ผลของกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกก่อนการเก็บเกี่ยวในการกระตุ้นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และการยับยั้งอาการสะท้านหนาว ใน กะเพรา และแมงลัก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

EFFECTS OF PREHARVEST SALICYLIC AND OXALIC ACID TREATMENTS ON ENHANCING BIOACTIVE COMPOUNDS AND ALLEVIATING CHILLING INJURY OF HOLY BASIL AND LEMON BASIL DURING COLD STORAGE

นิทัศน์ เสือเมือง
NITAD SUAMUANG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2562
KMITL-2019-ED-M-241-098

ผลของกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกก่อนการเก็บเกี่ยวในการกระตุ้นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และการยับยั้งอาการสะท้านหนาว ใน กะเพรา และแมงลัก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

Effects of preharvest salicylic and oxalic acid treatments on enhancing bioactive compounds and alleviating chilling injury of holy basil and lemon basil during cold storage

นิทัศน์ เสือเมือง
NITAD SUAMUANG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2562
KMITL-2019-ED-M-241-098

Effects of preharvest salicylic and oxalic acid treatments on enhancing bioactive compounds and alleviating chilling injury of holy basil and lemon basil during cold storage

NITAD SUAMUANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURAL EDUCATION
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2019
KMITL-2019-ED-M-241-098

COPYRIGHT 2019
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการใช้กรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกก่อนการเก็บเกี่ยวในการกระตุ้นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และการยับยั้งอาการสะท้านหนาว กะเพรา และ แมงลัก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ
นักศึกษา	นายนิทัศน์ เสือเมือง
รหัสประจำตัว	57603224
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชา	ครุศาสตร์เกษตร
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. สุริยัณห์ สุภาพวานิช
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร. รัชดากร พลภักดี

บทคัดย่อ

ผักในกลุ่ม Ocimum เป็นผักที่มีความไวต่อการเกิดอาการสะท้านหนาว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้กรดซาลิไซลิก (SA) และกรดออกซาลิก (OX) ก่อนการเก็บเกี่ยวในการควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวของผักในกลุ่ม Ocimum ได้แก่ กะเพรา และ แมงลัก โดยทำการทดลองด้วยวิธีการรด หรือ การฉีดพ่นสารละลายกรดซาลิไซลิก หรือกรดออกซาลิก ที่ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์ (mM) ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง หลังจากเก็บเกี่ยว ผักทั้ง 2 ชนิด ถูกเก็บรักษาที่ 7 องศาเซลเซียส โดยกะเพรา เก็บรักษานาน 8 วัน และ แมงลักเก็บรักษานาน 6 วัน ทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏ ความรุนแรงการเกิดอาการสะท้านหนาว สีของใบ การสูญเสียน้ำหนัก และ ปัจจัยทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับอาการสะท้านหนาว เช่น ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ปริมาณสารประกอบฟีนอล ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ และกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ผลการทดลองพบว่าระหว่างการเก็บรักษา แมงลักมีความไวในการเกิดอาการสะท้านหนาวมากกว่า กะเพรา ความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น การใช้สารละลายทั้ง 2 ชนิดสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักในผักทั้ง 2 ชนิดได้ดี โดยการใช้สารละลาย SA ทั้ง 2 วิธี มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ดีกว่าการใช้สารละลาย OX ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่าสี ซึ่งสามารถรักษาค่าความสว่าง และสีเขียวได้ดีกว่าชุดควบคุม และไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลืองอย่างชัดเจน การใช้สารละลาย SA ทั้ง 2 วิธี สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ MDA ในกะเพรา การใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกสารมารถชะลอการลดลงของสารประกอบฟีนอล และ ฟลาโวนอยด์ ในขณะที่ใน แมงลัก การใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกกระตุ้นปริมาณของสารประกอบฟีนอล และ ฟลาโวนอยด์ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารละลาย OX ทั้ง 2 วิธี ซึ่งไม่มีผลต่อกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในกะเพรา แต่กระตุ้นกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในแมงลัก พบว่าการใช้สารละลาย SA กระตุ้นกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ดีกว่าการใช้สารละลาย OX งานวิจัยนี้สรุปได้ว่า การใช้สารละลาย SA โดยวิธีการฉีดพ่นที่ระดับความเข้มข้น 5 mM ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวในกะเพรา และแมงลักระหว่างการเก็บรักษาได้

คำสำคัญ : กรดซาลิไซลิก กรดออกซาลิก อาการสะท้านหนาว กะเพรา แมงลัก

Thesis Title	Effects of preharvest salicylic and oxalic acid treatments on enhancing bioactive compounds and alleviating chilling injury of holy basil and lemon basil during cold storage
Student	Mr. Nitad Suamuang
Student ID.	57603224
Degree	Master of Science Program
Program	Agricultural Education
Year	2019
Theesis Advisor	Asst. Prof. Suriyan Supapvanich
	Assoc. Prof. Rachadakorn Phonpakdee

ABSTRACT

Vegetables in Ocimum group is accepted to be sensitive to chilling injury. The purposes of this study were to determine the effects of preharvest treatment of salicylic acid (SA) or oxalic acid (OX) by watering and spraying on chilling injury control of holy basil and lemon basil during cold storage. The both plants were watered or sprayed with 5 mM SA or 5 mM OX before harvest 24 h. After harvest, the both vegetables were stored at 7±2 ^{o}C which holy basils were stored for 8 day and lemon basils were stored for 6 day. The investigated parameter were visual appearance, chilling injury score, leaf colour, weight loss, malondialdehyde (MDA) content, total phenolic compounds content, flavonoids content and antioxidant activity. The results show that lemon basils was more sensitive to chilling injury than holy basils during storage. The chilling injury severity of the both vegetable depended upon storage duration. The preharvest application of the both chemicals could alleviate chilling injury symptom and reduce the loss of fresh weight of the both vegetables during storage. However the application SA by watering or spraying could control chilling injury of the both vegetable rather than the applications of OX. Compared to watering, spraying had more effective controlling chilling injury. SA spraying could manintain lightness and greenness of the both vegetables rather than control but it had no effect on the yellowness of the both vegetables. The both SA applications retarded the increase in MDA content. In holy basil, the SA application retarded the decreases in total phenolic compounds and flavonoids contents. In lemon basil, the SA treatment induced total phenolic compound and flavonoids contents, while OX application did not induce these compounds. The both applications of SA and OX did not effect antioxidant activity in holy basils but induced antioxidant activity in lemon basil. SA application could induce antioxidant activity of lemon basils more than OX application.

In conclusion, spraying 5 mM SA before harvest 24 h could alleviate chilling injury of the both holy and lemon basils during cold storage

Keywords : Salicylic acid, Oxalic acid, Chilling injury, Holy basil and Lemon basil

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกๆท่าน ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของงานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างสูง

ขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ อุดมศักดิ์ สาริบุตร และ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย เชะวิเศษ ที่กรุณาต่อผู้วิจัย ให้การสนับสนุนช่วยเหลือแนะแนวทาง แก้ไขจุดบกพร่อง ด้วยความเอาใจใส่เสมอมา อีกทั้งยังมอบโอกาสและประสบการณ์อันเป็นประโยชน์ให้แก่ผู้วิจัย

ขอบพระคุณคณาจารย์ผู้เป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ภิรมย์การ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตลอดจนข้อชี้แนะอันเป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัย ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางต่อผู้วิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้

ขอบพระคุณคณาจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเป็นอย่างสูง ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ อันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา ค้นคว้า และเป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วง

ขอบพระคุณบิดา มารดา และเพื่อนทุกคนที่ได้มอบกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัย ในทุกๆเรื่อง จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์อันพึงเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แด่ บิดา มารดา ครู อาจารย์ที่เคารพ ญาติพี่น้อง ตลอดจนเพื่อนทุกคน และ ผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ณัฐชนัญธร เกษมธนะสมบูรณ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ IV
สารบัญ V
สารบัญภาพ VII
สารบัญตาราง IX

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย 2
1.3 สมมติฐานการวิจัย 2
1.4 ขอบเขตงานวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 พืชสกุล *Ocimum spp*. และความสำคัญของพืชตระกูลนี้ 4
2.2 การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่มีผลกระทบต่อการสูญเสีย 5
2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว 6
2.4 ปัญหาการเก็บรักษาผักใบในอุณหภูมิต่ำ 8
2.5 อาการสะท้านหนาวและสาเหตุการเกิดอาการสะท้านหนาว 9
2.6 การควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาว 12
2.7 การรักษาคุณภาพผลผลิตโดยใช้กรดซาลิไซลิก 13
2.8 ความรู้เกี่ยวกับกรดออกซาลิก (Oxalic acid) 18

บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย 19
3.1 วัสดุ-อุปกรณ์ ที่ใช้ในการทดลอง 19
3.2 วิธีการดำเนินงาน 19
3.3 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมี 21

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 24
4.1 ลักษณะปรากฏ 24
4.2 ปริมาณสารออกฤทธิ์ 39

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 44

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม 45

ภาคผนวก 53

ประวัติผู้เขียน 72

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.ลักษณะของกะเพรา 1 4
2.2 ลักษณะของแมงลัก 5
2.3 ลักษณะการเกิดอาการสะท้านหนาวในกะเพรา 10
2.4 ลักษณะอาการสะท้านหนาวที่พบในแมงลัก 10
2.5 แผนภูมิแสดงการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดอาการสะท้านหนาวในเนื้อเยื่อพืช 11
2.6 สูตรโครงสร้างทางเคมีของกรดซาลิไซลิก 15
2.7 แบบจำลองการสังเคราะห์กรดซาลิไซลิก 16
3.1 ลักษณะการปลูกพืชทดลอง 22
4.1 ลักษณะปรากฏของใบกะเพราที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและ กรดออกซาลิกก่อนการเก็บเกี่ยวที่ความเข้มข้น 5 mM ในวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C 29
4.2 ลักษณะปรากฏของใบแมงลักที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและ กรดออกซาลิกก่อนการเก็บเกี่ยวที่ความเข้มข้น 5 mM ในวันที่ 0, 2, 4, และ 6 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ7±2 °C 30
4.3 ลักษณะปรากฏของกะเพราที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและ กรดออกซาลิกที่ความเข้มข้น5 mM ในวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 ของการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 7±2 °C 31
4.4 ลักษณะปรากฏของแมงลักที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก และกรดออกซาลิกที่ความเข้มข้น5 mM ในวันที่ 0, 2, 4, และ 6 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C 32
4.5 แสดงค่าความสว่าง)L*) ของกะเพรา)A) และแมงลัก)B) ที่รดและเสปรย์ ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C 35
4.6 แสดงค่าสีเขียว -)a*) ของกะเพรา)A) และแมงลัก)B) ที่รดและสเปรย์ ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ7±2 °C 36
4.7 แสดงค่าสีเหลือง)b*) ของกะเพรา)A) และแมงลัก)B) ที่รดและสเปรย์ ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C 37

สารบัญภาพ (ต่อ(

ภาพที่ **หน้า**

4.8 เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของกะเพรา)A) และแมงลัก)B)
ที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกที่ความ
เข้มข้น5 mM ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C 39
4. แสดงค่าปริมาณ 9Malodialdehyde (MDA) ของกะเพรา)A) และแมงลัก)B)
ที่ทำการทดลองด้วยวิธีการสเปรย์และรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและ
กรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 7±องศาเซลเซียส 2 41
4.) แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในกะเพรา 10A) และแมงลัก)B)
ที่ทำการทดลองด้วยวิธีการสเปรย์และรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและ
5 กรดออกซาลิกความเข้มข้นmM และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 7±องศาเซลเซียส 2 43
4.) แสดงปริมาณสารฟลาโวล์นอยด์ของกะเพรา 11A) และแมงลัก)B) ที่ทำการ
ทดลองด้วยวิธีการสเปรย์และรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิก
7 และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 ความเข้มข้น±องศาเซลเซียส 2 44
4.) แสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในกะเพรา 12A) และแมงลัก)B)
ที่ทำการทดลองด้วยวิธีการสเปรย์และรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและ
5 กรดออกซาลิกความเข้มข้นmM และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 7±องศาเซลเซียส 2 46

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4. 1ระดับคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาวของกะเพราและแมงลักที่รดและ
สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5mM
ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7± 2°C..... 33

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

กะเพราและแมงลัก จัดเป็นพืชสกุลเดียวกัน จัดอยู่ในสกุล *Ocimum* วงศ์ Labiatae และยังมีโหระพาซึ่งเป็นเป็นพืชสกุลเดียวกัน เป็นวงศ์พืชสมุนไพรที่ถูกใช้มาเป็นเครื่องปรุงรส ที่นิยมบริโภคใบสดเป็นที่แพร่หลายมากที่สุดในประเทศไทย มีแหล่งผลิตเพื่อขายใบสดอยู่ที่จังหวัดนครปฐมและกระจายทั่วทุกภาคของประเทศไทยประมาณ 1,000 ไร่ ส่วนในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่จัดเป็นประเทศที่มีการบริโภคและนำเข้าสมุนไพรแหล่งใหญ่ที่สุดของโลก โดยเฉพาะพืชสมุนไพรในวงศ์ Labiatae ได้รับความนิยมมากที่สุด ซึ่งมีการนำเข้าผักสมุนไพรปรุงรสสดและสมุนไพรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 1980 สหรัฐอเมริกามีการนำเข้าเครื่องเทศและพืชสมุนไพรประมาณ 2.1 พันล้านปอนด์ และในปี 2000 มีการนำเข้าเพิ่มขึ้นเป็น 3.6 พันล้านปอนด์ สาเหตุมาจากการขยายตัวของประชากรชาวต่างชาติและความนยมในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งประเทศผู้ส่งออกผักสมุนไพรปรุงรสที่สำคัญ คือ ประเทศอินโดนีเซีย ประเทศอินเดีย ประเทศแคนาดา และประเทศจีน (กรมวิชาการเกษตร, 2550; Buzzanell et al., 1995; ASTA, 2001)

ปัญหาในการส่งออกและการวางขายของผักสมุนไพรปรุงรส ที่สำคัญคือ ผลิตผลเน่าเสียง่าย และมีอายุการเก็บรักษาสั้น (Cantwel and Reid, 2002) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พืชสกุลกะเพรามีความไวต่อการเกิดความเสียหายจากอาการสะท้านหนาว (Chilling injury) มากกว่าผักสมุนไพรชนิดอื่น ๆ โดยที่เนื้อเยื่อของใบและลำต้น เปลี่ยนเป็นสีดำหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส (Aharoni et al., 1993) พืชสกุลกะเพราที่ปลูกเป็นการค้าในประเทศไทย มีอยู่ 3 ชนิด คือ กะเพรา โหระพา และแมงลัก และพบว่า แมงลักมีความไวต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวมากที่สุด และโหระพามีความไวต่ออุณหภูมิต่ำน้อยที่สุด ใบแก่จะมีความไวต่ออุณหภูมิต่ำกว่าใบอ่อนอย่างชัดเจน การศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสรีรวิทยา องค์ประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงชีวเคมีบางอย่างระหว่างได้รับความเครียดจากอุณหภูมิต่ำอาจสามารถอธิบายกลไกหรือสาเหตุการเกิดอาการสะท้านหนาวของพืชสกุลนี้ (ธิติมา วงษ์ชีรี. 2551)

การใช้กรดซาลิไซลิกเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งในการควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวในผักและผลไม้สดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Klessing and Malamy. 1994) กรดซาลิไซลิกเป็นสารประกอบที่มีอยู่ในธรรมชาติที่พบในพืชหลายชนิด และเป็นสารเคมีสังเคราะห์จากธรรมชาติที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Srivastava and Dwivedi. 2000) การให้สารกรดซาลิไซลิก ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวในผักและผลไม้หลายชนิด (Ding, et al. 2001; Fung, et al. 2004; González-Aguilar, et al. 2004) โดยมีคุณสมบัติกระตุ้นกระบวนการต้านทานโรค ลดสภาวะเครียดของพืช สามารถชะลอการสุกของผลไม้โดยมีผลต่อการทำงานของเอทิลีน ลดการหายใจและกระบวนการเมทาบอลิซึม ตลอดจนกระตุ้นระบบการสร้างสารต่อต้านอนุมูลอิสระและสารออกฤทธิ์สำคัญที่มีในพืช (Srivastava and Dwivedi. 2000) นอกจากนี้ยังกระตุ้นกลไกการต้านทานโรคหลังการเก็บเกี่ยวในผักและผลไม้ด้วย (Supapvanich and Promyou. 2013)

กรดออกซาลิกเป็นกรดอินทรีย์ตามธรรมชาติที่พบอยู่ในพืช มีรายงานว่า กรดออกซาลิกมีบทบาทในการตอบสนองต่อความเครียดจากสิ่งแวดล้อม และการป้องกันการตายของเซลล์ในพืช (Liang, et al. 2009) มีรายงานก่อนหน้านี้ว่าการใช้กรดออกซาลิกก่อนการเก็บรักษาสามารถช่วยชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวในผลมะม่วงและทับทิม และเพิ่มความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ (Ding, et al. 2007 ; Sayyari, et al. 2012) นอกจากนี้มีการรายงานว่ากรดออกซาลิกมีผลในการรักษาโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่กระตุ้นการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และการรักษาสภาวะออสโมติกในเซลล์ให้อยู่ในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลเพิ่มการต้านความเย็นในผลมะม่วงในช่วงอากาศเย็นที่อุณหภูมิ 10 °C (Xue, et al. 2012) มีการบันทึกไว้ว่ากรดออกซาลิกสามารถเพิ่มความต้านทานต่ออาการสะท้านหนาวและรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของลูกพีช พลัม และทับทิม (Sayyari, et al. 2010; Wu et al. 2011; Zheng, et al. 2007) จากข้อมูลในเบื้องต้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาผลของการใช้กรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกก่อนการเก็บเกี่ยวในการกระตุ้นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และการยับยั้งอาการสะท้านหนาวใน กะเพรา และ แมงลัก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการใช้กรดซาลิไซลิก และกรดออกซาลิก ที่ระดับความเข้มข้น 5 mM ด้วยวิธีการฉีดพ่นและรดน้ำ ก่อนการเก็บเกี่ยวเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ในการควบคุมอาการสะท้านหนาวใน กะเพรา และแมงลัก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของการใช้กรดซาลิไซลิก และกรดออกซาลิกที่ระดับความเข้มข้น 5 mM ในการกระตุ้นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและการต้านกิจกรรมออกซิเดชั่นใน กะเพรา และแมงลัก

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 การใช้กรดซาลิไซลิก และกรดออกซาลิกก่อนการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีการฉีดพ่นและรดน้ำสามารถควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวใน กะเพรา และแมงลัก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1.3.2 การใช้กรดซาลิไซลิก และกรดออกซาลิกที่ระดับความเข้มข้น 5 mM ก่อนการเก็บเกี่ยว สามารถเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งมีส่วนในการลดการเกิดอาการสะท้านหนาวใน กะเพรา และแมงลัก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกที่ระดับความเข้มข้น 5 mM ฉีดพ่นและรดต้นก่อนการเก็บเกี่ยวในการรักษาคุณภาพและยับยั้งการเกิดอาการสะท้านหนาวใน กะเพรา และแมงลัก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

1.4.2 ศึกษาผลของการใช้กรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกที่ระดับความเข้มข้น 5 mM ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้แก่ การวัดปริมาณสารประกอบฟีนอล และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ และ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการ Ferric reducing antioxidant potential (FRAP) ที่มีผลต่ออาการสะท้านหนาวของ กะเพรา แมงลัก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 จากผลการทดลองที่ได้ เกษตรกร สามารถนำ กรดซาลิไซลิก และกรดออกซาลิกที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของ กะเพรา แมงลัก หลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะเมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1.5.2 จากผลการทดลองเกษตรกร และผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปปรับใช้กับผลิตผลทางการเกษตรที่เป็นผักและผลไม้ชนิดอื่น ในการรักษาคุณภาพและยืดอายุในการเก็บรักษาและการขนส่งระยะทางไกล

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องผลของกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกก่อนการเก็บเกี่ยวในการกระตุ้นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และการยับยั้งอาการสะท้านหนาวใน กะเพรา และ แมงลัก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ได้มีการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 พืชสกุล Ocimum spp. และความสำคัญของพืชตระกูลนี้
2.2 การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่มีผลกระทบต่อการสูญเสีย
2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว
2.4 ปัญหาการเก็บรักษาผักใบในอุณหภูมิต่ำ
2.5 อาการสะท้านหนาวและสาเหตุการเกิดอาการสะท้านหนาว
2.6 การควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาว
2.7 การรักษาคุณภาพผลผลิตโดยใช้กรดซาลิไซลิก
2.8 ความรู้เกี่ยวกับกรดออกซาลิก (Oxalic acid)
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พืชสกุล *Ocimum* spp. และความสำคัญของพืชตระกูลนี้

พืชสกุลกะเพรา (*Ocimum spp.)* อยู่ในวงศ์ Labiatae จัดเป็นพืชล้มลุก (annual) ลักษณะเฉพาะของพืชสกุลนี้ คือ ลำต้นมีรูปร่างสี่เหลี่ยม มีขนที่ใบอ่อนและสร้างใบทิศทางตรงกันข้าม และมีน้ำมันหอมระเหย ถิ่นกำเนิดของพืชชนิดนี้อยู่ในแถบเอเชียเขตร้อน และในทวีปแอฟริกา แต่มีการปลูกแพร่หลาย ในประเทศแถบอเมริกาเหนือ ยุโรป เมดิเตอเรเนียนและเอเชีย (คัทลียา ฉัตรเที่ยง. 2542; Uhl, 2000) ใบกะเพรามีกลิ่นและรสของใบแตกต่างจากพืชอื่น เนื่องจากมีน้ำมันหอมระเหยและสารฟีนอลิกอีกหลายชนิด ซึ่งมีปริมาณต่างกันตามแต่ชนิดและพื้นที่ปลูกพืช ใบกะเพรานอกจากมีน้ำมันหอมระเหย ยังมีสารประกอบฟินอลิกที่มีฤทธิ์ทางยาอีกหลายชนิด เช่น eugenol, methyl chavicol, rosmarinic acid, alkaloids, saponins, flavonoids, phenyl-propane, glycoside และ tannin เป็นต้น จึงทำให้ใบกะเพรามีสรรพคุณทางยาที่หลากหลาย ทั้งลดไข้ แก้คลื่นไส้อาเจียน บรรเทาอาการหลอดลมอักเสบ ลดน้ำตาลในเลือด รักษากลากเกลื้อนและต้านทานการอักเสบจากเชื้อราและแบคทีเรีย รวมทั้งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง และฟื้นฟูสภาพร่างกายให้สู่สภาวะปกติ ปัจจุบันมีการแปรรูปใบกะเพราเป็นผลิตภัณฑ์ยาสำเร็จรูปในประเทศแถบยุโรปและอินเดีย (Lawton, 2002)

