ผลของการใช้สารละลายไคโตซานและกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนผักระหว่างการเก็บรักษา

EFFECTS OF PRE-HARVEST CHITOSAN AND SALICYYLIC ACID TREATMENTS ON QUALITY AND BIOACTIVE COMPOUNDS OF SPROUTS DURING STORAGE

วธิดา ฉิมสุนทร

VATHIDA CHIMSONTHORN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาสาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2565

KMITL-2022-ED-M-241-018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECTS OF PRE-HARVEST CHITOSAN AND SALICYLIC ACID TREATMENTS ON QUALITY AND BIOACTIVE COMPOUNDS OF SPROUTS DURING STORAGE

VATHIDA CHIMSONTHORN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURAL EDUCATION
SCHOOL OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2022

KMITL-2022-ED-M-241-018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2022

SCHOOL OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการใช้สารละลายไคโตซานและกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนผักระหว่างการเก็บรักษา
นักศึกษา	นางสาววธิดา ฉิมสุนทร
รหัสประจำตัว	60603072
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	ครุศาสตร์เกษตร
พ.ศ.	2565
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สุริยัณห์ สุภาพวานิช

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อศึกษาผลของการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิก ไคโตซาน และการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซาน ก่อนการเก็บเกี่ยว ในการรักษาคุณภาพและปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการหลังการเก็บเกี่ยวของต้นอ่อนผักระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส ในการศึกษาได้แบ่งเป็น 3 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 การศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ต่อคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของ ต้นอ่อนทานตะวัน ต้นอ่อนงา และต้นอ่อนหัวไชเท้า การทดลองที่ 2 การศึกษาการใช้สารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ต่อคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของ ต้นอ่อนทานตะวัน ต้นอ่อนงา และต้นอ่อนหัวไชเท้า และการทดลองที่ 3 การศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ต่อคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของ ต้นอ่อนผัก ในการทดลองที่ 1 ผลการทดลองพบว่าการรดด้วยสารละลายกรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ต้นอ่อนทานตะวันเมื่อใช้สารละลายกรดซาลิกไซลิกที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิโมลาร์ สามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ได้ดีที่สุด ขณะที่ต้นอ่อนงาที่ความเข้มข้นที่ 0.5 มิลลิโมลาร์ สามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้ในต้นอ่อนหัวไชเท้าการใช้กรดซาลิกไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สามารถยืดอายุ และรักษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ และปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดได้ ได้ดีกว่าทรีมเมนต์อื่น การทดลองที่ 2 จากผลการทดลองการรดด้วยสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ต้นอ่อนทานตะวันเมื่อใช้สารละลายไคโตซานร้อยละ 1.0 สามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้ และยังชะลอการลดลงของปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดได้ ในต้นอ่อนงาและต้นอ่อนหัวไชเท้าที่ใช้สารละลายไคโตซานร้อยละ 0.1 สามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้ และรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับปริมาณกรดแอสคอร์บิกได้ และการทดลองที่ 3 การศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวในต้นอ่อนหัวไชเท้า พบว่าการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานสามารถรักษาลักษณะปรากฏ กระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capacity) กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (DPPH free radical scavenging activity) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณกรดแอสคอร์บิก ส่งผลชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และชะลอการเพิ่มขึ้นของแคโรทีนอยด์ นอกจากนี้ยังกระตุ้นให้กิจกรรมของเอนไซม์ Catalase และ Ascorbic acid–peroxidase เพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานมีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพและปรับปรุงคุณภาพทางโภชนการในต้นอ่อนได้ดีกว่าชุดควบคุมหรือการใช้กรดซาลิไซลิกและละลายไคโตซานเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Effects of pre-harvest chitosan and salicylic acid treatments on quality and bioactive compounds of sprouts during storage
Student	Miss. Vathida Chimsonthorn
Student ID.	60603072
Degree	Master of Science
Program	Agricultural Education
Year	2022
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Suriyan Supapvanich

ABSTRACT

The aims of this work was to investigate the pre-harvest applications of salicylic acid, chitosan and salicylic acid incorporated with chitosan on quality maintenance and nutritional improvement of sprouts during storage at 5±1 ºC. Three experiments were designed in this work; 1st experiment, the concentrations of salicylic acid pre-harvest treatment before harvest (24 h) on bioactive compounds content of sunflower, sesame and daikon sprouts were investigated, 2nd experiment, the concentrations of chitosan pre-harvest treatment before harvest (24 h) on bioactive compounds content of sunflower, sesame and daikon sprouts were investigated and 3rd experiment, the combined salicylic acid and chitosan pre-harvest treatment on physiochemical and bioactive compounds of selected sprout was investigated. We found that the pre-harvest salicylic acid treatment at 1.0 mM induced antioxidant activity, total phenolic compounds and flavonoid of sunflower sprouts rather than other treatments. The treatment of 0.5 mM salicylic acid trended to induce antioxidants, total phenolic compounds and flavonoid of sesame sprouts rather than other treatments. The treatment of 2.0 mM salicylic acid maintained antioxidants and ascorbic acid as well as prolonged shelf-life of daikon sprouts rather than other treatments. In experiment 2, the pre-harvest chitosan treatment at 1.0% induced antioxidants and phenolic compounds and delayed the decreased ascorbic acid content in sunflower sprouts compared to other treatments. The 0.1 % chitosan treated sesame and daikon sprouts had antioxidants, total phenolic compounds and ascorbic acid contents higher than other treatments. Daikon sprout was selected to study the effect of pre-harvest treatment of salicylic acid incorporated with chitosan on physicochemical maintenance and nutritional improvement during storage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Compared to control, 2.0 mM salicylic acid and 0.1 % chitosan treated daikon sprouts, the sprouts treated with 2.0 mM salicylic acid incorporated with 0.1% chitosan obviously maintained visual appearance and chlorophylls (Chl) (Chl *a*, Chl *b* and total Chls) contents and delayed the increased carotenoids content. The combined treatment also enhanced antioxidant activities, total phenolic compounds, ascorbic acid contents and antioxidant enzymes (catalase and ascorbic acid peroxidase) activities in daikon sprouts during storage. In conclusion, the combined treatment of 2.0 mM salicylic acid and 0.1 % chitosan effectively enhanced physicochemical quality as well as nutritional value of sprouts during storage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ. ดร. สุริยัณห์ สุภาพวานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และตรวจสอบแก้ไขข้อพกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย ผศ.ดร. รชา เทพษร และ รศ.ดร. ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ใน ขั้นตอนสุดท้ายจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับการช่วยเหลือและกำลังใจจากครอบครัว เพื่อนๆ น้องๆ และคณาจารย์ในคณะครุศาสตร์อุสาหกรรมและเทคโนโลยี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณและขอบคุณไว้ในโอกาสนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านได้ไม่มากก็น้อย หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

วธิดา ฉิมสุนทร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III
กิตติกรรมประกาศ.....V
สารบัญ.....VI
สารบัญภาพ.....VIII
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2
1.3 สมมติฐานของการ.....2
1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....3
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 ต้นอ่อน.....4
2.2 การเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวต้นอ่อน.....8
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพต้นอ่อนผักหลังการเก็บเกี่ยว.....10
2.4 สารละลายกรดซาลิไซลิก (salicylic acid).....12
2.5 ไคโตซาน (Chitosan).....16

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการงานวิจัย.....21
3.1 วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี.....21
3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....22
3.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ.....26
3.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี.....26
3.5 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....30

4.1 ผลการทดลองใช้สารละลายกรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนผักระหว่างการเก็บรักษา.....30

4.2 ผลการทดลองใช้สารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนผักระหว่างการเก็บรักษา.....44

4.3 ผลของการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนหัวไชเท้าระหว่างการเก็บรักษา.....57

บทที่ 5 อภิปรายผลการทดลอง.....73

5.1 การศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนผักระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ.....73

5.2 การศึกษาการใช้สารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนผักระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ.....74

5.3 การศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนหัวไชเท้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ.....75

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง.....77

6.1 สรุปผลการศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนผักระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ.....77

6.2 สรุปผลการศึกษาการใช้สารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนผักระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ.....77

6.3 สรุปผลการศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนหัวไชเท้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ.....78

บรรณานุกรม.....79

ประวัติผู้เขียน.....85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ต้นอ่อนทานตะวัน....5

2.2 ต้นอ่อนหัวไชเท้าหลังการเก็บเกี่ยว....6

2.3 ต้นอ่อนงา หลังการเพาะปลูก 4 วัน....7

2.4 ขั้นการเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวต้นอ่อน....9

2.5 การเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวต้นอ่อน....10

2.6 โครงสร้างกรดซาลิไซลิก (salicylic acid)....12

2.7 โครงสร้างเคมีของไคติน....16

2.8 โครงสร้างเคมีของไคโตซาน....16

3.1 สูตรการคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์....26

4.1 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capacity) (A) และกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (DPPH free radical scavenging activity) (B) ของต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.5 และ 1.0 มิลลิโมลาร์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±1 องศาเซลเซียส เวลา 15 วัน....31

4.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (A) และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (B) ของต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.5 และ 1.0 มิลลิโมลาร์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±1 องศาเซลเซียส เวลา 15 วัน....33

4.3 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capacity) (A) และกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (DPPH free radical scavenging activity) (B) ของต้นอ่อนงาที่รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน....35

4.4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (A) และ ปริมาณฟลาโวนอยด์ (B) ของต้นอ่อนงาที่รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.5 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนงา รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส ต้นอ่อนงาเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน และต้นอ่อนหัวไชเท้าเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน.....38

4.6 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capacity) (A) และ กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (DPPH free radical scavenging activity) (B) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เวลา 16 วัน.....39

4.7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (A) และปริมาณฟลาโวนอยด์ (B) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน.....41

4.8 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนหัวไชเท้า รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส ต้นอ่อนงาเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน และต้นอ่อนหัวไชเท้าเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน.....42

4.9 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (A) และกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (B) ต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.5 และ 1.0 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 9 วัน.....44

4.10 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (A) และปริมาณฟลาโวนอยด์ (B) ของต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.5 และ 1.0 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 9 วัน.....46

4.11 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.5 และ 1.0 เก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 9 วัน ตรวจวิเคราะห์ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 ของการเก็บรักษา ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซาน.....47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.12 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capacity) (A) และกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (DPPH free radical scavenging activity) (B) ของต้นอ่อนงาที่รดด้วยสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.5 และ 1.0 บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน.....49

4.13 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (A) และปริมาณฟลาโวนอยด์ (B) ของต้นอ่อนงาที่รดด้วยสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) 0.1, 0.5 และ 1.0 บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เวลา 6 วัน.....52

4.14 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนงาที่รดด้วยสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.5 และ 1.0 บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน.....52

4.15 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (A) และกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (B) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.5 และ 1.0 บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน.....54

4.16 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (A) และปริมาณฟลาโวนอยด์ (B) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.5 และ 1.0 บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน.....55

4.17 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) และสารละลายไคโตซานที่รดด้วยสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.5 และ 1.0 บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน.....56

4.18 ลักษณะปรากฏของต้นอ่อนหัวไชเท้าวันที่ 0 หลังการเก็บเกี่ยว ที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน.....59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.19 ลักษณะปรากฏของต้นอ่อนหัวไชเท้าวันที่ 3 หลังการเก็บเกี่ยว ที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน.....60

4.20 ลักษณะปรากฏของต้นอ่อนหัวไชเท้าวันที่ 6 หลังการเก็บเกี่ยว ที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน.....61

4.21 ลักษณะปรากฏของต้นอ่อนหัวไชเท้าวันที่ 9 หลังการเก็บเกี่ยว ที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน.....62

4.22 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (A) และกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (B) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน.....65

4.23 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (A) และปริมาณฟลาโวนอยด์ (B) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน.....66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.24 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน.....67

4.25 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (A) ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (B) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (C) และปริมาณแคโรทีนอยด์ (D) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน.....69

4.26 กิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (A) และกิจกรรมของเอนไซม์ Ascorbic acid–peroxidase (B) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เวลา 9 วัน.....71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันการบริโภคต้นอ่อนผัก ที่เพิ่งงอกจากเมล็ดได้รับความนิยมอย่างมากในฐานะอาหารเพื่อสุขภาพ ที่อุดมไปด้วยสารที่มีฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันและอนุมูลอิสระ วิตามิน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่นๆ ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เมล็ดงอก (Sprout) คือ ต้นอ่อนของเมล็ดที่กำลังพัฒนาในระยะแรก ซึ่งในช่วงที่เมล็ดงอกหรือต้นอ่อนผักกำลังเริ่มเจริญเติบโตเป็นช่วงที่พืชมีการสะสมแร่ธาตุอาหารที่สำคัญ โดยทั่วไปแล้วเราจะเห็นต้นอ่อนผักชนิดต่างๆ เช่น ต้นอ่อนทานตะวัน ต้นอ่อนงา ต้นอ่อนข้าวสาลี ต้นอ่อนอัลฟาฟ่า ต้นอ่อนผักบุ้ง โตเหมี่ยว ไควาเระ ต้นอ่อนเจีย และต้นอ่อนกระเจี๊ยบแดง เป็นต้น ถูกนำมาวางขายทั้งในตลาดนัด ซุปเปอร์มาเก็ต หรือแม้กระทั้งในโลกโซเชียลที่จำหน่ายในตลาดออนไลน์ ต้นอ่อนผักชนิดต่างๆ มักจะถูกนำมาเป็นเมนูอาหารเพื่อเสริมสุขภาพ เช่น บริโภคสดเป็นผักสลัด ผักเครื่องเคียงกับน้ำพริก ต้นอ่อนผัดน้ำมันหอย เมนูต้ม ผัด แกง ทอด และอีกมากมาย ปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ และ ธนิกพงศ์ ครองข้าวนาสาร (2556: 144) พบว่าในต้นอ่อนทานตะวันมีคุณค่าทางโภชนาการ อันได้แก่ วิตามินซี คลอโรฟิลล์และเส้นใยอาหาร นอกจากนี้ต้นอ่อนทานตะวัน ยังประกอบไปด้วยกรดลิโนเลอิก โอเมก้า 3 โอเมก้า 6 โอเมก้า 9 วิตามินบี วิตามินอี และโฟเลต (Marton *et al*., 2010) และยังพบว่าในต้นอ่อนบัควีท (Morishita *et al*., 2010) ต้นอ่อนบล็อกโคลี่ (Guo *et al*., 2011) ต้นอ่อนหัวผักกาดขาว (Yuan *et al*., 2010) มีปริมาณวิตามินซีสูง นอกจากนี้ยังพบว่าต้นอ่อนผักที่นิยมนำมาบริโภคนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าต้นโตเต็มวัยถึง 5-10 เท่า (เมล็ดงอกเพาะกินเพื่อสุขภาพเพาะขายรายได้ดี, 2558)

ทั้งนี้ปัญหาของผักที่ใช้รับประทานในลักษณะของต้นอ่อนผัก ส่วนใหญ่ คือ เรื่องของการมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น อันเนื่องมาจากสาเหตุการเน่า การเปลี่ยนสีของใบเลี้ยงจากสีเขียวเป็นสีเหลือง และการงอกของใบแท้ ซึ่งการเสื่อมเสียที่เกิดขึ้นนี้ นอกจะส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาต้นอ่อนแล้วยังมีผลทำให้คุณค่าทางโภชนาการของต้นอ่อนผักลดลงอีกด้วย โดยทั่วไปต้นอ่อนผักจะมีอายุการเก็บรักษาอยู่ที่ 7 วัน (นิรนาม, 2558) จากปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดแนวคิดในเรื่องการรักษาคุณภาพต้นอ่อนผักทั้งเรื่องอายุการเก็บรักษาและการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ จากแนวโน้มความนิยมของการบริโภคต้นอ่อนผักที่เพิ่มขึ้น ต้นอ่อนทานตะวัน ต้นอ่อนหัวไชเท้า (ไควาเระ) และต้นอ่อนงา ดูเหมือนจะได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ อีกทั้งยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องคุณภาพหลังจากเก็บเกี่ยวต้นอ่อนปรากฏมากนัก ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะหาวิธีการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนผักทั้งสามชนิดนี้ จากงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า การใช้กรดซาลิไซลิก (salicylic acid: SA) กับผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวสามารถรักษาคุณภาพทางกายภาพ ลดความผิดปกติทางสรีรวิทยา และเพิ่มคุณค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางโภชนาการได้ โดยการทำงานของกรดซาลิกไซลิกจะเข้าไปกระตุ้นให้พืชสร้างกลไลในการป้องกันตัวเอง ส่งผลให้พืชมีการสังเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น สารที่มีสมบัติในการกำจัดอนุมูลอิสระ และสังเคราะห์สารพันธุกรรมที่กระตุ้นการต้านทานโรค (pathogenic resistant genes) (Supapvanich and Promyou 2013) เช่นเดียวกับการใช้สารละลายไคโตซานกับผลิตผลทางการเกษตรอื่นๆ ที่พบว่าการใช้ไคโตซานสามารถรักษาลักษณะปรากฏของผลิตผลในระหว่างการเก็บรักษาได้ดี ช่วยชะลอการเปลี่ยนสี และลดการเน่าเสียได้ นอกจากนี้ไคโตซานยังมีสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Jiang and Li 2001) และทำหน้าที่เป็นสารออกฤทธิ์โดยการเป็นตัวชักนำความสามารถในการตอบสนองในด้านต่างๆ ของพืชอีกด้วย

กรดซาลิไซลิกและสารละลายไคโตซาน ที่ใช้ในการศึกษาทดลองครั้งนี้ จัดเป็นสารในกลุ่มที่เรียกว่า “อิลิซิเตอร์” (elicitators) กระตุ้นและชักนำให้พืชต้นอ่อนงา ต้นอ่อนทานตะวัน และต้นอ่อนหัวไชเท้า ทำให้พืชมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระหรือเกิดความเครียดที่ส่งผลให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจทำการศึกษาการใช้กรดซาลิไซลิกและสารละลายไคโตซาน ก่อนการเก็บเกี่ยวในการยืดอายุการเก็บรักษาคุณภาพและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของต้นอ่อนทานตะวัน ต้นอ่อนงา และต้นอ่อนหัวไชเท้า รวมทั้งศึกษาการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวในการยืดอายุการเก็บรักษาคุณภาพและ เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของต้นอ่อนผักในระหว่างการเก็บรักษา

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายกรดซาลิไซลิก และไคโตซาน ในการรักษาคุณภาพทางกายภาพ-เคมี และการกระตุ้นปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ของต้นอ่อนทานตะวัน ต้นอ่อนหัวไชเท้าและ ต้นอ่อนงา ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซาน การรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและการกระตุ้นปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในต้นอ่อนผัก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 การใช้กรดซาลิไซลิกและไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวสามารถยืดอายุการเก็บรักษา คงคุณภาพทางกายภาพ-เคมี และเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนทานตะวัน หัวไชเท้า และงา ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 การใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต้นอ่อน สามารถรักษาคุณลักษณะปรากฏ คุณภาพทางกายภาพ-เคมี ร่วมทั้งสามารถกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมของเอนไซม์ที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าการใช้กรดซาลิไซลิกหรือสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวเพียงอย่างเดียว

1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

การทดลองการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนผัก 3 ชนิด ได้แก่ ต้นอ่อนทานตะวัน ต้นหัวไชเท้า และต้นอ่อนงา โดยศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดซาลิไซลิก และไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว ต่อการรักษาและปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพ-เคมี ของต้นอ่อนผักทั้ง 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา เพื่อหาระดับความเข้มเข้นที่เหมาะสม หลังจากนั้นทำการเลือกต้นอ่อนมา 1 ชนิด เพื่อทำการศึกษาการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว เพื่อศึกษาประสิทธิภาพร่วมของสารทั้ง 2 ชนิด เปรียบเทียบกับการใช้กรดซาลิไซลิกหรือไคโตซานเพียงอย่างเดียวในการรักษาและปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพ-เคมี ของต้นอ่อน ระหว่างการเก็บรักษา

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาผลของการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนทานตะวัน หัวไชเท้า และงา โดยศึกษาระดับความเข้มข้นของกรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.5 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ และศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.1 0.5 และ1.0 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการเก็บเกี่ยวในต้นอ่อนผักแต่ละชนิด โดยทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ-เคมีระหว่างการเก็บรักษาต้นอ่อนผักที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เมื่อได้ความเข้มข้นของกรดซาลิไซลิกและสารละลายไคโตซานที่เหมาะสม จึงนำมาศึกษาผลของการใช้กรดซาลิไซลิก ร่วมกับสารละลายไคโตซาน ก่อนการเก็บเกี่ยว โดยทำการเลือกต้นอ่อนมา 1 ชนิด ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ 2 ด้าน คือ คุณภาพด้านกายภาพและคุณภาพด้านเคมี คุณภาพด้านกายภาพ ทำการศึกษาลักษณะปรากฏ และสี คุณภาพด้านเคมี ทำการศึกษา ปริมาณรงควัตถุ ได้แก่ คลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ กิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและกำจัดอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ วิตามินซี และกิจกรรมของเอนไซม์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ได้แก่ catalase (CAT) และ ascorbic acid-peroxidase (AsA-POD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

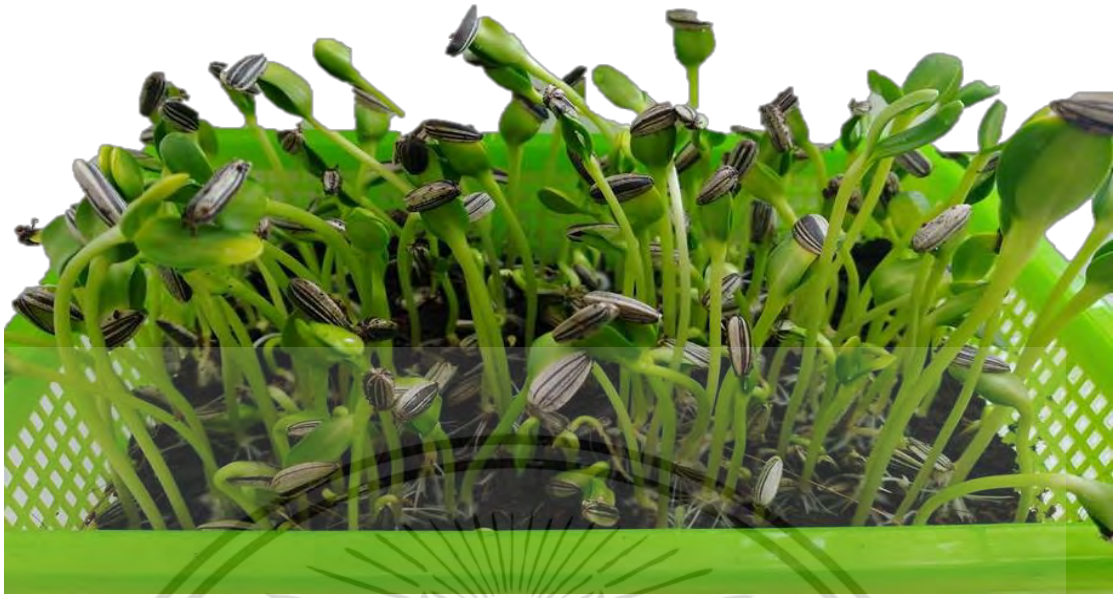
2.1 ต้นอ่อน

เมล็ดงอก คือ ต้นอ่อน (sprouts) ของพืชที่เกิดขึ้นในระยะแรกของการงอก การงอกของเมล็ดเป็นกระบวนการทางชีวภาพ พบได้ในพืชชั้นสูงทุกชนิด ซึ่งเป็นช่วงที่เมล็ดเริ่มมีการเจริญ เติบโตจากช่วงพักตัว ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิ และออกซิเจนที่เหมาะสม เป็นต้น (Marton *et al*, 2010: 53-65) การเพาะเมล็ดงอกจึงได้ต้นอ่อนที่มีคุณค่า ถือว่าเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดให้สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ยังไม่งอกในระหว่างกระบวนการงอกของเมล็ดบัควีท (Kima *et al*, 2007: 13-18) จึงไม่แปลกใจหากผู้ที่ใส่ใจเรื่องสุขภาพจะนำต้นอ่อนทานตะวันมาปรุงอาหาร เพราะเมล็ดงอกสามารถ เป็นอาหารที่มีคุณประโยชน์สูง ช่วยส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภคได้ (Sangronis and Machado, 2007: 1294-1302) ดังนั้นในปัจจุบันจะเห็นได้ว่ามีความนิยมบริโภคต้นอ่อนผักมากขึ้น นอกจากต้นอ่อนทานตะวันแล้วยังมีต้นอ่อนอีกหลายชนิด เช่น ต้นอ่อนงา ต้นอ่อนหัวไชเท้า ต้นอ่อนเจีย ต้นอ่อนข้าวสาลี่ ต้นอ่อนผักบุ้ง เป็นต้น

2.1.1 ต้นอ่อนทานตะวัน

ทานตะวันมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Helianthus annuus L.* อยู่ในวงศ์ Asteraceae เป็นพืชตระกูลเดียวกับเบญจมาศ คำฝอย และดาวเรือง การใช้ประโยชน์จากเมล็ดทานตะวันจะอยู่ในลักษณะของการสกัดน้ำมัน บางพันธุ์สามารถบริโภคเมล็ดเป็นของขบเคี้ยวหรือใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ (สุพจน์ แสงประทุม, 2543: 22) ซึ่งในปัจจุบันทานตะวันถูกนำมาเพาะให้งอกเป็นต้นอ่อนเพื่อบริโภคสด รู้จักกันโดยทั่วไปในชื่อของ “ทานตะวันงอก หรือ ต้นอ่อนทานตะวัน” ดังที่แสดงในภาพที่ 2.1 ในฐานะอาหารเพื่อสุขภาพ ต้นอ่อนทานตะวันเป็นผักงอกที่เป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจดูแลเรื่องสุขภาพ มีงานวิจัยรับรองเรื่องคุณค่าทางโภชนาการของต้นอ่อนทานตะวัน ปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ และธนิกพงศ์ ครองข้าวนาสาร (2556: 144) รายงานผลการวิจัยว่าในต้นอ่อนทานตะวันมีปริมาณวิตามินซี คลอโรฟิลล์และปริมาณเส้นใยอาหารมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ตามระยะเวลาเจริญเติบโตของต้นอ่อน และสรุปได้ว่า ต้นอ่อนทานตะวันที่อายุ 5 วันหลังการเพาะปลูกมีความเหมาะสมในการเก็บเกี่ยวเพื่อการบริโภคมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 ต้นอ่อนทานตะวัน

2.1.2 ต้นอ่อนหัวไชเท้า (ไควาเระ)

ผักกาดหัวมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Raphanus sativus* Linn., Cv group Chinese *radish* ชื่อสามัญ Chinese radish, Oriental radish, Daikon วงศ์ Cruciferae มีชื่อเรียกทั่วไปว่า หัวไชเท้า ในบางพื้นที่ เช่น ภาคเหนือจะเรียกว่า ผักขี้หูด หรือ ผักเป็กหัว หัวไชเท้า เป็นพืชที่มีรากสะสมอาหาร ลักษณะทรงกระบอกใหญ่ยาว สีขาวหรือสีอื่น เป็นส่วนที่นำมาประกอบอาหาร ต้นสูงประมาณ 1 เมตร แตกกิ่งก้านใบแตกออกจากโคนต้นเป็นกอ มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 45-60 วัน โดยเก็บเกี่ยวเมื่อครบอายุทันที เพราะหากเกินอายุจะทำให้คุณภาพของหัวไชเท้าลดลง ในหัวไชเท้าสด 100 กรัม มีน้ำ 91.7 กรัม โปรตีน 0.6 กรัม คาร์โบไฮเดรต 5.7 กรัม เถ้า 0.8 กรัม คาโรทีน (Carotene) 0.02 มิลลิกรัม วิตามินบีหนึ่ง 0.02 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.04 มิลลิกรัม กรดนิโคตินิค (Nicotinic acid) 0.5 มิลลิกรัม วิตามินซี 30 มิลลิกรัม แคลเซียม 49 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 34 มิลลิกรัม เหล็ก 0.5 มิลลิกรัม โปแตสเซียม 196 มิลลิกรัม ซิลิกอน 0.024 มิลลิกรัม แมงกานีส 1.26 มิลลิกรัม สังกะสี 3.21 มิลลิกรัม โมลิบดีนัม 0.125 มิลลิกรัม โบรอน 2.07 มิลลิกรัม และทองแดง 0.21 มิลลิกรัม นอกจากนี้ยังมีกลูโคส (Glucose) ซูโครส (Sucross) ฟรักโทส (Fructose) กรดคูมาริก (Coumaric acid) กรดเฟอรูริก (Ferulic acid) กรดเจนทิซิก (Gentisic acid) กรดฟีนิลไพรูวิก Phenylpyruvic acid และกรดอะมิโนอีกหลายชนิด ส่วนเมล็ดของหัวไชเท้านั้นมีไขมัน เช่น Erucic acid, Linolenic acid และ Glycerol sinapate เป็นต้น น้ำมันหอมระเหยที่สำคัญ คือ Methyl mercaptan มีสารที่ยับยั้งแบคทีเรีย คือ Raphanin (The than.com, ม.ป.ป.: http://www.the-than.com /index.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผักกาดหัวหรือหัวไชเท้าที่นำเมล็ดมาเพาะเป็นต้นอ่อนจะมีชื่อเรียกว่า “ไควาเระ” ในไควาเระ (ภาพที่ 2.2) อุดมไปด้วยวิตามินเอ วิตามินซี และโพแทสเซียมสูง (อภิชาต และพัชรี, 2558) การปลูกไควาเระจะปลูกคล้ายกับต้นอ่อนทานตะวัน คือ ต้องนำเมล็ดมาแช่น้ำ 6-12 ชั่วโมง ก่อนจะลงปลูก ควรนำไปบ่ม 12-24 ชั่วโมง เพื่อให้ต้นอ่อนหัวไชเท้างอกได้ดีขึ้น การเพาะเมล็ด (germination) เป็นวิธีที่ปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของเมล็ดพืชโดยสามารถเพิ่มคุณค่าสารอาหารในเมล็ดพืชได้ (อัมพร, 2544) ไควาเระ (Kaiware) เป็นผักที่คนญี่ปุ่นนิยมใส่เป็นผักในเครื่องปรุงของอาหารญี่ปุ่น ไควาเระจะมีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว กรอบ มีรสซ่าเป็นเอกลักษณ์อุดมไปด้วยคุณประโยชน์หลากหลายประการ

