รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลการใช้กรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผักพื้นบ้านสกุลกะเพรา (*Ocimum* spp.) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

Effects of salicylic acid pre-harvest treatment on postharvest quality and bioactive compounds of *Ocimum* spp during refrigerated storage

นายสุริยัณห์ สุภาพวานิช

นางสาวรัชดากร พลภักดี

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจาก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลการใช้กรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผักพื้นบ้านสกุลกะเพรา (*Ocimum* spp.) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

Effects of salicylic acid pre-harvest treatment on postharvest quality and bioactive compounds of *Ocimum* spp during refrigerated storage

นายสุริยัณห์ สุภาพวานิช

นางสาวรัชดากร พลภักดี

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจาก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ ผลการใช้กรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผักพื้นบ้านสกุลกะเพรา (*Ocimum* spp.) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม **ประจำปีงบประมาณ** 2558

จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 100,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ เดือน ต.ค. 2557 ถึง เดือน ก.ย. 2558

ชื่อ-สกุลผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุริยัณห์ สุภาพวานิช (หัวหน้าโครงการ)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัชดากร พลภักดี (ผู้ร่วมโครงการ)

หน่วยงานต้นสังกัด ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

อาการสะท้านหนาวเป็นปัญหาหลักที่พบในผลิตผลเขตร้อนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการใช้กรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวเพื่อลดอาการสะท้านหนาวและกระตุ้นปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของกะเพรา แมงลัก และ โหระพา ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±1ºC โดยทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี ความเหี่ยว และ อาการสะท้านในผักทั้ง 3 ชนิด ที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกเข้มข้น 0 1 และ 10 mM ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าแมงลักมีความไวต่ออาการสะท้านหนาวที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ กะเพรา และโหระพา ตามลำดับ การใช้กรดซาลิไซลิกสามารถลดอาการสะท้านหนาว และอาการเหี่ยว และคงลักษณะปรากฏที่ดีของผักทั้ง 3 ชนิดระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งการใช้กรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 10 mM ให้ผลดีที่สุดในการควบคุมอาการสะท้านหนาว แต่พบอาการปลายยอดไหม้ในผักทั้ง 3 ชนิด ดังนั้นจึงทำการศึกษาการใช้กรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 5 mM โดยเลือกทำการทดลองในแมงลัก ทำการศึกษาการสูญเสียน้ำหนัก อาการสะท้านหนาว การรั่วไหลของประจุ ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) สี รงควัตถุ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (สารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด และ H_2O_2 scavenging activity) และ กิจกรรมของเอนไซม์ที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (Ascorbic acid peroxidase, Guaiacol peroxidase และ Catalase) การใช้กรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 5 mM สามารถลดอาการสะท้านหนาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่พบอาการยอดไหม้ และลดการเพิ่มขึ้นของการรั่วไหลของประจุ และปริมาณ MDA การใช้กรดซาลิไซลิกยังสามารถรักษาสีโดยเฉพาะความเขียวได้ นอกจากนั้นพบว่าการใช้กรดซาลิไซลิกกระตุ้นปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด และกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase และช่วยชะลอการลดลงของสารออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฤทธิ์ทางชีวภาพระหว่างการเก็บรักษา จากผลการทดลองสรุปได้ว่า การสเปรย์กรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 5 mM ก่อนการเก็บเกี่ยว เป็นทางเลือกที่ดีในการควบคุมอาการสะท้านหนาวและรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างการเก็บรักษาผักตระกูลกะเพรา ทั้ง 3 ชนิด ที่อุณหภูมิต่ำ

คำสำคัญ : กรดซาลิไซลิก อาการสะท้านหนาว ผักตระกูลกะเพรา สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Effects of salicylic acid pre-harvest treatment on postharvest quality and bioactive compounds of *Ocimum* spp during refrigerated storage

Researcher: Asst. Dr. Suriyan Supapvanich and Asst. Dr. Ratchadakorn Phonpakdee

Faculty: Industrial Education **Department:** Agricultural Education

ABSTRACT

Chilling injury (CI) is widely accepted as a main problem of tropical commodities during refrigerated storage. The purpose of this work was to determine the effect of preharvest salicylic acid (SA) treatment on CI alleviation of *Ocimum* spp. such as holy basil, lemon basil and Thai sweet basil during stored at 7±1ºC. Physical quality including visual appearance, superficial colours, witlness index and CI score of the basils treated with 0, 1.0 and 10 mM SA were investigated. The results showed that lemon basil is the most sensitive to chilling temperature when compared to holy basil and Thai sweet basil, respectively. SA treatments obviously alleviated CI symptom and maintained visual appearance of all basil during storage. SA treatments reduced the wiltness of all basils during storage. 10 mM SA treatment effectively controlled CI in all basils during storage when compared to others but tip-burn was occured in all basils. Thus, the SA pre-harvest treatment at 5 mM was studied and lemon basil was selected as the plant model. Weight loss, CI score, electrolyte leakage (EL), malondialdehyde `(MDA) content, superficial colours, pigments, bioactive compounds (total phenols (TP), total flavonoids (TF), total antioxidant capacity (TAC) and H_2O_2 scavenging activity) and antioxidant enzymes activities (Ascorbic acid peroxidase (AsA-POD), Guaiacol peroxidase (G-POD) and Catalase (CAT)) were determined. 5mM SA treatment effectively alleviated CI without tip-burn symptom and reduced EL and MDA content increases. The SA treatment also delayed the loss of superficial colour, especially greeness of the basil. TAC, TP, TF and CAT activity were enhanced by SA treatments. SA treatment delayed the reduction of all bioactive compouds including antioxidant enzymes activities during storage. In conclusion, 5 mM SA spraying is an alternative preharvest treatment inducing CI tolerance and maintaining postharvest quality of basils during refrigerated storage.

Keywords : Salicylic acid, Chilling injury, Basil and Bioactive compounds

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าและผู้ร่วมโครงการวิจัย ขอขอบคุณหลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเคมีบางส่วน ขอขอบคุณ นางสาวประทุมทิพย์ วงษ์สุวรรณ นายปุณวัฒน์ มหาทรัพย์ นายพงษ์เทพ เฟื่องสำรวจ และนายยุรนันท์ เขินไพร นักศึกษาสาขาวิชาครุศาสตร์เกษตรแขนงวิชาเทคโนโลยีผลิตพืช และงานวิจัยไม่สามารถดำเนินการให้สำเร็จลุล่วงได้ถ้าขาดการสนับสนุนจากภาควิชาครุศาสตร์เกษตร และทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังจากแหล่งทุน เงินรายได้คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

นายสุริยัณห์ สุภาพวานิช

นางสาวรัชดากร พลภักดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	III
สารบัญภาพ	IV
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 พืชสกุล *Ocimum* spp. และความสำคัญของพืชตระกูลนี้	4
2.2 ปัญหาของการเก็บรักษาผักใบที่อุณหภูมิต่ำ	5
2.3 อาการสะท้านหนาว (Chilling injury) และสาเหตุการเกิดอาการสะท้านหนาว	5
2.4 การควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาว	8
2.5 กรดซาลิไซลิก และผลของการใช้กรดซาลิไซลิกกับผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว	9
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 วัตถุดิบ	11
3.2 การศึกษาผลของการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของกะเพรา แมงลัก และโหระพา ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ	11
3.3 การศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของกะเพรา แมงลัก และโหระพา ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ	12
3.4 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ-เคมี	12
3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 การศึกษาผลของการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของกะเพรา แมงลัก และโหระพา ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 17

4.1.1 ลักษณะปรากฏ 17

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงสี 21

4.1.3 อาการเหี่ยว 25

4.1.4 อาการสะท้านหนาว 27

4.2 การศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของกะเพรา แมงลัก และโหระพา ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 29

4.2.1 การสูญเสียน้ำหนักและระดับการเกิดอาการสะท้านหนาว 29

4.2.2 การรั่วไหลของประจุจากเนื้อเยื่อ และปริมาณ MDA 30

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงสีและรงควัตถุ 31

4.2.4 ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ 33

4.2.5 กิจกรรมเอนไซม์ที่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ 35

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 37

5.2 ข้อเสนอแนะ 37

บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย **38**

บรรณานุกรม **39**

ภาคผนวก **45**

ภาคผนวก ก ผลงานวิจัยที่เผยแพร่ 46

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย

ประวัตินักวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ค่าสีที่ปรากฏ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีเขียว ($-a^*$) และค่าสีเหลือง (b^*) ของกะเพรา	22
4.2 ค่าสีที่ปรากฏ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีเขียว ($-a^*$) และค่าสีเหลือง (b^*) ของแมงลัก	23
4.3 ค่าสีที่ปรากฏ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีเขียว ($-a^*$) และค่าสีเหลือง (b^*) ของโหระพา	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะต้นโหระพา (Thai sweet basil) กะเพรา (Holy basil) และ แมงลัก (Lemon basil)	4
2.2	ลักษณะอาการสะท้านหนาวที่พบในโหระพา และ กะเพรา	6
2.3	แผนภูมิแสดงการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดอาการสะท้านหนาวในเนื้อเยื่อพืช	7
2.4	สูตรโครงสร้างทางเคมีของกรดซาลิไซลิก	10
4.1	ลักษณะปรากฏของกะเพราะที่เก็บรักษา	18
4.2	ลักษณะปรากฏของแมงลักที่เก็บรักษา	19
4.3	ลักษณะปรากฏของโหระพาที่เก็บรักษา	20
4.4	ระดับอาการเหี่ยวของ กะเพรา (A) แมงลัก (B) และโหระพา (C) ที่เก็บรักษา	26
4.5	ระดับอาการสะท้านหนาวของ กะเพรา (A) แมงลัก (B) และโหระพา (C) ที่เก็บรักษา	27
4.6	การสูญเสียน้ำหนักสด (%) (A) และ อาการสะท้านหนาว (CI) ของแมงลัก ที่เก็บรักษา	29
4.7	การรั่วไหลของประจุ (%) (A) และ ปริมาณ MDA ของแมงลัก ที่เก็บรักษา	30
4.8	ค่าสี ค่าสีเขียว (A) ค่าความสว่าง (B) ค่า Chroma (C) และ ค่า Hue (D) ของแมงลัก	32
4.9	ปริมาณ chlorophyll ***a*** (A) chlorophyll *b* (B) total chlorophylls (C) และ total carotenoids (D) ของแมงลัก	33
4.10	ปริมาณ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (A) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (B) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด (C) และ H_2O_2 scavenging activity (D) ของแมงลัก	34
4.11	กิจกรรมเอนไซม์ Ascorbic acid peroxidase (A) Guaiacol peroxidase (B) และ Catalase (D) ของแมงลัก ที่เก็บรักษา	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พืชสกุลกะเพรา (*Ocimum* spp.) จัดเป็นพืชล้มลุก และเป็นผักพื้นบ้านที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ และมีแนวโน้มของความต้องการทางการตลาดเพิ่มขึ้น ลักษณะเฉพาะของพืชสกุลนี้ คือ ลำต้นมีรูปร่างสี่เหลี่ยม สูงประมาณ 0.5-1.0 เมตร และมีน้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นเฉพาะตัว ถิ่นกำเนิดของพืชชนิดนี้คาดว่าอยู่ในแถบเอเชียเขต มีการปลูกแพร่หลาย ในประเทศแถบเอเชียใต้และตะวันออกเฉียงใต้ ยุโรป เมดิเตอร์เรเนียน อเมริกาใต้และเหนือ ในประเทศไทยมีการปลูกเพื่อบริโภคอยู่ 4 ชนิด คือกะเพรา (*Ocimum sanctum* L.) โหระพา (*Ocimum basilicum*) แมงลัก (*Ocimum* x *citriodorum*) และยี่หร่า (*Ocimum gratissimum* L.) ผักในตระกูลนี้นิยมบริโภคเป็นผักแนมและเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ให้กลิ่นรสในอาหารคาวหลายชนิด เพราะนอกจากมีกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวแล้ว ยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะเป็นแหล่งเบต้าแคโรทีน สารในกลุ่มที่ต้านอนุมูลอิสระต่างๆ เช่น สารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ และ เอนไซม์ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และแคลเซียม นอกจากนั้นยังมีสมบัติทางยา โดยมีสรรพคุณช่วยระบบการย่อยอาหาร แก้อาการจุกเสียด แน่นท้อง รักษาแผลในกระเพาะอาหาร และป้องกันโรคหัวใจขาดเลือด เป็นต้น ด้วยคุณสมบัติของที่สามารถให้กลิ่นรสที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวจึงทำให้ผักในกลุ่มนี้เป็นที่นิยมทั่วโลกและนำไปใช้ประโยชน์ในหลายลักษณะ และ เช่น การบริโภคสด การแปรรูปเป็นโหระพาแห้ง หรือ การสกัดน้ำมันหอมระเหยเป็นต้น (Wongsheree et al., 2009)

อย่างไรก็ตามปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อคุณภาพทั้งทางกายภาพ-เคมีและอายุการเก็บรักษาคือ การเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาเนื่องจากอุณหภูมิต่ำที่ใช้ในการขนส่งระยะทางไกลๆ หรือการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเพื่อรอการจำหน่าย หรือระหว่างการจำหน่าย ซึ่งเรียกว่าการเกิดอาการสะท้านหนาว (Chilling injury) เป็นที่ทราบกันดีว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและความชื้นสัมพัทธ์สูงมีความจำเป็นในการคงสภาพความสดของผักกินใบ แต่การเก็บรักษาในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลานาน หรืออุณหภูมิต่ำเกินไป เป็นข้อจำกัดของผักที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อน (Wang, 2003) ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักในกลุ่มนี้โดยไม่เกิดอาการสะท้านหนาวอยู่ระหว่าง 10-15 องศาเซลเซียส (Lange and Cameron, 1994) ในผักสกุล *Ocimum* spp. ลักษณะอาการสะท้านหนาวที่พบระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำคือ เกิดลักษณะจุดช้ำฉ่ำน้ำ จากนั้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแห้งดำ โดยเฉพาะ บริเวณฐานและปลายใบ ใบจะเหี่ยวอย่างรวดเร็วและสูญเสียความมันวาวของใบ ลำต้นมีสีซีดจาง หรือเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และสูญเสียกลิ่นรส ภายหลังจากเก็บใบโหระพาไว้ที่ 0°C เพียง 1 วัน อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาที่ 5-10 °C นาน 3 วัน ยังพบความเสียหายในระดับปานกลาง หลังจากเก็บรักษา 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษา คือ 12 °C โดยมีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุดเฉลี่ย 12 วัน (Aharoni *et al*., 1993; Lange and Carmeron, 1994; Cantwell and Reid,2002) ในโหระพาไทย (Thai sweet basil) พบว่ามีความไวต่อการสะท้านหนาวมากกว่าโหระพาพันธุ์ยุโรป แม้ว่าจะเก็บรักษาไว้ที่ 12°C ซึ่งโหระพาที่ปลูกในเขตร้อนยิ่งมีความไวต่ออาการสะท้านหนาวมากขึ้น จากการศึกษาของ Wongsheree et al. (2009) พบว่า ความไวต่ออาการสะท้านหนาวในพืชสกุลกะเพรามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในระหว่างสายพันธุ์โดยใบแมงลักมีความไวต่ออุณหภูมิต่ำมากที่สุด รองลงมาได้แก่ใบกะเพรา และใบโหระพามีความไวต่ออุณหภูมิต่ำน้อยที่สุด ความรุนแรงของการเกิดอาการสะท้านหนาว มีผลต่อการสูญเสียคุณภาพทางกลิ่นหรือเกิดกลิ่นผิดปกติ โดยพบว่าใบแมงลักมีกลิ่นลดลง และเกิดกลิ่นผิดปกติ หลังการเก็บรักษาที่ 4°C นาน 48 ชั่วโมง ขณะที่ใบโหระพาที่มีความไวต่ออาการท้านหนาว น้อยกว่ามีกลิ่นของใบคงที่ จากข้อมูลดังกล่างแสดงให้เห็นว่าการเกิดอาการสะท้านหนาวเป็นปัญหาสำคัญที่พบในผักเศรษฐกิจกลุ่มนี้ในช่วงระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษา

การใช้กรดซาลิไซลิกเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง ในการควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวในผักและผลไม้สดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เป็นที่ทราบกันดีว่าในปัจจุบันซาลิไซลิก จัดเป็นสารในกลุ่มฮอร์โมนพืช ที่พืชมีการสังเคราะห์เพิ่มขึ้นในสภาพที่เกิดความเครียดจากสภาพแวดล้อม หรือการเข้าทำลายของจุลลินทรีย์ บทบาทของกรดซาลิไซลิกเกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดสัญญาณทำให้พืชมีการปรับตัวในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Klessing and Malamy, 1994) การให้สารกรดซาลิไซลิก และสารmethyl salicylate ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวในผักและผลไม้หลายชนิด (Ding *et al.*, 2001; Fung *et al.*,2004; González-Aguilar *et al.*, 2004) โดยกรดซาลิไซลิก ช่วยกระตุ้นให้พืชสร้างสารต่อต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากสภาวะเครียด รักษาสภาพเซลล์เมมเบรน เพิ่มสัดส่วนปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันอิ่มตัวในเซลล์เมมเบรน และกระตุ้นการสร้าง Heat shock proteins ซึ่งเป็นสารที่ช่วยต้านทานการเกิดอาการสะท้านหนาว นอกจากนี้ยังกระตุ้นกลไกการต้านทานโรคหลังการเก็บเกี่ยวในผักและผลไม้ด้วย (Supapvanich and Promyou, 2013)