ภาพที่ 2.1 ลักษณะของกะเพรา

ภาพที่ 2.2 ลักษณะของแมงลัก

จากการสัมมนาเรื่องตลาดสมุนไพรและเครื่องเทศ ซึ่งจัดโดยหน่วยงานการค้าระหว่างประเทศร่วมกับ WTO พบว่าตลาดส่งออกและนำเข้าเครื่องเทศและพืชสมุนไพรของโลก คือประเทศสหรัฐอเมริกา มีการขยายตัวของตลาดเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 8.5% ต่อปี โดยมีมูลค่ารวมมากกว่า 2.3 พันล้านดอลลาร์ และพบว่าประเทศอินเดียเป็นประเทศที่มีการส่งออกเครื่องเทศและสมุนไพรมากที่สุดในโลก ประมาณ 30% ของปริมาณการส่งออกทั้งหมด (Furth and Cox, 2004)

สาเหตุที่ทำให้ปริมาณการนำเข้าเครื่องเทศและสมุนไพรเพิ่มขึ้นในสหรัฐอย่างต่อเนื่อง เกิดจากความนิยมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ การแนะนำในการทำอาหารหรือใช้เครื่องปรุงรสจากสื่อ การอพยพเข้าไปทำงานของชาวต่างชาติ และการเพิ่มขึ้นของประชากรที่เป็นลูกครึ่งอเมริกันกับชาวต่างชาติ มีการคาดการณ์ว่าใน ปี 2010 จะมีประชากรลูกครึ่งอเมริกันเอเชียเพิ่มขึ้นมากกว่า 110% จึงทำให้ร้านอาหารเติบโตขึ้นตามความต้องการของผู้บริโภค (Raghavan, 2004) จากความนิยมใช้สมุนไพรปรุงรสอาหารดังกล่าว ทำให้หลายพื้นที่ในประเทศออสเตรเลีย หรือสหรัฐอเมริกาที่มีสภาพอากาศที่คล้ายคลึงกับทางเขตร้อนทางเอเชีย มีการปลูกเครื่องเทศและผักสมุนไพรเขตร้อน แต่ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ อีกทั้งมีคุณภาพของกลิ่นหรือรสชาติด้อยกว่าพืชที่มาจากถิ่นกำเนิดโดยตรง แต่การขนส่งพืชสมุนไพรสดไปยังประเทศผู้นำเข้ายังคงมีข้อจำกัดเนื่องจากปัญหาด้านการเน่าเสียและความเสียหายจากความไวต่อการสะท้านหนาวของพืชระหว่างการขนส่งและเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ (ธิติมา วงษ์ชีรี. 2551)

2.2 การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่มีผลกระทบต่อการสูญเสีย

เป้าหมายสุดท้ายของการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักคือผักมีคุณภาพและพร้อมจำหน่ายแก่ผู้บริโภคประกอบกับแนวบริโภคปัจจุบันเน้นบริโภคที่คุณภาพ ความปลอดภัย และได้มาตรฐานตามข้อกำหนด การจัดการก่อนการจำหน่ายตามความเหมาะสมของผักแต่ละชนิดจึงเป็นสิ่งที่ต้องกระทำ จริงแท้ ศิริพานิช. (2538) แนะนำขั้นตอนการเตรียมผลิตผลโดยทั่วไปให้พร้อมสำหรับการวางจำหน่ายประกอบด้วย 1) การรับผลิตผล 2)ทำความสะอาด 3) คัดเลือกมัดกำ 4) ป้องกันและกำจัดโรคและแมลง 5) เคลือบผิว 6) บรรจุหีบห่อ 7) ทำให้เย็น 8) เก็บรักษา และ 9) ขนส่ง ลำดับการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวนี้ไม่จำเป็นต้องปฏิบัติให้ครบทุกขั้นตอนขึ้นอยู่กับชนิดผลิตผลความต้องการตลาดและระยะทางขนส่ง ลำดับและความรวดเร็วในการใช้ขั้นตอนส่งผลต่อประสิทธิภาพการจัดการอายุ วิธีเก็บเกี่ยว การคัดเลือก มัดกำ บรรจุและบรรจุภัณฑ์ และการขนส่ง คือ ขั้นตอนหลักของการจัดการผักในประเทศไทย

2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

ผลิตผลสดภายหลังการเก็บเกี่ยวจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาและชีวเคมีต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลา ซึ่งมีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง ทั้งเกิดจากตัวผลิตผลเอง รวมถึงปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวข้อง ส่งเสริมให้ผลิตผลเสื่อมสภาพลง

2.3.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลต่อกระบวนการภายในผักและภายนอก อุณหภูมิสูงเร่งปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ ทำให้การหายใจและการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ เกิดขึ้นเร็วผักเสียหายง่าย ในทางตรงกันข้ามอุณหภูมิต่ำช่วยให้เก็บรักษาผักในสภาพเดิมได้นานขึ้น แต่บางกรณีอุณหภูมิต่ำก่อให้เกิดอันตรายได้โดยเฉพาะผักเขตร้อน อาจเกิดอาการผิดปกติที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (Chilling injury) หรือ CI Lange and Cameron. (1994) แนะนำให้เก็บรักษาใบโหระพาที่อุณหภูมิ 15 °C ถ้าเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ ใบโหระพาจะเกิดอาการสะท้านหนาว ในประเทศไทยสำนักงานจัดสิทธิเทคโนโลยี (มปพ.) รายงานว่าใบโหระพามีอายุการเก็บรักษา 6 วันเมื่อบรรจุในถุงพลาสติก PE เจาะรู และวางไว้ที่อุณหภูมิ 10-12 °C อายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 12 วันเมื่อบรรจุในฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชนิด active packaging สุภา การถาง. (2551) ทำการเก็บรักษาใบผักเหลียงที่อุณหภูมิ 4 8 12 °C พบว่าที่อุณหภูมิ 8 °C ผักมีอายุเก็บรักษานานสูงสุด 29 วัน รองลงมาที่ 4 °C และ 12 °C มีอายุการเก็บรักษา 27 วัน และยังไม่พบอาการผิดปกติของใบในแง่ของอาการ CI

2.3.2 ความชื้นสัมพัทธ์

ปริมาณความชื้นในอากาศหรือความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) มีผลต่อการสูญเสียน้ำของผัก การสูญเสียน้ำหนักสด 5% ของน้ำหนักเดิมในผักบางชนิดเป็นสาเหตุทำให้เสื่อมสภาพ ความชื้นในอากาศยังส่งผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (จริงแท้ ศิริพานิช. 2538) การสูญเสียน้ำหนักสดสูงสุดของผักกาดหอมเมื่อเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นที่ทำให้เกิดการไม่ยอมรับคุณภาพอยู่ที่ 3% หอมใหญ่อยู่ที่ 10% (Burton. 1982) การเก็บรักษาผักที่ความชื้นสัมพัทธ์อากาศค่อนข้างสูงทำให้ผักไม่เสียน้ำจากตัวไปให้บรรยากาศรอบ ๆ Paull, (1999) รายงานว่าที่อุณหภูมิ 0 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 95 และ 100% เก็บรักษากะหล่ำปลีได้นาน 60 และ 90 วันตามลำดับ สุภา การถาง, (2551) เพิ่มความชื้นโดยการพรมน้ำใบผักเหลียงก่อนบรรจุในถุงพลาสติกเจาะรู มีผลทำให้อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 29±2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 88±5% เท่ากับ 17 วันแต่เมื่อใส่สารดูดความชื้น (silica gel) ในถุงบรรจุผักเหลียงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ดังกล่าวทำให้อายุการเก็บรักษาเหลือ 5 วัน อย่างไรก็ตาม Paull, (1999) กล่าวว่าระหว่างการเคลื่อนย้ายผักจากแปลงปลูกสู่ตลาดปลายทางไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมบางประการ เช่นอุณหภูมิ และความชื้นให้มีความเฉพาะเจาะจงต่อผักทุกชนิดได้

2.3.3 การคายน้ำ

ผักและผลไม้ต้องคายน้ำอยู่ตลอดเวลา เพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ ประกอบกับปริมาณความชื้นภายในผลิตผล ที่มีสูงกว่าความชื้นของอากาศภายนอก น้ำภายในผักและผลไม้จึงพยายามเคลื่อนตัวออกสู่ภายนอกตลอดเวลา แม้ว่าผักและผลไม้จะมีโครงสร้างต่างๆ เช่น ชั้นของไข (wax) และคอร์ก (cork) ที่ปกคลุมผิวอยู่ เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ แต่ผักและผลไม้นั้นมักมีช่องเปิดที่ยอมให้น้ำและอากาศผ่านออกได้ เช่น ปากใบ (stoma) และช่องอากาศ (lenticel) รวมทั้งบาดแผลต่างๆ จึงทำให้มีการสูญเสียน้ำอยู่ตลอดเวลา ส่งผลให้น้ำหนักที่จะจำหน่าย และคุณภาพในการรับประทานลดลง โดยเฉพาะในแง่ของเนื้อสัมผัส (texture) คือ ทำให้ผักและผลไม้ไม่กรอบและผิวเหี่ยวย่น ถ้าเป็นผลิตผลที่มีพื้นที่ผิวมาก เช่น ผักรับประทานใบ จะเห็นอาการเหี่ยวได้ในเวลาอันสั้น จึงต้องป้องกันการสูญเสียน้ำให้มากที่สุด (สารานุกรมไทยฉบับเยาวชน, มปป.)

2.3.4 การหายใจ

เป็นกระบวนการเผาผลาญอาหารสะสมในรูปต่างๆ เช่น น้ำตาลหรือแป้งไปเป็นพลังงาน ทำให้อาหารสะสมลดลง ส่งผลให้คุณภาพในการบริโภคลดต่ำลง นอกจากนั้นพลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาในระหว่างการหายใจ ก็มีผลทำให้ผลิตผลมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเสื่อมสภาพเร็วขึ้นด้วย โดยทั่วไปผลิตผลที่เป็นส่วนของพืชที่กำลังเจริญเติบโต เช่น ยอดอ่อนของผักจะมีอัตราการหายใจสูง และผลิตผลที่อยู่ระหว่างการพักตัวมักมีอัตราการหายใจต่ำ เช่น หัวของมันชนิดต่าง ๆ ผลไม้ ส่วนใหญ่มีอัตราการหายใจระดับปานกลาง แต่ผลไม้บางชนิดเมื่อสุก จะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก และมีอัตราการหายใจเพิ่มมากขึ้นด้วย เช่น กล้วย มะม่วง ผลไม้ประเภทนี้ มีการสูญเสียมากและเก็บรักษาได้สั้นกว่าผลไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำและไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เช่น ส้ม ดังนั้นภายหลังการเก็บเกี่ยว จึงควรจัดให้ผักและผลไม้มีอัตราการหายใจต่ำที่สุด เท่าที่จะทำได้ (สารานุกรมไทยฉบับเยาวชน, มปป.)

2.4 ปัญหาการเก็บรักษาผักใบในอุณหภูมิต่ำ

เนื่องจากลักษณะทางคุณภาพที่สำคัญของผักใบสีเขียว คือการคงสภาพความสดเขียว แต่ผักกินใบสดมีพื้นที่สัมผัสกับอากาศมากและมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูง ภายหลังจากเก็บเกี่ยวจึงมีอัตราการคายน้ำและการหายใจสูง ทำให้พืชกินใบมีอายุการเก็บรักษาสั้น การใช้อุณหภูมิต่ำจึงเป็นวิธีการเบื้องต้นที่ใช้ในการชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช ลดการหายใจและการคายน้ำการใช้อุณหภูมิต่ำที่ได้ผล ต้องมีการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นมากกว่า 95% แต่ในผักเขตร้อนและสมุนไพร จะเกิดความเสียหายภายหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง (Wang, 2003) การเก็บเกี่ยวผักสมุนไพรสดเพื่อใช้ปรุงอาหาร (culinary herbs) จะตัดทั้งกิ่ง ในช่วงผักเกิดดอกอ่อน ซึ่งมีทั้งใบอ่อนและใบแก่ กลิ่นของผักสมุนไพรเป็นคุณสมบัติเฉพาะที่สำคัญของสมุนไพรใบสดต้องรักษาไว้ จึงยากต่อการปฏิบัติในการเก็บรักษาหรือการขนส่งรวมกับผลิตผลชนิดอื่น ใบสมุนไพรสดในสกุล Labiatae ได้แก่ savory, marjoram, thyme และ rosemary มีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาคุณภาพของผลผลิตที่ 0 องศาเซลเซียส (°C) แต่ใบโหระพาแสดงอาการสะท้านหนาว เกิดลักษณะจุดช้ำฉ่ำน้ำ จากนั้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแห้งดำ โดยเฉพาะบริเวณฐานและปลายใบ ใบจะเหี่ยวอย่างรวดเร็วและสูญเสียความมันวาวของใบ ลำต้นมีสีซีดจางหรือเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และสูญเสียกลิ่นรส ภายหลังจากเก็บใบโหระพาไว้ที่ 0 °C เพียง 1 วัน อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาที่ 5-10 °C นาน 3 วัน ยังพบความเสียหายในระดับปานกลาง หลังจากเก็บรักษา 3 วัน อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บใบโหระพาสดคือ 12 °C โดยมีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุดเฉลี่ย 12 วัน (Aharoni, et al. 1993; Lange and Carmeron, 1994; Cantwell and Reid, 2002) สำหรับโหระพาไทย (Thai basil) ที่ปลูกในออสเตรเลียมีความไวต่อการ CI มากกว่าโหระพาพันธุ์ยุโรป ใบโหระพาเกิดแผลสีดำ และเน่าเสีย ถึงแม้ว่าจะเก็บรักษาไว้ที่ 12 °C ก็ยังพบอาการ CI หลังจากเก็บไว้นาน 1 สัปดาห์ และมีอาการรุนแรงขึ้น หลังจากย้ายไปเก็บที่ 15 °C นาน 2 วัน โหระพาที่ปลูกในเขตร้อนยิ่งมีความไวต่ออาการ CI มากขึ้น การเก็บรักษาใบโหระพา โดยบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนที่ 7-12 °C ยังคงเกิดความเสียหาย และพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาคือ 15 °C โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 2 สัปดาห์ ลักษณะของความเสียหายที่พบคือ เนื้อเยื่อระหว่างเส้นใบบริเวณใกล้กิ่งกลางใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และเปื่อยเน่า (Thomson, et al. 2001;

Penchaiya, 2003) ส่วนผักใบเขียวและสมุนไพรเขตร้อนชนิดอื่น มีลักษณะอาการ CI คล้ายกัน และมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาใกล้เคียงกันกับพืชสกุลกะเพรา ได้แก่ ใบปอกระเจา พบว่า บริเวณ ยอดอ่อน ใบและลำต้นที่แก่ เกิดสีน้ำตาลเข้มเป็นจุด ๆ และขยายใหญ่ทั่วพื้นที่ ภายหลังจากเก็บรักษาที่ 1 และ 8 °C นาน 11 และ 13 วัน (Tulio, et al. 2002) ในผักบุ้งเกิดจุดสีน้ำตาลที่ปลายใบอ่อนและลำต้น ภายหลังจากเก็บรักษาที่ 9 °C สารประกอบที่เกี่ยวข้องได้แก่ กรดคลอโรจินิก และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องพบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้นสูงสุดก่อนปรากฏอาการ CI (Ose, et al. 1995)

2.5 อาการสะท้านหนาว (CI) และสาเหตุการเกิดอาการสะท้านหนาว

อาการสะท้านหนาว (chilling injury) หรือ CI หมายถึง การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเมื่อพืชสัมผัสกับอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤตแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็งโดยทั่วไปมักเกิดขึ้นกับพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนและกึ่งร้อน CI สามารถเกิดได้ตั้งแต่ในแปลงปลูก ระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษาร้านขาย หรือแม้แต่เก็บในตู้เย็นที่บ้าน (Morris, 1982) อุณหภูมิวิกฤต (threshold temperature) เป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่เมื่อเก็บรักษาพืชนั้นแล้วจะไม่เกิด CI ซึ่งอุณหภูมิวิกฤตนี้จะมาใช้เป็นพื้นฐานเพื่อบอกถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม หรืออุณหภูมิที่แนะนำในการเก็บรักษาพืชที่ไว (sensitive) ต่ออุณหภูมิต่ำ การเก็บรักษาพืชในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤตเป็นระยะเวลานานทำให้อาการ CI ปรากฏขึ้น นอกจากนั้นอุณหภูมิวิกฤตของพืชแต่ละชนิดยังแตกต่างไปขึ้นอยู่กับพันธุ์และวัย โดยทั่วไปแล้วผลิตผลที่อายุมากจะไวต่ออุณหภูมิต่ำ มากกว่าผลผลิตอายุน้อย (Paull, 1990) การศึกษาเกี่ยวกับการเกิด CI มีการบันทึกครั้งแรกในปี คศ. 1778 Bietkander พบว่ามีพืชหลายชนิดตายเมื่อมีการนำไปไว้ที่อุณหภูมิ 1-2 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิเหนือจุดเยือกแข็งและต่อมาได้มีนักวิทยาศาสตร์ศึกษาพบลักษณะเช่นเดียวกันในพืชอีกหลายชนิด รวมทั้งพืชในเขตร้อน ต่อมา Molisch ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า chilling injury (CI) (Erkälturn) เป็นคนแรก (Levitt, 1980) ในอดีตจนถึงปัจจุบัน มีแนวคิดว่า การเกิด CI ในเซลล์พืชมีสาเหตุเริ่มต้นมาจากสาเหตุหรือเหตุการณ์เดียว โดยพิจารณาจากเกิดเหตุการณ์แรก (primary event) เมื่อเซลล์พืชได้รับอุณหภูมิวิกฤต (critical temperature) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นสามารถเกิดย้อนกลับได้ (reversible) ถ้านำพืชกลับสู่สภาพเดิมหรือออกจากอุณหภูมิดังกล่าวก่อนเกิดเหตุการณ์หลัง (secondary event) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีอย่างมาก และไม่สามารถกลับสู่สภาพเดิม และนำไปสู่การเสื่อมสภาพหรือการตายของเซลล์ (Raison and Orr, 1990) การพิสูจน์หาสาเหตุเบื้องต้นเพื่ออธิบายอาการ CIซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในตอนหลัง บางกรณีอาจไม่สอดคล้องกัน เนื่องจากถ้าสาเหตุเริ่มต้นมีความแตกต่างกัน แต่ถ้ากลไกทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในตอนหลัง เช่น การเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ไม่มีความแตกต่างกัน อาจทำให้การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงเกิดความเสียหายใกล้เคียงกัน ดังนั้นการศึกษาเรื่องการเกิดอาการ CI จึงต้องวัดสิ่งที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์แรกเริ่ม เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงจนถึงเหตุการณ์สุดท้าย เมื่อ CI ปรากฏขึ้น (จริงแท้ ศิริพานิช. 2549)

ภาพที่ 2.3 ลักษณะการเกิดอาการสะท้านหนาวในกะเพรา

ภาพที่ 2.4 ลักษณะอาการสะท้านหนาวที่พบในแมงลัก

2.6 การควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาว

2.6.1 การใช้อุณหภูมิสูง (heat treatment)

การเก็บรักษาผลผลิตไว้ที่สภาพอุณหภูมิสูงก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อให้ผลิตผลเกิดการปรับตัวต่อความต้านทานอุณหภูมิต่ำ ซึ่งได้มีสันนิษฐานว่าในช่วงเวลาของการปรับสภาพแวดล้อม พืชอาจมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของไขมันในเยื่อหุ้มและอาจมีการสร้างสารที่ทำให้มีความต้านทานต่ออุณหภูมิต่ำ (Wang, 1993) นอกจากนั้นการได้รับอุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลาสั้นๆ (heat shock) ก็สามารถช่วยทำให้ผลิตผลคงสภาพดีในอุณหภูมิต่ำได้เช่นกัน ผลอโวคาโดเก็บที่อุณหภูมิ 6 หรือ 8 องศาเซลเซียส นาน 3-5 วัน (Hofman, et al. 2003) หรือ จุ่มในน้ำร้อน 38 °C นาน 1 ชั่วโมง (Woolf, 1997) จะสามารถลดอาการสะท้านหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ ผลมะเขือเทศที่แช่ในน้ำอุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที สามารถลด CI ได้เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส (นันทวุฒิ อิ่มศูนย์ และ ดนัย บุญยเกียรติ. 2546) โดยทั่วไปการให้อากาศร้อนหรือการได้รับความร้อนในระยะเวลาสั้น ๆ จะกระตุ้นให้มีการสร้าง heat shock protein ซึ่งจะช่วยให้โปรตีนยังคงสภาพเดิมไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้สามารถทำงานได้อย่างปกติ จึงทำให้พืชสามารถทนต่อสภาวะเครียดต่าง ๆ ได้ (Sabehatal, et al. 1998; Wang, et al. 2004)

2.6.2 การใช้อุณหภูมิสลับ (intermittent warming)

โดยการเพิ่มอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาผลิตผลชั่วคราวแล้วลดอุณหภูมิลงต่ำอีกครั้ง สามารถลดอาการสะท้านหนาวได้ในพืชหลายชนิด คาดว่าอาจมีการกำจัดสารพิษหรือ ยับยั้งการสะสมของสารพิษที่เกิดในอุณหภูมิต่ำ (Wang, 1993) อุณหภูมิสูงที่ได้รับนี้ต้องได้รับก่อนเกิดอาการ CI ที่ไม่สามารถทำให้กลับคืนได้ ถ้าได้รับอุณหภูมิสูงหลังจากเกิดอาการ CI แล้ว อุณหภูมิสูงจะไปเร่งให้เกิดความผิดปกติได้เร็วขึ้น นอกจากนั้นถ้าได้รับอุณหภูมิสูงเร็วเกิน และ บ่อยมากไป ทำให้เนื้อเยื่ออ่อนแอ จะง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรค วีรินทร์ อันทะแขก (2535) พบว่า การให้อุณหภูมิ 10 °C สลับกับอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิ 10 °C สลับกับอุณหภูมิ 20 °C ทุก 4 วัน สามารถลดอาการ CI ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

2.6.3 การปรับองค์ประกอบของบรรยากาศในระหว่างการเก็บรักษาผลิตผล

การลดปริมาณออกซิเจนลงและ/หรือเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น วิธีการนี้จะไปลดการหายใจและการผลิตเอทิลีน รวมทั้งลดการสูญเสียความแน่นเนื้อของผลิตผล และยังสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้ด้วย การเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ โดยเก็บรักษาในสภาพที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูง และออกซิเจนต่ำ สามารถลดการเกิด CI ได้ (Ali, et al.b2004) คาดว่าสภาพที่ออกซิเจนต่ำไปลดอัตราการหายใจและลดการผลิตเอทิลีน ซึ่งวิธีการปรับองค์ประกอบของบรรยากาศในการเก็บรักษา สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเคลือบผิวผลอะโวคาโดที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิว (6%) แล้วบรรจุถุงพลาสติก จะชะลอการเกิด CI ได้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 °C (Baskaran, et al. 2002) การห่อหุ้มผลิตผลด้วยฟิล์มพลาสติก การห่อหุ้มผลพริกหวานด้วยฟิล์มยืด polyvinyl chloride (PVC) และ linear low density polyethylene (LLDPE) สามารถชะลอการเกิด CI ได้ (ศิริลักษณ์ วุฒิกุล. 2538) และการใช้ low density polyethylene (LDP) ห่อผลสามารถชะลออาการ CI ของพริกหวานได้ด้วย (Gonzalez-Aguilar, et al. 2000) ส่วนการบรรจุถุงพลาสติกสามารถลดอาการ CI ได้ พริกหวานเก็บรักษาในถุงพลาสติกมีอาการ CI น้อยลง (Meir, et al.1995)

