43.97b	371.25±51.17c	1598±35.41b	228.75±19.59b	453.25±9.84c
2% $\text{CaCl}_2$ sprayed	3711.25±45.21c	163.00±50.08d	712.75±0.05c	300±10.00b	951.75±10.50b
2% $\text{CaCl}_2$ prayed and dipped	2520±19.14d	1914±23.09a	254.25±35.12d	183.5±28.76b	91.25±11.84d
F-test	*	*	*	*	*
%CV	0.97	3.76	9.12	10.55	1.28

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์  
 ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  
 %C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 23 กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของผลหม่อนที่ไม่ได้รับสารละลาย  $\text{CaCl}_2$  หรือน้ำดื่มน้ำก่อนเก็บเกี่ยวหรือแช่ผลหม่อนก่อนเก็บรักษาและน้ำดื่มน้ำร่วมกับแช่ผลก่อนเก็บรักษาโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $5^\circ\text{C}$  นาน 24 วัน

Treatments	Days after storage				
	0	6	12	18	24
Control	62.16±0.82a	64.44±0.01c	62.26±0.01c	59.17±0.01d	59.95±0.02c
2% $\text{CaCl}_2$ dipped	63.07±0.80a	68.15±0.56b	78.82±0.82a	68.85±0.94c	76.76±0.93a
2% $\text{CaCl}_2$ sprayed	62.75±1.30a	69.77±1.28a	79.56±0.82a	74.04±1.29b	63.66±0.95b
2% $\text{CaCl}_2$ sprayed and dipped	63.13±0.77a	70.3±1.48a	74.44±1.32b	76.35±0.94a	75.57±0.97a
F-test	ns	*	*	*	*
%C.V.	1.52	1.5	1.19	1.32	1.19

หมายเหตุ \* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's new multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผันเป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวณัฐกานต์ พิสุทธิพิบูลวงศ์
วัน เดือน ปีเกิด	24 เมษายน 2536
ที่อยู่	42/751 ซ.2ก/1 หมู่ 15 หมู่บ้านจามจุรี ถ.กิ่งแก้ว ต.ราชาเทวะ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10540
ประวัติการศึกษา	2557 วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานตีพิมพ์	
2017	Effect of Preharvest Calcium Chloride Sprayed on Growth and Development and Quality of Mulberry Fruit. International Journal of Agricultural Technology. 13(7.1): 1317-1324.