ในปัจจุบันพบว่ายังไม่มีการรายงานผลการใช้กรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว ของผักพื้นบ้านสกุล *Ocimum* spp เช่น กะเพรา โหระพา และ ใบแมงลัก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และผลของกรดซาลิไซลิกต่อการกระตุ้นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ทีมผู้วิจัยจึงได้สนใจศึกษาการใช้กรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว การบรรเทาอาการสะท้านหนาว และการกระตุ้นการสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผักพื้นบ้านทั้ง 3 ชนิดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของการใช้กรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่ออายุการเก็บรักษา คุณภาพทางกายภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักพื้นบ้านสกุลกะเพรา (*Ocimum* spp) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของการใช้กรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการบรรเทาอาการสะท้านหนาวที่เกิดขึ้นในผักพื้นบ้านสกุลกะเพรา (*Ocimum* spp) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของการใช้กรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการกระตุ้นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อร่างกายในผักพื้นบ้านสกุลกะเพรา (*Ocimum* spp) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การศึกษาผลของการใช้กรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวโดยวิธีการสเปรย์สารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว อายุการเก็บรักษา การบรรเทาอาการสะท้านหนาว และ ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ในผักสกุลกระเพรา (*Ocimum* spp) ได้แก่ โหระพา กะเพรา และ ใบแมงลัก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการทดลองทางวิทยาศาสตร์เกษตร มีการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยทำการศึกษาระดับความเข้มข้นของการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว และปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ในแมงลัก กะเพรา และโหระพา ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 7±1 °C ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ Analysis of Variance (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 12.5

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการทดลองที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการรักษาคุณภาพทางกายภาพหลังการเก็บเกี่ยวและโภชนาการ ลดการเกิดอาการสะท้านหนาว และยืดอายุการเก็บรักษาผักกะเพรา โหระพา และแมงลัก ทางการค้าที่มีความจำเป็นต้องเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำในช่วงระหว่างการขนส่งและรอจำหน่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พืชสกุล *Ocimum* spp. และความสำคัญของพืชตระกูลนี้

พืชสกุล *Ocimum* spp. จัดเป็นพืชล้มลุก จัดอยู่ในวงษ์ Labiatae และเป็นผักพื้นบ้านที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเฉพาะ โหระพา (*Ocimum basilicum*) กะเพรา (*Ocimum sanctum* L.) และ แมงลัก (*Ocimum basilicum* L.f. var. *citratum* Back.) (รูปที่ 2.1) ลักษณะเฉพาะของพืชตระกูลนี้ มีลำต้นรูปร่างสี่เหลี่ยม ใบอ่อนมีขน และใบอยู่ในทิศตรงข้าม มีต่อมน้ำมันหอมระเหยกระจายอยู่ทั่วใบ พืชในกลุ่มนี้มีถิ่นกำเนิดในแถบเขตร้อนชื้นทวีปเอเชีย และแอฟริกา (Wonsheree et al., 2009) พืชตระกูลนี้มีกลิ่นเฉพาะเนื่องจากมีน้ำมันหอมระเหย และสารประกอบฟีนอลหลายชนิด เช่น Eugenol, Methyl chavicol, Rosmarinic acid, Alkaloids, Saponins, Flavonoids, Phenylpropane glycoside และ Tanin โดยเฉพาะในโหระพาไทย พบว่า Methyl chavicol เป็นสารหลักที่ให้กลิ่น ในขณะที่โหระพายุโรปมี Linalool เป็นองค์ประกอบหลัก ในทางการแพทย์ กะเพรามีสรรพคุณทางยา เช่น ลดไข้ แก้คลื่นไส้อาเจียน ลดน้ำตาลในเลือด ป้องกันโรคมะเร็ง ต้านทานอาการอักเสบจากการติดเชื้อ และช่วยในการฟื้นฟูสภาพร่างกายให้สู่สภาวะปกติ

รูปที่ 2.1 ลักษณะต้นโหระพา (Thai sweet basil) กะเพรา (Holy basil) และ แมงลัก (Lemon basil)

ในปัจจุบันประเทศแถบตะวันตกมีความต้องการพืชสมุนไพรเขตร้อนเพิ่มขึ้น เนื่องจากความนิยมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ และมีความเชื่อว่าอาหารเอเชียโดยเฉพาะอาหารไทยเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ทำให้ธุรกิจร้านอาหารไทยในประเทศตะวันตกเติบโตเพิ่มขึ้นตามความต้องการของผู้บริโภค จึงทำให้ความต้องการสมุนไพรเขตร้อนอย่างมาก แม้ว่ามีการปลูกในโรงเรือนที่เลียนแบบสภาพเขตร้อน แต่ปริมาณการผลิตยังไม่เพียงต่อความต้องการและคุณภาพด้อยกว่าพืชสมุนไพรจากถิ่นกำเนิดโดยตรง แต่การขนส่งพืชสมุนไพรสุดไปยังประเทศตะวันตกมีปัญหาเรื่องความเสียหายจากอุณหภูมิต่ำระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษาระหว่างการรอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำหน่าย เพราะพืชเขตร้อนมีความไวต่ออาการบาดเจ็บเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ หรือที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (Chilling injury)

2.2 ปัญหาของการเก็บรักษาผักใบที่อุณหภูมิต่ำ

เป็นที่ทราบกันดีว่าคุณภาพหลักของผักใบคือ การคงลักษณะความสดของใบและสีเขียวสดของใบ ในสภาวะการเก็บรักษาผักใบมีการสูญเสียความชื้นออกได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากมีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก มีมากกว่า 95% และมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง นอกจากนี้ผักใบมีอัตราการใจสูง ทำให้มีอายุการเก็บรักษาสั้น การเก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิต่ำและความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศสูง (95%) เป็นวิธีการเบื้องต้นและนิยมใช้ในการรักษาคุณภาพ และลดการสูญเสียน้ำ แต่ในผักใบเขตร้อนความเสียหายที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ คือการเกิดอาการสะท้านหนาว โดยทั่วไปลักษณะอาการสะท้านหนาวที่พบในใบโหระพา เกิดจุดสีน้ำตาลบนใบโดยมักเริ่มพบบริเวณต่อมน้ำมันแล้วกระจายแผ่วงกว้างออกเมื่ออาการสะท้านหนาวมีความรุนแรงขึ้น และสูญเสียกลิ่น ในโหระพาไทยพบว่ามีความไวต่ออาการสะท้านมากกว่าโหระพายุโรป แม้ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บโหระพาสดคือ 12 °C (Cantwell and Reid, 2002) โหระพาไทยยังพบอาการสะท้านหนาวหลังจากเก็บรักษาไว้นาน 1 สัปดาห์ และมีอาการรุนแรงขึ้นเมื่อนำไปเก็บที่อุณหภูมิสูงขึ้น (Thomson et al., 2001)

2.3 อาการสะท้านหนาว (Chilling injury) และสาเหตุการเกิดอาการสะท้านหนาว

อาการสะท้านหนาว (Chilling injury) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเมื่อพืชสัมผัสกับอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤตแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็งโดยทั่วไปมักเกิดขึ้นกับพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนและกึ่งร้อน อาการสะท้านหนาวสามารถเกิดได้ตั้งแต่ในแปลงปลูก ระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา ร้านขาย หรือแม้แต่เก็บในตู้เย็นที่บ้าน (Morris, 1982) อุณหภูมิวิกฤต (Threshold temperature) เป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่เมื่อเก็บรักษาพืชนั้นแล้วจะไม่เกิดอาการสะท้านหนาว ซึ่งอุณหภูมิวิกฤตนี้จะมาใช้เป็นพื้นฐานเพื่อบอกถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมหรืออุณหภูมิที่แนะนำในการเก็บรักษาพืชที่ไว (Sensitive) ต่ออุณหภูมิต่ำ การเก็บรักษาพืชในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤตเป็นระยะเวลานาน ทำให้อาการสะท้านหนาวปรากฏขึ้นนอกจากนั้นอุณหภูมิวิกฤตของพืชแต่ละชนิดยังแตกต่างไปขึ้นอยู่กับพันธ์และวัย โดยทั่วไปแล้วผลิตผลที่อายุน้อยจะไวต่ออุณหภูมิต่ำ มากกว่าผลผลิตอายุมาก อาการสะท้านหนาวของพืชแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เนื้อเยื่อของพืช อายุ อุณหภูมิ ระยะเวลาที่ได้รับอุณหภูมิต่ำ (Lyons and Breidenbach, 1987) อาการสะท้านหนาวแสดงออกชัดเจนขึ้น หลังจากย้ายผลิตผลมาที่อุณหภูมิห้อง (Whitaker, 1995) การประเมินความรุนแรงของความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำหรือการประเมินอาการสะท้านหนาว มักประเมินโดยใช้สายตาแล้วนำมาคำนวณค่าดัชนีอาการสะท้านหนาว (Chilling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

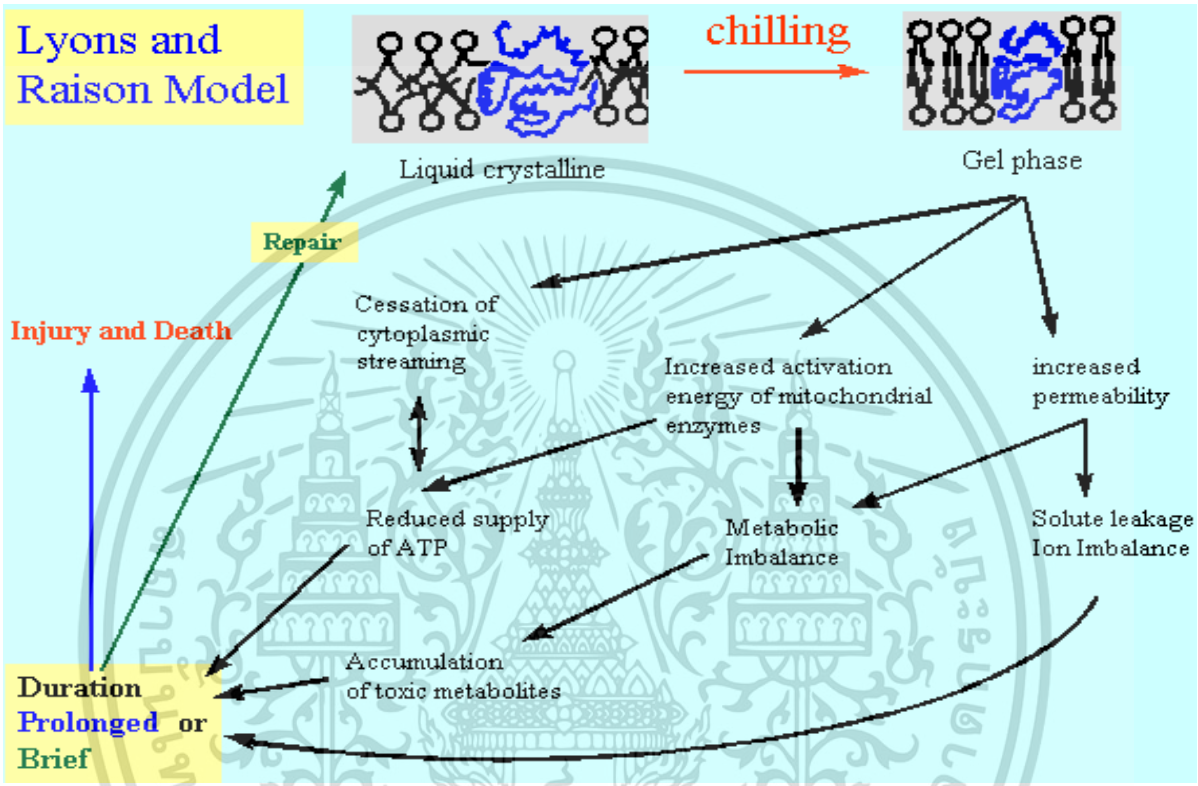
injury index) ซึ่งอาการที่พบโดยทั่วไปได้แก่ ผิวมีรอยบุ๋มและยุบตัวเป็นพื้นที่กว้าง พบอาการฉ่ำน้ำของเนื้อเยื่อ การเกิดสีน้ำตาลภายในผล ท่อลำเลียง และเมล็ด มีการสุกที่ผิดปกติ ชะงักการเจริญเฉพาะส่วนยอดของพืช สาเหตุของอาการที่เกิดขึ้นเกิดจากสลายตัวของโครงสร้างเซลล์ ทำให้สารละลายภายในเซลล์เคลื่อนที่ออกจากเซลล์ ส่งผลให้เกิดความเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเน่าเสีย

รูปที่ 2.2 ลักษณะอาการสะท้านหนาวที่พบในโหระพา และ กะเพรา

ทฤษฎีการเกิดอาการสะท้านหนาว การเปลี่ยนแปลงสถานะทางกายภาพของไขมันในเยื่อหุ้มเซลล์เมื่อได้สัมผัสกับอุณหภูมิต่ำ ทฤษฎีนี้มีแนวคิดมาจากโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ เสนอโดย Singer and Nicolson (1972) เรียกว่า Fluid mosaic model โดยเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยโมเลกุลของไขมันหรือลิพิดเรียงตัวเป็น 2 ชั้น หันด้านปลายที่ไม่ดูดน้ำเข้าด้านใน และปลายด้านที่ชอบน้ำออกด้านนอก โมเลกุลของโปรตีนฝังแทรกอยู่ในชั้นของไขมัน กรดไขมันที่มีขนาดโมเลกุลสั้นและเป็นกรดชนิดไม่อิ่มตัวเป็นปัจจัยที่ช่วยให้เยื่อหุ้มมีสมบัติของการเป็นของเหลวดีขึ้นและทำให้เซลล์ไม่แข็งตัวในอุณหภูมิต่ำ (Albers et al., 1994) Lyons (1973) ได้กล่าวว่าเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง ทำให้ไขมันที่เยื่อหุ้มเปลี่ยนสถานะจากผลึกของเหลวที่ยืดหยุ่นได้ (liquid crystalline) เป็นสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีลักษณะคล้ายเจลที่แข็งตัว การเป็นของแข็งของไขมันที่เยื่อหุ้มทำให้เกิดการแตกแยก หรือช่องผ่านเข้าออกของสารต่างๆ ที่เยื่อหุ้ม ส่งผลให้ความสามารถในการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ลดลง เกิดความไม่สมดุลของอิออนในเซลล์หรือมีการรั่วออกของอิออน ดังแสดงในภาพ



รูปที่ 2.3 แผนภูมิแสดงการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดอาการสะท้านหนาวในเนื้อเยื่อพืช
ที่มา: Lyons (1973)

การเปลี่ยนแปลงสถานะของไขมันเนื่องจากอุณหภูมิต่ำนี้สามารถเปลี่ยนกลับคืน ถ้าได้รับอุณหภูมิต่ำในระยะเวลาสั้น ๆ แล้วนำกลับมาสู่อุณหภูมิปกติ และอัตราการหายใจที่สูงก็ลดลงเป็นปกติ แต่ถ้ายังคงได้รับอุณหภูมิต่ำระยะเวลานาน เยื่อหุ้มไม่สามารถกลับสู่สภาพเดิมได้ อัตราการหายใจก็คงอยู่ในระดับที่สูง แสดงว่าขบวนการเมทาบอลิซึมถูกรบกวน Lyons (1973) เสนอว่าระดับของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเยื่อหุ้มของเนื้อเยื่อที่ต้านทานต่ออุณหภูมิต่ำนั้นจะสูงกว่าในเนื้อเยื่อที่อ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำ แต่มีหลายรายงานที่พบว่าระดับของกรดไขมันไม่อิ่มตัวไม่สัมพันธ์การเปลี่ยนสถานะของเยื่อหุ้มและความไวต่อการตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำเนื่องจากการเปลี่ยนสถานะของเยื่อหุ้มไม่ได้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของกรดไขมันเพียงอย่างเดียวแต่ยังอาจขึ้นอยู่กับ สเตรอยด์ คลอเรสเตอรอล และ Lipid-protein complex (Wang, 1982) ในปี 1996 Nishida and Murata ได้รายงานว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับของกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีความสัมพันธ์กับความไวต่อการตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำในพืช แต่ไขมันที่เยื่อหุ้มไม่ได้เป็นปัจจัยเดียวที่ควบคุมความไวต่อการตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำในพืช สถานะในการเป็นของเหลวของเยื่อหุ้มนอกจากจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแล้ว ยังขึ้นอยู่กับความยาวของโมเลกุลกรดไขมัน จุดหลอมเหลวของกรดไขมันแปรผันตรงกับความยาวของสายไฮโดรคาร์บอนและความไม่อิ่มตัว กรดไขมันที่มีขนาดใหญ่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรดไขมันที่มีขนาดเล็ก และในกรดไขมันที่มีขนาดเท่ากันกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่ากรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคู่ มีจุดหลอมเหลวสูงกว่าพวกที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคี่ ในพวกกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคู่ การมีพันธะแบบ cis จะให้ความสามารถในการเป็นของไหลมีมากขึ้น การเปรียบเทียบระหว่างพืชที่ไวกับพืชที่ไม่ไวต่ออาการสะท้านหนาว พบว่าพืชที่ไม่ไวต่ออาการสะท้านหนาวมีไขมันไม่อิ่มตัวในสัดส่วนที่มากกว่าพืชที่ไวต่อการสะท้านหนาว (Wills et al., 2007) นอกจากนั้นสภาพอุณหภูมิต่ำกระตุ้นให้มีการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันอิ่มตัว ทำให้มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้นส่งผลให้สถานะการเป็นของเหลวของเยื่อหุ้มคงเดิม เยื่อหุ้มสามารถควบคุมการเคลื่อนย้ายอิออนเข้า ออกเซลล์ และควบคุมกิจกรรมของเอนไซม์ที่เยื่อหุ้มได้ (Murata and Los, 1997)