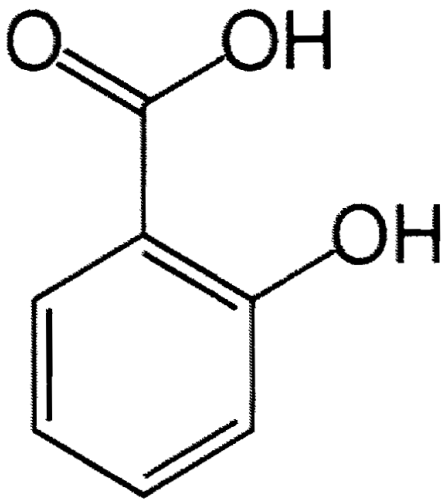
มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เก็บรักษาในถุง polypropylene (PP) ที่เจาะรูเข็มหมุด 8 และ 12 รู เกิดอาการ CI ได้น้อยลง (มาโนชญ์ กูลพฤกษี. 2534)

2.6.4 การใช้สารเคมี

ปัจจุบันมีการใช้สารเคมีเพื่อควบคุม ยับยั้ง การเกิดอาการ CI ผลิตผลซึ่งมีอยู่หลายชนิด เช่น Diphenylamine มีรายงานว่าสามารถลดอาการ CI ที่เกิดขึ้นในพริกหวานได้ (Purvis, 2002) โดยคาดว่าสารนี้มีคุณสมบัติเป็น antioxidant ที่กำจัดอนุมูลอิสระ และยับยั้งกระบวนการหายใจในขั้นตอนการส่งผ่านอิเล็คตรอน (Purvis and Gegogeine, 2003) Methyl jasmonate jasmonate เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่พบในพืช ควบคุมพัฒนาการในพืชและตอบสนองต่อสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป โดยเป็นโมเลกุลส่งสัญญาณภายในพืชที่เกี่ยวกับการตอบสนองต่อสภาวะเครียด (Wasternack, 2004) methyl jasmonate เป็นสารที่เกิดจากการออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยเอนไซม์ lipoxygenase (González-Aguilar, et al. 2006) และกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่ควบคุม alternative oxidase ทำให้ลดปริมาณอนุมูลอิสระส่งผลให้อาการ CI ลดลง (Meir, et al. 1996 ; Diang, et al. 2001 ; Fung, et al. 2004) 1-Methyl cyclopropene (1-MCP) เป็นสารยับยั้งการตอบสนองของเนื้อเยื่อต่อเอทิลีนโดยเข้าจับกับตัวรับเอทิลีนอย่างถาวร ในบางพืชพบว่าเมื่อเกิดอาการ CI จะมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงสามารถใช้ 1-MCP ลดอาการ CI ได้ (Watkins, 2006) แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) แคลเซียมช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับผนังเซลล์ (จริงแท้ ศิริพานิช. 2542) การให้อากาศร้อนที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 ชั่วโมงแล้วแช่ผลในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ นาน 30 นาที สามารถลดการเกิดอาการ CI ในผลละมุดได้ (อนันต์ จิตรธรรม และคณะ. 2545) การให้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.3 กรัมต่อผลทุก 2 สัปดาห์ สามารถลดอาการ CI ในสับปะรดพันธุ์ Mauritius ได้ (Hewajulige, et al. 2006)

2.7. การรักษาคุณภาพผลผลิตโดยใช้กรดซาลิไซลิก

กรดซาลิไซลิก (salicylic acid) เป็นสารที่พืชสามารถสังเคราะห์ได้เอง จัดอยู่ในกลุ่มสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชมีโครงสร้างดังแสดงใน ภาพที่ 2.4 และพืชสามารถถูกกระตุ้นให้สังเคราะห์เพิ่มขึ้นได้ในสภาพที่เกิดความเครียดเนื่องจากสิ่งมีชีวิต (biotic stress) และสิ่งไม่มีชีวิต (abiotic stress) อีกทั้งมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดสัญญาณทำให้พืชสามารถปรับตัวได้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Senaratna, et al. 2000)

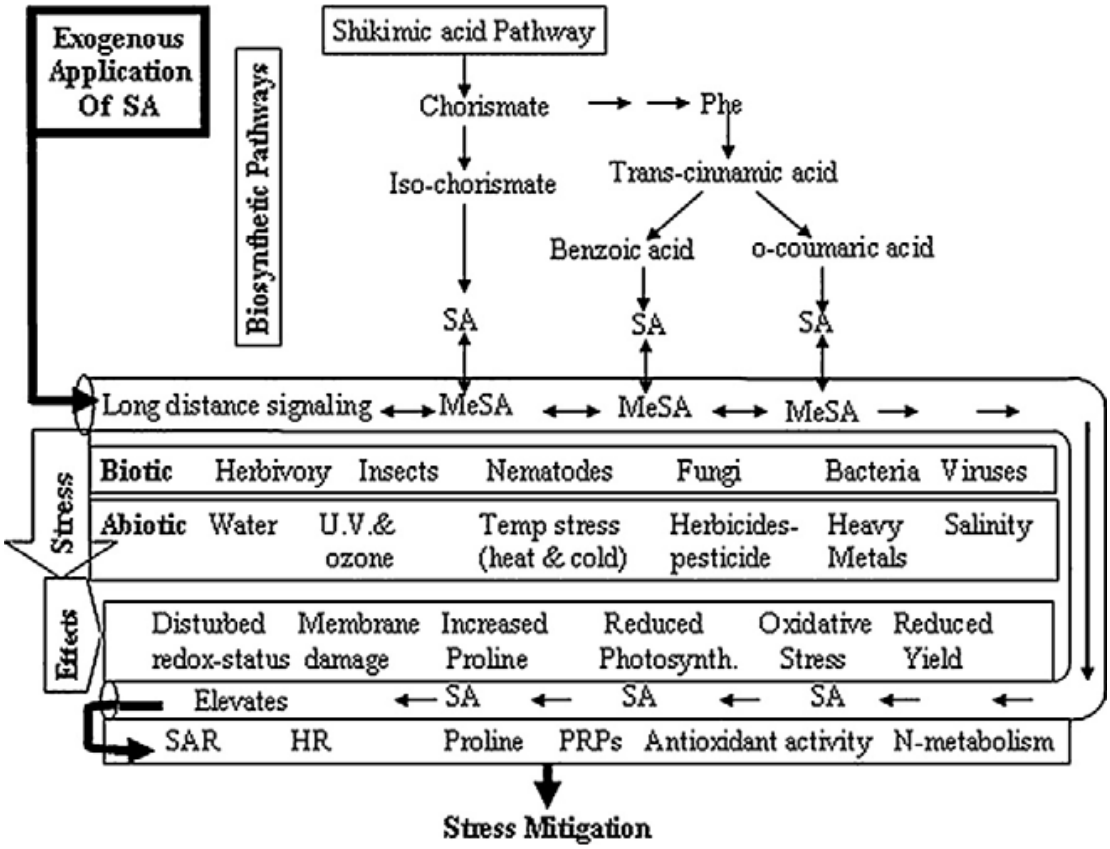


ภาพที่ 2.6 สูตรโครงสร้างทางเคมีของกรดซาลิไซลิก

กระบวนการสังเคราะห์ salicylic acid ในพืช มีการเสนอในวิถี Shikimic acid โดย Raskin (1992) เสนอว่าในการสังเคราะห์ cinnamic acid ซึ่ง cinnamic acid จะสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็น salicylic acid ได้โดย salicylic acid ถูกสังเคราะห์จาก chorismate โดยผ่านขั้นตอนไปเป็น iso-chorismate โดยการทำงานของเอนไซม์ isochorismatesynthase จากนั้นมีเอนไซม์ isochorismate pyruvate lyase ทำหน้าที่เปลี่ยน iso-chorismate ไปเป็น salicylic acid และนอกจากการสังเคราะห์ salicylic acid ตามวิถีดังกล่าวแล้ว salicylic acid ในพืชยังสามารถสังเคราะห์ได้จาก Phenylalanine (Phe) โดย Phe ถูกเปลี่ยนเป็น trans-cinnamic acid โดยเอนไซม์ Phenylalanine ammonialyase (PAL) แล้ว trans-cinnamic สามารถเปลี่ยนไปเป็น benzoic acid โดยการทำงานของเอนไซม์ benzoic-acid-2-hydroxylase และเปลี่ยนไปเป็น o-coumaric acid โดยเอนไซม์ trans-cinnamate-4-hydroxylate ก่อนที่จะได้ salicylic acid Hayat, et al. (2010) ได้สรุปแบบจำลองการสังเคราะห์ salicylic acid ไว้ดังแสดงในภาพที่ 2.5

การทำงานของ salicylic acid (Action of salicylic) salicylic acid จากภายนอก จะมีการส่งสัญญาณจากระยะไกลส่งต่อไปยังสาร methyl salicylic ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของสาร salicylic acid ในรูปที่ทำงานไม่ได้ แต่สามารถเคลื่อนที่ในท่อลำเลียงอาหาร และถูกส่งต่อไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชจากเนื้อเยื่อส่วนที่ได้รับผลกระทบจากสภาพเครียดที่ถูกกระตุ้นจากสิ่งมีชีวิต (biotic stress) ได้แก่ สัตว์กินพืช แมลง ไส้เดือน เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส และผลกระทบจากสภาพเครียดที่ถูกกระตุ้นจากสิ่งไม่มีชีวิต (abiotic stress) ได้แก่ น้ำ แสงอัลตราไวโอเลต อุณหภูมิสูงและต่ำ สารกำจัดวัชพืชและแมลง โลหะหนัก และความเค็ม ซึ่ง methyl salicylic จากเนื้อเยื่อที่ได้รับสภาพเครียดต่าง ๆ เหล่านี้สามารถเคลื่อนย้ายส่งไปยังเนื้อเยื่อที่อยู่ในสภาวะปกติ และเปลี่ยนกลับไปอยู่ในรูปสาร salicylic acid อีกครั้ง เพื่อกระตุ้นระบบการป้องกันตนเองของพืชทั้งแบบการป้องกันตนเองโดยการฆ่าตัวเองของเซลล์ (Hypersensitive reaction; HR) และระบบ Systemic acquired resistance (SAR) ซึ่งเป็นระบบการป้องกันตนเองของพืชแบบหนึ่งโดยกระตุ้นให้มีการผลิตโปรตีนหรือสารเคมีที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อโรคได้ นอกจากนี้บริเวณเนื้อเยื่อพืชที่มี salicylic acid

ยังสามารถกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์สารทุติยภูมิชนิดต่างๆ เช่น กลุ่มของปริมาณรวมสารต้านอนุมูลอิสระ (total antioxidant capacity) หรือเอนไซม์ในระบบการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ เอนไซม์ catalase, peroxidase และ superoxide dismutase ซึ่งจะเข้ามาช่วยในกระบวนการกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดจากสภาพเครียดต่าง ๆ ของพืช ตลอดจนช่วยลดอันตรายและความเสียหายที่จะเกิดขึ้น (Hayat, et al. 2010)



ภาพที่ 2.7 แบบจำลองการสังเคราะห์กรดซาลิไซลิก
ที่มา : Hayat et al. (2010)

2.7.1 การเปลี่ยนแปลงสี (Color change)

Wei, et al. (2011) รายงานว่า salicylic acid ช่วยชะลอการสลายตัวของ chlorophyll ในหน่อไม้ฝรั่งซึ่งระดับความเข้มข้นที่แนะนำให้ใช้กับหน่อไม้ฝรั่งอยู่ที่ 0.1 mmol.L^{-1} หากใช้ระดับความเข้มข้นมากกว่า 1.0 mmol.L^{-1} จะส่งผลทำให้คุณภาพด้านสีด้อยลง คือ หน่อไม้ฝรั่งจะมีสีเขียวซีดผิดปกติไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ส่วนในผลทับทิม Sayyari, et al. (2011) แนะนำให้ใช้ salicylic acid ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 mM ยังคงลักษณะคุณภาพด้านสีไว้ได้ไม่เปลี่ยนแปลงและไม่เกิดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่เปลือก ในขณะที่ผลทับทิมชุดควบคุมบริเวณผิวของผลเกิดจุดสีน้ำตาล (pitting) ระหว่างการเก็บรักษานาน 84 วัน ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส

2.7.2 ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compounds)

ปัจจุบันการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวไม่ใช่แต่คำนึงถึงคุณภาพภายนอกของผลผลิตเท่านั้น แต่ยังต้องคำนึงถึงว่าทำอย่างไรจึงจะรักษาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญและเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคไว้ได้นานที่สุดในระหว่างการเก็บรักษา โดยเฉพาะสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในกลุ่มต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งพบว่าสาร salicylic acid ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของระบบการต้านอนุมูลอิสระในพืช (Knorzer, et al. 1999) ส่วนสาร salicylates ที่พืชสร้างขึ้นเอง เช่นในผักหรือผลไม้ถือว่าเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิดหนึ่งที่มีผลต่อการรักษาสุขภาพของผู้บริโภคโดยบริโภคได้อย่างปลอดภัยในปริมาณที่เหมาะสม (Hooper and Cassidy, 2006) สำหรับการศึกษาผลของสาร salicylic acid จากการให้จากภายนอก อาทิเช่น ในหน่อไม้ฝรั่งพบว่าสาร salicylic acid ช่วยให้หน่อไม้ฝรั่งมีปริมาณรวมของสารฟลาโวนอยด์และสารฟีนอลิกเพิ่มขึ้นอีกทั้ง มีปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระมีอยู่ในปริมาณมาก ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติในการต้านการเกิดโรคมะเร็งและช่วยยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งได้ (Wei, et al. 2011) เช่นเดียวกับที่พบในผลทับทิมที่สาร salicylic acid มีผลต่อการรักษาปริมาณรวมสารฟีนอลิก สารแอนโธไซยานิน ปริมาณกรดและน้ำตาลรวมทั้งปริมาณรวมสารต้านอนุมูลอิสระที่ศึกษาแยกในชั้น hydrophilic และ lipophilic ให้คงปริมาณสูงในระหว่างการเก็บรักษา (Sayyari, et al. 2011) ส่วนในผลกีวีการให้ salicylic acid จากภายนอกยังช่วยรักษาระดับสาร endogenous salicylic acid ภายในผลที่สร้างขึ้นเองได้อีกด้วย (Zhang, et al. 2003) นอกจากนี้ Hung, et al. (2007) พบว่า การให้ salicylic acid ในผลส้มก่อนเก็บรักษาทำให้เนื้อส้มมีปริมาณ ascorbic acid อยู่สูง เนื่องจากสาร salicylic acid ไปลดกระบวนการ catabolism มีผลต่อการเปลี่ยนรูปของ ascorbic acid ไปอยู่ในรูป dehydroascorbate (DHAA) มากขึ้นในขณะที่องุ่นที่ให้สาร salicylic acid จะกระตุ้นให้ Ca^{2+} ภายในผลมีการเคลื่อนที่จากแวคิวโอลและช่องว่างระหว่างเซลล์ไปยังไซโตพลาสซึม ซึ่ง Ca^{2+} ที่อยู่บริเวณไซโตพลาสซึมนี้จะกระตุ้น Ascorbate-Glutathionecycle มีผลให้เกิดการสะสม glutathione และ ascorbic acid มากขึ้น (Wang and Li, 2006)

2.7.3 อาการผิดปกติทางสรีรวิทยา (Physiological disorders)

จริงแท้ ศิริพานิช (2549) ได้กล่าวไว้ว่า อาการผิดปกติทางสรีรวิทยาของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวนั้นเป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลทำให้ผลผลิตสูญเสียมูลค่าทางการตลาดเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่แล้วมักเกิดจากการจัดการผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสม เช่น ความเสียหายที่เกิดขึ้น เนื่องจากผลิตผลได้รับอุณหภูมิสูงเกินไป (Heat injury) อาจเกิดขึ้นเนื่องจากปล่อยให้ผลิตผลได้รับแสงแดดโดยตรง หรือได้รับความร้อนสูงระหว่างขั้นตอนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การใช้ Hot treatment ทำให้ผิวไหม้หรือสีจางลง สุกไม่สม่ำเสมอ หรือเกิดอาการผลนิ่ม ความผิดปกติทางสรีรวิทยาของพืช อาจเกิดขึ้น จากการได้รับธาตุอาหารบางชนิดไม่เพียงพอใน ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว เช่น อาการ blossom end rot ในมะเขือเทศ และอาการไส้ขมในแอปเปิล หรือการปล่อยให้บรรยากาศที่เก็บรักษาผลิตผลมีปริมาณ O^2 ต่ำเกินไป (ต่ำกว่า 1%) หรือ ได้มีปริมาณ CO_2 ที่สูงเกินไป (มากกว่า 20%) สามารถทำให้เกิดความผิดปกติทางสรีรวิทยาได้เช่นกันสำหรับการศึกษาผลของ salicylic acid ที่มีผลต่อการลดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่มีประเด็นการศึกษามากที่สุด คือ ในแง่ของการลดอาการสะท้านหนาว (Chilling injury) ซึ่งเกิดจากการเก็บรักษาผลิตผลไว้ในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมมักเกิดขึ้น กับพืชเมืองร้อนหรือพืชกึ่งร้อน ที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิต่ำกว่าจุดวิกฤตแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง ความเสียหายอาจปรากฏออกมาในลักษณะของการเปลี่ยนสีของผิว

หรือเนื้อผลเป็นสีน้ำตาลหรือจุดสีดำ การสุกไม่สม่ำเสมอภายในผลเดียวกัน หรือลักษณะการสุกที่ผิดปกติ หรือในผลผลิตบางชนิดมีรสชาติผิดปกติไป อาจมีผลทำให้ผลิตผลอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งนี้ขึ้น อยู่กับชนิดและพันธุ์ของผลิตผลเป็นหลัก

มีการศึกษาผลของ salicylic acid ที่มีต่อการลดอาการ CI ในผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่งานวิจัยของ Ding, et al. (2002) ศึกษาการใช้สาร salicylic acid ที่ระดับความเข้มข้น 0.01-0.5 mM โดยวิธีการรมผลมะเขือเทศในระยะผลบริบูรณ์สีเขียวนาน 16 ชั่วโมงและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่ากระตุ้นให้ผลมีการสร้างโปรตีนบางชนิดที่พืชทั่วไปจะสร้างขึ้นเมื่ออยู่ในสภาวะเครียด มีผลทำให้มะเขือเทศมีความต้านทานต่อการเกิดอาการ CI ได้มากขึ้น การศึกษาในผลท้อโดย Cao, et al. (2010) พบว่า การใช้ salicylic acid ที่ความเข้มข้น 1 mM ร่วมกับการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 0 องศาเซลเซียส สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่เนื้อผลท้อ และช่วยกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ในกลุ่มต้านอนุมูลอิสระได้แก่ เอนไซม์ superoxide dismutase, catalase, ascorbate peroxidase และ glutathione reductase ขณะที่สามารถลดกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase ทำให้เนื้อเยื่อเกิดกระบวนการ lipid peroxidation น้อยลง นอกจากนียังมีการศึกษาการใช้สาร salicylic acid เพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากการเกิดอาการ CI ในหน่อไม้ พบว่า เมื่อนำหน่อไม้จุ่มลงในสาร salicylic acid ความเข้มข้น 1.0 mM นาน 15 นาที สามารถชะลอการเกิดอาการ CI ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสได้นานถึง 50 วัน รวมทั้งช่วยชะลอการเกิดโรคและการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ และมีผลลดกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล ได้แก่เอนไซม์ PPO และเอนไซม์ PAL (Luo, et al. 2012) สำหรับการศึกษาในดอกหน้าวัวตัดดอก 5 สายพันธุ์ของ Promyou, et al. (2012) ได้เสนอแนวทางใหม่ในการยืดอายุการเก็บรักษา และป้องกันการเกิดอาการ CI โดยใช้ salicylic acid ความเข้มข้น 2.0 mM โดยใช้วิธีการจุ่มทั้งก้านดอกนาน 15 นาที มีประสิทธิภาพในการลดอาการ CI และมีผลทำให้เอนไซม์ catalase และ superoxide dismutase มีกิจกรรมสูงขึ้นและช่วยกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในเนื้อเยื่อจานรองดอก รวมทั้งคงสภาพเยื่อหุ้มเซลล์จานรองดอกหน้าวัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.7.4 การชราภาพและอายุการเก็บรักษา (Senescence and shelf life)

การชะลอการชราภาพและยืดอายุการเก็บรักษาเป็นอีกบทบาทหนึ่งของ salicylic acid ที่มีการรายงานดังเช่นการศึกษาในผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่จุ่มด้วย salicylic acid ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 mM สามารถรักษาคุณภาพของผลผลิต ลดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี โดยมีผลในการชะลออัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอทิลีน และเพิ่มกิจกรรมเอนไซม์ superoxide dismutase และ catalase ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่มการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้จุ่ม salicylic acid ทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ได้นาน 25 วัน (สุวรรณา บุญญาวงษ์ และคณะ. 2550) salicylic acid ยังสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาดอกหน้าวัวไห้นานขึ้น จากดอกหน้าวัวที่ไม่ได้ให้ salicylic acid ซึ่งจะมีอายุการเก็บรักษาเพียง 15 วัน แต่เมื่อให้ salicylic acid ที่ระดับความเข้มข้น 2.0 mM โดยจุ่มดอกหน้าวัวทั้งก้านดอกนาน 15 นาที ทำให้ดอกหน้าวัวมีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 25 วัน โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีจานรองดอก คงความสดและลดการสูญเสียน้ำหนักของดอกทำให้มีอายุการวางจำหน่ายยาวนานขึ้น (สุรัสวดี พรหมอยู่. 2554) ทั้งนี้เป็นเพราะ salicylic acid มีผลยับยั้งการเปลี่ยนสาร 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) ไปเป็นเอทิลีนโดยลดกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ ACC oxidase