ภาพที่ 2.2 ต้นอ่อนหัวไชเท้าหลังการเก็บเกี่ยว

2.1.3 ต้นอ่อนงา

งา (Sesame) พืชล้มลุก ที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sesamum indicum* L. อยู่ในวงศ์ Pedaliaceae. งาเป็นพืชน้ำมัน (Oil crop) ส่วนที่นำมาใช้เป็นอาหารคือเมล็ดงา สามารถนำไปสกัดเป็นน้ำมันงา (sesame oil) ใช้ปรุงอาหารและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ลักษณะทั่วไปของเมล็ดงาจะอยู่ในฝักซึ่งพัฒนามาจากดอกที่ได้รับการผสมเกสร และฝักแก่ภายใน 25 -35 วัน ฝักงามีลักษณะกลม ปลายแหลมยาว 5-7 เซนติเมตร กว้าง 1-2 เซนติเมตร เมื่อฝักแก่จัดและแห้ง ฝักจะแตกอ้าออกตรงรอยต่อของพู เมล็ดติดอยู่กับผนังด้านในของเปลือกฝัก เมล็ดงามีขนาดเล็ก ค่อนข้างกลม รูปไข่ น้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด ประมาณ 2-4 กรัม เปลือกหุ้มเมล็ดมีทั้งสีขาวสีเหลือง สีน้ำตาล สีเทา หรือสีดำ โดยทั่วไปงามีอายุ 85-120 วัน การเก็บเกี่ยวทำได้โดยตัดต้นงามากองสุมไว้ ตากแดด (sun drying) หรือทำแห้ง (dehydration) เพื่อลดความชื้นของเมล็ดให้แห้งสนิท แล้วจึงเก็บรักษาไว้เพื่อรอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำหน่าย งาเป็นพืชที่มีคุณค่างทางโภชนาการสูง ในเมล็ดงาประกอบด้วยน้ำมันประมาณร้อยละ 40 – 59 ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวประมาณ 80-85 เปอร์เซ็นต์ โดยมีกรดไขมันพวก oleic acid ประมาณร้อยละ 47 และ linoleic acid ประมาณร้อยละ 39 มีโปรตีนร้อยละ 17-18 ซึ่งสูงกว่าไข่ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่ต่ำกว่าถั่วเหลืองประมาณ 2 เท่า โปรตีนในงาจะแตกต่างจากโปรตีนในถั่ว เพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นซึ่งพืชดังกล่าวขาดแคลน เช่น เมธไธโอนิน และซีสติน แต่มีไลซีนต่ำ มีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 9.0-17.2 มีวิตามินอีและสารประกอบ lignan พวก sesamal sesamin และ sesamolin สูง สารนี้ช่วยเสริมคุณสมบัติของวิตามินอีในการป้องกันร่างกายจากการทำลายอนุมูลอิสระ ซึ่งทำให้น้ำมันงามี คุณสมบัติโดยรวมช่วยต้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidant) ต้านเชื้อแบคทีเรีย (anti-bacterial) ต้านเชื้อรา (anti-fungal) ต้านไวรัส (anti-viral) ชะลออาการเสื่อมของเซลล์ (anti-aging) ต้านอาการลุกลามของผื่นและแผล (anti-inflammatory) ทำให้ผิวหนังชุ่มชื้น (moisturizing) ช่วยให้เซลล์ดูดซึมสารอาหารเข้าสู่เซลล์ได้ดี นอกจากนี้ในเมล็ดงายังอุดมไปด้วยวิตามินบีทุกชนิด ยกเว้นวิตามินบี 12 เกลือแร่ มีประมาณร้อยละ 4-6 ที่สำคัญคือ ธาตุเหล็ก ไอโอดีน สังกะสี แคลเซียม และฟอสฟอรัส โดยเฉพาะแคลเซียมและฟอสฟอรัสมีมากกว่าผักชนิดถึง 40 และ 20 เท่าตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2552; คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2547; วาสนา, 2548)

ต้นอ่อนงา หรือ งางอก (ภาพที่ 2.3) เป็นพืชงอกอีกชนิดที่อุดมไปด้วยคุณประโยชน์และสารอาหาร โดยปกติแล้วงา มีแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส สังกะสี เหล็ก และมีวิตามินบีรวม (วิตามินบี 1 บี 2 บี 3 บี 5 บี 6 บี 9) เมื่อนำมาเพาะเป็นต้นอ่อนงาคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มมากขึ้นดังเช่นคุณค่าทางโภชนาการของ ต้นอ่อนงาดำ วิตามินเอบำรุงสายตา วิตามินบี 1 บี 2 บี 3 บี 5 บี 6 และ บี 9 ช่วยบำรุงสมองและระบบประสาทให้ทำงานได้อย่างปกติและวิตามินอีช่วยต้านอนุมูลอิสระและแร่ธาตุต่างๆ

ภาพที่ 2.3 ต้นอ่อนงา หลังการเพาะปลูก 4 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวต้นอ่อน

2.2.1 การเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวต้นอ่อน

รณรงค์ อยู่เกตุและคณะ (2557: 927-930) กล่าวว่า การผลิตหรือการเพาะปลูกต้นอ่อนผักชนิดต่างๆ สามารถทำได้ง่าย โดยการนำเมล็ดผักที่ต้องการมาเพาะให้งอกโดยใช้เวลาประมาณ 7 วัน แล้วตัดต้นอ่อนนั้นมาประกอบอาหารได้ วัสดุเพาะปลูกและการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำหรือสารละลายอื่นๆ เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตต้นอ่อนผัก ดังเช่นในต้นอ่อนทานตะวันที่ได้มีการศึกษาผลของวัสดุเพาะกล้าและการแช่เมล็ดพันธุ์ที่มีต่อการผลิตต้นอ่อนทานตะวัน ผลปรากฏว่าแกลบดำเป็นวัสดุปลูกที่ส่งผลให้ร้อยละของอัตราการงอกและความสูงของต้นอ่อนดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการกระตุ้นให้เกิดการงอกด้วยการแช่เมล็ดในน้ำเปล่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 16 ชั่วโมง มีผลทำให้ร้อยละของอัตราการงอก ความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางต้นอ่อนสูงสุด และมีแนวโน้มให้น้ำหนักสดต่อ 100 เมล็ดสูงสุดอีกด้วย ดังเช่นต้นอ่อนทานตะวันที่อายุ 5 วัน หลังการเพาะปลูกมีความเหมาะสมในการเก็บเกี่ยวเพื่อการบริโภค นันทนา สำเภา (ม.ป.ป.: http://www.nana bio.com /image%20 web2/nana%20story/Sun%20 flower02.html) กล่าวว่า การเก็บเกี่ยวต้นอ่อนมารับประทานควรให้ต้นอ่อนมีอายุประมาณ 7- 11 วัน ข้อควรระวังในการปลูกต้นอ่อนคือไม่ควรให้ต้นอ่อนโดนแสงมาก เพราะจะทำให้ใบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นเขียวเข้มและมีการใช้อาหารสะสมในใบเลี้ยงมาสร้างใบที่จริงคู่ที่สองเร็วเกินไป ทำให้อาหารสะสมที่อยู่ในใบเลี้ยงลดลงเช่นเดียวกับคุณค่าทางโภชนาการที่อยู่ในใบเลี้ยงก็จะลดลงด้วย อาหารที่สะสมในใบเลี้ยงอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ พืชสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของต้นอ่อนในการสร้างอวัยวะ เช่น ราก ลำต้น และใบ โดยเฉพาะใบเป็นอวัยวะที่สร้างอาหารให้กับพืชโดยตรงจากการสังเคราะห์แสง ดังนั้นเมื่อได้รับแสงพืชจึงให้ความสำคัญกับการสร้างใบเพื่อจะได้สร้างอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของ และในส่วนของใบเลี้ยงจะเจริญขึ้นเพื่อสังเคราะห์แสงในกระบวนการดังกล่าว ทำให้สารอาหารที่มีประโยชน์ในต้นอ่อนมีปริมาณลดลง ดังนั้นเมื่อต้นอ่อนมีอายุประมาณ 5-6 วันหลังเพาะปลูก ถือว่าเหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บเกี่ยวใช้มือรวบต้นมาจำนวนหนึ่งแล้วใช้กรรไกรตัดรากออก นำไปแช่ในกะละมังที่ใส่น้ำไว้แล้ว นำมาผึ่งไว้ในตะกร้า แล้วจึงนำมาบรรจุใส่ถุงนำเข้าไปไว้ในตู้เย็น จะสามารถเก็บความกรอบของต้นอ่อนได้นาน 1 สัปดาห์ ต้นอ่อนทานตะวัน (องอาจ ตัณฑวณิช, 2553: 22)

2.2.2 ขั้นการเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวต้นอ่อน (พื้นฐาน)

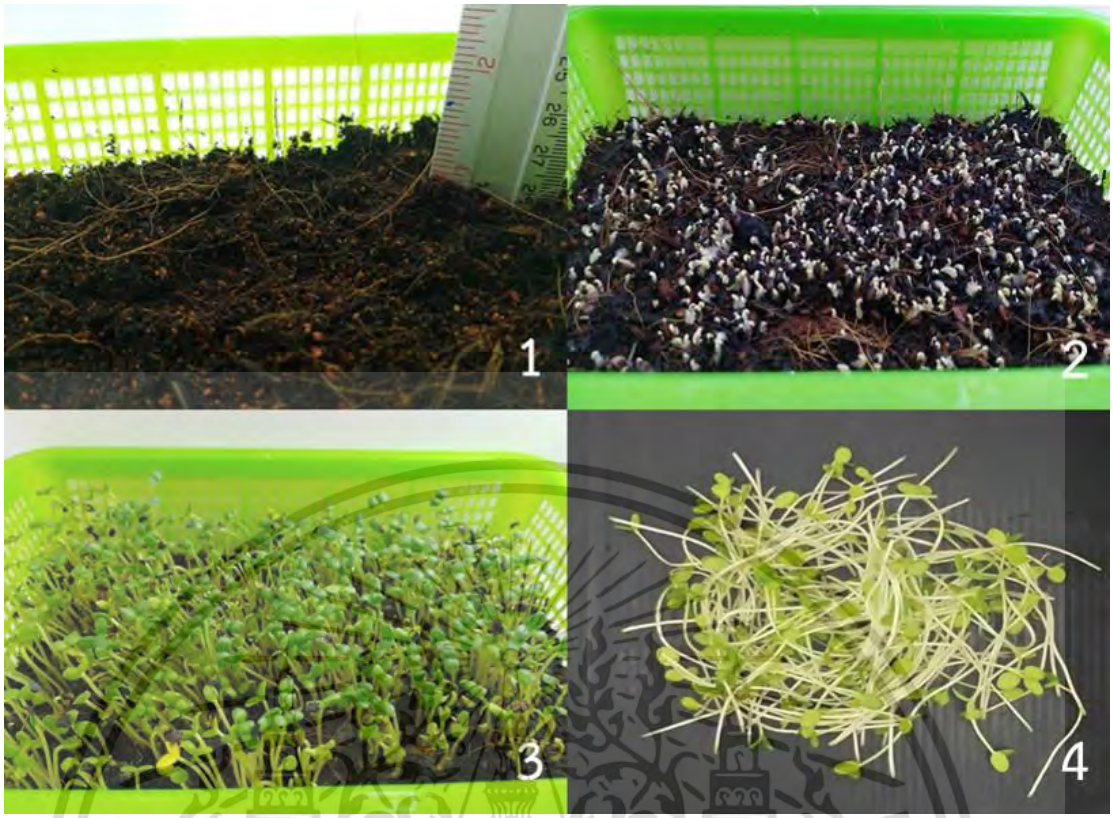
การเพาะปลูกต้นอ่อนผักแต่ละชนิดมีวิธีที่เหมาะสมและเทคนิคที่แตกต่างกันไป แต่หลักการจะเป็นไปในลักษณะที่ใกล้เคียงกัน โดยเริ่มต้นจากการคัดสรรเมล็ดพันธุ์ผักคุณภาพดีที่ต้องการปลูก นำเมล็ดมาแช่ในน้ำสะอาด ระยะในการเวลาแช่น้ำขึ้นอยู่กับลักษณะเมล็ด เช่น เมล็ดงา ใช้ระยะ 4-5 ชั่วโมง เมล็ดทานตะวัน อาจใช้เวลามากกว่า 12 ชั่วโมง ต่อมาทำการบ่มเมล็ดหรือไม่บ่มก็ได้ โดยเตรียมดินปลูกและภาชนะที่ใช้ปลูก ดินปลูกต้องมีความหนาประมาณ 1 นิ้ว หรือมากกว่า โรยเมล็ดผัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงในตะกร้าหรือภาชนะปลูก เกลี่ยดินกลบบางๆ รดน้ำวันละ 1 ครั้ง ในช่วงต้นอ่อนใช้ระยะเวลาปลูก 4-7 วัน การเก็บเกี่ยวต้องใช้ใบมีดโกนคมๆ ตัดที่โคนต้นระยะความสูงระหว่างรอยตัดและพื้นดินห่างกันไม่น้อยกว่าประมาณ 1 เซนติเมตร ดังที่แสดงในภาพที่ 2.4 และภาพที่ 2.5

ภาพที่ 2.4 ขั้นการเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวต้นอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 การเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวต้นอ่อน

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพต้นอ่อนผักหลังการเก็บเกี่ยว

ผลิตผลทางการเกษตรภายหลังการเก็บเกี่ยวกระบวนการเมทาบอลิซึมยังคงดำเนินอยู่ภายในเซลล์ของเนื้อเยื่อ (metabolic activities) ต่อไป หรือกล่าวง่ายๆ ว่า พืชยังคงมีการหายใจอยู่ แต่กระบวนการเมทาบอลิซึมนั้นอาจจะมีอัตราการการเกิดขบวนการช้าหรือเร็วขึ้นก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและสภาพแวดล้อม หรืออาจมีขบวนการใหม่เกิดขึ้น ขบวนการต่างๆ ทางสรีระและชีวเคมีที่เกิดขึ้นภายในเนื้อเยื่อของผลผลิต ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับการสูญเสียของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว (วรินธร พูลศร, ม.ป.ป.) ดังนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในผลผลิตก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อศึกษาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการลดหรือป้องกันความเสียหายของผลผลิตที่จะเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว ดังนี้

2.3.1 การสูญเสียผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเนื่องจากโรค

ผักและผลไม้สดหลังการเก็บเกี่ยว มีโรคที่เกิดจากเชื้อรา แบคทีเรีย หรือไวรัส เข้าทำลายเกิดความเสียหาย (Wills *et al.*, 1998) ซึ่งความรุนแรงของการทำลายขึ้นอยู่กับ สภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น หรือสภาพของพืชหรือส่วนของพืช เช่น ความแข็ง การสุก แม้กระทั่งการเกิดบาดแผลก็เป็นสาเหตุของการเข้าทำลายของเชื้อโรคได้เช่นกัน (จริงแท้ ศิริพานิช, 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การสูญเสียผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีระ

การสูญเสียผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีระ แก่ได้ การสูญเสียน้ำทำให้ผลผลิตเหี่ยว หดตัว ย่น การหายใจ การเจริญเติบโต มีการแตกหน่อ เกิดรากใหม่ การแก่ผลผลิตมีเส้นใยเพิ่มขึ้น การสุกเพราะทำให้ผลผลิตอ่อนนุ่ม ชอกช้ำง่าย การสิ้นอายุขัยของผลผลิตจะสูญเสียคลอโรฟิลล์ การร่วงของใบ กลีบดอก การเปลี่ยนรูปขององค์ประกอบภายในเซลล์ และการผิดปกติทางสรีระ (กนกพร บุญญะอติชาติ, 2554)

2.3.3 การสูญเสียผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเนื่องจากเกิดบาดแผล

ผักและผลไม้ในขณะที่เก็บเกี่ยวมีโอกาสที่เกิดบาดแผลได้ง่าย เช่น รอยขีดข่วน ถลอก ชอกช้ำ ฉีกขาด หรือเป็นรูได้ แม้แต่หลังการเก็บเกี่ยวเองผลิตผลก็มีโอกาสได้รับบาดแผล ซึ่งสิ่งที่ทำให้เกิดบาดแผลอาจเกิดจากคน ของมีคมหรือเครื่องจักรกลที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว การขนส่ง ภาชนะบรรจุ แมลงกัดกิน เป็นต้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2538)

2.3.4 วิธีการเก็บรักษาผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว

การเก็บรักษาผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวนั้นเป็นการเก็บรักษาเพื่อคงคุณภาพให้ผลิตผลมีคุณภาพใกล้เคียงลักษณะเดิมมากที่สุด ให้มีการเปลี่ยนแปลงขบวนการต่างๆ ในเนื้อเยื่อ และชะลอการเสื่อมเสียของผลิตผลระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาผลิตผลจะสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการไปด้วยโดยเฉพาะวิตามินซี ทำให้คุณค่าทางโภชนาการของผักและผลไม้ลดลง การเก็บรักษาผลผลิตโดยให้คงคุณภาพดีที่สุดเท่าที่จะเป็นได้ยังคงมีความจำเป็นอยู่วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษาผลผลิต โดยผลผลิตมีการสูญเสียน้อยที่สุด มีวิธีการ ดังนี้ (การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, 2560)

2.3.4.1 การใช้ความเย็น (Refrigerated storage) อุณหภูมิต่ำเป็นสภาพแวดล้อม ที่นิยมและเป็นหัวใจสำคัญในการเก็บรักษาผลผลิต โดยจะใช้สภาพความชื้นสูงควบคู่กันไป สิ่งที่ต้องพิจารณาในการเลือกการเก็บรักษาวิธีนี้ คือ

(1) ชนิดของผลผลิต และสภาพแวดล้อมที่ผลผลิตได้รับก่อนเก็บเกี่ยว

(2) วิธีการลดอุณหภูมิล่วงหน้าและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา

(3) การหมุนเวียนของอากาศเย็น

(4) ความชื้นสัมพัทธ์ ผลผลิตส่วนใหญ่ ต้องการความชื้นของอากาศสูงประมาณร้อยละ 90-95 แต่อาจมีปัญหาในเรื่องการแพร่ระบาดของจุลินทรีย์ หรือโรคที่ติดมากับผลผลิต แต่ถ้าความชื้นต่ำเกินไป ผลผลิตจะสูญเสียน้ำและเหี่ยว

2.3.4.2 การใช้สภาพควบคุมบรรยากาศ (Controlled Atmosphere storage: CA storage) เป็นการเก็บรักษาผลผลิต โดยการควบคุมความเข้มข้นของบรรยากาศที่ผลผลิตได้รับ เพื่อควบคุมอัตราการหายใจของผลผลิต การเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ให้สูงขึ้นหรือการลดความเข้มข้นของออกซิเจนให้ต่ำลง จะทำให้อัตราการหายใจของผลผลิตลดต่ำลงการเก็บรักษา

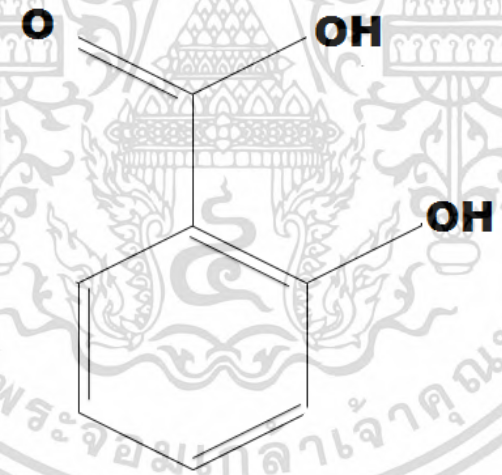
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลผลิตโดยวิธีนี้จะมีการควบคุมปริมาณและอัตราส่วนของก๊าซในระดับที่กำหนดไว้ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังต้องควบคุมโรงเก็บรักษาให้มีอุณหภูมิต่ำและความชื้นสูงด้วย

2.3.4.3 การใช้สภาพการดัดแปลงบรรยากาศ (Modified Atmosphere storage: MA storage) การเก็บรักษาผลผลิตโดยวิธีนี้จะต่างจากการเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ ในด้านการควบคุมความเข้มข้นของบรรยากาศ โดยการเก็บรักษาแบบการดัดแปลงบรรยากาศ ไม่ได้มีการควบคุมความเข้มข้นของบรรยากาศ ตัวอย่างการเก็บรักษาผลผลิตโดยวิธีนี้ คือ การเก็บรักษาผลผลิตในภาชนะปิดสนิท การเก็บในถุงพลาสติก การใช้แผ่นฟิล์มห่อผลผลิต เป็นต้น

2.4 สารละลายกรดซาลิไซลิก (salicylic acid)

กรดซาลิไซลิก (salicylic acid) เป็นกรดอินทรีย์ที่เป็นอนุพันธ์ของสารฟีนอล สามารถผลิตและสังเคราะห์ได้จากธรรมชาติหรือจากการสังเคราะห์ทางเคมี พบเป็นองค์ประกอบของพืชหลายชนิด เป็นสารมีที่นำมาใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร ด้านอุตสาหกรรม ด้านการแพทย์และด้านอื่นๆ



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างกรดซาลิไซลิก (salicylic acid)
ที่มา: https://www.siamchemi.com/กรดซาลิซิลิก/

กรดซาลิไซลิก (salicylic acid : SA) มีชื่อเคมีคือ Ortho Hydroxybenzoic acid และ Phenolic acid (2-Hydroxy benzoic acid) มีสถานะเป็นของแข็ง มีรูปร่างเป็นผงหรือผลึกไม่มีสี ความสามารถในการละลายน้ำอยู่ที่ 0.2 กรัม/100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สูตรทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคมี คือ $C_6H_4OH.COOH$ หรือ $C_7H_6O_3$ มวลโมเลกุลเท่ากับ 138.123 กรัม/โมล จุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 211 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นเท่ากับ 1.443 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถติดไฟได้เองที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส

2.4.1 การทำงานของกรดซาลิไซลิก (Action of salicylic)

Hayat et al. (2010 : 14-25) ได้เสนอว่า เมื่อมีการให้กรดซาลิไซลิกจากภายนอก จะมีการส่งสัญญาณจากระยะไกล ไปยังสาร methyl salicylic ซึ่งเป็นสารตั้งต้น (precursor) ของสารกรดซาลิไซลิก ในรูปที่ไม่สามารถทำงานได้ แต่ยังสามารถเคลื่อนที่ได้ในท่อลำเลียงอาหาร ถูกส่งต่อไปยังส่วนต่างๆ ของพืช จากเนื้อเยื่อส่วนที่ได้รับผลกระทบจากสภาพเครียดที่ถูกกระตุ้นจากสิ่งมีชีวิต (biotic stress) ได้แก่ สัตว์กินพืช แมลง ไส้เดือน เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส และผลกระทบจากสภาพเครียดที่ถูกกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (abiotic stress) ได้แก่ น้ำ แสงอัลตราไวโอเลต อุณหภูมิสูง อุณหภูมิต่ำ สารกำจัดวัชพืชและแมลง โลหะหนัก และความเค็ม ซึ่ง methyl salicylic จากเนื้อเยื่อที่ได้รับสภาพเครียดต่างๆ เหล่านี้สามารถเคลื่อนย้ายส่งไปยังเนื้อเยื่อที่อยู่ในสภาวะปกติ และเปลี่ยนกลับไปอยู่ในรูปสารกรดซาลิไซลิกได้อีกครั้ง เพื่อกระตุ้นระบบการป้องกันตนเองของพืช ทั้งแบบการป้องกันตนเองโดยการฆ่าตัวเองของเซลล์

2.4.2 บทบาทของกรดซาลิไซลิกต่อผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว

กรดซาลิไซลิกมีความสำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและเมทาบอลิซึมในพืชทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว กรดซาลิไซลิกมีบทบาทในการใช้เป็นสารเคมีด้านเทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อควบคุมคุณภาพผลิตผลพืชสวน ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลพืชสวน ดังนี้ (สุรัสวดี พรหมอยู่, 2555: 95-102)

2.4.2.1 บทบาทของกรดซาลิไซลิกต่อการเปลี่ยนแปลงสี

กรดซาลิไซลิกมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว ยืนยันได้จากรายงานของ Wei *et al.* (2011: 126-132) ที่พบว่ากรดซาลิไซลิกช่วยชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในหน่อไม้ฝรั่ง ซึ่งระดับความเข้มข้นที่แนะนำให้ใช้กับหน่อไม้ฝรั่งอยู่ที่ 0.1 $mmol.L^{-1}$ หากใช้ระดับความเข้มข้นที่สูงกว่านั้นจะส่งผลทำให้คุณภาพด้านสีด้อยลง ส่งผลให้หน่อไม้ฝรั่งมีสีเขียวซีดผิดปกติและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เช่นเดียวกับการรายงานของ Sayyari *et al.* (2011: 152-154) ที่แนะนำให้ใช้กรดซาลิไซลิกในผลทับทิมที่ระดับความเข้มข้น 1.0 มิลลิโมลาร์ สามารถคงคุณภาพในลักษณะปรากฏด้านสีไว้ได้ โดยผลทับทิมไม่เปลี่ยนแปลงและไม่เกิดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่เปลือก ในขณะที่ผลทับทิมชุดควบคุมบริเวณผิวของผลเกิดจุดสีน้ำตาล (pitting) ระหว่างการเก็บรักษานาน 84 วัน ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าการฉีดพ่นกรดซาลิไซลิกในถั่วพบว่าสามารถเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (Turkyilmaz *et al.*, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Yildirim *et al.* (2008) การฉีดพ่นกรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 มิลลิโมลาร์ ในถั่วเหลือง มีผลทำให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นและราก เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น จำนวนใบต่อต้นและปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มมากขึ้น

2.4.2.2 บทบาทของกรดซาลิไซลิกต่อการอ่อนนุ่ม (Softening)

Sayyari *et al.* (2011: 152-154) ศึกษาการนำสารละลายกรดซาลิไซลิกมาใช้กับผลทับทิม พบว่า ผลทับทิมที่ให้สารละลายกรดซาลิไซลิก โดยการจุ่มทั้งผลที่ระดับความเข้มข้น 0.1 0.5 และ 1.0 มิลลิโมลาร์ นาน 10 นาที เมื่อเก็บรักษาไปแล้ว 84 วัน ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อเท่ากับ 16-17 นิวตัน ขณะที่ผลทับทิมชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อเหลือเพียง 9 นิวตัน ขณะที่ Aghdam *et al*. (2011: 149-156) รายงานผลการศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกในผลกีวี่ โดยใช้ในรูปของ methyl salicylate ใช้วิธีการรมทั้งผลที่ระดับความเข้มข้น 32 µl L^{-1} นาน 16 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0.5 องศาเซลเซียส เมื่อประเมินคุณภาพด้านต่างๆ พบว่า สาร methyl salicylate มีผลช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักผล และคงค่าความแน่นเนื้อของผล อีกทั้งมีปริมาณวิตามินซีมากกว่าผลกีวี่ชุดควบคุม โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านรสชาติ ซึ่งผลของสารละลายกรดซาลิไซลิกต่อการลดการสูญเสียน้ำหนักของผลเนื่องมาจากกรดซาลิไซลิกช่วยลดอัตราการหายใจของผลและทำให้เมตาบอลิซึมต่างๆ มีกิจกรรมลดลง ส่วนรายงานวิจัยของ Wei *et al.* (2011: 126-132) ได้แนะนำการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้น 0.1 $mmol.L^{-1}$ เนื่องจากพบว่าได้ผลดีกับการเพิ่มคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของหน่อไม้ฝรั่ง โดยลดค่าแรงเฉือน (shear force) ระหว่างการเก็บรักษาให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เช่นเดียวกับ Sarikhani *et al.* (2010) ที่ได้ศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกในผลองุ่น (*Vitis vinifera* L.) พันธุ์ Bidaneh Sefid และพันธุ์ Bidaneh Ghermez ในระดับความเข้มข้น 1-4 $mmol.L^{-1}$ พบว่ามีผลทำให้ความแน่นเนื้อขององุ่นมีค่าเพิ่มขึ้น และ Srivastava and Dwivedi (2000) ศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกในผลกล้วย พบว่า ช่วยคงความแน่นเนื้อของผลกล้วย ซึ่งเป็นผลมาจากกรดซาลิไซลิกมีผลทำให้อัตราการสร้างเอทิลีนลดลงและไปยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์

2.4.2.3 บทบาทของกรดซาลิไซลิกต่อปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (Total soluble solids; TSS) ตามรายงานของ Aghdam *et al.* (2011: 149-156) ที่มีการศึกษาการใช้กรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้น 32 µl L^{-1} นาน 16 ชั่วโมง ทำให้ผลกีวี่มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำลดลงและมีค่าน้อยกว่าผลกีวี่ชุดควบคุม เนื่องจากกรดซาลิไซลิกไปยับยั้งการสร้างเอทิลีนภายในผล ทำให้ไปลดกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ sucrose-phosphate synthase และลดการสังเคราะห์น้ำตาลซูโครส ผลการศึกษาของ Srivastava and Dwivedi (2000) พบว่ากรดซาลิไซลิกมีผลต่อการชะลอการสุกในกล้วยซึ่งในกระบวนการสุกของกล้วยนั้นจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กับการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนเนื้อต่อเปลือกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาล โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลในเนื้อจะมีมากกว่าในเปลือก เช่นเดียวกับ Abbasi *et al*. (2011) ที่พบว่าผลท้อที่ใช้กรดซาลิไซลิกโดยวิธีการจุ่มทั้งผลในระดับความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ มีผลทำให้ผลท้อระหว่างเก็บรักษามีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลและปริมาณกรดภายในผลลดลงและน้อยกว่าในผลท้อชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.4 บทบาทของกรดซาลิไซลิกต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compounds) กรดซาลิไซลิกมีบทบาทต่อปริมาณสารกรดซาลิไซลิกต่อออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ในรายงานของ Wei *et al*. (2011 : 126-132) พบว่าในหน่อไม้ฝรั่งที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกช่วยให้หน่อไม้ฝรั่งมีปริมาณรวมของสารฟลาโวนอยด์และสารฟีนอลเพิ่มขึ้น และมีปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระมีอยู่ในปริมาณมาก ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติในการต้านการเกิดโรคมะเร็งและช่วยยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็ง Sayyari *et al*. (2011: 152-154) ศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกกับทับทิม พบว่ามีผลต่อการรักษาปริมาณรวมสารฟีนอลิก สารแอนโธไซยานิน ปริมาณกรดและน้ำตาล รวมทั้งปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระที่ศึกษาแยกในชั้น hydrophilic และ lipophilic ให้คงปริมาณสูงในระหว่างการเก็บรักษา ทางด้าน Hung *et al*. (2007: 168-175) พบว่าการให้กรดซาลิไซลิกในผลส้มก่อนเก็บรักษาทำให้เนื้อส้มมีปริมาณกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) สูง เนื่องจากสารละลายกรดซาลิไซลิกไปลดกระบวนการ catabolism มีผลต่อการเปลี่ยนรูปของ ascorbic acid ไปอยู่ในรูป dehydroascorbate (DHAA) มากขึ้น เช่นเดียวกับ Wang and Li. (2006: 685-694) ที่พบว่าองุ่นที่ให้สารละลายกรดซาลิไซลิกจะกระตุ้นให้ Ca^{2+}ภายในผลมีการเคลื่อนที่จากแวคิวโอลและช่องว่างระหว่างเซลล์ไปยังไซโตพลาสซึม ซึ่ง Ca^{2+} ที่อยู่บริเวณไซโตพลาสซึมนี้จะกระตุ้น Ascorbate-Glutathione cycle มีผลให้เกิดการสะสม glutathione และascorbic acid มากขึ้น

2.4.3 ข้อหนดการใช้และการทดสอบปริมาณกรดซาลิไซลิกในอาหาร

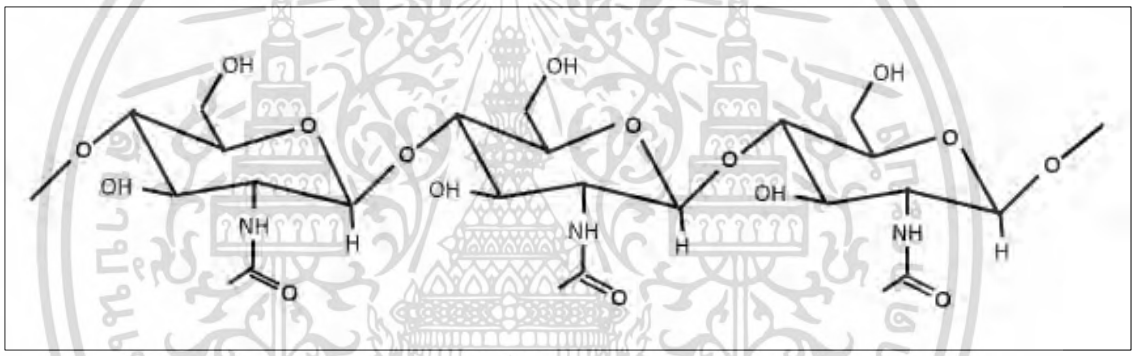
กรดซาลิไซลิก (salicylic acid) หรือสารกันรา ในอดีตกรดซาลิไซลิกถูกนำมาใช้เป็นสารกันเชื้อราในอาหารจำพวกผักและผลไม้ดอง เนื่องจากกรดซาลิไซลิกเป็นสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ดี ทำให้ผักผลไม้ดองคงสภาพน่ารับประทาน แต่การใช้กรดกรดซาลิไซลิกในอาหารมีอันตรายกับผู้บริโภคเป็นอย่างมาก กรดซาลิไซลิกมีความเป็นพิษ หากรับประทานเข้าไปเกิน 170 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม จะทำให้มีอาการหูอื้อ อาเจียนรุนแรง มีไข้ กระวนกระวาย มีอาการชัก และรุนแรงขึ้นขั้นเสียชีวิตได้ และหากรับประทานมากๆ จนมีระดับกรดซาลิไซลิกในเลือดสูง 25-35 มิลลิกรัม/เลือด 100 มิลลิกรัม หรือมากกว่านี้ ความเป็นพิษนี้ทำให้รุนแรงถึงเสียชีวิตได้ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2541: 37-48) ด้วยความอันตรายนี้กรดซาลิไซลิก (salicylic acid) ถูกจัดให้เป็นสารเคมีที่ห้ามใช้ในอาหาร (prohibit substances) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 151 (พ.ศ. 2536) เรื่องวัตถุที่ห้ามใช้ในอาหาร เป็นอันตรายในอาหาร (food hazard) ประเภทอันตรายทางเคมี (chemical hazard) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีการทดสอบปริมาณกรดซาลิไซลิกที่หลงเหลือในต้นอ่อนผักด้วยชุดทดสอบที่ได้มาตรฐาน ซึ่งผลการทดสอบไม่พบกรดซาลิไซลิกหลงเหลือในต้นอ่อนผักทุกชุดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ไคโตซาน (Chitosan)