2.4 การควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาว

2.4.1 การใช้อุณหภูมิสูง (Heat treatment)

การเก็บรักษาผลผลิตไว้ที่สภาพอุณหภูมิสูงก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อให้ผลิตผลปรับตัวได้ทัน สันนิษฐานว่าในช่วงเวลาของการปรับสภาพแวดล้อม พืชอาจมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของไขมันในเยื่อหุ้มและอาจมีการสร้างสารที่ทำให้มีความต้านทานต่ออุณหภูมิต่ำ (Wang, 1993) นอกจากนั้นการได้รับอุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลาสั้นๆ (Heat shock) ก็สามารถช่วยทำให้ผลิตผลคงสภาพดีในอุณหภูมิต่ำได้เช่นกัน ผลอะโวคาโดเก็บที่อุณหภูมิ 6 หรือ 8 องศาเซลเซียส นาน 3-5 วัน หรือ จุ่มในน้ำร้อน 38 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง (Hofman et al., 2003) สามารถลดอาการสะท้านหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ โดยทั่วไปการให้อากาศร้อนหรือการได้รับความร้อนในระยะเวลาสั้นๆ จะกระตุ้นให้มีการสร้าง heat shock protein ซึ่งจะช่วยให้โปรตีนยังคงสภาพเดิมไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้สามารถทำงานได้อย่างปกติ จึงทำให้พืชสามารถทนต่อสภาวะเครียดต่างๆได้ (Sabehatal et al, 1998; Wang et al.,2004)

2.4.2 การใช้อุณหภูมิสลับ (Intermittent warming)

การเพิ่มอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาผลิตผลชั่วคราวแล้วลดอุณหภูมิลงต่ำอีกครั้ง สามารถลดอาการสะท้านหนาวได้ในพืชหลายชนิด คาดว่าอาจมีการกำจัดสารพิษหรือ ยับยั้งการสะสมของสารพิษที่เกิดในอุณหภูมิต่ำ (Wang, 1993) อุณหภูมิสูงที่ได้รับนี้ต้องได้รับก่อนเกิดอาการสะท้านหนาวที่ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถทำให้กลับคืนได้ ถ้าได้รับอุณหภูมิสูงหลังจากเกิดอาการสะท้านหนาวแล้ว อุณหภูมิสูงจะไปเร่งให้เกิดความผิดปกติได้เร็วขึ้น นอกจากนั้นถ้าได้รับอุณหภูมิสูงเร็วเกิน และ บ่อยมากไป ทำให้เนื้อเยื่ออ่อนแอ ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรค

2.4.3 การปรับองค์ประกอบของบรรยากาศ (Modified Atmosphere)

การลดปริมาณออกซิเจนลงและ/หรือเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น วิธีการนี้ช่วยลดการหายใจและการผลิตเอทิลีน รวมทั้งลดการสูญเสียความแน่นเนื้อของผลิตผล และยังสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้ด้วย การเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ โดยเก็บรักษาในสภาพที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูง และออกซิเจนต่ำ สามารถลดการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ (Ali et al., 2004) ตัวอย่างเช่น การเคลือบผิวผลอะโวคาโดด้วยสารเคลือบผิว แล้วบรรจุถุงพลาสติก พบว่าสามารถชะลอการเกิดการสะท้านหนาวได้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส (Baskaran et al., 2002) และ การห่อหุ้มผลพริกหวานด้วยฟิล์ม Low density polyethylene (LDP) สามารถชะลออาการสะท้านหนาวของพริกหวานได้ (Gonzalez-Aguilar et al., 2000; Meir et al.,1995)

2.4.4 การใช้สารเคมี (Chemical treatments)

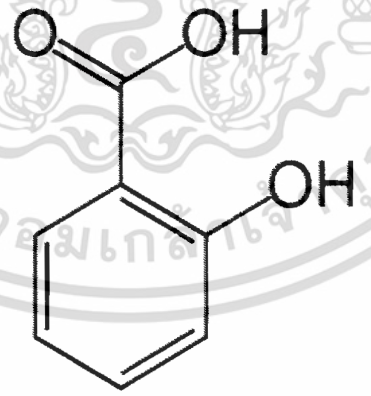
ในปัจจุบันมีการศึกษาการใช้สารเคมีที่มีความปลอดภัยกับผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาว เช่น Diphenylamine พบว่าสามารถลดอาการสะท้านหนาวในพริกหวาน (Purvis, 2002) โดยคาดว่าสารนี้มีคุณสมบัติเป็น Antioxidant ที่กำจัดอนุมูลอิสระ Methyl jasmonate พบว่าสามารถควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวในโหระพาระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (สุริยัณห์ สุภาพวานิช และคณะ 2558) ซึ่งเป็นที่ทราบกันว่า Methyl jasmonate จัดเป็นฮอร์โมนพืช ที่เกี่ยวกับการตอบสนองต่อสภาวะเครียด (Wasternack, 2004) และกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่ควบคุม Alternative oxidase ทำให้ลดปริมาณอนุมูลอิสระส่งผลให้อาการสะท้านหนาวลดลง (Meir et al., 1996; Diang et al., 2001; Fung et al., 2004) และกรดซาลิไซลิก จากการศึกษาของ Yang et al. (2012) พบว่าการใช้กรดซาลิไซลิกหลังการเก็บเกี่ยวสามารถควบคุมและลดความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวในผลพีชระหว่างการเก็บรักษาได้ดี ซึ่งกรดซาลิไซลิกช่วยกระตุ้นกลไกความต้านทานต่อสภาวะเครียดในพืช โดยเฉพาะสร้างความแข็งแรงให้กับโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ โดยเพิ่มสัดส่วนของ กรดไขมันไม่อิ่มตัว/กรดไขมันอิ่มตัวในเยื่อหุ้มเซลล์ (Supapvanich and Promyou, 2013)

2.5 กรดซาลิไซลิก (Salicylic acid) และผลของการใช้กรดซาลิกไซลิกกับผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว

กรดซาลิไซลิกเป็นสารในกลุ่มสาร Phenylpropanoid มีสูตรโมเลกุล $C_7H_6O_3$ มีโครงสร้างเป็นวงแหวน มีการค้นพบกรดซาลิไซลิกครั้งแรกในพืช ชาวกรีกและอินเดียนแดงโบราณ พบว่า ใบและเปลือกของต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิลโลว์ สามารถนำมาใช้รักษาอาการบาดเจ็บและรักษาอาการไข้ จึงเป็นที่เข้าใจว่ากรดซาลิไซลิกเป็นสารธรรมชาติชนิดหนึ่ง ในปัจจุบันกรดซาลิไซลิก ได้ถูกจัดอยู่ในกลุ่มฮอร์โมนพืชที่ควบคุมการเจริญเติบโตตัวหนึ่งที่พืชผลิตขึ้นเองตามธรรมชาติเมื่ออยู่ในสภาวะเครียด ถึงแม้กรดซาลิไซลิกถูกห้ามนำมาใช้กับอาหารแปรรูป แต่ถูกยอมรับให้นำมาใช้กับผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว และจัดเป็นสารจากธรรมชาติที่มีความปลอดภัย และไม่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม จากการศึกษาพบว่ากรดซาลิไซลิกสามารถชะลอการเสื่อมสภาพตามธรรมชาติและกระบวนการสุก (Gerailoo and Ghasemnezhad 2011) รักษาความแน่นเนื้อ (Tareen et al., 2012) ลดอาการสะท้านหนาว (Yang et al., 2012) และกระตุ้นการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (Wei et al., 2011) ในผักและผลไม้ระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวด้วย (Supapvanich and Promyou 2013) จากการศึกษาของ Srivastava and Dwivedi (2000) การใช้กรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 1.0 mM สามารถชะลอกระบวนการสุก และการผลิตเอทิลีนในกล้วยได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้กรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 1.0-2.0 mM สามารถรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวผลพีช (Yang et al., 2012) สตรอเบอรี่ (Babalar et al., 2007) และสับปะรด (Lu et al., 2011) ในการป้องกันโรคหลังการเก็บเกี่ยว การใช้กรดซาลิกไซลิกที่ความเข้มข้น 2.0 mM สามารถป้องกันการเจริญของโรคแอนแทรกโนสบนผลมะม่วงพันธุ์ Kingston Pride ระหว่างการเก็บรักษาได้ (Zainuri et al., 2001) Gholami et al., (2010) ได้รายงานว่าการแช่ผลแชรี่ในสารละลายซาลิไซลิกเข้มข้น 2-3 mM สามารถป้องกันการเข้าทำลายของราระหว่างการเก็บรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.4 สูตรโครงสร้างทางเคมีของกรดซาลิไซลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

ผักที่ใช้ได้แก่ โหระพา (Thai sweet basil) กะเพรา (Holy basil) และแมงลัก (Lemon basil) ทำการปลูกในแปลงปลูกพืชทดลอง ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระยะเวลาปลูก 90-120 วัน

3.2 การศึกษาผลของการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของกะเพรา แมงลัก และ โหระพา ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

3.2.1 การเตรียมสารละลายกรดซาลิไซลิก

การละลายกรดซาลิไซลิก ชั่งกรดซาลิไซลิกตามปริมาณที่คำนวณได้ตามความเข้มข้น ละลายในเอทานอล 100% 5 มิลลิลิตร คนให้ละลายให้หมด เติมน้ำกลั่นตามปริมาตรที่คำนวณไว้จนได้ความเข้มข้นของสารละลายกรดซาลิไซลิกตามต้องการ

3.2.2 การฉีดพ่นซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยว

ทำการฉีดพ่นสารละลายกรดซาลิกไซลิก 24 ชั่วโมงก่อนการเก็บเกี่ยว ตามทรีทเมนต์ด้านล่าง

ทรีทเมนต์ 1 ฉีดพ่นด้วยน้ำ

ทรีทเมนต์ 2 ฉีดพ่นด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 1 mM

ทรีทเมนต์ 3 ฉีดพ่นด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 10 mM

ทำเก็บเกี่ยวในช่วงเช้า ประมาณ 06:00 - 08:00 น ถ้าอากาศร้อนมากควรเก็บผักให้เสร็จก่อนเวลา 7:30 น. และ ในการเก็บเกี่ยวควรใช้มีดหรือกรรไกรตัดกิ่งที่คม นำผักที่เก็บมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปาให้สะอาด ประมาณ 2 ครั้ง ตั้งทิ้งให้สะเด็ดน้ำ ทำการบรรจุผักในถุงพลาสติกที่มีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ±1 $^{\circ}$C ทำการเช็คผลทุกๆ 3 วัน วันละ 4 ซ้ำ ก่อนทำการเช็คผลให้นำผักออกมาตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2-3 ชั่วโมง ทำการทดสอบคุณภาพทางกายภาพ โดยทำการทดสอบ ลักษณะปรากฏ ระดับคะแนนการเหี่ยว สีของใบ ได้แก่ ค่าความสว่าง ค่าสีเขียว และ ค่าสีเหลือง และ ระดับคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาว ของผักทั้ง 3 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของกะเพรา แมงลัก และ โหระพาระหว่างการเก็บรักษา

จากผลการทดลองที่ 1 พบว่าการใช้กรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 10 mM สามารถยับยั้งอาการสะท้านหนาวในผักทั้ง 3 ชนิดได้แต่พบอาการปลายใบไหม้ในผักทั้ง 3 ชนิด ซึ่งการใช้กรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น10 mM มีค่าสูงเกินไป จึงทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้กรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้น 5 mM และ 10 mM โดยทำเลือกศึกษาในแมงลัก เพราะมีความไวต่ออาการสะท้านหนาวและการเกิดปลายใบไหม้มากกว่ากะเพรา และโหระพา

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบการฉีดพ่นซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยว

การปลูกแมงลักเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ฉีดพ่นสารละลายกรดซาลิไซลิกดังนี้

ทรีทเมนต์ 1 ฉีดพ่นด้วยน้ำ

ทรีทเมนต์ 2 ฉีดพ่นด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 5 mM

ทรีทเมนต์ 3 ฉีดพ่นด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 10 mM

ทำเก็บเกี่ยวในช่วงเช้าเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 นำผักที่เก็บมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปาให้สะอาด ประมาณ 2 ครั้ง ตั้งทิ้งให้สะเด็ดน้ำ ทำการบรรจุผักในถุงพลาสติกที่มีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±1 °C ทำการเช็คผลทุกๆ 3 วัน วันละ 4 ซ้ำ ก่อนทำการเช็คผลให้นำผักออกมาตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2-3 ชั่วโมง ทำการทดสอบคุณภาพทางกายภาพ และ เก็บตัวอย่างผักไว้ที่อุณหภูมิ -18 ˚C เพื่อรอทำการทดสอบคุณภาพทางเคมี

3.4 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ-เคมี

3.4.1 ลักษณะปรากฏ

ทำการถ่ายรูปลักษณะปรากฏของผักทั้ง 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษาตามช่วงเวลาที่ได้กำหนดในการสุ่มตัวอย่างตรวจวัดคุณภาพ

3.4.2 การสูญเสียน้ำหนักสด

ทำการชั่งน้ำหนักผัก ระหว่างการเก็บรักษา และทำการคำนวณน้ำหนักที่สูญเสียเปรียบเทียบกับน้ำหนักผักในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ตามสมการดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 ระดับอาการสะท้านหนาวและการเหี่ยวของใบผัก

ระดับอาการสะท้านหนาวและอาการเหี่ยวของผักทำการตรวจวัดโดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสวิธี Scoring Test โดยสังเกตจุดหรือรอยสีน้ำตาลที่ใบ โดยให้เป็นระดับคะแนน 0 = ไม่เกิดเลย และ 5 = เกิดรุนแรงมาก และ อาการเหี่ยวของผัก โดยให้เป็นระดับคะแนน 0 = สดไม่เหี่ยวเลย และ 5 = เหี่ยวรุนแรงมาก โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน ที่ผ่านการฝึกฝนเพื่อให้ทราบลักษณะการเกิดอาการสะท้านหนาวและอาการเหี่ยวของผักในแต่ละระดับ

3.4.4 การวัดสี

สีของผักทำการวัดโดยใช้เครื่อง Colorimeter CR300 (Minolta, Japan) ทำการวัดค่า *L** (lightness), *-a** (greenness), *b** (yellowness), ค่า Hue และ ค่า Chroma

3.4.5 การวัดการรั่วไหลของประจุ (Electrolyte leakage; EL)

นำตัวอย่างของผัก 10 ใบ ชั่งน้ำหนักมาการหั่นครึ่งแล้วใส่ในบีกเกอร์ โดยทำการวัดค่า EL ในน้ำกลั่นก่อน แล้วจึงเติมน้ำกลั่น 30 mlลงในบีกเกอร์ จากนั้นตั้งทิ้งไว้นาน 30 นาที แล้ววัดค่า EL ครั้งที่ 2 จากนั้นแช่แข็งแล้วทิ้งไว้ 1 คืน จึงนำมาละลายน้ำแข็งแล้วต้ม 5 – 10 นาที ทิ้งให้เย็นแล้วทำการวัดค่า EL ครั้ง 3 แล้วจึงคำนวณหาค่าปริมาณการรั่วไหลของประจุ โดยคำนวณเปรียบเทียบกับปริมาณ EL หลังการต้ม รายงานหน่วยเป็น % EL

3.4.6 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

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

3.4.7 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์

นำตัวอย่างมา 2 กรัม สกัดด้วย 100% Acetone 10 มิลลิลิตร และทำการชะด้วย 100% Acetone 20 มิลลิลิตร จากนั้นชะด้วย 80% Acetone 20 มิลลิลิตร จนหมดสี จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปวัดค่าการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูดกลืนแสงที่ 645, 663 และ 470 nm นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณ Chlorophyll *a*, Chlorophyll *b*, Total chlorophyll และ Total carotenoids ตามวิธีการของ Krik (1968*)* ดังนี้

$$\text{Chlorophyll } a = (11.75 \times OD_{645}) - (2.35 \times OD_{663})$$

$$\text{Chlorophyll } b = (18.61 \times OD_{645}) - (3.96 \times OD_{663})$$

$$\text{Total chlorophylls} = \text{Chlorophyll } a + \text{Chlorophyll } b$$

$$\text{Total carotenoids} = [1000 \times OD470) - (2.77 \times \text{Chlorophyll } a) - (81.4 \times \text{Chlorophyll } b)]/227$$