และช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของผลผลิต (Leslie and Romani, 1988) และการศึกษาการใช้สาร salicylic acid กับดอกกุหลาบโดยการพ่นให้กับต้นกุหลาบที่ปลูกในสภาพโรงเรือน พบว่า salicylic acid ช่วยยืดอายุการปักแจกันของกุหลาบตัดดอก ชะลอการเสื่อมสภาพ ลดการสูญเสียน้ำหนักสด และรักษาสมดุลของน้ำ หลังจากตัดดอกและเก็บรักษาได้นานขึ้นจากกุหลาบตัดดอกปกติที่ไม่ได้ให้สาร salicylic acid เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส มีอายุการปักแจกัน 50 วัน ขณะที่ต้นกุหลาบที่ได้รับ salicylic acid ความเข้มข้น 50 uM มีอายุการปักแจกันนานขึ้น ถึง 90 วัน (Alaey, et al. 2011) ในไม้ตัดดอกแกลดิโอลัสสายพันธุ์ wing's sensation ที่แช่ในสารละลาย salicylic acid ความเข้มข้น 150 ppm เกิดการเสื่อมสภาพของกลีบดอกเกิดขึ้นช้ากว่าชุดควบคุมและมีอายุการปักแจกันนาน 8 วัน (Hatamzadeh, et al. 2012)

2.8 กรดออกซาลิก (Oxalic acid) กับผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว

กรดออกซาลิก มีชื่อวิทยาศาสตร์ Oxalic acid ชื่อทางการค้า Ethanedioic acid, Ethenedionic acid, Dicarboxy acid สูตรโมเลกุล $H\text{-}O_2\text{-}C\text{-}C\text{-}O_2\text{-}H$ น้ำหนักโมเลกุล 90.04 มีผลึกเป็นแบบ Monoclinic หรือ rhombic Hygroscopic ผลึกมีสีขาว ไม่มีกลิ่น จุดหลอมเหลว 190 ^{o}C ความถ่วงจำเพาะ 1.900 ที่ 17 ^{o}C ความดันไอ 0.001 mmHg ที่ 20 ^{o}C pH 1.3 ที่สารละลายความเข้มข้น 0.1 โมล ความสามารถในการละลายน้ำได้ 10% ละลายในตัวทำละลายพวก แอลกอฮอล์ กลีเซอรอล อีเทอร์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น ไม่ละลายในคลอโรฟอร์ม เบนซีน และปิโตรเลียมอีเทอร์

กรดออกซาลิก เป็นกรดอินทรีย์ธรรมชาติที่มีอยู่ในพืช มีรายงานว่า กรดออกซาลิกอาจมีบทบาทในการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม ความเครียด และการตายของเซลล์ในพืช (Liang, 2009) ยิ่งไปกว่านั้น การใช้กรดออกซาลิกสามารถเพิ่มความต้านทานต่อการบาดเจ็บจากอาการ CI และช่วยรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของลูกพลัมและผลทับทิม (Sayyari, et al. 2010; Wu, et al. 2011; Zheng, et al. 2007) มีความสามารถต้านทานอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น (Ding, 2007 ; Sayyari, et al. 2012) เมื่อเร็วๆนี้ ผลของการใช้กรดออกซาลิกช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเมมเบรนในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์การเกิดสีน้ำตาลและรักษาระดับของสารออสโมติก ยังได้รับการพิจารณาว่าช่วยยับยั้งการเกิดอาการสะท้านหนาวในมะม่วงในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ^{o}C (Xue, et al. 2012)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในผักสกุล *Ocimum spp.* มีลักษณะอาการสะท้านหนาวที่พบระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำคือ เกิดลักษณะจุดช้ำฉ่ำน้ำ จากนั้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแห้งดำ โดยเฉพาะ บริเวณฐานและปลายใบ ใบจะเหี่ยวอย่างรวดเร็วและสูญเสียความมันวาวของใบ ลำต้นมีสีซีดจาง หรือเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และสูญเสียกลิ่นรส ภายหลังจากเก็บใบกะเพราไว้ที่ 0 ^{o}C เพียง 1 วัน อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาที่ 5-10 ^{o}C นาน 3 วัน ยังพบความเสียหายในระดับปานกลาง หลังจากเก็บรักษา 3 วัน อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาคือ 12 องศาเซลเซียส โดยมีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุดเฉลี่ย 12 วัน (Aharoni et al., 1993 : 70)

การศึกษาผักกะเพราในไทย พบว่า มีความไวต่อการสะท้านหนาวมากกว่ากะเพราพันธุ์ยุโรป แม้ว่าจะเก็บรักษาไว้ที่ 12 °C ซึ่งกะเพราที่ปลูกในเขตร้อนยิ่งมีความไวต่ออาการสะท้านหนาวมากขึ้น การเก็บรักษาใบกะเพรา โดยบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนที่ 7-12 °C ยังคงเกิดความเสียหาย และพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาคือ 15 °C โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 2 สัปดาห์ ลักษณะของความเสียหายที่พบคือ เนื้อเยื่อระหว่างเส้นใบบริเวณใกล้กึ่งกลางใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และเน่าเปื่อย (Thomson et al., 2001:53)

ความไวต่ออาการสะท้านหนาวในพืชสกุลกะเพรามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในระหว่างสายพันธุ์โดยใบแมงลักมีความไวต่ออุณหภูมิต่ำมากที่สุด รองลงมาได้แก่ใบกะเพรา และโหระพามีความไวต่ออุณหภูมิต่ำน้อยที่สุด ความรุนแรงของการเกิดอาการสะท้านหนาว มีผลต่อการสูญเสียคุณภาพทางกลิ่นหรือเกิดกลิ่นผิดปกติ โดยพบว่าใบโหระพาที่มีความไวต่ออาการ CI น้อยกว่ามีกลิ่นใบคงที่ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเกิดอาการ CI เป็นปัญหาสำคัญที่พบในผักเศรษฐกิจกลุ่มนี้ในช่วงระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษา (Hatamazadeh et al., 2012 : 54)

พืชสกุลกะเพราะมีการพัฒนาอาการสะท้านหนาวระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 °C โดยแสดงอาการยุบตัวหรือการตายของเนื้อเยื่อ ตรงบริเวณท้องใบเกิดขึ้นก่อน มีการยุบตัวของเซลล์ spongy ก่อนเซลล์ palisade อาการสะท้านที่เด่นชัดคือ เกิดจุดสีน้ำตาล หรือ แถบสีน้ำตาลแดง มีขนาดไม่สม่ำเสมอ บริเวณปลายใบ ขอบใบ หรือเนื้อเยื่อใกล้เส้นกลางใบ ต่อมาเนื้อเยื่อเปลี่ยนเป็นสีดำขยายขนาดเพิ่มขึ้น สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาคือ 12 °C โดยมีอายุการเก็บรักษานานประมาณ 1 สัปดาห์ (ธิติมา วงษ์ชีรี. 2551)

การใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง ในการควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวในผักและผลไม้สดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เป็นที่ทราบกันดีว่าปัจจุบันสารละลาย SA จัดเป็นสารในกลุ่มฮอร์โมนพืช ที่พืชมีการสังเคราะห์เพิ่มขึ้นในสภาพที่เกิดความเครียดจากสภาพแวดล้อม หรือการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ บทบาทของสารละลาย SA เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดสัญญาณทำให้พืชมีการปรับตัวในสภาพแวดล้อม หรือการเข้าทำลายจุลินทรีย์ บทบาทของสารละลาย SA เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดสัญญาณทำให้พืชมีการปรับตัวในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Ding et al., 2001 : 81)

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัสดุ-อุปกรณ์ ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

(1) เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง
(2) เครื่องวัดสี Minolta colorimeter รุ่น CR-300 (Minolta, Japan)
(3) Spectrophotometer รุ่น V 5100 (Metash China)
(4) ตู้แช่ผลิตผล อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส, -80 องศาเซลเซียส, -20 องศาเซลเซียส
(5) เครื่องวัดการนำไฟฟ้า

3.1.2 วัตถุดิบ

(1) กะเพรา
(2) แมงลัก

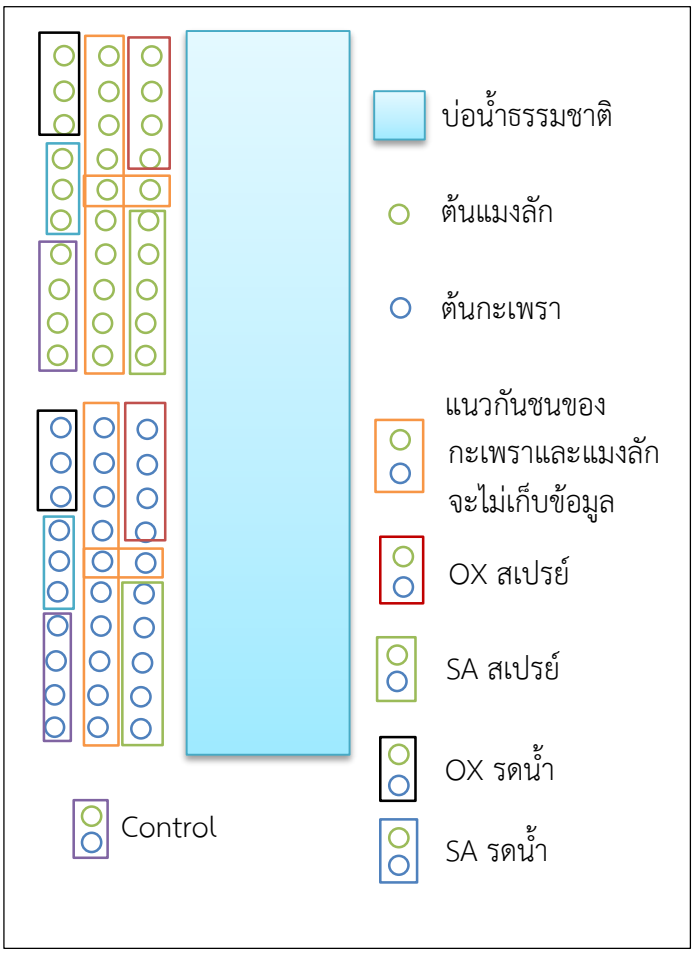
3.1.3 สารเคมี

(1) Salicylic acid (SA)
(2) Oxalic acid
(3) Ethanol
(4) Hydrochloric acid
(5) 2,4-dinitrophenol-indophenol
(6) Sulfuric acid
(7) Folin’s & ciocalteu’s phenol reagent
(8) Sodium carbonate
(9) Sodium nitrate
(10) Aluminium chloride
(11) Phosphate buffer pH4
(12) Hydrogen peroxide

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมกะเพราและแมงลัก

การเตรียมกะเพราและแมงลัก โดยการซื้อต้นกะเพราพันธุ์กะเพราขาว และต้นแมงลักจากร้านต้นไม้ มาทำการปลูกไว้ที่แปลงทดลองที่ตำบลโคกคราม อำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี



ภาพที่ 3.1 ลักษณะการปลูกพืชทดลอง

การดูแลรักษาโดยการใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติในการรดน้ำ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ตัดใบกะเพราและแมงลักเพื่อทำการทดลองหลังจากปลูกลงแปลงทดลองแล้ว 45 วัน โดยเก็บตัวอย่างกะเพราและแมงลักในตอนเช้าเวลาประมาณ 05.30 น. ก่อนพระอาทิตย์ขึ้น แล้วนำใส่ลังน้ำแข็งและลำเลียงมายังห้องวิจัย ค.135 สาขาวิชาครุศาสตร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยรถยนต์ส่วนตัว ใช้เวลาเดินทางประมาณ 2 ชั่วโมง

3.2.2 การเตรียมสารเคมี

3.2.2.1 การเตรียมสารละลายกรดซาลิไซลิก (Salicylic acid) ความเข้มข้น 5 mM

กรดซาลิไซลิก มีน้ำหนัก อยู่ที่ 138.121 กรัม/โมล การทดลองนี้ต้องการใช้กรดซาลิไซลิกที่ 5 mM ดังนั้น ในการเตรียมสารละลายกรดซาลิไซลิกโดยการชั่งน้ำหนักสารให้ได้ 5 mM โดยการตักกรดซาลิไซลิกมาจำนวน 0.138×5 = 0.69 กรัม แล้วละลายในเอทานอลเพราะเนื่องจากกรดซาลิไซลิกไม่

สามารถละลายได้ในน้ำธรรมดา จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ครบตามปริมาตรที่คำนวณไว้ จะได้สารละลายกรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 5 มิลลิโมล่าร์ (mM)

3.2.2.2 การเตรียมสารละลายกรดออกซาลิก (Oxalic acid) ความเข้มข้น 5 mM

กรดออกซาลิก มีน้ำหนัก อยู่ที่ 90.03 กรัม/โมล การทดลองต้องการใช้กรดออกซาลิกที่ 5 mM ดังนั้น ในการเตรียมสารละลายกรดออกซาลิกโดยการชั่งน้ำหนักสารให้ได้ 5 mM โดยการตักกรดออกซาลิกมาจำนวน 0.09×5 = 0.45 กรัม แล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบตามปริมาตรที่คำนวณไว้ จะได้สารละลายกรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 5 มิลลิโมล่าร์ (mM)

3.2.3 การทดลอง

การทดลองสารละลายกรดซาลิไซลิก และสารละลายกรดออกซาลิก กับต้นกะเพรา และแมงลัก ความเข้มข้น 5 mM

ทำการทดลองกับต้นกะเพรา และ แมงลัก โดยวิธีการสเปรย์สารละลายที่ต้น และ รดน้ำสารละลายที่บริเวณโคนต้น โดยทำการสเปรย์และรดสารละลาย 24 ชั่วโมงก่อนการเก็บเกี่ยวตามทรีทเม้นต์ด้านล่าง

ทรีทเมนต์ 1 (T1) รดและสเปรย์ด้วยน้ำ (Con)
ทรีทเมนต์ 2 (T2) สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก (SA-s)
ทรีทเมนต์ 3 (T3) รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก (SA-w)
ทรีทเมนต์ 4 (T4) สเปรย์ด้วยสารละลายกรดออกซาลิก (OX-s)
ทรีทเมนต์ 5 (T5) รดด้วยสารละลายกรดออกซาลิก (OX-w)

ทำการทดลองสารละลายเวลาประมาณ 06.00 น. และทำการเก็บในวันถัดไปเวลา ประมาณ 06:00 – 07:00 น. โดยการใช้มีดและกรรไกรตัดกิ่งที่มีความคมในการเก็บ นำผักที่เก็บมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา ตั้งทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ ทำการบรรจุผักในถุงพลาสติกที่เจาะรูด้วยเข็มหมุดจำนวน 20 รู และทำการลำเลียงผักโดยใส่ในลังน้ำแข็งจากแปลงทดลองมายังห้องปฏิบัติการ ค.131 ที่คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C ทำการเช็คผลทุกๆ 2 วัน วันละ 3 ซ้ำ ทำการทดสอบคุณภาพทางกายภาพ โดยการทำการทดสอบ ลักษณะปรากฏ ระดับคะแนนการเหี่ยว สีของใบ ได้แก่ ค่าความสว่าง ค่าสีเขียว และค่าสีเหลือง และ ระดับคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาว ของผักทั้ง 2 ชนิด และเก็บตัวอย่างผักไว้ที่อุณหภูมิ -70 °C เพื่อรอทำการทดสอบคุณภาพทางเคมี

3.3 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมี

3.3.1 ลักษณะปรากฏ

ทำการถ่ายรูปลักษณะปรากฏของผักทั้ง 2 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษาตามช่วงเวลาที่ได้กำหนดในการสุ่มตัวอย่างตรวจวัดคุณภาพ

3.3.2 การสูญเสียน้ำหนัก

ทำการชั่งน้ำหนักผัก ระหว่างการเก็บรักษา และทำการคำนวณน้ำหนักที่สูญเสียเปรียบเทียบกับน้ำหนักผักในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ตามสมการดังนี้

$$\text{น้ำหนักสดที่สูญเสีย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักผักวันที่ 0} - \text{น้ำหนักผักวันที่สุ่มตัวอย่าง} \times 100}{\text{น้ำหนักผักในวันที่ 0}}$$

3.3.3 ระดับอาการสะท้านหนาวและการเหี่ยวของใบผัก

การให้คะแนนการเกิดอาการ chilling injury 1-5 คะแนน โดยการประเมินจากสายตาจากผู้ที่ทำการประเมินจำนวน 60 คน ดังนี้

1 คะแนน หมายถึง ปกติ

2 คะแนน หมายถึง มีอาการผิดปกติ ไม่เกิน 25%

3 คะแนน หมายถึง มีอาการผิดปกติ ไม่เกิน 50%

4 คะแนน หมายถึง มีอาการผิดปกติ ไม่เกิน 75%

5 คะแนน หมายถึง มีอาการผิดปกติมากกว่า 75%

3.3.4 การวัดค่าสี

สีของผักทำการวัดโดยใช้เครื่อง Colorimeter CR300 (Minolta, Japan) ทำการวัดค่า L* (lightness) -a* (greenness), b* (yellowness) โดยนำตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ออกมาทดลอง หาค่าสีทุกๆ 2 วัน วันละ 5 ซ้ำ โดยการให้เครื่องวันแนบไปกับสัมผัสกับผิวของใบมากที่สุดและรายงานผลโดยที่

- ค่า L* เป็นค่าที่รายงานถึงความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้าค่า L* สูง หมายถึงมีความสว่างมาก แต่ถ้าค่า L* ต่ำ หมายถึง มีความมืดมาก
- ค่า a* แสดง สีแดงและสีเขียว เมื่อ a* มีค่าเป็นบวกแสดงลักษณะสีแดง ถ้าค่า a* เป็นลบ แสดงลักษณะสีเขียว เมื่อห่างจุด 0 มากแสดงค่าสีแดงหรือสีเขียวมากขึ้น
- ค่า b* สีเหลืองและสีน้ำเงิน เมื่อ b* มีค่าเป็นบวก แสดงลักษณะสีเหลือง และถ้า b* เป็นลบแสดงลักษณะสีน้ำเงิน

3.3.5 การวิเคราะห์ปริมาณ Malodialdehyde (MDA) content

สกัดโดยการบดตัวอย่างมา1 กรัม รวมกับ 5% TCA 10 ml. ทำการกรองแล้วดูดสารที่สกัด 1 ml. ผสมกับ 0.5% TBA in 15%TCA ในหลอดทดลองแล้วทำการเขย่า จากนั้นต้มให้เดือดประมาณ 30 นาที แล้วทำการลดอุณหภูมิทันทีทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer แล้วนำผลมาคำนวณหาค่าระดับ MDA จากสมการ

$$MDA = \frac{OD523 - OD600}{1.55}$$

3.3.6 การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ

การสกัดตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพทำโดยชั่งน้ำผักประมาณ 3 กรัม บดด้วยเอทานอลเข้มข้น 60% ปริมาตร 30 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปกรอง สารสกัดที่กรองได้นำไปวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Ferric Reducing Antioxidant Potential (FRAP) ของ Benzie and Strain (1996) ทำการเตรียม FRAP reagent โดยผสม 300 มิลลิโมลาร์ Acetate buffer (pH 3) กับ 20 มิลลิโมลาร์ Ferric chloride solution และ10 มิลลิโมลาร์ TPTZ (2,4,6-Tris(/-pyriayl) 1, 3 ,5-triazine) Solution ให้เข้ากันในอัตราส่วน 10:1:1 เตรียมสารสกัดตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย FRAP ลงไป 2.8 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) ด้วย Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยนำค่าที่ได้คำนวณเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Trolox แสดงหน่วยปริมาตรสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดในหน่วย μmol Trolox Equivalent/g FW

3.3.7 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลทั้งหมด

ปริมาณฟีนอลทั้งหมดทดสอบโดยวิธี Folin-Ciocalteu reagent ของ Slinkard and Singleton (1977) โดยนำสารสกัดของตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 0.9 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ความเข้มข้น 50% (v/v) ลงในหลอดทดลอง 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ($NaCO_3$) ในหลอดทดลอง 2 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที จึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) ด้วยเครื่อง Spectro- photometer ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค (Gallic acid) รายงานผลเป็นหน่วย μg gallic acid /100.g.Fw

3.3.8 การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดทดสอบโดยวิธีการ Jia, el al. (1999) นำสารสกัด 0.25 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 1.25 มิลลิลิตร ใส่ลงหลอดทดลองจากนั้นเติม $NaNO_2$ เข้มข้น 5 % 75 ไมโครลิตร เขย่าให้สารเข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที เติมสาร $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ 10 เปอร์เซ็นต์ 150 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติม 1 M NaOH 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้สารเข้ากัน เติมน้ำกลั่น 275 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐาน Catechin รายงานผลเป็นหน่วย μg catechin /100 g.FW

3.3.9 การเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลจากการทดลองทำการวิเคราะห์ Analysis of Varian (ANOVA) แบบ One - Way Anova โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 20 ความแตกต่างของข้อมูลแต่ละทรีทเมนต์และปัจจัยที่ทำการศึกษาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) และ Least Significant Difference (LSD)

บทที่ 4
ผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการใช้ SA และ OX ก่อนการเก็บเกี่ยวในการยับยั้ง CI และกระตุ้นสารออกฤทธิ์ ทางชีวภาพ ในกะเพรา และ แมงลัก โดยการใช้กรดซาลิกไซลิก และ OX ที่ความเข้มข้น 5 mM ฉีดพ่นลงบนใบของต้นกะเพรา และ ต้นแมงลัก ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง และ การใช้ SA และ OX ที่ความเข้มข้น 5 mM รดบริเวณโคนต้นของต้นกะเพรา และ ต้นแมงลัก ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ทำการเก็บรักษากะเพรา เป็นเวลา 8 วัน และแมงลัก เป็นเวลา 6 วัน ไว้ที่อุณหภูมิ 7±2 °C พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงในการเก็บรักษาดังนี้

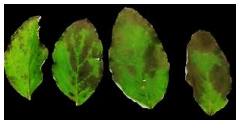
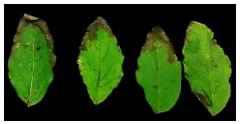
4.1 ผลของการใช้ SA และ OX ที่ระดับความเข้มข้น 5 mM ด้วยวิธีการฉีดพ่นและรดน้ำก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ในการควบคุม CI ใน กะเพรา และแมงลัก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