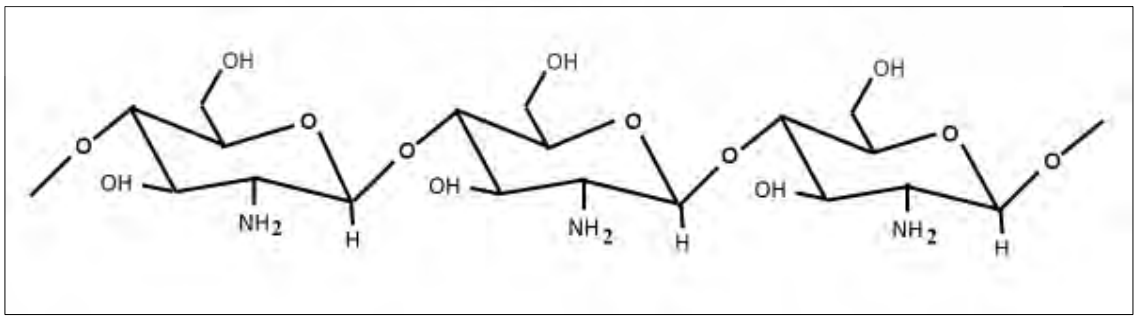
2.5.1 ไคโตซาน (Chitosan)

ไคโตซาน คือ สารธรรมชาติชนิดหนึ่ง ที่มีในสัตว์กระดองแข็งและขาเป็นปล้อง เช่น เปลือกกุ้ง กั้ง และกระดองปู เมื่อนำมาสกัดแยกแคลเซียม โปรตีน และแร่ธาตุที่ไม่ต้องการออก ได้สารสำคัญที่มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายเซลลูโลส เรียกว่า ไคติน (chi-tin) ซึ่ง Chiton ในภาษากรีก แปลว่า เกาะหุ้ม ส่วนไคโตซาน ถูกค้นพบครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1859 โดย C.Rouget ด้วยการต้มสารไคตินกับโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น ซึ่งเมื่อละลายในไอโอดีน และกรดจะให้สารสีม่วง ตั้งชื่อว่า Modified chitin ต่อมา Hoppe Seyler ได้ตั้งชื่อใหม่ว่า ไคโตซาน (chitosan) โดยปกติแล้วไคตินและไคโตซานมีสมบัติคล้ายคลึงกัน แต่การนำไคตินมาใช้ประโยชน์มีน้อยมากเมื่อเทียบกับไคโตซาน เนื่องด้วยข้อจำกัดของไคติน (ภาพที่ 2.7) ที่ไม่สามารถละลายในตัวทำละลายต่างๆ ได้ เพราะมีโครงสร้างเป็นผลึก ส่วนไคโตซาน (ภาพที่ 2.8) นั้นสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นกรดเจือจาง



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างเคมีของไคติน

ไคตินและไคโตซาน เป็นวัสดุทางชีวภาพที่มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ อีกทั้งยังย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ดังนั้นการนำมาใช้กับมนุษย์จึงมีความปลอดภัยและไม่เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ไคโตซานสามารถขึ้นรูปได้หลายแบบ เช่น เจล เม็ด เส้นใย และคอลลอยด์



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างเคมีของไคโตซาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไคโตซาน (Poly (1, 4-2- amino-2-deoxy-β-D-glucosamine) เป็นสารจากธรรมชาติที่สกัดได้จากเปลือกกุ้ง ปู และกั้ง ไคโตซานมีองค์ประกอบเป็นหมู่อะมิโน ($-NH_2$) และหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาทางเคมี เพื่อเปลี่ยนให้เป็นสารอนุพันธ์ได้มากมาย ปัจจุบันไคโตซานถูกนำไปใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น ด้านการแพทย์ ด้านอาหารและเครื่องดื่ม เครื่องสำอาง รวมถึงด้านการเกษตรที่นำมาใช้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ สารกำจัดศัตรูพืช สารฆ่า ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา และยืดอายุผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว เป็นต้น การใช้ไคโตซานก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว เป็นที่ยอมรับว่าสามารถควบคุมคุณภาพ และการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลหลายชนิด ได้แก่ การฉีดพ่นไคโตซานในพริกขี้หนูก่อนการเก็บเกี่ยวช่วยส่งเสริมอัตราการเจริญเติบโตของความสูง จำนวนผลทั้งหมด น้ำหนักผลผลิตต่อต้น ปริมาณรงควัตถุและปริมาณกรดซาลิไซลิก (วรรณิศา และพรไพรินทร์, 2559: 141-146) การสเปรย์สารละลายไคโตซานบนผลชมพู่พันธุ์ทองสามสีหลังการเก็บเกี่ยว มีแนวโน้มช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเปลี่ยนสีและรักษาความสด ลักษณะปรากฏเป็นยอมรับดีกว่าชุดควบคุม (ไม่สเปรย์) เมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน (ปรางค์ทอง และเบญจมาส, 2559: 180-185) นอกจากนั้น Jiang and Li (2001) ได้รายงานว่าการเคลือบไคโตซานบนผลลำไยสามารถช่วยลดอัตราการหายใจและการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ชะลอการเปลี่ยนสีและลดการเน่าเสียได้

กลไกการทำงานของสารกลุ่มไคติน-ไคโตซานในพืช เป็นสารในกลุ่มที่เรียกว่า อิลิซิเตอร์ (Elicitor) ที่ออกฤทธิ์โดยการเป็นตัวชักนำออกมา ซึ่งความสามารถในการตอบสนองในด้านต่างๆ ของพืช โดยในเบื้องต้นพืชชนิดนั้นๆ ต้องมีความสามารถอยู่แล้ว แต่ไม่ได้นำมาใช้หรือนำมาใช้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น หรือไม่ได้แสดงออกมาให้เห็น ในทางกลับกันหากพืชชนิดนั้นไม่ได้มีความสามารถหรือคุณสมบัติในด้านนั้นๆ อยู่ก่อน “อิลิซิเตอร์” ที่ในที่นี้หมายถึงไคติน-ไคโตซาน ก็ไม่สามารถออกฤทธิ์ในพืชชนิดนั้นๆ ได้ ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเบื้องต้นนั้น พบว่าสารไคโตซานนั้นสามารถกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของพืชได้ โดยการกระตุ้นการแสดงออกของยีน หรือสารพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันตนเองของพืชหลายชนิด นอกจากนี้สารไคโตซานยังมีผลต่อการปิดเปิดปากใบของพืช เพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดพืช และกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ไคติเนสในเมล็ดพืช เป็นต้น (รัฐ พิชญางกูร, 2564: ออนไลน์)

กลไกการทำงานของสารกลุ่มไคติน-ไคโตซาน นี้เป็นการจัดการความเครียดของพืช (Stress Manipulation) สร้างสภาวะคล้ายกับว่าพืชได้รับความกระทบกระเทือน หรือถูกรุกรานจากแมลง เชื้อรา หรือแม้กระทั่งสภาพแวดล้อม ให้เหมือนกับว่าพืชได้ถูกรุกรานโดยเชื้อราหรือแมลง หรือการเปลี่ยนแปลงทางสภาพแวดล้อม เป็นการสร้างความเครียดให้กับพืช ความเครียดที่เกิดขึ้นในพืชนี้เองเป็นปัจจัยที่สำคัญในการชักนำให้พืชมีประสิทธิภาพในด้านต่างๆ มากขึ้น ผลจากกระบวนการตอบสนองต่อความเครียดในพืชที่ถูก กระตุ้นด้วยสารไคติน-ไคโตซานนี้เกิดขึ้นได้หลายประการ ได้แก่ การให้ดอกและผลเร็วที่ดีขึ้น การสร้างสารเคลือบใบ การสร้างสารในกลุ่มพอลีฟีนอล (polyphenol) รวมถึงรงควัตถุ สารต้านอนุมูลอิสระ และเอนไซม์ต่างๆ ที่สำคัญในการป้องกันตนเองของพืชอีกด้วย (รัฐ พิชญางกูร, 2564: ออนไลน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ประโยชน์และสรรพคุณของไคโตซาน

2.5.2.1 ด้านอาหาร ไคโตซานมีสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์และเชื้อราบางชนิด โดยมีกลไกคือ ไคโตซานมีประจุบวก สามารถจับกับเซลล์เมมเบรนของจุลินทรีย์ที่มีประจุลบได้ ทำให้เกิดการรั่วไหลของโปรตีนและสารอื่นของเซลล์ ในหลายประเทศได้ขึ้นทะเบียนไคตินและไคโตซานให้เป็นสารที่ใช้เติมในอาหารได้ โดยนำไปใช้เป็นสารกัดบูด สารช่วยรักษา กลิ่น รส และสารให้ความข้น ใช้เป็นสารเคลือบอาหาร ผัก และผลไม้ เพื่อรักษาความสดหรือผลิตในรูปฟิล์มที่รับประทานได้ (edible film) สำหรับบรรจุอาหาร

2.5.2.2 ด้านการแพทย์ ไคตินเป็นสารที่ไม่ก่อให้เกิดการต่อต้านจากร่างกาย เนื่องจากไคติน-ไคโตซาน เป็นสารที่ได้จากธรรมชาติสามารถเข้าได้รับร่างกายมนุษย์ ไม่มีผลข้างเคียงที่เป็นอันตราย ทั้งยังช่วยส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อคนอีก ใช้ส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียในลำไส้ที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพ ต่อต้านมะเร็ง ช่วยลดสารพิษและยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นอันตราย จากการศึกษาในต่างประเทศ พบว่าสามารถย่อยสลายได้ภายในสัตว์ เนื่องจากมีเอนไซม์หลายชนิดสามารถย่อยสลายได้ นอกจากนี้ ไคตินและไคโตซานยังสามารถยับยั้งการเจริญของจุลชีพบางชนิดด้วย

2.5.2.3 ด้านอาหารเสริม ไคโตซานช่วยลดคอเลสเตอรอสและไขมันในเส้นเลือด โดยไคโตซานไปจับกับคอเลสเตอรอส ทำให้ร่างกายไม่สามารถดูดซึมไปใช้หรือดูดซึมได้น้อยลง

2.5.2.4 คุณสมบัติอื่น ที่เป็นประโยชน์ต่อการลดน้ำหนักตัวของไคโตซานก็คือ ความสามารถในการดูดน้ำได้ดีทำให้ผู้บริโภครู้สึกอิ่ม และความสามารถในการเกาะกับน้ำดีซึ่งถือเป็นตัวขนย้ายไขมันตัวหนึ่ง ทำให้ง่ายต่อการขับไขมันออกจากร่างกาย โดยไม่มีกาย่อยเกิดขึ้น เพราะเอนไซม์ในร่างกายของคนเราไม่สามารถย่อยไคโตซานได้ เรายังพบอีกว่าไคโตซานช่วยในการลดคอเลสเตอรอสในเลือด ซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติในการจับกับน้ำดีของไคโตซาน เป็นหลักฐานอย่างดีในการศึกษาเกี่ยวกับประโยชน์ของไคโตซานในโรคหัวใจ แม้ว่าไคโตซานจะรบกวยการย่อยและการดูดซึมโปรตีนเลย ไคโตซานถูกนำมาใช้ในการรักษาอาการต่อไปนี้ อ้วน โรคหัวใจ คอเลสเตอรอสสูง ป้องกันมะเร็ง กลไกการทำงาน ในร่างกายมนุษย์ของไคโตซาน มีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่มากทำให้ไม่ถูกดูดซึม แต่จะถูกขับถ่ายออกมาก นอกจากการจับไขมันแล้ว ไคโตซานยังมีคุณสมบัติที่ช่วยจับพวกโลหะหนัก ซึ่งมากจากฝุ่นไอเสียรถยนต์ ยาฆ่าแมลง และ สีผสมอาหาร ได้เป็นอย่างดี วงการเภสัชกรรมจึงได้ใช้คุณสมบัติในการดักจับไขมันในทางเดินอาหารของไคโตซาน มาใช้ในการรับประทานเพื่อลดน้ำหนัก คอเลสเตอรอล และ ไตรกรีเซอร์ไรด์อย่างได้ผล ไขมันที่จับตัวกับไคโตซาน จะไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิต แต่จะถูกขับถ่ายออกมาพร้อมอุจจาระ ซึ่งหมายความว่า ไขมันในอาหารมื้อ อร่อยปากที่เรารับประทานเข้าไป จะถูกดักจับเสียก่อน โดยไม่มีการดูดซึมเข้าร่างกาย ทำให้ร่างกายได้รับไขมันจากอาหารน้อยลง ไคโตซานช่วยดักจับไขมันและช่วยลดน้ำหนัก ไคโตซานไม่ถูกย่อยเช่นเดียวกับเส้นใยทั้งหลาย จึงไม่ให้แคลอรี่ แต่ที่ต่างจากเส้นใยจากพืชทั่วไป คือ ไคโตซานสามารถดัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จับไขมันได้สูง ประมาณ 8–10 เท่าของน้ำหนักตัวมันเอง กลายเป็นเหมือนก้อนวุ้นไขมันในทางเดินอาหาร และ ถูกขับถ่ายออกในที่สุด

2.5.3 บทบาทของไคโตซานต่อเทคโนโลยีก่อน-หลังการเก็บเกี่ยว

ด้วยคุณสมบัติต่างๆ ของไคโตซานที่กล่าวมาข้างต้น ไคโตซานยังมีบทบาทสำคัญอีกด้านหนึ่งนั้นคือด้านการเกษตร เนื่องด้วยไคโตซาน เป็นไบโอโพลิเมอร์ธรรมชาติอย่างหนึ่ง พบได้ในธรรมชาติ ถือเป็นวัสดุชีวภาพ (Biomaterials) ซึ่งย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ มีความปลอดภัยหากนำมาใช้กับมนุษย์ ไม่เกิดผลเสียและปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ไม่เป็นพิษ (non–phytotoxic) ต่อพืช นอกจากนี้ยังเป็นสารปรับสภาพดินและน้ำ ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มผลผลิตพืช เป็นตัวช่วยให้พืชทุกชนิดกินปุ๋ย กินแร่ธาตุได้ดียิ่งขึ้น เร่งราก เร่งใบ เร่งลำต้น เร่งดอก เร่งผล ทำให้พืชโตเร็ว ทำให้พืชแข็งแรง เพิ่มผลผลิต สร้างภูมิคุ้มกันป้องกันตัวเองทำให้พืชทุกชนิด ทนต่อโรคและแมลงศัตรูพืช ไคโตซาน ถูกนำมาใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์พืชผัก ใช้ในการยืดอายุและรักษาคุณภาพผลผลิต ช่วยรักษาสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศน์ และทำให้ผลผลิตสูงขึ้น มีคุณภาพดี ปลอดสารพิษ

2.5.3.1 บทบาทของไคโตซานต่อพืชก่อนการเก็บเกี่ยว

(1) เคลือบเมล็ดพันธุ์หรือแช่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูก ป้องกันเชื้อราที่จะมาทำร้ายเมล็ดพันธุ์ กระตุ้นการงอกของรากของเมล็ดพันธุ์ได้ดี เร่งรากยาวทำให้พืชสามารถกินปุ๋ยได้มากขึ้นดังนั้นจึงลดปุ๋ยลง เมื่อพืชกินปุ๋ยได้มากขึ้น ก็ขยายท่อลำเลียงพืชได้ดีขึ้น ลำต้นใหญ่ขึ้นพืชจึงสมบูรณ์ทำให้เพิ่มผลผลิต ทั้งผลผลิตที่ได้ก็มีคุณภาพดี

(2) ป้องกันและกำจัดแมลง แมลงหนีเพราะได้กลิ่นเฉพาะของไคโตซาน

(3) ป้องกันและกำจัดโรคพืช กระตุ้นให้พืชสร้างสารป้องกันโรคพืช เช่น ไฟโตอะเล็กซิน ไคติเนส รวมทั้ง ยับยั้ง RNA ของเชื้อราไม่ให้สามารถขยายพันธุ์ได้ พืชจึงแข็งแรง (ร้อยละ 90 ของโรคพืชมักเกิดจากเชื้อรา)

(4) เป็นปุ๋ยให้แก่พืช พืชทุกชนิดที่ได้ใช้ ไคโตซานจะทำให้พืชสามารถตรึงเอา ไนโตรเจนนำมาใช้ได้ ถ้าเป็นเห็ดสามารถตรึงเอาคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ได้เป็นอย่างดี ไคโตซานมีประจุแกรมบวกเยอะมากและพืชที่ได้ใช้ไคโตซาน สามารถดูดซึมเอาธาตุอาหารในดินหลายชนิดเช่น โปรแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมเหล็ก ฟอสเฟตไนเตรส มาใช้ และเก็บไว้แล้ว ปลดปล่อยให้แก่พืชอย่างช้าๆ ตามความต้องการของพืชแต่ละชนิด

(5) ช่วยปรับสภาพดินให้ดีขึ้น ดินที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชจะต้องมีค่า pH 5.5-8.5 การใช้ไคโตซานอย่างต่อเนื่องจะทำให้ค่า pH ของดินเท่ากับ 6-7 เป็นกลางที่สุด จึงเหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชอย่างยิ่ง รวมทั้งคุณสมบัติที่ช่วยสลายเคมีในดินอันต่อเนื่องจากใช้ปุ๋ยเคมีอย่างยาวนาน รวมทั้งช่วยเพิ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดิน รวมทั้งลดปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นโรคพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.2 บทบาทของไคโตซานต่อพืชหลังการเก็บเกี่ยว

พืชที่ใช้ไคโตซานสามารถรักษาคุณภาพผลผลิตได้ดีขึ้น เพราะว่าพืชที่ได้รับไคโตซานจะมีการเคลือบบนผิวผักผลไม้ เป็นลักษณะฟิล์มบางใสๆ ปราศจากสีและกลิ่น ทนทานต่อสภาวะกรดได้ดี ส่งผลให้พืชผักและผลไม้ เกิดก๊าซเอธิลีนช้าลง เกิดการเปลี่ยนแปลงสีช้าลง ช่วยให้ชะลอการหายใจของพืช ป้องกันเชื้อรา ลดการรบกวนของแมลง และกระตุ้นให้มีการผลิตสารลิกนิน และแทนนิน ไคโตซาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 วัสดุ

3.1.1.1 เมล็ดทานตะวัน (ชนิดเมล็ดลาย)

3.1.1.2 เมล็ดผักกาดหัว (หัวไชเท้า หรือ ไควาเระ)

3.1.1.3 เมล็ดงา (งาเกษตร)

3.1.1.4 วัสดุเพาะปลูก

3.1.1.5 ถุงซิปพลาสติกถนอมอาหาร Smart-R (LDPE) ขนาด 17 x 20.3 cm.

3.1.2 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.2.1 ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิ

3.1.2.2 ตู้แช่แข็งควบคุมอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

3.1.2.3 UV/VIS spectrophotometer BP 145 F-95400 (Villiers-le-Be Gilson, France)

3.1.2.4 เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง

3.1.2.5 สารเคมี

(1) Salicylic acid ($C_7H_6O_3$)

(2) Chitosan

(3) Ethanol (C_2H_6O)

(4) Acetone (C_3H_6O)

(5) Ferric chloride solution ($FeCl_3$)

(6) 2,4,6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ)

(7) (±)-6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl-chromane-2-carboxylic acid (TROLOX)

(8) 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

(9) Folin-Ciocalteu's Reagent

(10) Sodium carbonate (Na_2CO_3)

(11) Gallic acid ($C_7H_6O_5$)

(12) Sodium nitrite ($NaNO_2$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(13) Aluminum chloride hexahydrate ($AlCl_3 \cdot 6H_2O$)

(14) Sodium hydroxide (NaOH)

(15) Catechin ($C_{15}H_{14}O_6$)

(16) Metaphosphoric acid (HPO_3)

(17) 2,6-dichlorophenol-indophenol ($C_{12}H_7NCl_2O_2$)

(18) Thiourea (CH_4N_2S)

(19) 2,4-dinitrophenol (DNP)

(20) Sulfuric acid (H_2SO_4)

(21) Ascorbic acid ($C_6H_8O_6$)

(22) Hydrogen peroxide (H_2O_2)

(23) Phosphate (PO_4^{3-})

3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 การเตรียมเมล็ดและการเพาะปลูกต้นอ่อน

3.2.1.1 การเตรียมเมล็ดและการเพาะปลูกต้นอ่อนทานตะวัน

การเตรียมเมล็ดทานตะวัน เริ่มจากนำเมล็ดทานตะวันชนิดเมล็ดลาย แช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำมาบ่มโดยใช้ผ้าชุบน้ำห่อเมล็ดไว้นาน 12 ชั่วโมง หลังจากกระตุ้นการงอกสังเกตรากเล็กๆ ที่แทงออกมาจากเปลือกหุ้ม จึงสามารถนำไปเพาะปลูกได้ หลังจากกระตุ้นการงอกนำไปเพาะปลูกในกระบะปลูกขนาด กว้าง 11 นิ้ว ยาว 14 นิ้ว ใส่วัสดุปลูกหนา 1 นิ้ว โรยเมล็ดทานตะวันให้กระจายทั่วกระบะปลูก ใช้เมล็ดทานตะวัน 80 กรัมต่อกระบะ ร่อนดินทับบางๆ รดน้ำ 250 มิลลิลิตรต่อกระบะ วันละหนึ่งครั้ง ปิดคุมแสงเป็นเวลา 4 วัน แล้วนำไปทำการทดลองต่อไป

3.2.1.2 การเตรียมเมล็ดและการเพาะปลูกต้นอ่อนหัวไชเท้า

การเตรียมเมล็ดหัวไชเท้า นำเมล็ดหัวไชเท้าแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเพาะในกระบะปลูกขนาด 11 x 14 นิ้ว ใส่วัสดุปลูกหนา 1 นิ้ว โรยเมล็ดหัวไชเท้า ให้กระจายทั่วกระบะปลูก โดยใช้เมล็ดหัวไชเท้า 40 กรัม/กระบะ ร่อนดินทับบางๆ รดน้ำ 250 มิลลิลิตรต่อกระบะ วันละครั้ง แล้วนำไปทำการทดลองต่อไป

3.2.1.3 การเตรียมเมล็ดและการเพาะปลูกต้นอ่อนงา

การเตรียมเมล็ดงา นำเมล็ดงาแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเพาะในกระบะปลูกขนาด 11 x 14 นิ้ว ใส่วัสดุปลูกหนา 1 นิ้ว โรยเมล็ดงาให้กระจายทั่วกระบะปลูก โดยใช้เมล็ดงา 20 กรัม/กระบะ ร่อนดินทับบางๆ รดน้ำ 250 มิลลิลิตร/กระทะ วันละครั้ง แล้วนำไปทำการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การเตรียมสารละลายกรดซาลิไซลิกและสารละลายไคโตซาน

3.2.2.1 สารละลายกรดซาลิไซลิก

เตรียมสารละลายกรดซาลิไซลิก โดยชั่งน้ำหนักกรดซาลิไซลิกตามปริมาณที่คำนวณได้ตามความเข้มข้นของสารละลายกรดซาลิไซลิก เตรียมโดยทำละลายใน 60 เปอร์เซ็นต์ เอทานอล ปริมาณ 5 มิลลิลิตร คนให้ละลายจนหมด เติมน้ำกลั่นตามปริมาตรที่คำนวณไว้จนได้สารละลายกรดซาลิไซลิก ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 1 และ 2 มิลลิโมลาร์ แล้วนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.2.2.2 สารละลายไคโตซาน

เตรียมสารละลายไคโตซานตามวิธีการของ No *et al.,* (2003) โดยเตรียมไคโตซานเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ในสารละลายกรดแลคติก เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ปรับ pH ให้ได้ 6 ด้วย 1 N NaOH จากนั้นปรับความเข้มข้นให้ได้ 0.1 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.2.3 วิธีการศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกต่อคุณภาพของต้นอ่อน

3.2.3.1 วิธีการศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกต่อคุณภาพของต้นอ่อนทานตะวัน

วิธีการศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกต่อคุณภาพของต้นอ่อนทานตะวัน แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ทรีตเมนต์ ทำซ้ำ (Replication) 3 ซ้ำ รดน้ำดูแลต้นอ่อนตามที่กล่าวไว้เบื้องต้นและก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 รดด้วยน้ำประปาปกติ (ชุดควบคุม)

ทรีตเมนต์ที่ 2 รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก 0.5 มิลลิโมลาร์

ทรีตเมนต์ที่ 3 รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก 1.0 มิลลิโมลาร์

ต้นอ่อนทานตะวัน ใช้เวลาปลูก 6 วัน วิธีการเก็บเกี่ยวใช้ใบมีดโกนคมๆ ตัดที่ต้นอ่อนเหนือวัสดุปลูกประมาณ 0.5-1.0 เซนติเมตร จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด 2 รอบ พักต้นอ่อนให้สะเด็ดน้ำที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 15 นาที แล้วนำมาบรรจุในถุงซิปล็อกพลาสติกชนิด LDPE ขนาดบรรจุถุงละ 50 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วัน ทำการเช็คผลทุกๆ 5 วัน โดยนำมาทำการทดสอบทางทางกายภาพและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

3.2.3.2 วิธีการศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกต่อคุณภาพของต้นอ่อนหัวไชเท้า

วิธีการศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกต่อคุณภาพของต้นอ่อนหัวไชเท้า แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ ทำซ้ำ (Replication) 3 ซ้ำ รดน้ำดูแลต้นอ่อนตามที่กล่าวไว้เบื้องต้นและก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 รดด้วยน้ำประปาปกติ (ชุดควบคุม)

ทรีตเมนต์ที่ 2 รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก 0.5 มิลลิโมลาร์

ทรีตเมนต์ที่ 3 รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก 1.0 มิลลิโมลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรีตเมนต์ที่ 4 รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์

ต้นอ่อนหัวไชเท้าใช้เวลาปลูก 6 วัน วิธีการเก็บเกี่ยวใช้ใบมีดโกนคมๆ ตัดที่ต้นอ่อนเหนือวัสดุปลูกประมาณ 0.5-1.0 เซนติเมตร จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด 2 รอบ พักต้นอ่อนให้สะเด็ดน้ำที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 15 นาที แล้วนำมาบรรจุในถุงซิปล็อกพลาสติกชนิด LDPE ขนาดบรรจุถุงละ 50 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 วัน ทำการเช็คผลทุกๆ 2 วัน โดยนำมาทำการทดสอบทางทางกายภาพและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

3.2.3.3 วิธีศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกต่อคุณภาพของต้นอ่อนงา

วิธีศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกต่อคุณภาพของต้นอ่อนงา แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ ทำซ้ำ (Replication) 3 ซ้ำ รดน้ำดูแลต้นอ่อนตามที่กล่าวไว้เบื้องต้น ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง จึงรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 รดด้วยน้ำประปาปกติ (ชุดควบคุม)

ทรีตเมนต์ที่ 2 รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก 0.5 มิลลิโมลาร์

ทรีตเมนต์ที่ 3 รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก 1.0 มิลลิโมลาร์

ทรีตเมนต์ที่ 4 รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์

ต้นอ่อนงาใช้เวลาปลูก 5 วัน วิธีการเก็บเกี่ยวใช้ใบมีดโกนคมๆ ตัดที่ต้นอ่อนเหนือวัสดุปลูกประมาณ 0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด 2 รอบ พักต้นอ่อนให้สะเด็ดน้ำที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 15 นาที แล้วนำมาบรรจุในถุงซิปล็อกพลาสติกชนิด LDPE บรรจุถุงละ 20 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 วัน ทำการเช็คผลทุกๆ 2 วัน โดยนำมาทำการทดสอบทางทางกายภาพและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

3.2.7 วิธีการศึกษาการใช้สารละลายไคโตซานต่อคุณภาพของต้นอ่อน

3.2.7.1 ศึกษาการใช้สารละลายไคโตซานต่อคุณภาพของต้นอ่อนทานตะวัน

แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ ทำซ้ำ (Replication) 3 ซ้ำ รดน้ำดูแลต้นอ่อนตามที่กล่าวไว้เบื้องต้น ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง จึงรดด้วยสารละลายไคโตซาน ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 รดด้วยน้ำประปาปกติ (ชุดควบคุม)

ทรีตเมนต์ที่ 2 รดด้วยสารละลายไคโตซาน 0.1 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์ที่ 3 รดด้วยสารละลายไคโตซาน 0.5 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์ที่ 4 รดด้วยสารละลายไคโตซาน 1.0 เปอร์เซ็นต์

ระยะเวลาในการปลูกต้นอ่อนทานตะวัน คือ 6 วัน วิธีการเก็บเกี่ยวใช้ใบมีดโกนคมๆ ตัดที่ต้นอ่อนเหนือวัสดุปลูกประมาณ 0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด 2 รอบ พักต้นอ่อนให้สะเด็ดน้ำที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 15 นาที แล้วนำมาบรรจุในถุงซิปล็อก LDPE บรรจุถุงละ 20 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 วัน ทำการเช็คผลทุก ๆ 3 วัน โดยนำมาทำการทดสอบทางทางกายภาพและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7.2 ศึกษาการใช้สารละลายไคโตซานต่อคุณภาพของต้นอ่อนหัวไชเท้า

โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ ทำซ้ำ (Replication) 3 ซ้ำ รดน้ำดูแลต้นอ่อนตามที่กล่าวไว้เบื้องต้น ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง จึงรดด้วยสารละลายไคโตซาน ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 รดด้วยน้ำประปาปกติ (ชุดควบคุม)

ทรีตเมนต์ที่ 2 รดด้วยสารละลายไคโตซาน 0.1 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์ที่ 3 รดด้วยสารละลายไคโตซาน 0.5 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์ที่ 4 รดด้วยสารละลายไคโตซาน 1.0 เปอร์เซ็นต์

ระยะเวลาในการปลูกต้นอ่อนหัวไชเท้า คือ 6 วัน วิธีการเก็บเกี่ยวใช้ใบมีดโกนคมๆ ตัดที่ต้นอ่อนเหนือวัสดุปลูกประมาณ 0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด 2 รอบ พักต้นอ่อนให้สะเด็ดน้ำที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 15 นาที แล้วนำมาบรรจุในถุงซิปล็อก LDPE บรรจุถุงละ 20 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 16 วัน ทำการเช็คผลทุก ๆ 4 วัน โดยนำมาทำการทดสอบทางทางกายภาพและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

3.2.7.3 ศึกษาการใช้สารละลายไคโตซานต่อคุณภาพของต้นอ่อนงา

โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ ทำซ้ำ (Replication) 3 ซ้ำ รดน้ำดูแลต้นอ่อนตามที่กล่าวไว้เบื้องต้น ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง จึงรดด้วยสารละลายไคโตซาน ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 รดด้วยน้ำประปาปกติ (ชุดควบคุม)

ทรีตเมนต์ที่ 2 รดด้วยสารละลายไคโตซาน 0.1 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์ที่ 3 รดด้วยสารละลายไคโตซาน 0.5 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์ที่ 4 รดด้วยสารละลายไคโตซาน 1.0 เปอร์เซ็นต์

ระยะเวลาในการปลูกต้นอ่อนงา คือ 6 วัน วิธีการเก็บเกี่ยวใช้ใบมีดโกนคมๆ ตัดที่ต้นอ่อนเหนือวัสดุปลูกประมาณ 0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด 2 รอบ พักต้นอ่อนให้สะเด็ดน้ำที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 15 นาที แล้วนำมาบรรจุในถุงซิปล็อก LDPE บรรจุถุงละ 20 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 วัน ทำการเช็คผลทุก ๆ 2 วัน โดยนำมาทำการทดสอบทางทางกายภาพและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

3.2.8 ศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของต้นอ่อนหัวไชเท้า

หลังจากการศึกษาผลของการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกและการใช้สารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนผัก 3 ชนิด ได้แก่ ต้นอ่อนทานตะวัน ต้นอ่อนหัวไชเท้า และต้นอ่อนงา เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายที่ให้ผลดีที่สุด จากนั้นจึงเลือกต้นอ่อนมา 1 ชนิด เพื่อทำการศึกษาผลการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนผัก ต้นอ่อนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ต้นอ่อนหัวไชเท้า มีวิธีการศึกษาวิจัย ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ ทำซ้ำ (Replication) 3 กระบะ/ทรีตเมนต์ ระหว่างปลูกต้นอ่อนหัวไชเท้าดูแลรักษาด้วยการรดน้ำวันละครั้ง ปริมาตร 250 มิลลิลิตร/กระบะ และก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง จึงรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซาน ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 รดด้วยน้ำประปาปกติ (ชุดควบคุม)

ทรีตเมนต์ที่ 2 รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก

ทรีตเมนต์ที่ 3 รดด้วยสารละลายไคโตซาน

ทรีตเมนต์ที่ 4 รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซาน

ระยะเวลาในการปลูกต้นอ่อนหัวไชเท้า คือ 6 วัน วิธีการเก็บเกี่ยวใช้ใบมีดโกนคมๆ ตัดที่ต้นอ่อนเหนือวัสดุปลูกประมาณ 0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด 2 รอบ พักต้นอ่อนให้สะเด็ดน้ำที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 15 นาที แล้วนำมาบรรจุในถุงซิปล็อก LDPE บรรจุถุงละ 20 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วัน ทำการเช็คผลทุก ๆ 3 วัน โดยนำมาทำการทดสอบทางทางกายภาพและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.3.1 ลักษณะปรากฏ

บันทึกลักษณะปรากฏของต้นอ่อนผักด้วยการถ่ายภาพเพื่อเปรียบเทียบลักษณะของต้นอ่อนตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาจนกระทั่งต้นอ่อนผักมีลักษณะปรากฏที่ไม่สามารถยอมรับได้

3.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.4.1 ปริมาณรงควัตถุ

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ ด้วยวิธีการของ Dere *et al*., (1998: 13-17) การสกัดตัวอย่างชั่งน้ำหนักใบต้นอ่อน 0.5 กรัม นำมาบดกับอะซิโตน (Acetone) 5 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 หลังจากนั้นสกัดด้วย อะซิโตน จนตัวอย่างใสไม่มีสีเขียว แล้วจึงเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับให้ได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำสารสกัดต้นอ่อนผักที่สกัดได้จากวิธีดังกล่าวมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 นาโนเมตร 662 นาโนเมตร และ 470 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer BP 145 F-95400 Villiers-le-Be (Gilson, France) นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมดและแคโรทีนอยด์ทั้งหมด จากสมการต่อไปนี้ และรายงานผลเป็นหน่วยมิลลิกรัมคลอโรฟิลล์ต่อกรัมของน้ำหนักสด (mg g^{-1}) และมิลลิกรัมแคโรทีนอยด์ต่อกรัมของน้ำหนักสด (mg g^{-1}) สูตรการคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ แสดงในภาพที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลอโรฟิลล์เอ = $11.75A_{662}$ - $2.350A_{645}$

คลอโรฟิลล์บี = $18.61A_{645}$ – $3.960A_{662}$

คลอโรฟิลล์ทั้งหมด = คลอโรฟิลล์เอ + คลอโรฟิลล์บี

แคโรทีนอยด์ทั้งหมด = $1000A_{470}$ – 2.270 (คลอโรฟิลล์เอ) – 81.4 (คลอโรฟิลล์บี)/227

ภาพที่ 3.1 สูตรการคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์

3.4.2 ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

3.4.2.1 วิธีการสกัดตัวอย่าง

วิธีการสกัดตัวอย่างทำได้โดยชั่งน้ำหนักต้นอ่อนผัก 2 กรัม บดต้นอ่อนผักด้วยโกร่งบดสารผสมกับ 60 เปอร์เซ็นต์ 30 มิลลิลิตร นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ได้สารสกัดต้นอ่อนผักสำหรับการวิเคราะห์ กิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ในขั้นตอนต่อไป

3.4.2.2 กิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Antioxidant activity)

กิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทดสอบด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ของ Benzie and Strain (1996: 70-76) โดยเตรียม 300 มิลลิโมลาร์ acetate buffer (pH 3.6) ผสมกับ 20 มิลลิโมลาร์ Ferric chloride solution และ 10 มิลลิโมลาร์ TPTZ (2,4,6-Tris (2-pyriayl) -1, 3, 5-triazine) ให้เข้ากันในอัตราส่วน 10:1:1 ทำการวิเคราะห์โดยใช้สารสกัดตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย FRAP 2.9 มิลลิลิตร เขย่าในเข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance หรือ optical density : OD) ด้วย Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยนำค่าที่ได้คำนวณเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Trolox แสดงหน่วยปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดในหน่วยไมโครโมล Trolox ต่อกรัมน้ำหนักสด ($\mu mol\ g^{-1}$)

3.4.2.3 กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (Free radical scavenging activity)

กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ ทดสอบด้วยวิธี DPPH free radical scavenging activity ตามวิธีการของ Brand-Williams et al. (1995 : 25-30) โดยใช้สารละลาย 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ที่ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 1.25 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยากับสารสกัดต้นอ่อนผัก 0.25 มิลลิลิตร ในที่มืด ทำการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร ในนาทีที่ 0 และนาทีที่ 5 แล้วนำไปคำนวณตามสมการ ต่อไปนี้

DPPH free radical scavenging activity (%) = $[(OD_0-OD_5)/OD_0] \times 100$

เมื่อกำหนดให้ OD_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงในนาทีที่ 0

OD_5 คือ ค่าการดูดกลืนแสงในนาทีที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.4 ฟีนอลทั้งหมด (Total phenolic compounds)

ปริมาณฟีนอลทั้งหมดทดสอบโดยวิธี Folin-Ciocalteu reagent ของ Slinkard and Singleton (1977: 49-55) โดยใช้สารสกัดต้นอ่อน 0.1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 0.9 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติม 50 เปอร์เซ็นต์ (v/v) Folin-Ciocalteu reagent 1 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) อิ่มตัว 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance หรือ optical density: OD) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค (Gallic acid) รายงานผลเป็นหน่วย ไมโครกรัม Gallic acid ต่อกรัมน้ำหนักสด ($\mu g\ g^{-1}$)

3.4.2.5 ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total flavonoid compounds)

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดทดสอบโดยวิธีการ Jia *el al.* (1999: 555-559) นำสารสกัดต้นอ่อน 0.25 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 1.25 มิลลิลิตร ใส่ลงหลอดทดลอง จากนั้นเติม 5 เปอร์เซ็นต์ $NaNO_2$ 75 ไมโครลิตร เขย่าสารให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที 10 เปอร์เซ็นต์ เติม $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ 150 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติม 1M NaOH 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้สารเข้ากัน เติมน้ำกลั่น 275 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐาน Catechin รายงานผลเป็นหน่วย ไมโครกรัม Catechin ต่อกรัมน้ำหนักสด ($\mu g\ g^{-1}$)

3.4.2.6 วิตามินซีทั้งหมด (Total ascorbic acid)

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีทั้งหมดทำตามวิธีการของ Hashimoto and Yamafuji (2001: 205) สกัดตัวอย่างต้นอ่อนผัก 3 กรัม บดให้ละเอียดด้วย 5 เปอร์เซ็นต์ Metaphosphoric acid 12 มิลลิลิตร นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 จึงได้สารสกัดเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีทั้งหมดใช้สารสกัดมา 0.4 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยากับ 2 เปอร์เซ็นต์ 2,6-dichlorophenol indophenol 0.4 มิลลิลิตร และ 2 เปอร์เซ็นต์ Thiourea 0.8 มิลลิลิตร จากนั้นเติม 1 เปอร์เซ็นต์ 2, 4-dinitrophenol (DNP) 0.2 มิลลิลิตร เพื่อทำปฏิกิริยา เขย่าสารในหลอดทดลองให้เข้ากัน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติม 85 เปอร์เซ็นต์ Sulfuric acid 1 มิลลิลิตร เขย่าและเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแอสคอร์บิก แสดงผลวิตามินซีทั้งหมดในหน่วยไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ($\mu g\ g^{-1}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 กิจกรรมของเอนไซม์ที่มีสมบัติต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น

3.4.3.1 การสกัดตัวอย่าง

ต้นอ่อนผัก 3 กรัม บดให้ละเอียดด้วย 50 มิลลิโมลาร์ Phosphate buffer pH 7 ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระหว่างการสกัดทำการเขย่าตัวอย่างทุกๆ 5 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที นำสารสกัดไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ในที่เย็นและควบคุมการเก็บสารสกัดไว้ในที่เย็นอุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส กระทั่งนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกิจกรรมของเอนไซม์ต่อไป

3.4.3.2 กิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (CAT)

ทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (CAT) ด้วยวิธีการของ Andrade Cuvi *et al.* (2011: 1666-1667) โดยใช้สารสกัดปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยากับ 2 เปอร์เซ็นต์ Hydrogen peroxide ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร และ 50 มิลลิโมลาร์ Phosphate buffer pH 7 ปริมาตร 1.8 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 240 นาโนเมตร ที่เวลา 0 และ 1 นาที แล้วนำมาคำนวณปริมาณกิจกรรมของเอนไซม์ แสดงผลกิจกรรมของเอนไซม์ในหน่วย Unit g^{-1}

3.4.3.4 กิจกรรมของเอนไซม์ Ascorbic acid-peroxidase (AsA-POD)

ทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์ AsA-POD ด้วยวิธีการของ Andrade Cuvi *et al*. (2011: 1666-1667) ใช้สารสกัดปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ 2 เปอร์เซ็นต์ Hydrogen peroxide ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร 50 มิลลิโมลาร์ Phosphate buffer pH 7 ปริมาตร 1.6 มิลลิลิตร และเติม Ascorbic acid ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 290 นาโนเมตร ที่เวลา 0 และ 1 นาที แล้วนำมาคำนวณปริมาณกิจกรรมของเอนไซม์ แสดงผลกิจกรรมของเอนไซม์ในหน่วย Unit g^{-1}

3.5 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แบบ 2 ปัจจัย (factorial experiment) ทรีตเมนต์ละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance : ANOVA) รายงานผลในรูปของค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) นำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้วิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) เวอร์ชั่น 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

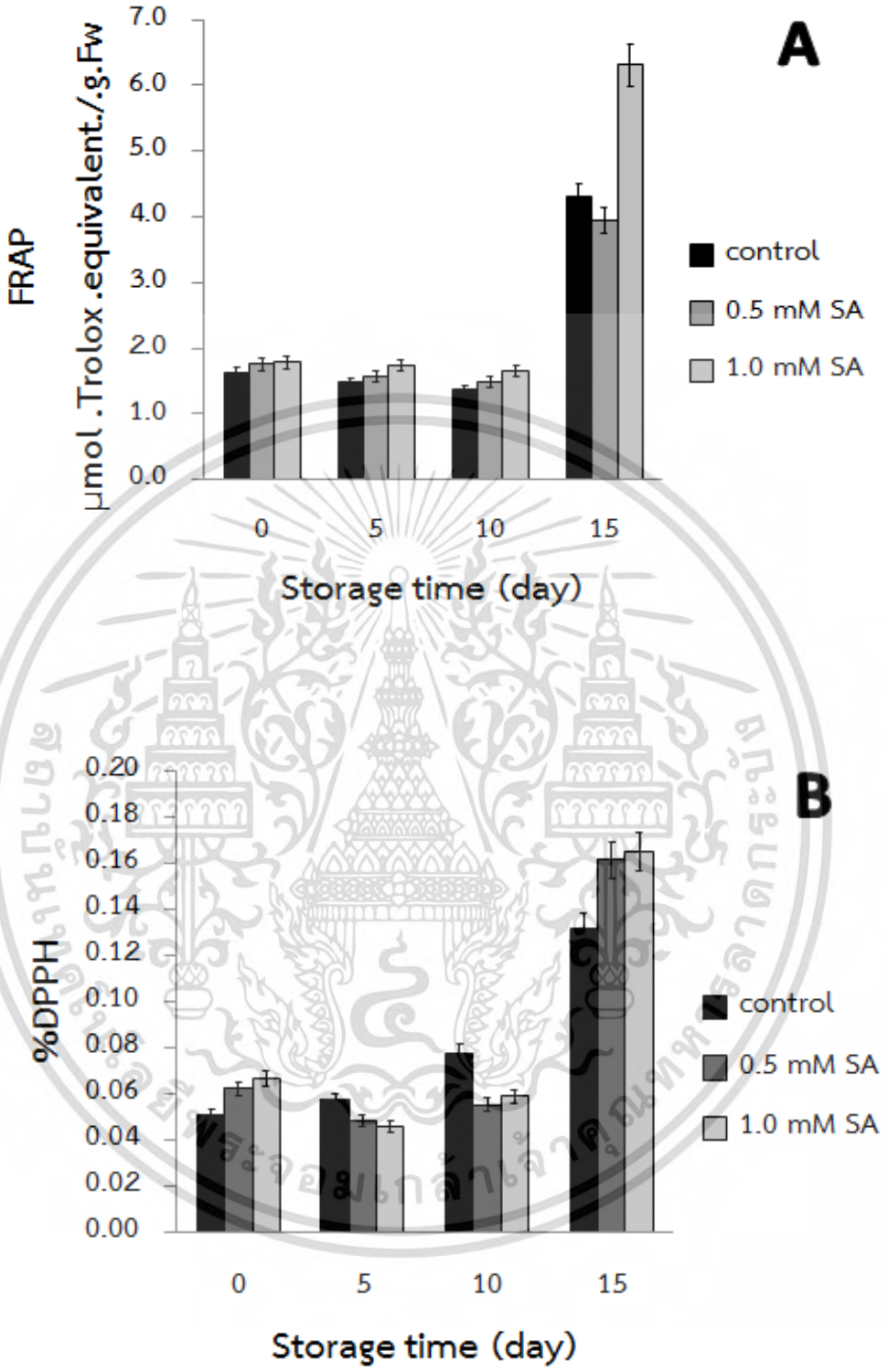
บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองใช้สารละลายกรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนผักระหว่างการเก็บรักษา

4.1.1 ผลการทดลองใช้สารละลายกรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนทานตะวันระหว่างการเก็บรักษา

ภาพที่ 4.1 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันในชุดควบคุม และตัวอย่างที่ฉีดพ่นด้วยปริมาณสารละลายกรดซาลิไซลิกทั้ง 2 ความเข้มข้น ในวันที่ 0 พบว่าสารต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันชุดควบคุมมีค่าสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือกรดซาลิไซลิก 0.5 และ 1.0 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ แต่เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา พบว่าตัวอย่างที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิก 1.0 มิลลิโมลาร์ มีค่าสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลง มาคือ 0.5 มิลลิโมลาร์ และชุดควบคุม ตามลำดับ และเมื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิก 1.0 มิลลิโมลาร์ และชุดควบคุม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่การทดสอบการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH free radical scavenging activity พบว่าค่า กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกและชุดควบคุมมีค่าสารต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ วันที่ 10 ของการเก็บรักษา พบว่าสารต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิโมลาร์ มีค่าสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือ 0.5 มิลลิโมลาร์และชุดควบคุม ตามลำดับ แต่เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา พบว่าการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกทั้ง 2 ความเข้มข้น สามารถช่วยกระตุ้นให้ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมสอดคล้องกับการศึกษาของ Knorzer *et al.* (1999: 294-302) พบว่าสารกรดซาลิไซลิกช่วยส่งเสริมให้ประสิทธิภาพของระบบการต้านอนุมูลอิสระในพืช และ Wei *et al.* (2011: 126-132) พบว่าในหน่อไม้ฝรั่งที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิก ช่วยให้หน่อไม้ฝรั่งมีปริมาณรวมของสารฟลาโวนอยด์และสารฟีนอลิกเพิ่มขึ้น และมีปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระมีอยู่ในปริมาณมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

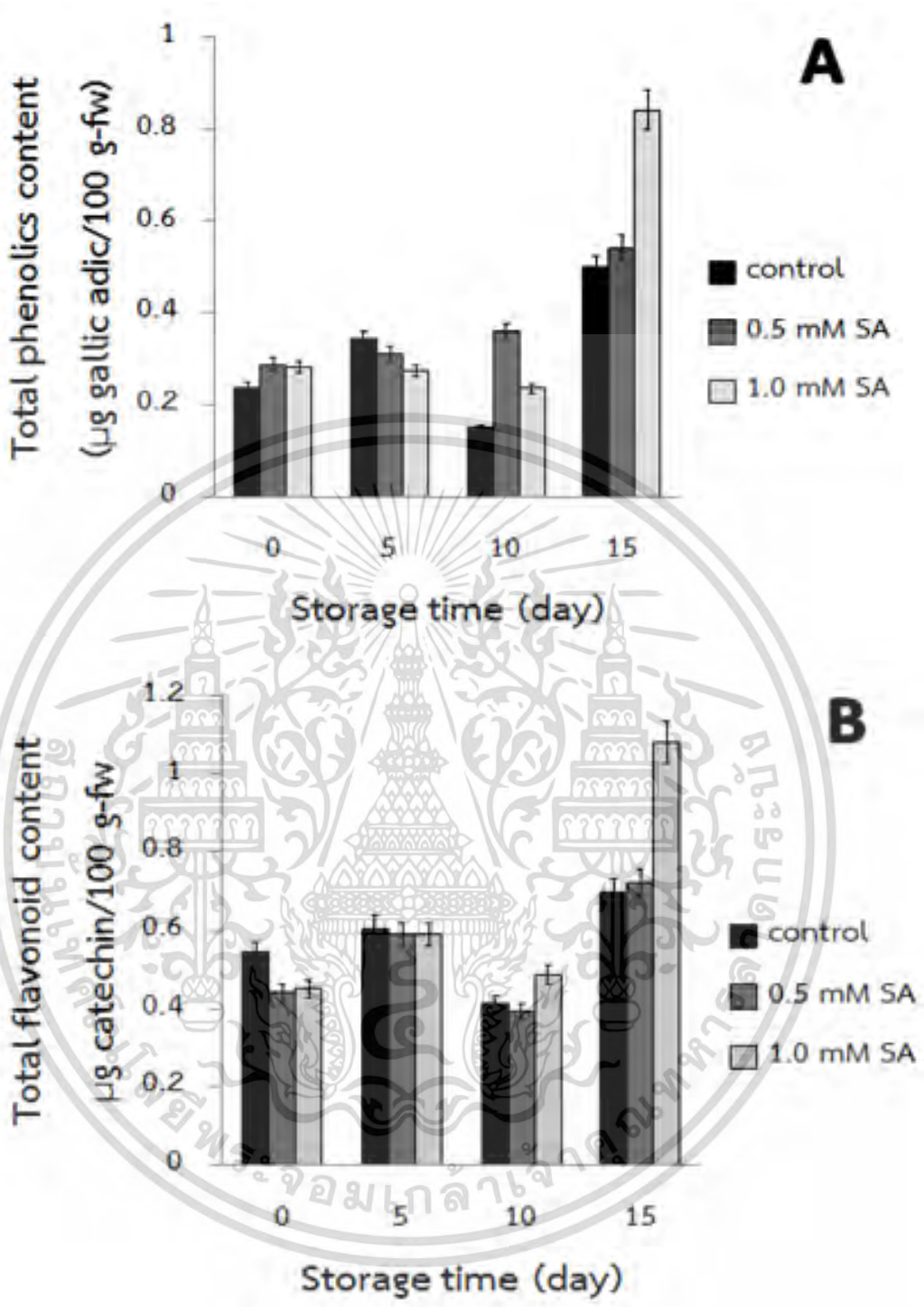


ภาพที่ 4.1 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capacity) (A) และกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (DPPH free radical scavenging activity) (B) ของต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.5 และ 1.0 มิลลิโมลาร์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±1 องศาเซลเซียส เวลา 15 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.2 พบว่าปริมาณฟีนอลทั้งหมดในในผักที่มีอายุการเก็บรักษา 0 และ 5 วัน ในทุกชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่วันที่ 10 ตัวอย่างที่ใช้กรดซาลิไซลิก 0.5 มิลลิโมลาร์ มีปริมาณฟีนอลทั้งหมดสูงกว่า 1.0 มิลลิโมลาร์ และชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และในวันที่ 15 พบว่าตัวอย่างที่ใช้กรดซาลิไซลิก 1.0 มิลลิโมลาร์ มีปริมาณฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดพบว่าในผักที่มีอายุการเก็บรักษา 0 วัน ตัวอย่างที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกทั้ง 2 ความเข้มข้น มีฟลาโวนอยด์ทั้งหมดต่ำกว่าชุดควบคุม วันที่ 5 พบว่าทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดใกล้เคียงกัน ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของตัวอย่างที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิโมลาร์ มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างชุดควบคุมและ 0.5 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ และในวันที่ 15 พบว่ามีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและให้ผลเช่นเดียวกับที่ปริมาณฟีนอลทั้งหมด ดังแสดงในภาพ 4.2 (A) สรุปได้ว่าการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิโมลาร์ ส่งผลให้ปริมาณฟีนอลทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับ Wei *et al.* (2011: 126-132) กรดซาลิไซลิก (salicylic acid) ช่วยให้หน่อไม้ฝรั่งมีปริมาณรวมของสารฟลาโวนอยด์และสารฟีนอลิกเพิ่มขึ้น อีกทั้งมีปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระมีอยู่ในปริมาณมาก นอกจากนี้ Sayyari *et al.* (2011: 152-154) ระบุว่าใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกกับทับทิมมีผลต่อการรักษาปริมาณรวมสารฟีนอลิก สารแอนโธไซยานิน ปริมาณกรดและน้ำตาล รวมทั้งปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระที่ศึกษาแยกในชั้น hydrophilic และ lipophilic ให้คงปริมาณสูงในระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (A) และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (B) ของต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.5 และ 1.0 มิลลิโมลาร์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±1 องศาเซลเซียส เวลา 15 วัน

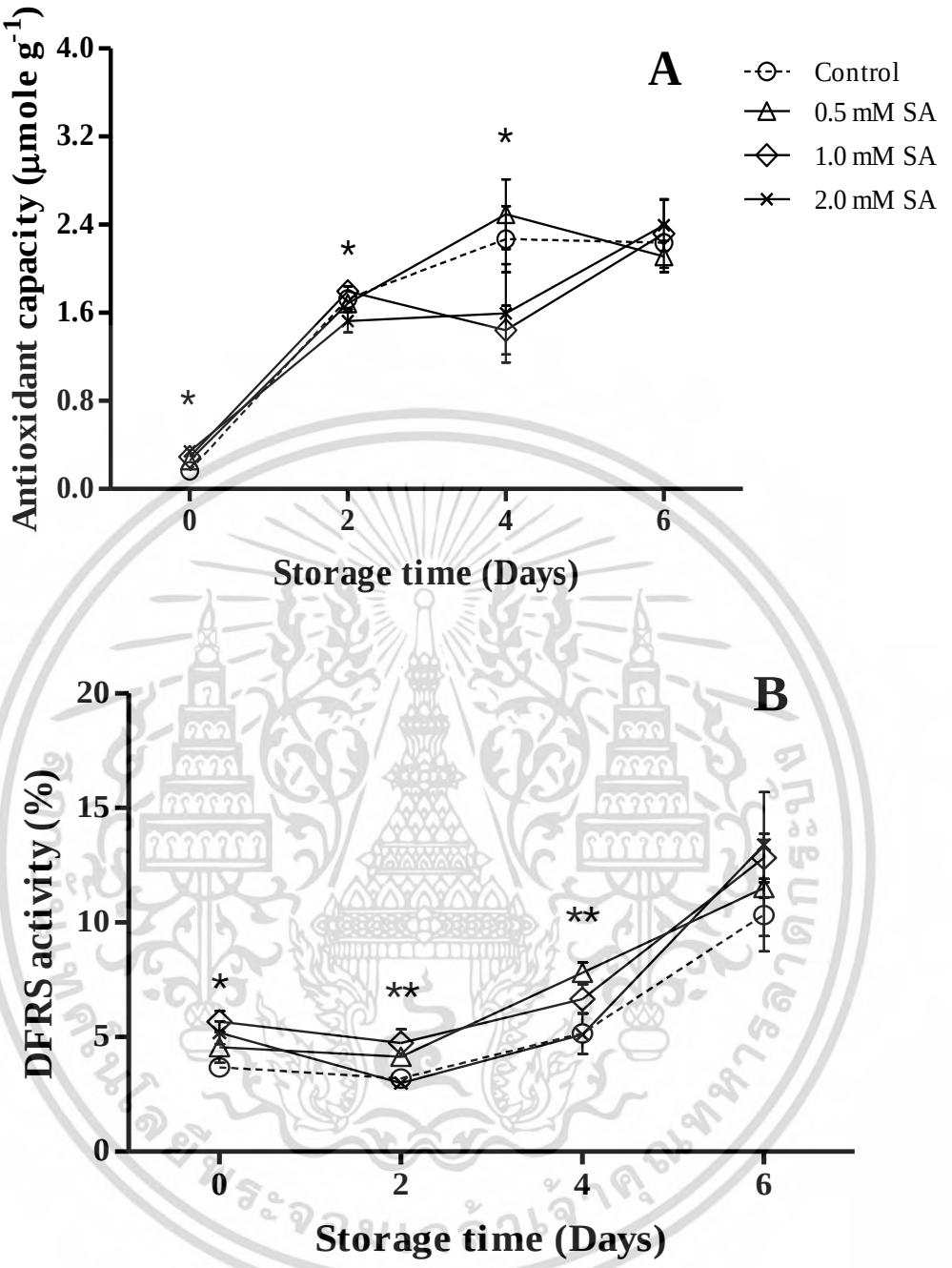
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการทดลองใช้สารละลายกรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนงาระหว่างการเก็บรักษา

จากภาพที่ 4.3 ผลของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capacity) (A) ทดสอบด้วยวิธีการ Ferric reducing antioxidant power (FRAP) รายงานผลในหน่วยของไมโครโมลต่อกรัม (μmole g^{-1}) และกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (DFRS activity) แสดงในภาพ (B) ทดสอบด้วยวิธีการ DPPH free radical scavenging activity รายงานผลในหน่วยของร้อยละ (%) ในการทดลองรดสารละลายกรดซาลิไซลิกในต้นอ่อนงาก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง โดยใช้ระดับความเข้มข้นที่ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ (mM) พบว่าค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (A) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาตลอดระยะเวลา 6 วัน ในวันแรกของการเก็บรักษาชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิก 2.0, 1.0 และ 0.5 มิลลิโมลาร์ มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) หลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 วัน ทุกทรีตเมนต์มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น และสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในทรีตเมนต์ 0.5 มิลลิโมลาร์ และชุดควบคุม ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ในขณะที่วันสุดท้ายของการเก็บรักษา 6 วัน ไม่พบความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

ภาพที่ 4.3 (B) กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (DFRS activity) ในวันแรกหลังการเก็บเกี่ยวพบว่าค่าของกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ คือ ในวันแรกต้นอ่อนงานที่ถูกรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0, 1.0 และ 0.5 มิลลิโมลาร์ มีปริมาณกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมตามลำดับ ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาพบว่าค่าของกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระค่อนข้างคงที่ยกเว้นทรีตเมนต์ที่ใช้กรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ และหลังจากต้นอ่อนงาถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำนาน 4 วัน พบว่า ทุกชุดการทดลองมีค่ากิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระสูงขึ้นถึงวันที่ 6 โดยที่ชุดการทดลองสารละลายกรดซาลิไซลิก 0.5 และ 1.0 มิลลิโมลาร์ มีกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



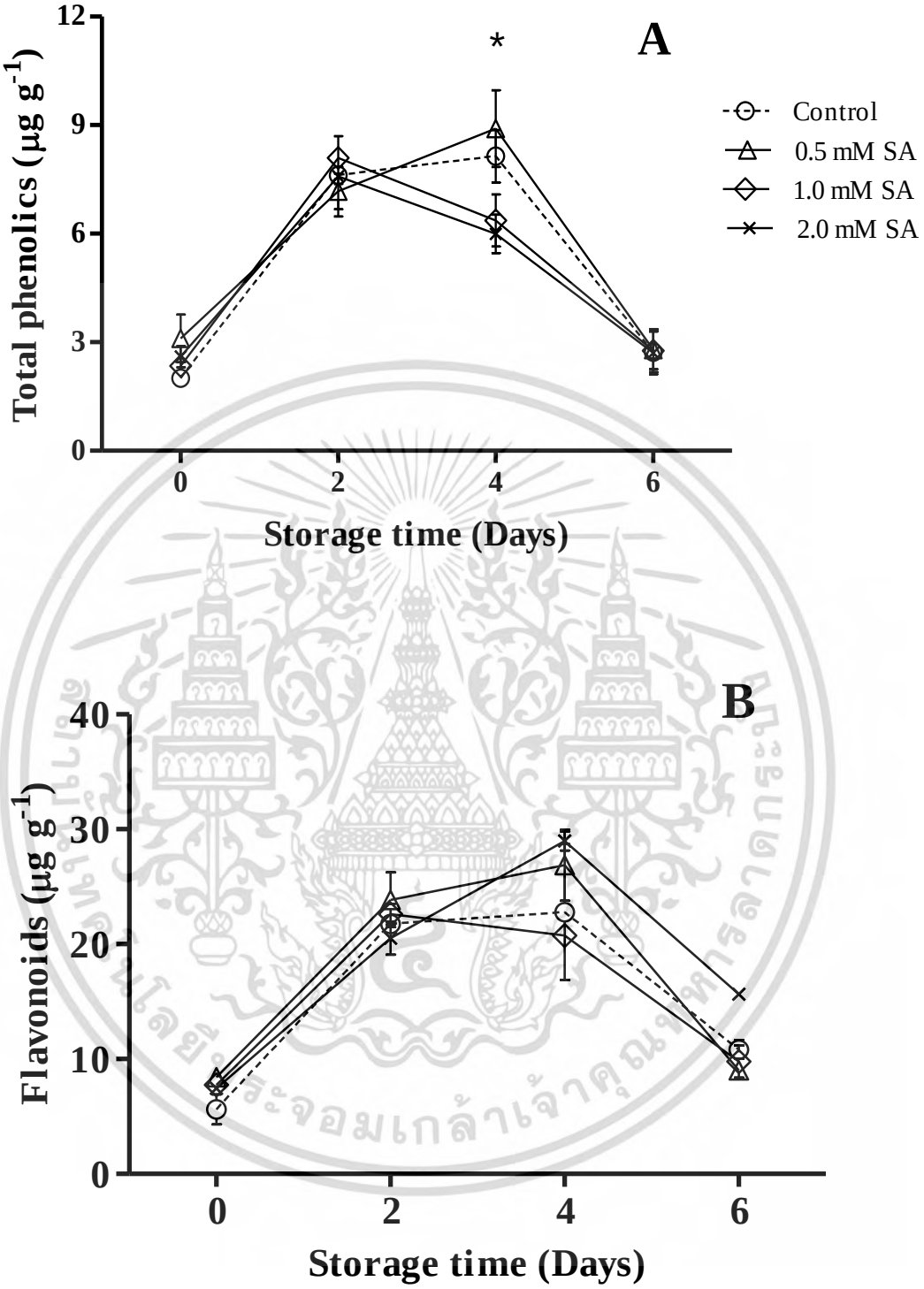
ภาพที่ 4.3 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capacity) (A) และกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (DPPH free radical scavenging activity) (B) ของต้นอ่อนงาที่รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.4 (A) แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของต้นอ่อนงา ซึ่งพบว่าทุกชุดการทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นและลดลงไปในทิศทางเดียวกัน ในระหว่างวันแรกของการเก็บรักษาจนถึงวันที่ 2 ทุกชุดการทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นเกือบ 2 เท่าตัว และชุดการทดลองสารละลายกรดซาลิไซลิก 0.5 มิลลิโมลาร์ มีแนวโน้มว่าช่วยกระตุ้นสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในต้นอ่อนงาให้เพิ่มสูง ณ วันที่ 4 ของการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ขณะที่ชุดควบคุมมีแนวโน้มคงคุณค่าของสาร ประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้ ส่วนชุดการทดลองสารละลายกรดซาลิไซลิก 1.0 มิลลิโมลาร์ และ 2.0 มิลลิโมลาร์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้เริ่มลดลงเรื่อยๆ จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา และในวันที่ 6 พบว่าทุกชุดการทดลองมีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกัน

นอกจากนี้ปริมาณฟลาโวนอยด์ ตามภาพประกอบ B มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด คือ ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ต้นอ่อนงาในทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟลาโวนอยด์เพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่พบความแตกต่างในระหว่างชุดการทดลอง ซึ่งในระหว่างวันที่ 2 และวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่าชุดควบคุมและสารละลายกรดซาลิไซลิก 1.0 มิลลิโมลาร์ สามารถคงคุณค่าของฟลาโวนอยด์ได้ ขณะที่ชุดการทดลองสารละลายกรดซาลิไซลิก 0.5 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ เห็นถึงแนวโน้มว่ามีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟลาโวนอยด์ แต่เมื่อทดสอบผลทางสถิติแล้วพบว่าทุกชุดการทดลองนั้นแตกต่างกันทางไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ต้นอ่อนงาทุกชุดการทดลองมีค่าปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลง จากกราฟจะเห็นได้ว่าชุดการทดลองสารละลายกรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ มีแนวโน้มที่จะสามารถช่วยชะลอการลงลดของปริมาณฟลาโวนอยด์ได้มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ

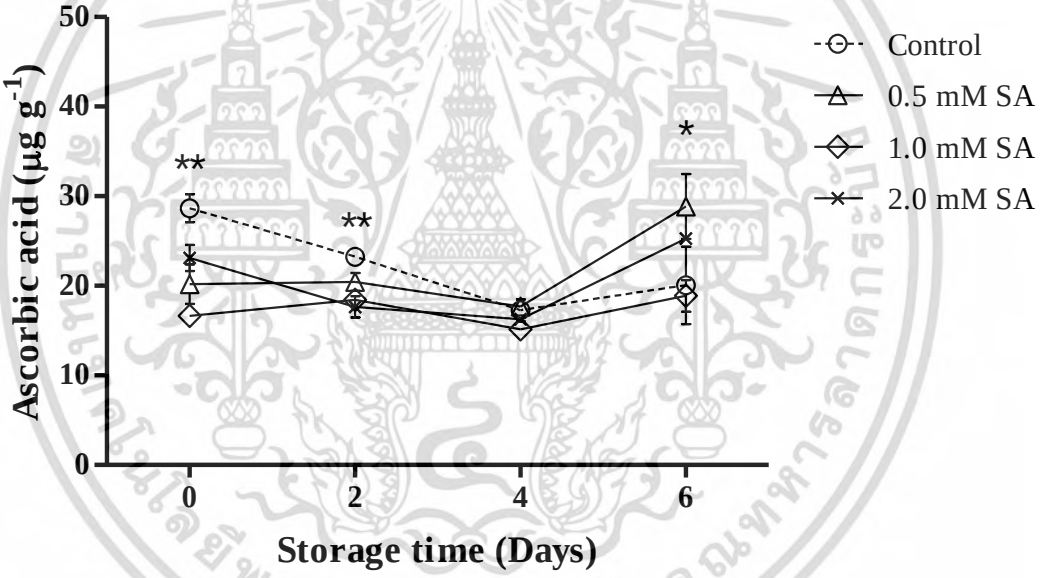
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (A) และ ปริมาณฟลาโวนอยด์ (B) ของต้นอ่อนงาที่รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.5 แสดงปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดในต้นอ่อนงา พบว่าการรดน้ำต้นอ่อนงาที่ผสมสารละลายจากกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 0.5 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ มีแนวโน้มส่งผลให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนงาลดต่ำลง ในวันแรกหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และในระยะเวลา 4 วัน แรกของการเก็บรักษา พบว่าชุดควบคุมมีการสูญเสียปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิก ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ จากผลการทดลองเป็นไปได้ความสามารถชะลอการสูญเสียวิตามินซีหรือปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดได้ จากนั้นในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 0.5 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ สามารถกระตุ้นปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดให้เพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาเหมือนเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และใกล้เคียงกับปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดในต้นอ่อนงา ของชุดควบคุมในวันแรก



ภาพที่ 4.5 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนงา รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส ต้นอ่อนงาเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน และต้นอ่อนหัวไชเท้าเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน

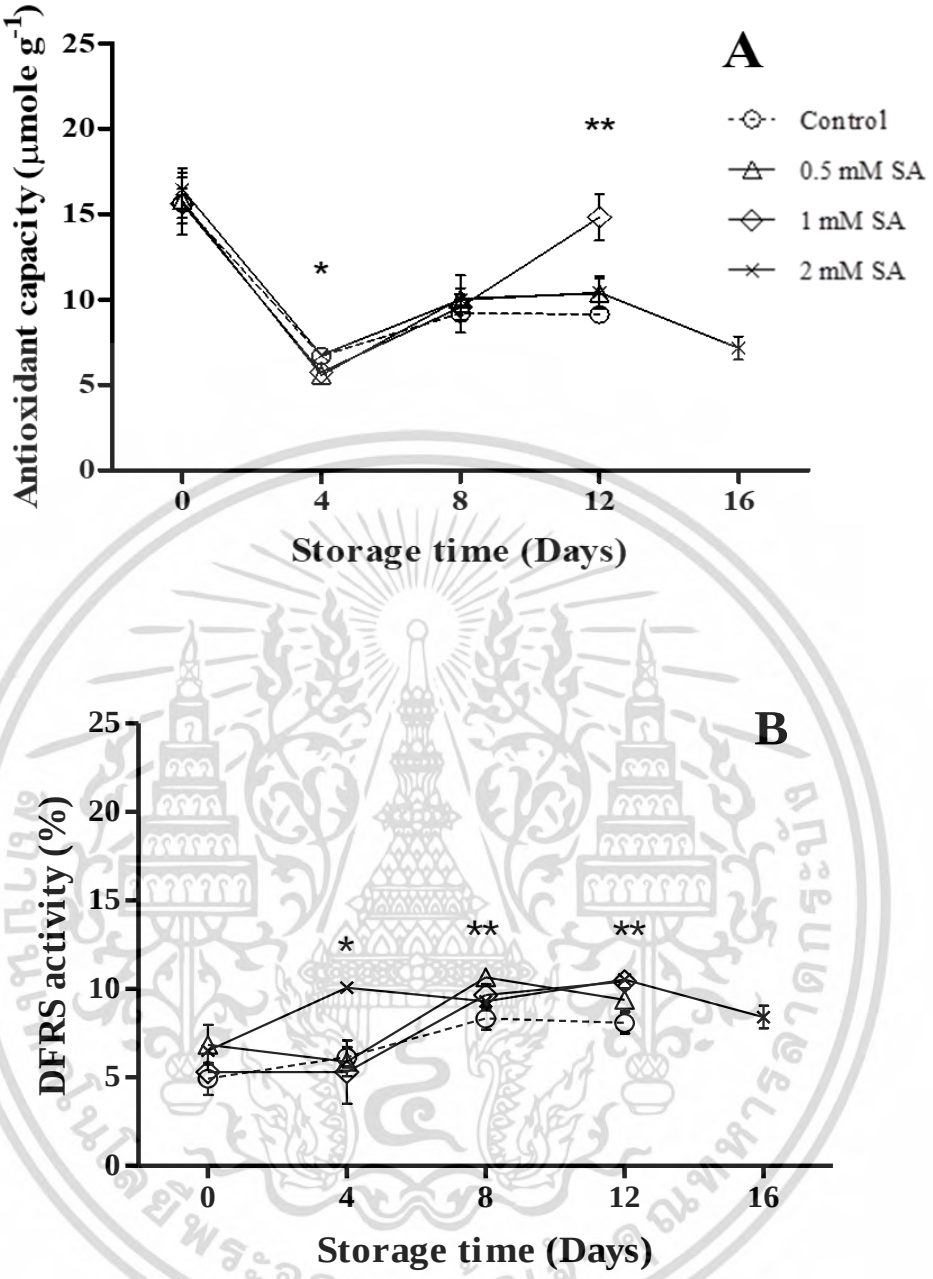
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลการทดลองใช้สารละลายกรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนหัวไชเท้าระหว่างการเก็บรักษา

ภาพที่ 4.6 (A) แสดงค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนหัวไชเท้า ในวันที่ 0 มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวันอื่นๆ กล่าวคือ ในระยะการเก็บรักษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนหัวไชเท้าลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระลดลงกว่าเท่าตัวในทุกชุดการทดลอง หลังจากนั้นในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มว่าค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนหัวไชเท้านั้นสูงขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างชุดการทดลอง และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มคงที่ระหว่างการเก็บรักษา ยกเว้นชุดการทดลองที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิโมลาร์ ที่สามารถกระตุ้นกลไกการสร้างกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ และมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ซึ่งค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนหัวไชเท้านั้นมีความสอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกับค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ภาพที่ 4.6 (A) สรุป คือ การใช้กรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สามารถชะลอการลดลงของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระได้ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา เทียบเท่ากับชุดควบคุม (น้ำ) แต่มีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าชุดการทดลองอื่น ส่วนค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่ใช้กรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 1.0 มิลลิโมลาร์ สามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระได้ในวันที่ 12

ขณะที่กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระของต้นอ่อนหัวไชเท้าแสดงในภาพที่ 4.6 (B) พบว่าการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิก ในวันแรกหลังการเก็บเกี่ยวไม่พบความแตกต่างระหว่างชุดควบคุมและชุดการทดลอง และในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้นที่ 2.0 มิลลิโมลาร์ สามารถกระตุ้นกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระของต้นอ่อนหัวไชเท้าได้มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ขณะที่ในระหว่างวันที่ 8 ถึง วันที่ 12 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิก แทนน้ำเปล่า (ชุดควบคุม) ที่ระดับความต่างๆ ทั้ง 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ มีกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดควบคุม จึงมีแนวโน้มว่าการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกในความเข้มข้นที่เหมาะสมสามารถกระตุ้นให้ตัวอ่อนหัวไชเท้าสร้างกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระได้มากขึ้น นอกจากนี้การใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้นที่ 2.0 มิลลิโมลาร์ ยังทำให้ต้นอ่อนคงรูปลักษณะปรากฏได้และเก็บรักษาได้นานถึง 16 วัน มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ที่เก็บรักษาได้เพียง 12 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

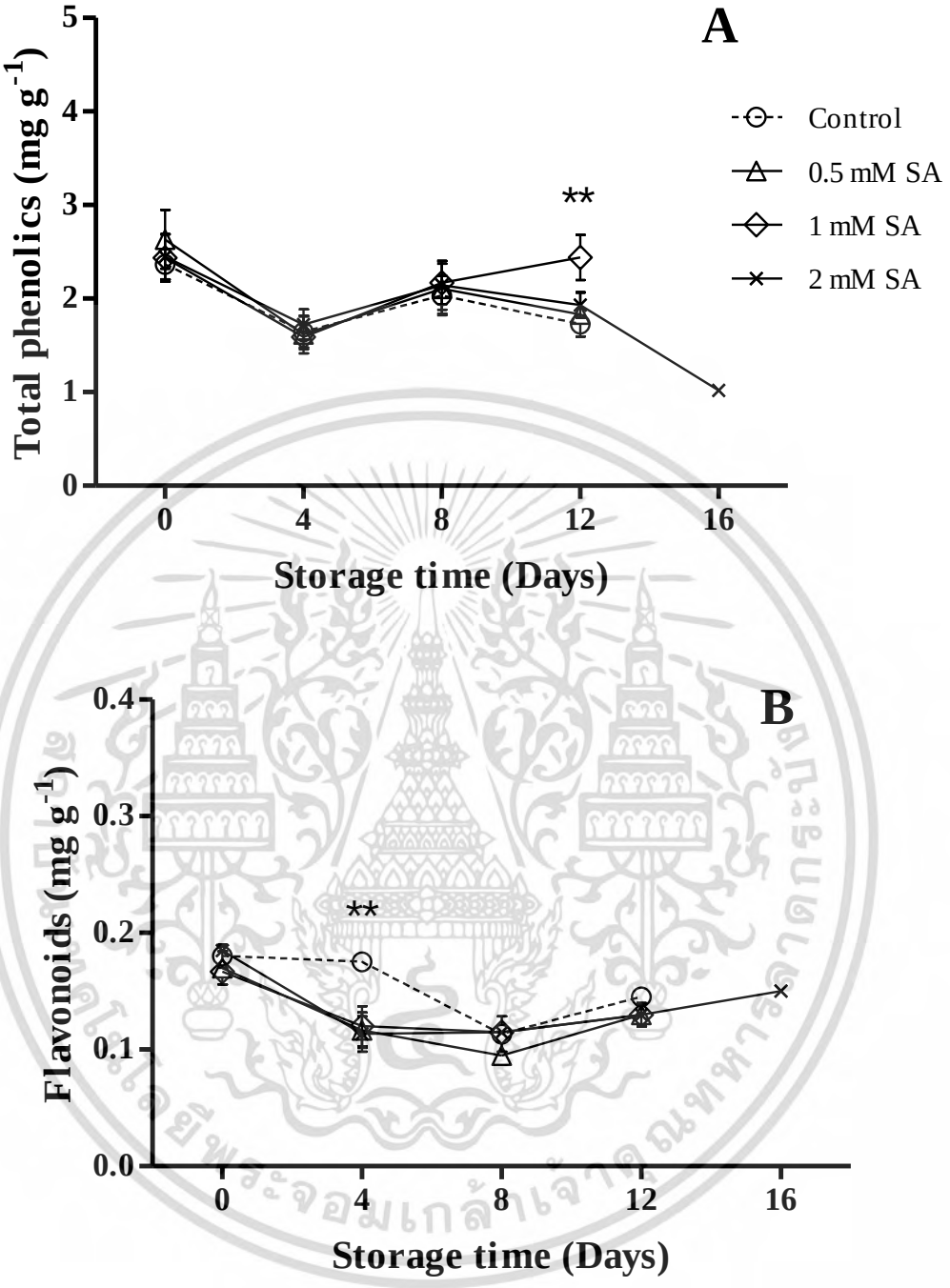


ภาพที่ 4.6 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capacity) (A) และ กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (DPPH free radical scavenging activity) (B) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เวลา 16 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.7 (A) แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของต้นอ่อนหัวไชเท้า พบว่าระหว่างการเก็บรักษาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในวันแรกหลังเก็บเกี่ยว ทุกชุดการทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในช่วงแรกระหว่างวันที่ 0 ถึง วันที่ 4 พบว่าทุกชุดการทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลง ก่อนจะเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา จากนั้นมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะในการเก็บรักษา ยกเว้นชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้น 1.0 มิลลิโมลาร์ ในวันที่ 12 ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในต้นอ่อนหัวไชเท้าสูงที่สุด ภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากการเก็บเกี่ยว ตัวอย่างต้นอ่อนหัวไชเท้าถูกนำมาวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ แสดงผลตามภาพที่ 4.8 (B) วันแรกของการเก็บรักษาไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละชุดการทดลอง และมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา ยกเว้นชุดควบคุมที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์คงที่ค่อนข้างตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา จากนั้นจึงลดลงในช่วงเวลาต่อมา และหลังจากวันที่ 8 ของการเก็บรักษาทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟลาโวนอยด์แตกต่างกันเล็กน้อยและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

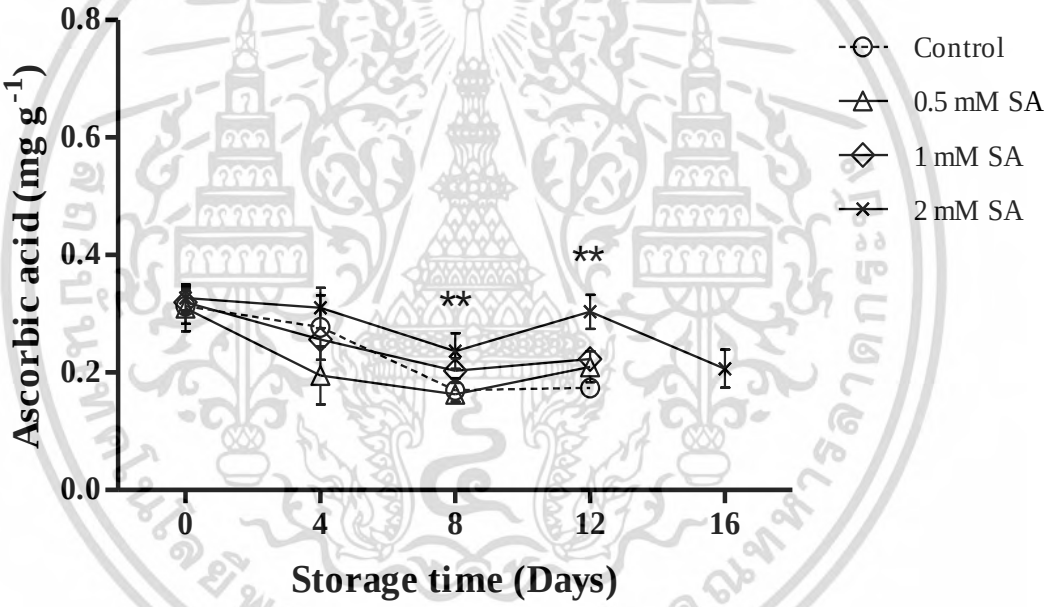
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (A) และ ปริมาณฟลาโวนอยด์ (B) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.8 แสดงปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดในต้นอ่อนหัวไชเท้ามีปริมาณกรดแอสคอร์บิก ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา เช่นเดียวกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ ซึ่งในวันแรกของการเก็บรักษาพบว่าทุกชุดการทดลองมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดใกล้เคียงกันและไม่พบความแตกต่างในชุดการทดลองและระหว่างการเก็บรักษาในระยะเวลา 12 วัน พบว่าต้นอ่อนหัวไชเท้ามีการสูญเสียกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดอย่างต่อเนื่อง โดยชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สามารถชะลอการลดลงของปริมาณกรดแอสคอร์บิกได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ โดยเฉพาะในวันที่ 8 และ 12 ของการเก็บรักษา มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)



ภาพที่ 4.8 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนหัวไชเท้า รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส ต้นอ่อนงาเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน และต้นอ่อนหัวไชเท้าเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

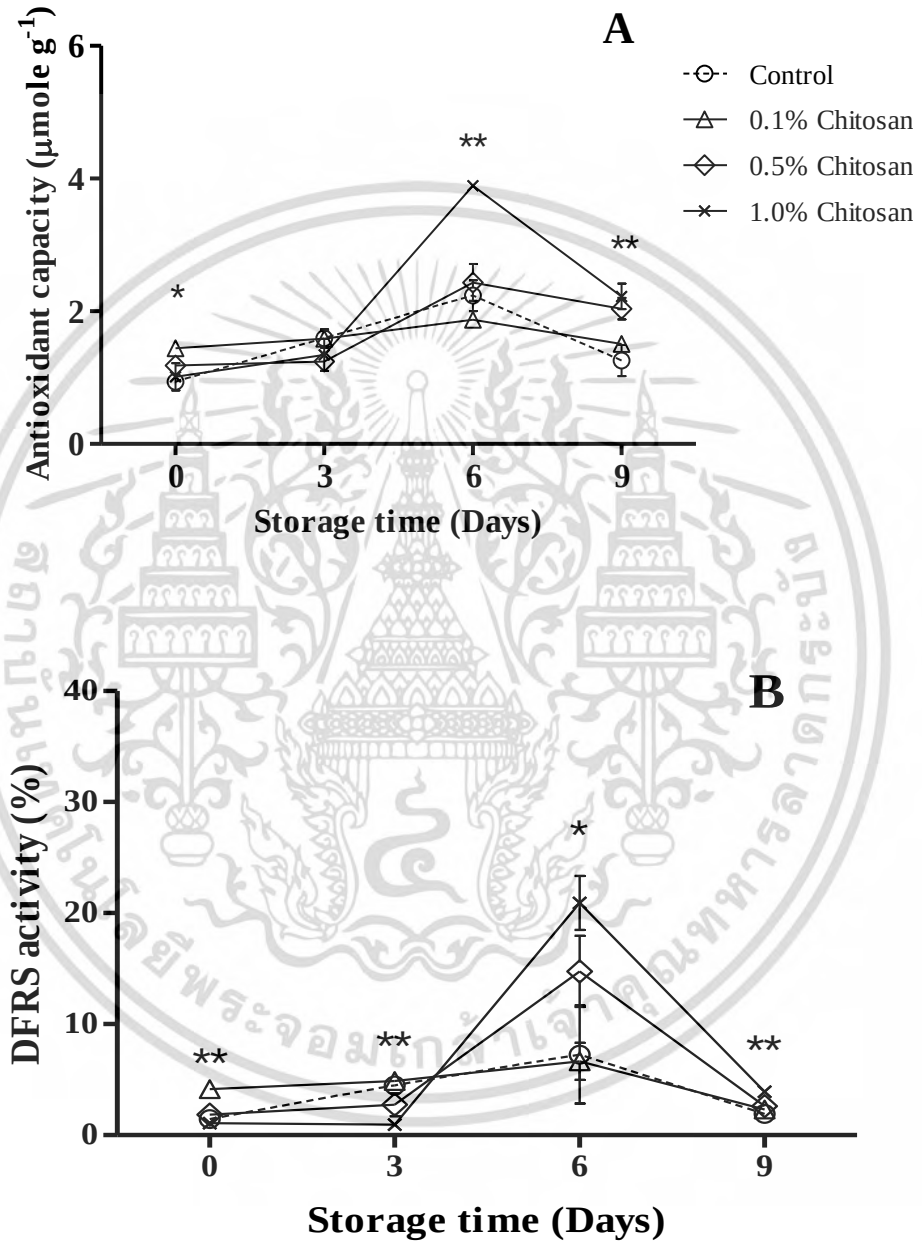
4.2 ผลการทดลองใช้สารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนผักระหว่างการเก็บรักษา

4.2.1 ผลการทดลองใช้สารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนงาระหว่างการเก็บรักษา

จากภาพที่ 4.9 (A) แสดงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.5 และ 1.0 โดยมีระยะเวลาในการเก็บรักษาทั้งหมด 9 วัน จากการวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันด้วยวิธีการ Ferric reducing antioxidant power (FRAP) พบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ในวันแรกหลังการเก็บเกี่ยว จากนั้นในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลอง กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ต่อมาในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบว่าการใช้สารละลายสารละลายไคโตซานละร้อย 1.0 สามารถกระตุ้นสภาวะการทำงานของต้นอ่อนทานตะวันให้มีการสร้างกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้นเกือบหนึ่งเท่าตัว และสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ($p<0.01$) ซึ่งในขณะที่ชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานละร้อย 0.1 และ 0.5 มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงต้นจากว่าที่ 3 แต่ไม่แตกต่างกันในชุดการทดลองดังกล่าว จากนั้นในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา พบว่าทุกชุดการทดลองมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระลงลด โดยจากกราฟจะเห็นเป็นสองกลุ่มที่แตกต่างกัน คือ ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายที่ความเข้มข้นต่ำคือร้อยละ 0.1 และชุดควบคุม มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันต่ำกว่า ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นสูง คือที่ร้อย 0.5 และ 1.0 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) นอกจากนี้กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันที่แสดงให้ในภาพที่ 4.9 (B) มีแนวโน้มที่จะเป็นไปในทิศทางเดียวกับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันที่วิเคราะห์ด้วยวิธีการ Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ในกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์โดย DPPH free radical scavenging activity หรือ DFRS activity ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่าวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (DFRS activity) สูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เป็นไปในทิศทางเดียวกับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันที่แสดงในภาพที่ 4.9 (A) และทุกชุดการทดลองมีค่ากิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระค่อนข้างคงที่ไปถึงวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และทุกชุดการทดลองมีกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระสูงขึ้นมากในวันที่ 6 เช่นเดียวกับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (ภาพที่ 4.9 A) โดยกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระที่สูงที่สุดคือการใช้สารละลายสารละลายไคโตซานละร้อย 1.0, 0.5, 0 (ชุดควบคุม) และ ร้อยละ 0.1 ตามลำดับ เป็นปริมาณกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากนั้นในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาทุกชุดการทดลองมีกิจกรรมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขจัดอนุมูลอิสระที่ลดลง ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (ภาพที่ 4.9 A) วันที่ 9 ของการเก็บรักษาระหว่างชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยชุดทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานร้อยละ 1.0 มีกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาเป็นการใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 0.1 และ 0 (ชุดควบคุม) ตามลำดับ



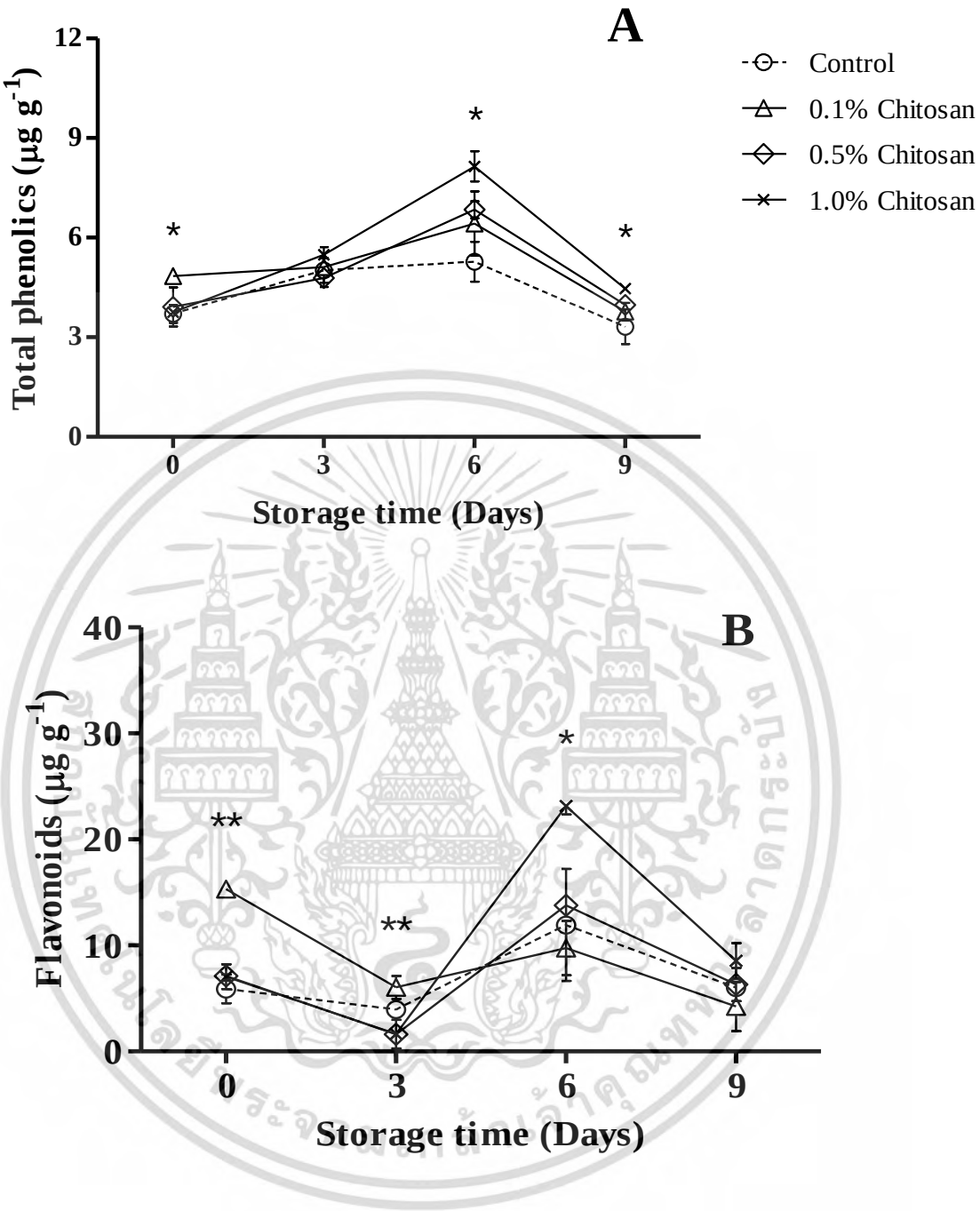
ภาพที่ 4.9 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (A) และกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (B) ต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.5 และ 1.0 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 9 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.10 (A) แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.5 และ 1.0 เก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 9 วัน ตรวจวิเคราะห์ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 ของการเก็บรักษา ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากนั้นระยะตั้งแต่วันที่ 3 ถึงวันที่ 6 ทุกชุดการทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงขึ้นและทุกชุดการทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยที่ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) รองลงมาคือการใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 0.1 และ 0 (ชุดควบคุม) ตามลำดับ จนกระทั่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา 9 วัน พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงทุกชุดการทดลองและชุดการทดลองที่ชะลอการลดลงได้ดีที่สุด คือ ชุดการลองไคโตซานที่ร้อยละ 1.0, 0.5, 0.1 และ 0 (ชุดควบคุม) ตามลำดับ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในต้นอ่อนทานตะวันมีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากภาพที่ 4.10 (B) แสดงปริมาณฟลาโวนอยด์ของต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.5 และ 1.0 เก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 9 วัน ตรวจวิเคราะห์ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 ของการเก็บรักษา ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0 และชุดควบคุมมีปริมาณฟลาโวนอยด์ในวันที่ 0 ไม่แตกต่างกัน ปริมาณฟลาโวนอยด์ลงลดในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลองและเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 6 โดยที่ชุดการทดลอง ที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) รองลงมา คือ การใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ชุดควบคุม และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ตามลำดับ ซึ่งค่อนข้างที่จะสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวัน (ภาพที่ 4.10 B) และในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลงและมีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยชุดการทดลองที่ปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลงมากที่สุดคือชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0 (ชุดควบคุม), 0.5 และ 1.0 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 สามารถชะลอการสูญเสียฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อนทานตะวันได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองอื่นๆ ซึ่งจะสังเกตได้ว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อนทานตะวันเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกิจกรรมการต้านและกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระในต้นอ่อนทานตะวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

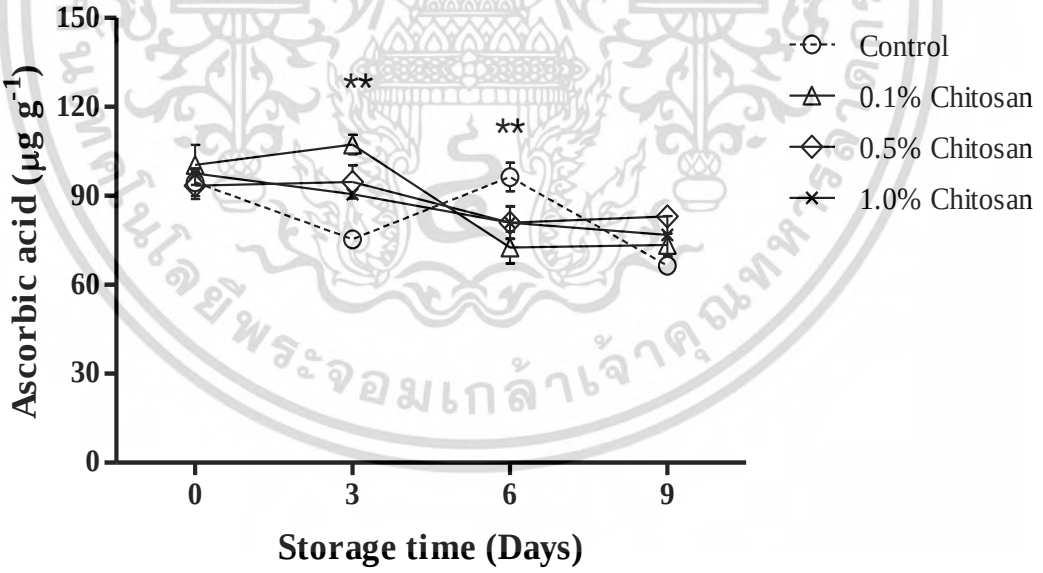


ภาพที่ 4.10 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (A) และปริมาณฟลาโวนอยด์ (B) ของต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.5 และ 1.0 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 9 วัน

จากภาพที่ 4.11 แสดงปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.5 และ 1.0 เก็บรักษาเป็นระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลานาน 9 วัน ตรวจวิเคราะห์ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 ของการเก็บรักษา ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าทุกชุดการทดลองมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวันใกล้เคียงกันเล็กน้อย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ต่อมาในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาพบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มีแนวโน้มว่าสามารถกระตุ้นปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวันให้เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ขณะที่ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 0.1 สามารถชะลอการสูญเสีย กรดแอสคอร์บิกทั้งหมด ทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดค่อนข้างคงที่ ใน 3 วันแรกของการเก็บเกี่ยวได้ และมีเพียงชุดควบคุมที่มีการสูญเสียปริมาณกรดแอสคอร์บิกหรือปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลงในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และในวันที่ 6 พบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานทุกความเข้มข้นมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดลดลงและมีแนวโน้มว่าจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อมีการเก็บรักษามากกว่า 9 วัน ยกเว้นชุดควบคุมที่มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา แต่ลดลงต่ำลงในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา เช่นเดียวกับชุดการทดลองอื่นๆ และในวันสุดท้ายของการเก็บ ไม่พบความแตกต่างของปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวันในทุกชุดการทดลอง ($p \geq 0.05$)



ภาพที่ 4.11 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.5 และ 1.0 เก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 9 วัน ตรวจวิเคราะห์ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 ของการเก็บรักษา ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซาน

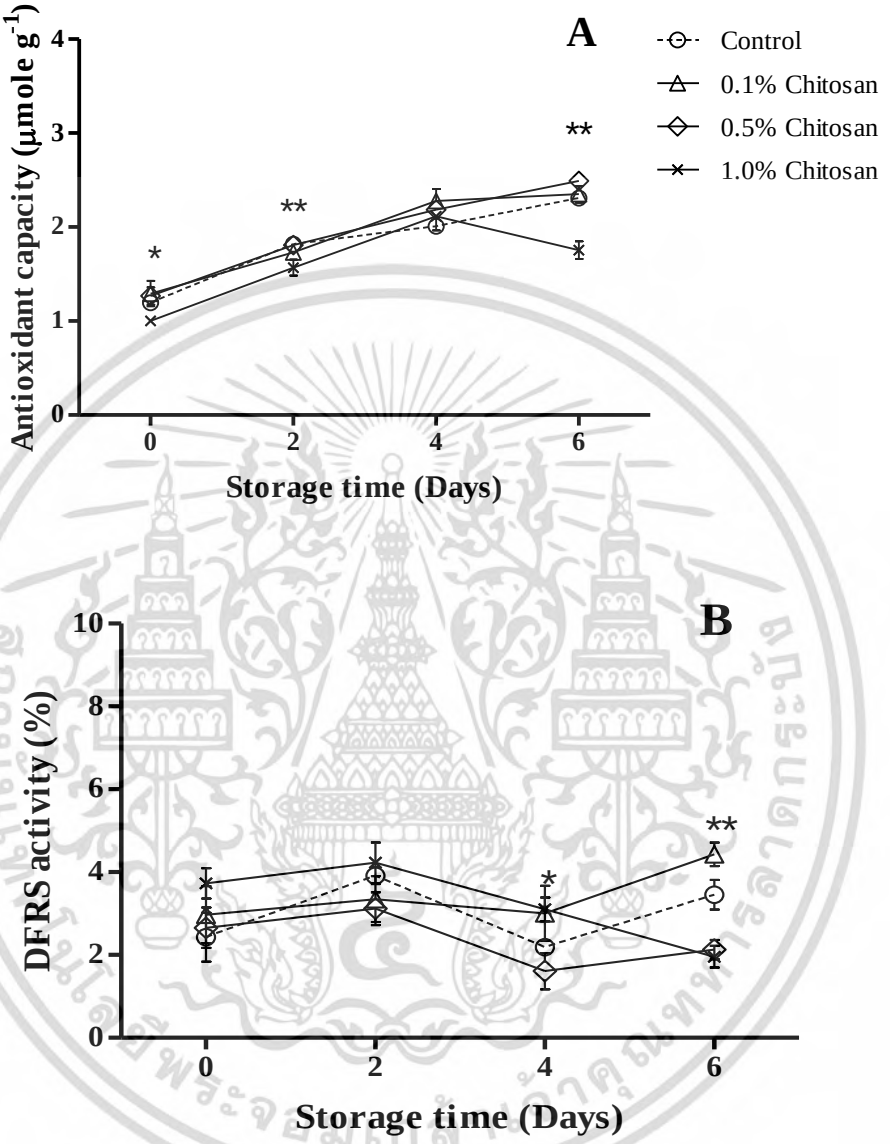
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลองใช้สารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนงาระหว่างการเก็บรักษา

จากภาพที่ 4.12 (A) แสดงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.5 และ 1.0 โดยมีระยะเวลาในการเก็บรักษาทั้งหมด 9 วัน จากการวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันด้วยวิธีการ Ferric reducing antioxidant power (FRAP) พบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ในวันแรกหลังการเก็บเกี่ยว จากนั้นในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลองกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ต่อมาในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบว่าการใช้สารละลายสารละลายไคโตซานละร้อย 1.0 สามารถกระตุ้นสภาวะการทำงานของต้นอ่อนทานตะวันให้มีการสร้างกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้นเกือบหนึ่งเท่าตัว และสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ($p<0.01$) ซึ่งในขณะที่ชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานละร้อย 0.1 และ 0.5 มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงต้นจากว่าที่ 3 แต่ไม่แตกต่างกันในชุดการทดลองดังกล่าว จากนั้นในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา พบว่าทุกชุดการทดลองมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระลงลด โดยจากกราฟจะเห็นเป็นสองกลุ่มที่แตกต่างกัน คือ ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายที่ความเข้มข้นต่ำคือร้อยละ 0.1 และชุดควบคุม มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันต่ำกว่า ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นสูงคือที่ร้อย 0.5 และ 1.0 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) นอกจากนี้กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันที่แสดงให้ในภาพที่ 4.12 (B) มีแนวโน้มที่จะเป็นไปในทิศทางเดียวกับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันที่วิเคราะห์ด้วยวิธีการ Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ในกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์โดย DPPH free radical scavenging activity หรือ DFRS activity ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่าวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (DFRS activity) สูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เป็นไม่ในทิศทางเดียวกับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันที่แสดงในภาพที่ 4.12 (A) และทุกชุดการทดลองมีค่ากิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระค่อนข้างคงที่ไปถึงวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และทุกชุดการทดลองมีกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระสูงขึ้นมากในวันที่ 6 เช่นเดียวกับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (ภาพที่ 4.12 A) โดยกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระที่สูงที่สุดคือการใช้สารละลายสารละลายไคโตซานละร้อย 1.0, 0.5, 0 (ชุดควบคุม) และ ร้อยละ 0.1 ตามลำดับ เป็นปริมาณกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากนั้นในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาทุกชุดการทดลองมีกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระที่ลดลง ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (ภาพที่ 4.12 A) วันที่ 9 ของการเก็บรักษาระหว่างชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยชุดทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานร้อยละ 1.0 มีกิจกรรมการขจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาเป็นการใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 0.1 และ 0 (ชุดควบคุม) ตามลำดับ



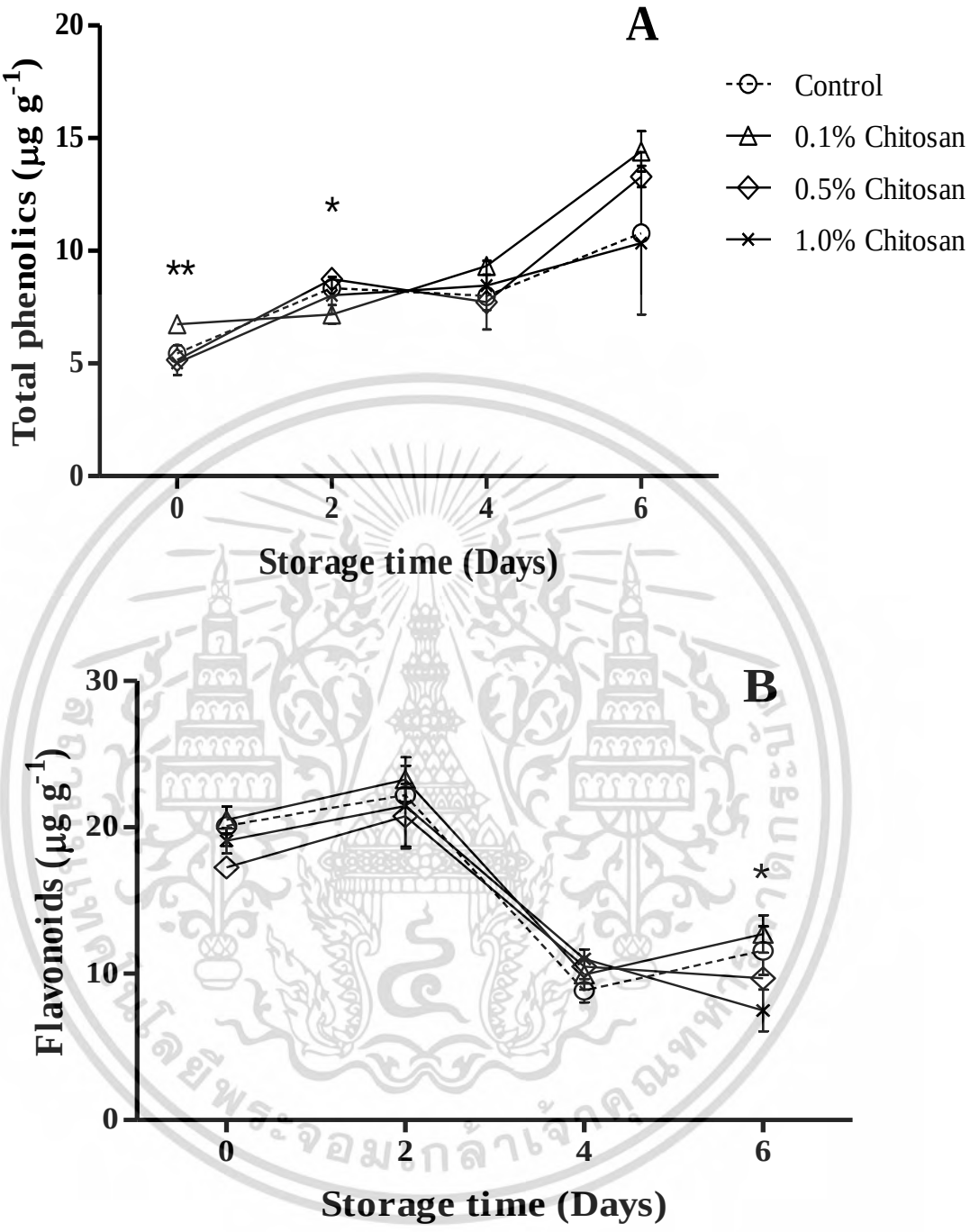
ภาพที่ 4.12 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capacity) (A) และกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (DPPH free radical scavenging activity) (B) ของต้นอ่อนงาที่รดด้วยสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.5 และ 1.0 บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.13 (A) แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.5 และ 1.0 เก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 9 วัน ตรวจวิเคราะห์ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 ของการเก็บรักษา ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากนั้นระยะตั้งแต่วันที่ 3 ถึงวันที่ 6 ทุกชุดการทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงขึ้นและทุกชุดการทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยที่ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) รองลงมาคือการใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 0.1 และ 0 (ชุดควบคุม) ตามลำดับ จนกระทั่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา 9 วัน พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงทุกชุดการทดลองและชุดการทดลองที่ชะลอการลดลงได้ดีที่สุด คือ ชุดการลองไคโตซานที่ร้อยละ 1.0, 0.5, 0.1 และ 0 (ชุดควบคุม) ตามลำดับ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในต้นอ่อนทานตะวันมีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากภาพที่ 4.13 (B) แสดงปริมาณฟลาโวนอยด์ของต้นอ่อนทานตะวันที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.5 และ 1.0 เก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 9 วัน ตรวจวิเคราะห์ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 ของการเก็บรักษา ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0 และชุดควบคุมมีปริมาณฟลาโวนอยด์ในวันที่ 0 ไม่แตกต่างกัน ปริมาณฟลาโวนอยด์ลงลดในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลองและเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 6 โดยที่ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) รองลงมา คือ การใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ชุดควบคุม และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ตามลำดับ ซึ่งค่อนข้างที่จะสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวันตามภาพที่ 4.13 (B) และในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลงและมีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยชุดการทดลองที่ปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลงมากที่สุดคือชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0 (ชุดควบคุม), 0.5 และ 1.0 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 สามารถชะลอการสูญเสียฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อนทานตะวันได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองอื่นๆ ซึ่งจะสังเกตได้ว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อนทานตะวันเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกิจกรรมการต้านและกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระในต้นอ่อนทานตะวัน

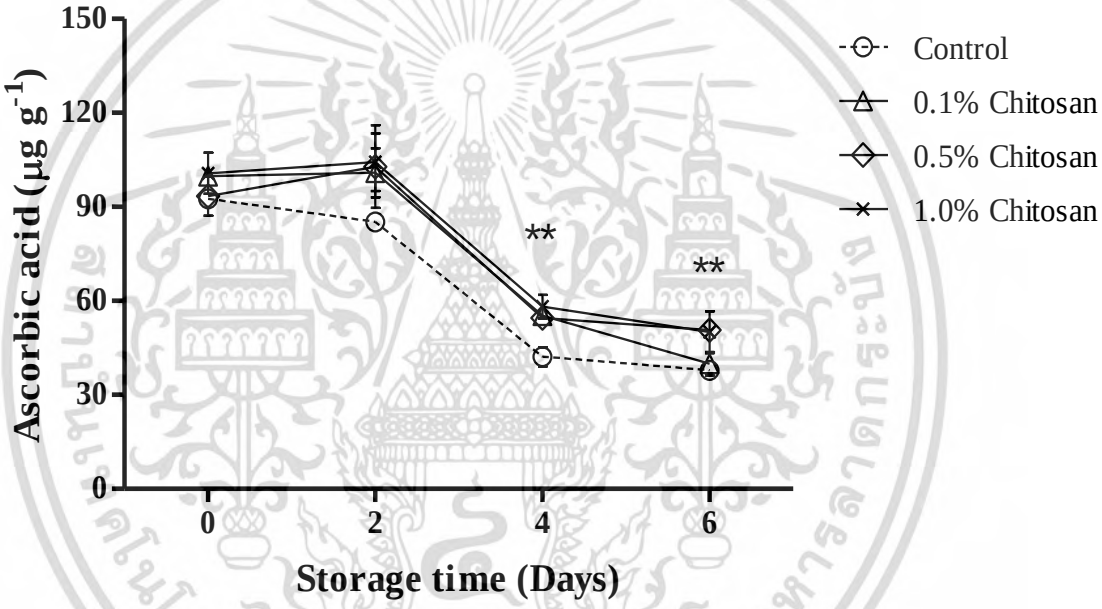
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.13 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (A) และปริมาณฟลาโวนอยด์ (B) ของต้นอ่อนงาที่รดด้วยสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) 0.1, 0.5 และ 1.0 บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.14 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนงาที่รดด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.5 และ 1.0 หลังจากเก็บเกี่ยวในวันแรก ทุกชุดการทดลองมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดใกล้เคียงกันและมีค่าคงที่ไปถึงวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ยกเว้นชุดควบคุมที่มีแนวโน้มลดลงต่อเนื่อง จนกระทั่งวันที่ 4 ของการเก็บ พบว่าทุกชุดการทดลองมีการสูญเสียวิตามินซีเกือบสองเท่าจากวันแรกที่เก็บเกี่ยว โดยชุดควบคุมมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดลดลงมากที่สุด ดังนั้น จึงเป็นไปได้ว่าการใช้สารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.5 และ 1.0 สามารถชะลอการสูญเสียปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดในต้นอ่อนงาได้ และที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1.0 สามารถชะลอการสูญเสียของกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 0.1 ($p<0.05$)



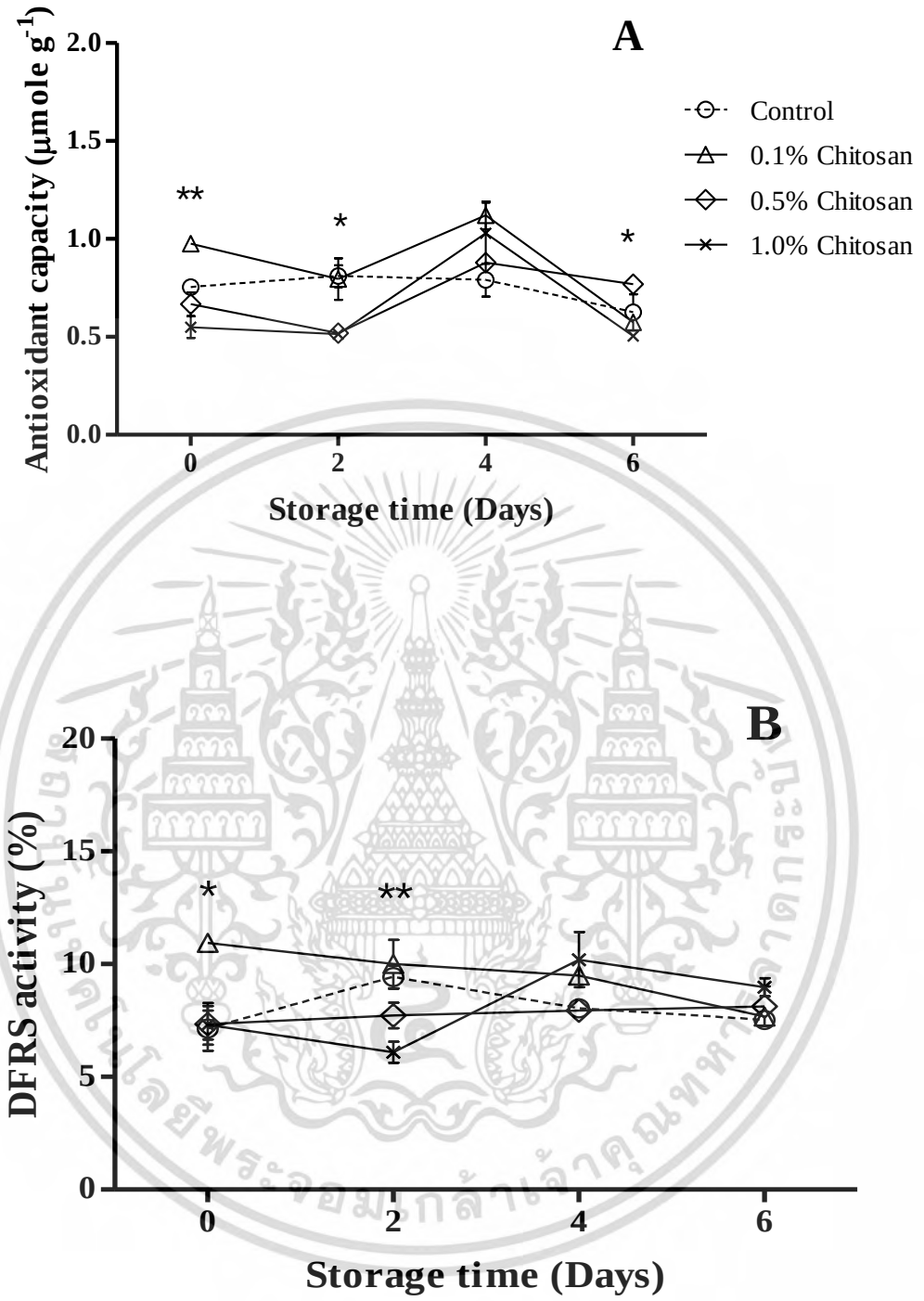
ภาพที่ 4.14 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนงาที่รดด้วยสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.5 และ 1.0 บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการทดลองใช้สารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนไชเท้าระหว่างการเก็บรักษา

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนหัวไชเท้า จากกราฟที่แสดงในรูปที่ 4.14 (A) พบว่าในวันแรกของการเก็บรักษาสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 สามารถกระตุ้นการเกิดกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นได้ในต้นอ่อนหัวไชเท้า อย่างแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ขณะที่ในชุดการทดลองอื่นๆ มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา พบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.5 และ 1.0 มีแนวโน้มลงทั้งหมดก่อนจะเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มต่างๆ มีแนวโน้มว่าสามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระได้ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ไคโตซาน สามารถชะลอการลงลดของกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูงได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการชุดการทดลองอื่นๆ ในช่วงเวลาเดียวกัน ด้านกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ ที่แสดงในรูปที่ 4.19 (B) พบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ในวันแรกหลังการเก็บเกี่ยวมีกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ($p<0.05$) และในชุดการทดลองนี้ (สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.5) มีกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระของต้นอ่อนหัวไชเท้าค่อนข้างคงที่ในตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน ขณะที่ชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานร้อยละ 0.1 และ 1.0 นั้น ในวันแรกหลังการเก็บเกี่ยวมีกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระของต้นอ่อนหัวไชเท้าไม่ต่างกัน และค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลา 6 วัน ยกเว้นชุดการทดลองที่ร้อยละ 1.0 สารละลายไคโตซาน ที่มีแนวโน้มลดลงในวันที่ 2 และเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ซึ่งในช่วงเวลาสุดท้ายของการเก็บรักษาในวันที่ 4 และ 6 ของการเก็บรักษา พบว่าทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในค่าสถิติและมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่

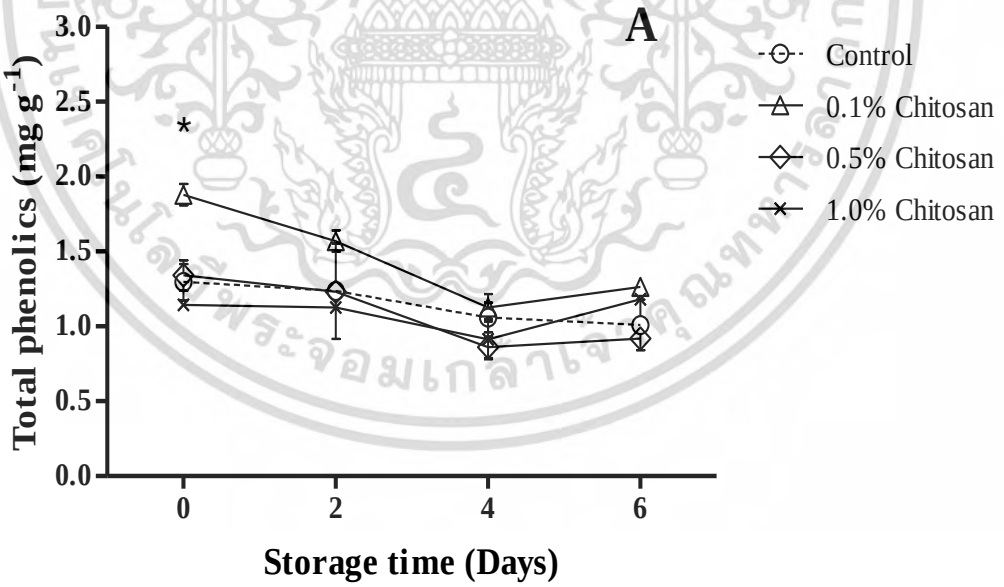
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.14 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (A) และกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (B) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.5 และ 1.0 บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

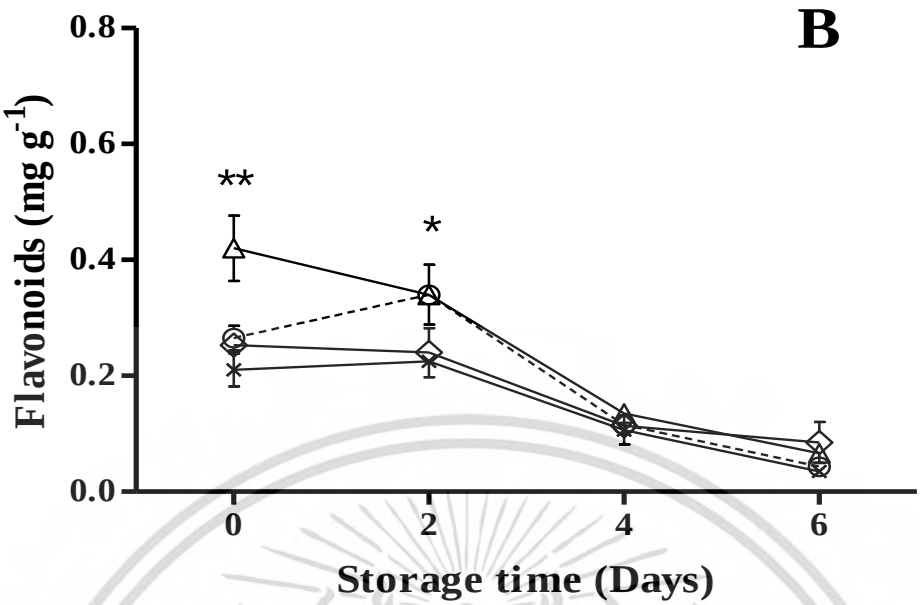
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.15 (A) แสดงค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในต้นอ่อนหัวไชเท้าพบว่าในวันแรกของการเก็บเกี่ยว ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 กระตุ้นสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงขึ้น มีปริมาณมากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และมีค่าคงที่ตลอดการเก็บรักษา 2 วัน และเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 4 และ 6 ของการเก็บรักษา ขณะที่ชุดการทดลองอื่นมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 2 และคงที่ถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา แต่ในระหว่างวันที่ 4 และ 6 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลองมีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($P\geq0.05$) ส่วนในภาพที่ 4.15 (B) รายงานผลของปริมาณ ฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อนงา ที่รดด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.1, 0.5 และ 1.0 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าตั้งแต่เก็บเกี่ยวจนกระทั่งวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟลาโวนอยด์ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P\geq0.05$) และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยปริมาณฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้นในวันที่ 2 และลงลดในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ยกเว้นในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ความเข้มข้นของไคโตซานร้อยละ 0.5 มีปริมาณฟลาโวนอยด์ค่อนข้างคงที่ ส่วนชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากวันที่ 4 และมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงกว่าชุดการทดลองที่ความเข้มข้น 1.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 4.15 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (A) และปริมาณฟลาโวนอยด์ (B) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.5 และ 1.0 บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

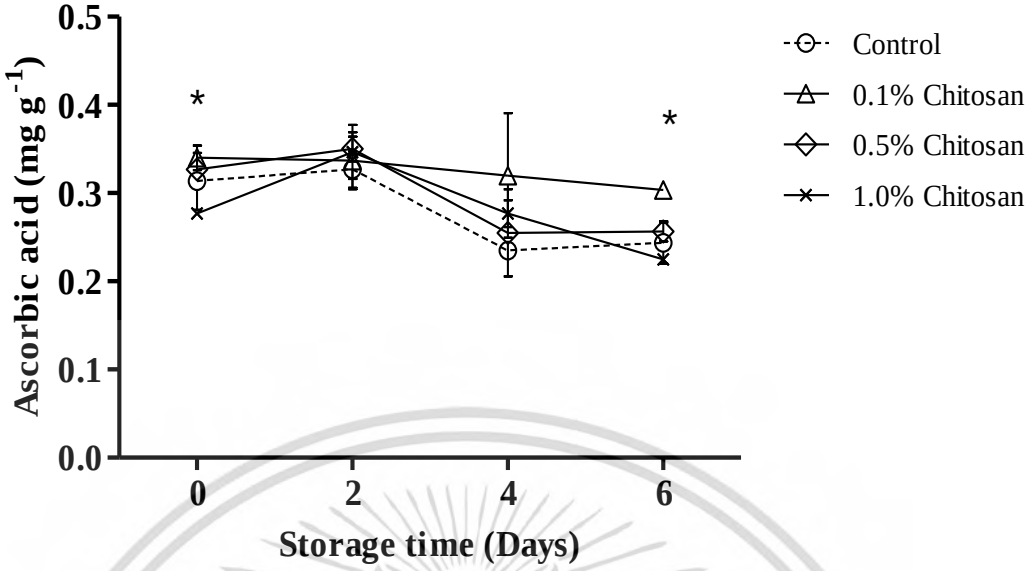
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.15 (ต่อ) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (A) และปริมาณฟลาโวนอยด์ (B) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.5 และ 1.0 บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

ภาพที่ 4.16 แสดงค่าปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) และสารละลายไคโตซานที่รดด้วยสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.5 และ 1.0 ซึ่งหลังจากการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนหัวไชเท้าแล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมด พบว่าในวันแรกหลังจากเก็บเกี่ยวต้นอ่อนหัวไชเท้าทุกชุดการทดลองมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าในชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานในความเข้มข้นที่สูงที่สุด (ร้อยละ 1) มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกลับชุดการทดลองอื่นๆ หลังจากนั้นทุกชุดการทดลองมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 4 และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง และวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ซึ่งเป็นวันสุดท้ายพบว่าการใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 สามารถชะลอการสูญเสียของกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดในต้นอ่อนหัวไชเท้าได้มากกว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.5 และชุดควบคุม ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.16 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) และสารละลายไคโตซานที่รดด้วยสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 0.1, 0.5 และ 1.0 บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

4.3 ผลของการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนหัวไชเท้าระหว่างการเก็บรักษา

ในศึกษาผลการใช้กรดซาลิไซลิกร่วม กับสารละลายไคโตซานได้ทำการเลือกศึกษาในต้นอ่อนหัวไชเท้า เนื่องจากยังมีการศึกษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวน้อยเมื่อเทียบกับต้นอ่อนทานตะวัน และเมื่อเปรียบเทียบกับต้นอ่อนงา ต้นอ่อนหัวไชเท้ามีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่า ในปัจจุบันมีการใช้ต้นอ่อนหัวไชเท้าในอาหารมากขึ้นโดยเฉพาะการบริโภคสด และนิยมใช้ในการจัดจานอาหาร ในขณะที่ต้นอ่อนทานตะวันจะถูกนำมาแปรรูปก่อนบริโภค

4.3.1 ลักษณะปรากฏของต้นอ่อนหัวไชเท้าระหว่างการเก็บรักษา

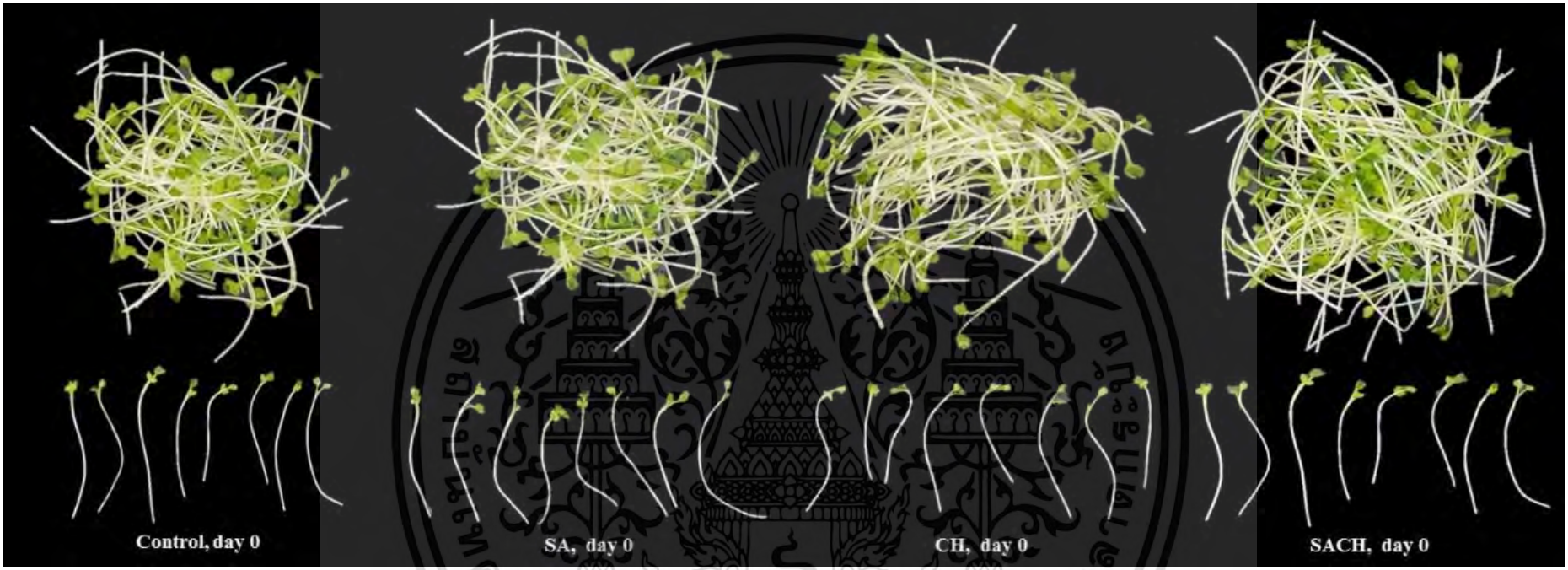
ภาพที่ 4.17-4.20 แสดงลักษณะปรากฏของต้นอ่อนหัวไชเท้าระหว่างการเก็บรักษา ที่รดด้วยสารละลายต่างชนิดกัน 24 ชั่วโมง ก่อนการเก็บเกี่ยว แบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่ 2 รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ชุดการทดลองที่ 3 รดด้วยสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และชุดการทดลองที่ 4 รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน ตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

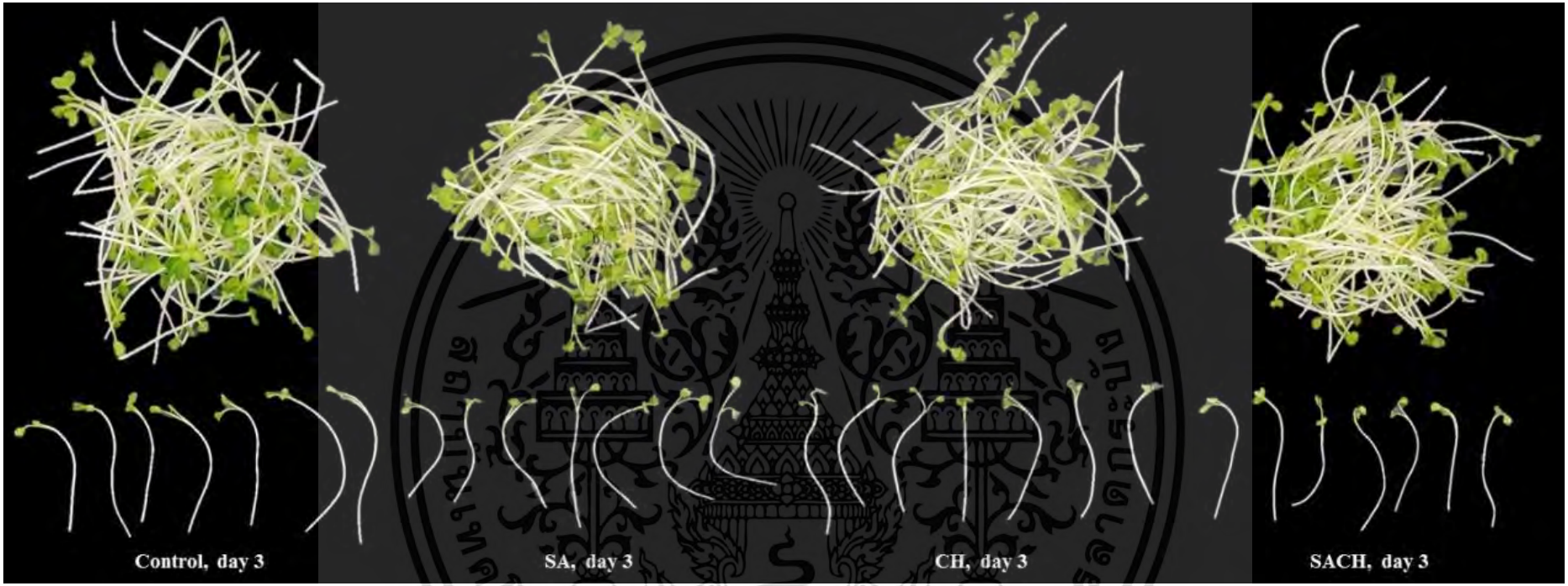
วิเคราะห์และสังเกตลักษณะปรากฏทุกๆ 3 วัน หรือในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 ของการเก็บรักษา ลักษณะปรากฏของต้นอ่อนไชเท้าสามารถอธิบายได้ ดังนี้

ในวันที่แรกหลังการเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 4.17) ต้นอ่อนหัวไชเท้าไม่พบความแตกต่างกันในระหว่างชุดการทดลอง เนื่องจากเก็บเกี่ยวในช่วงเวลาเดียวกัน ลักษณะลำต้นมีสีขาว อวบ ฉ่ำน้ำ มีความสด เปราะ หักง่าย ต้องระมัดวังในการล้างมากเป็นพิเศษ เพราะอาจจะทำให้ต้นอ่อนหักเสียหายหรือมีรอยช้ำได้ ในส่วนใบของต้นอ่อนหัวไชเท้านั้นขนาดใบจะเล็กกว่าต้นอ่อนทานตะวันที่เห็นได้โดยทั่วไป จะมีสีเขียวค่อนข้างเข้ม ปลายยอดจะแยกเป็นสองแฉก ในมีต้นจะมีใบ 1 คู่ (2 ใบ) เท่านั้น เนื่องจากอายุการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 7 วัน ซึ่งถือว่ายังอยู่ในช่วงระยะต้นอ่อน (spouts) หลังจากที่มีการเก็บรักษาในอุณภูมิเย็นในระยะแรก ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.18) พบว่าลักษณะปรากฏของต้นอ่อนหัวไชเท้าในชุดการทดลองที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ ชุดการทดลองที่รดด้วยสารละลายไคโตซานที่ร้อยละ 0.1 หรือ ชุดการทดลองที่รดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิ 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ร้อยละ 0.1 หากสังเกตด้วยสายตาไม่มีความแตกต่างกัน ทุกชุดการทดลองต้นอ่อนหัวไชเท้ายังคงมีความสดไว้ได้ใกล้เคียงกับวันแรกที่เก็บเกี่ยว หลังจากนั้นในวันที่ 6 (ภาพที่ 4.19) ถึงวันที่ 9 (ภาพที่ 4.20) ในแต่ละชุดการทดลองยังคงไม่มีความเปลี่ยนแปลงในด้านลักษณะปรากฏมากนัก มีเพียงรอยตัดที่ปลายต้นจากเดิมที่เป็นสีขาวกลายเป็นสีน้ำตาลอ่อน คาดว่าเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) เมื่อรอยตัดของต้นอ่อนสัมผัสกับอากาศ เกิดขึ้นกับทุกชุดการทดลอง จึงทำให้ชุดควบคุม ชุดการทดลองของสารละลายกรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ ชุดการทดลองของสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ไม่มีความแตกต่างกันด้านลักษณะปรากฏ

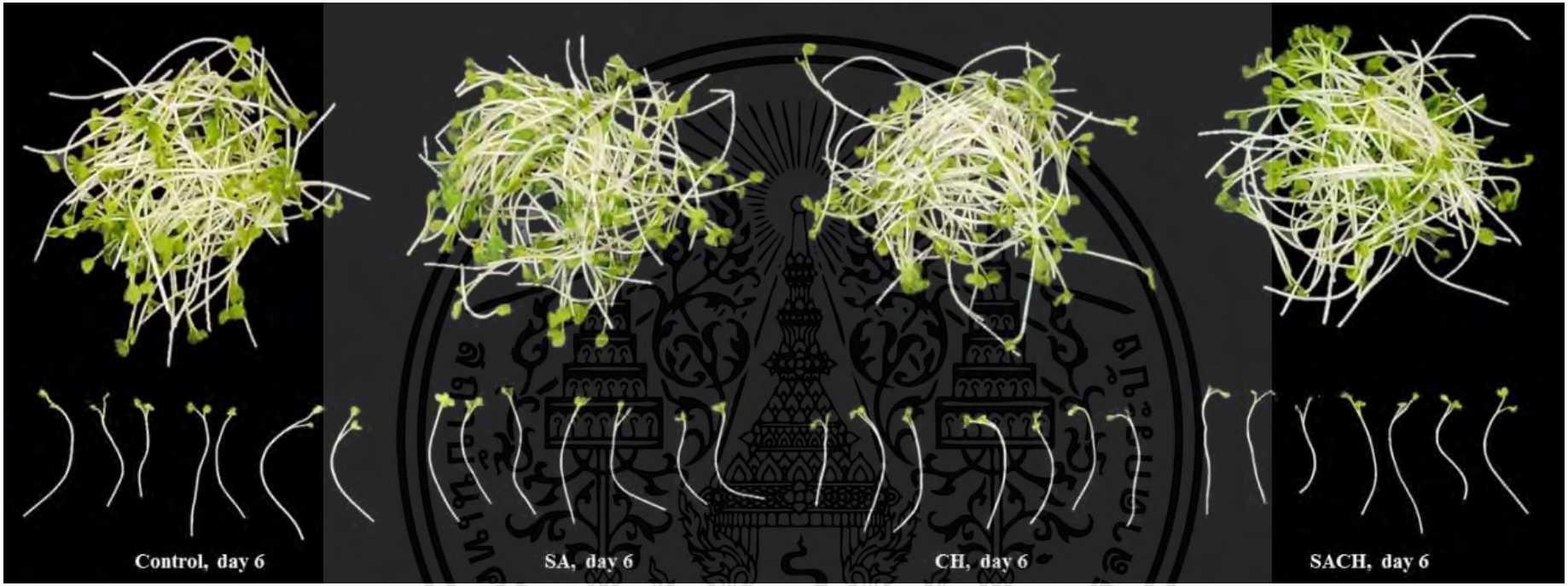
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



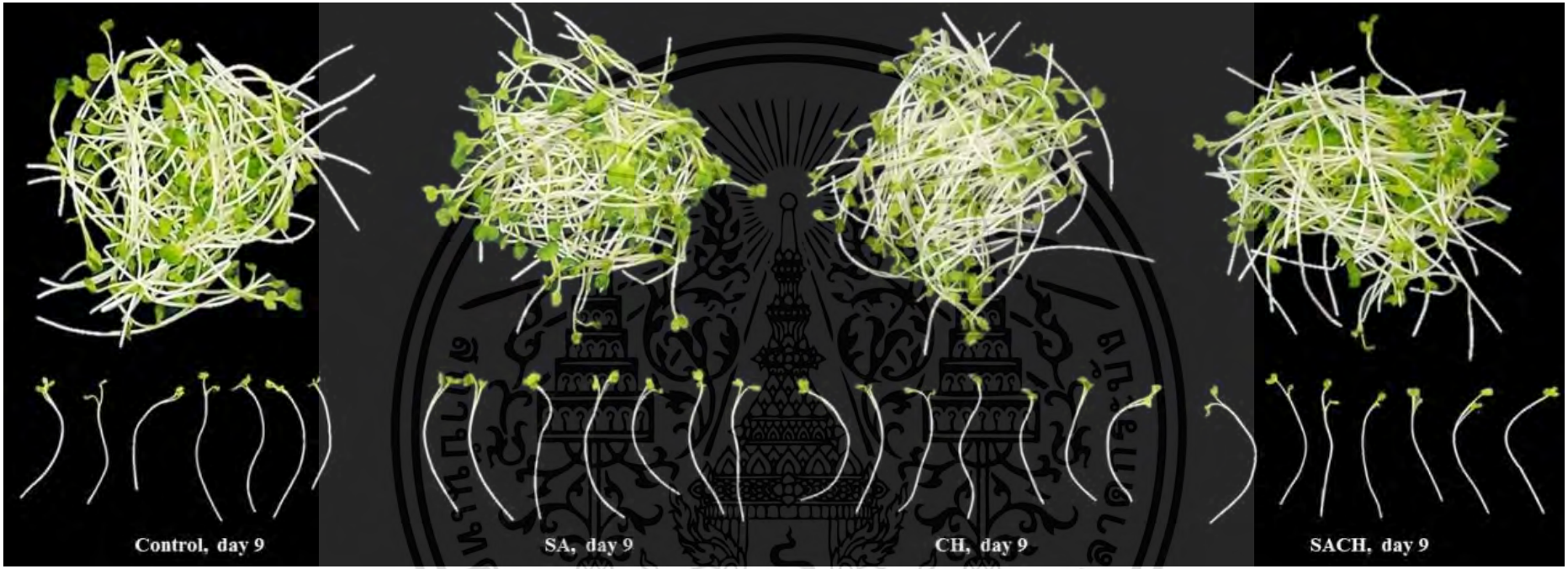
ภาพที่ 4.17 ลักษณะปรากฏของต้นอ่อนหัวไชเท้าวันที่ 0 หลังการเก็บเกี่ยว ที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน



ภาพที่ 4.18 ลักษณะปรากฏของต้นอ่อนหัวไชเท้าวันที่ 3 หลังการเก็บเกี่ยว ที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน



ภาพที่ 4.19 ลักษณะปรากฏของต้นอ่อนหัวไชเท้าวันที่ 6 หลังการเก็บเกี่ยว ที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน



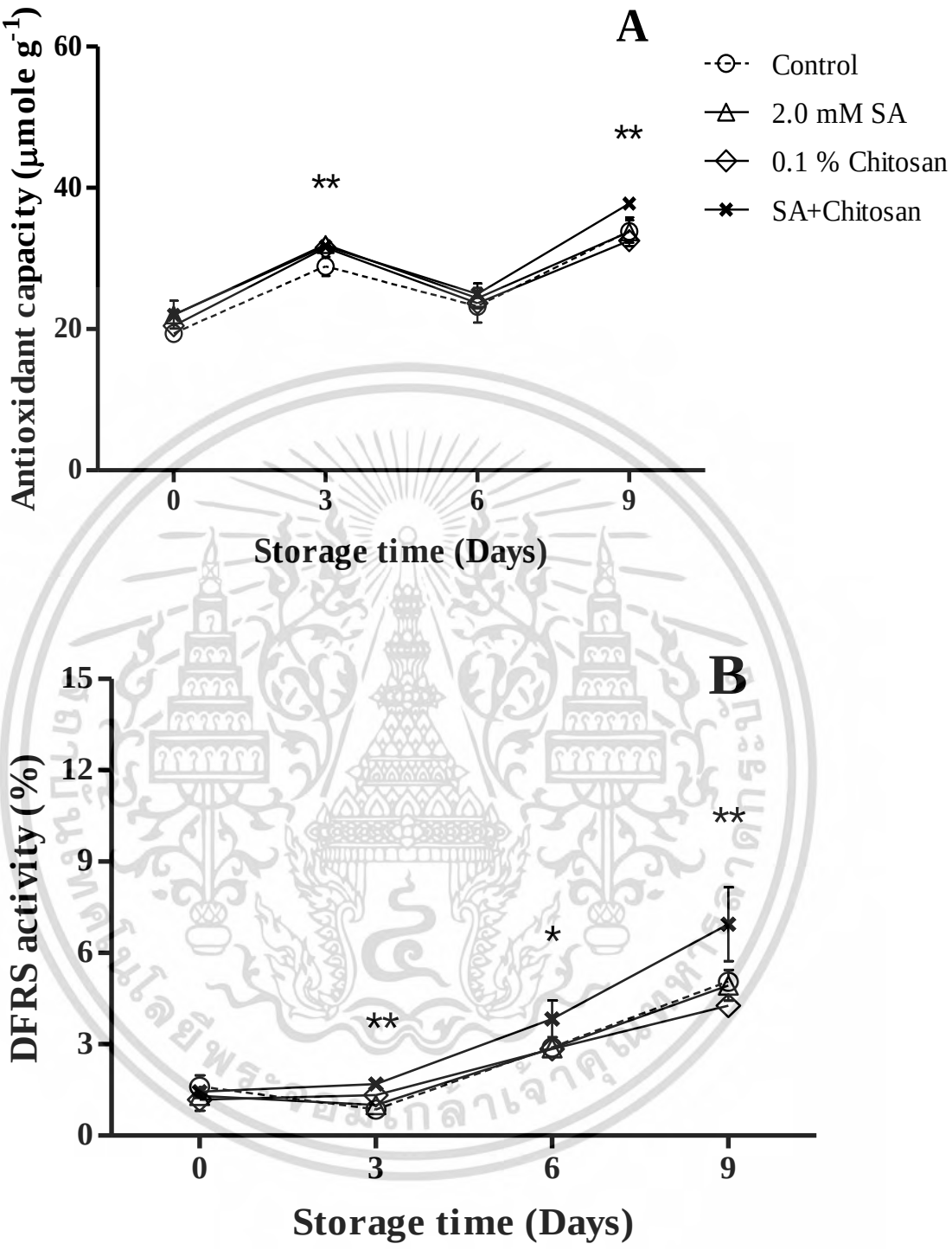
ภาพที่ 4.20 ลักษณะปรากฏของต้นอ่อนหัวไชเท้าวันที่ 9 หลังการเก็บเกี่ยว ที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน

4.3.2 กิจกรรมการต้านและกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power: FRAP ตามที่แสดงในภาพที่ 4.21 (A) พบว่าในวันเริ่มแรกของการเก็บรักษาทุกชุดการทดลองมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้นในระยะเวลาถัดมา ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา พบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ และชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานร้อยละ 0.1 มีแนวโน้มว่าจะสามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนหัวไชเท้า เช่นเดียวกับชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานร้อยละ 0.1 ที่มีปริมาณกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ สูงกว่าชุดควบคุมในวันที่ 3 หลังจากวันที่ 3 ของการเก็บรักษา พบว่าทุกชุดการทดลองมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมีลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ก่อนที่จะเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 9 วันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซาน ส่งผลทำให้ต้นอ่อนหัวไชเท้ามีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ขณะที่ชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานหรือสารละลายกรดซาลิไซลิกอย่างใดอย่างหนึ่ง มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)

ส่วนกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH free radical scavenging activity หรือ DFRS activity ที่แสดงในภาพที่ 4.21 (B) พบว่ากิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้นในทุกๆ ระยะของการเก็บรักษา ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ไม่พบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง หลังจากนั้น ในวันที่ 3, 6 และ 9 ของการเก็บรักษา พบว่ามีกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันในระหว่างชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานรดต้นอ่อนผักก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง สามารถช่วยกระตุ้นกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระได้สูงขึ้น และมีค่ากิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา 9 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.21 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (A) และกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (B) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน

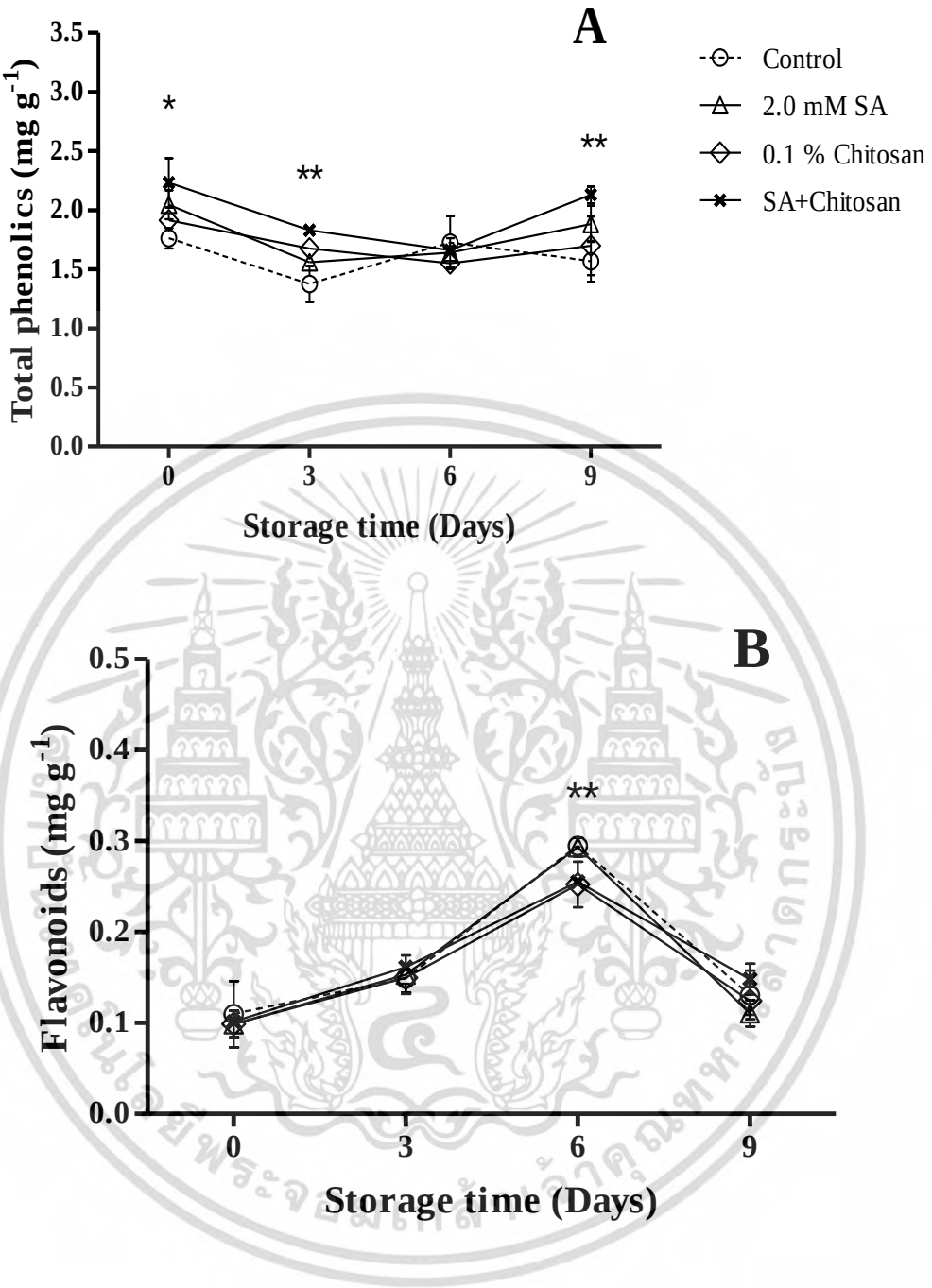
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์

ภาพที่ 4.22 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองสารละลายกรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ ชุดการทดลองสารละลายไคโตซานร้อยละ 0.1 และชุดการทดลองสารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซาน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แสดงในภาพที่ 4.22 (A) พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาจากวันเริ่มต้นถึงวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลงลดและในวันแรกของการเก็บรักษาชุดการทดลองที่ใช้กรดซาลิไซลิกและชุดการทดลองที่ใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าชุดควบคุมและการใช้ไคโตซานเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ถัดมาในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่าทุกชุดการทดลองมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) และในช่วงเวลาจากวันที่ 6 ถึง วันที่ 9 ของการเก็บรักษา พบว่าชุดควบคุมมีแนวโน้มว่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดต่ำลง ขณะที่ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานร้อยละ 0.1 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดค่อนข้างคงที่ ส่วนชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ และชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานร้อยละ 0.1 มีแนวโน้มว่าจะกระตุ้นให้ต้นอ่อนหัวไชเท้ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 9 โดยชุดการทดลองที่ใช้ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานร้อยละ 0.1 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ขณะที่ภาพ 4.22 (B) แสดงให้เห็นถึงปริมาณฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อนหัวไชเท้า จากภาพกราฟข้างต้น พบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อนหัวไชเท้ามีการเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันแรกหลังจากการเก็บเกี่ยว ทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟลาโวนอยด์ใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างกันเมื่อผ่านวิเคราะห์วิเคราะห์ทางสถิติ ($p\geq0.05$) เช่นเดียวกับวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลองมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟลาโวนอยด์ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p\geq0.05$) นอกจากนี้ปริมาณฟลาโวนอยด์ยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องมาจนกระทั่งวันที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ และชุดควบคุมมีปริมาณสูงกว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายไคโตซานร้อยละ 0.1 และชุดการทดลองสารละลายกรดซาลิไซลิก ร่วมกับสารละลายไคโตซาน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 9) ทุกชุดการทดลองปริมาณฟลาโวนอยด์ลดต่ำลง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p\geq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

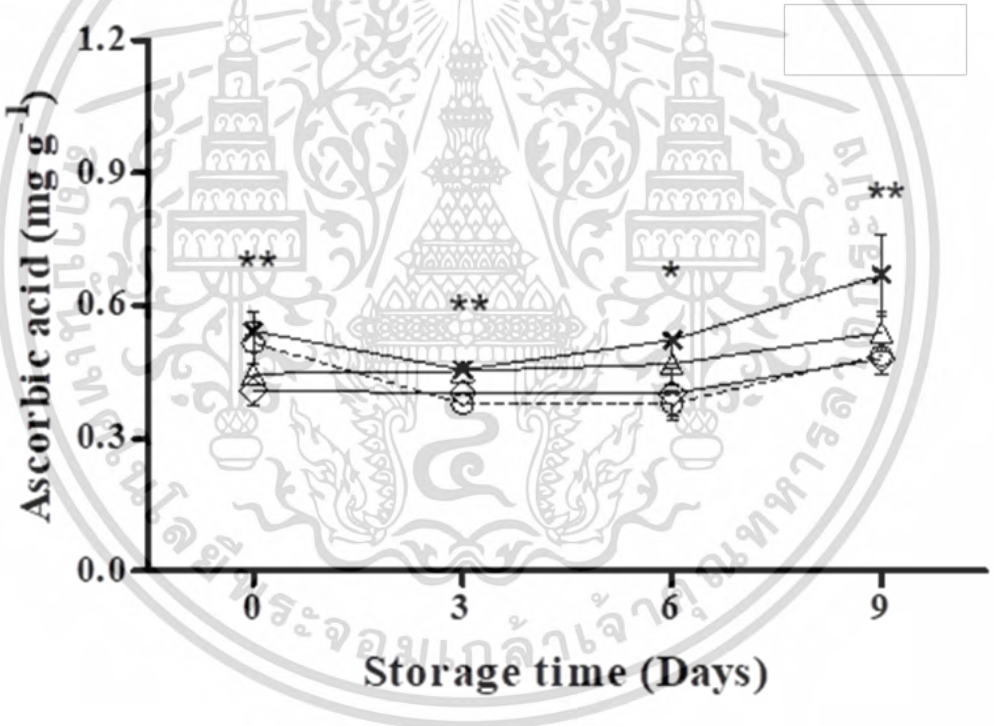


ภาพที่ 4.22 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (A) และปริมาณฟลาโวนอยด์ (B) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และรดด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 กรดแอสคอร์บิก

ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของต้นอ่อนหัวไชเท้า เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วัน (ภาพที่ 4.23) พบว่าในวันแรกของการเก็บรักษาชุดการทดลองที่ใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกในระดับเดียวกับชุดควบคุม หลังจากนั้นพบว่าชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซาน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลงในวันที่ 3 ขณะที่ชุดการทดลองที่ใช้กรดซาลิไซลิกและสารละลายไคโตซานเพียงอย่างเดียว มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกคงที่ในวันดังกล่าว จากวันที่ 3 ถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลองมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกค่อนข้างคงที่ และในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลองมีค่าสูงขึ้น โดยที่ตลอดอายุการเก็บรักษาชุดการทดลองที่รดต้นอ่อนหัวไชเท้าด้วยสารละลายกรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซาน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีค่าปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทุกระยะการเก็บรักษา



ภาพที่ 4.23 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน

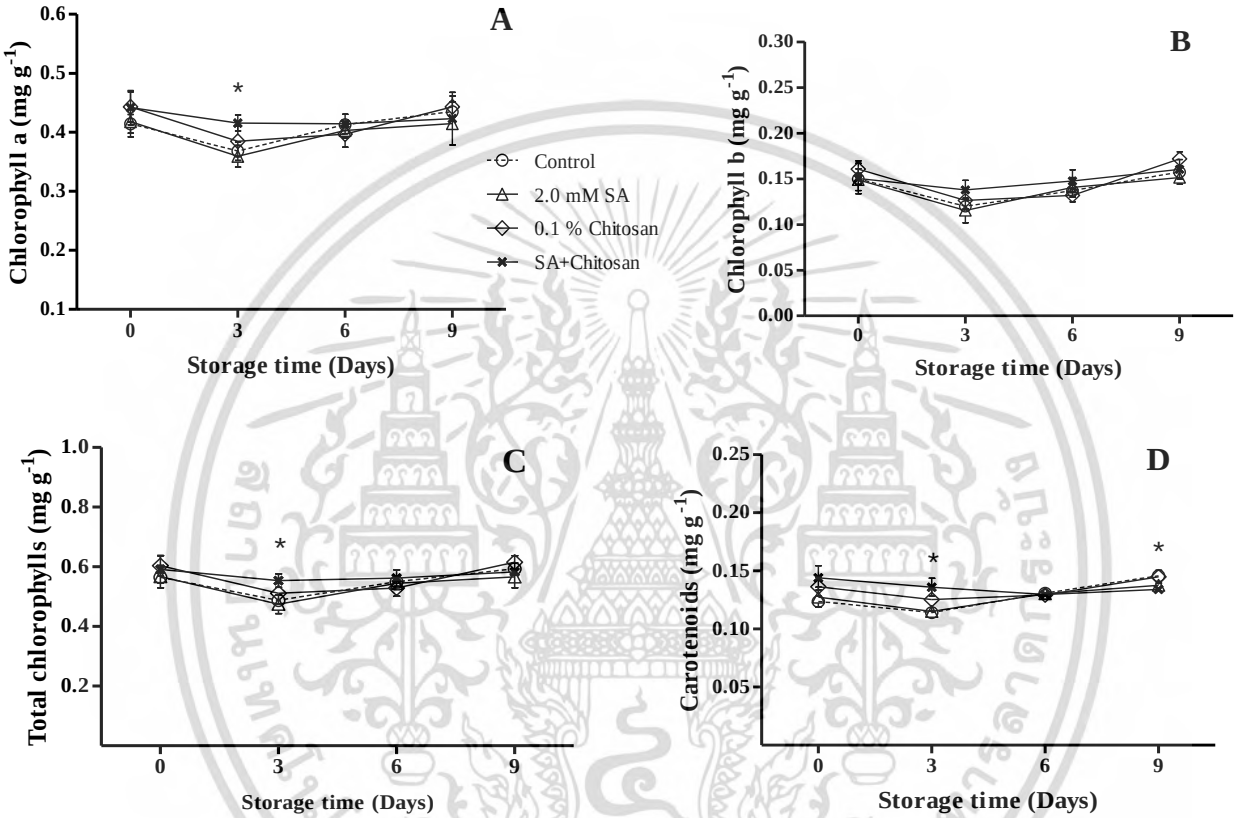
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 คลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์

จากภาพที่ 4.24 แสดงปริมาณรงควัตถุ (Pigment) หรือสารสีของต้นอ่อนหัวไชเท้า ซึ่งวิเคราะห์ได้ในรูปของคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์บี ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ ส่วนที่นำมาวิเคราะห์จะใช้เฉพาะส่วนใบเท่านั้น จากภาพที่ 4.24 (A) และ ภาพที่ 4.24 (B) จะเห็นว่าสัดส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และปริมาณคลอโรฟิลล์บี มีปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งในปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดจากภาพที่ 4.24 (C) จำแนกได้ว่าต้นอ่อนหัวไชเท้า (เฉพาะส่วนใบ) มีสัดส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์เอมากกว่าปริมาณคลอโรฟิลล์บี

จากภาพที่ 4.24 (A, B และ C) แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด ตามลำดับ พบว่าทุกชุดการทดลองมีปริมาณคลอโรฟิลล์ค่อนข้างคงที่ ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ต้นอ่อนหัวไชเท้า (เฉพาะส่วนใบ) ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 สามารถชะลอการสูญสียของคลอโรฟิลล์เอได้มากที่สุด ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ขณะที่ปริมาณแคโรทีนอยด์ ที่แสดงให้เห็นในภาพที่ 4.24 (D) ตลอดระยะเวลาในจากเก็บรักษา 9 วัน ต้นอ่อนหัวไชเท้ามีปริมาณแคโรทีนอยด์ค่อนข้างคงที่ ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลองมีปริมาณแคโรทีนอยด์ใกล้เคียงกัน แต่ไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มี ปริมาณแคโรทีนอยด์มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่าทุกชุดการลองมีปริมาณแคโรทีนอยด์ไม่แตกต่างกัน และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ในชุดควบคุมและชุดการทดลองสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และต่างแตกจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



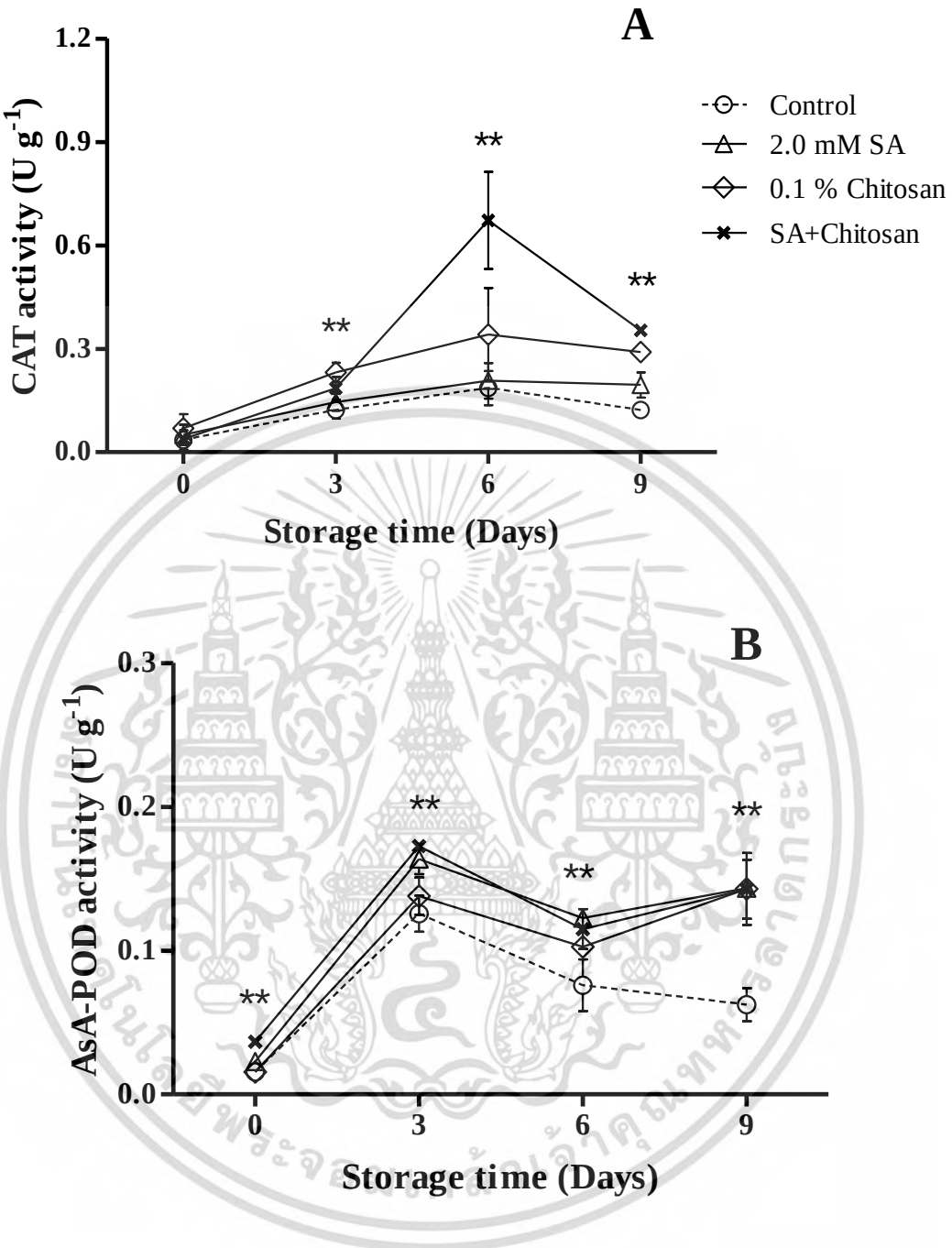
ภาพที่ 4.24 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (A) ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (B) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (C) และปริมาณแคโรทีนอยด์ (D) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน

4.3.6 กิจกรรมของเอนไซม์ Catalase และ Ascorbic acid–peroxidase

จากภาพที่ 4.25 (A) แสดงกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (CAT) ในต้นอ่อนหัวไช้เท้า ซึ่งพบว่าในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ต้นอ่อนหัวไช้เท้ามีกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบตลอดอายุการเก็บรักษา ในระหว่างชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน หลังจากนั้นกิจกรรมเอนไซม์ Catalase ของแต่ละชุดการทดลองค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้น และลดลงหลังจากวันที่ 6 โดยชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานมีค่ากิจกรรม Catalase มีค่าสูงกว่า ชุดควบคุมและชุดการทดลองกรดซาลิไซลิกหรือสารละลายไคโตซานเพียงอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา (วันสุดท้าย) พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ Catalase ลดต่ำลงจากวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซาน มีกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) รองลงมา คือ ชุดการทดลองสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ชุดการทดลองสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ และชุดควบคุม ตามลำดับ ในขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ Ascorbic acid–peroxidase (AsA-POD) ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาต้นอ่อนหัวไช้เท้ามีกิจกรรมของเอนไซม์ AsA-POD น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบตลอดอายุการเก็บรักษา ในระหว่างชุดการทดลองพบว่าการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซาน มีกิจกรรมของเอนไซม์ AsA-POD สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากนั้นมีกิจกรรมของเอนไซม์ AsA-POD เพิ่มสูงขึ้นทุกชุดการทดลอง 3 วันหลังการเก็บเกี่ยว

ในวันที่ 6 และ 9 ของการเก็บรักษา พบว่าผลของการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ชุดการทดลองสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 หรือการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซาน มีผลช่วยกระตุ้นให้ต้นอ่อนหัวไช้เท้าสร้างกิจกรรมของเอนไซม์ AsA-POD สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (0.01) และจากภาพที่ 4.25 (B) ยังแสดงให้เห็นว่าในชุดการทดลองที่ใช้การใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานช่วยกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ AsA-POD ตลอดอายุการเก็บรักษาอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.25 กิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (A) และกิจกรรมของเอนไซม์ Ascorbic acid–peroxidase (B) ของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่รดด้วยน้ำ (ชุดควบคุม) สารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และสารละลายกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เวลา 9 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
อภิปรายผลการทดลอง

5.1 การศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนผักระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ผลการทดลองใช้สารละลายกรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนทานตะวัน ต้นอ่อนงาและต้นอ่อนหัวไชเท้า (ไควาเระ) จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.5 มิลลิโมลาร์ ส่งผลให้ต้นอ่อนงามีกิจกรรมการต้านและกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระที่สูงที่สุด นอกนี้ยังส่งผลให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นกว่าชุดการทดลองอื่น และมีแนวโน้มช่วยชะลอการสูญเสียกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดได้ ขณะที่ผลการศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนหัวไชเท้า สามารถสรุปได้ว่าการใช้สารละลายกรดซาลิกไซลิกที่ระดับความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ ส่งผลให้ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าชุดการทดลองอื่น และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนหัวไชเท้าที่ใช้กรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 1.0 มิลลิโมลาร์ สามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระได้ในวันที่ 12 ซึ่งสอดคล้องกับ Supapvanich and Promyou (2013) ที่กล่าวไว้ว่าการใช้กรดซาลิไซลิกสามารถกระตุ้นพืชให้สร้างภูมิต้านทานและการสร้างภูมิต้านทานมีผลในการเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ กรดซาลิไซลิกช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพในระบบการต้านอนุมูลอิสระในพืช (Knorzer *et al*., 1999) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่รายงานผลเกี่ยวกับการใช้กรดซาลิไซลิกกับในทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว เช่น พบว่าการฉีดพ่นกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต้นอ้อนทานตะวันมีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ดีกว่าชุดควบคุมที่ฉีดพ่นด้วยน้ำ (สุริยัณห์และคณะ, 2559) หน่อไม้ฝรั่ง (Wei *et al*., 2011) ทับทิม (Sayyari *et al.,* 2011) กระเพรา (Nitad *et al*., 2016) ชมพู่ (ปรียานุชและคณะ, 2559)

จากผลการทดลองการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกรดต้นอ่อนก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่ากรดซาลิไซลิกมีแนวโน้มช่วยชะลอการลดลงของกิจกรรมการต้านและกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระในต้นอ่อนงา และสารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สามารถกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระในต้นอ่อนหัวไชเท้า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุริยัณห์ สุภาพวานิช และคณะ (2559: 205-208) ที่พบว่า การใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 มิลลิโมลาร์ รดต้นอ่อนทานตะวัน 48 ชั่วโมงก่อน การเก็บเกี่ยว พบว่าชุดการทดลองที่ใช้กรดซาลิไซลิกมีค่ากิจกรรมการต้านและกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดควบคุม (น้ำ) เนื่องจากกรดซาลิไซลิกช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของระบบการต้านอนุมูลอิสระในพืช (Knorzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

et al., 1999: 294-302) ดังนั้นจึงเลือกการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกที่ 2 มิลลิโมลาร์ ในต้นอ่อนหัวไชเท้า เพื่อศึกษาทดลองต่อไป

5.2 การศึกษาการใช้สารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนผักระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ผลจากการศึกษาการใช้สารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนงา สรุปได้ว่าการใช้สารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มร้อยละ 0.1 มีแนวโน้มที่จะช่วยในการปรับปรุงคุณภาพ โดยกระตุ้นปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพให้เพิ่มสูงขึ้นประมาณ 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมในระหว่างการเก็บรักษาช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ควบคุมการลดต่ำลงของสารฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อน และในทุกความเข้มข้นของสารไคโตซานทั้งร้อยละ 0.1, 0.5 และ 1.0 สามารถชะลอการสูญเสียกรดแอสคอร์บิกได้ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ผลจากการศึกษาการใช้สารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนทานตะวัน สรุปได้ว่าการใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 สามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้าน กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระได้ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ชะลอการลดลงของฟลาโวนอยด์ และมีแนวโน้มรักษากรดแอสคอร์บิกทั้งหมดได้คงที่ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา และผลจากการศึกษาการใช้สารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนหัวไชเท้า ชี้ให้เห็นว่าการใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 สามารถช่วยกระตุ้นกิจกรรมการต้านกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระได้ กระตุ้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดให้เพิ่มขึ้น ช่วยชะลอการลดลงของปริมาณฟลาโวนอยด์ และชะลอการสูญเสียวิตามินซีได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดระยะเวลาเก็บรักษา

จากผลการทดลองการใช้สารละลายไคโตซานรดต้นอ่อนก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าไคโตซานมีแนวโน้มช่วยชะลอการลดลงของกิจกรรมการต้านและกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระในต้นอ่อนหัวไชเท้า (ไควาเระ) ชะลอการลดลงของปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดในต้นอ่อนงาและต้นอ่อนหัวไชเท้าระหว่างเก็บรักษาได้ โดยเฉพาะที่ไคโตซานร้อยละ 0.1 ซึ่งสอดคล้องกับ No et al. (2003) ที่พบว่าการใช้ไคโตซานกับต้นอ่อนถั่วเหลืองมีผลทำให้ต้นอ่อนถั่วเหลืองมีปริมาณวิตามินซีสูงขึ้นถึงร้อย 13 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และจากงานวิจัยก่อนหน้านี้รายงานว่าไคโตซานมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของพืชผักและผลไม้ได้ (El Ghaouth *et al*. 1991,1992) ดังนั้นจึงเลือกการใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ในต้นอ่อนหัวไชเท้า เพื่อศึกษาทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนหัวไชเท้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ผลการศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนหัวไชเท้า สรุปได้ว่าชุดการทดลองที่ใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานรดต้นอ่อนผักก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง สามารถช่วยกระตุ้นกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระได้สูงขึ้น และมีค่ากิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังกระตุ้นให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น มากกว่าชุดควบคุมหรือการใช้สารอย่างใดอย่างหนึ่ง การใช้กรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับไคโตซานที่ร้อยละ 0.1 สามารถช่วยชะลอการลดลงของปริมาณกรดแอสคอร์บิกได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Kumari *et al*. (2015) ที่พบว่าการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานสามารถเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในผลลิ้นจี่ เช่นเดียวกับแตงกวา (Zhang *et al*., 2015) และกีวี (Huang *et al*., 2017) ซึ่งในรายงานก่อนหน้านี้นั้นได้รายงานไว้ว่าการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานสามารถรักษาปริมาณกรดแอสคอร์บิกในผลลิ้นจี่และแตงกวาได้ในระหว่างการเก็บรักษา (Sun *et al*., 2010; Zhang et al., 2015) นอกจากนี้ Huang *et al*. (2017) ยังรายงานว่าการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานสามารถชะลอการสูญเสียของกรดแอสคอร์บิกในผลกีวีได้ระหว่างเก็บรักษาเช่นกัน เห็นได้ว่าการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานในต้นอ่อนผักนั้น ส่งผลต่อสารพฤกษเคมีหรือไฟโตเคมีคอล ได้แก่ ฟีนอลิกทั้งหมดและกรดแอสคอร์บิก ทำให้มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการที่กรดซาลิไซลิกและไคโตซานมีคุณสมบัติในการช่วยชะลอการเสื่อมสภาพ และสามารถกระตุ้นกลไกการป้องกันของตนเองของต้นอ่อนผักได้ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Wisniewska and Chelcowski 1999; Ayranci and Tunc, 2004; Supapvanich and Promyou, 2013). นอกจากนี้การใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกันสารละลายไคโตซานสามารถชะลอการลดลงของคลอโรฟิลล์ทั้งหมดได้อย่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ และยังคงรักษาปริมาณแคโรทีนอยด์ให้คงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งเป็นไปของทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยของ Zhang *et al.* (2015) ในการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานเคลือบผิวแตงกวา พบว่าการใช้กรดซาลิไซลิกความเข้มข้นร้อยละ 1 ร่วมกับสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เคลือบบนผิวแตงกวา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน และอีก 2 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ด้านกิจกรรมของเอนไซม์ Catalase (CAT) ในต้นอ่อนหัวไช้เท้า และกิจกรรมของเอนไซม์ Ascorbic acid–peroxidase (AsA-POD) นั้นพบว่าการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานส่งผลให้มีค่ากิจกรรม Catalase สูงกว่าชุดการทดลองอื่น เช่นเดียวกันกับกิจกรรมของเอนไซม์ Ascorbic acid–peroxidase (AsA-POD) ที่แสดงให้เห็นว่าการใช้กรดซาลิไซลิก หรือการใช้ไคโตซาน หรือการใช้กรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานก็สามารถกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ Ascorbic acid–peroxidase (AsA-POD) ได้ดีกว่าชุดควบคุมตลอดระยะที่มีการเก็บรักษา ผลการศึกษาก่อนหน้านี้ได้รายงานว่าการใช้กรดซาลิไซลิกหรือการใช้สารละลายไคโตซานสามารถกระตุ้นเอนไซม์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น SOD CAT POD ของผลิตผลการเกษตรในระหว่างการเก็บรักษา ด้วยการกระตุ้นกลไกการป้องกันของพืช (Liu *et al.*, 2007; Ding *et al.*, 2007; Dang *et al.*, 2010; Supapvanich *et al.,* 2017) ในขณะที่การใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซาน Zhang *et al.* (2015) ได้รายงานว่า การใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานในผลแตงกวานั้นสามารถรักษากิจกรรมเอนไซม์ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการกรดซาลิไซลิกเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

6.1 สรุปผลการศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิกไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนผักระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกในต้นอ่อนผัก พบว่าต้นอ่อนทานตะวันที่ใช้กรดซาลิไซลิก 1.0 มิลลิโมลาร์ สามารถเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ ได้อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่กรดซาลิไซลิก 0.5 มิลลิโมลาร์ ที่ใช้ในต้นอ่อนงาสามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ได้ในช่วงแรกหลังการเก็บเกี่ยวและกระตุ้นกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระได้ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา กระตุ้นการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้ แต่ไม่มีผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ และปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมด และต้นอ่อนหัวไชเท้าที่ใช้สารละลายกรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ สามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ ชะลอการลดลงของปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดได้ดีที่สุด แต่ไม่มีผลกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์

6.2 สรุปผลการศึกษาการใช้สารละลายไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนผักระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การศึกษาการใช้ไคโตซานในต้นอ่อนผัก พบว่าความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานที่สามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ให้เพิ่มขึ้นได้ และชะลอการลดลงของปริมาณกรดแอสคอร์บิก ได้ดีที่สุดในต้นอ่อนทานตะวันคือสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ขณะที่ต้นอ่อนงาที่ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีแนวโน้มว่าสามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้ แต่ไม่มีผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ สามารถชะลอการลดลงของปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดได้ดีที่สุด และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ยังส่งผลดีต่อต้นอ่อนหัวไชเท้า ซึ่งมีแนวโน้มว่าสามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ ชะลอการลดลงของและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ได้ เช่นเดียวกับปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดที่ชะลอการลดลงได้ตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 สรุปผลการศึกษาการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นอ่อนหัวไชเท้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ในศึกษาผลการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานในต้นอ่อนหัวไชเท้า เลือกจากความเข้มข้นที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 (ข้อ 6.1.3) และการทดลองที่ 2 (ข้อ 6.2.3) โดยมีชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดควบคุม (น้ำเปล่า) กรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ ไคโตซานร้อยละ 0.1 และการใช้กรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับไคโตซาน ร้อยละ 0.1 ก่อนการเก็บเกี่ยว 24 ชั่วโมง เก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 วัน วิเคราะห์คุณภาพทุกๆ 3 วัน คือในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 ของการเก็บรักษา ผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การใช้กรดซาลิไซลิกและไคโตซานไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏและปริมาณฟลาโวนอยด์ แต่การใช้กรดซาลิไซลิก 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับไคโตซานร้อยละ 0.1 สามารถกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capacity) กิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระ (DPPH free radical scavenging activity) และมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด กระตุ้นให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกเพิ่มสูงขึ้นในช่วงสุดท้ายของการเก็บรักษา ชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ นอกจากนี้ยังกระตุ้นให้กิจกรรมของเอนไซม์ Catalase และ Ascorbic acid–peroxidase เพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลา 9 วัน โดยการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับสารละลายไคโตซานทำให้ต้นอ่อนหัวไชเท้ามีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณภาพดีกว่าการรดด้วยน้ำเปล่า (ชุดควบคุม) และการใช้กรดซาลิไซลิกหรือละลายไคโตซานเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กนกพร บุญญะอติชาติ. 2554. “*การเปลี่ยนแปลงสีใบของผักเหลียงหลังการเก็บเกี่ยว.*” สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์.

กนกพร บุญญะอติชาติ. 2558. “การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียปริมาณและคุณภาพของผักรับประทานใบ.” **มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.** 7(3) :147-158.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2552. **การปลูกทานตะวัน**. เข้าถึงได้จาก : http://www.doae.go.th/library/html/detail/sunflower.

กองโภชนาการ กรมอนามัย. 2530. **ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม.** กรุงเทพฯ: องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

ไคโตซาน. ศูนย์เภสัชกรรมสนเทศคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. เข้าถึงได้จาก : https://www.disthai.com

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช.** นครปฐม: โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช.** พิมพ์ครั้งที่ 2. นครปฐม: โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ.

ทรูปลูกปัญญา. 2560. **การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** เข้าถึงได้จาก : https://www.trueplookpanya.com/knowledge/content/59543.

นันทนา สำเภา. (2559) **ทานตะวันงอก.** เข้าถึงได้จาก : http://www.nanabio.com/image%20web2/nana%20story/Sun%20flower02.html).

นันทวัน บุณยะประภัศร. 2541. **สมุนไพรไม้พื้นบ้าน.** เข้าถึงได้จาก : http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/249/.

นภัส ดาตะเกษ. 2557. **เพาะต้นอ่อนเมล็ดทานตะวันขาย ต้นทุนต่ำทำง่ายรายได้ดี.** เข้าถึงได้จาก : http://www.manager.co.th/iBizChannel.

ปัทมา พิทยขจรวุฒิ. 2559. **สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ คุณค่าจากทรัพยากรชีวภาพของไทย.** เข้าถึงได้จาก : http://www.biotec.or.th/Guru/.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

ปรียานุช มิตรแสง. 2557. *“ผลของการใช้กรดซาลิไซลิกก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลชมพู่ระหว่างการเก็บรักษา”*. ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประโยชน์-วิธีการใช้ไคโตซาน. ม.ป.ป. เข้าถึงได้จาก : http://chitosanbycc.com

ปรางค์ทอง กวานห้อง และเบญจมาส รัตนชินกร. 2557. “ผลของไคโตซานความเข้มข้นต่ำต่อคุณภาพการเก็บรักษาชมพู่พันธุ์ทองสามสี.” **วารสารแก่นเกษตร.** 42(3): 180-185

ปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ และธนิกพงศ์ ครองข้าวนาสาร. 2556 “ปริมาณวิตามินซี คลอโรฟิลล์และเส้นใยอาหารของเมล็ดทานตะวันงอกอายุต่างๆ”. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 44(3): 142-145

พงษ์เทพ เฟื่องสำรวจ. 2557. *“ประสิทธิภาพของกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่ออาการสะท้านหนาวและคุณภาพทางกายภาพของผักโหระพาระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ”*. ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ยุวดี มานะเกษม. 2553. “พันธุ์สารออกฤทธิ์สำคัญและผลของสารสำคัญในกวาวเครือขาว.” โครงการวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. หน้า 134.

รณรงค์ อยู่เกตุ, ภัทรพล บุตรฉิ้ว และวิไลลักษณ์ ชินะจิตร. 2557. “ผลของวัสดุเพาะกล้าและการแช่เมล็ดพันธุ์ที่มีต่อการผลิตทานตะวันงอก”. **วารสารแก่นเกษตร.** 42(3): 927-930

ลัดดาวัลย์ โรจนพรรณทิพย์ ประกาย บริบูรณ์ ทิพวรรณ นิ่งน้อย มยุรี อุรารุ่งโรจน์ และ สมพร ทัญชีวะ. 2541. “การพัฒนาชุดทดสอบกรดซาลิไซลิกในอาหาร”. **วารสารกรมวิทย.พ.** 40(1): 37-48

วรินธร พูลศร. 2563. **การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว.** เข้าถึงได้จาก: http://www. sme-cluster. rmutt.ac.th/download/download62/11062019.pdf

วรรณิศา ปัทมะภูษิต และพรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง. 2559. “ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตผลผลิตและปริมาณกรดซาลิไซลิกในพริกขี้หนู.” **วารสารแก่นเกษตร.** 44 (1): 141-146.

ศราวุทธ แสงอุไร. 2549. *“การสกัดแยกพอลิเมอร์ชีวภาพจากครัสเตเซียนการเตรียมอนุพันธ์และการดูดซับสารเคมีบางชนิด.”* วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2548. “ผลของกรดซาลิไซลิกต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้.” โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. หน้า 2-5.

สถานการณ์ไคตินและไคโตซาน. 2548. **วารสารเอ็มเทค.** 1(9): 12-113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

สิรินภา อยู่สถิตย์ และฤดีวรรณ บุญยะรัตน์. “การวิเคราะห์ปริมาณกรดซาลิไซลิกในผักและผลไม้ดองโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง”. 2549. **วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.** 7(1-2): 6-13

สุดาลักษณ์ โกเฮงกุล. 2553. “การหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ในน้ำมันพืชที่จำหน่ายในท้องตลาดกรุงเทพมหานคร.” **การประชุมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 36.**

สุพจน์ แสงประทุม. 2543. “การผลิตและงานวิจัยทานตะวันในประเทศไทย.” **การสัมมนาวิชาการส่งเสริมการเกษตร** ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมการเกษตร.

สมบัติทางชีวภาพของไคตินและไคโตซาน. 2559. เข้าถึงได้จาก : http://www.thaila.bonline.com/chitin-chitosan.htm.

สิริวัฒน์ บุญชัยศรี และอัมพิกา ศรีใจวงศ์. 2554. “ผลของไคโตซานต่อคุณภาพบางประการและปริมาณแคปซิคัมโอเลโอเรซินของพริกระหว่างการเก็บรักษา.” **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 42(3): 224-227.

สุรัสวดี พรหมอยู่. บทบาทของกรดซาลิไซลิกต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลพืชสวน. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.** 30(3): 95-102

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. 2558. “ภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วน.” เข้าถึงได้จาก : http://www.thaihealth.or.th/Content/29607.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. 2559. “แนะใช้หลัก 3 อ. 2 ส. ลดการเกิดโรค.” เข้าถึงได้จาก : http://www.thaihealth.or.th/Content/29607.

องอาจ ตัณฑวณิช. 2553. “เมล็ดทานตะวันงอก คุณค่าอาหารสูง.” **วารสารเทคโนโลยีชาวบ้าน.** 23(489): 22.

Abbasi, N.A., S. Hafeez and M.J. Tareen. 2011. “Salicylic acid prolongs shelf life and improves quality of ‘Maria Delicia’peach fruit”. **Acta Horticulturae.** 880: 191-197.

Aghdam, M.S. A. A. Motallebiazar, Y. Mostofi, J.F. Moghaddam and M. Ghasemnezhad. 2011. “Methyl salicylate affects the quality of Hayward kiwifruit during storage at low temperature”. Thai Journal of **Agricultural Science.** 3: 149-156.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

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

Cho, M.H., No. H.K. and Prinyawiwatkul, W., 2008. "Chitosan treatments affect growth and selected quality of sunflower sprouts." **Food science.** 73: 70-77.

Davies, P. J. 1995. "Plant hormones." **Kluwer Academic publisher Dordrecht Natherland.** 833.

Jahromi, A.A. and Ramazani M., 2015. "Effect of chitosan and salicylic acid on qualitative properties of indian ziziphus (*ZIZIPHUS MAURITIANA* LAM., CV. 'SEB')." **CIB Tech.** 5: 113-116.

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

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive, 1992. "Salicylic acid biosynthesis pathway." Retrieved from : http://www.plantphysiol.org/ cgi/content/ full/125/1/318/F7.

Hayat, Q. S. Hayat, M. Irfan and A. Ahmad. 2010. "Effect of exogenous salicylic acid under changing environment." A review. Environmental and Experimental Botany. 68: 14-25.

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

Kima, S. I.S.M. M. Zaidula, S. Tomoo, H. Tatsuro, T. Naoto, N. Shigenobu, M. Takahiro, M. Chie and Y. Hiroaki. 2007. "A time-course study of flavonoids in the sprouts of tartary (Fagopyrum tataricum Gaertn) Buckwheats". **Scientia Horticulturae.** 115: 13–18.

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**. 1: 200-207.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

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

Lo'ay, A.A. and Dawood, H.D., 2017. Minimize browning incidence of banana by postharvest active chitosan/PVA combines with oxalic acid treatment to during shelf-life. **Scientia Horticulturae.** 226: 208-215.

Marton, M. Zs. Mandoki and Csapo. J. 2010. "Evaluation of biological value of sprouts I. Fat content, fatty acid composition". Acta Universitatis Sapientiae, **Alimentaria** 33: 53-65.

Mohammadreza, A. and Morteza S.A. 2010. "Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops". **Trends in Food Science & Technology**. 21: 502-509.

Pajak, P. R. Socha, D. Gakowska, J. Roznowski and T. Fortuna. 2014. "Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts." **Food Chemistry.** 143: 300.

Sarikhani, H., R. Sasani-Homa and D. Bakhshi. 2010. "Effect of salicylic acid and SO 2 generator pad on storage life and phenolic contents of grape". **Vitis vinifera L. 'Bidaneh Sefid' and 'Bidaneh Ghermez'.** 877: 1623-1630.

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

Simonich, M.T. P.A. Egner and B.D. Roebuck, 2007. "Natural chlorophyll inhibits aflatoxin B1-induced multi-organ carcinogenesis in the rat". **Carcinogenesis.** 28: 1294-1302.

Singh, G. and M. Kaur. 1980. "Effect of growth regulators on podding and yield of mung bean (Vigna radiata (L.) Wilczek)". **Indian Journol of Plant Physiolgy.** 23: 366-370.

Slinkard, K. and V. L. Singleton. 1977. "Total phenol analysis : automation and comparison with manual methods". **American Journal of Enology and Viticulture**. 28: 49-55.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Souza Oliveira Coqueiro D., Alves de Souza, A. and et al. 2015. "Transcriptinal profile of sweet orange in response to chitosan and salicylic acid." BMC Genomics. 15: 14.

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

Supapvanich, S., R. Arkajak and K. Yalai. 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: 46-49.

Turkyilmaz, B., Akta, L.Y. and Ven, G.A.., 2005. "Salicylic acid induced some biochemicaland physiological changes in Phaseolus vulgaris L.". **Science Engineering Journal Firat University.** 17: 319-326

Wang, L.J. and S.H.H. Li. C. 2006. "Salicylic acid-induced heat or cold tolerance in relation to Ca^{2+} homeostasis and antioxidant systems in young grape plants". **Plant Science.** 170: 685-694

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

Wills, R.B.H., Mc Glasson, W.B., Graham, D.& Joyce, D.C. 1998. "Postharvest an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals." **University of New South Wales Press Ltd. Australia.**

Yildirim, E., Turan, M. and Guvenc, I. 2008. "Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll and mineral content of cucumber (Cucummis sativus L.) grown under salt stress". Journal of Plants Nutrition. 31: 593-612

Zhao, H. J., X. W. Lin., H. Z. Shi and S. M. Chang. 1995. "The regulating effects of phenolic compounds on the physiological characteristics and yield of soybeans". Acta Agronomy. 21: 351-355

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาววธิดา ฉิมสุนทร
วัน-เดือน-ปีเกิด	18 สิงหาคม พ.ศ. 2536
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน	25/1 หมู่ 1 ตำบลซับตะเคียน อำเภอชัยบาดาล จ.ลพบุรี
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) (เกียรตินิยมอันดับ 1) สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	1. ส.ค. 25561–ก.ย. 2562: ผู้ช่วยนักวิจัยประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 2. ต.ค. 2562–ปัจจุบัน: เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์ ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านโรงงานต้นแบบแปรรูปอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.สระบุรี

ผลงานทางวิชาการ

1. Promyou, S., **Chimsonthorn, V.**, Kijka, C., and Supapvanich, S. 2020. Physicochemical quality improvement of ready cook baby corns using calcium propionate immersion. International Journal of Agricultural Technology. 16(4): 949-958.

2. Supapvanich, S., Anan, W., and **Chimsonthorn, V.** 2019. Efficiency of combinative salicylic acid and chitosan preharvest- treatment on antioxidant and phytochemicals of ready to eat daikon sprouts during storage. Food Chemistry. 284: 8-15.

3. Supapvanich, S., **Chimsoontorn, V.**, Anan, W., Boonyaritthongchai, P., Tepsorn, R. and Techavuthiporn, C. 2018. Effect of preharvest chitosan application on bioactive compounds of and sunflower sprouts during storage. International Journal of Agricultural Technology. 4(7): 1987-1998.

4. **Chimsoontorn, V.,** Anan, W., and Supapvanich, S. 2018. Effect of Preharvest Chitosan treatment on Appearance and Bioactive Compounds of Sesame Sprout during storage. Agricultural Science Journal 49. 1 (Suppl.): 580-583

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Supapvanich, S., **Chimsoontorn, V.,** Keawploy, T., and Suamuang, N. 2016. Effect of preharvest salicylic acid treatment on appearance and bioactive compounds of sunflower sprout during storage. Agricultural Science Journal 47. 3 (Suppl.): 205-208

6. Chimsoontorn, V., Anan, W., and Supapvanich, S. 2018. Effect of Preharvest Chitosan treatment on Appearance and Bioactive Compounds of Sesame Sprout during storage. Poster presented in The 16th National Horticultural Congress, Nov 29–Dec 1, 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้