3.4.8 การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ

การสกัดตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพทำโดยชั่งน้ำหนักผักประมาณ 3 กรัม บดด้วยเอทานอลเข้มข้น 60 % ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ทำการพักที่อุณหภูมิ *4 °C* นาน *1* ชั่วโมง ระหว่างการพักทำการเขย่าสารสกัดทุกๆ 10 นาที จากนั้นนำไปกรองสารสกัดที่กรองได้นำไปวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่นๆต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 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

การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH free radical scavenging activity ตามวิธีการของ Brand Williams et al. (1995) โดยใช้สารละลาย DPPH เข้มข้น 0.1 M 2.5 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยากับสารสกัด 0.5 มิลลิลิตร ในที่มืด ทำการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ (OD) 515 นาโนเมตร ในนาทีที่ 0 และนาทีที่ 3 แล้วนำไปคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$\text{DPPH free radical scavenging activity (\%)} = \frac{(OD_{0\,min} - OD_{3\,min}) \times 100}{OD_{0\,min}}$$

3.4.9 การวิเคราะห์ H_2O_2 scavenging activity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการวิเคราะห์ตามวิธีการของ Zhang (2000) นำสารสกัด 1 มิลลิลิตร มาผสมกับ 0.1 mM H_2O_2 0.1 มิลลิลิตร ตามด้วยหยด 3% Ammonium molybdate 2 หยด เติม 2 M H_2SO_4 10 มิลลิลิตร และ 1.8 M KI 7 มิลลิลิตรจากนั้นนำไปไทเทรตด้วย 5 mM NaS_2O_3 จนสารเปลี่ยนสีนานอย่างน้อย 30 วินาที บันทึกค่าที่ได้แล้วนำไปคำนวณเปรียบเทียบกับ Blank แสดงผลในหน่วย % H_2O_2 scavenging activity

3.4.10 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลทั้งหมด

ปริมาณฟีนอลทั้งหมดทดสอบโดยวิธี Folin-Ciocalteu reagent ของ Slinkard and Singleton (1977) โดยนำสารสกัดของต้นอ่อนทานตะวัน 0.1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 0.9 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ความเข้มข้น 50% (v/v) ลงในหลอดทดลอง 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (NaCO3) ในหลอดทดลอง 2 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที จึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค (Gallic acid) รายงานผลเป็นหน่วย ไมโครกรัม Gallic acid ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (µg gallic acid /100 g Fw)

3.4.11 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

3.4.12 การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ

นำตัวอย่างผัก 5 กรัม มาสกัดเอนไซม์ด้วย Phosphate buffer pH 7 ที่ผสม Polyvinylpolypyrrolidone 1 กรัม ที่อุณหภูมิ 4 °C สารสกัดที่ได้มาวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์

การวิเคราะห์กิจกรรม CAT โดยวิธีการของ Andrade Cuvi et al. (2011) นำสารสกัดที่ได้ 0.25 มิลลิลิตร ผสมกับ Phosphate buffer pH 7 1 มิลลิลิตร เติม 0.15 mM H_2O_2 1 มิลลิลิตร พักไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้นทำการเติม 0.2 M $TiCl_4$ 0.2 มิลลิลิตร และ กรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.2 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยน้ำกลั่น 1.35 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 410 nm ค่าที่ได้นำมาคำนวณแสดงผลในหน่วย Unit /min/ g FW

การวิเคราะห์กิจกรรม AsA-POD และ G-POD วิธีการของ Andrade Cuvi et al. (2011) กิจกรรมของ AsA-POD ทำโดยการนำสารสกัด 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับสารผสมของ 5 mM sodium ascorbate + Phosphate buffer pH 7 ปริมาตร 2.2 มิลลิลิตร ปฏิกิริยาเริ่มนับเมื่อเติม 0.15 mM H_2O_2 0.3 มิลลิลิตร ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 290 nm ที่นาทีที่ 2 นำค่าที่ได้นำมาคำนวณแสดงผลในหน่วย Unit /min/ g FW กิจกรรมของ G-POD ทำโดยการนำสารสกัด 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับสารผสมของ 0.5 % Guaiacol + Phosphate buffer pH 7 ปริมาตร 2.2 มิลลิลิตร ปฏิกิริยาเริ่มนับเมื่อเติม 0.15 mM H_2O_2 0.3 มิลลิลิตร ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 470 nm ที่นาทีที่ 2 นำค่าที่ได้นำมาคำนวณแสดงผลในหน่วย Unit /min/ g FW

3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลจากการทดลองทำการวิเคราะห์ Analysis of Varian (ANOVA) แบบ 2 ทาง (Two-ways) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 12.5 ความแตกต่างของข้อมูลแต่ละทรีทเมนต์และปัจจัยที่ทำการศึกษาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 การศึกษาผลของการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของกะเพรา แมงลัก และ โหระพา ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

4.1.1 ลักษณะปรากฏ

จากรูปที่ 4.1 4.2 และ 4.3 แสดงลักษณะปรากฏและลักษณะอาการสะท้านหนาวที่พบในกะเพรา โหระพา และ แมงลัก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ±1 °C ตามลำดับ ลักษณะอาการสะท้านหนาวที่พบในผักทั้ง 3 ชนิด คือ การเกิดจุดและรอยสีน้ำตาลที่ใบ และพบว่าใบแก่พบอาการสะท้านหนาวรุนแรงกว่าใบอ่อน ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Wongsheree et al. (2009) หลังจากนำผักออกมาพักไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่ากะเพราเริ่มพบอาการสะท้านหนาวในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และกะเพราชุดควบคุม (ชุดที่สเปรย์ด้วยน้ำ) เกิดอาการสะท้านหนาวรุนแรงที่สุด กะเพราที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก 1 mM พบอาการสะท้านหนาวเล็กน้อย และ กะเพราที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก 10 mM ไม่พบอาการสะท้านหนาว แต่พบอาการปลายยอดไหม้ ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบว่ากะเพราในชุดควบคุมมีการเหี่ยวของใบและอาการสะท้านหนาวชัดเจนกว่าทรีทเมนต์อื่น ในขณะที่กะเพราที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก 10 mM ยังไม่พบอาการสะท้านหนาว จากรูปแสดงให้เห็นว่าอายุการเก็บรักษากะเพราตามปกติ ประมาณ 4 วัน และการให้กรดซาลิไซลิกสามารถยืดอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 6 วัน

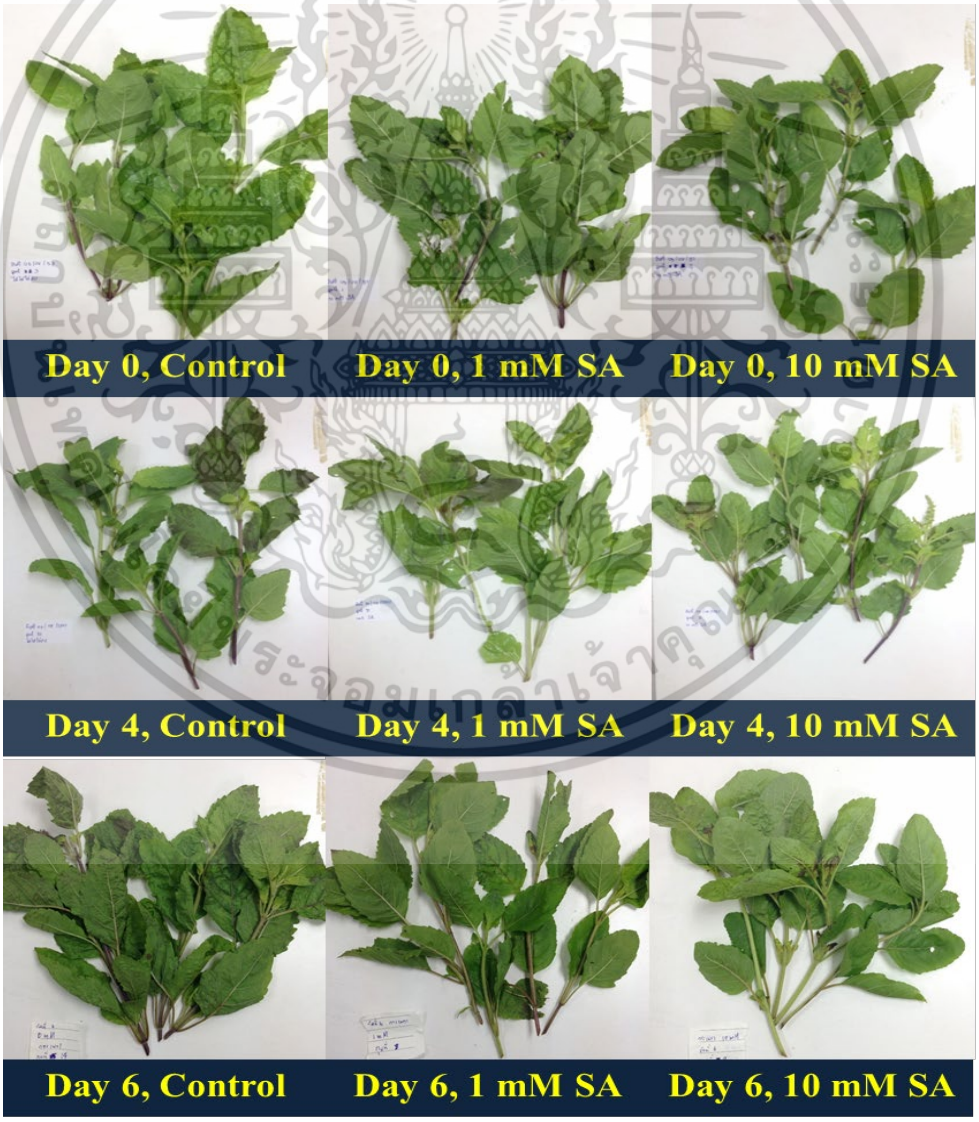
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะปรากฏของแมงลัก ซึ่งพบลักษณะอาการสะท้านหนาวเช่นเดียวกับกะเพรา และพบอาการสะท้านรุนแรงในแมงลักชุดควบคุม เมื่อเปรียบเทียบกับแมงลักที่สเปรย์ด้วยกรดซาลิไซลิกทั้ง 2 ความเข้มข้น และ แมงลักที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก 10 mM ไม่พบอาการสะท้านหนาวระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 วันเช่นเดียวกับกะเพรา ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบอาการสะท้านหนาวในแมงลักทั้ง 3 ทรีทเมนต์ โดยแมงลักชุดควบคุมพบอาการสะท้านหนาวรุนแรงที่สุด รองลงมาคือแมงลักที่สเปรย์ด้วย 1 และ 10 mM ตามลำดับ และลักษณะปรากฏโดยรวมของแมงลักในวันที่ 6 แสดงให้เห็นว่าแมงลักมีความไวต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวมากกว่ากะเพรา ทำให้มีอายุการเก็บรักษาโดยประมาณ 4 วัน

จากลักษณะปรากฏในรูป 4.3 แสดงให้เห็นว่าโหระพามีความไวต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวน้อยกว่า กะเพรา และแมงลัก อย่างชัดเจน โดยในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบการเกิดอาการสะท้านหนาวเล็กน้อยในโหระพาชุดควบคุม และไม่พบอาการสะท้านหนาวในโหระพาที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

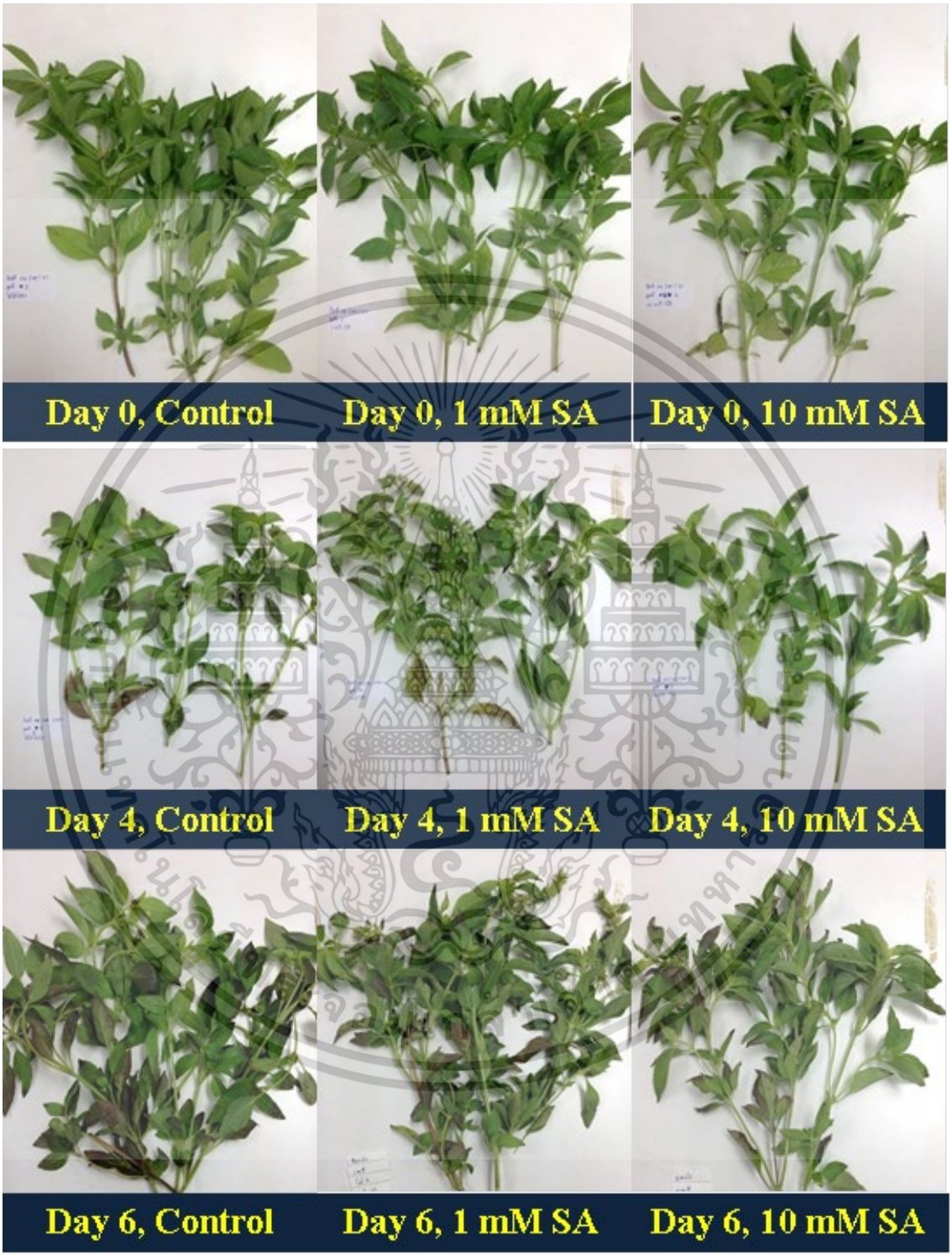
ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบอาการสะท้านหนาวในโหระพาทั้ง 3 ทรีทเมนต์ มีอาการความรุนแรงเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งการสเปรย์สารละลายกรดซาลิไซลิกสามารถลดความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวของโหระพาได้

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้กรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 10 mM ก่อนการเก็บเกี่ยวสามารถยับยังการเกิดอาการสะท้านหนาวของ กะเพรา โหระพา และแมงลักได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่พบอาการปลายยอดไหม้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากความเข้มข้นของกรดซาลิไซลิกสูง ซึ่งการใช้กรดซาลิไซลิกความเข้มข้นสูงเกินไปสามารถทำให้เกิดอาการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งความเข้มข้นที่เหมาะสมในการใช้กรดซาลิไซลิกหลังการเก็บเกี่ยวกับผลิตผล อยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.5-2 mM แต่การใช้กรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวในผลิตผลอาจใช้ได้ในความเข้มข้นที่สูงกว่า (Supapvanich and Promyou, 2013)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 ลักษณะปรากฏของกะเพราะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ±1 ºC



รูปที่ 4.2 ลักษณะปรากฏของแมงลักที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ±1 ºC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 ลักษณะปรากฏของโหระพาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ±1 ºC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงสี

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของ ค่าความสว่าง (*L**) สีเขียว (*-a**) และสีเหลือง (*b**) ของผักทั้ง 3 ชนิดระหว่างการเก็บรักษาแสดงในตารางที่ 4.1 4.2 และ 4.3

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่า *L** ของผักทั้ง 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 46-54 ในกะเพราพบว่าค่า *L** ลดลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา จากประมาณ 53 ในวันเริ่มต้น ลดลงเหลือประมาณ 50 ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.1) ในแมงลักพบการลดลงของค่า *L** ระหว่างการเก็บรักษามากกว่าผักชนิดอื่น จากประมาณ 51.5 ในวันที่ 0 ลดลงเหลือประมาณ 46 ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.2) ส่วนในโหระพาพบว่าค่า *L** มีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.3) และไม่พบว่าการสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า *L** ในผักทั้ง 3 ชนิดระหว่างการเก็บรักษา