4.1.1 ลักษณะปรากฏ

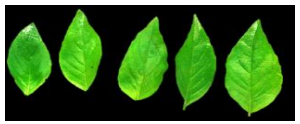
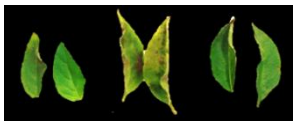
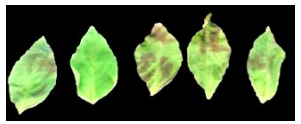
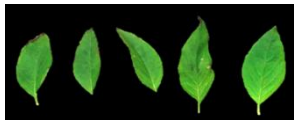
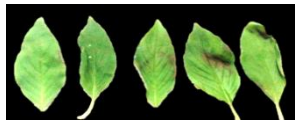
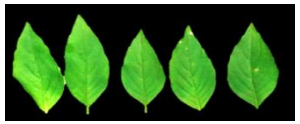
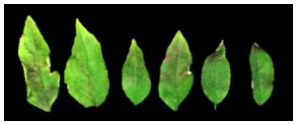
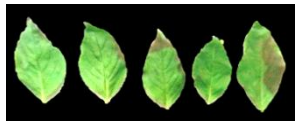
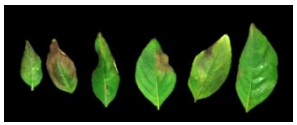
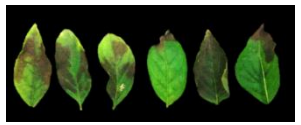
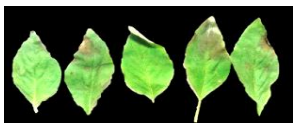
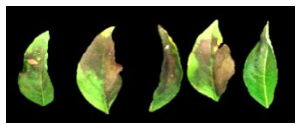
จากภาพที่ 4.1 และ 4.2 แสดงลักษณะปรากฏของใบกะเพราและแมงลักระหว่างการเก็บรักษา จากผลแสดงให้เห็นถึงลักษณะอาการเป็นจุดสีน้ำตาลเกิดขึ้นบนใบผักทั้ง 2 ชนิด ซึ่งเป็นลักษณะของ CI และมีการขยายเป็นวงกว้างเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยพบลักษณะอาการดังกล่าวหลังในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ยกเว้นในใบกะเพราที่ฉีดพ่นด้วย 5 mM SA ก่อนการเก็บเกี่ยว ในขณะที่ใบแมงลักที่ฉีดพ่นด้วย 5 mM SA ก่อนการเก็บเกี่ยวพบอาการน้อยกว่า ทรีทเม้นต์อื่นๆ ในใบกะเพรา หลังวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่า อาการดังกล่าวมีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละทรีทเม้นต์ การฉีดพ่นด้วย 5 mM SA ก่อนการเก็บเกี่ยวสามารถควบคุมความรุนแรงของอาการที่เกิดขึ้นได้เมื่อเปรียบเทียบกับทรีทเม้นต์อื่นและการเปรียบเทียบในลักษณะเดียวกันของในใบแมงลักระหว่างการเก็บรักษา โดยใบแมงลักพบอาการในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา นอกจากนั้นผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าการใช้ SA ให้ผลในการควบคุมการเกิดจุดสีน้ำตาลบนใบทั้ง 2 ชนิดได้ดีกว่าการใช้ OX และการฉีดพ่นโดยตรงให้ประสิทธิภาพในการควบคุมอาการดังกล่าวได้ดีกว่าการรดน้ำ

จากภาพที่ 4.3 และ 4.4 แสดงลักษณะปรากฏโดยรวมของต้นกะเพราและแมงลักที่รดและสเปรย์ด้วย SA และ OX ก่อนการเก็บเกี่ยวที่ความเข้มข้น 5 mM ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C จากภาพแสดงให้เห็นว่า ลักษณะของการเกิด CI เริ่มจากใบที่อยู่ใกล้โคนกิ่งทั้งกะเพราและในแมงลัก เนื่องจากใบที่อยู่ติดกับโคนกิ่งนั้นมีความแก่มากกว่าใบที่อยู่ส่วนยอดและพบว่ากิ่งกะเพรา (ภาพที่ 4.3) ที่รดและสเปรย์ด้วย SA และ OX ก่อนการเก็บเกี่ยวที่ความเข้มข้น 5 mM ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C นาน 8 วัน พบว่า ในช่วงของการเก็บรักษา วันที่ 0-4 ไม่พบการเกิด CI แต่พบอาการเหี่ยวของใบกะเพราในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ในตัวอย่างที่ OX-s และ OX-w ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบการเกิด CI อย่างชัดเจนในทุกทรีทเม้นต์โดยตัวอย่างชุด Con เกิดอาการรุนแรงที่สุด รองลงมาเป็นตัวอย่าง OX-w และ OX-s ส่วน SA-s จะพบการเกิดCIเล็กน้อย ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่า ตัวอย่าง Con SA-w OX-w และ OX-s เกิด CI อย่างรุนแรง และพบว่า Con

เกิด CI รุนแรงที่สุด โดยลักษณะเป็นรอยปื้นสีน้ำตาลครอบคลุมเกือบทั้งก้านใบ ส่วนในตัวอย่าง SA-s พบ CI เพียงเล็กน้อย เช่นเดียวกับแมงลัก ภาพที่ 4.4 แต่แตกต่างกับกะเพราโดยที่ เริ่มปรากฏ CI อย่างชัดเจนตั้งแต่วันที่ 2 ในทุกทรีทเม้นต์ ในวันที่ 4 พบเห็น CI มากที่สุดใน Con และพบการเกิด CI เล็กน้อยใน SA-s ในทุกทรีทเม้นต์ยังไม่พบอาการเหี่ยวที่ชัดเจน ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา พบการเกิด CI อย่างรุนแรงในทุกทรีทเม้นต์ และพบอาการเหี่ยวในทุกทรีทเม้นต์ โดย Con พบ CI รุนแรงสุด และ SA-s พบ CI รุนแรงน้อยสุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการรายงานการเกิด CI ของผักในกลุ่มกะเพรา ของ ธิติมา วงษ์ชีรี. (2551) พืชสกุลกะเพรามีความไวต่อการเกิดCIแตกต่างกัน ใบแมงลักมีความไวที่มากสุด รองลงมาได้แก่ใบกะเพรา และใบโหระพามีความไวน้อยสุด ซึ่งใบแก่มีความไวต่ออุณหภูมิต่ำมากกว่าใบอ่อน มีความเกี่ยวข้องกับปริมาณการสะสมของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งในใบอ่อนมีการสะสมกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่าใบแก่ ซึ่งสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่สูงในเนื้อเยื่อส่งผลให้ ใบอ่อนมีความสามารถในการทน CI ได้ดีกว่าใบแก่ ซึ่งมีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่ำกว่า นอกจากนั้น Ketchi and Kuiper (1979) ได้รายงานว่าในใบอ่อนอาจเกิดกระบวนการ oxidative stress น้อยกว่าใบแก่ เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำชักนำให้มีกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase ซึ่งทำหน้าที่ในการกำจัดอนุมูลอิสระ ในใบอ่อนเพิ่มขึ้น จึงทำให้การปรากฏอาการ CI ในใบอ่อนช้ากว่าใบแก่อย่างชัดเจน

ทรีทเมนต์	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	4	6	8
Con					
Sa-a					
SA-w					
OX-s					
OX-w					

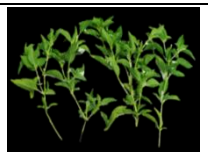
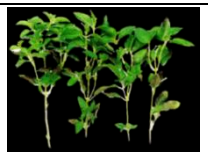
ภาพที่ 4.1 ลักษณะปรากฏของใบกะเพราที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลาย SA และ OX ก่อนการเก็บเกี่ยวที่ความเข้มข้น 5 mM ในวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C (Con รดและสเปรย์ด้วยน้ำ (Con), SA-s สเปรย์ด้วยสารละลาย SA, SA-w รดด้วยสารละลาย SA, OX-s สเปรย์ด้วยสารละลาย OX, OX-w รดด้วยสารละลาย OX)

ทรีตเม้นต์	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)			
	0	2	4	6
Con				
SA-s				
SA-w				
OX-s				
OX-w				

ภาพที่ 4.2 ลักษณะปรากฏของใบแมงลักที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลาย SA และ OX ก่อนการเก็บเกี่ยวที่ความเข้มข้น 5 mM ในวันที่ 0, 2, 4, และ 6 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C (Con. รดและสเปรย์ด้วยน้ำ (Con), SA-s สเปรย์ด้วยสารละลาย SA, SA-w รดด้วยสารละลาย SA, OX-s สเปรย์ด้วยสารละลาย OX, OX-w รดด้วยสารละลาย OX

ทรีทเม้น	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	4	6	8
con					
SA-s					
SA-w					
Ox-s					
Ox-w					

ภาพที่ 4.3 ลักษณะปรากฏของกะเพราที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลาย SA และ OX ที่ความเข้มข้น 5 mM ในวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C (Con รดและสเปรย์ด้วยน้ำ (Con), SA-s สเปรย์ด้วยสารละลาย SA, SA-w รดด้วยสารละลาย SA, OX-s สเปรย์ด้วยสารละลาย OX, OX-w รดด้วยสารละลาย OX)

ทรีทเม้น	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
	0	2	4	6
con				
SA-s				
SA-w				
Ox-s				
Ox-w				

ภาพที่ 4.4 ลักษณะปรากฏของแมงลักที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลาย SA และ OX ที่ความเข้มข้น 5 mM ในวันที่ 0, 2, 4, และ 6 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C (Con รดและสเปรย์ด้วยน้ำ (Con), SA-s สเปรย์ด้วยสารละลาย SA, SA-w รดด้วยสารละลาย SA, OX-s สเปรย์ด้วยสารละลาย OX, OX-w รดด้วยสารละลาย OX)

4.1.2 ระดับคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาว (CI)

จากการศึกษาอาการ CI หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C เป็นเวลา 6 วันในแมงลัก และ 8 วัน ในกะเพรา พบว่า ระยะเวลาของการเก็บรักษามีความสัมพันธ์โดยตรงกับความรุนแรงของอาการ CI สังเกตุเห็นได้จากคะแนนการเกิด CI (ตารางที่ 4.1) โดยในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ไม่พบอาการ CI ในแมงลัก และ กะเพรา แต่จะเริ่มพบอาการได้ในวันที่ 2 เป็นต้นไป จากระดับคะแนนการเกิด CI แสดงให้เห็นว่า การทดลองที่ใช้ SA ทั้งสองวิธีทั้งในกะเพราและในแมงลักมีค่าคะแนนการเกิด CI น้อยสุด ในขณะที่การทดลองที่ใช้ OX ทั้งสองวิธีมีระดับคะแนนการเกิด CI เท่ากับการทดลองชุด Con ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่า การทดลองชุด SA-s ทั้งในกะเพรา และในแมงลัก มีคะแนนการเกิด CI ต่ำที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยที่ 4 ทั้งในกะเพราและในแมงลัก รองลงมาเป็นการทดลองชุด SA-w ทั้งในกะเพราและในแมงลัก แต่พบว่าการทดลองที่ใช้สารละลาย OX ทั้ง 2 วิธี มีคะแนนเท่ากันกับการทดลองชุด Con ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ OX ความเข้มข้น 5 mM ไม่มีผลในการช่วยชะลอการเกิด CI ในผักกะเพราและแมงลัก จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า ในกะเพราหลังจากที่สเปรย์ด้วย SA สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาใบกะเพราได้นานยิ่งขึ้น จากเดิมที่สามารถเก็บได้นาน 6 วัน ก็เพิ่มเป็น 8 วัน ส่วนในแมงลักหลังจากที่ฉีดพ่นด้วยสารละลาย SA จากเดิมที่สามารถเก็บได้นาน 4 วัน ก็เพิ่มเป็น 6 วัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การฉีดพ่นด้วยสารละลาย SA ความเข้มข้น 5 mM ก่อนการเก็บเกี่ยวและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 7±2 °C สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น ดังจะเห็นได้จากภาพที่ 4.1-4.4 ซึ่งระดับคะแนนการเกิด CI ในตารางที่ 4.1 มีความสอดคล้องกันอย่างชัดเจน ในภาพการทดลองชุด SA-s ทั้งในกะเพราและแมงลักจากลักษณะปรากฏ พบว่า แสดงอาการการเกิด CI น้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่า SA-s มีประสิทธิภาพในการควบคุมอาการ CI ของกะเพราและแมงลัก เมื่อเปรียบเทียบกับทรีทเมนต์อื่น

ตารางที่ 4.1 ระดับคะแนนการเกิด CI ของกะเพรา และแมงลักที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลาย SA และ OX ที่ความเข้มข้น 5 mM ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatment	กะเพรา					แมงลัก			
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (day)					ระยะเวลาการเก็บรักษา (day)			
	0	2	4	6	8	0	2	4	6
Con	0	0.50	2.50	4.00	5.00	0	1.00	4.00	5.00
SA-s	0	0.25	2.00	3.25	4.00	0	0.75	3.50	4.00
SA-w	0	0.25	2.00	3.50	4.25	0	0.75	3.50	4.50
OX-s	0	0.75	2.25	3.50	5.00	0	1.00	4.00	5.00
OX-w	0	1.00	2.25	3.50	5.00	0	1.00	3.50	5.00

(Con รดและสเปรย์ด้วยน้ำ (Con), SA-s สเปรย์ด้วยสารละลาย SA, SA-w รดด้วยสารละลาย SA, OX-s สเปรย์ด้วยสารละลาย OX, OX-w รดด้วยสารละลาย OX)

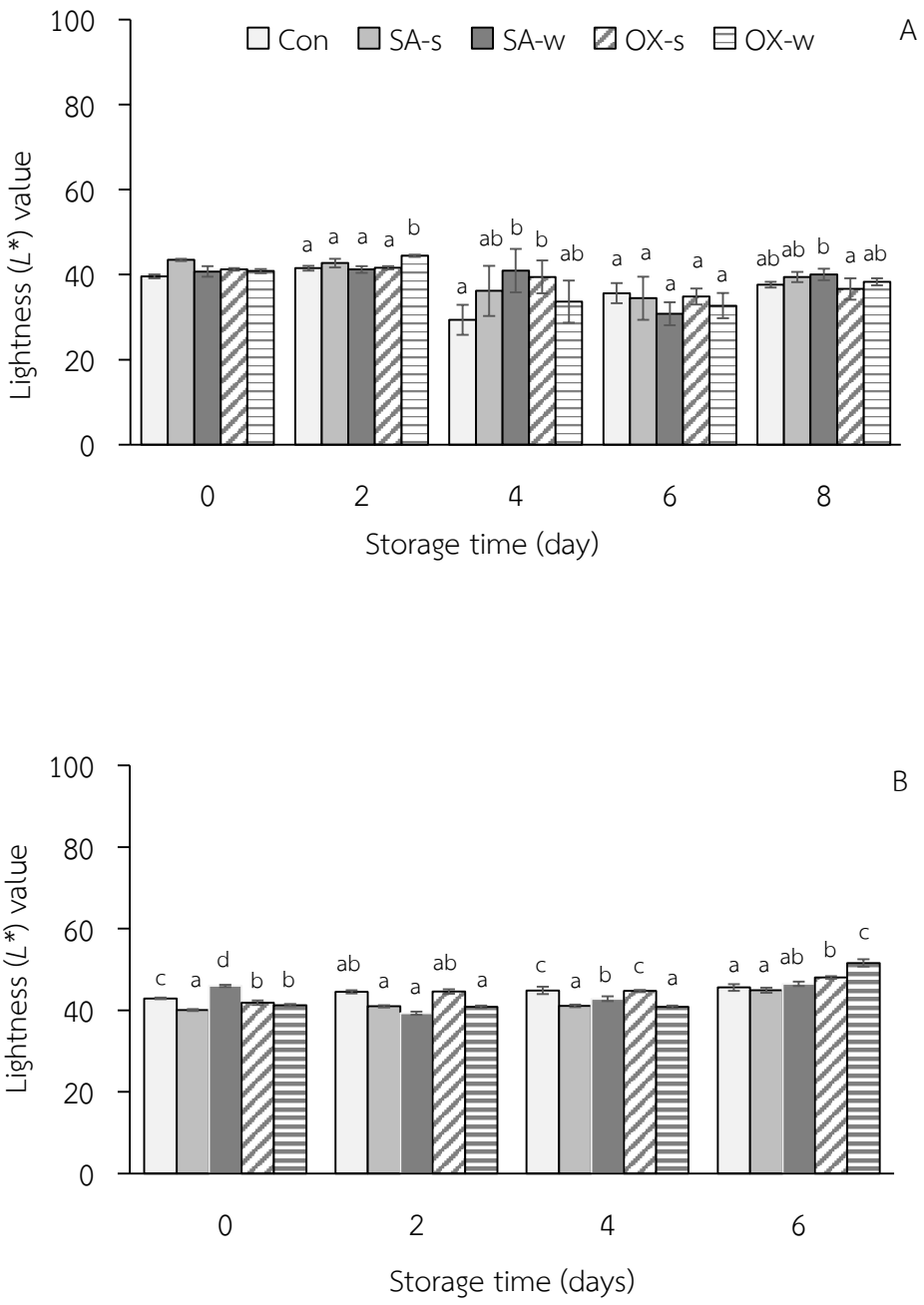
4.1.3 การเปลี่ยนแปลงสี

จากภาพที่ 4.6, 4.7, และ 4.8 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (*L**) ค่าความเป็นสีเขียว (*-a**) และค่าความเป็นสีเหลือง (*b**) ตามลำดับ ของกะเพรา (A) และแมงลัก (B) ที่รดและสเปรย์ด้วย SA และ OX ความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C จากภาพภาพที่ 4.6 A แสดงให้เห็นว่า ค่า *L** ในกะเพรา มีค่าคงที่ระหว่างการเก็บรักษา 2 วัน หลังจากวันที่ 4 ของการเก็บรักษาพบว่า ค่า *L** ของ Con ลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ Con มีค่า *L** ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการทดลองชุด SA-w และ OX-s ($P \leq 0.05$) ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่าการทดลองชุด Con มีค่า *L** เพิ่มขึ้นจากวันที่ 4 ในขณะที่ SA-w และ OX-s มีค่า *L** ลดลง ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่า ค่า *L** ของทุกทรีทเม้นต์มีค่าเพิ่มขึ้นจากวันที่ 6 โดยที่ SA-s SA-w และ OX-w มีค่า *L** มากกว่า Con ส่วน OX-s มีค่า *L** น้อยกว่า Con แต่ไม่พบความแตกต่างกันของข้อมูลในทางสถิติ ซึ่งแตกต่างจากการทดลองในแมงลัก (ภาพที 4.6 B) พบว่า ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 วัน ค่า *L** ของทุกทรีทเม้นต์มีแนวโน้มคงที่และมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยและหลังจากวันที่ 4 ของการเก็บรักษาค่าความสว่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกทรีทเม้นต์

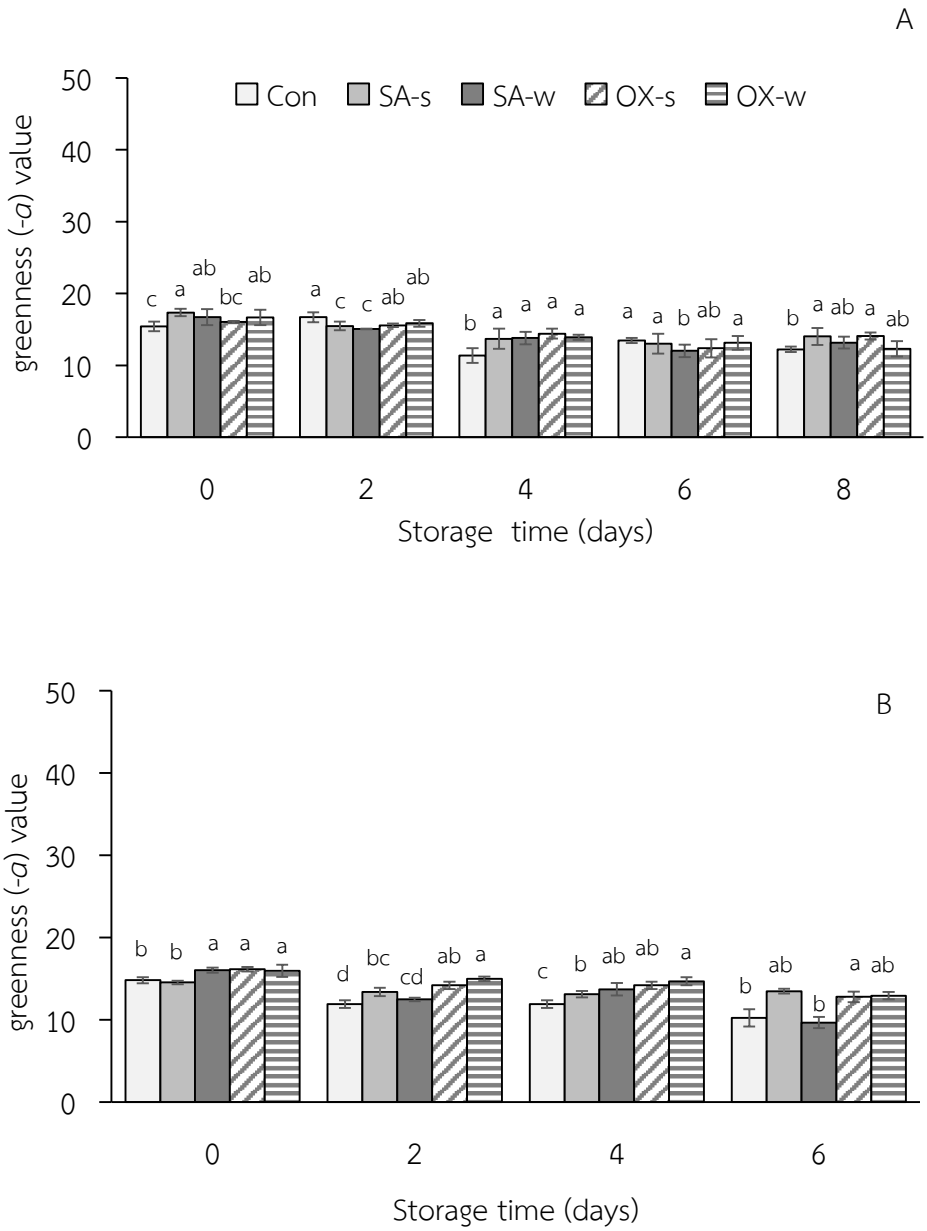
ผลการทดลองแสดงค่า *a** ทุกทรีทเม้นต์มีค่าเป็นลบ (-) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผักมีสีเขียวในกะเพรา (ภาพที่ 4.7A) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน พบว่า ค่า *a** มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกทรีทเม้นต์ โดยค่า *a** ของตัวอย่าง Con มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าทรีทเม้นต์อื่นๆ ในขณะที่ ทรีทเม้นต์อื่นมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ค่า *a** ทุกทรีทเม้นต์ยกเว้น Con มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 วัน โดยที่ Con มีค่า *a** มากที่สุด ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา พบว่า ค่า *a* มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในบางทรีทเม้นต์ ในขณะที่ตัวอย่างชุด Con และ OX-w มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด เช่นเดียวกันกับในแมงลัก (ภาพที่ 4.7B) ค่า *a** ลดลง ตลอดอายุการเก็บรักษา 6 วัน โดยพบว่า ค่า *a** ลดลงอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ซึ่งค่า *a** ของ SA-w มีค่าต่ำกว่า Con ส่วนค่า *a** ของ SA-s และ OX-s มีค่าสูงกว่า Con

ค่า *b** ของทุกตัวอย่างมีค่าเป็นบวกซึ่งแสดงถึงค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowness) ตัวอย่างจากผลการทดลองในภาพที่ 4.8A พบว่ากะเพรา หลังจากเก็บเป็นระยะเวลา 8 วันแล้ว มีค่า *b** ไม่คงที่ โดยภาพรวมแสดงให้เห็นว่าค่า *b** มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยจากวันที่ 0 ของการเก็บรักษา เช่นเดียวกันกับในแมงลัก (ภาพที่ 4.8B) ซึ่งพบว่า ตลอดอายุการเก็บรักษา 6 วัน ค่า *b** มีค่าลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา โดยที่ OX-w มีแนวโน้มลดลงมากที่สุดแต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของค่า *b** มีแนวโน้มที่ไม่ชัดเจนในแต่ละชุดการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้สารละลาย SA และสารละลาย OX ก่อนการเก็บเกี่ยวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีเหลืองของใบกะเพราและแมงลักอย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองแสดงให้เห็นในภาพรวมได้อย่างชัดเจนว่า การสเปรย์สารละลาย SA ก่อนการเก็บเกี่ยวไม่มีผลต่อการรักษาสภาพสีของผักทั้ง 2 ชนิดระหว่างการเก็บรักษา แม้สามารถชะลอการลดลงของค่าสีเขียวได้เล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเก็บในสภาพอุณหภูมิต่ำสามารถยับยั้งหรือควบคุมการทำงานของเอนไซม์ Chlorophyllase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยนโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ทำให้เปลี่ยนจากสีเขียว เป็นไม่มีสี (Wills, et al. 2007) ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าการเปลี่ยนแปลงสีของผักใบเขียวซึ่งรวมถึงใบกะเพราและแมงลักเกิดจากการสลายตัว

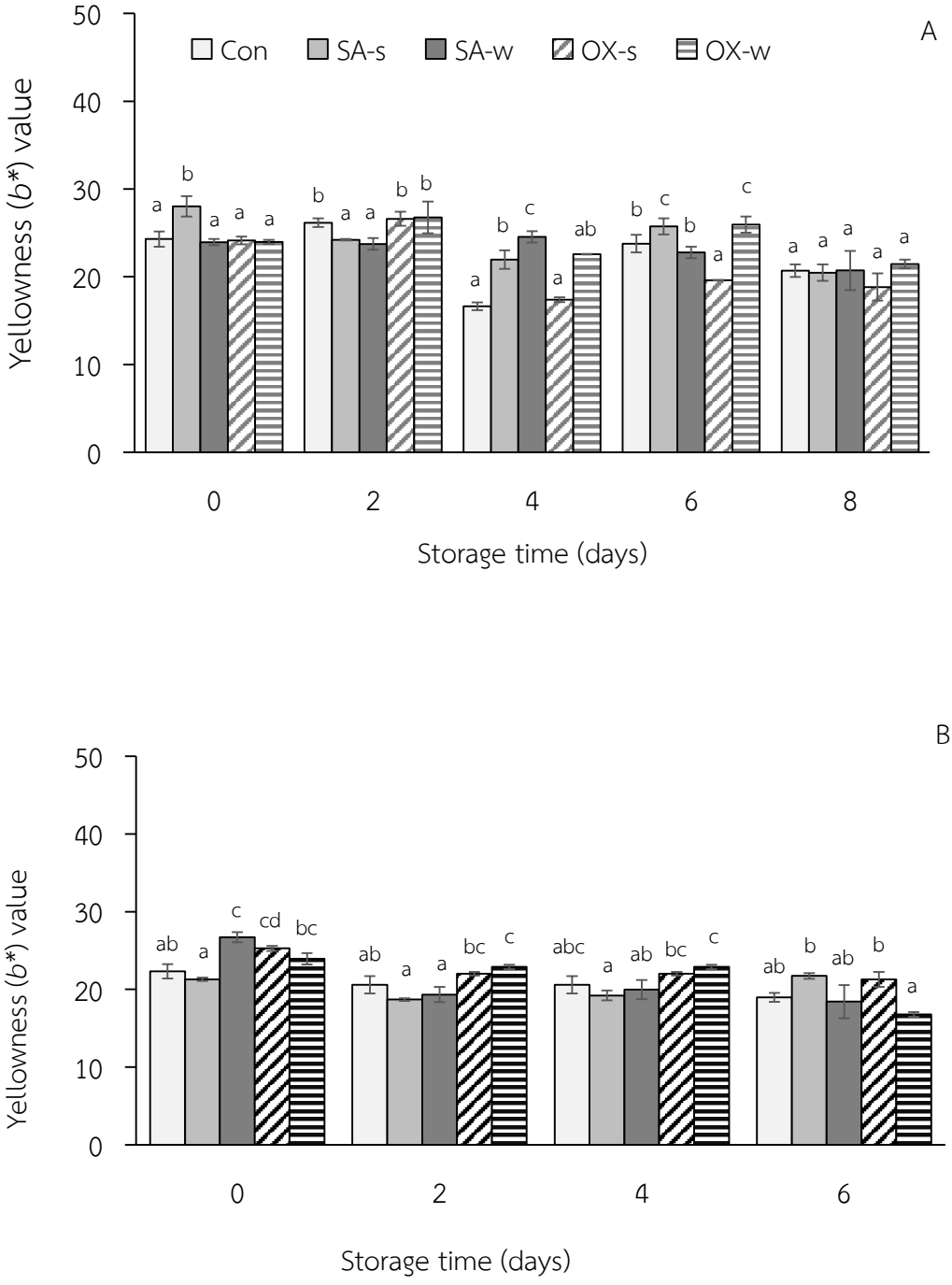
ของคลอโรฟิลล์ส่งผลให้ใบกะเพราและแมงลักมีสีเขียวลดลงและปรากฏสีเหลืองมากขึ้นระหว่างการเก็บรักษา โดยเกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase ที่เพิ่มขึ้น (จริงแท้ ศิริพานิช. 2549) ซึ่งจากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า การใช้ SA หลังการเก็บเกี่ยวสามารถช่วยชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้โดยเกี่ยวข้องกับลดการผลิตเอทิลีนระหว่างการเก็บรักษา (Costa, et al. 2006) นอกจากนั้น Wei, et al. (2011) ได้รายงานว่าการใช้ SA หลังการเก็บเกี่ยวสามารถรักษาสีเขียวของหน่อไม้ฝรั่งระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งเป็นผลมาจากการควบคุมการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ แต่อย่างไรก็ตามในผลการทดลองไม่พบการเปลี่ยนแปลงของสีเขียวและสีเหลืองของผักทั้ง 2 ชนิดอย่างชัดเจนในสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แต่จากผลการทดลองทางลักษณะปรากฏการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนคือ การเกิดจุดดำหรือรอยปื้นดำบนใบเนื่องจาก CI



ภาพที่ 4.5 แสดงค่าความสว่าง (*L**) ของกะเพรา (A) และแมงลัก (B) ที่รดและเสปรย์ด้วยสารละลายSAและOXความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C



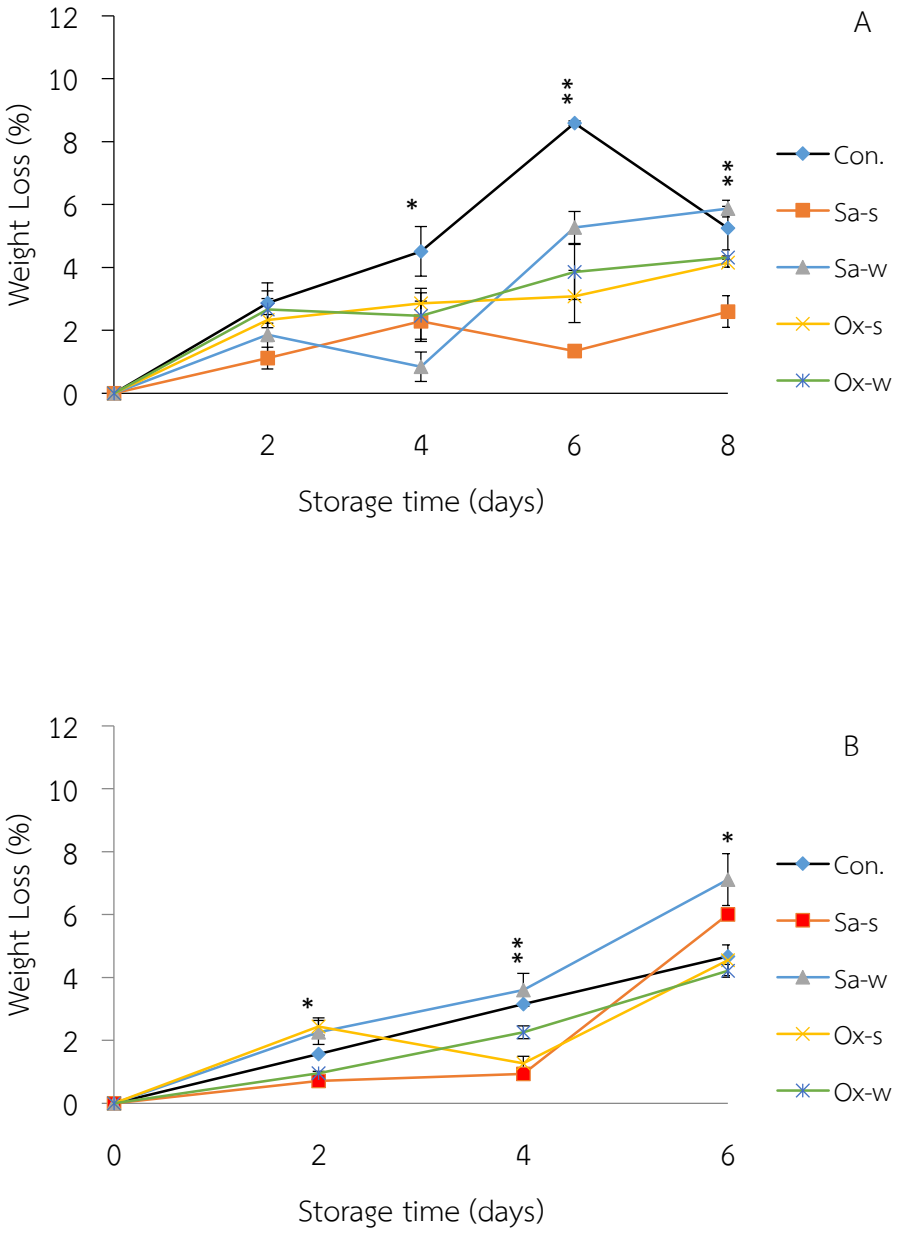
ภาพที่ 4.6 แสดงค่าสีเขียว (-a^*) ของกะเพรา (A) และแมงลัก (B) ที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลาย SA และ OX ความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C



ภาพที่ 4.7 แสดงค่าสีเหลือง (*b**) ของกะเพรา (A) และแมงลัก (B) ที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลาย SA และ OX ความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

4.1.4 การสูญเสียน้ำหนัก (Weight loss) (%)

ภาพที่ 4.8 แสดงการสูญเสียน้ำหนักของกะเพรา (A) และแมงลัก (B) ที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลาย SA และ OX ที่ความเข้มข้น 5 mM และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 ^{o}C พบว่า ระหว่างการเก็บรักษา มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง ทั้งในกะเพราและในแมงลัก พบว่าระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 วัน ทุกชุดการทดลองยกเว้น กะเพราในชุดการทดลอง Con มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่า 4% ส่วนกะเพราในชุดการทดลอง Con มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า 4% เล็กน้อย โดยทั่วไปอาการเหี่ยวในผักใบและดอกไม้จะแสดงให้เห็นเมื่อพบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่า 4% (Supapvanich, et al. 2013) ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ในกะเพรา พบว่า การทดลองชุด Con และ SA-w มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า 4% ในขณะที่อีก 3 ตัวอย่างการทดลอง คือ การทดลองชุด SA-s SA-w และ OX-s มีอัตราการสูญน้ำหนักน้อยกว่า 4% โดยการทดลองชุด SA-s มีอัตราการสูญน้ำหนักน้อยที่สุด แต่ไม่พบว่ามีความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองชุด SA-w และ OX-s และในแมงลัก เก็บรักษานาน 6 วัน พบว่าทุกชุดการทดลองมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักทุกทรีทเมนต์ มากกว่า 4% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาแมงลักไว้เป็นเวลา 4 วัน สามารถคงคุณภาพของผลผลิตไว้ได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะปรากฏในภาพ 4.2 และ 4.4 ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา พบว่า ในกะเพรา ทุกชุดการทดลอง ยกเว้น การทดลองชุด SA-s มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักกว่า 4% และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพ 4.1 และ 4.3 และมีความสอดคล้องกับระดับคะแนนการเกิด CI ในตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าการฉีดพ่นด้วยสารละลาย SA ก่อนการเก็บเกี่ยวสามารถช่วยชะลอการเกิด CI ได้ดีที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่ผักสัมผัสสารละลาย SA โดยตรงเมื่อเทียบกับวิธีการรด เป็นที่ทราบกันดีว่า SA เป็นฮอร์โมนพืชที่กระตุ้นกลไกการป้องกันตัวจากการได้รับสภาวะเครียดต่าง ๆ ซึ่งการได้รับอุหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็งที่เกินกว่าจุดที่พืชรับได้ส่งผลให้เกิดความเครียดในพืช ซึ่งการใช้ SA ช่วยในการกระตุ้นกลไกในการชะลอการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ ส่งผลให้เซลล์สามารถรักษาของเหลวไว้ภายในเซลล์ได้ ช่วยลดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้นกับเยื่อหุ้มเซลล์ โดยกระตุ้นระบบการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในพืชซึ่งอาจส่งผลทำให้เนื้อเยื่อมีความแข็งแรงช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากความผิดปกติทางสรีระวิทยา นอกจากนี้ SA ยังมีผลในการลดการเปิดปากใบ ส่งผลใก้การคายน้ำทางปากใบลดลง (Leslie and Romani, 1988; สุรัสวดี พรหมอยู่. 2554)



ภาพที่ 4.8 การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของกะเพรา (A) และแมงลัก (B) ที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลาย SA และ OX ที่ความเข้มข้น 5 mM ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

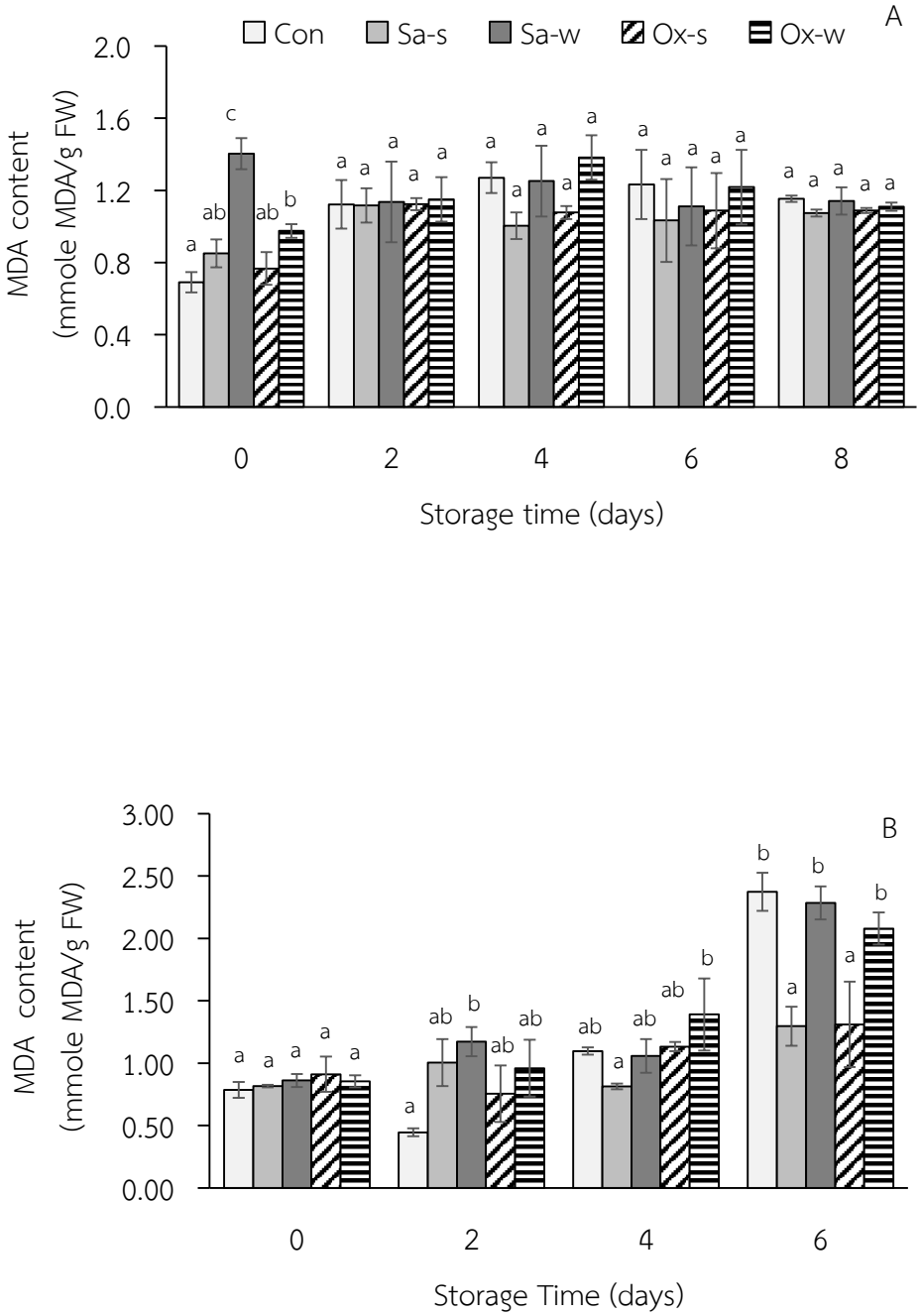
* 0.05 ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P≤0.05)

** 0.01 ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (P≤0.01)

4.1.4 ปริมาณ Malodialdehyde (MDA)

เป็นที่ทราบกันดีว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณ MDA สอดคล้องกับการเกิด CI ที่เพิ่มขึ้นในผลิตผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณ MDA เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์และปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ (McCollum and McDonald, 1991; Luo, et al. 2011) ดังนั้นปริมาณ MDA ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจัดเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงการเกิด CI จากภาพ 4.9A แสดงปริมาณ MDA ในกะเพรา พบว่า ปริมาณ MDA ใน 4 วันแรกมีการเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในชุดการทดลอง Con และ OX-w ในขณะที่ชุดการทดลอง SA-w มีปริมาณ MDA ลดลงในวันที่ 2 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 4 ในขณะที่ชุดการทดลอง SA-s ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาพบว่า มีปริมาณ MDA เพิ่มมากขึ้น และลดลงในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาจนถึงวันที่ 8 ของการเก็บรักษา และพบว่าโดยภาพรวมชุดการทดลอง SA-s มีปริมาณ MDA น้อยที่สุด หลังการเก็บรักษา รองลงมาเป็นชุดการทดลอง OX-s

ในแมงลัก (ภาพที่ 4.9B) พบว่า ปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในวันที่ 4 และวันที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยพบว่าชุดการทดลอง SA-s มีปริมาณ MDA น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับการทดลองอื่น ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบว่า ปริมาณ MDA ของชุดการทดลอง Con SA-w และ OX-w มีปริมาณ MDA เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการทดลองชุด SA-s และ OX-s ให้ผลในการควบคุมการเพิ่มขึ้นของปริมาณ MDA ได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งการที่ปริมาณ MDA ในกะเพราและแมงลักที่ต่ำในชุดการทดลองดังกล่าว อาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในเซลล์เมมเบรนต่ำด้วยเช่นกัน ซึ่งจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้รายงานว่าการใช้ SA และ OX สามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในพืช (Supapvanich and Promyou, 2013 ; Ding, 2007; Wu, et al. 2017) ดังนั้นการใช้วิธีการสเปรย์สารทั้ง 2 ชนิด ให้ประสิทธิภาพในการชะลอการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ได้ดีกว่าการรดน้ำ เพราะใบพืชสามารถสัมผัสและดูดซับสารได้โดยตรงเมื่อเปรียบเทียบกับการรดน้ำ แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าการใช้ SA ด้วยวิธีการสเปรย์สามารถควบคุมการเกิด CI ได้ดีกว่า OX จากที่ทราบกันดีว่า SA เป็นฮอร์โมนพืชที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการในการกระตุ้นกลไกการต้านทานความเครียดในพืช ซึ่งอาจส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของเยื่อหุ้มเซลล์ได้ดีกว่า OX (Supapvanich and Promyou, 2013) นอกจากนี้ Sayyari, et al. (2016) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้ SA สามารถเพิ่มสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันอิ่มตัวในเยื่อหุ้มเซลล์และกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของ heat shocked proteins ซึ่งมีผลช่วยรักษาสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์และชะลอความรุนแรงของการเกิด CI

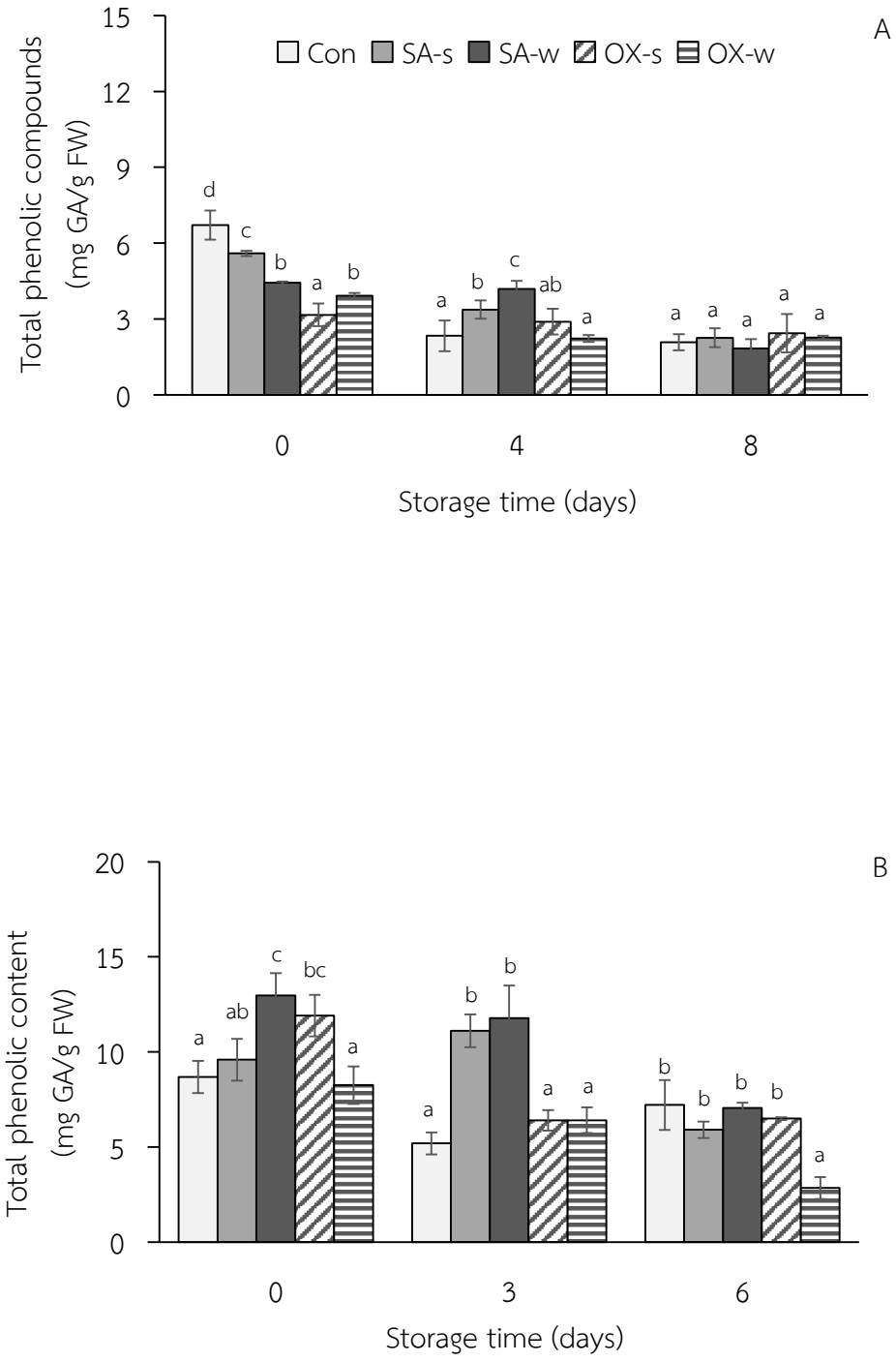


ภาพที่ 4.9 แสดงค่าปริมาณ Malodialdehyde (MDA) ของกะเพรา (A) และแมงลัก (B) ที่ทำการทดลองด้วยวิธีการสเปรย์และรดด้วยสารละลาย SA และ OX ความเข้มข้น 5 mM และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 7±2 °C