สำหรับค่าสีเขียว หรือ *-a** ของผักทั้ง 3 ชนิดพบว่าลดระหว่างการเก็บรักษา ในกะเพราและแมงลักพบการลดลงของค่า *-a** อย่างชัดเจนในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ในขณะที่โหระพาพบการลดลงค่า *-a** ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา และเมื่อเปรียบเทียบกับผักทั้ง 3 ชนิด แมงลักมีความเป็นสีเขียวลดลงมากว่ากะเพราและโหระพาระหว่างการเก็บรักษา และพบว่าการสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกสามารถลดการสูญเสียสีเขียวของผักทั้ง 3 ชนิดได้เล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผักชุดควบคุม

ค่าสีเหลือง หรือ *b** ในผักทั้ง 3 ชนิดพบว่ามีค่าคงที่ระหว่างการเก็บรักษา ยกเว้นในแมงลักวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบว่าค่า *b** ลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งอาจเป็นผลมากจากการเสื่อมสภาพของแมงลัก เนื่องจากอาการสะท้านหนาวที่พบอย่างรุนแรง และพบว่าการสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า *b** ในผักทั้ง 3 ชนิดระหว่างการเก็บรักษา

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า การสเปรย์สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวไม่มีผลต่อการรักษาสภาพสีของผักทั้ง 3 ชนิดระหว่างการเก็บรักษาอย่างชัดเจน แม้สามารถชะลอการลดลงของค่าสีเขียวได้เล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเก็บในสภาพอุณหภูมิต่ำสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Chlorophyllase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยนโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ทำให้เปลี่ยนจากสีเขียว เป็นไม่มีสี (Wills et al., 2007) แต่อย่างไรก็ตาม Wei et al. (2011) ได้รายงานว่าการใช้กรดซาลิไซลิกหลังการเก็บเกี่ยวสามารถรักษาสีเขียวของหน่อไม้ฝรั่ง ซึ่งสอดคล้องกับการยับยั้งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าสีที่ปรากฏ ค่าความสว่าง (*L**) ค่าสีเขียว (*-a**) และค่าสีเหลือง (*b**) ของกะเพราที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ±1 ºC

Basil	Time (days)	Treatment	Lightness (*L**)	Greenness (*-a**)	Yellowness (*b**)
Holy basil	0	Control	52.72±2.81	-10.65±1.00	16.90±0.80 [b]
		1 mM SA	52.49± 2.34	-11.04±0.70	17.55±0.24 [b]
		10 mM SA	51.64±1.92	-10.90±0.85	16.63±0.80 [b]
	2	Control	49.92±2.07	-11.32±0.49	16.71±1.00 [b]
		1 mM SA	50.92±1.27	-11.77±0.09	17.29±0.71 [b]
		10 mM SA	50.33±0.35	-11.07±0.40	16.95±0.28 [b]
	4	Control	50.50±1.00	-9.67±0.22	15.59±0.74 [a]
		1 mM SA	51.44±0.58	-10.79±0.50	16.91±0.81 [b]
		10 mM SA	50.35±0.67	-10.41±0.29	15.93±0.36 [a]
	6	Control	49.88±0.72	-8.95±0.78	15.11±0.72 [a]
		1 mM SA	49.54±1.75	-9.29±1.94	15.52±1.60 [a]
		10 mM SA	50.80±1.05	-10.94±0.49	16.82±0.36 [b]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าสีที่ปรากฏ ค่าความสว่าง (*L**) ค่าสีเขียว (*-a**) และค่าสีเหลือง (*b**) ของแมงลักที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ±1 ºC

Basil	**Time (days)**	**Treatment**	**Lightness (*L**)**	**Greenness (*-a**)**	**Yellowness (*b**)**
Lemon basil	0	Control	50.22±0.72	-10.47±0.86	14.15±0.58
		1 mM SA	51.41± 3.16	-9.70±0.70	13.72±0.45
		10 mM SA	51.22±2.28	-10.49±0.44	14.73±0.31
	2	Control	51.51±3.82	-10.94±0.56	15.64±0.54
		1 mM SA	52.59±1.41	-10.15±0.55	15.27±0.47
		10 mM SA	52.55±0.45	-10.37±0.17	15.39±0.08
	4	Control	53.59±1.23	-9.49±0.10	15.89±0.91
		1 mM SA	53.31±0.93	-9.75±0.47	16.04±0.21
		10 mM SA	53.71±0.35	-10.41±0.08	17.23±0.35
	6	Control	46.08±0.50	-3.26±0.16	12.66±2.54
		1 mM SA	45.75±2.97	-3.37±0.50	10.64±0.18
		10 mM SA	47.49±1.64	-3.91±0.60	11.50±1.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าสีที่ปรากฏ ค่าความสว่าง (*L**) ค่าสีเขียว (*-a**) และค่าสีเหลือง (*b**) ของโหระพาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ±1 ºC

Basil	**Time (days)**	**Treatment**	**Lightness (*L**)**	**Greenness (*-a**)**	**Yellowness (*b**)**
Sweet	0	Control	49.32±2.59	-9.90±0.36	15.66±0.87
Thai basil		1 mM SA	52.07± 0.72	-10.08±0.87	15.48±0.54
		10 mM SA	51.68±2.90	-9.30±0.72	14.86±1.20
	2	Control	47.66±2.43	-9.40±0.66	14.73±0.86
		1 mM SA	47.91±0.74	-10.04±0.21	14.39±0.57
		10 mM SA	51.46±2.43	-9.61±0.42	15.02±0.79
	4	Control	52.17±0.66	-10.02±0.13	15.75±0.19
		1 mM SA	53.88±1.23	-10.09±0.47	15.73±0.73
		10 mM SA	51.92±0.55	-10.70±0.44	15.33±0.84
	8	Control	51.94±0.67	-7.85±0.68	14.13±0.47
		1 mM SA	50.61±1.80	-7.49±0.60	13.00±1.42
		10 mM SA	47.96±0.40	-7.33±0.50	14.94±1.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

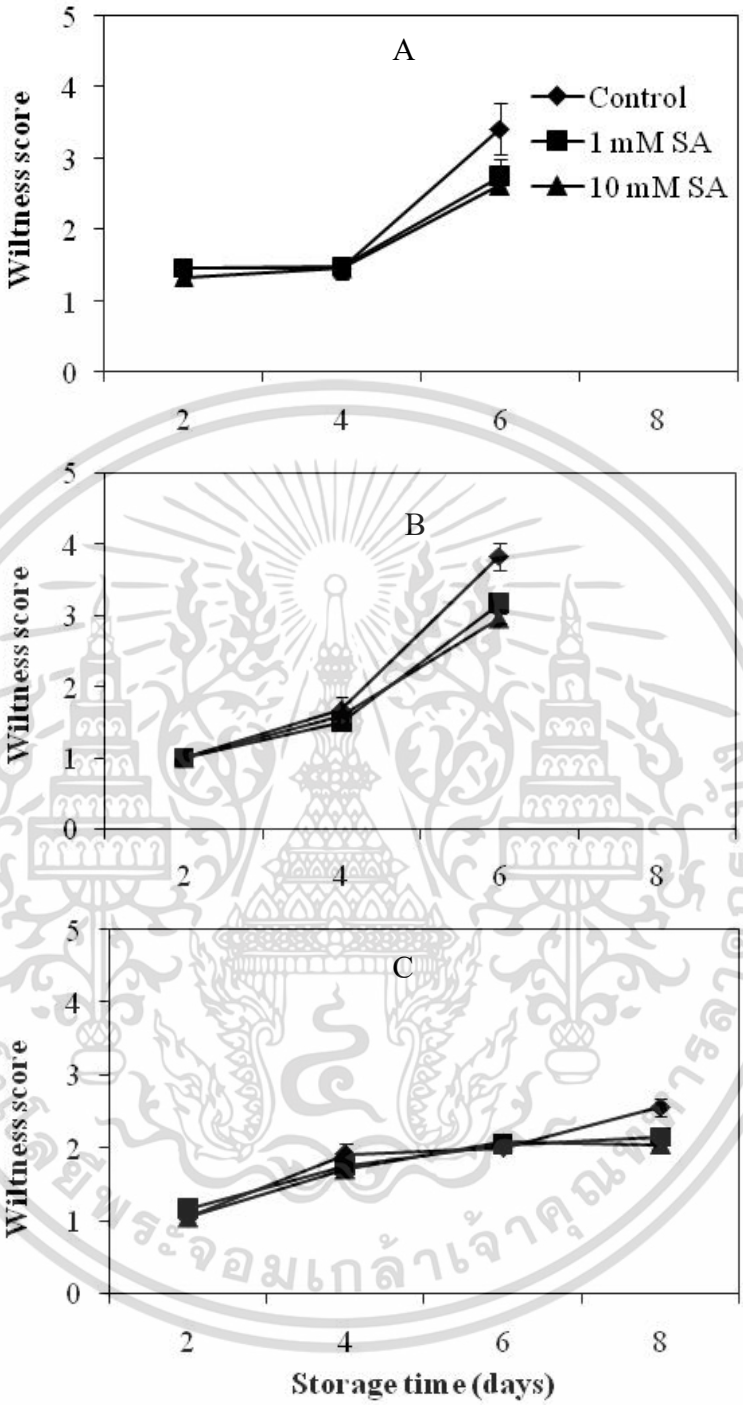
4.1.3 อาการเหี่ยว

รูปที่ 4.4 แสดงระดับคะแนนการเหี่ยวของกะเพรา แมงลัก และโหระพา ระหว่างการเก็บรักษา จากผลการทดลองแสดงให้เห็นการเพิ่มขึ้นของระดับการเหี่ยวในผักทั้ง 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา โดยพบว่ากะเพราและแมงลัก มีระดับการเหี่ยวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าโหระพา ซึ่งอาจเป็นเพราะโครงสร้างที่ผิวด้านนอกของใบที่แตกต่างกัน ตามธรรมชาติโครงสร้างที่ผิวด้านนอกของใบโหระพา มีลักษณะมันวาว และแข็งแรงกว่า กะเพราและแมงลัก ความมันวาวที่ผิวใบแสดงให้เห็นว่าชั้นนอกของใบมีไขหุ้มมากกว่า เป็นที่ทราบกันดีว่าไขที่ผิวของผักและผลไม้มีส่วนช่วยในการลดการคายน้ำของผลิตผล ซึ่งการสูญเสียน้ำจากผลิตผลมีผลโดยตรงต่ออาการเหี่ยวที่พบระหว่างการเก็บรักษา ในกะเพราและแมงลัก พบระดับการเหี่ยวเล็กน้อยในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท และเจาะรูด้วยเข็มเป็นจำนวน 10 รู และระดับการเหี่ยวเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนในวันที่ 6 และสอดคล้องกับการเกิดสีน้ำตาลที่ใบที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 4.1 4.2 และ 4.3

เมื่อทำการเปรียบเทียบผักที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก กับผักที่สเปรย์ด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) พบว่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ระดับการเหี่ยวของผักในชุดควบคุมเพิ่มอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับผักที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกทั้ง 2 ความเข้มข้น และไม่พบความแตกต่างของระดับการเหี่ยวในผักที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกทั้ง 2 ความเข้มข้น ซึ่งในกะเพราชุดควบคุม มีค่าคะแนนระดับความเหี่ยวประมาณ 3.5 ในขณะที่กะเพราสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกทั้ง 2 ความเข้มข้น มีค่าคะแนนระดับความเหี่ยวประมาณ 2.5 ในที่ 6 ของการเก็บรักษา ในแมงลักชุดควบคุม มีค่าคะแนนระดับความเหี่ยวประมาณ 3.9 ในขณะที่กะเพราสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกทั้ง 2 ความเข้มข้น มีค่าคะแนนระดับความเหี่ยวประมาณ 2.8-3.0 ในที่ 6 ของการเก็บรักษา และ ในโหระพาชุดควบคุม มีค่าคะแนนระดับความเหี่ยวประมาณ 2.5 ในขณะที่กะเพราสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกทั้ง 2 ความเข้มข้น มีค่าคะแนนระดับความเหี่ยวประมาณ 1.8 ในที่ 6 ของการเก็บรักษา

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการสเปรย์ด้วยกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวสามารถควบคุมระดับอาการเหี่ยวในผักทั้ง 3 ชนิด ซึ่งความเข้มข้นของสารละลายกรดซาลิไซลิกที่ใช้ไม่ให้ผลที่แตกต่างกัน เป็นที่ทราบกันดีว่าการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์และการสลายตัวของผนังเซลล์มีผลโดยตรงต่อการสูญเสียความชื้นและอาการเหี่ยวในผลิตผล การใช้กรดซาลิไซลิกสามารถรักษาสภาพและการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ และเพิ่มสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันอิ่มตัวให้สูงขึ้น (Will et al., 2007; Asghari amd Aghdam, 2010; Supapvanich and Promyou, 2013) จึงส่งผลให้ชะลอการเพิ่มขึ้นของระดับอาการเหี่ยวในผักใบทั้ง 3 ชนิดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

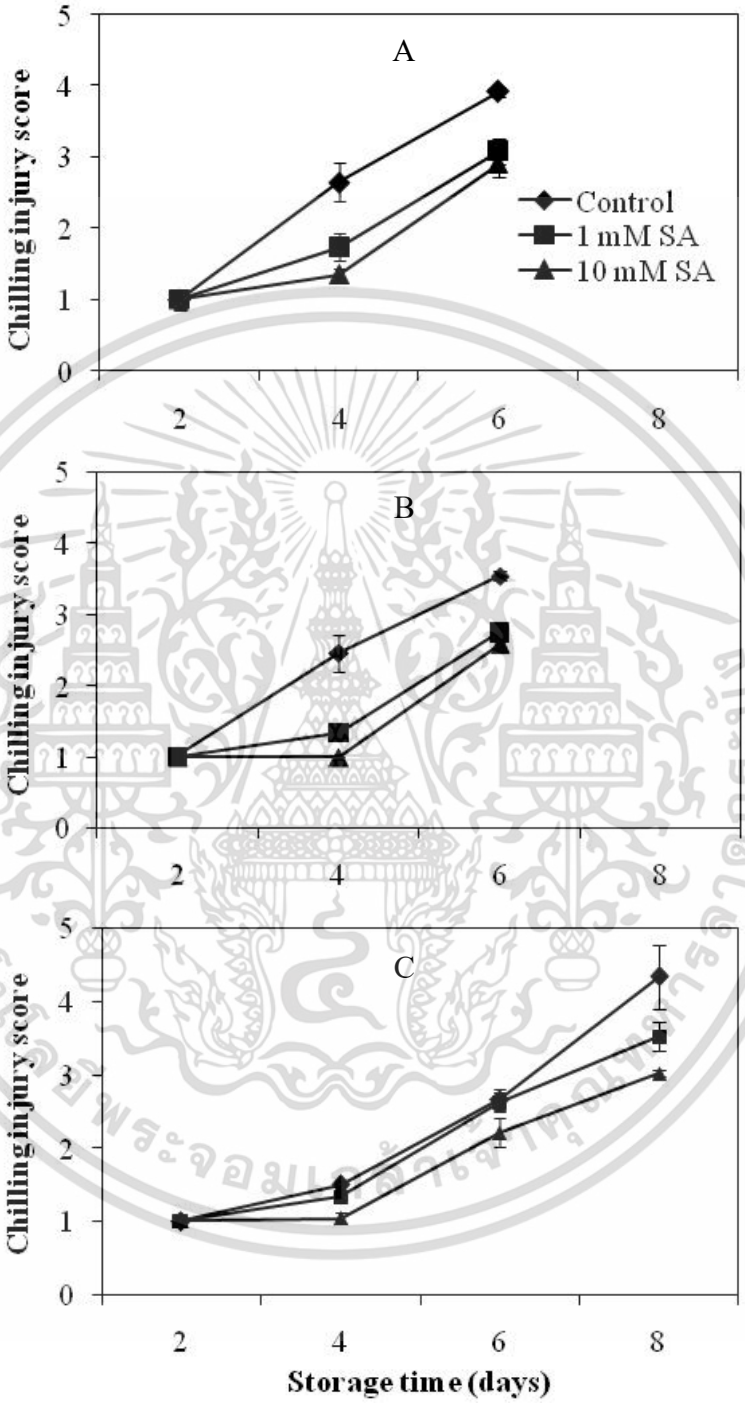
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ระดับอาการเหี่ยวของ กะเพรา (A) แมงลัก (B) และโหระพา (C) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ±1 ºC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 อาการสะท้านหนาว



รูปที่ 4.5 ระดับอาการสะท้านหนาวของกะเพรา (A) แมงลัก (B) และโหระพา (C) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ±1 ºC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 แสดงระดับคะแนนการเกิดอาการสะท้านที่พบในผักทั้ง 3 ชนิดระหว่างการเก็บรักษา จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องของระดับคะแนนที่วัดได้กับลักษณะอาการที่ปรากฏให้เห็น ในรูปที่ 4.1 4.2 และ 4.3 พบระดับความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในชุดควบคุมของผักทั้ง 3 ชนิดระดับคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาวมากกว่า และ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่ผักที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกทั้ง 2 ความเข้มข้นสามารถชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาว โดยผักที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 10 mM มีระดับคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาวน้อยที่สุด เป็นทราบกันดีว่าการเกิดอาการสะหนาวมีสาเหตุมาจากการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์เนื่องจากอุณหภูมิต่ำ ทำให้โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์แตก ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาจากสารต่างๆที่รั่วไหลออกมาจากเซลล์ (Will et al., 2007) การใช้กรดซาลิไซลิกสามารถควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวได้โดยการเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น นอกจากนั้นยังกระตุ้นการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ และกลไกการต้านทานสภาวะเครียดต่างๆ จากสิ่งแวดล้อมภายนอก (Asghari and Aghdam, 2010; Supapvanich and Promyou, 2013) ซึ่งมีผลโดยตรงการการเพิ่มความต้านทานการเกิดอาการสะท้านหนาวในผลิตผลระหว่างการเก็บรักษา ซึ่ง Yang et al. (2012) ได้รายงานว่า กรดซาลิไซลิกชักนำให้เกิดความต้านทานอาการสะท้านหนาวโดยกระตุ้นระบบการต้านอนุมูลอิสระ เช่น การเพิ่มปริมาณ Glutathione reductase Glutathione transferase และกลุ่มเอนไซม์ที่มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเช่น Peroxidase (POD) ซึ่งช่วยลด ปริมาณ Reactive oxygen species ภายในเนื้อเยื่อพืช นอกจากนี้กรดซาลิไซลิกยังชักนำให้พืชสร้าง Polyamines เช่น Putrescine Spermidine และ Spermine ซึ่งช่วยเพิ่มความต้านทานอาการสะท้านหนาวในผักและผลไม้ (Supapvanich and Promyou, 2013; Asghari and Aghdam, 2010) จากการศึกษาในผลิตผล พบว่ากรดซาลิไซลิกสามารถควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวใน หน่อไม้ (Luo et al., 2012) และพลัม (Luo et al., 2011)

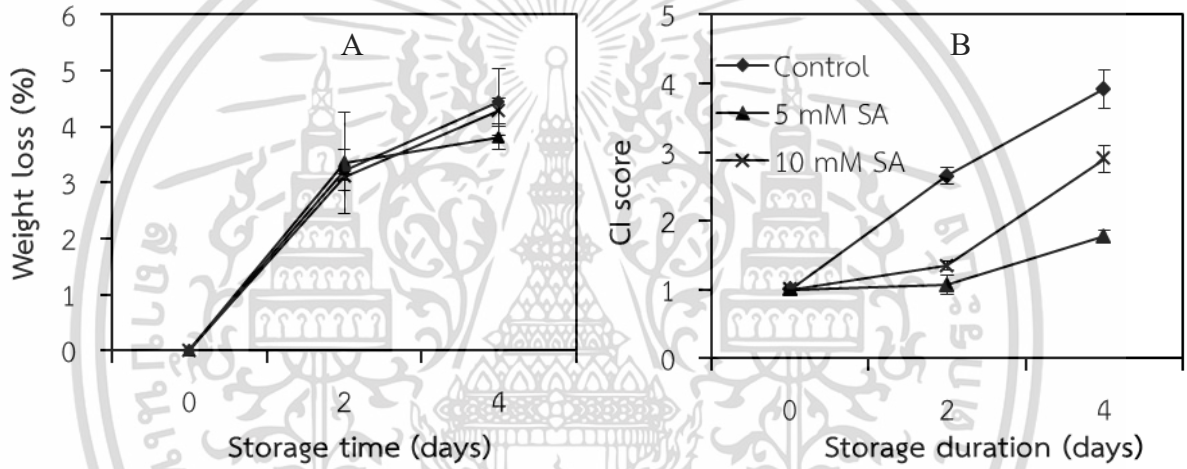
จากผลการทดลองทั้งหมดข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกสเปรย์ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง สามารถควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวใน กะเพรา แมงลัก และโหระพา โดยการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้นสูง (10 mM) สามารถควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ดีกว่า แต่พบอาการปลายยอดและใบอ่อนไหม้ และพบว่าผักทั้ง 3 ชนิดมีความไวต่ออาการสะท้านหนาวที่แตกต่างกัน โหระพาทนต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ดีที่สุด ในขณะที่แมงลักเป็นผักที่มีความไวต่ออาการสะท้านหนาวที่สุด ดังนั้นในการศึกษาลำดับต่อมา ทำการศึกษาผลของการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้นต่ำลง เพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวและไม่เกิดอาการผิดปกติจากการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้นสูงเกินไป โดยเลือกศึกษาสารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 5 mM และทำการเลือกผักแมงลักในการศึกษา เนื่องจากเป็นผักที่ไวต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวที่สุด โดยทำการศึกษาคุณภาพทางลักษณะปรากฏ สีใบ ปริมาณรงควัตถุ ได้แก่คลอโรฟิล และแคโรทีนอยด์ ระดับการเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาการสะท้านหนาว ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอาการสะท้านหนาว ได้แก่ การรั่วไหลของประจุจากใบ และปริมาณ MDA สารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณ H_2O_2 scavenging activity ปริมาณสารประกอบฟีนอล ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ และกิจกรรมของเอนไซม์ที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ เช่น CAT, AsA-POD และ G-POD

1.2 การศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพทางกายภาพของกะเพรา แมงลัก และ โหระพาระหว่างการเก็บรักษา

4.2.1 การสูญเสียน้ำหนักและระดับการเกิดอาการสะท้านหนาว



รูปที่ 4.6 การสูญเสียน้ำหนักสด (A) และ อาการสะท้านหนาว (CI) ของแมงลัก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ±1 ºC

จากรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสดของแมงลักระหว่างการเก็บรักษา การสูญเสียน้ำหนักของแมงลักในวันที่ 2 มีค่าเฉลี่ยโดยประมาณ 3.18% และในวันที่ 4 มีค่าโดยประมาณ 4.22% (รูปที่ 4.6 A) ซึ่งปัจจัยที่มีผลกระทบโดยตรงต่อการสูญเสียน้ำหนักของแมงลักระหว่างการเก็บรักษาคือ ความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศภายในถุง หรือสภาวะการเก็บรักษา (Supapvanich et al., 2012) จากรูปที่ 4.6 B แสดงให้เห็นระดับความรุนแรงของอาการสะท้านที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±1 ºC ซึ่งอาการสะท้านหนาวเริ่มแสดงให้เห็นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาโดยอาการสะท้านหนาวของแมงลักชุดควบคุมมีความรุนแรงกว่าแมงลักที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกทั้ง 2 ความเข้มข้นและพบว่าการสเปรย์สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 5mM สามารถควบคุมอาการสะท้านหนาวในแมงลักได้ดีที่สุด ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาระดับคะแนนอาการสะท้านหนาวของแมงลักที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกเข้มข้น 5 mM มีค่าต่ำกว่า แมงลักชุดควบคุมและแมงลักที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกเข้มข้น 10

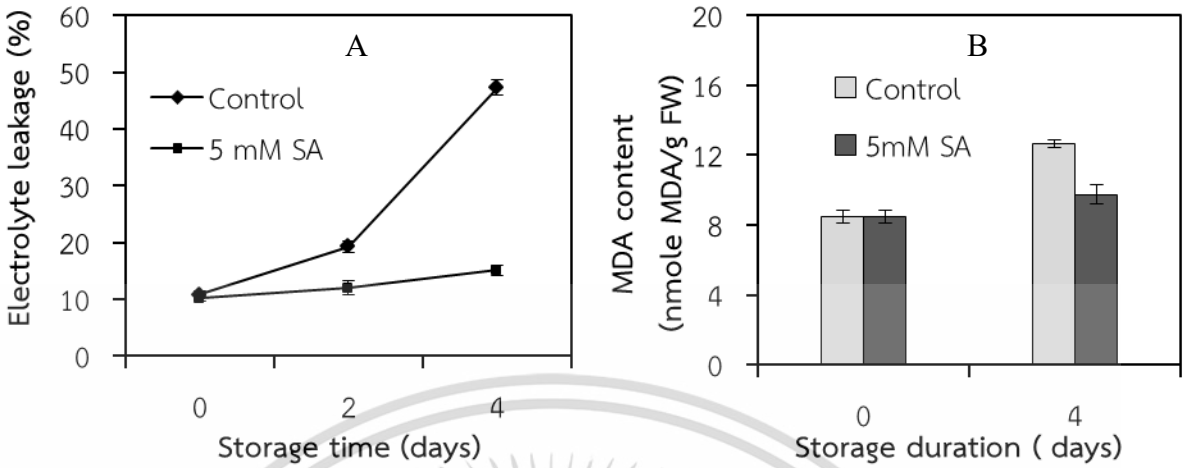
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

mM และไม่พบอาการปลายยอดและปลายใบไหม้ ในขณะที่แมงลักที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกเข้มข้น 10 mM พบอาการปลายยอด และปลายใบไหม้ อย่างชัดเจน และลักษณะใบสีน้ำตาลที่พบในแมงลักที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกเข้มข้น 10 mM น่าเป็นผลมาจากความเป็นพิษของกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้นสูงต่อเซลล์แมงลัก สอดคล้องกับการรายงานของ Babalar et al. (2007) และElwan and El-Hamahmy (2009) ซึ่งได้กล่าวว่า การใช้กรดซาลิไซลิกความเข้มข้นสูงกับผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวส่งผลให้เกิดอาการผิดปกติที่ผิวของผลิต การควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกเกี่ยวข้องกับการชักนำให้กลไกการต้านในแมงลักเพิ่มขึ้น ดังที่ได้อธิบายไว้ในข้อ 4.1.4 การที่กรดซาลิไซลิกสามารถเพิ่มความแข็งแรงของเยื่อหุ้มเซลล์ ส่งผลให้โครงสร้างของเยื้อหุ้มต่อมน้ำมันในใบของแมงลักมีความคงตัวและทนต่อสภาวะอุณหภูมิต่ำได้มากขึ้น จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้กรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 5 mM เหมาะสมต่อแมงลักในการลดอาการสะท้านหนาว โดยไม่พบอาการผิดปกติที่ใบและยอด

4.2.2 การรั่วไหลของประจุจากเนื้อเยื่อ (EL) และปริมาณ MDA

การเพิ่มขึ้นของค่า EL และปริมาณ MDA เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าสอดคล้องกับการเกิดอาการสะท้านหนาวที่เพิ่มขึ้นในผลิตผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า EL และปริมาณ MDA เกี่ยวข้องกับการเสื่อมของโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์และปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ (McCollum and McDonald, 1991; Luo et al., 2011) จากรูปที่ 4.7 A แสดงให้เห็นว่าค่า EL ของแมงลักที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกเข้มข้น 5 mM สามารถควบคุมการเพิ่มขึ้นของค่า EL ได้อย่างชัดเจน และการเพิ่มขึ้นของ ค่า EL มีความสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของระดับอาการสะท้านหนาวดังแสดงผลในรูปที่ 4.6 B ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Lukaszewska and Kobyliñski (2009) การใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกกับใบ *Hipperstrum x chmielii* สามารถป้องกันการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ รูปที่ 4.7 B แสดงให้เห็นว่าปริมาณ MDA ของแมงลักที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกในวันที่ 4 ของการเก็บรักษามีค่าต่ำกว่าแมงลักชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับระดับคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาว (รูปที่ 4.6 B) และการรั่วไหลของประจุ (รูปที่ 4.7 A) จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกเข้มข้น 5 mM ก่อนการเก็บเกี่ยวสามารถควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาว โดยลดการรั่วไหลของประจุในใบแมงลักและลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเยื่อหุ้มเซลล์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Awad et al. (2013) พบว่าการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกหลังการเก็บเกี่ยว สามารถลดปริมาณ MDA และปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชันของเยื่อหุ้มเซลล์ ในผลทับทิมระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



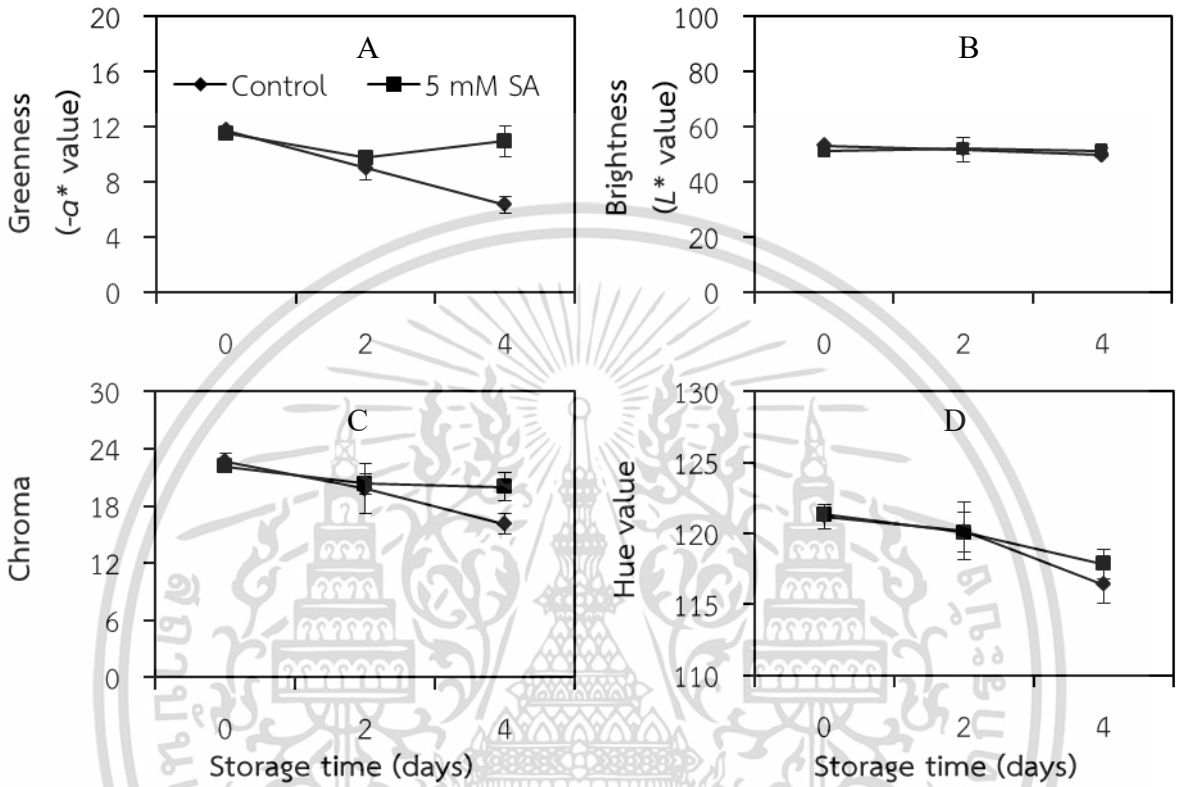
รูปที่ 4.7 การรั่วไหลของประจุ (A) และ ปริมาณ MDA ของแมงลัก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ±1 ºC

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงสีและรงควัตถุ

สีใบเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อคุณภาพของผักใบระหว่างการเก็บรักษา ในรูปที่ 4.8 แสดงค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง สีเขียว ค่า Chroma และค่า Hue การใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวสามารถรักษาค่าความเขียวและค่า Chroma ของแมงลักระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่ค่าความเขียวและค่า Chroma แมงลักชุดควบคุมลดลงอย่างชัดเจนระหว่างการเก็บรักษา และพบว่าการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างและค่า Hue ของแมงลักระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Wei et al. (2011) การใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกสามารถรักษาสีของหน่อไม้ฝรั่งระหว่างการเก็บรักษา โดยชะลอการสลายตัวของสีเขียวและเกี่ยวข้องกับการคงระดับปริมาณคลอโรฟิลล์ในหน่อไม้ฝรั่ง ซึ่งโดยทั่วไปเป็นที่ยอมกันว่าการสูญเสียคลอโรฟิลล์เกี่ยวข้องกับการสูญเสียค่าความเขียว และการปรากฏของสีเหลืองของผักใบระหว่างการเก็บรักษา (Supapvanich et al., 2012) ในการศึกษานี้พบว่าการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวสามารถรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของแมงลักระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แต่พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษา และจากผลการทดลองยังแสดงความสอดคล้องของปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ลดลง กับปริมาณแคโรทีนอยด์ที่เพิ่มขึ้นในแมงลักระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งเป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีและรงควัตถุตามปกติของผักใบทั่วไป (Supapvanich et al., 2012) จากผลการทดลองค่าสีและปริมาณรงควัตถุที่แสดงในรูปที่ 4.8 และ 4.9 สามารถกล่าวได้ว่าการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวสามารถรักษาความเขียวของแมงลักได้ โดยเกี่ยวข้องกับการควบคุมการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในใบแมงลักระหว่างการเก็บรักษา Li et al. (1992) และ Kazemi et al. (2011) ได้รายว่าการใช้กรดซาลิไซลิกหลังการเก็บเกี่ยวสามารถชะลอการสูญเสียในผลิตผลได้โดยเกี่ยวข้องการควบคุมการแสดงออกของกิจกรรมเอนไซม์ที่ควบคุมการผลิตเอทิลีน ซึ่งเอทิลีนเป็น

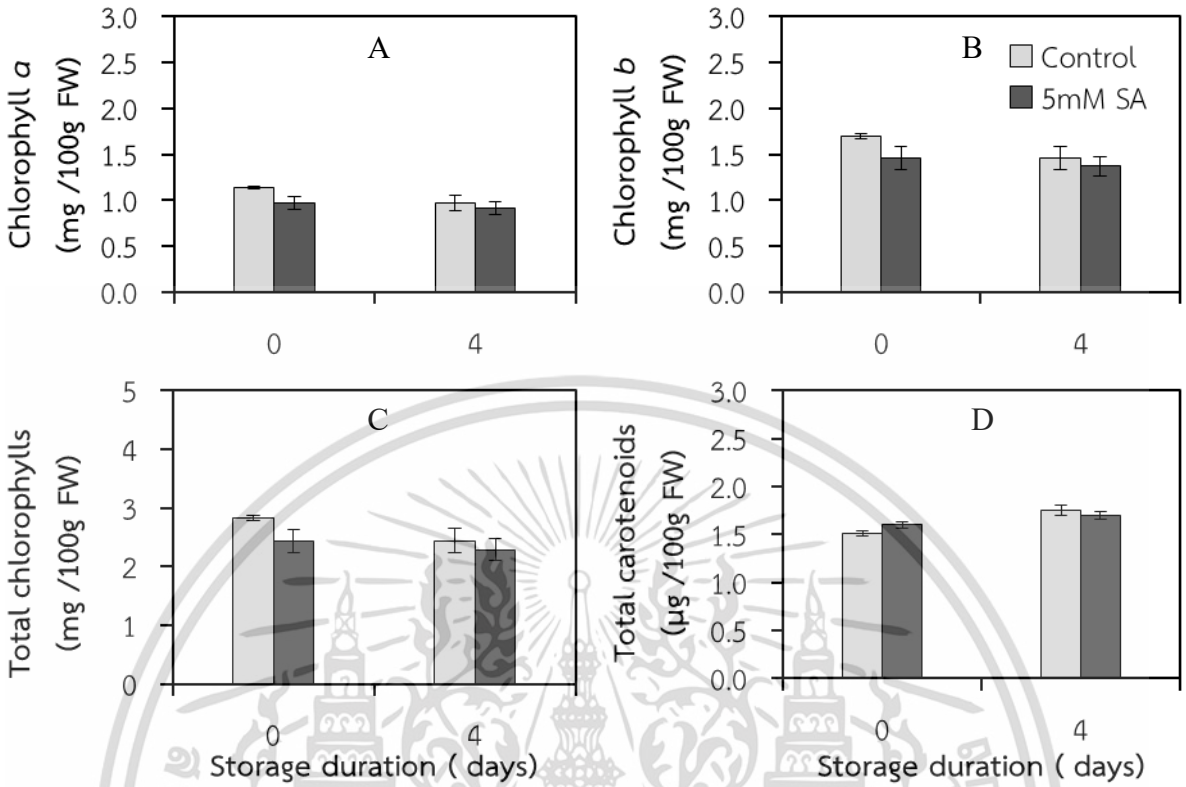
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮอร์โมนพืชที่เกี่ยวข้องกับการวายของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว รวมทั้งการกระตุ้นการสังเคราะห์เอนไซม์ Chlorophyllases ในผักใบระหว่างการเก็บรักษา



รูปที่ 4.8 ค่าสี ค่าสีเขียว (A) ค่าความสว่าง (B) ค่า Chroma (C) และ ค่า Hue (D) ของแมงลัก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ±1 ºC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ปริมาณ chlorophyll *a* (A) chlorophyll *b* (B) total chlorophylls (C) และ total carotenoids (D) ของแมงลัก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ±1 ºC

4.2.4 ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

รูปที่ 4.10 แสดงปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้แก่ สารประกอบฟีนอล สารประกอบฟลาโวนอยด์ ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด ซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant potential (FRAP) และ H_2O_2 scavenging activity ในแมงลักระหว่างการเก็บรักษาจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยว ช่วยเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอล สารประกอบฟลาโวนอยด์ และ ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับแมงลักชุดควบคุม หลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 วัน พบว่ามีการลดลงของการออกฤทธิ์ทางชีวภาพทั้งหมด ซึ่งการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวสามารถชะลอการสูญเสียปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และการลดลงของ H_2O_2 scavenging activity แต่ไม่มีผลต่อการควบคุมการลดลงของสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด จากการศึกษาของ Wei et al. (2011) พบว่าการใช้กรดซาลิไซลิกหลังการเก็บเกี่ยวสามารถชักนำการสร้างและรักษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และ Free radical scavenging activity ในหน่อไม้ฝรั่งได้ และเช่นเดียวกันการใช้กรดซาลิกไซลิกหลังการเก็บเกี่ยวช่วยเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสารประกอบฟลาโวนอย์ในเงาะ (Supapvanich, 2015) และพีช (Razavi et al., 2014) จากผลการทดลองนี้อาจกล่าวได้ว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในแมงลักที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวช่วยในการสร้างความต้านทานการเกิดอาการสะท้านหนาว ดังเช่นที่ Supapvanich and Promyou (2013) ได้อธิบายไว้

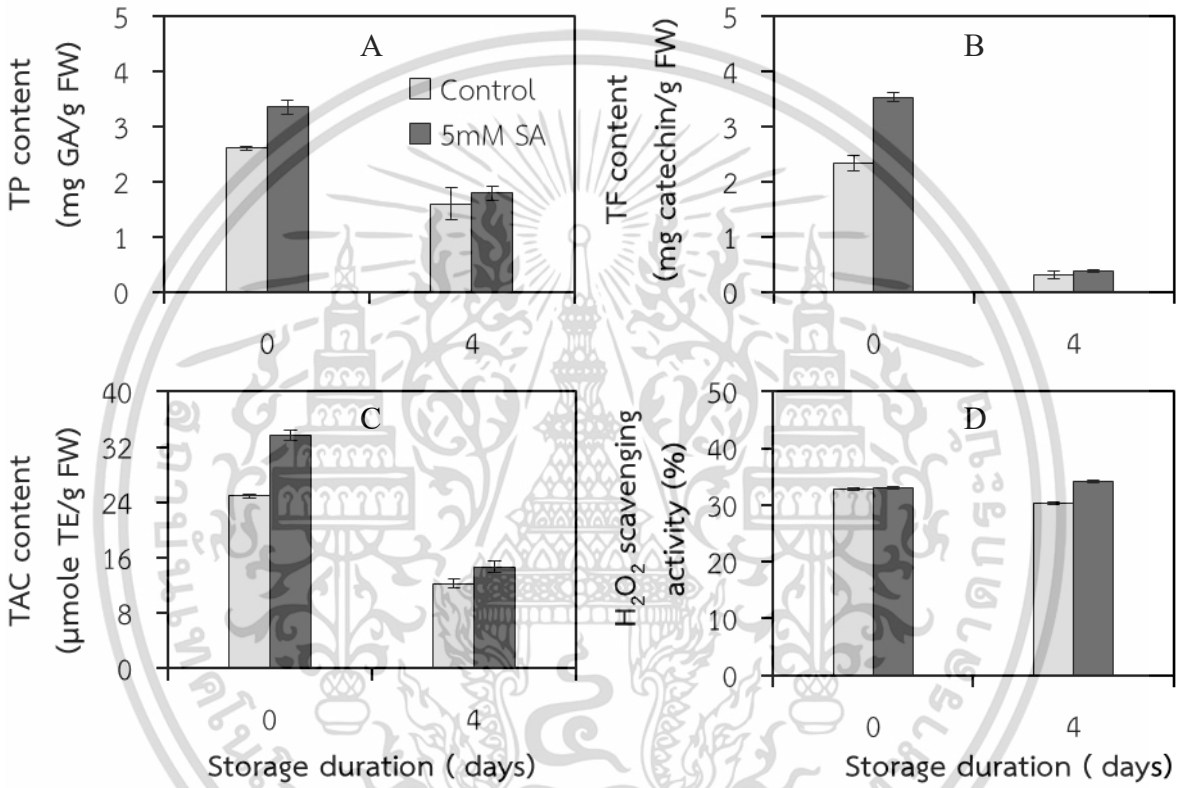
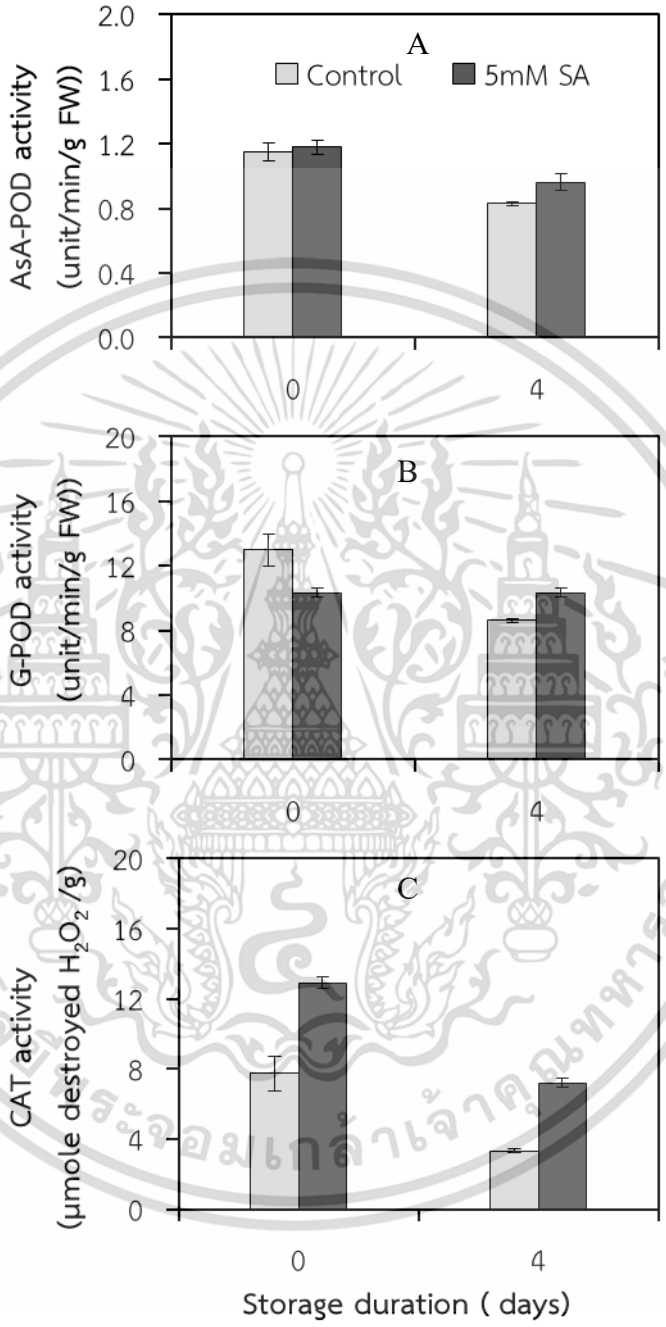


Figure 4.10 ปริมาณ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (A) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (B) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด (C) และ H_2O_2 scavenging activity (D) ของแมงลัก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ±1 ºC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 กิจกรรมเอนไซม์ที่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ



รูปที่ 4.11 กิจกรรมเอนไซม์ Ascorbic acid peroxidase (A) Guaiacol peroxidase (B) และ Catalase (D) ของแมงลัก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ±1 ºC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11 แสดงปริมาณกิจกรรมเอนไซม์ที่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ Catalase (CAT), Ascorbic acid-peroxidase (AsA-POD) และ Guaiacol-peroxidase (G-POD) เป็นที่ทราบกันดีว่ากิจกรรมของเอนไซม์ที่มีสมบัติในการต้านสารอนุมูลอิสระมีความสำคัญต่อการกำจัด H_2O_2 ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าเป็นสารในกลุ่ม ROS (Elwan and El-Hamahmy, 2009) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวกระตุ้นกิจกรรมของ CAT และไม่มีผลในการกระตุ้นกิจกรรม PODs หลังการสเปรย์ 24 ชั่วโมง ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาพบว่าการใช้สารละลายกรดซาลิกไซลิกชะลอการลดลงของกิจกรรมเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับแมงลักชุดควบคุม Keng et al. (2003) และ Shi et al. (2006) ได้รายงานว่าการกระตุ้นกิจกรรมของ POD จากการใช้กรดซาลิไซลิกหลังการเก็บเกี่ยวช่วยป้องกันการเพิ่มขึ้นของ H_2O_2 ในเนื้อเยื่อพืชระหว่างการเก็บรักษา จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการรักษากิจกรรมของเอนไซม์ที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระในแมงลักที่สเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวช่วยเพิ่มระดับ H_2O_2 scavenging activity ดังแสดงในรูปที่ 4.10 D และสอดคล้องกับการลดลงของการเกิดอาการสะท้านหนาวที่พบในแมงลักระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองการสเปรย์สารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวที่ความเข้มข้น 0 1 และ 10 mM พบว่าการเกิดอาการสะท้านหนาวในผักทั้ง 3 ชนิด แมงลักมีความไวต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวมากที่สุด รองลงมาคือกะเพรา และโหระพาตามลำดับ และการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกสามารถลดอาการสะท้านหนาวในกะเพรา แมงลัก และโหระพา ระหว่างการเก็บรักษาได้ ซึ่งการใช้กรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 10 mM สามารถควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ดีที่สุด และยืดอายุการเก็บรักษากะเพราจาก 4 วัน เป็น 6 วัน แมงลักจาก 2 วัน เป็น 4 วัน และ โหระพาจาก 6 วัน เป็น 8 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับผักในชุดควบคุม แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้กรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 10 mM ส่งผลให้เกิดอาการยอดและปลายใบอ่อนแห้งเป็นสีน้ำตาล นอกจากนั้นการใช้กรดซาลิกไซลิกยังช่วยในการชะลอการเหี่ยวในผักทั้งสามชนิดอย่างชัดเจน แต่มีผลในการรักษาสีเล็กน้อย

จากผลการทดลองแรกแสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกเข้มข้น 10 mM ส่งผลให้เกิดใบอ่อนและยอดแห้งเป็นสีน้ำตาล จึงทำการลดความเข้มข้นของกรดซาลิไซลิกลง เหลือ 5 mM โดยทำการศึกษาประสิทธิภาพในแมงลัก ซึ่งเป็นผักที่มีความไวต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวมากที่สุด จากการศึกษาเปรียบเทียบการสูญเสียน้ำหนักและการเกิดอาการสะท้านหนาว แสดงให้เห็นว่าการสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกเข้มข้น 5 mM สามารถควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวโดยไม่พบอาการใบอ่อนและยอดไหม้เป็นสีน้ำตาล เมื่อเปรียบเทียบกับการสเปรย์ด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 10 mM การใช้กรดซาลิกไซลิกความเข้มข้น 5 mM สามารถช่วยลดปริมาณการรั่วไหลของประจุจากใบ ปริมาณ MDA รักษาความเป็นสีเขียวของใบ เพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมทั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระบางตัว และควบคุมการลดลงของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และกิจกรรมของเอนไซม์ที่มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระระหว่างการเก็บรักษา งานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าการสเปรย์สารละลายกรดซาลิกไซลิกเข้มข้น 5 mM ก่อนการเก็บเกี่ยว เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวและรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผักตระกูลกะเพรา ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้อาจต้องทำการศึกษาผลการใช้กรดซาลิไซลิกต่อคุณภาพของผักที่ปลูกในฤดูกาลที่ต่างกัน และการเปรียบเทียบผลกับการใช้กรดซาลิไซลิกหลังการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลผลิตงานวิจัย

6.1 ผลงานเผยแพร่และตีพิมพ์

6.1.1 สุริยัณห์ สุภาพวานิช รัชดากร พลภักดี พงษ์เทพ เฟื่องสำรวจ และยุรนันท์ เขินไพร. 2558. ผลของการใช้กรดซาลิไซลิกและเมทิลจัสโมเนตก่อนการเก็บเกี่ยว ต่อคุณภาพของโหระพาระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53 สาขาพืช, กรุงเทพมหานคร, 373-380.

6.1.2 Suriyan Supapvanich, Pratumtip Wongsuwan, Bunwat Mahasap, Rachadakorn Polpakdee and Panida Boonyariththongchai. 2014. Effects of preharvest salicylic acid treatment on chilling injury alleviation and quality of lemon basil and holy basil during cold storage. The Proceeding of the 53th Kasetsart University Annual Conference, Bangkok. 414-422

6.1.3 Suriyan Supapvanich, Rachadakorn Polpakdee and Pratumtip Wongsuwan. 2015. Chilling injury alleviation and quality maintenance of lemon basil by preharvest salicylic acid treatment. Emirates Journal of Food and Agriculture. 27(11). 801-807.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

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

Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., and Watson, J. D. 1994. **Molecular biology of the Cell,** Garland Pubishing, 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**. 33: 181-192.

Andrade Cuvi, M. J., Vincente, A. R., Concellón, A. and Chaves, A. R. 2011. Changes in red pepper antioxidants as affected by UV-C treatments and storage at chilling temperature. **LWT-Food Science and Technology**. 44: 1666-1671.

Asghari, M. and Aghdam, M. S., 2010. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. **Trends Food Science and Technology**. 21: 502-509.

Awad, A. M., Al-Qurashi, A. D. and Elsayed, M. I. 2013. Effect of prestorage salicylic acid and oxalic dipping on chilling injury and quality of 'Taify' pomegranates during cold storage. **Journal Food Agriculture and Environment**. 11: 117-122.

Babalar, M., Asghari, M., Talaei, A. and Khosroshahi, A. 2007. Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. **Food Chemistry**. 105, 449-453.

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

Benzie, I. F. F. and Strain, J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**. 239: 70–76.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. and Berset, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT – Food Science and Technology**. 28: 25–30.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. and Berset, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT – Food Science and Technology**. 28. 25–30.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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.** 161: 1153-1159.

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

Elwan, M. W. M. and El-Hamahmy, M. A. M. 2009. Improved productivity and quality associated with salicylic acid application in green house pepper. **Scientia Horticulturae**. 122: 521-526.

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**. 166: 711-719.

Gerailoo, S. and Ghasemnezhad, M. 2011. Effect of salicylic acid on antioxidant enzyme activity and petal senescence in 'Yellow Island' cut rose flowers. **Journal of Fruit Ornamental Plant Research**. 19: 183-193.

Gholami, M., Sedighi, A., Ershadi, A. and Sarikhani, H., 2010. Effect of pre- and postharvest treatment of salicylic acid and geibberellic acid on ripening and some physicochemical properties of 'Mashhad' sweet cherry (*Prunnus avium* L.) fruit. **Acta Horticulturae**. 884: 257-264.

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**. 18: 19-26.

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Kazemi M, Aran M. and Zamani S. 2011. Effect of calcium chloride and salicylic acid treatment on quality characteristics of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) during storage. **American Journal of Plant Physiology**. 6: 183–189.

Keng, G. Z., Wang, C. H., Sun, G. C. and Wang, Z. X. 2003. Salicylic acid changes activities of H_2O_2-metabolizing enzymes and increases in chilling tolerance of banana seedlings. **Environmental and Experimental Botany**. 50: 9-15.

Kirk, J. T. O. 1968. Studies on the dependence of chlorophyll synthesis on protein synthesis in *Euglena gracilis*, together with a nomogram for determination of chlorophyll concentration. **Planta** 78: 200–207.

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

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

Li, N., Barbara, L. P., Liu, D. R. and Autar, K. M. 1992. Accumulation of wound-inducible ACC synthase transcript in tomato fruit is inhibited by salicylic acid and polyamines. **Plant Molecular Biology**. 18: 477-487.

Lu, X., Sun, D., Li, Y., Shi, W. and Sun, G. 2011. Pre- and post-harvest salicylic acid treatments alleviate internal browning and maintain quality of winter pineapple fruit. **Scientia Horticulturae**. 130: 97-101.

Lukaszewska, A. and Kobyliński, D. 2009. Salicylic acid delays senescence of detached leaves of *Hippeastrum x chmielii*. **Annual Warsaw University of Life Science - SGGW, Horticulture Landscape Architecture**. 30: 23-29.

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

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

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

Lyons, J. M., and Breidenbach, R.W. 1987. Chilling injury, pp. 305-326, In J. Weichmann (ed), **Postharvest Physiology of Vegetables,** Marcel Dekker Inc., New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

McCollum, T. G. and McDonald, R. E. 1991. Electrolyte leakage, respiration, and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. **HortScience**. 26**:** 1191-1192.

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. **Canadian Journal of Botany**. 74: 870-874.

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**. 5: 303-309.

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**. 115: 875-879.

Nishida, I., and Murata, N. 1996. Chilling sensitivity in plant and cyanobacteria: the crucial contribution of membrane Lipids. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. 47: 541-568.

Razavi, F., Hajilou, J., Dehgan, G., Hassani, R. N. and Turchi, H. M. 2014. Enhancement of postharvest quality of peach fruit by salicylic acid treatment. **International Journal of Bioscience**. 4: 177-184.

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

Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q. and Qian, Q. 2006. Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seeding of *Cucumis sativa* L. **Plant Growth Regulation**. 48: 127-135.

Slinkard, K. and Singleton V.L. 1977. Total Phenol Analysis: Automation and comparison with manual methods. **American Journal of Enology and Viticulture**. 28(1): 49-55.

Srivastava, M. K. and Dwivedi, U. N. 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. **Plant Science**. 158: 87-96.

Supapvanich, S. 2015. Effects of salicylic acid incorporated with lukewarm water dips on the quality and bioactive compounds of rambutan fruit (*Nephelium lappaceum* L.). **Chiangmai University Journal of Natural Science**. 14(1): 23-27.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Supapvanich, S., Arkajak, R. and Yalai, K. 2012. Maintenance of postharvest quality and bioactive compounds of fresh-cut sweet leaf bush (*Sauropus androgynus* L. Merr.) through hot $CaCl_2$ dips. **International Journal of Food Science and Technology**. 47(12): 2662-2670.

Supapvanich, S., Promyou, S., 2013. Efficiency of salicylic acid application on postharvest perishable crops. In Hayat, S. and Alyemei, A.A.M.N. (Eds), **Salicylic acid: Plant growth and development**, Springer Science+Business Media Dordrecht, New York, pp. 339-355.

Tareen, M. J., Abbast, N. A. and Hafiz, I. A. 2012. Effect of salicylic acid treatments on storage life of peach fruit cv. 'Flordaking'. **Pakistan Journal of Botany**. 44: 119-124.

Thomson, G., Winkler, S. 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, 2004

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

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

Wang, C.Y. 1993. Approaches to reduce chilling injury of fruit and vegetables. **Horticultural Review**. 15: 63-95.

Wang, L., Chen, S., Kong, W., Li, S. and Archbold, D. D. 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**. 41: 244-251.

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**. 9: 244-252.

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, pp. 143-155.

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Whitaker, B. D. and Wang, C. Y. 1987. Effect of paclobutrazol and chilling injury on leaf membrane lipids in cucumber seedlings. **Plant Physiology**. 70: 404-411.

Whitaker, B. D. 1995. Lipid changes in mature green bell pepper fruit during chilling at 2 ^{o}C and after transfer to 20 ^{o}C subsequent to chilling. **Plant Physiology**. 93: 683-688

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

Wongsheree, T., Ketsa, S. and van Doorn, W. G. 2009. The relationship between chilling injury and membrane damage in lemon basil (*Ocimum x citriodourum*) leaves. **Postharvest Biology and Technology**. 51: 91-96.

Yang, Z., Cao, S., Zheng, Y. and Jiang, Y. 2012. Combined salicylic acid and ultrasound treatment for reducing the chilling injury on peach fruit. **Journal of Agricultural Food Chemistry**. 60:1209-1212.

Zainuri. J. D. C., Wearing, D. C., Coates, A. H. and Terry, L. 2001. Effects of phosphonate and salicylic acid treatments on antracnose disease development and ripening of 'Kensington Pride' mango fruit. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. 41: 805-813.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ผลงานวิจัยที่เผยแพร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย

รายการ	วงเงินที่คาดว่าจะใช้แต่ละเดือน												หมายเหตุ
	ต.ค.	พ.ย	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	
1. ค่าเหมาจ้างวิเคราะห์ตัวอย่าง						27,000							
2. ค่าเหมาจ้างพิมพ์รายงานวิจัย											2,000		
3. ค่าเหมาจ้างจัดทำเล่มรายงาน											1,000		
4. ค่าวัสดุสำนักงานและค่าวัสดุคอมพิวเตอร์			1,000							1,000			
4. ค่าวัสดุการศึกษา (สารเคมีและวัสดุ			20,000	20,000	28,000								
รวม	-	-	3,000	20,000	28,000	27,000	-	-	-	1,000	3,000		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นายสุริยัณห์ สุภาพวานิช

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วทบ.	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2541
วทม.	เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	2544
Ph.D.	Biosciences/ Nutritional Science	The University of Nottingham	2552

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

ชีววิทยาและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

1. Supapvanich, S., Pimsaga J. and Srisujan, P. 2011. Physicochemical changes in fresh-cut wax apple (*Syzygium samarangenese* [Blume] Merrill & L.M.Perry) during storage. Food Chemistry, 127 (3), 912-917.
2. Supapvanich, S. and Tucker, G.A. 2011. Physicochemical changes in fresh-cut Honeydew melon fruit during storage. African Journal of Agricultural Research, 6(12), 2737 - 2742.
3. Supapvanich, S., Boonlha, K, and Mhernmee,N. 2011. Quality attribute changes in intact and fresh-cut honeydew melon (*Cucumis melo* var. inodorus) cv. 'Honey World' during storage. Kasetsart Journal Natural Science, 54(5), 874-882.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Promyou, S., Supapvanich, S.*, Boodkord, B. and Thangapiradeekajorn, M. 2012. Alleviation of chilling injury in jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill) by dipping in 35 ˚C water. Kasetsart Journal Natural Science. 46 (1), 107-119.

5. Supapvanich, S., Prathaan, P. and Tepsorn, R. . 2012. Browning inhibition in fresh-cut rose apple fruit cv. Taaptimjaan using konjac glucomannan coating incorporated with pineapple fruit extract. Postharvest Biology and Technology. 73, 46-49.

6. Promyou, S. and Supapvanich, S.. 2012. Effect of UV-C illumination on postharvest quality and bioactive compounds in yellow pepper fruit (*Capsicum annuum* L.) during storage. African Journal of Agricultural Research. 7(28), 4084-4096.

7. Supapvanich, S., Arkajak, R. and Yalai, K. 2012. Maintenance of postharvest quality and bioactive compounds of fresh-cut sweet leaf bush (*Sauropus androgynus* L. Merr.) through hot $CaCl_2$ dips. International Journal of Food Science and Technology. 47(12), 2662-2670.

8. Supapvanich, S. and Tucker, G.A. 2013. The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on quality and cell wall hydrolases activities of fresh-cut muskmelon (*Cucumis melo* var reticulatus L.) during storage. Food and Bioprocess Technology. 6, 2196-2201.

9. Supapvanich, S. and Tucker G.A. 2013. Cell wall hydrolysis in netted muskmelon fruit (*Cucumis melo* var. reticulatus L. Naud) during storage. Chiang Mai Journal of Science. 40(3), 447-458.

10. Promyou, S. and Supapvanich, S. 2013. Chilling injury alleviation in 'Golden Bell' sweet pepper caused by UV-C treatment. Acta Horticulturae 1011, ISHS 2013, 357-362.

11. Supapvanich, S., Samransuk, L., Samanusorn, T. and Mesa, N. 2014. Effect of glutathione on browning of fresh-cut wax apple fruit during refrigerated storage Acta Horticulturae 1024, ISHS 2014, 339-346.

12. Promyou, S. and Supapvanich, S. 2014. Effect of surface coating on alleviating chilling injury and physicochemical changes in jujube fruit. Acta Horticulturae 1024, ISHS 2014, 347-353.

13. Supapvanich, S. 2015. Effects of salicylic acid incorporated with lukewarm water dips on the quality and bioactive compounds of rambutan fruit (*Nephelium lappaceum* L.). Chiang Mai University Journal of Natural Science. 14(1), 23-37.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. Promyou, S. and Supapvanich, S. 2016. Physiochemical changed in Kaew Kamin mango fruit illuminated with ultraviolet-C (UV-C) during storage. Journal of Agricultural Science and Technology. 18(1). (in press).

15. Supapvanich, S., Polpakdee, R., and Wongsuwan, P. 2015. Chilling injury alleviation and quality maintenance of lemon basil by preharvest salicylic acid treatment. Emirates Journal of Food and Agriculture. 27(11), 801-807

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นางสาวรัชดากร พลภักดี

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วทบ.	ศึกษาศาสตร์-เกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2537
วทม.	ครุศาสตร์เกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2539
Ph.D.	Agricultural Education	University of the Philippines Los Banos	2548

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

ศึกษาศาสตร์-เกษตร

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

1. นพคุณ ศิริวรรณ, ดนัย ดิษยบุตร, ศศิธร จารุสมบัติ, วันทนี โชติสกุล, รัชดากร พลภักดี, ศราวุธ อินทรเทศ, และ ภัคพงศ์ ปวงสุข. 2544. “สภาพการจัดการสอนการเรียนการฝึกหัดครูเกษตร ในสถานศึกษาสังกัดทบวงมหาวิทยาลัย” วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ 16(1) :75-109.
2. วันทนี โชติสกุล, ดนัย ดิษยบุตร, ศศิธร จารุสมบัติ, รัชดากร พลภักดี, ศราวุธ อินทรเทศ, ภัคพงศ์ ปวงสุข, และ จำลอง ศรีสุวรรณ์. 2546. “ปัญหาและความต้องการพัฒนาฟาร์มสาธิตพืชผักและเห็ดของสถานศึกษาระดับอาชีวศึกษาและเทคนิคศึกษา สังกัดกระทรวงศึกษาธิการ” วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ 18(1) : 61-72.
3. รัชดากร พลภักดี. 2549. “Factor affecting high lateral thinking ability of students at department of agricultural education, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Thailand”. เอกสารการสัมมนาทางวิชาการ วิถีวิจัยทางการศึกษาและอาชีพเพื่อการพัฒนาสู่สากล คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วันที่ 13-14 กุมภาพันธ์ 2549.
4. Ratchadakorn Phonpakdee. 2006. Kolb’s Learning styles of students at Chachoengsao College of Agriculture and Technology, Thailand. Proceedings of 4th International Conference ERPL 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Industrial Education King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Bangkok, Thailand July 13th to 14th 2006.

5. รัชดากร พลภักดี. 2549. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาด้วยการใช้อริยสัจ 4 ของนักศึกษาภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร7 ลาดกระบัง. วารสารสมาคมนักวิจัย 11(2) : 51-59.

6. Ratchadakorn Phonpakdee. 2007. Analysis of De Bono's Lateral Thinking Skills Among Future Farmers of Thailand in Chachoengsao Technological and Agricultural College. Proceedings of International Conference on Brdging Gaps in Agriculture Research and Development Toward Sustainable Development Central Luzon State University, Science City of Muñoz, Philippines Philippines April 10-11, 2007.

7. Ratchadakorn Phonpakdee. 2007. Analysis of Kolb's learning style of grade 12 students at Photawattanasenee School, Ratchaburi Province, Thailand. The 3rd International Conference on Agriculture Education and Environment : Preparing for the future: Rethinking Higher Agriculture Education and Environment in the Asia Pacific. (November 4-7, 2007). Philippine Carabao Center, Science City of Muñoz, Nueva Ecija. Asia Pacific Association of Educators in Agriculture and Environment (APEAEN) Los Banos, Laguna Philippines.

8. วันทนี โชติสกุล, ศศิธร จารุสมบัติ, ราตรี ศิริพันธุ์, รัชดากร พลภักดี, และจำลอง ศรีสุวรรณ์. 2550. การศึกษาสาระงานวิจัยทางการศึกษาเกษตรของนักศึกษาบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีพ.ศ. 2539-2547. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม 6(2) : 30-39.

9. ปิยะนารถ จันทร์เล็ก ศศิธร จารุสมบัติ วันทนี โชติสกุล รัชดากร พลภักดี อรุณรัศมี แสงศิลา. 2552. ความคิดเห็นของผู้บริหารและอาจารย์พี่เลี้ยงที่มีต่อการจัดการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูของภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม 8(2) : 86-98.

10. ยุทธพงษ์ คุปตวุฒินันท์ ธรรมรงค์ กันทัด เลิศภูมิ จันทรเพ็ญกุล ปวริศา สีพั้ว สุรินทร เสถียรสิริวิวัฒน์ และ รัชดากร พลภักดี. 2553. คุณสมบัติของครูเกษตรตามความต้องการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสังฆประชานุสสรณ์ สำนักงานเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม 9(1) : 82-89.

11. ภัคพงศ์ ปวงสุข รัชดากร พลภักดี และอรุณรัศมี แสงศิลา. 2553. การถ่ายทอดภูมิปัญญาทางด้านการเกษตรของชาวบ้านในจังหวัดอำนาจเจริญ. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม. 9(2): 31-40.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. รัชดากร พลภักดี และวันชัย สายเมฆ. 2554. เจตคติที่มีต่อวิชาชีพครูเกษตรของนักศึกษาฝึกสอน ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม. 9(2): 31-40.

13. รัชดากร พลภักดี. 2554. ความคิดเห็นของคณาจารย์ที่มีต่อบุคลิกภาพที่เหมาะสมกับวิชาชีพครูของนักศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. การประชุมวิชาการระดับชาติทางศิลปศาสตร์ประยุกต์ ครั้งที่ 2 (20 สิงหาคม 2554). คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

14. Ratchadakorn Phonpakdee and Sarawut Intorrathed. 2012. Factors affecting appropriate personality in the teaching profession among students of industrial education Faculty, KMITL, Thailand. Journal of Teaching and Education, CD-ROM. ISSN: 2165-6266 :: 1(6):353–359 (2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้