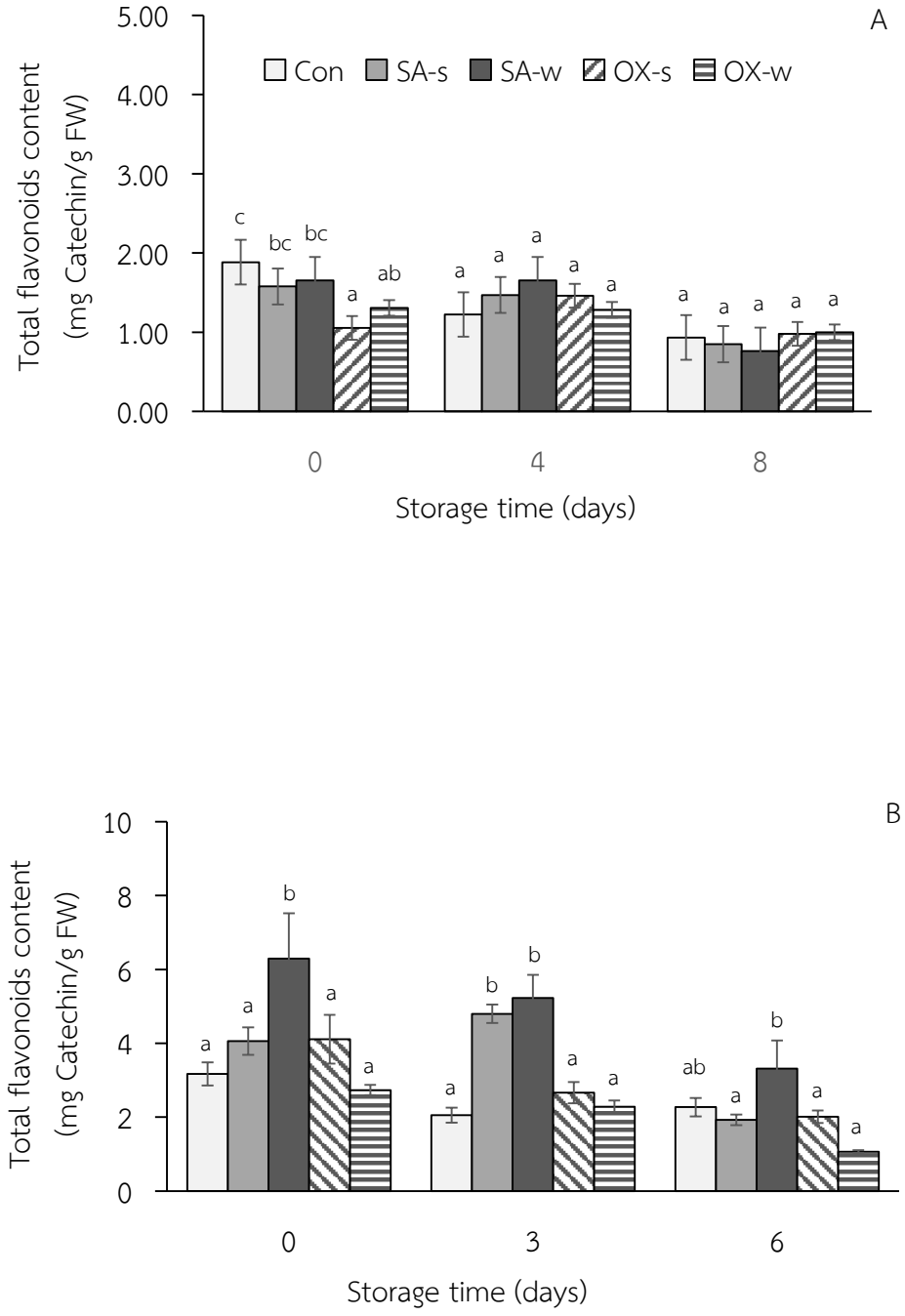
4.2 ผลของการใช้ SA และ OX ที่ระดับความเข้มข้น 5 mM ในการกระตุ้นปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและการต้านกิจกรรมออกซิเดชั่นใน กะเพรา และ แมงลัก

4.2.1 สารประกอบ Phenol และ Flavonoids

จากภาพที่ 4.10 และ 4.11 แสดงปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในกะเพรา (A) และแมงลัก (B) ระหว่างการเก็บรักษา พบว่าระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 วัน สารประกอบฟีนอลในกะเพรา ในตัวอย่างการทดลองชุด SA ทั้งสองวิธีมีปริมาณประกอบฟีนอลมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกันกับในแมงลัก พบว่า ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน การทดลองชุด SA ทั้ง 2 วิธีมีปริมาณสารประกอบฟีนอลมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ พบว่า ในกะเพราระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 วัน การทดลองชุด SA มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ มากที่สุด แต่ไม่พบความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติ ในแมงลักระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน พบว่า ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในการทดลองชุด SA ทั้ง 2 วิธีมีปริมาณมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่า SA เป็นฮอร์โมนพืชที่กระตุ้นการตอบสนองในการต้านทานสภาวะความเครียดที่พืชได้รับ โดยกระตุ้นกลไกการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นผ่าน phenylpropanoid pathway ทำให้เกิดการสร้างสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอลเพิ่มมากขึ้น (Sayyari, et al. 2016) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wei. et al. (2011) ที่ใช้สาร SA กับหน่อไม้ฝรั่งหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าสาร SA ช่วยให้หน่อไม้ฝรั่งมีปริมาณ ฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและการกำจัดอนุมูลอิสระให้เพิ่มขึ้น เป็นที่ทราบกันดีว่าสารประกอบฟีนอลเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพกลุ่มใหญ่ที่พบตามธรรมชาติ รวมทั้งสารประกอบฟลาโวนอยด์ยังจัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลเช่นกัน ซึ่งสารประกอบฟีนอลหลายชนิดมีฤทธิ์เป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยจะทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระ และไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันที่เยื่อหุ้มเซลล์และโมเลกุลอื่น ๆ ได้ โดยใช้ตัวเองเป็นตัวรับอนุมูลอิสระ ทำให้ยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ที่มีอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุ จึงส่งผลให้ช่วยลดอาการผิดปกติที่เยื่อหุ้มเซลล์ได้ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษา (Machlin and Bendich, 1987) จากที่ได้อธิบายมาข้างต้นและจากผลการทดลองในภาพที่ 4.10 และ 4.11 การใช้ SA ที่มีผลไปกระตุ้นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารประกอบฟีนอล และฟลาโวนอยด์อาจมีส่วนช่วยในการชะลอการเกิด CI ในผักทั้ง 2 ชนิด



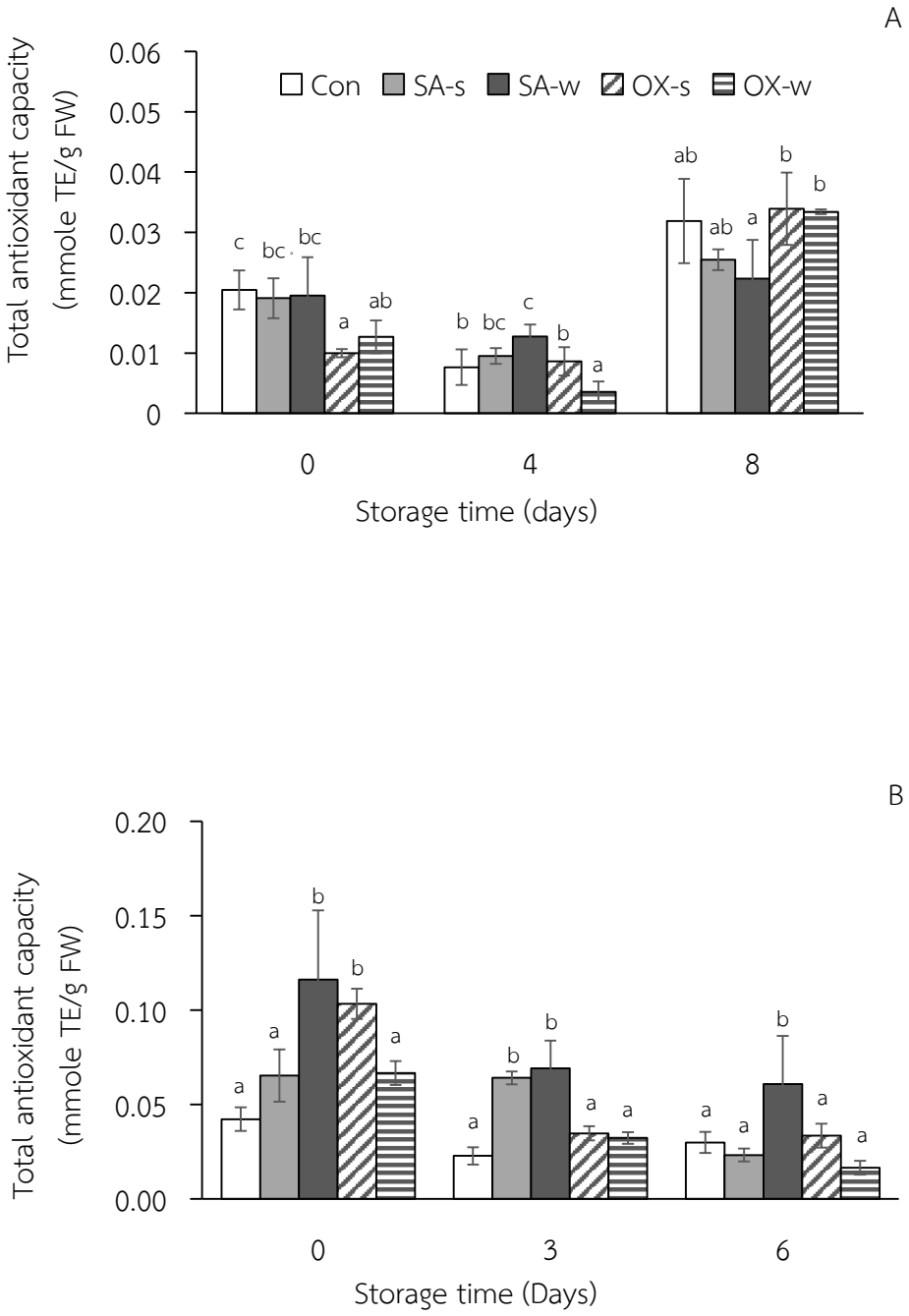
ภาพที่ 4.10 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในกะเพรา (A) และแมงลัก (B) ที่ทำการทดลองด้วยวิธีการสเปรย์และรดด้วยสารละลาย SA และ OX ความเข้มข้น 5 mM และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 7±2 °C



ภาพที่ 4.11 แสดงปริมาณสารฟลาโวล์นอยด์ของกะเพรา (A) และแมงลัก (B) ที่ทำการทดลองด้วยวิธีการสเปรย์และรดด้วยสารละลาย SA และ OX ความเข้มข้น 5 mM และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 7±2 °C

4.2.2 กิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น

จากภาพที่ 4.12 แสดงค่าความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ของกะเพรา (A) และแมงลัก (B) ระหว่างการเก็บรักษา จากผลการทดลองพบว่า ในกะเพราระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 วัน ค่าความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นลดลง และพบว่าการทดลองชุด SA ทั้ง 2 วิธี มีค่าความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น สูงกว่า การทดลองชุด OX ทั้ง 2 วิธี และการทดลองชุด Con อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามลำดับ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับในแมงลักระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน พบว่า การทดลองชุด SA ทั้ง 2 วิธี มีค่าความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นสูงที่สุดและสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองอื่นส่วนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ทั้งในกะเพราและในแมงลัก พบว่า ตัวอย่างทุกชุดการทดลองเกิดความเสียหายเนื่องจากอาการ CI อย่างมาก ซึ่งการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลกระตุ้นให้พืชสร้างสารที่ช่วยต้านทานความเครียดอย่างรุนแรงเพิ่มขึ้น และเมื่อพ้นสภาวะนี้ เซลล์พืชส่วนใหญ่จะตาย ดังแสดงให้เห็นในลักษณะปรากฏจากภาพ 4.1-4.4 ซึ่งจากผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 4.12 พบว่าการใช้สารละลาย SA ทั้ง 2 วิธีสามารถกระตุ้นให้กะเพราและแมงลักมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลและฟลาโวนอยด์ในภาพที่ 4.10 และ 4.11 จากการศึกษาของบุญวัฒน์ มหาทรัพย์. (2557) พบว่า การใช้สารละลาย SA ความเข้มข้น 1 และ 10 mM ในกะเพราสามารถช่วยปริมาณสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ได้ดีกว่ากะเพราที่ไม่มีการใช้สารละลาย SA และผักในกลุ่มเดียวกัน มีรายงานการ SA ในผักโหระพา พบว่า การฉีดพ่นด้วยสารละลาย SA ปริมาณความเข้มข้น 1 และ 10 mM สามารถเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระได้มากกว่าโหระพาที่ไม่มีการใช้ SA (พงษ์เทพ เฟื่องสำรวจ. 2557)



ภาพที่ 4.12 แสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในกะเพรา (A) และแมงลัก (B) ที่ทำการทดลองด้วยวิธีการสเปรย์และรดด้วยสารละลาย SA และ OX ความเข้มข้น 5 mM และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 7±2 ^{o}C

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองการสเปรย์และรดด้วยสารละลาย SA ความเข้มข้น 5 mM และการทดลองที่สเปรย์และรดด้วยสารละลาย OX ความเข้มข้น 5 mM ในกะเพรา และแมงลัก พบว่า แมงลักมีความไวต่อการเกิดอาการ CI มากกว่ากะเพรา การสเปรย์ด้วยสารละลาย SA สามารถลด CI ในกะเพราและแมงลัก ระหว่างการเก็บรักษาได้ดีที่สุด สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษากะเพราจาก 4 วัน เป็น 6 วัน และ ยืดอายุการเก็บรักษาแมงลักจาก 2 วัน เป็น 4 วัน เมื่อเทียบกับผักชุดควบคุม แต่พบว่า การทดลองที่ใช้ OX มีผลใกล้เคียงกับชุดควบคุมในลักษณะปรากฏของ CI การใช้ SA สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและรักษาลักษณะปรากฏในผักกะเพราและแมงลักอย่างชัดเจน แต่มีผลในการรักษาสีไม่ชัดเจนเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ ในขณะที่การใช้ OX มีเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกับชุดควบคุม พบว่า การใช้สารละลาย SA และ OX มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีเขียวเล็กน้อย การสเปรย์ด้วยสารละลาย SA ช่วยลดปริมาณการเพิ่มขึ้นของปริมาณ MDA ได้ดีที่สุด พบว่าการสเปรย์และรดด้วยสารละลาย SA ช่วยควบคุมการลดลงของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ทั้งสารประกอบฟีนอล และสารฟลาโวนอยด์ ได้ดีที่สุดและส่งผลในการกระตุ้นปริมาณกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ในขณะที่การสเปรย์และรดด้วยสารละลาย OX สามารถควบคุมการลดลงของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและมีผลต่อการกระตุ้นกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้น้อยกว่าการใช้ SA

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

การสเปรย์ด้วยสารละลาย SA เข้มข้น 5 mM ก่อนการเก็บเกี่ยว เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถควบคุมการเกิดอาการ CI และรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผักกะเพราและแมงลักกระตุ้นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและปริมาณสารต้านกิจกรรมออกซิเดชั่นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับทรีทเม้นต์อื่น

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยนี้อาจต้องทำการศึกษาผลการใช้ SA ต่อคุณภาพของผักที่ปลูกในฤดูการที่ต่างกันและการเปรียบเทียบผลกับการใช้ SA หลังการเก็บเกี่ยว และต้องศึกษาผลการใช้ OX ที่ระดับความเข้มข้นอื่น ๆ ที่ต่างกัน เพื่อหาระดับความเข้มข้นของ OX ที่มีความเหมาะสม สำหรับการลด CI ของผักที่ปลูก

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2550. **สถิติการเกษตร**. แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/pl_data/index.html,

คัทลียา ฉัตรเที่ยง. 2542. **การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการสร้างผลผลิตของพืชสกุลโหระพา 4 ชนิด**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 396 น.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

จริงแท ศิริพานิช. 2544. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม**. พิมพครั้งที่ 4. สำนักพิมพมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร กรุงเทพฯ. 396 หนา

จริงแท้ ศิริพาณิช. 2549. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรสาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. : 396 หน้า.

ธิติมา วงษ์ชีรี. 2551. **ความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์และการเกิดอาการสะท้านหนาวของใบพืชสกุลกะเพรา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 125 หน้า.

ธีรวรรธน์ ขันทอง, พจน์ ศรีบุญลือ, โสพิศ วงศ์คำ, พัชรี บุญศิริ, บรรณาธิการ. 2543. “ลิปิด”. **ตำราชีวเคมี**. คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. : 79-97.

นันทวุฒิ อิ่มศูนย์ และดนัย บุญยเกียรติ. 2546. “ผลของการใช้ความร้อนต่อการลดอาการสะท้านหนาวของมะเขือเทศ”, **วารสารเกษตร**, ปีที่ 19. ฉบับที่ 1. : 37-45.

บุญวัฒน์ มหาทรัพย์. 2557. ประสิทธิประสิทธิภาพของการใช้กรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่ออาการสะท้านหนาวและคุณภาพทางกายภาพของผักกะเพราระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. ปัญหาพิเศษ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. : 37 หน้า.

พงษ์เทพ เฟื่องสำรวจ. 2557. ประสิทธิภาพของการใช้กรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่ออาการสะท้านหนาวและคุณภาพทางกายภาพของผักโหระพาระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. ปัญหาพิเศษ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. : 38 หน้า.

เพชรดา อยู่สุข. 2548. **ผลของการใช้ความร้อนและสารละลายแคลเซียมต่ออาการสะท้านหนาวในพริกหวาน.** เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มาโนชญ์ กูลพฤกษี. 2534. ผลกระทบของสภาพบรรยากาศที่ดัดแปลงและอุณหภูมิต่ำที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลมะม่วง (Mangifera indica L.) พันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีรินทร์ อันทะแขก. 2535. การใช้อุณหภูมิห้องสลับต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บรรณานุกรม (ต่อ)

ศิริลักษณ์ วุฒิกุล. 2538. การห่อหุ้มพริกยักษ์แต่ละผลด้วยฟิล์มพลาสติกเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา. **วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต** สาขาวิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรัสวดี พรหมอยู่. 2554. **รายงานการวิจัยเรื่องการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ชีวเคมี และสรีรวิทยาระหว่างการเกิดอาการสะท้านหนาวของดอกหน้าวัว 5 สายพันธุ์ และศึกษาวิธีการลดอาการสะท้านหนาวในดอกหน้าวัว**. สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ

สุวรรณา บุญญาวงษ์, วาริช ศรีละออง, หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรไกล, และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2550. ผลของ Salicylic acid ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์นำดอกไม้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. : 78-81

สุภา การถาง. 2551. ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีใบของผักเหลียงหลังการเก็บเกี่ยว. ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาพืชสวน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร.

อนันต์ จิตรธรรม, ศิริชัย กัลยาณรัตน์, และเฉลิมชัย วงษ์อารี. 2545. “ผลของ heat treatment และ CaCl2 ต่ออาการ chilling injury ของผลละมุดพันธุ์มะกอก (Archras sapota Linn.)”. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. ปีที่ 33. ฉบับที่ 6 (พิเศษ) : 122-126.

Aharoni, N., O. Dvir, D. Chalupowicz and Z. Aharon. 1993. **Coping with postharvest physiology of fresh culinary herbs**. Acta Hortic. 344: 69-78.

Alaey, M., M. Babalar, R. Naderi and M. Kafi. 2011. Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on physiochemical attributes in relation to vase-life of rose cut flower**. Postharvest Biol**. Technol. 61: 91-94.

Alberts, B., D. Bray, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts and J.D. Watson. 1994. **Molecular biology of the Cell**. Garlang Publishing. New York.

Ali, Z.M., Chin, L., Marimuthu, M., and Lazan, H., 2004. “Low temperature storage and modified atmosphere packaging of carambola fruit and their effects on ripening related texture changes, wall modification and chilling injury symptoms”, **Postharvest Biology and Technology**. Vol. 33. : 181-192.

Baskaran, R., Puyed, S., and Habibunnisa. 2002. “Effec of modified atmosphere packaging and waxing on the storage behavior of avocado fruits (Persea Americana Mill.)”. **Journal of Food Science and Technology**. Vol. 39. : 284-287.

Benzie, I.F., and Strain, J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical biochemisty**. 239(1). : 70-76.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Burton, W.G. (1982). Post-harvest physiology of food crops. Longman, London. In Paull, E.R. 1999. Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. **Postharvest Biology and Technology**, 15, 263-277.

Cantwell, M.I. and M.S. Reid. 2002. Postharvest handling systems : fresh herbs. : 327-33. In A.A. Kader, ed. **Postharvest Technology for Horticultural Crops**. Univ. of California Press. California.

Cao, S., Z Hua, Y. Zhengb and B. Lua. 2010. Synergistic effect of heat treatment and salicylic acid on alleviating internal browning in cold-stored peach fruit. **Postharvest Biol**. Technol. 58 : 93-97.

Costa, M.L., Civello, P. M., Chaves, A. R. and Martinez, G. A., 2006, "Effect of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzyme and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli (Brassica oleracea L.) at 20 ^{o}C".**Posthrvest Biology and Technology** 35 : 191-199.

Diang, C., Wang, C.Y., Gross, K.C., and Smith, D.L., 2001. "Reduction of chilling injury and transcript accumulation of shock proteins in tomato fruit by methyl jasmonate and methyl salicylate". **Plant Science**. Vol. 161, : 1153-1159.

Ding C.K., C. Y. Wang, K. C. Gross and D. L. Smith. 2002. Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesisrelated-protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. **Planta**. 214: 895-901.

Ding, Z. S., Tian, S. P., Zheng, X. L., Zhou, Z. W., & Xu, Y. 2007. Responses of reactive oxygen metabolism and quality in mango fruit to exogenous oxalic acid or salicylic acid under chilling temperature stress. **Physiologia Plantarum**. 130. : 112–121.

Fung, R.W.M., Wang, C.Y., Smith, D.L., Gross, K.C., and Tian, M., 2004. "MeSA and MeJA increase steady-state transcript levels of alternative oxidase and resistance against chilling injury in sweet peppers (Capsicum annuum L.)". **Plant Science**. Vol. 166. : 711-719.

Gonzales-Aguilar, G.A., Gayosso, L., Cruz, R., Fortiz, J., Baez, R., and Wang, C.Y., 2000. "polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in peper fruit". **Postharvest Biology and Technology**. Vol. 18. : 19-26.

บรรณานุกรม (ต่อ)

González-Aguilar, G. A., Tiznado-Hernández, M. E., Zavaleta-Gatica R. and Martínez-Téllez M. A. 2004. Methyl jasmonate treatment reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits. **Biochemical and Biophysical Research Communication**. 313 : 694-701.

Hatamzadeh, A., M. Hatami and M. Ghasemnezhad. 2012. Efficiency of salicylic acid delay petal senescence and extended quality of cut spikes of Gladiolus grandiflora cv 'wing's sensation'. **African J. of Agric**. Research 7(4): 540-545

Hayat, Q., S. Hayat, M. Irfan and A. Ahmad. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment : A review. Environ. Exp. Bot. 68: 14-25.

Hewjulige, I.GN., Wijeratam, S.W., and Wijesundera, R.L.C. 2006. "Pre-harvest application of ealcium to control black heart disorder in Mauritius pineapples during low-temperature storage". Journal of Science and Food Agricultural. Vol. 86. : 420-424.

Hofman, P.J., Stubbing, B.A., Adkins, M.F., Corcoran, R.J., White, A., and Woof, A.B. 2003. "low temperature conditioning before cold disinfestation improves 'Hass' avocado fruit quality". **Postharvest Biology and Tecnology**. Vol. 28. : 123-133.

Hooper, L. and A. Cassidy. 2006. A review of the health care potential of bioactive compounds. J. Sci. Food Agric. 86 : 1805-1813.

Hung, R.H., J. H. Liu, Y. M. Lu and R. X. Xia. 2007. Effect of salicylic acid on the antioxidant system in the pulp of Cara Caranavel orange (Citrus sinensis L. Osbeck) at different storage temperature. **Postharvest Biol**. Technol. 47: 168-175.

Jia, Z., Tang, M. & Wu, J. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radical. **Food Chemistry**. 64. : 555–559.

Ketchi, D.O. and P.J.C. Kuiper. 1979. Fatty acid level in apple leaves of different age as affected by temperature. **Physiol**. Plant. 46 : 93-96.

Klessig, D. F. and Malamy, J. 1994. The salicylic acid signal in plant. **Plant Molecular Biology**. 26 : 1439-1458.

Knorzer, O.C., B. Lederer, J. Durner and P. Boger. 1999. Antioxidative defense activation in soybean cells. **Physiol**. Plant. 107 : 294-302.

Lawton, B.P. 2002. Mints : A Family of Herbs and Ornamentals. **Timber Press**. Portland.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Lange, D.D. and A.C. Carmeron. 1994. Postharvest shelf life of sweet basil. **HortScience.** 29 : 102-103.

Leslie, C.A. and R.J. Romani. 1988. Inhibition of ethylene biosynthesis by salicylic acid. **Plant Physiol**. 88 : 833-837.

Levitt, J. 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Volume 2. 2nd ed. **Academic Press**. New York.

Liang, Strelkov and Kav. 2009. "Oxalic acid-mediated stress responses in Brassica napus L." : 3156-3173 Furth. P. and D. Cox. 2004. Spices and ethnic foods : **the spice market expands**. Food Technol. 58 : 30-34.

Luo, Z., C. Chen and J. Xie. 2011. Effect of salicylic acid treatment on alleviating postharvest chilling injury of 'Qingnai' plum fruit. **Postharvest Biol**. Technol. 62 : 115-120.

Luo, Z., X. Wu, Y. Xie and C. Chen. 2012. Alleviation of chilling injury and browning of postharvest bamboo shoot by salicylic acid treatment. **Food Chem**. 131 : 456-461.

Lyons, J.M. 1973. Chilling injury in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 24: 445-466.

Machlin,L.J, & Bendich, A. 1987. "Free radical tissue damage : protective role of antioxidant nutrients." The Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology. : 441-445.

McCollum, T. G., McDonald ,R. E. 1991. Electrolyte Leakage, Respiration, and Ethylene Production as Indices of Chilling Injury in Grape Fruit. **HortScience** 26. : 1191-1192

Meir, S., Rosenberger, I., Aharon, Z., Grinberg, S., and Fallik, E. 1995, "Improvement of the postharvest keeping quality and colour development of bell pepper (cv. 'Major') by packaging with polyethylene bags at a reduced temperature", **Posthavest Biology and Technology**. Vol. 5. : 303-309.

Meir, S., Philosoph-Hadas, S., Lurie, S., Droby, S., Akerman, M., Zauberman, G., Shapiro, B., Cohen, E., and Fuchs, Y. 1996. "Reduction of chilling injury in stored avocado, grapefruit, and bell pepper by methyl jasmonate". **Can. J. Bot**. Vol. 74. : 870-874.

Morris, L. L. 1982. Chilling injury of horticultural crops: an overview. **HortScience**. 25 : 161-162.

Murata, N., and Los, D.A. 1997. "Membrane fluidity and temperature perception". **Plant Physiology**. Vol. 115. : 875-879.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Nishida, I. and N. Murata. 1996. Chilling sensitivity in plants and cyanobacteria: the crucial contribution of membrane lipids. Annu. Rev. **Plant Physiol**. Plant Mol. Biol. 47: 541-568.

Ose, K., K. Chachin and Y. Imahori. 1995. Browning mechanism of water convolvulus (Ipomoea aquatica Forsk.) stored at low temperature. : 178-187. In Y.L. Chang and J. R. Whitaker, eds. **Enzymatic Browning and its Prevention**. ACS Symposium Series 600, Washington DC.

Paull, R.E. 1990. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. : 17-36. In C.Y. Wang, ed. **Chilling Injury of Horticultural Crops**. CRC Press Inc., Boca Raton. Florida.

Paull, E.R. 1999. Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. **Postharvest Biology and Technology**. 15. : 263-277.

Promyou, S., S. Ketsa and W.G. van Doorn. 2012. Salicylic acid alleviates chilling injury in anthurium (Anthurium and raeanum L.) flower. **Postharvest Biol**. Technol. 64 : 104-110.

Purvis, A.C. 2002. “Diphenylamine reduces chilling injury of green bell pepper fruit”. **Postharvest Biology and Technology**. Vol. 25. : 41-48.

Purvis, A.C., and Gegogeine, J.W. 2003. “Diphenylamine inhibits respiration of green bell peppers”. Journal of the American Society for Horticultural Science. Vol. 128. : 924-929.

Raghavan, S. 2004. Developing ethnic foods and ethnic flair with spices. **Food Tech**. 58 : 35-41.

Raison, J.K. and G.R. Orr. 1990. Proposals for a better understanding of the molecular basis of chilling injury. : 145-164. In C. Y. Wang, ed. **Chilling Injury of Horticultural Crops**. CRC Press, Inc., Boca Raton. Florida.

Raskin, I. 1992. Salicylate, a new plant hormone. Plant Physiol. 99: 799-803.

Sabehatal, A., Lurie, S., and Weiss, D. 1998. “Expression of small heat-shock proteins at low temperature”. **Plant Physiology**. Vol. 117. : 651-658.

Sayyari, M., Valero, D., Babalar, M., Kalantari, S., Zapata, P. J., & Serrano, M. 2010. Prestorage oxalic acid treatment maintained visual quality. Bioactive compounds and antioxidant potential of pomegranate after long-term storage at 2 °C. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 58. : 6804–6808.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Sayyari, M., M. Babalar, S. Kalantari, M. Serrano and D. Valero. 2011. Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates. Postharvest Biol. Technol. 53: 152-154.

Sayyari, M., Valero, D., Babalar, M., Kalantari, S., Zapata, P. J., & Serrano, M. (2012). Prestorage oxalic acid treatment maintained visual quality, bioactive compounds, and antioxidant potential of pomegranate after long-term storage at 2 °C. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58, 6804–6808.

Singer, S.L. and G.L. Nicolson. 1972. The fluid mosaic model of the structure of cell membranes. Science 175: 720-731.

Slinkard, K. & Singleton, V.L. (1977). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. American Journal of Enology and Viticulture, 28, 49–55.

Srivastava, M.K., Dwive, U.N., 2000. “Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid”.**Plant Sci.** 158 : 87-96.

Supapvanich, S. and Promyou, S. 2013. “Efficency of salicylic acid application onpostharvest perishable crops.” : 339-355. In Hayat, S., Alyemei, A.A.M.N. (Eds.) Salicylic Acid Plant Growth and Development Springer. **New York** : USA.

Thomson, G., S. Winkler and Hopkings. 2001. Diversifying Asian Vegetable Markets. Research Report, Rural Industries Research& Development Corporation of Australia (IRDC). Available Source: http://www.rirdc.gov.au/report/FAO/01-02.pdf January10, 2016.

Tulio, A.Z., K. Ose, K. Chachin and Y. Ueda. 2002. Effect of storage temperatures on thepostharvest quality of jute leaves (Corchorus olitorius L.). **Postharvest Biol**. Technol. 26: 329-338.

Uhl, S.R. 2000. Handbook of Spices, Seasonings, Flavoring. **Technomic Publishing**. Pennsylvania.

Wu, F., Zhang, D., Zhang, H., Jiang, G., Su, X., Qu, H., et al. 2011. Physiological and biochemical response of harvested plum fruit to oxalic acid during ripening or shelf-life. **Food Research International**. 44. : 1299–1305.

Wang, C.Y. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. **HortSci**. 17 : 173-186.

บรรณานุกรม (ต่อ)

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

Wang, C.Y. 2003. Leafy, floral and succulent vegetables, : 691-712. In J.A. Bartz and M. Brecht, eds. Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables. **Dekker Inc.**, New York.

Wang, W., Vinocucur, B., Shoseyov, O., and Altman, A. 2004. “Role of plant heat shock proteins and molecular chaperones in the abiotic stress response”. **Trends Plant Science**. Vol. 9. : 244-252.

Wang, L.J. and S.H.H. Li. 2006. Salicylic acid-induced heat or cold tolerance in relation to Ca_2+homeostasis and antioxidant systems in young grape plants. **Plant Sci**. 170 : 685-694.

Wastenack, C. 2004. “Jasmonates-biosynthesis and role in stress responses and developmental processes”. In L.D. Nooden, ed., Plant Cell Death Process, **elsvier Academic Press**. Sandiego. : 143-155.

Watkins, C.B., 2006, “The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables”. **Biotechnology Advances**. Vol. 24. : 389-409.

Wei, Y., Z. Liu, Y. Su, D. Liu and X. Ye. 2011. Effect of salicylic acid treatment on postharvest quality, antioxidant activities and free polyamines of asparagus. J. **Food Sci**. 76(2) : 126-132.

Wills, R.B.H., McGlasson, W.B., Graham, D. & Joyce, D.C. (2007). Postharvest, An Introduction to Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals. 5th 465 edn. : 227. **Sydney** : University of New South Wales Press.

Woolf, A.B. 1997. Reduction of chilling injury in stored ‘Hass’ avocado fruit by 38°C water treatments. **HortSci**. 32 : 1247-1251.

Xue, X. J., Li, P. Y., Song, X. Q., Shen, M., & Zheng, X. L. 2012. Mechanisms of oxalic acid alleviating chilling injury in harvested mango fruit under low temperature stress. **Acta Horticulturae Sinica**. 39. : 2251–2257.

Zhang, Y., K. Chen, S. Zhang and I. Ferguson. 2003. The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. **Postharvest Biol**. Technol. 28 : 67-74.

Zheng, X., Tian, S., Meng, X., & Li, B. 2007. Physiological and biochemical responses in peach fruit to oxalic acid treatment during storage at room temperature. **Food Chemistry**. 104. : 156–162.

ภาคผนวก ก
ตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของกะเพราที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatments	Lightness (L*)[1/]				
	Day0	Day2	Day4	Day6	Day8
Con	39.57a	41.60a	29.38a	35.61	37.61ab
SA-s	43.53c	42.70a	36.17ab	34.45	39.46ab
SA-w	40.55ab	41.20a	40.92b	30.78	40.03b
OX-s	41.18b	41.59a	39.47b	34.86	36.62a
OX-w	40.76ab	44.43b	36.63ab	32.70	38.30ab
F-test	*	*	ns	ns	ns
CV(%)	1.32	1.44	13.00	8.88	3.42

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธี Ducan's New Mutiple Range Test

ตารางผนวกที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของแมงลักที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatments	Lightness (L*)[1/]			
	Day0	Day2	Day4	Day6
Con	42.91c	44.51b	44.87a	45.60a
SA-s	40.07a	40.99a	41.09a	44.92a
SA-w	45.98d	39.26a	42.82b	46.45ab
OX-s	41.86b	44.61b	44.72c	48.06b
OX-w	41.27b	40.86a	40.86a	51.59c
F-test	*	*	*	*
CV(%)	0.69	0.91	1.13	1.36

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธี Ducan's New Mutiple Range Test

ตารางผนวกที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของกะเพราที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatments	Greenness (a*)[1/]				
	Day0	Day2	Day4	Day6	Day8
Con	-15.41c	-16.70a	-11.37b	-13.46a	-12.23b
SA-s	-17.35a	-15.49b	-13.70a	-13.02a	-14.02a
SA-w	-16.70ab	-15.07b	-13.80a	-12.02b	-13.15ab
OX-s	-16.03bc	-15.57ab	-14.41a	-12.37ab	-14.08a
OX-w	-16.68ab	-15.85ab	-13.92a	-13.13a	-12.30ab
F-test	*	*	*	*	*
CV(%)	4.29	2.63	6.43	7.59	6.07

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธี Ducan's New Mutiple Range Test

ตารางผนวกที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของแมงลักที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatments	Greenness (a*)[1/]			
	Day0	Day2	Day4	Day6
Con	-14.81b	-11.89d	-11.89c	-10.24b
SA-s	-14.53b	-13.39bc	-13.11b	-13.47a
SA-w	-16.03a	-12.47cd	-13.71ab	-9.65b
OX-s	-16.16a	-14.18ab	-14.18ab	-12.78a
OX-w	-15.95a	-14.97a	-14.68a	-12.93a
F-test	*	*	*	*
CV(%)	2.48	2.84	3.75	5.29

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธี Ducan's New Mutiple Range Test

ตารางผนวกที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของกะเพราที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatments	Yellowness (b*)[1/]				
	Day0	Day2	Day4	Day6	Day8
Con	24.30a	26.16b	16.64a	23.77b	20.69
SA-s	28.03b	24.22a	21.96b	25.74c	20.47
SA-w	23.95a	23.74a	24.54c	22.77b	20.72
OX-s	24.14a	26.61b	17.38a	19.60a	18.83
OX-w	23.97a	26.76b	22.57bc	25.96c	21.46
F-test	*	*	*	*	ns
CV(%)	2.47	3.02	2.38	2.97	5.83

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธี Ducan's New Mutiple Range Test

ตารางผนวกที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของแมงลักที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatments	Lightness (b*)[1/]			
	Day0	Day2	Day4	Day6
Con	22.32ab	20.59ab	20.59abc	18.97ab
SA-s	21.29a	18.70a	19.23a	21.73b
SA-w	26.71d	19.33a	19.99ab	18.43ab
OX-s	25.28cd	22.03bc	22.03bc	21.30b
OX-w	23.94bc	22.89c	22.89c	16.77a
F-test	*	*	*	*
CV(%)	2.38	2.70	3.35	4.47

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธี Ducan's New Mutiple Range Test

ตารางผนวกที่ 7 การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) ของกะเพราที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatments	Weight loss[1/]				
	Day0	Day2	Day4	Day6	Day8
Con	0	2.87	4.51b	8.59d	5.25bc
SA-s	0	1.12	2.29a	1.34a	2.60a
SA-w	0	1.86	0.85a	5.27c	5.87c
OX-s	0	2.33	2.86a	3.08ab	4.15b
OX-w	0	2.67	2.46ab	3.86bc	4.32b
F-test		ns	*	*	*
CV(%)		26.67	23.95	10.54	7.43

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธี Ducan's New Mutiple Range Test

ตารางผนวกที่ 8 การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) ของแมงลักที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatments	Weight loss [1/]			
	Day0	Day2	Day4	Day6
Con	0	1.56ab	3.16bc	4.67a
SA-s	0	0.72a	0.94a	6.00ab
SA-w	0	2.26b	3.61c	7.12b
OX-s	0	2.44b	1.27a	4.55a
OX-w	0	0.96a	2.26b	4.21a
F-test		*	*	*
CV(%)		11.56	11.10	9.11

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธี Ducan's New Mutiple Range Test

ตารางผนวกที่ 9 ปริมาณ MDA ของกะเพราที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatments	ปริมาณ MDA[1/]				
	Day0	Day2	Day4	Day6	Day8
Con	0.69a	1.12	1.27	1.23	1.15
SA-s	0.85ab	1.12	1.00	1.03	1.07
SA-w	1.40c	1.14	1.25	1.11	1.14
OX-s	0.77ab	1.12	1.08	1.09	1.09
OX-w	0.98b	1.15	1.38	1.22	1.11
F-test	*	ns	ns	ns	ns
CV(%)	7.43	10.81	8.60	18.55	2.68

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธี Ducan's New Mutiple Range Test

ตารางผนวกที่ 10 ปริมาณ MDA ของแมงลักที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatments	ปริมาณ MDA [1/]			
	Day0	Day2	Day4	Day6
Con	0.79	0.45a	1.10ab	2.37b
SA-s	0.86	1.17b	1.06ab	2.29b
SA-w	0.82	1.01ab	0.81a	1.30a
OX-s	0.86	0.96ab	1.39b	2.08b
OX-w	0.91	0.76ab	1.13ab	1.31a
F-test	ns	ns	ns	*
CV(%)	7.41	18.21	9.37	9.75

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธี Ducan's New Mutiple Range Test

ตารางผนวกที่ 11 ปริมาณสารประกอบ Phenol ของกะเพราที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatments	ปริมาณสารประกอบ Phenol[1/]		
	Day0	Day4	Day8
Con	6.72d	2.34a	2.09
SA-s	5.60c	3.38b	2.26
SA-w	4.43b	4.19c	1.84
OX-s	3.17a	2.90ab	2.44
OX-w	3.92b	2.23a	2.27
F-test	*	*	Ns
CV(%)	5.38	12.90	17.21

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธี Ducan's New Mutiple Range Test

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณสารประกอบ Phenol ของแมงลักที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatments	ปริมาณสารประกอบ Phenol[1/]		
	Day 0	Day 3	Day 6
Con	8.68a	5.19a	7.22b
SA-s	9.59ab	11.11b	5.91b
SA-w	12.97c	11.78b	7.06b
OX-s	11.91bc	6.40a	6.49b
OX-w	8.25a	6.40a	2.84a
F-test	*	*	*
CV(%)	10.12833	10.68193	9.013965

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธี Ducan's New Mutiple Range Test

ตารางผนวกที่ 13 ปริมาณสารประกอบ flavonoids ของกะเพราที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatments	ปริมาณสารประกอบ flavonoids [1/]		
	Day 0	Day 4	Day 8
Con	1.88c	1.22	0.93
SA-s	1.58bc	1.47	0.85
SA-w	1.65bc	1.65	0.76
OX-s	1.05a	1.46	0.98
OX-w	1.31ab	1.28	1.00
F-test	*	ns	ns
CV(%)	12.06	14.91	23.82

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธี Ducan's New Mutiple Range Test

ตารางผนวกที่ 14 ปริมาณสารประกอบ flavonoids ของแมงลักที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatments	ปริมาณสารประกอบ flavonoids [1/]		
	Day 0	Day 3	Day 6
Con	3.17a	2.05a	2.27ab
SA-s	4.06a	4.80b	1.92a
SA-w	6.29b	5.23b	3.32b
OX-s	4.11a	2.66a	2.01a
OX-w	2.73a	2.28a	1.07a
F-test	*	*	*
CV(%)	13.32	9.06	12.85

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธี Ducan's New Mutiple Range Test

ตารางผนวกที่ 15 ปริมาณสาร TAC ของกะเพราที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatments	ปริมาณสาร TAC [1/]		
	Day 0	Day 4	Day 8
Con	0.020c	0.008b	0.032ab
SA-s	0.019bc	0.010bc	0.025ab
SA-w	0.020bc	0.013c	0.022a
OX-s	0.010a	0.009b	0.034b
OX-w	0.013ab	0.004a	0.033b
F-test	*	*	ns
CV(%)	19.97	24.44	14.65

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธี Ducan's New Mutiple Range Test

ตารางผนวกที่ 16 ปริมาณสาร TAC ของแมงลักที่รดและสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5 mM ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 °C

Treatments	ปริมาณสาร TAC [1/]		
	Day 0	Day 3	Day 6
Con	0.042a	0.023a	0.030a
SA-s	0.065a	0.064b	0.023a
SA-w	0.116b	0.069b	0.061b
OX-s	0.103b	0.035a	0.034a
OX-w	0.067a	0.032a	0.016a
F-test	*	*	*
CV(%)	18.06213	13.23733	27.11356

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธี Ducan's New Mutiple Range Test

ภาคผนวก ข
เอกสารเผยแพร่งานวิจัย

CERTIFICATE OF CONTRIBUTIONS

Nitad Suamuang

Chilling injury alleviation of lemon basil by preharvest salicylic acid and oxalic acid application

has contributed to
Burapha University International Conference 2016
"Harmonization of Knowledge towards the Betterment of Society"
28-29 July 2016 Dusit Thani Hotel, Pattaya, Thailand

Professor Sompol Pongthai, FRTCOG, MPH, LLB
Acting President of Burapha University
Chairman of the Universities in Higher Education Development Eastern Network

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นายนิทัศน์ เสือเมือง
วัน เดือน ปีเกิด	29 มกราคม 2534
สถานที่เกิด	จังหวัดสุพรรณบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 209 หมู่ 12 ตำบลโคกคราม อำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	ปัจจุบัน อาจารย์ แผนกวิชาพืชศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีอุทัยธานี