

ประสิทธิภาพของการฟั่นสารละลายแคลเซียมร่วมกับการฉายรังสียูวีซี
ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน



เปรมหทัย เชื้อนวัง

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร

ตุลาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

ประสิทธิภาพของการแผ่สารละลายแคลเซียมร่วมกับการฉายรังสียูวีซี
ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน



วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
ตุลาคม 2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

EFFICACY OF CALCIUM APPLICATION COMBINED WITH UV-C IRRADIATION ON
POSTHARVEST QUALITY AND SHELF LIFE OF SUNFLOWER MICROGREENS



PREMHATHAI KHUEANWANG

A Thesis Submitted to University of Phayao
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Master of Science Degree in Agricultural Science

October 2025

Copyright 2025 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพของการพันสารละลายแคลเซียมร่วมกับการฉายรังสียูวีซี
ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน

ของ เปรมหทัย เชื้อนวัง

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชิติ ศรีตันทิพย์)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาสนา พิทักษ์พล)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิพรพรรณ เนืองเม็ก)

..... คณบดีคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิพรพรรณ เนืองเม็ก)

เรื่อง:	ประสิทธิภาพของการพ่นสารละลายแคลเซียมร่วมกับการฉายรังสียูวีซี ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาดันอ่อนทานตะวัน
ผู้วิจัย:	เปรมหทัย เชื้อนวัง, วิทยานิพนธ์: วท.ม. (วิทยาศาสตร์การเกษตร), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2568
อาจารย์ที่ปรึกษา:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาสนา พิทักษ์พล อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิพร พรรณ เนื่องเม็ก
คำสำคัญ:	แคลเซียม, รังสีUV-C, คุณภาพ, ผลผลิต, ดันอ่อนทานตะวัน

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการพ่นสารละลายแคลเซียมร่วมกับการฉายรังสียูวีซี ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาดันอ่อนทานตะวัน โดยแบ่งเป็น 3 การทดลอง (1) ศึกษาผลของสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตทก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาดันอ่อนทานตะวัน โดยทำการพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ความเข้มข้น 0, 0.04, 0.4, 0.8% และสารละลายแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0, 0.04, 0.4, 0.8 และ 1.6% ในช่วงวันที่ 4-6 หลังเพาะเมล็ด และเก็บเกี่ยวในวันที่ 7 จากนั้นบรรจุในกล่องพลาสติกและเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้อง ($10 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ $80 \pm 2\%$) พบว่า การพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8% และสารละลายแคลเซียมแลคเตท 0.04 และ 0.4% ทำให้ดันอ่อนทานตะวันมีความสูงต้น ผลผลิตสูงกว่าและช่วยรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว โดยช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีและรักษาคุณภาพโดยรวมได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (2) ศึกษาผลของการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของดันอ่อนทานตะวัน โดยทำการฉายรังสี UV-C 30 W ระยะเวลา 30, 60, 90 และ 120 วินาที ($9.52, 19.05, 28.57$ และ 38.10 kJ/m^2) และไม่ผ่านการฉายรังสี UV-C (ชุดควบคุม) ให้กับดันอ่อนทานตะวันหลังการเก็บเกี่ยว แล้วนำมาบรรจุในกล่องพลาสติกใสที่มีฝาปิด แล้วนำเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($10 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ $80 \pm 2\%$) พบว่า การฉายรังสี UV-C มีแนวโน้มช่วยรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวดันอ่อนทานตะวัน โดยเฉพาะการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52 kJ/m^2) ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเปลี่ยนแปลงสี รักษาความเขียวของใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ รวมทั้งช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (3) ศึกษาประสิทธิภาพของการพ่นสารละลายแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาดันอ่อนทานตะวัน โดยนำดันอ่อนทานตะวันที่ผ่านมาผ่านการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8% และสารละลายแคลเซียมแลคเตท 0.04% มาฉายรังสี UV-C 30W เป็นระยะเวลา 30 วินาที (9.52 kJ/m^2) แล้วนำมาบรรจุในกล่องพลาสติกใสที่มีฝาปิด แล้วนำเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($10 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ $80 \pm 2\%$) พบว่าการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.80% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเปลี่ยนแปลงสี ลักษณะปรากฏ คุณภาพโดยรวม รักษาความเขียวของใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ สามารถลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด มีจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด $146.60 \log \text{ CFU/g FW}$ เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำเปล่า และไม่ฉายรังสี UV-C ที่มีจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุด $291.00 \log \text{ CFU/g FW}$ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.80% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C ช่วยชะลอการเสื่อมสภาพหลังการเก็บเกี่ยวของดันอ่อนทานตะวันและรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวดันอ่อนทานตะวัน มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด

Title: EFFICACY OF CALCIUM APPLICATION COMBINED WITH UV-C IRRADIATION ON POSTHARVEST QUALITY AND SHELF LIFE OF SUNFLOWER MICROGREENS

Author: Premhathai Khueanwang, Thesis: M.Sc. (Agricultural Science), University of Phayao, 2025

Advisor: Assistant Professor Dr. Wasna Pithakpol Co-advisor Assistant Professor Dr.Wipornpan Nuangmek

Keywords: Calcium UV-C Quality Yield Sunflower microgreens

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of preharvest calcium solution spraying combination with postharvest UV-C irradiation on postharvest quality and shelf life of sunflower microgreens. Experimental were divided for 3 parts (1) To study the effect of postharvest sprayed of calcium amino acid chelate, calcium chloride and calcium lactate on growth, yield, postharvest quality and shelf life of sunflower microgreens. Sunflower microgreens were sprayed with calcium amino acid chelate at 0, 0.04, 0.4, 0.8% and calcium lactate and calcium chloride at 0, 0.04, 0.4, 0.8 and 1.6% during 4-6 days after seed sowing and microgreens were harvested at 7th days, packed in plastic tray and stored at low temperature ($10\pm 2^{\circ}\text{C}$, $80\pm 2\%\text{RH}$) for 24 days. Results indicated that 0.8% calcium amino chelate and both 0.04% and 0.4% of calcium lactate had higher yield and reduced weight loss, slowed down leaf color change, and reduced bruising and decay of leaves and had better overall quality than the other treatments. (2) To study the effects of UV-C irradiation on postharvest quality of sunflower microgreens. Sunflower microgreens were irradiated with UV-C radiation with an intensity of 30W for 30, 60, 90 and 120 seconds (9.52, 19.05, 28.57, and 38.10 KJ/m^2) and without UV-C treatment as control then packed in plastic trays and stored at low temperature ($10\pm 2^{\circ}\text{C}$, $80\pm 2\%\text{RH}$) for 10 days. Results showed that UV-C irradiation tended to maintain the postharvest quality of sunflower microgreens. Specifically, UV-C irradiation for 30 seconds was the most effective in reducing weight loss, slowing color changes, and maintaining leaf greenness and chlorophyll content and including reduced the growth of microorganism. (3) To study the effectiveness of pre-harvest calcium spraying combined with UV-C irradiation on postharvest quality and shelf life of sunflower microgreens. Sunflower microgreens were sprayed with 0.8% calcium amino chelate or 0.04% calcium lactate then 30W UV-C irradiation for 30 seconds (9.52 KJ/m^2) then packed in plastic tray and stored at low temperature ($10\pm 2^{\circ}\text{C}$, $80\pm 2\%\text{RH}$). Results showed that 0.8% calcium amino chelate spraying in combination with UV-C irradiation reduces weight loss, slows down color changes, appearance, overall quality and maintain the leaf greenness and chlorophyll content, including reduce the growth of microorganisms (146.60 log CFU/g FW) when compared to the control (water sprayed and no UV-C) that had the largest number of total microbial colonies (291.00 log CFU/g FW). For the conclusion spraying with 0.8% calcium amino chelate in combination with UV-C irradiation slowed down the postharvest deterioration and maintained postharvest quality of sunflower microgreens during storage.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา พิทักษ์พล ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างยิ่งที่คอยให้ความรู้ คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ตลอดจนทำการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องเพิ่มเติมในการเขียนวิทยานิพนธ์ เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ชิตี ศรีตันทิพย์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิพรพรรณ เนืองเม็ก กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา และตรวจทาน แก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรการเกษตร นักวิทยาศาสตร์ นิสิตปริญญาโท และปริญญาดุษฎีสาขาวิทยาศาสตรการเกษตรทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยาในการอำนวยความสะดวกทางด้านห้องปฏิบัติการในการดำเนินงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่สนับสนุน คอยดูแล และเป็นกำลังใจที่ตีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร คณะครู และเจ้าหน้าที่วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีพะเยาทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าหวังว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์หรือเป็นแนวทางในการศึกษา สำหรับผู้ที่สนใจต่อไป

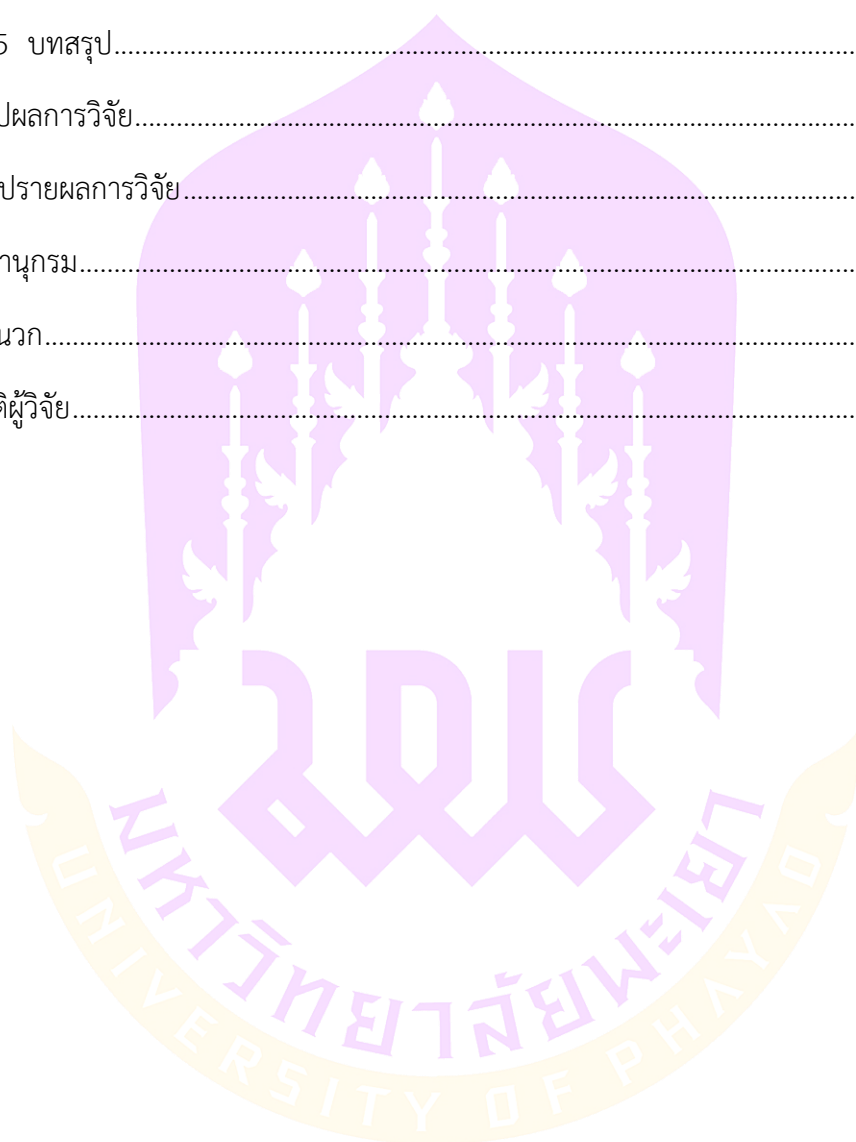
เปรมหทัย เชื้อนวัง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
ไมโครกรีนหรือต้นอ่อน (Microgreens)	4
ต้นอ่อนทานตะวัน (Sunflower microgreens)	4
การเพาะต้นอ่อนทานตะวันเชิงการค้า.....	5
ปัจจัยที่ทำให้การสูญเสียของต้นอ่อนหลังการเก็บเกี่ยว	6
แคลเซียม	8
บทบาทของแคลเซียมต่อคุณภาพผลิตผล	8
บทบาทของแคลเซียมในต้นอ่อน.....	8
รังสียูวี.....	9
ความสามารถของรังสี UV-C ต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์.....	9

ผลของ UV-C ต่อคุณภาพของต้นอ่อน.....	10
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	20
การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต แคลเซียมแลคเตท และแคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน	21
โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองย่อย คือ	21
1.1 ศึกษาประสิทธิภาพของการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน.....	21
1.2 การศึกษาชนิดของสารละลายแคลเซียมและระดับความเข้มข้นก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน	24
การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพของระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน.....	25
การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพของการพ่นสารละลายแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน.....	27
บทที่ 4 ผลการทดลอง	29
การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองย่อย.....	29
การทดลองที่ 1.1 ศึกษาประสิทธิภาพของการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน.....	29
การทดลองที่ 1.2 การศึกษาชนิดของสารละลายแคลเซียมและระดับความเข้มข้นก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและการอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน.....	40

การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพของระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพ	
หลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน.....	51
การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพของการพ่นสารละลายแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับการ	
การฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน ..	64
บทที่ 5 บทสรุป.....	73
สรุปผลการวิจัย.....	73
อภิปรายผลการวิจัย.....	74
บรรณานุกรม.....	82
ภาคผนวก.....	91
ประวัติผู้วิจัย.....	111



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ผลของการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของ ต้นอ่อนทานตะวัน	30
ตาราง 2 ผลของการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ต่อค่าความเขียวใบของ ต้นอ่อน ทานตะวัน จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน.....	31
ตาราง 3 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (mg./g fw.) ของต้นอ่อนทานตะวัน หลังการพ่นแคลเซียมอะมิโน แอซิด คีเลต ก่อนการเก็บเกี่ยว จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน	32
ตาราง 4 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (mg./g fw.) ของต้นอ่อนทานตะวัน หลังจากการพ่นแคลเซียมอะมิโน แอซิดคีเลตก่อนการเก็บเกี่ยว จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้น สัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน	33
ตาราง 5 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg./g fw.) ของต้นอ่อนทานตะวัน หลังจากพ่นแคลเซียม อะมิ โนแอซิดคีเลตก่อนการเก็บเกี่ยว จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้น สัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน	34
ตาราง 6 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของต้นอ่อนทานตะวัน ที่ได้รับการพ่น แคลเซียมอะมิโน แอซิดคีเลต	40
ตาราง 7 ผลของการพ่นแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของต้นอ่อนทานตะวัน	42
ตาราง 8 ค่าความเขียว (SPAD unit) ของต้นอ่อนทานตะวันหลังจากการพ่นแคลเซียมแลคเตทและ แคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยว จากนั้นบรรจุในกล่องพลาสติกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ($10\pm 2^{\circ}\text{C}$, $80\pm 2\%\text{RH}$) เป็นระยะเวลา 24 วัน.....	44
ตาราง 9 ผลของการพ่นแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการ สูญเสีย น้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ($10\pm 2^{\circ}\text{C}$, $80\pm 2\%\text{RH}$) เป็น ระยะเวลา 24 วัน	45

ตาราง 10 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/g fw.) ของต้นอ่อนทานตะวัน หลังการพ่นแคลเซียม แลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยว จากนั้นบรรจุในกล่องพลาสติกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ ต่ำ ($10\pm 2^{\circ}\text{C}$, $80\pm 2\%\text{RH}$) เป็นระยะเวลา 24 วัน	49
ตาราง 11 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของต้นอ่อนทานตะวัน ที่ได้รับการพ่นแคลเซียม แลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยว.....	51
ตาราง 12 ค่าความเขียวของใบต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็นระยะเวลาต่าง ๆ แล้ว นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน	52
ตาราง 13 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (mg./g fw.)ของต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็น ระยะเวลาต่างๆ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้น สัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน.....	53
ตาราง 14 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (mg./g fw.) ของต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็น ระยะเวลาต่างๆ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้น สัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน.....	54
ตาราง 15 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg./g fw.) ของต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็นระยะเวลาต่างๆ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน.....	55
ตาราง 16 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (mg./g fw.) ของต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็น ระยะเวลาต่าง ๆ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน.....	56
ตาราง 17 จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็น ระยะเวลาต่างๆ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน.....	63
ตาราง 18 ค่าความเขียวของใบต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต และ แคลเซียมแลคเตท ร่วมกับการฉายรังสี UV-C แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 7 วัน.....	65
ตาราง 19 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ, ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของต้นอ่อน ทานตะวันที่พ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต และแคลเซียมแลคเตท ร่วมกับการฉายรังสี UV-C	

แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 15 วัน	66
ตาราง 20 จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต และแคลเซียมแลคเตท ร่วมกับการฉายรังสี UV-C แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 วัน	72



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 ต้นอ่อนทานตะวัน	5
ภาพ 2 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	20
ภาพ 3 การสูญเสียน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็น ระยะเวลา 21 วัน	35
ภาพ 4 การเปลี่ยนแปลงสีใบของต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต แล้ว นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน.....	36
ภาพ 5 ลักษณะที่ปรากฏของต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต.....	37
ภาพ 6 คุณภาพโดยรวมของต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต แล้ว นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน.....	38
ภาพ 7 คุณภาพต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตที่ความเข้มข้น ต่างกัน แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส	38
ภาพ 8 อายุการเก็บรักษาของต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต เก็บ รักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์.....	39
ภาพ 9 คุณภาพของต้นอ่อนทานตะวัน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของสีใบ (A) ลักษณะปรากฏ (B) และ คุณภาพโดยรวม (C) ของต้นอ่อนทานตะวัน หลังจากการพ่นแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการเก็บเกี่ยว จากนั้นบรรจุในกล่องพลาสติกและเก็บรักษา ที่อุณหภูมิต่ำ ($10\pm 2^{\circ}\text{C}$, $80\pm 2\%\text{RH}$) เป็นระยะเวลา 24 วัน.....	47
ภาพ 10 ต้นอ่อนทานตะวันที่ได้รับการพ่นแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยว จากนั้นบรรจุในกล่องพลาสติกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 24 วัน.....	50

[illegible]

ภาพ 21 อายุการเก็บรักษาของต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต และแคลเซียมแลคเตท ร่วมกับการฉายรังสี UV-C แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 15 วัน 71



บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ไมโครกรีนทานตะวันหรือต้นอ่อนทานตะวัน (Sunflower microgreens, *Helianthus annuus* L.) ได้จากการเพาะเมล็ดทานตะวันให้งอกและเก็บเกี่ยวต้นอ่อนที่มีอายุ 7-11 วันหลังเพาะ โดยปัจจุบันกระแสการบริโภคต้นอ่อนเพื่อเป็นอาหารสุขภาพได้รับความนิยมและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้นอ่อนมีคุณค่าทางโภชนาการสูงเมื่อเทียบกับผักใบเขียวที่โตเต็มที่ ต้นอ่อนทานตะวัน 100 กรัม ประกอบด้วยโปรตีน 2 กรัม คาร์โบไฮเดรต 2.4 กรัม ไขมัน 4.7 กรัมใยอาหาร 1.2 กรัม และพลังงาน 53 กิโลแคลอรี รวมทั้งยังมีสารอาหารอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 6 วิตามินอี วิตามินซี ธาตุเหล็ก และโฟเลต รวมทั้งกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ โอเมก้า 3 6 และ 9 และสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารประกอบฟีนอลิก และกรด GABA (gamma-aminobutyric acid) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทประสาทในระบบประสาทส่วนกลาง ช่วยรักษาความสมดุลในสมองและช่วยในการบำรุงเซลล์สมอง (วาสนา นาราศรี, 2565) นอกจากนั้นกระบวนการผลิตต้นอ่อนทานตะวันทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยากและไม่ซับซ้อนแต่ให้ผลตอบแทนที่มีมูลค่าสูง โดยการเพาะใช้พื้นที่น้อย วัสดุปลูกหาได้ง่าย รวมทั้งใช้ระยะเวลาการเพาะปลูกที่สั้น สามารถเก็บเกี่ยวได้เร็วโดยอายุตั้งแต่เพาะจนถึงเก็บเกี่ยวไม่เกิน 11 วัน รวมทั้งได้ต้นอ่อนที่ปลอดภัยจากสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช (ธารรัตน์ หนูนุ่ม และวรางคณา เรียนสุทธิ์, 2563) ปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญของต้นอ่อนทานตะวันคือมีอายุการเก็บรักษาสั้นจากการสูญเสียน้ำหนัก เหี่ยว เน่าเสียง่าย สูญเสียความสด เนื่องจากเก็บเกี่ยวต้นอ่อนในช่วงแรกของการเจริญเติบโตมีอัตราการหายใจสูง (จันทร์ภากรณ์ พุนดี และสุรมงคล นิมจิตต์, 2564) ส่งผลให้ต้นอ่อนเกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วและมีอายุการวางจำหน่ายสั้น ทำให้เกิดการสูญเสียรายได้และมูลค่าทางเศรษฐกิจ

ทางด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มีความพยายามใช้สารเคมีและกระบวนการกายภาพร่วมกันเพื่อชะลอการเสื่อมคุณภาพ หนึ่งในแนวทางที่ได้รับความสนใจคือ การใช้แคลเซียม (Calcium, Ca^{2+}) เนื่องจากแคลเซียมมีบทบาทที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต การพัฒนา การรักษาคุณภาพ ช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของใบและการสุก และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ได้ โดยแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหนึ่งของเพคตินในผนังเซลล์พืช ทำให้ผนังเซลล์พืชแข็งแรงและเพิ่มแรงดึงระหว่างเซลล์พืช คงความแน่นเนื้อ ความสดของผักและผลไม้ (เฉลิมชัย และคณะ, 2547) รวมทั้งแคลเซียมมีผลต่อการ

ชักนำการปิดปากใบ ซึ่งมีผลต่อการสูญเสียน้ำและความชื้นในพืช โดยมีรายงานว่า การให้แคลเซียมกับ ผลผลิตโดยตรง เช่น การพ่นทางใบ ก่อนการเก็บเกี่ยว เป็นวิธีการที่เพิ่มปริมาณแคลเซียมที่ได้ผลดีที่สุด (ชัยภูมิ สุขสำราญ และคณะ, 2564) และมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต จึงเหมาะสม สำหรับการนำไปใช้ทางการเกษตร (วินัย วิริยะอลงกรณ์, 2567) โดยแคลเซียมในปัจจุบันมีหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารได้แก่ แคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต แคลเซียม คลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท โดยที่แคลเซียมแลคเตทมีประโยชน์ในการรักษาเนื้อสัมผัส ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์แปรรูปเช่นเดียวกัน แคลเซียมคลอไรด์ แต่ไม่ทำให้เกิดรสขมและกลิ่นแปลกปลอมตกค้าง (ทิพวรรณ ทองสุข, 2553) รวมทั้งจำหน่ายในราคาถูก หาซื้อได้ง่าย และได้รับอนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ให้ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหารได้ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2566) โดยมีรายงานว่า การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ทางใบ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลลาร์ และแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้น 1.5% ให้กับผักกาดหอม สามารถเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตสด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Attallah et al., 2021 and Khani et al., 2020) นอกจากนี้ยังมีแนวทางอื่น ๆ ในการช่วยรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและยืดอายุการเก็บรักษา ผลผลิตทางการเกษตร รวมทั้งการใช้รังสียูวีซี (UV-C) ที่มีช่วงความยาวคลื่น 200-280 นาโนเมตร เป็นรังสีที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Koutchma, 2009) โดยขัดขวางการ ทำงานของ DNA และ RNA รังสียูวีสามารถสร้างพันธะ pyrimidine dimer ระหว่าง กรดอะมิโนไทมีน (thymine) และกรดอะมิโนไซโตซีน (cytosine) ที่อยู่ติดกันของสาย DNA หรือ RNA เดียวกัน โมเลกุลคู่นี้สามารถป้องกันกระบวนการจำลองตัวเองของ DNA และ RNA ส่งผลให้เกิดการยับยั้งขึ้น หรือป้องกันการติดเชื้อจุลินทรีย์ (Harm, W., 1980 and Weber et al., 2009) รวมทั้งพบว่ารังสี UV-C สามารถลดการเสื่อมสภาพของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว ป้องกันการเปลี่ยนสีของผลไม้ รักษาความสดของผัก และเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ลดการเกิดออกซิเดชันในผลผลิต และลด การสลายของสารประกอบทางชีวเคมี เช่น วิตามินซี และฟีนอล ทำให้ผลผลิตคงความสด และคุณค่า ทางโภชนาการได้ยาวนานขึ้น รวมทั้งมีรายงานว่า การฉายแสงยูวีตามด้วยกรดแลคติก ร่วมกับกรด พุ่มาริก เป็นเวลา 5 นาที ช่วยลดปริมาณ *E. coli* ในต้นอ่อนทานตะวันได้ $1.72 \log \text{CFU/g}$ เปรียบเทียบกับปริมาณ *E. coli* ที่ปนเปื้อนต้นอ่อนทานตะวันเริ่มต้น $5.18 \log \text{CFU/g}$ (บุษกร ทองใบ และคณะ, 2560) และการฉายรังสี UV-C ที่ระดับ 3.2 kJ/m^2 ทำให้แก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคมี ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์ และราต่ำที่สุด ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน (หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติ และสุภัทร ไชยชมภู, 2557) ดังนั้น การพ่นแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวและฉายรังสี UV-C หลังการเก็บเกี่ยว น่าจะเป็นแนวทางหนึ่ง ที่ช่วยรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและยืดอายุของต้นอ่อนทานตะวันเพื่อจำหน่ายได้นานขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตทก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต แคลเซียมแลคเตทก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาชนิดของแคลเซียม (แคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต, แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท), ระดับความเข้มข้นของแคลเซียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน
2. ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน
3. ศึกษาประสิทธิภาพร่วมกันของการพ่นสารละลายแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวและการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน

ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย

1. ได้ข้อมูลชนิดและระดับความเข้มข้นของแคลเซียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน
2. ได้ข้อมูลระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน
3. ได้ข้อมูลการพ่นสารละลายแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไมโครกรีนหรือต้นอ่อน (Microgreens)

ผักที่มีอายุน้อยที่นิยมนำมารับประทาน สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ ผักงอก (sprouts), ไมโครกรีน (microgreens) หรือที่นิยมเรียกว่า “ต้นอ่อน” และเบบี้ กรีน หรือ เบบี้ ลีฟ (baby greens or baby leave) ซึ่งมีความแตกต่างกันของผักทั้งสามแบบ โดยผักงอกเป็นผักที่งอกจากเมล็ด ปลูกด้วยน้ำหรือวัสดุอื่นๆ ที่ไม่ใช่ดิน ไม่ต้องการแสง สามารถรับประทานได้ทุกส่วนตั้งแต่รากจนถึงยอด ระยะการเก็บเกี่ยวก่อนพบใบจริง เช่น ถั่วงอก ในขณะที่ไมโครกรีนเป็นผักต้นอ่อนที่ได้จากเมล็ดพัฒนาไปเป็นต้นอ่อนที่มีใบเลี้ยง ปลูกด้วยวัสดุปลูกชนิดต่างๆ ต้องการแสง และธาตุอาหารเล็กน้อย รับประทานเฉพาะส่วนต้นอ่อนที่อยู่เหนือวัสดุปลูก (seedling hypocotyl) และใบเลี้ยง และอาจพบหรือไม่พบใบจริงคู่แรกได้ เช่น ต้นอ่อนผักบุ้ง ต้นอ่อนทานตะวัน ไควาระ และถั่วเหมียว ส่วนเบบี้ กรีน หรือ เบบี้ ลีฟ เป็นพืชที่ถูกเก็บเกี่ยวก่อนระยะเจริญเต็มที่ (mature plants) ปลูกได้ทั้งในดินและสภาพไร้ดิน ต้องการแสงและธาตุอาหารต่างๆ ระยะการเก็บเกี่ยวนานกว่ากลุ่มผักงอกและต้นอ่อนประมาณ 20-40 วัน ซึ่งพัฒนาไปเป็นใบจริงทั้งหมด เช่น ผักสลัดชนิดต่างๆ ได้แก่ เบบี้ ลีฟ กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค บัตเตอร์เฮด และเรดคอรัล (Gioia et al., 2017; Lenzi et al., 2019)

ต้นอ่อนทานตะวัน (Sunflower microgreens)

ต้นอ่อนทานตะวัน เป็นต้นอ่อนพัฒนามาจากเมล็ดทานตะวันมีลำต้นสีขาว สูงประมาณ 2-3 นิ้ว มีใบเลี้ยงจำนวน 2 ใบ เมื่อครบอายุ 5-6 วันจะทำการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนทานตะวันแบบไม่ล้าง ก่อนตัด 4 ชั่วโมงให้รดน้ำต้นอ่อน แล้วทำการเก็บเกี่ยวโดยจะใช้มือรวบต้นมาจำนวนหนึ่งแล้วใช้กรรไกรหรือมีดตัดโคนต้นเหนือเหนือวัสดุเพาะ (องอาจ ตัณฑวณิช, 2553) ต้นอ่อนทานตะวัน 100 กรัม ประกอบด้วยโปรตีน 2 กรัม คาร์โบไฮเดรต 2.4 กรัม ไขมัน 4.7 กรัมใยอาหาร 1.2 กรัม และพลังงาน 53 กิโลแคลอรี รวมทั้งยังมีสารอาหารอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 6 วิตามินอี วิตามินซี ธาตุเหล็ก และโฟเลต รวมทั้งกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ โอเมก้า 3 6 และ 9 และสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารประกอบฟีนอลิกและกรด GABA (gamma-aminobutyric acid) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทในระบบประสาทส่วนกลางช่วยรักษาความสมดุลในสมองและช่วยในการบำรุงเซลล์สมอง (วาสนา นาราตี, 2565)



ภาพ 1 ต้นอ่อนทานตะวัน

การเพาะต้นอ่อนทานตะวันเชิงการค้า

ปัจจุบันมีการเพาะในระดับเชิงการค้าเพื่อตอบสนองต่อผู้บริโภคตลาดผักปลอดภัยและเกษตรอินทรีย์ การผลิตเชิงการค้าจำเป็นต้องอาศัยการควบคุมคุณภาพในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การคัดเลือกเมล็ดพันธุ์จนถึงการเก็บเกี่ยว โดยขั้นตอนการเพาะมีดังนี้

1. การคัดเลือกเมล็ด ใช้เมล็ดทางการค้าที่ไม่เคลือบสารเคมี และมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงและปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อน
2. การเตรียมเมล็ด ทำความสะอาดเมล็ดและแช่น้ำ 6-12 ชั่วโมงเพื่อกระตุ้นการงอก
3. การเพาะเมล็ด นำวัสดุปลูก เช่น ขุยมะพร้าว ดิน บรจุลงถาดเพาะ หลังจากนั้นหว่านเมล็ดให้สม่ำเสมอ แล้วโรยวัสดุปลูกทับบางๆ รดน้ำให้มีความชื้นพอเหมาะและปิดทับด้วยวัสดุทึบแสงใน 2-3 วันแรกหลังเพาะเมล็ดเพื่อกระตุ้นการงอก
4. การดูแลและการให้น้ำ เมื่อเมล็ดต้นอ่อนทานตะวันเริ่มงอก นำถาดเพาะออกมาวางในพื้นที่ที่มีแสงเพียงพอ (12-16 ชั่วโมง/วัน) รดน้ำวันละ 1-2 ครั้ง หรือใช้ระบบพ่นหมอก (mist) เพื่อรักษาความชื้นให้เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของต้นอ่อน
5. การเก็บเกี่ยว เก็บเกี่ยวอายุ 7-11 วันหลังเพาะ โดยใช้กรรไกรหรือมีดสะอาดตัดโคนต้นอ่อนเหนือวัสดุปลูก เก็บรวบรวมไว้ในภาชนะสะอาดและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษา

6. การป้องกันโรคและการปนเปื้อน ใช้น้ำสะอาดที่ผ่านการกรองหรือฆ่าเชื้อ รวมทั้งการทำความสะอาดอุปกรณ์และภาชนะสัมผัสอาหาร หลีกเลี่ยงการเพาะต้นอ่อนทานตะวัน ในสภาพแวดล้อมที่มีความอับชื้น ซึ่งเสี่ยงต่อการเจริญเชื้อโรค

ปัจจัยที่ทำให้การสูญเสียของต้นอ่อนหลังการเก็บเกี่ยว

ผลิตผลทางการเกษตรทุกชนิดรวมทั้งต้นอ่อนทานตะวันหลังการเก็บเกี่ยวแล้วยังมีชีวิต ยังมีการหายใจและการเปลี่ยนแปลงชีวเคมีต่าง ๆ เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้เกิดการสูญเสีย ทั้งปริมาณและคุณภาพ ส่งผลทำให้ผลิตผลมีการเสื่อมสภาพเร็วขึ้นและมีอายุการเก็บรักษารวมถึงการ วางจำหน่ายที่สั้นลง (วาสนา พิทักษ์พล, 2555) โดยปัจจัยที่ทำให้เกิดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่

1.การหายใจ (Respiration) การหายใจเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญที่สุดในการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิต เป็นกระบวนการที่พืชใช้พลังงานที่สะสมไว้ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไปใช้ในการเจริญเติบโต และปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมา ดังนั้นการหายใจจึงเป็นการดึงเอาอาหารที่สะสมไว้ออกไปจากผลิตผลอยู่ตลอดเวลา เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ รวมไปถึงรสชาติที่เปลี่ยนไป นอกจากนี้การหายใจยังให้ความร้อนออกมา ซึ่งความร้อนนี้จะกระตุ้นให้โครงสร้างเนื้อเยื่อต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลง ทำให้ผลิตผลเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น โดยเฉพาะผลิตผลที่เป็นส่วนของพืชที่กำลังเจริญเติบโต เช่น ยอดอ่อน รวมทั้งต้นอ่อนทานตะวัน จัดเป็นผักที่มีอัตราการหายใจสูง ทำให้สูญเสียน้ำตาลที่สะสมและเกิดความร้อนภายใน ส่งผลต่อการเหี่ยวและเสื่อมสภาพเร็ว (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549)

2. การคายน้ำ (Transpiration) ผลิตผลสดมีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งมีการคายน้ำตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ ในขณะเดียวกันปริมาณความชื้นภายในผลิตผลสูงกว่าความชื้นของอากาศภายนอก จึงทำให้น้ำภายในสูญเสียออกจากผลิตผลอยู่ตลอดเวลา แม้ว่าผลิตผลจะมีเนื้อเยื่อโครงสร้างต่าง ๆ เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ ส่วนของชั้น epidermis เช่น แวกซ์ และคิวตินที่เคลือบอยู่บริเวณผิว แต่ผลิตผลมีช่องเปิดต่าง ๆ เช่น ปากใบ และ lenticel เพื่อถ่ายเทอากาศนำเอาออกซิเจนเข้าไปสำหรับการหายใจและคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ดังนั้นการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลทำให้รสชาติเปลี่ยนไป เนื้อสัมผัส (texture) ลดลง ผิวผลหรือใบเหี่ยว ย่น และน้ำหนักลดลง (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) สำหรับการคายน้ำของต้นอ่อนทานตะวันขึ้นอยู่กับความชื้นความสัมพัทธ์และอุณหภูมิ หากสภาพในการเก็บรักษาที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและอุณหภูมิสูง ทำให้สูญเสียน้ำผ่านปากใบอย่างรวดเร็ว ทำให้ใบและลำต้นอ่อนเหี่ยวเฉา รวมทั้งน้ำหนักและความกรอบ (texture) ลดลง ซึ่งเป็นคุณภาพสำคัญของผักสด

3. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ หลังจากการเก็บเกี่ยวการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขององค์ประกอบหลายชนิดของผลผลิต เช่น การเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล การเพิ่มขึ้นของปริมาณลิกนิน (lignin) ในผลผลิตที่มีเส้นใยมะยาว การสร้างหรือเสื่อมสลายตัวของสารสี (pigment) (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) สีของผักที่บริโภคเปลี่ยนจากสีเขียวกลายเป็นสีเหลือง ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการสูญเสียคลอโรฟิลล์ อัตราการสูญเสีย คลอโรฟิลล์ของผักใบชนิดต่าง ๆ อัตราการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในใบขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ฮอว์โมนในใบ ได้แก่ ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก (दनัย บุญเกียรติ, 2556) สำหรับต้นอ่อนทานตะวันจะมีการเกิดสีน้ำตาลและเกิดการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ที่กระตุ้นการเกิดสีน้ำตาลที่ใบและก้าน รวมทั้งการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ภายใต้แสงและอุณหภูมิสูง ส่งผลทำให้สีใบซีดเหลือง หรือคล้ำ (Xiao et al., 2014)

4. การปนเปื้อนจุลินทรีย์ (Microbial contamination) ต้นอ่อนทานตะวัน เป็นต้นอ่อนที่กำลังเจริญเติบโต มีลักษณะอ่อนนุ่ม มีปริมาณน้ำสูง และมีสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากแหล่งต่างๆ (Kou et al., 2013; Sharma et al., 2020) ได้แก่

4.1 การปนเปื้อนจากเมล็ดพันธุ์ (Seed-borne contamination) เมล็ดทานตะวันอาจปนเปื้อน ตั้งแต่ในแปลงผลิต รวมทั้งระหว่างการเพาะต้นอ่อน มีการใช้ความชื้นสูง ทำให้เชื้อที่ติดมากับผิวเมล็ดเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และเป็นแหล่งการปนเปื้อนที่สำคัญที่สุดของต้นอ่อน

4.2 การปนเปื้อนจากน้ำ (Water-borne contamination) น้ำที่ใช้แช่เมล็ด เพาะต้นอ่อน และน้ำที่ใช้รดระหว่างการเจริญเติบโต หากมีจุลินทรีย์ก่อเชื้อโรคจะสามารถแพร่กระจายไปทั่วทั้งระบบการผลิต

4.3 การปนเปื้อนจากสภาพแวดล้อมการผลิต (Environmental contamination) อุปกรณ์และภาชนะในการผลิตต้นอ่อนทานตะวัน เช่น ถาดเพาะ โต๊ะวาง หรือวัสดุปลูก อาจเป็นแหล่งสะสมของเชื้อ เช่น สปอร์ของเชื้อราหรือแบคทีเรียสามารถเกาะบนผิวและแพร่เข้าสู่ผ่านบาดแผลเล็ก ๆ ของต้นอ่อนทานตะวัน

4.4 การปนเปื้อนจากการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว (Postharvest handling contamination) การตัดต้นอ่อนทานตะวันทำให้เกิดบาดแผลที่เนื้อเยื่อ ซึ่งเป็นช่องทางให้จุลินทรีย์เข้าสู่เนื้อเยื่อได้ง่าย รวมถึงระหว่างการล้าง การบรรจุ และการขนส่ง หากมีการปฏิบัติด้านสุขอนามัยไม่ได้รับการควบคุมอย่างเหมาะสม อาจเพิ่มการปนเปื้อนจุลินทรีย์ รวมไปถึงบรรจุภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงและการเก็บรักษาในอุณหภูมิไม่เหมาะสมสามารถเร่งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้

แคลเซียม

แคลเซียม (Ca^{2+}) เป็นธาตุอาหารรองที่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะในการสร้างความแข็งแรงของผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ ผลผลิตทางการเกษตรรวมทั้งต้นอ่อนมักมีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากการเสื่อมสลายของโครงสร้างเซลล์ การสูญเสียน้ำ และการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ การสะสมแคลเซียมในพืชที่เพียงพอสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้ (White & Broadley, 2003)

บทบาทของแคลเซียมต่อคุณภาพผลิตผล

1) **ความแข็งแรงของผนังเซลล์ (Cell wall integrity)** แคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ calcium pectate ในมิดเดิลลามลลา (middle lamella) ซึ่งเป็นการเชื่อมเซลล์พืชเข้าด้วยกัน เมื่อโครงสร้างเซลล์แข็งแรง ลดการรั่วไหลของสารละลายภายในเซลล์ ลดอัตราการคายน้ำและการสูญเสียความกรอบของผักใบและต้นอ่อน ทำให้มีคุณภาพและอายุการเก็บรักษานานขึ้น (Demarty et al., 1984 และ Lester & Grusak, 2004)

2) **การชะลอการเสื่อมสภาพ (Delay of senescence)** แคลเซียมช่วยชะลอกระบวนการสลายคลอโรฟิลล์ซึ่งทำให้ใบเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง แคลเซียมช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ chlorophyllase และ peroxidase จึงช่วยชะลอการเปลี่ยนสี และลดการเกิดสีน้ำตาลหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งแคลเซียมมีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) และ peroxidase (POD) ที่กลายเป็นเมลานิน (melanin) หรือสารประกอบสีน้ำตาล-ดำ การขาดแคลเซียมทำให้พืชมีอาการ tip burn หรือ edge necrosis มีลักษณะขอบใบหรือปลายใบของพืชเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแห้งกรอบ และเกิดเนื้อเยื่อตาย เช่น คมน้ำ ผักสลัด และต้นอ่อน (Saure, 2005)

3) **การยับยั้งจุลินทรีย์ (Microbial resistance)** ผลิตผลที่มีแคลเซียมสูงจะมีโครงสร้างผนังเซลล์ที่แข็งแรง ทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ยากขึ้น โดยมีการแช่ผลิตผลในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ สามารถลดอัตราการปนเปื้อนของ *Botrytis cinerea* และเชื้อราอื่น ๆ ได้ (Conway et al., 1994)

บทบาทของแคลเซียมในต้นอ่อน

ต้นอ่อนมีการเจริญเติบโตเร็ว มีอัตราการหายใจสูง และมีอายุการเก็บสั้น (ไม่เกิน 7-14 วัน) โดยแคลเซียมมีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพ การให้แคลเซียมก่อนเก็บเกี่ยวมีผลต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของต้นอ่อนส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยาที่ดีขึ้น เช่น ความยาวลำต้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณแป้ง และคลอโรฟิลล์ โดยแคลเซียมมีบทบาทที่สำคัญในช่วงวัยอ่อนของพืช (seedling stage / microgreen stage) ต่อการส่งเสริมการสังเคราะห์

สารอาหารภายในพืช รวมทั้งช่วยเพิ่มผลผลิต เพิ่มความแข็งแรงของเนื้อเยื่อและยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยว การเสริมแคลเซียมให้กับต้นอ่อนสามารถเพิ่มความกรอบ ความเขียวสด และลดการเกิดสีน้ำตาลในต้นอ่อนของผักต่างๆ (Riggi et al., 2022) แต่ถ้าหากให้แคลเซียมในความเข้มข้นสูงเกินไปอาจเกิดพิษ (calcium toxicity) ได้ เช่น การตกตะกอนร่วมกับฟอสเฟต (phosphate precipitation) ซึ่งอาจลดการดูดซึมฟอสเฟต และรบกวนการสังเคราะห์แสง การเจริญเติบโต นอกจากนี้การได้รับแคลเซียมความเข้มข้นที่สูงอาจทำให้เกิดผลกระทบด้านแรงดันออสโมติก และอาจลดการเจริญเติบโตหากเกินขีดจำกัดของพืช

รังสียูวี

UV-C หรือ รังสีอัลตราไวโอเลตซี คือส่วนหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic spectrum) ในช่วงความยาวคลื่นที่สั้นที่สุดของรังสีอัลตราไวโอเลต โดยมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 100 ถึง 280 นาโนเมตร (nm) ซึ่งการฉายรังสียูวีซีเป็นวิธีการหนึ่งที่ยินยอมมาใช้กับผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการเน่า การเกิดโรค และชะลอการสุก (Sonntag, 2023)

กลไกการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยรังสี UV-C (Beltran et al., 2004)

- 1.การทำลายสารพันธุกรรม (DNA damage) รังสียูวีซี (ช่วงคลื่น 200–280 นาโนเมตร โดยเฉพาะที่ 254 นาโนเมตร) ถูกดูดกลืนโดยนิวคลีโอไทด์ของ DNA (pyrimidines: thymine และ cytosine) ทำให้เกิดการสร้าง pyrimidine dimers เช่น thymine dimer มีผลทำให้ DNA เกิดการบิดเบี้ยว (distortion) กระบวนการจำลองแบบ (replication) และการถอดรหัส (transcription) ของจุลินทรีย์ทำให้ไม่มีการแบ่งเซลล์

2. การรบกวนการซ่อมแซมเซลล์ (Impairment of DNA repair) จุลินทรีย์บางชนิดจะมีระบบซ่อมแซม DNA (photoreactivation, nucleotide excision repair) แต่ถ้าปริมาณรังสีสูงพอสามารถยับยั้งการซ่อมแซมเซลล์ของจุลินทรีย์ส่งผลทำให้เกิดการตายของเซลล์ (cell death)

ความสามารถของรังสี UV-C ต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

(Krishnamurthy, 2008)

1. ความเข้มของรังสีเมื่อสัมผัสเซลล์
2. ระยะเวลาที่รังสีสัมผัสเซลล์
3. ระยะห่างระหว่างจุดกำเนิดของรังสีและเซลล์
4. ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ เช่น ว่าจะทนต่อรังสี UV มากกว่าแบคทีเรีย

5. สถานภาพของจุลินทรีย์ในสภาวะแวดล้อมขณะฉายรังสี เช่น ระยะเวลาสร้างสปอร์เซลล์ที่ความต้องการออกซิเจน และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญ

6. องค์ประกอบของอาหารที่นำมาฉายรังสีและปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน (intrinsic – extrinsic parameter) ของอาหาร

ผลของ UV-C ต่อคุณภาพของต้นอ่อน

รังสี UV-C สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์บนเปื้อนรวม (total plate count) และเชื้อก่อโรคได้ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษา (shelf-life extension) โดยลดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ หากใช้รังสี UV-C ในปริมาณเหมาะสมจะช่วยกระตุ้นการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ฟีนอลิก, ฟลาโวนอยด์ มีผลดีต่อคุณค่าทางโภชนาการ แต่ถ้าใช้รังสี UV-C ที่สูงเกินไป อาจทำให้เกิดอาการซ้ำ เหี่ยว หรือเปลี่ยนสีในต้นอ่อน (Beltran et al., 2011)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อารีรัตน์ พยุงธรรม, วรณวิภา แก้วประดิษฐ์ และบุญมี ศิริ (2555) ได้ศึกษาการให้ปุ๋ยอะมิโนคีเลตทางใบต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม โดยให้ปุ๋ยอะมิโนคีเลตทางใบ 2 สูตร คือ FCB และ FZP ที่ระดับความเข้มข้น 2.0 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร และ 3.0 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร ทุกสัปดาห์ ก่อนและหลังออกดอก พบว่าไม่ส่งผลต่อความสูงของมะเขือเทศลูกผสม น้ำหนัก 1,000 เมล็ดต่อผล, จำนวนเมล็ดต่อผล การให้ปุ๋ยอะมิโนคีเลตทางใบแก่มะเขือเทศลูกผสมให้ผลผลิตสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางใบในรูป EDTA ปุ๋ยอะมิโนคีเลตทางใบทั้ง 2 สูตร ทุกกรรมวิธี มีผลให้ปริมาณโรคกันเน่าผลมะเขือเทศลดลง ส่วนคุณภาพเมล็ด ในด้านความงอกที่เพาะในห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง พบว่าการให้ปุ๋ยทางใบมีผลทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และการวิเคราะห์ธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของต้นพืชและในเมล็ดพันธุ์ พบว่าธาตุอาหารส่วนใหญ่สะสมอยู่ในต้นและใบพืช มีธาตุอาหารไปสู่เมล็ดน้อยโดยเฉพาะธาตุแคลเซียมและโบรอน พบว่าการให้ปุ๋ยอะมิโนคีเลตทางใบทั้ง 2 สูตร สอดคล้องน้ำหนักเมล็ดพันธุ์โดยเฉพาะธาตุ Cu, B และ Fe และความงอกที่เพาะในห้องปฏิบัติการและในโรงเรือนทำให้มีการให้ธาตุอาหารคุณภาพเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น

หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล และสุภัทร ไชยชมภู (2557) ได้ศึกษาผลของรังสี UV-C ต่อการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค นำแก้วมังกรพันธุ์ขาวเปลือกแดง มาล้างด้วยน้ำสะอาด หั่นชิ้นแก้วมังกรตามแนวตั้งแบ่งเป็น 6 ชิ้นต่อผล บรรจุลงในถาดโฟม จากนั้นทำการฉายรังสี UV-C เวลา 0 (ชุดควบคุม), 5 และ 10 นาที ที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.6 และ 3.2 KJ/m² ตามลำดับแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน พบว่าการฉายรังสี UV-C ที่ระดับ 3.2 KJ/m² มีผลทำให้จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และราลดลงมากที่สุดในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเทียบกับชุดควบคุมและการจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 50 ppm นาน 3 นาที ในขณะที่การฉายรังสี UV-C ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ปริมาณกรดไคเตรทได้ และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

อภิชัย เจนจบ และคณะ (2559) ได้ศึกษาผลของโพแทสเซียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพผลสับประรดพันธุ์ปัตตาเวียภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยพ่นด้วย KCl ที่ความเข้มข้น 2% และ CaCl₂ ที่ความเข้มข้น 6% เดือนละ 1 ครั้งจนถึงอายุการเก็บเกี่ยวด้วย จากนั้นนำสับประรดล้างทำความสะอาดและจุ่มสารคาร์เบนดาซิม ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm ผึ่งให้แห้งเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยแบ่งสับประรดออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มแรกวิเคราะห์ผลทันที กลุ่มที่สองนำไปเก็บไว้ในอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน พบว่า สับประรดที่พ่นด้วย KCl มีไส้สีน้ำตาล และปริมาณ MDA น้อยที่สุด นอกจากนี้เนื้อสับประรดมีปริมาณวิตามินซี และสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด แต่ไม่มีผลต่อค่า Hue angle ของสีเปลือกและเนื้อสับประรดเมื่อเทียบกับชุดควบคุม สับประรดที่พ่นด้วย CaCl₂ มีไส้สีน้ำตาลเหมือนกับสับประรดที่ไม่พ่นสาร แต่มีปริมาณ MDA มากที่สุด สับประรดที่พ่นด้วย KCl และ CaCl ไม่มีผลต่อปริมาณ TSS และ TA

นัตยา มนตรี และอัญญา จันทรปะทิว (2560) ได้ศึกษาการให้แคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) ต่อผลผลิตและคุณภาพของกระชายดำ โดยการพ่น calcium chloride ที่ความเข้มข้น 0, 400, 800 และ 1,200 มก./ล. ทางใบก่อนการเก็บเกี่ยวเป็น เวลา 30 วัน และทำการเก็บเกี่ยวในเดือนที่ 9 พบว่า การพ่นสารละลาย calcium chloride ที่ความเข้มข้น 0 มก./ล. มีผลผลิตสดและแห้งของเหง้าต่อไร่มากที่สุด 635.09 และ 150.95 กก. ตามลำดับ และทุกความเข้มข้น calcium chloride ไม่มีผลต่อค่าสีของเหง้ากระชายดำ calcium chloride ที่ความเข้มข้น 800 มก./ล. มีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมทั้งหมดและสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุดในเหง้าที่ 91.38 มก. (GAE) /ก.น้ำหนักแห้ง และ 59.75 มก. (QE) /ก.น้ำหนักแห้ง

บุษกร ทองใบ, สุวินัน โทหุล้า รังสียา ชื่นดอนกลอย และรังสียา ชื่นดอนกลอย (2560) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของแสงอัลตราไวโอเลตหรือแสงยูวีและกรดอินทรีย์ต่อการลดปริมาณเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในต้นอ่อนทานตะวัน โดยนำเชื้อ *S. aureus* มาสร้างสภาพปนเปื้อนให้กับต้นอ่อนทานตะวันเริ่มต้น 5.26 log CFU/g ประกอบด้วย 8 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ (SDW) เป็นชุดควบคุม กรรมวิธีที่ 2 แสงยูวี (UV) กรรมวิธีที่ 3 กรดแลคติก (0.5% v/v) (LA) กรรมวิธีที่ 4 กรดฟูมาริก (0.5% v/v) (FA) กรรมวิธีที่ 5 กรดแลคติกร่วมกับกรดฟูมาริก (1:1) (LF) กรรมวิธีที่ 6 แสงยูวีตามด้วยกรดแลคติก (UV-L) กรรมวิธีที่ 7 แสงยูวีตามด้วยกรดฟูมาริก

(UV-F) และกรรมวิธีที่ 8 แสงยูวีตามด้วยกรดแลคติกร่วมกับกรดฟูมาริก (UV- LF) เป็นเวลา 5 นาที พบว่าปริมาณ *S. aureus* ที่ปนเปื้อนต้นอ่อนทานตะวันลดลงเป็น 4.23, 4.11, 3.63, 3.38, 3.39, 3.71, 3.40 และ 3.25 log CFU/g ตามลำดับ ($p < 0.05$) โดยที่ FA, LF, UV-F และ UV- LF มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ *S. aureus* ในต้นอ่อนทานตะวันได้สูงไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดย UV- LF เป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมสามารถลดปริมาณ *S. aureus* ได้สูงสุดถึง 2.01 log CFU/g ผลการฉายแสงยูวีร่วมกับกรดแลคติกและกรดฟูมาริกใช้เป็นทางเลือกสำหรับลดปริมาณ จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนและเพิ่มความปลอดภัยในการบริโภคต้นอ่อนทานตะวันสด

บุษกร ทองใบ, รังสิยา ชื่นดอนกลอย และสุวิมล โทห้ำ (2560) ได้ศึกษาผลของ แสงยูวีร่วมกับกรดอินทรีย์ในการลดปริมาณเชื้อ *Escherichia coli* ในต้นอ่อนทานตะวัน โดยนำ ต้นอ่อนทานตะวันที่ปนเปื้อนด้วย *E. coli* เริ่มต้นที่ 5.18 log CFU/g นำต้นอ่อนทานตะวันที่ปนเปื้อน มาล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ (ชุดควบคุม) กรดแลคติก (0.5% v/v) (LA) กรดฟูมาริก (0.5% v/v) (FA) กรดแลคติกร่วมกับกรดฟูมาริก (1:1) (LF) แสงยูวี (UV) แสงยูวีตามด้วยกรดแลคติก (UV-L) แสงยูวีตามด้วยกรดฟูมาริก (UV-F) และแสงยูวีตามด้วยกรดแลคติกร่วมกับกรดฟูมาริก (UV- LF) เป็นเวลา 5 นาที พบว่าต้นอ่อนทานตะวันมีปริมาณเชื้อ *E. coli* ลดลง 4.32, 3.67, 3.81, 3.63, 4.12, 3.76, 3.63 และ 3.46 log CFU/g ตามลำดับ ($p < 0.05$) โดยการฉายแสงยูวีตามด้วยกรดแลคติก ร่วมกับกรดฟูมาริก เป็นเวลา 5 นาที เป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมในการลดปริมาณ *E. coli* ในต้นอ่อนทานตะวันสามารถลดลงได้ 1.72 log CFU/g เปรียบเทียบกับปริมาณ *E. coli* ที่ปนเปื้อนต้นอ่อนทานตะวันเริ่มต้น เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนและเพิ่มความปลอดภัยด้านจุลชีววิทยาในการบริโภคผักสด

บุษกร ทองใบ และมนัญญา สังข์ศรีอินทรีย์ (2561) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของแสงยูวีและกรดอินทรีย์ต่อการควบคุมโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนต้นอ่อนทานตะวันที่เก็บรักษาที่ 5-7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน โดยต้นอ่อนทานตะวันที่นำมาทดสอบมีปริมาณโคลิฟอร์มปนเปื้อนเริ่มต้น 4.66 log CFU/g นำต้นอ่อนทานตะวันมาล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ (ชุดควบคุม) (T1) ฉายแสงยูวีตามด้วยกรดแลคติก (0.5% v/v) (T2) ฉายแสงยูวีตามด้วยกรดฟูมาริก (0.5% w/v) (T3) และแสงยูวีตามด้วยกรดแลคติก ร่วมกับกรดฟูมาริก (1:1) (T4) เป็นเวลา 5 นาที พบว่าปริมาณโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนต้นอ่อนทานตะวัน ลดลงเป็น 4.01, 3.62, 3.61 และ 3.65 log CFU/g ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ปริมาณโคลิฟอร์มใน ต้นอ่อนทานตะวันมีแนวโน้มลดลง (T1) 4.01-3.76 log CFU/g, (T2) 3.62-3.13 log CFU/g, (T3) 3.61-3.14 log CFU/g และ (T4) 3.65-3.10 log CFU/g (T4) โดยต้นอ่อนทานตะวันที่ผ่านการฉายแสง ยูวีตามด้วยกรดอินทรีย์มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ของผู้บริโภค (ลำต้นเต่งตึง ใบสีเขียว) และเก็บรักษา ได้นานถึง 6 วัน

พรอนันต์ บุญก่อน และหฤทัย ไทยสุชาติ (2561) ได้ศึกษาผลของการกระตุ้นสารต้านอนุมูลอิสระบางชนิดในต้นอ่อนทานตะวันด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตโดยเพาะต้นอ่อนทานตะวันแล้วนำมาผ่านแสงอัลตราไวโอเล็ตทุกวันเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 4 นาที เป็นเวลา 6 วัน พบว่าแสงอัลตราไวโอเล็ตสามารถกระตุ้นความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระบางชนิดในต้นอ่อนทานตะวันได้ พบว่าต้นอ่อนทานตะวันที่ได้รับแสงเป็นระยะเวลา 4 นาทีต่อวัน มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณแคโรทีนอยด์และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าต้นอ่อนทานตะวันที่ได้รับแสงอัลตราไวโอเล็ตในระยะเวลาอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 45.25%, 21.52 mg/100 ml, 10.43 mg GAE (gallic acid equivalent)/g, 0.84 mg/g และ 6.37%Brix ตามลำดับ และขณะที่ชุดการทดลองที่ได้รับแสงอัลตราไวโอเล็ตเป็นเวลา 1 นาที มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าชุดอื่นๆ (9.64 mg/100 g) จากการทดลองพบว่า การได้รับแสงอัลตราไวโอเล็ตเป็นระยะเวลานานขึ้นมีผลลดค่าเปอร์เซ็นต์การออก น้ำหนัก และความยาวของต้นอ่อนทานตะวัน

ชิตาพร ผิวแดง และดร.ณิ นภาพรหม (2562) ได้ศึกษาผลของสารประกอบแคลเซียมและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อคุณภาพผลของสตรอว์เบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 โดยแบ่งระยะการพ่นสาร 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่หนึ่งหลังดอกบานเต็มที่ ระยะที่สอง 14 วันหลังดอกบานเต็มที่ และระยะที่สาม 21 วันหลังดอกบานเต็มที่ ชนิดสารประกอบแคลเซียม 3 ชนิด ได้แก่ 1) CaCl_2 , 2) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ และ 3) Ca^{+2} chelated ที่ระดับความเข้มข้น 200 มก./ล. และชนิดสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 3 ชนิด ได้แก่ 1) GA_3 50 มก./ล., 2) CPPU 10 มก./ล. และ 3) NAA 50 มก./ล. เปรียบเทียบกับการพ่นด้วยน้ำกลั่น พบว่า การพ่น Ca^{+2} chelated ร่วมกับ NAA ที่ระยะ 21 วันหลังดอกบานเต็มที่ ทำให้น้ำหนักและขนาดของผลสตรอว์เบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 มีคุณภาพมากกว่ากรรมวิธีอื่น และพบว่าการพ่นสารประกอบแคลเซียมทุกชนิดร่วมกับ CPPU และ NAA ทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) มากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และการพ่น Ca^{+2} chelated ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 3 ชนิด สามารถเพิ่มความแน่นเนื้อได้ นอกจากนี้การพ่น CaCl_2 และ Ca^{+2} chelated ร่วมกับ NAA สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลสตรอว์เบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 ได้เมื่อเปรียบเทียบกับพ่นด้วยน้ำกลั่น

ชัยภูมิ สุขสำราญ, พชร สมนาค และสันติ สมศรีกิจ (2564) ได้ศึกษาระดับความเข้มข้นของแคลเซียมออกไซด์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผักลิ้นห่าน โดยปลูกผักลิ้นห่านลงในวัสดุปลูก ทราวยทะเล : ขุยมะพร้าว : ปุ๋ยคอกมูลวัว อัตราส่วน 1:1:1 และพ่นแคลเซียมออกไซด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0, 10, 300, 500 และ 1,000 มก./ล. พบว่าผักลิ้นห่านที่พ่นแคลเซียมออกไซด์ ที่ระดับความเข้มข้น 300 มก./ล. มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักลิ้นห่าน

ในด้านจำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวไหล จำนวนต้นไหล และน้ำหนักสดต้น รวมทั้งมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดีในด้านความกรอบ ความเขียวของใบ และกลิ่นเหม็นเขียว เมื่อเทียบกับผักลิ้นห่านที่ไม่พ่นแคลเซียมออกไซด์

รักษ์สุดา คำดี และคณะ (2565) ได้ศึกษาผลของการพ่นทางใบด้วยสารละลายแคลเซียมและโบรอน (CaB) ต่อคุณภาพของผลผลิตของเมล่อน อัตราการพ่นของ CaB 0, 0.75, 1.5, 2.25 และ 3.0 มิลลิลิตร/ลิตร สายพันธุ์ของเมล่อนสายพันธุ์ Honeydew 1348 และสายพันธุ์ TM-052 พบว่าการให้ CaB ทางใบอัตรา 3 มิลลิลิตร/ลิตร ส่งผลให้น้ำหนักผลสด (1,866 กรัม) ความหนาของเนื้อ (37 มิลลิเมตร) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (14.06 องศาบริกซ์) และเส้นผ่านศูนย์กลางผล (15.51 เซนติเมตร) สูงที่สุด ในสายพันธุ์ TML-052 มีผลให้ความหนาเนื้อและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด พบว่าสายพันธุ์ Honeydew 1348 มีความเข้มข้นของแคลเซียมในเนื้อผลและใบสูงกว่าสายพันธุ์ TML-052 และสายพันธุ์ TML-052 มีความเข้มข้นโบรอนในเนื้อผลมากกว่าสายพันธุ์ Honeydew 1348 การพ่น CaB ทางใบอัตรา 3 มิลลิลิตร/ลิตร สายพันธุ์ TML-052 ให้ผลตอบแทน 25,084 บาท/รอบการผลิต สูงกว่าสายพันธุ์ Honeydew 1348 ผลตอบแทน 16,524 บาท/รอบการผลิต

เสาวลักษณ์ บันเทิงสุข และวรลักษณ์ บุญมาชัย (2566) ได้ศึกษาการตอบสนองของการเจริญเติบโตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะดอกบานเต็มที่ ทำการพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ภายใต้สภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 7 วัน ที่ระดับความเข้มข้น 0, 20, 40 และ 60 มิลลิโมลาร์ พบว่าการพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ให้แก่ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะดอกบานเต็มที่ก่อนได้รับสภาวะขาดน้ำไม่มีผลต่อความสูง จำนวนข้อ จำนวนกิ่ง จำนวนฝัก น้ำหนักต่อ 100 เมล็ด น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดแข็ง เปอร์เซ็นต์เมล็ดตาย ความเร็วในการงอก ความชื้นภายในเมล็ด ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันในเมล็ด พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 60 มิลลิโมลาร์ ก่อนได้รับสภาวะขาดน้ำ มีผลทำให้ความกว้างเมล็ดและความยาวเมล็ดมากที่สุด และในขณะที่ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ไม่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกของต้นอ่อนผิดปกติเพิ่มขึ้น

วินัย วิริยะอลงกรณ์ (2567) ได้ศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในการออกดอกถึงการติดผลของต้นลำไย ทำการปลูกลำไยสายพันธุ์ต่อที่ในกระถางพลาสติกขนาด 14 นิ้ว ภายในโรงเรือนพลาสติก โดยพ่นแคลเซียมคลอไรด์ทางใบที่ความเข้มข้น 0, 0.5, 1, 2, 3 และ 4 mM พบว่า การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ในสภาวะอากาศร้อนหรือที่มีอุณหภูมิสูง ส่งผลดีต่อการรักษาประสิทธิภาพการทำงานของแสง (Φ_{PSII}) และไม่มีผลต่อค่าความเขียวของใบ (SPAD values) ในขณะที่การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ทุกระดับความเข้มข้นสามารถรักษาประสิทธิภาพของ

การทำงานสูงสุดของแสงที่สอง (Fv/Fm) และค่าการนำไหลของปากใบได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับการไม่พ่นสารในเดือนเมษายน และการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 4 mM สามารถช่วยชะลอการร่วงของผลลำไยได้

ณัฐกานต์ พรหมขาม, สุวิตา แสไพศาล และ ศุภชัย ไซยชมภู (2567) ได้ศึกษาผลของการฉายรังสี UV-C ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและควบคุมโรคของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ได้แก่ การฉายรังสี UV-C ที่ปริมาณ 0 (control), 2.47, 4.93 และ 7.37 KJ/m² โดยการปลูกเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนส (*Colletotrichum gloeosporioides*) ในผลมะม่วง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25±2°C) เก็บข้อมูลทุก 3 วัน พบว่า รังสี UV-C ไม่มีผลต่อค่าสีเขียว (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ของเปลือก ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรต ปริมาณวิตามินซี เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนัก และความแน่นเนื้อของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง สามารถเก็บรักษานาน 12 วัน ในขณะที่ค่าความสว่าง (L*) ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองลดลง โดยกรรมวิธีที่ไม่ได้รับฉายรังสี มีค่าความสว่าง (L*) สูงกว่ากรรมวิธีที่ได้รับการฉายรังสีทุกระดับภายหลังการเก็บเกี่ยวที่ 3, 9 และ 12 วัน เท่ากับ 73.99, 68.33 และ 67.63 ตามลำดับ นอกจากนี้ชุดควบคุมที่ไม่ได้รับการฉายรังสีมีการเข้าทำลายเชื้อรา *C.gloeosporioides* มากที่สุด ในขณะที่การฉายรังสี UV-C ทั้ง 3 ระดับ สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุของโรคแอนแทรคโนส

Kou L. et al., (2014) ได้ศึกษาผลของการให้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเพิ่มมวลชีวภาพและชะลอการเสื่อมสภาพของต้นอ่อนบรอกโคลี โดยทำการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ ในความเข้มข้น 1, 10 และ 20 มิลลิโมลาร์ และน้ำเปล่า (กลุ่มควบคุม) เป็นระยะเวลา 10 วัน ตัดต้นอ่อนบรอกโคลีบรรจุในถุงฟิล์มโพลีเอทิลีนที่ปิดสนิท ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่าการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ส่งผลให้มวลชีวภาพเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 50 และมีปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม รวมถึงกิจกรรมของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดีสมิวเทสและเพอร์ออกซิเดสที่สูงกว่า มีการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ในเนื้อเยื่อที่ลดลง คุณภาพโดยรวมที่ดีขึ้น สามารถลดจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้การใช้แคลเซียมยังมีการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพ ได้แก่ BoSAG12, BoGPX6, BoCAT3 และ BoSAG12

Kou, L. Yang, T. Liu, X. and Luo, Y. (2015) ได้ศึกษาผลของการให้แคลเซียมก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวที่มีต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของต้นอ่อนบรอกโคลี ประกอบด้วย 3 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 การพ่นก่อนการเก็บเกี่ยวโดยไม่มีการจุ่มหลังการเก็บเกี่ยว โดยพ่นแคลเซียมแลคเตท (Ca lactate) และแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต (Ca AA)

ที่ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 21 วัน พบว่าสามารถรักษาคุณภาพของต้นอ่อนบรอกโคลีและยับยั้งจำนวนจุลินทรีย์เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่พ่นด้วยน้ำเปล่า การทดลองที่ 2 การจุ่มสารละลาย Ca lactate หลังการเก็บเกี่ยวโดยไม่มีการพ่นก่อนการเก็บเกี่ยว ทำการพ่นด้วยน้ำเปล่า (ชุดควบคุม) จากนั้นนำมาจุ่มในสารละลาย Ca lactate ที่ผสมคลอรีน 100 มิลลิลิตรต่อลิตร ที่ความเข้มข้น 0, 25, 50 และ 100 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร ทันทีหลังการเก็บเกี่ยว แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 14 วัน พบว่าการจุ่มด้วย Ca lactate ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร ทำให้คุณภาพโดยรวมของต้นอ่อนบรอกโคลีดีที่สุด และการร่วงไหลของอิเล็กโทรไลต์ในเนื้อเยื่อต่ำสุด การทดลองที่ 3 การพ่นสารละลาย CaCl_2 ก่อนการเก็บเกี่ยวและการจุ่ม Ca lactate หลังการเก็บเกี่ยว ก่อนการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนบรอกโคลีพ่น CaCl_2 ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร และจุ่ม Ca lactate ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร หลังการเก็บเกี่ยว พบว่าต้นอ่อนบรอกโคลีมีคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวดี ดังนั้นการพ่น CaCl_2 ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร ก่อนการเก็บเกี่ยวโดยไม่มีการจุ่มหลังการเก็บเกี่ยว มีคุณภาพภาพโดยรวมที่ดีที่สุดและอายุการเก็บรักษานานที่สุด

Gogo E.O. et al., (2017) ได้ศึกษาการให้รังสี UV-C หลังการเก็บเกี่ยวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผักใบพื้นเมืองในแอฟริกา โดยทำการปลูกมะเขือเทศแอฟริกัน (*Solanum scabrum* Mill.) พันธุ์ Olevolosi และผักโขมแดง (*Amaranthus cruentus* L.) พันธุ์ Madiira ในโรงเรือนกระจก หลังจากปลูก 8 สัปดาห์ นำใบผักทั้งสองชนิดมาฉายรังสี UV-C ปริมาณที่แตกต่างกัน คือ 1.7 kJ m^{-2} และ 3.4 kJ m^{-2} ใบผักที่ไม่ได้รับการฉายรังสี UV-C เป็นกลุ่มควบคุม ทำการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design) ทำซ้ำ 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งประกอบด้วยใบผัก 30 ใบ หลังการฉายรังสี UV-C ใบผักถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20°C (ความชื้นสัมพัทธ์ 65%) เป็นเวลา 4 วัน และ 5°C (ความชื้นสัมพัทธ์ 85%) เป็นเวลา 14 วัน ทำการประเมินตัวอย่างทันทีหลังเก็บเกี่ยว และในวันที่ 2 และ 4 หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20°C และตัวอย่างที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5°C จะประเมินในวันที่ 0, 2, 4, 10 และ 14 หลังการเก็บรักษา พบว่า การฉายรังสี UV-C 1.7 kJ m^{-2} ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสเพิ่มขึ้นในผักโขม และปริมาณลิกนินเพิ่มขึ้นในใบมะเขือเทศแอฟริกัน ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ลดลงภายใน 2-4 วันแรกของการเก็บรักษา แต่กลับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากนั้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม UV-C ยังสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มแอโรบิกเมโสฟิลิกและยีสต์ได้ แต่ไม่ส่งผลต่อเชื้อรากลุ่มโมลด์

Lu, Y. et al., (2018) ได้ศึกษาผลของการพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวและการฉายรังสี UV-B หลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพการเก็บรักษาไมโครกรีนบรอกโคลี โดยที่บรอกโคลีมีสารกลูโคซิโนเลต (GLS) ได้แก่ กลูโคราฟานิน (GLR) และกลูโคเอรูซิน (GLE)

เป็นสารอาหารจากพืช (ไฟโตนิวเทรียนต์) ชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ พบว่า ช่อดอก ใบแก่ และไมโครกรีนของบรอกโคลีมีปริมาณ GLR, GLE และ GLS อะลิฟาติกกรวมที่ต่างกัน GLE เป็นกลูโคซิโนเลตพบเฉพาะในไมโครกรีนบรอกโคลี ในขณะที่ GLR พบเป็นหลักในช่อดอกและใบแก่ของบรอกโคลีไมโครกรีนมีปริมาณ GLS อะลิฟาติกกรวมสูงกว่าใบแก่และช่อดอกบรอกโคลีถึง 4 เท่า การทดลองประกอบด้วย 9 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 พ่นด้วยน้ำเปล่า กรรมวิธีที่ 2 พ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1 mM กรรมวิธีที่ 3 พ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 10 mM กรรมวิธีที่ 4 ฉายรังสี UV-B ที่ความเข้มข้น 0.09 Wh/m² กรรมวิธีที่ 5 0.18 Wh/m² กรรมวิธีที่ 6 พ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1 mM ร่วมกับการฉายรังสี UV-B ที่ความเข้มข้น 0.09 Wh/m² กรรมวิธีที่ 7 พ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1 mM ร่วมกับการฉายรังสี UV-B ที่ความเข้มข้น 0.18 Wh/m² กรรมวิธีที่ 8 พ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 10 mM ร่วมกับการฉายรังสี UV-B ที่ความเข้มข้น 0.09 Wh/m² และกรรมวิธีที่ 9 พ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 10 mM ร่วมกับการฉายรังสี UV-B ที่ความเข้มข้น 0.18 Wh/m² พบว่าพ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 10 mM ร่วมกับการฉายรังสี UV-B เพิ่มระดับ GLS ในไมโครกรีนมากยิ่งขึ้น คุณภาพโดยรวมและอายุการเก็บรักษานานที่สุด 21 วัน

khani A. et al., (2020) ได้ศึกษาผลของการพ่นแคลเซียมแลคเตททางใบต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณสมบัติทางชีวเคมีของผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) ภายใต้สภาวะความเครียดจากการขาดน้ำ การวางแผนการทดลองแบบ Split-Plot แบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วยการให้น้ำ 3 ระดับ (70, 85 และ 100% ETC) และความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท 3 ระดับ (0, 0.75 และ 1.5 กรัมต่อลิตร) พบว่า สภาวะเครียดจากการขาดน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช รวมถึงค่าความชื้นสัมพัทธ์ของใบ และการดูดซึมนไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียมลดลง ในขณะที่ปริมาณแอนโทไซยานิน ฟีนอล และฟลาโวนอยด์ สารต้านอนุมูลอิสระ กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสและแคตาเลส และประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้น พบว่าการพ่นแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้น 1.5 กรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มผลผลิตให้กับผักกาดหอมที่มีการให้น้ำน้อยกว่าระดับที่เหมาะสมร้อยละ 30 (ที่ระดับการให้น้ำ 70% ETC) โดยพบว่าการให้แคลเซียมแลคเตทช่วยปกป้องพืชภายใต้ภาวะเครียดจากการขาดน้ำได้ ส่งผลให้ปริมาณน้ำในใบผักกาดหอม ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณไนโตรเจนและแคลเซียมสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผักกาดหอมที่ไม่ได้รับการพ่นแคลเซียมแลคเตท

Attallah, Shreen Y. and Abdalla Reham M. (2021) ได้ศึกษาผลของการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ทางใบที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) โดยเปรียบเทียบผักกาดหอม 2 สายพันธุ์ คือสายพันธุ์ Romaine และสายพันธุ์ Green Waves ช่วงฤดูกาลเพาะปลูก 2017/2018 และ 2018/2019 ทำการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น

0, 10, 20 มิลลิโมลาร์ พบว่าการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ทางใบที่ความเข้มข้น 10 และ 20 มิลลิโมลาร์ ส่งผลให้การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ และผลผลิตเพิ่มขึ้น ได้แก่ จำนวนใบต่อต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของใบ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณคลอโรฟิลล์ และวิตามินซีสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่าพ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ในสายพันธุ์ Green Waves มีผลต่อจำนวนใบต่อต้นสูงสุด สายพันธุ์ Romaine มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของใบ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุด และในฤดูปลูกแรก สายพันธุ์ Romaine ที่พ่นด้วยแคลเซียมคลอไรด์ 20 มิลลิโมลาร์ ให้ผลผลิตรวมสูงสุด ในขณะที่ในฤดูปลูกที่สอง ทั้งสองสายพันธุ์ให้ผลผลิตสูงสุด

Lu, Y. et al., (2021) ได้ศึกษาการฉายรังสี UV-B ก่อนเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มปริมาณกลูโคซิโนเลตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของต้นอ่อนบรอกโคลี ทำการเพาะเมล็ดบรอกโคลี (*Brassica oleracea* var. *italica*) พันธุ์ 'De Cicco' และนำมาเพาะปลูกในห้องควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth chamber) ทำการพ่นด้วยน้ำเปล่า (ชุดควบคุม) และพ่นสารละลาย CaCl_2 ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ วันละครั้ง และฉายรังสี UV-B สองระดับความเข้มข้น ได้แก่ 0.09 และ 0.27 Wh/m^2 โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงฟลูออเรสเซนต์ UV-B (312 นาโนเมตร) เป็นเวลาเพิ่มเติม 2 ชั่วโมงต่อวัน จนกระทั่งเก็บเกี่ยวในวันที่ 10 หลังการหว่าน พบว่าการฉายรังสี UV-B ก่อนการเก็บเกี่ยวในระดับ 0.09 และ 0.27 Wh/m^2 สามารถเพิ่มระดับของกลูโคราฟานิน (GLR), กลูโคอีรูซิน (GLE) และกลูโคซิโนเลตกลุ่มอะลิฟาติกทั้งหมดได้อย่างมีนัยสำคัญที่ 13.7% และ 16.9% ตามลำดับ พบว่า การฉายรังสีก่อนการเก็บเกี่ยวด้วย UV-B 0.27 Wh/m^2 ร่วมกับการพ่น CaCl_2 10 มิลลิโมลาร์ สามารถรักษาคุณภาพโดยรวมได้ดีที่สุด และลดการร่วงโรยของอวัยวะใต้ดินในเนื้อเยื่อ และการเก็บรักษานานที่สุด 21 วัน

Martinez-Zamora, L. Castillejo, N and Artes-Hernandez, F, (2021) ได้ศึกษาการฉายรังสี UV-B และ UV-C หลังการเก็บเกี่ยวเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์กลูโคซิโนเลตและไอโซไทโอไซยาเนตต้นอ่อนในตระกูลกะหล่ำปลี (Brassicaceae) โดยนำต้นอ่อนบรอกโคลีและหัวไชเท้ามาฉายรังสี UV-B และ UV-C โดยปริมาณรังสีที่ต้นอ่อนได้รับคือ 9 kJ m^{-2} สำหรับ UV-C และ 15 kJ m^{-2} สำหรับ UV-B โดยแบ่งให้ครึ่งหนึ่งของรังสีรวมในช่วงหลังการเก็บเกี่ยว และอีกครึ่งหนึ่งในวันแรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C พบว่าการฉายแสง UV-C สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ผิวพืชได้สูงสุดถึง 1 log CFU g^{-1} (น้ำหนักสด) ในส่วนของการฉายรังสี UV-B พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (Total Phenolic Content: TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระรวม (Total Antioxidant Capacity: TAC) สูงที่สุดหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 10 วัน โดยทั่วไปพบว่าทั้งต้นอ่อนบรอกโคลีและหัวไชเท้า มีค่าของ TPC และ TAC เพิ่มขึ้นหลังการได้รับแสง UV ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณกลูโคซิโนเลต (Glucosinolate: GL) และสารไอโซไทโอไซยาเนตหลัก

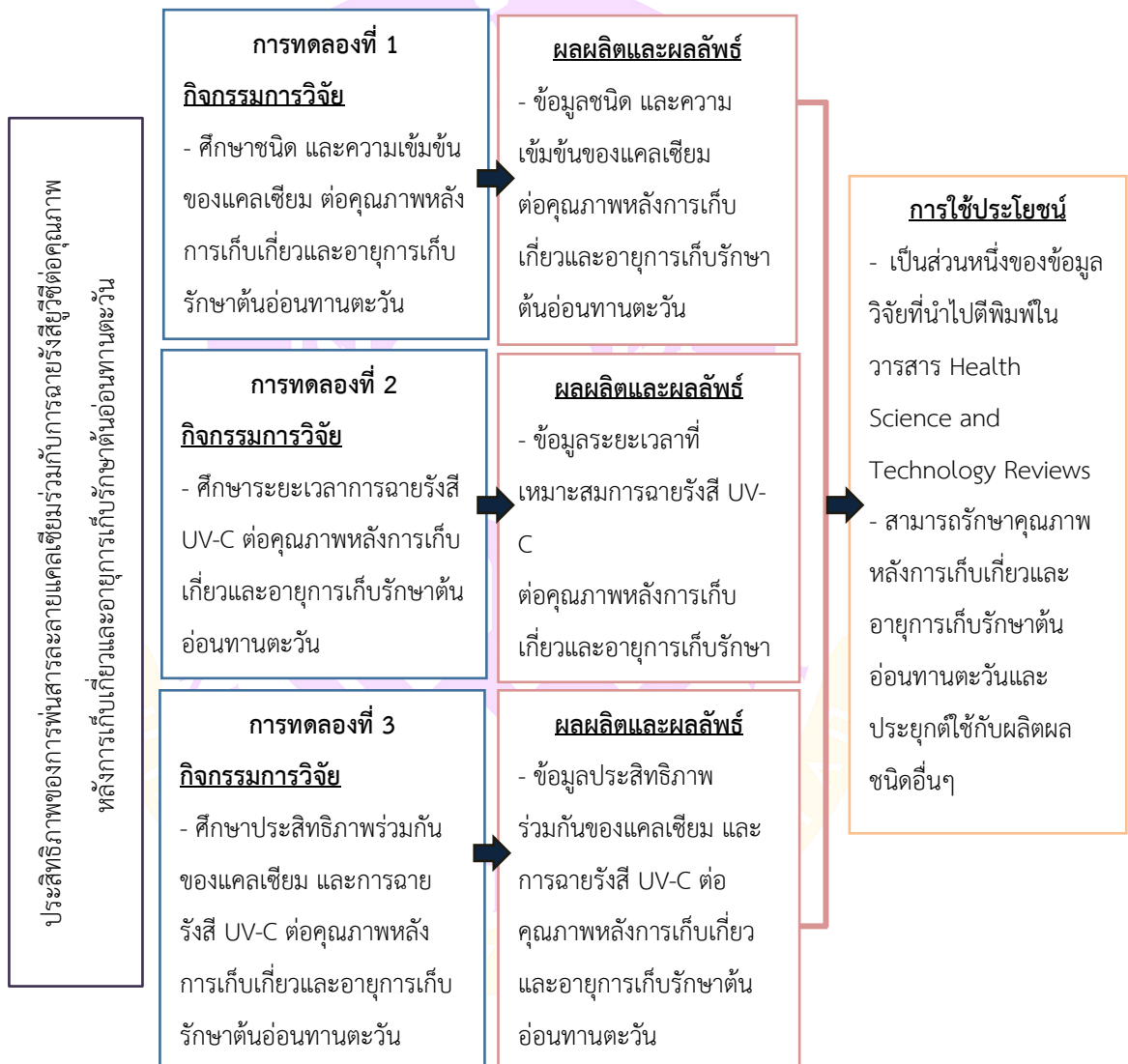
(Isothiocyanates: ITC) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การฉายรังสี UV-B ทำให้ปริมาณกลูโคซิโนเลตเพิ่มขึ้นประมาณ 30 % เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (CTRL) ซึ่งกลูโคซิโนเลตในหัวไชเท้าส่วนใหญ่เป็นชนิด *aliphatic GLs* ส่วนในบร็อคโคลีเป็นชนิด *indolyl GLs* สำหรับสาร ITC หลัก พบว่าปริมาณซัลโฟราเฟน (sulforaphane) ในต้นอ่อนบร็อคโคลีเพิ่มขึ้น 37.5 % หลังการฉายแสง UV-B ขณะที่ต้นอ่อนหัวไชเท้ามีปริมาณซัลโฟราเฟน (sulforaphane) เพิ่มขึ้นอย่างมากถึง 72% สรุปได้ว่า ต้นอ่อนหัวไชเท้าที่ได้รับแสง UV-B มีปริมาณกลูโคซิโนเลตสูงกว่าต้นอ่อนบร็อคโคลีถึง 5 เท่า และมีปริมาณสาร ITC ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพสูงกว่าถึง 60 เท่า ดังนั้น การบริโภคต้นอ่อนหัวไชเท้าที่ได้รับการกระตุ้นด้วยแสง UV-B เป็นประจำ จึงอาจช่วยส่งเสริมการป้องกันโรคเรื้อรังที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

N. Sneha and Bhagya M. Patil (2022) ได้ศึกษาผลการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลไม้และผัก โดยฉายรังสี UV-C (254 นาโนเมตร) เป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที ให้กับมะเขือเทศและกล้วย รวมถึงผลไม้ตัดแต่ง เช่น แอปเปิล ฝรั่ง และองุ่น พบว่าคุณภาพของผักและผลไม้ การเกิดออกซิเดชันต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้มากขึ้น ได้มีการใช้เทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC), การทดสอบด้วยวิธี Bradford และ Dinitrosalicylic acid assay เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของระดับสารอาหาร และเปรียบเทียบกับตัวอย่างผลไม้ที่ผ่านการฆ่าเชื้อในช่วงเวลา 5, 10 และ 15 นาที พบว่าไม่มีผลกระทบต่อการเสื่อมสลายคุณค่าของสารอาหารและสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวของผลิตภัณฑ์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย แบ่งเป็น 3 การทดลอง โดยมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้



ภาพ 2 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต แคลเซียมแลคเตท และแคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาดันอ่อนทานตะวัน

โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองย่อย คือ

1.1 ศึกษาประสิทธิภาพของการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาดันอ่อนทานตะวัน

การเพาะต้นอ่อนทานตะวันโดยนำเมล็ดทานตะวัน (สายพันธุ์สายไทย) มาแช่ในน้ำสะอาด เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดมาบ่มในที่มืดไม่มีแสงโดยการคลุมด้วยพลาสติกสีดำ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำเมล็ดทานตะวัน (50 กรัม) มาหว่านกระจายให้สม่ำเสมอบนวัสดุปลูก (ขุยมะพร้าวที่ผ่านการแช่น้ำเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อกำจัดสารแทนนินออกให้หมด) ใช้ถาดเพาะขนาดกว้าง 22.50 เซนติเมตร ยาว 27.50 เซนติเมตร สูง 10.00 เซนติเมตร หลังจากนั้นทำการพ่นต้นอ่อนด้วยน้ำสะอาด (Deionized Water, pH = 7) โดยในช่วงวันที่ 1-3 หลังเพาะเมล็ดทำการพ่นด้วยน้ำสะอาด 2 เวลาคือในช่วงเช้า และช่วงเย็น โดยแต่ละช่วงจะพ่นในปริมาณ 200 มิลลิลิตร จากนั้นในวันที่ 4-6 หลังเพาะเมล็ด นำต้นอ่อนทานตะวันมารับแสงและทำการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ โดยมีกรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุตควบคุม (พ่นด้วยน้ำเปล่า)

กรรมวิธีที่ 2 พ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ความเข้มข้น 0.04%

กรรมวิธีที่ 3 พ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ความเข้มข้น 0.40%

กรรมวิธีที่ 4 พ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ความเข้มข้น 0.80%

ในวันที่ 7 หลังเพาะเมล็ด ทำการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนโดยใช้มีดที่คม และผ่านการฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์ ตัดโคนต้นเหนือดิน ประมาณ 1 เซนติเมตร ซึ่งเป็นส่วนไฮโปคอติล และใบเลี้ยงคัดแยกต้นที่ไม่สมบูรณ์ ต้นที่เป็นโรค และสิ่งปนเปื้อนออก

การเก็บรักษา คัดเลือกต้นอ่อนที่มีคุณภาพดี สมบูรณ์ ไม่มีโรค ใบสีเขียว มาใช้ในการทดลอง โดยบรรจุต้นอ่อนในกล่องพลาสติกโพลีไธรีน (บรรจุ 70 กรัมต่อกล่องพลาสติกโพลีไธรีน TC- 4HA กล่องใส ขนาด 16×11×4 เซนติเมตร มีฝาล็อค ไม่เป็นไอน้ำ) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน

การบันทึกผลการทดลอง

ทำการประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิต คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว (ระหว่างการเก็บรักษา) อายุการเก็บรักษา และต้นทุนการผลิต ดังนี้

การเจริญเติบโตและผลผลิต (บันทึกผลวันเก็บเกี่ยว 7 วันหลังเพาะเมล็ด) ได้แก่

- 1) ความสูงต้น (เซนติเมตร) วัดความสูงด้วยเวอร์เนียมิตอร์คาลิปเปอร์ โดยทำการวัดตั้งแต่ช่วงโคนจนถึงใบต้นอ่อนทานตะวัน
- 2) ความยาวราก (เซนติเมตร) วัดความยาวรากด้วยเวอร์เนียมิตอร์คาลิปเปอร์ โดยทำการวัดตั้งแต่ช่วงโคนจนถึงช่วงปลายรากต้นอ่อนทานตะวัน
- 3) ความกว้างใบ (เซนติเมตร) โดยทำการวัดส่วนกว้างที่สุดของใบต้นอ่อนทานตะวันด้วยเวอร์เนียมิตอร์คาลิปเปอร์
- 4) ความยาวใบ (เซนติเมตร) โดยทำการวัดตั้งแต่ช่วงโคนใบไปจนถึงปลายใบด้วยเวอร์เนียมิตอร์คาลิปเปอร์
- 5) น้ำหนักต่อน้ำหนัก (กรัม) ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก (Sartorius CP 3202 S)
- 6) ผลผลิตต่อตะกร้า (กรัม) ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก (Sartorius CP 3202 S)

คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว (ระหว่างการเก็บรักษา) ได้แก่ ค่าความเขียว ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ

- 1) ค่าความเขียวของใบ (Greenness value, SPAD unit) ทำการวัดบริเวณกลางใบของใบเลี้ยงต้นอ่อนทานตะวัน ด้วยเครื่อง Chlorophyll meter (SPAD-502Plus, บริษัท Konica Minolta, ประเทศญี่ปุ่น)
- 2) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Total Chlorophyll) โดยวิธี Witham et al., (1971) มีวิธีการดังนี้

นำตัวอย่างต้นอ่อนทานตะวันมาหั่น จากนั้นนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียดซึ่งตัวอย่าง 1 กรัม นำมาแช่ในสารละลายอะซิโตน 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 20 มิลลิลิตร เป็นเวลา 20 นาที นำมากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1 จากนั้นนำสารละลายที่ผ่านการกรองไปวัดค่าดูดกลืนแสง (Optical density: OD) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่คลื่นความยาว 645 และ 663 นาโนเมตร บันทึกค่าที่ได้และนำไปคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\text{Chlorophyll a} = [(12.7 \times \text{OD}_{663}) - (2.69 \times \text{OD}_{645})] \times V / 1000 \times W$$

$$\text{Chlorophyll b} = [(22.9 \times \text{OD}_{645}) - (4.68 \times \text{OD}_{663})] \times V / 1000 \times W$$

$$\text{Total Chlorophyll} = [(20.9 \times \text{OD}_{645}) - (8.02 \times \text{OD}_{663})] \times V / 1000 \times W$$

โดยที่ V คือ ปริมาณของสารละลายที่นำมาหาปริมาณคลอโรฟิลล์

W คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาหาปริมาณคลอโรฟิลล์

OD คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากเครื่อง Spectrophotometer ตามความยาวคลื่นที่กำหนด

3) การสูญเสียน้ำหนัก (Weight loss %)

บันทึกผลการทดลองทุกวันโดยชั่งต้นอ่อนทานตะวันด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก (Sartorius CP 3202 S) จากนั้นนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักวันเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักวันที่เก็บรักษา}) \times 100}{\text{น้ำหนักวันเริ่มต้น}}$$

4) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ (Quality changed) ดัดแปลงมาจาก จันทราภรณ์ พุนดี และสุรมงคล นิมจิตต์, (2564) ได้แก่

(1) การเปลี่ยนแปลงสีใบ (Leaf color change) ทำการให้ระดับคะแนนสีของใบต้นอ่อนทานตะวันตั้งแต่สีเขียวมากจนถึงมีสีเหลือง ให้ค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงของสี 5 ระดับ ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง ใบต้นอ่อนทานตะวันมีสีเขียวมาก

คะแนน 4 หมายถึง ใบต้นอ่อนทานตะวันมีสีเขียว

คะแนน 3 หมายถึง ใบต้นอ่อนทานตะวันมีสีเหลืองเล็กน้อยร้อยละ 25

คะแนน 2 หมายถึง ใบต้นอ่อนทานตะวันมีสีเหลืองร้อยละ 50

คะแนน 1 หมายถึง ใบต้นอ่อนทานตะวันมีสีเหลืองมากกว่าร้อยละ 50

(2) ประเมินลักษณะที่ปรากฏ (Appearance quality) ลักษณะภายนอกของต้นอ่อนทานตะวัน ได้แก่ ความเหี่ยว เน่า ช้ำ ความผิดปกติทางสรีรวิทยา ให้ค่าคะแนนการประเมินลักษณะที่ปรากฏ 5 ระดับ ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะสดมาก ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ช้ำ และไม่มี ความผิดปกติทางสรีรวิทยา

คะแนน 4 หมายถึง ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะสด ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ช้ำ และไม่มี ความผิดปกติทางสรีรวิทยา

คะแนน 3 หมายถึง ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเหี่ยวเล็กน้อย ไม่เน่า ไม่ช้ำ และไม่มี ความผิดปกติทางสรีรวิทยา

คะแนน 2 หมายถึง ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเหี่ยว เริ่มเน่า เริ่มช้ำ และเริ่มมีความผิดปกติทางสรีรวิทยา

คะแนน 1 หมายถึง ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเหี่ยว เน่า ช้ำ มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา

(3) คุณภาพโดยรวม (Overall quality) โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงสีใบและลักษณะที่ปรากฏของต้นอ่อนทานตะวัน ให้ค่าคะแนน 5 ระดับ

คะแนน 5 หมายถึง คุณภาพดีมาก

คะแนน 4 หมายถึง คุณภาพดี

คะแนน 3 หมายถึง คุณภาพยอมรับได้

คะแนน 2 หมายถึง คุณภาพไม่ค่อยดี

คะแนน 1 หมายถึง คุณภาพไม่ดี

ต้นทุนการผลิต ทำการวิเคราะห์สูตรทางการบัญชีโดยใช้สูตรวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยต้นทุนทั้งหมดในการผลิตต้นอ่อนทานตะวัน คือ ค่าวัสดุเพาะ ค่าเมล็ดพันธุ์ และค่าสารละลาย ตามศรีสุตา อาชวานันทกุล, (2559)

สูตร กำไร (Profit) = รายได้ - ต้นทุนทั้งหมด

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variances: ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูป

1.2 การศึกษาชนิดของสารละลายแคลเซียมและระดับความเข้มข้นก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน

การเพาะต้นอ่อนทานตะวัน ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 แต่ในวันที่ 4-6 หลังเพาะเมล็ดพันธุ์สารละลายแคลเซียมแลคเตท และแคลเซียมคลอไรด์ ทำการวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลสุ่มสมบูรณ์ (2x5 factorial in completely randomized design) โดยทำการศึกษา 2 ปัจจัย โดยปัจจัยที่ 1 คือชนิดของแคลเซียม 2 ชนิด ได้แก่ แคลเซียมแลคเตท (Calcium lactate (Netherlands)[®]) และแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl₂ Food Grade) ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับความเข้มข้นของแคลเซียม 5 ระดับ ได้แก่ 0, 0.04, 0.40, 0.80 และ 1.60% มีทั้งหมด 9 แต่ละกรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (พ่นด้วยน้ำเปล่า)

กรรมวิธีที่ 2 พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้น 0.04%

กรรมวิธีที่ 3 พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้น 0.40%

กรรมวิธีที่ 4 พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้น 0.80%

กรรมวิธีที่ 5 พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้น 1.60%

กรรมวิธีที่ 6 พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.04%

กรรมวิธีที่ 7 พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.40%

กรรมวิธีที่ 8 พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.80%

กรรมวิธีที่ 9 พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.60%

ทำการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ $80 \pm 2\%$ เป็นระยะเวลา 24 วัน เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 บันทึกผลการประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิต คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว (ระหว่างการเก็บรักษา) อายุการเก็บรักษา และต้นทุน การผลิต รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1

การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพของระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน

การเพาะต้นอ่อนทานตะวัน ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 แต่ในช่วงวันที่ 4-6 หลังเพาะเมล็ดทำการพ่นด้วยน้ำสะอาด ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยมีทั้งหมด 6 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่ให้ฉายรังสี UV-C)

กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยคลอรีน ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 10 วินาที

กรรมวิธีที่ 3 ฉายรังสี UV-C เป็นเวลา 30 วินาที (9.52 KJ/m^2)

กรรมวิธีที่ 4 ฉายรังสี UV-C เป็นเวลา 60 วินาที (19.05 KJ/m^2)

กรรมวิธีที่ 5 ฉายรังสี UV-C เป็นเวลา 90 วินาที (28.57 KJ/m^2)

กรรมวิธีที่ 6 ฉายรังสี UV-C เป็นเวลา 120 วินาที (38.10 KJ/m^2)

ในวันที่ 7 หลังเพาะเมล็ด ทำการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนทานตะวันเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 โดยกรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่ให้ฉายรังสี UV-C) กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยคลอรีน 50 ppm เป็นเวลา 10 วินาที เป็นกรรมวิธีที่ 2 และกรรมวิธีที่ 3, 4, 5 และ 6 นำต้นอ่อนทานตะวันมาฉายรังสี UV-C เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 วินาที ตามลำดับ ต่อจากนั้นนำต้นอ่อนทานตะวันมาเก็บรักษาเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 โดยบันทึกผลการประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิต คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว (ระหว่างการเก็บรักษา) อายุการเก็บรักษา และต้นทุนการผลิต เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 แต่เพิ่มเติมการประเมินคุณภาพก้าน ปริมาณแคโรทีนอยด์ และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยทำการประเมินดังนี้

- 1) การประเมินคุณภาพก้าน (Stem quality) ลักษณะภายนอกของก้านต้นอ่อนทานตะวัน ได้แก่ ความเหี่ยว เน่า ซ้ำ ความผิดปกติทางสรีรวิทยาให้คะแนนการประเมินคุณภาพก้าน 5 ระดับ ดังนี้
 - คะแนน 5 หมายถึง ก้านมีลักษณะสดมาก ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ซ้ำ
 - คะแนน 4 หมายถึง ก้านมีลักษณะสด ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ซ้ำ
 - คะแนน 3 หมายถึง ก้านเริ่มมีสีน้ำตาลเล็กน้อย เหี่ยวเล็กน้อย ไม่เน่า ไม่ซ้ำ

คะแนน 2 หมายถึง ก้านมีสีน้ำตาลมาก เริ่มเน่า เริ่มขึ้น

คะแนน 1 หมายถึง ก้านมีสีน้ำตาลมาก เน่า ขึ้น

1) ปริมาณแคโรทีนอยด์ โดยวิธี Witham *et al.* (1971) มีวิธีการดังนี้

นำตัวอย่างต้นอ่อนทานตะวันมาหั่น จากนั้นนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียดชั่งตัวอย่าง 1 กรัม นำมาแช่ในสารละลายอะซีโตน 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 20 มิลลิลิตร เป็นเวลา 20 นาที นำมากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1 จากนั้นนำสารละลายที่ผ่านการกรองไปวัดค่าดูดกลืนแสง (Optical density: OD) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่คลื่นความยาว 470 นาโนเมตร บันทึกค่าที่ได้และนำไปคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\text{Chlorophyll a} = [(12.7 \times \text{OD}_{663}) - 2.69 \times \text{OD}_{645}] \times V / (1000 \times W)$$

$$\text{Chlorophyll b} = [(22.9 \times \text{OD}_{645}) - 4.68 \times \text{OD}_{663}] \times V / (1000 \times W)$$

$$\text{Total Carotenoid} = \frac{1000 \times \text{OD}_{470} + 3.27(\text{Chlorophyll a}) - (\text{Chlorophyll b}) \times V}{1,000 \times W}$$

โดยที่ V คือ ปริมาณของสารละลายที่นำมาหาปริมาณแคโรทีนอยด์

W คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาหาปริมาณแคโรทีนอยด์

OD คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากเครื่อง Spectrophotometer ตามความยาวคลื่นที่กำหนด

2) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total colony count) โดยวิธี Aerobic plate count มีวิธีการดังนี้

นำต้นอ่อนทานตะวันมาหั่นให้ละเอียดชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่นปริมาตร 9 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างที่มีความเจือจาง 1:10 หรือ 10^{-1} จากนั้นปิเปตสารแขวนลอยจากหลอดหนึ่งสู่หลอดหนึ่ง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่อง Vortex mixture ทำการปิเปตจนถึงระดับความเจือจาง 10^{-4} จากนั้นจุดสารแขวนลอยที่ระดับความเข้มข้น 10^{-2} , 10^{-4} ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงบนอาหารเลี้ยง Potato dextrose agar (PDA) ทำการ spread plate แล้วคว่ำจานนำไปบ่มที่ตู้บ่มเชื้อ (incubation) 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมงนับโคโลนีบนจานที่มีจำนวนอยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี คำนวณเป็น CFU/g (colony forming unit/gram) ของอาหาร ตัวอย่างสมการ

$$N = n/v \times d$$

N = จำนวนโคโลนีทั้งหมด CFU/gm

n = ค่าเฉลี่ยจำนวนโคโลนีที่นับได้จากความเจือจางที่เลือกมาคำนวณ

v = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ในการเพาะเชื้อ (1ml.)

d = ความเจือจางของตัวอย่างที่เลือกมาคำนวณ

นำข้อมูลจากผลการตรวจวิเคราะห์หาจำนวนโคโลนีทั้งหมดรายงานเป็น colony forming unit

ต่อกรัมของอาหาร CFU/g

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variances: ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูป

การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพของการพ่นสารละลายแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน

การเพาะต้นอ่อนทานตะวัน ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 แต่ในวันที่ 4-6 หลังเพาะเมล็ด ตามกรรมวิธีที่ 2 พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้น 0.04% และ ตามกรรมวิธีที่ 3 พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ความเข้มข้น 0.80% ทำการเก็บเกี่ยวต้นอ่อน เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 ในวันที่ 7 หลังเพาะเมล็ด หลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วนำต้นอ่อนทานตะวันมาฉายรังสี UV-C เป็นเวลา 30 วินาที เป็นกรรมวิธีที่ 4, 5 และ 6 ตามลำดับ ต่อจากนั้นนำต้นอ่อนทานตะวันการเก็บรักษาเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยมีทั้งหมด 6 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (พ่นด้วยน้ำเปล่า)

กรรมวิธีที่ 2 พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้น 0.04%

กรรมวิธีที่ 3 พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ความเข้มข้น 0.80%

กรรมวิธีที่ 4 ชุดควบคุม (พ่นด้วยน้ำเปล่า) + ฉายรังสี UV-C (30W หรือ 9.52 KJ/m²)

เป็นเวลา 30 วินาที

กรรมวิธีที่ 5 พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้น 0.04% + ฉายรังสี UV-C

(30W หรือ 9.52 KJ/m²) เป็นเวลา 30 วินาที

กรรมวิธีที่ 6 พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ความเข้มข้น 0.80% + ฉายรังสี

UV-C (30W หรือ 9.52 KJ/m²) เป็นเวลา 30 วินาที

ทำการบันทึกผล คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว (ระหว่างการเก็บรักษา) อายุการเก็บรักษา เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 ยกเว้นปริมาณแคโรทีนอยด์ และประเมินคุณภาพกัน

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variances: ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูป



บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองย่อย

การทดลองที่ 1.1 ศึกษาประสิทธิภาพของการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยมีทั้งหมด 4 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ พ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ที่ระดับความเข้มข้น 4 ระดับ ได้แก่ 0, 0.04, 0.40 และ 0.80 เปอร์เซ็นต์ ในปริมาตร 200 มิลลิลิตรต่อตะกร้า วันละ 2 เวลา คือในช่วงเช้า และช่วงเย็น ในช่วงวันที่ 4-6 หลังเพาะเมล็ด ในวันที่ 7 หลังเพาะเมล็ด ทำการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนส่วนที่เป็นไฮโปคอติล และใบเลี้ยง โดยใช้มีดที่คมและผ่านการฆ่าเชื้อ ตัดเหนือโคนต้นประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วบรรจุต้นอ่อนในกล่องพลาสติกโฟลส์ไตรีน (บรรจุ 70 กรัมต่อกล่องพลาสติกโฟลส์ไตรีน TC- 4HA กล่องใส ขนาด 16×11×4 เซนติเมตร มีฝาล็อก ไม่เป็นไอน้ำ) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลการทดลองดังนี้

ความสูงต้นอ่อนทานตะวัน พบว่า ต้นอ่อนทานตะวันมีความสูงเพิ่มขึ้นเมื่อพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น โดยที่การพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตความเข้มข้น 0.8% ทำให้ต้นอ่อนมีความสูงที่สุด 16.22 เซนติเมตร รองลงมาที่ความเข้มข้น 0.4 และ 0.04% มีความสูง 15.28 และ 14.56 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีความสูงน้อยที่สุด 14.95 เซนติเมตร (ตาราง 1)

น้ำหนักต้น พบว่า ต้นอ่อนทานตะวันเมื่อพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตความเข้มข้น 0.8% มีน้ำหนักมากที่สุด 1.02 กรัม รองลงมาที่ความเข้มข้น 0.04% และ 0.4% มีน้ำหนักต้น 0.99 และ 0.98 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีน้ำหนักต้นน้อยที่สุด 0.79 กรัม (ตาราง 1)

ความยาวราก พบว่าต้นอ่อนทานตะวันเมื่อพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตความเข้มข้น 0.04% มีความยาวรากมากที่สุด 2.42 เซนติเมตร รองลงมาที่ความเข้มข้น 0.8% มีความยาวราก 2.37 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ชุดควบคุมที่มีความยาวราก 2.10 เซนติเมตร (ตาราง 1)

ความยาวใบ พบว่าต้นอ่อนทานตะวันเมื่อพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตความเข้มข้น 0.8% มีความยาวใบมากที่สุด 2.10 เซนติเมตร รองลงมาที่ความเข้มข้น 0.04% และ 0.4% มีความยาวใบ 2.09 และ 2.01 เซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีความยาวใบ 1.88 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 1)

ความกว้างใบ พบว่าต้นอ่อนทานตะวันเมื่อพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตความเข้มข้น 0.04% มีความกว้างใบมากที่สุด 0.86 เซนติเมตร รองลงมาที่ความเข้มข้น 0.4 และ 0.8% มีความกว้างใบเท่ากับ 0.83 เซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีความกว้างใบน้อยที่สุด 0.82 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 1)

ผลผลิตรวม พบว่า ผลผลิตรวมของต้นอ่อนทานตะวันเพิ่มขึ้นเมื่อพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น โดยที่การพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตความเข้มข้น 0.8% ทำให้ผลผลิตรวมของต้นอ่อนมากที่สุด 343.78 กรัม รองลงมาที่ความเข้มข้น 0.4% และ 0.04% มีผลผลิตรวม 334.86 กรัม และ 216.87 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีผลผลิตรวมน้อยที่สุด 196.40 กรัม (ตาราง 1)

ตาราง 1 ผลของการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นอ่อนทานตะวัน

Treatment	Stem		Root	Leaf		Yield
	Height (cm)	Weight (g)	Length (cm)	Width (cm)	Length (cm)	
Control	14.95±0.88 ^b	0.79±0.06 ^b	2.10±0.21 ^b	0.82±0.06 ^a	1.88±0.18 ^b	196.40±1.74 ^b
Ca-AA chelate 0.04%	14.56±0.97 ^b	0.99±0.11 ^a	2.42±0.23 ^a	0.86±0.07 ^a	2.09±0.13 ^a	216.87±0.89 ^b
Ca-AA chelate 0.4%	15.28±0.97 ^{ab}	0.98±0.12 ^a	2.00±0.20 ^b	0.83±0.06 ^a	2.01±0.15 ^{ab}	334.86±9.94 ^a
Ca-AA chelate 0.8%	16.22±1.15 ^a	1.02±0.13 ^a	2.37±0.33 ^a	0.83±0.09 ^a	2.10±0.07 ^a	343.78±36.42 ^a
F-test	*	*	*	ns	*	*
CV (%)	6.91	12.00	11.71	9.01	7.20	6.93

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

ค่าความเขียวใบ พบว่า ต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ทุกระดับความเข้มข้นและชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำเปล่ามีค่าความเขียวของใบ ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษามีค่าระหว่าง 51.76 - 60.33 SPAD unit โดยที่การพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ความเข้มข้น 0.04% มีค่าความเขียวใบมากที่สุด 60.33 SPAD unit รองลงมาคือการพ่นด้วยน้ำเปล่า มีค่าความเขียวใบ 58.57 SPAD unit ขณะที่การพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ความเข้มข้น 0.4% มีค่าความเขียวใบน้อยที่สุด 51.76 SPAD unit ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 2)

ตาราง 2 ผลของการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ต่อค่าความเขียวใบของ ต้นอ่อนทานตะวัน จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน

Treatment	Greenness value (SPAD unit)		
	Day after storage		
	0	14	21
Control	55.16 $\pm$ 0.22 ^a	51.20 $\pm$ 0.03 ^{ab}	58.57 $\pm$ 0.57 ^{ab}
Ca-AA chelate 0.04%	54.37 $\pm$ 0.37 ^a	54.89 $\pm$ 0.30 ^a	60.33 $\pm$ 0.44 ^a
Ca-AA chelate 0.4%	54.96 $\pm$ 0.01 ^a	47.00 $\pm$ 0.38 ^b	51.76 $\pm$ 0.57 ^b
Ca-AA chelate 0.8%	52.41 $\pm$ 0.47 ^a	53.84 $\pm$ 0.14 ^a	55.76 $\pm$ 0.56 ^{ab}
F-test	ns	*	*
CV (%)	12.36	12.84	14.59

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

ปริมาณคลอโรฟิลล์

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์เอของต้นอ่อนทานตะวันมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยที่การพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตความเข้มข้น 0.04% ช่วยชะลอการลดลงของคลอโรฟิลล์เอ โดย ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ มากที่สุด 0.054 mg/g fw. รองลงมาคือความเข้มข้น 0.8 และ 0.4% มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ 0.047 และ 0.041 mg/g fw. ตามลำดับ ขณะที่การพ่นด้วยน้ำเปล่า(ชุดควบคุม) มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอน้อยที่สุด 0.026 mg/g fw. โดยทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 3)

ตาราง 3 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (mg./g fw.) ของต้นอ่อนทานตะวัน หลังการพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิเลต ก่อนการเก็บเกี่ยว จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน

Treatment	Chlorophyll a (mg./g fw.)		
	Day after storage		
	0	14	21
Control	0.014 $\pm$ 0.011	0.029 $\pm$ 0.005	0.026 $\pm$ 0.010
Ca-AA chelate 0.04%	0.013 $\pm$ 0.002	0.040 $\pm$ 0.004	0.054 $\pm$ 0.005
Ca-AA chelate 0.4%	0.013 $\pm$ 0.007	0.045 $\pm$ 0.001	0.041 $\pm$ 0.021
Ca-AA chelate 0.8%	0.014 $\pm$ 0.007	0.045 $\pm$ 0.003	0.047 $\pm$ 0.010
F-test	ns	ns	ns
CV (%)	7.02	10.77	37.68

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

ปริมาณคลอโรฟิลล์บี พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์บีของต้นอ่อนทานตะวันมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยที่ต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิเลตความเข้มข้น 0.04% และพ่นด้วยน้ำเปล่า(ชุดควบคุม) มีปริมาณคลอโรฟิลล์บี ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา เท่ากัน คือ 0.026 mg./g fw. ขณะที่การพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิเลตความเข้มข้น 0.8 และ 0.40% มีปริมาณคลอโรฟิลล์บี 0.023 และ 0.018 mg./g fw. ตามลำดับ โดยทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4)

ตาราง 4 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (mg./g fw.) ของต้นอ่อนทานตะวัน หลังจากการพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิลเลตก่อนการเก็บเกี่ยว จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน

Treatment	Chlorophyll b (mg./g fw.)		
	Day after storage		
	0	14	21
Control	0.020 $\pm$ 0.020	0.011 $\pm$ 0.002	0.026 $\pm$ 0.011
Ca-AA chelate 0.04%	0.019 $\pm$ 0.006	0.018 $\pm$ 0.002	0.026 $\pm$ 0.001
Ca-AA chelate 0.4%	0.019 $\pm$ 0.012	0.018 $\pm$ 0.001	0.018 $\pm$ 0.009
Ca-AA chelate 0.8%	0.021 $\pm$ 0.010	0.018 $\pm$ 0.001	0.023 $\pm$ 0.003
F-test	ns	ns	ns
CV (%)	8.06	12.18	37.28

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

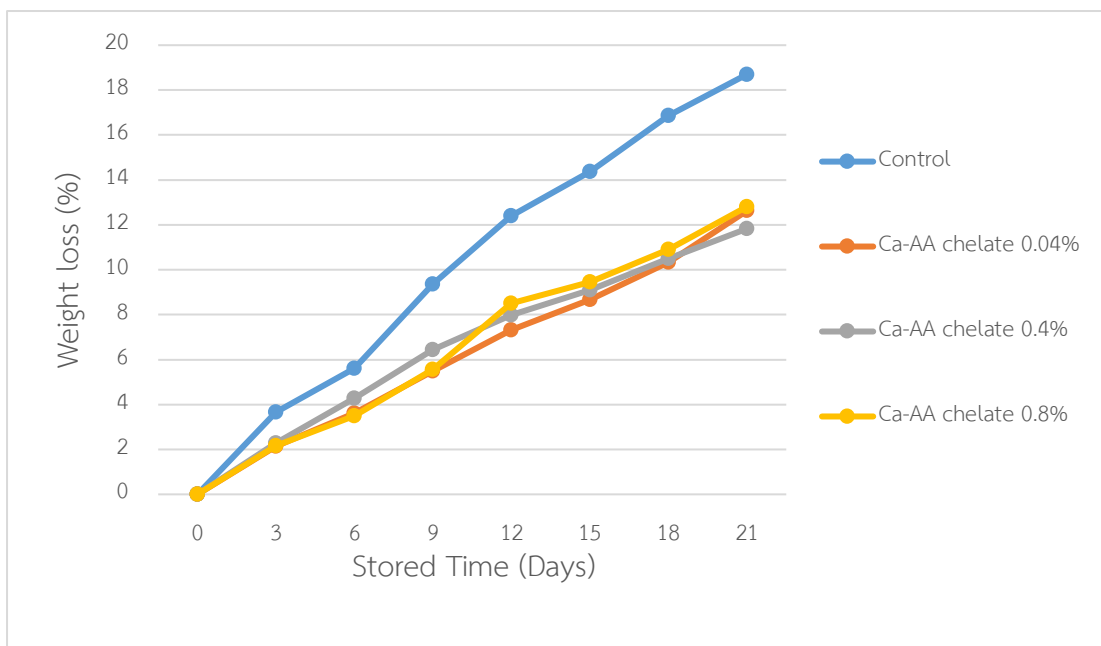
ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวัน มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยที่การพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิลเลต ความเข้มข้น 0.04% ช่วยชะลอการลดลงของคลอโรฟิลล์ทั้งหมด โดยในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากที่สุด 0.079 mg./g fw. รองลงมาความเข้มข้น 0.8 และ 0.40% มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด 0.070 และ 0.060 mg./g fw. ตามลำดับ และการพ่นด้วยน้ำเปล่า (ชุดควบคุม) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดน้อยที่สุด 0.052 mg./g fw. โดยทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 5)

ตาราง 5 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg./g fw.) ของต้นอ่อนทานตะวัน หลังจากพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิลเลตก่อนการเก็บเกี่ยว จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน

Treatment	Total chlorophyll (mg./g fw.)		
	Day after storage		
	0	14	21
Control	0.033 $\pm$ 0.031	0.040 $\pm$ 0.007	0.052 $\pm$ 0.020
Ca-AA chelate 0.04%	0.031 $\pm$ 0.008	0.058 $\pm$ 0.006	0.079 $\pm$ 0.006
Ca-AA chelate 0.4%	0.032 $\pm$ 0.019	0.063 $\pm$ 0.001	0.060 $\pm$ 0.029
Ca-AA chelate 0.8%	0.035 $\pm$ 0.016	0.063 $\pm$ 0.005	0.070 $\pm$ 0.013
F-test	ns	ns	ns
CV (%)	7.56	11.05	36.09

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

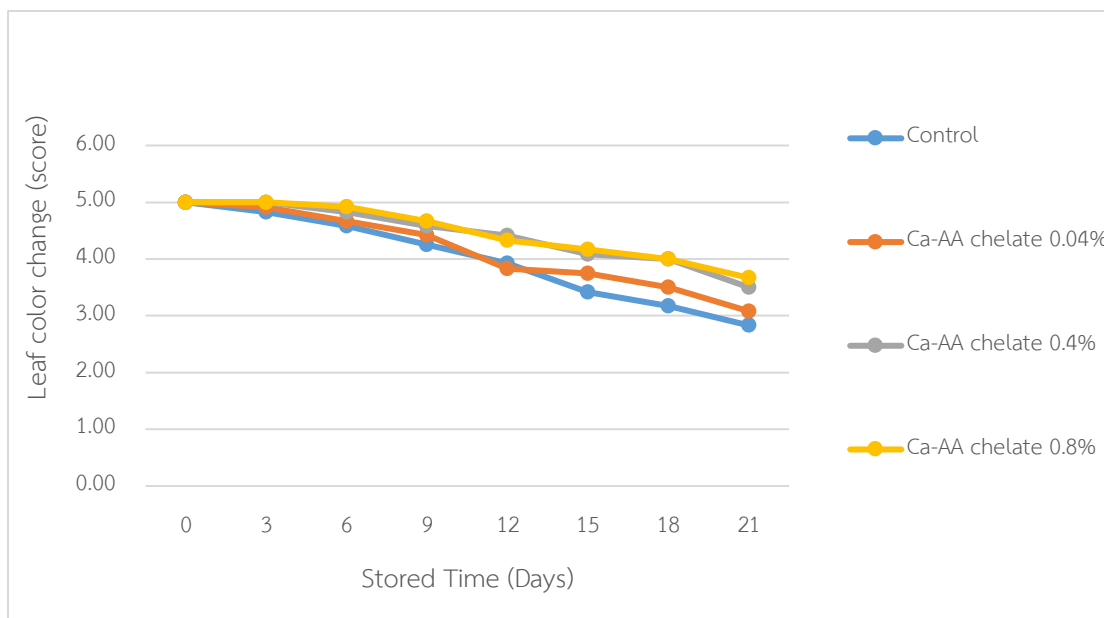
เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก พบว่าการสูญเสียน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยที่การพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิลเลตความเข้มข้น 0.4% สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด 11.83% รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 0.04% และ 0.8% มีการสูญเสียน้ำหนัก 12.63 และ 12.81% ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (พ่นน้ำเปล่า) ที่สูญเสียน้ำหนักมากที่สุด 18.70% (ภาพ 3 และตารางภาคผนวกที่ 1)



ภาพ 3 การสูญเสียน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันที่ฟ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต
แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์
 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน

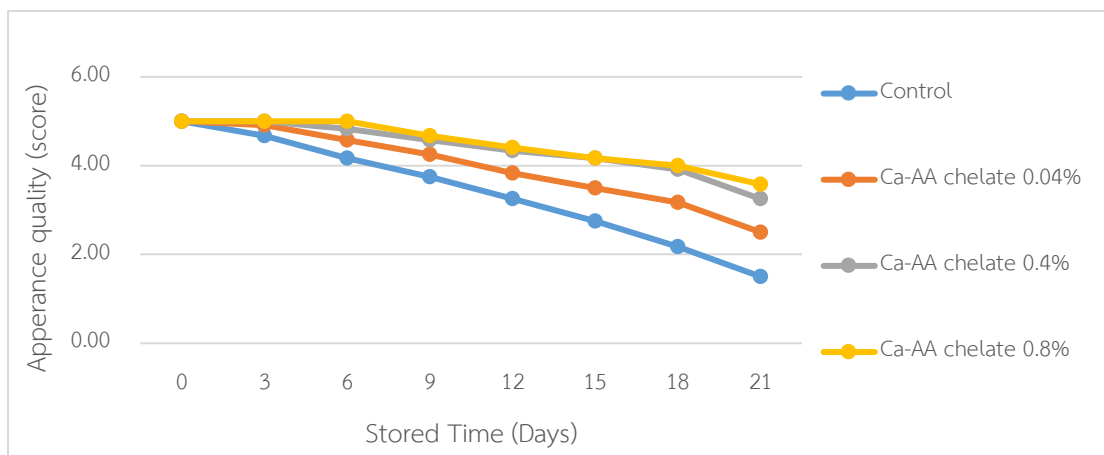
การยอมรับคุณภาพ

การเปลี่ยนแปลงสีใบ พบว่า การเปลี่ยนแปลงสีใบลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา การฟ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต จะลดการเปลี่ยนแปลงสีใบได้ โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 21 วัน สารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตความเข้มข้น 0.8% มีการเปลี่ยนแปลงสีใบน้อยที่สุด 3.67 คะแนน รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 0.4% และ 0.04% มีค่าเท่ากับ 3.50 และ 3.08 คะแนนตามลำดับ (ใบต้นอ่อนทานตะวันมีการเปลี่ยนสีเขียวเป็นสีเหลืองเล็กน้อยร้อยละ 2) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (พ่นน้ำเปล่า) ที่มีการเปลี่ยนแปลงสีใบสูงสุด 2.83 คะแนน (ใบต้นอ่อนทานตะวันมีสีเหลืองร้อยละ 50) (ภาพ 4 และตารางภาคผนวกที่ 2)



ภาพ 4 การเปลี่ยนแปลงสีใบของต้นอ่อนทานตะวันที่พันธุ์สารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต
แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์
 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน

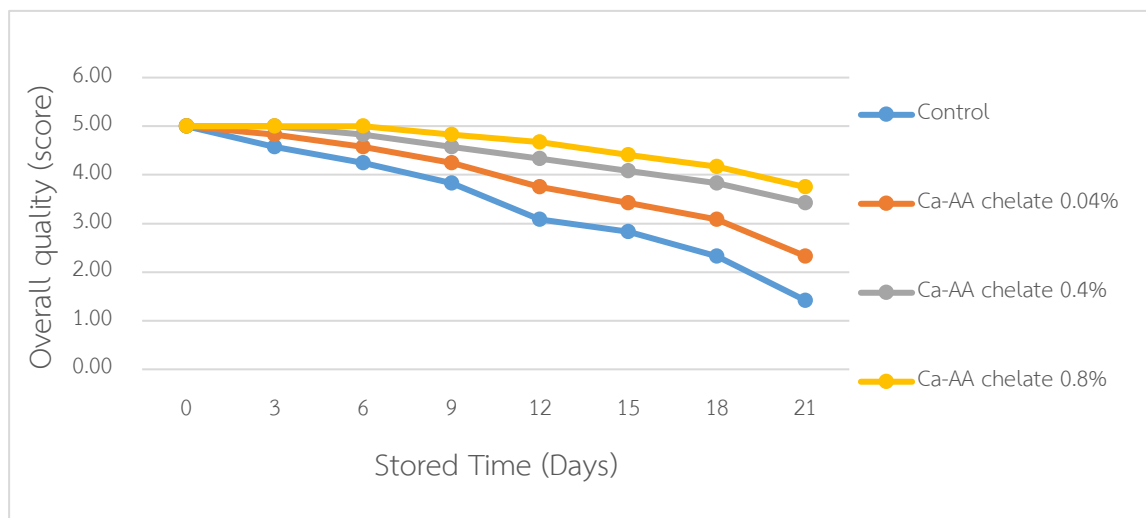
ลักษณะที่ปรากฏ พบว่า ลักษณะที่ปรากฏของต้นอ่อนทานตะวันมีเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงลักษณะที่ปรากฏได้ โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 21 วัน สารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ความเข้มข้น 0.8% มีคะแนนลักษณะที่ปรากฏมากที่สุด เท่ากับ 3.58 คะแนน (มีเหี่ยวเล็กน้อย ไม่เน่า ไม่ดำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา) รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 0.4% เท่ากับ 3.25 คะแนน (มีลักษณะเหี่ยวเล็กน้อย ไม่เน่า ไม่ดำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา) และ 0.04% เท่ากับ 2.50 คะแนน (มีลักษณะเริ่มเน่า เริ่มดำ และเริ่มมีความผิดปกติทางสรีรวิทยา) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (พ่นน้ำเปล่า) ที่มีคะแนนลักษณะที่ปรากฏน้อยสุด 1.50 คะแนน (มีลักษณะเหี่ยว เน่า ดำ และมีความผิดปกติทางสรีรวิทยา) (ภาพ 5 และตารางภาคผนวกที่ 3)



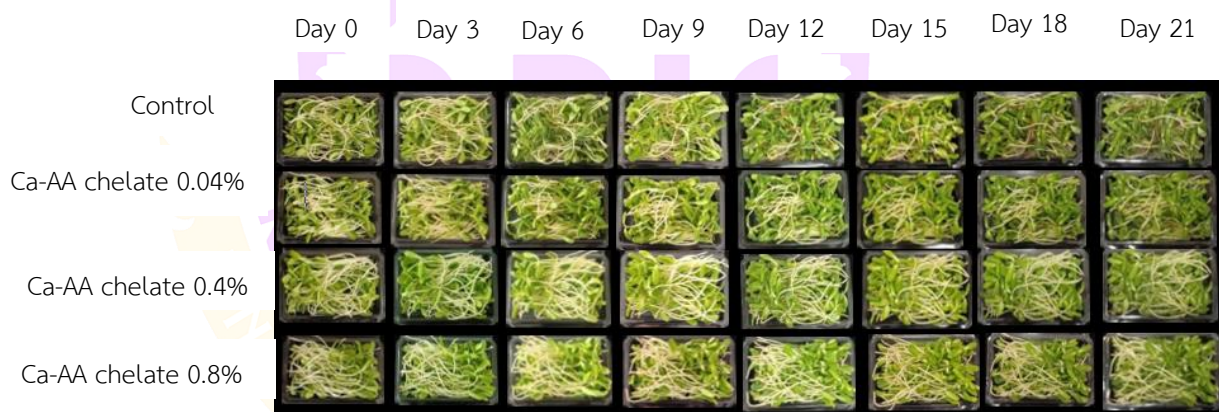
ภาพ 5 ลักษณะที่ปรากฏของต้นอ่อนทานตะวันที่พันธุ์สารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิลเลต
แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์
 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน

คุณภาพโดยรวม

ผลการศึกษาการประเมินคุณภาพโดยรวมของต้นอ่อนทานตะวัน โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงสี และลักษณะที่ปรากฏ พบว่าคุณภาพโดยรวมของต้นอ่อนทานตะวันมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยที่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่า การพันธุ์สารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิลเลต ความเข้มข้น 0.8% มีคะแนนคุณภาพโดยรวมมากที่สุด (3.75 คะแนน ระดับคุณภาพยอมรับได้) รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 0.4% (3.42 คะแนน ระดับคุณภาพยอมรับได้) และ 0.04% (2.33 คะแนน คุณภาพไม่ค่อยดี) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (พันธุ์น้ำเปล่า) ที่มีคะแนนคุณภาพโดยรวมน้อยที่สุด (1.42 คะแนน คุณภาพไม่ดี) (ภาพ 6 และ 7 และตารางภาคผนวกที่ 4)



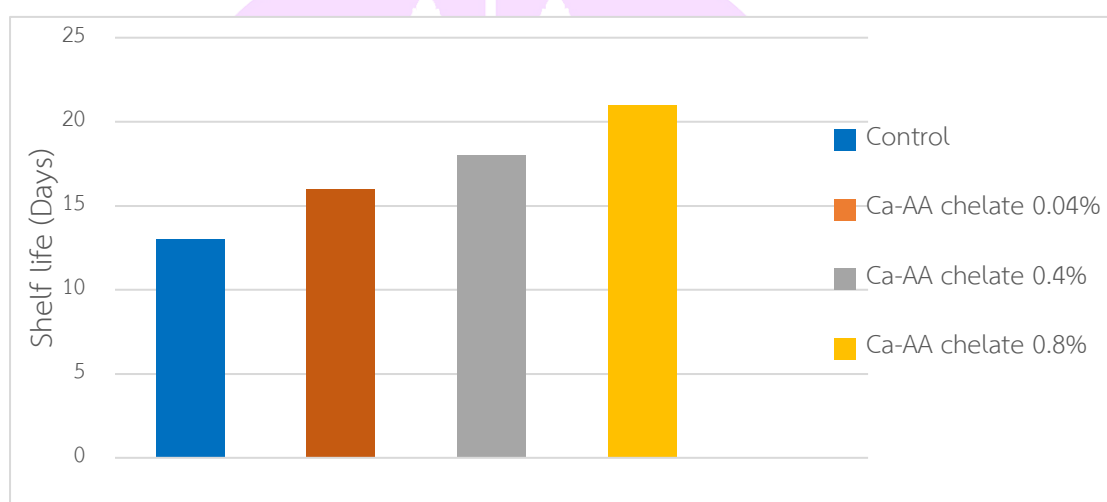
ภาพ 6 คุณภาพโดยรวมของต้นอ่อนทานตะวันที่ปนสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต
แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์
 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน



ภาพ 7 คุณภาพต้นอ่อนทานตะวันที่ปนสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตที่ความเข้มข้น
ต่างกัน แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส
ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน

อายุการเก็บรักษา

การประเมินอายุการเก็บรักษาพิจารณาจากคะแนนประเมินคุณภาพโดยรวมน้อยกว่า 3 ถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา พบว่าต้นอ่อนทานตะวันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $80 \pm 2\%$ โดยต้นอ่อนทานตะวันที่ปนสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิลเลต ความเข้มข้น 0.8% มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด 21 วัน รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 0.4% และ 0.04% มีอายุการเก็บรักษา 18 และ 16 วันตามลำดับ ขณะที่ชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำเปล่า มีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุด 13 วัน (ภาพ 8)



ภาพ 8 อายุการเก็บรักษาของต้นอ่อนทานตะวันที่ปนสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิลเลต เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการเพาะต้นอ่อนทานตะวัน

ต้นทุนในการผลิตหลักของการเพาะต้นอ่อนทานตะวัน ได้แก่ ค่าวัสดุเพาะ ค่าเมล็ดพันธุ์และค่าสารละลายแคลเซียม พบว่าทุกกรรมวิธีมีค่าวัสดุเพาะและค่าเมล็ดพันธุ์เท่ากัน คือ 2 บาทและ 104.84 บาทต่อตารางเมตร ค่าสารละลาย 2,500 บาทต่อกิโลกรัม จากการทดลองพบว่า การพ่นด้วยสารละลายอะมิโนแอซิดคิลเลตความเข้มข้น 0.8% ส่งผลให้มีผลผลิตมากที่สุด 5,544 กรัมต่อตารางเมตร มีต้นทุนการผลิต 429.42 บาท การใช้สารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นทำให้มีต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้มีกำไร 679.38 บาท (ต้นอ่อนทานตะวัน มีราคาจำหน่าย 200 บาทต่อกิโลกรัม สืบจากแหล่งจำหน่าย 3 แหล่ง แม็คโคร ท็อปฟล่าซ่า และตลาดไทยคอนแทคเซ็นเตอร์) รองลงมาที่ความเข้มข้น 0.40% และ 0.04% โดยมีผลผลิต เท่ากับ 5,400 และ 3,497 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ มีต้นทุนการผลิต 268.16 และ 122.97 บาท ตามลำดับ มีกำไร 811.85 และ 679.38 บาทตามลำดับ (ตาราง 6 และตารางภาคผนวกที่ 5)

ตาราง 6 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของต้นอ่อนทานตะวัน ที่ได้รับการพ่น แคลเซียมอะมิโนแอซิติคิลเลต

Treatment	Cost (Baht/m ²)				Yield (g/m ²)	Income (Baht/m ²)	Profit (Baht/m ²)
	Media	Seed	Calcium	Total			
Control	2.00	104.84	0.00	106.84	3,167.00	633.40	526.56
Ca-AA chelate 0.04%	2.00	104.84	16.13	122.97	3,497.00	699.40	576.43
Ca-AA chelate 0.4%	2.00	104.84	161.32	268.16	5,400.00	1,080.00	811.85
Ca-AA chelate 0.8%	2.00	104.84	322.58	429.42	5,544.00	1,108.80	679.38

การทดลองที่ 1.2 การศึกษาชนิดของสารละลายแคลเซียมและระดับความเข้มข้นก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและการอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน

วางแผนการทดลอง 2 × 5 Factorial in Completely Randomized Design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยปัจจัยที่ 1 คือชนิดของแคลเซียม 2 ชนิด ได้แก่ แคลเซียมแลคเตท (Calcium lactate (Netherlands)[®]) และแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl₂ Food Grade) ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับความเข้มข้นของแคลเซียม 5 ระดับ ได้แก่ 0, 0.04, 0.4, 0.8 และ 1.6 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงวันที่ 4-6 หลังเพาะเมล็ด ในวันที่ 7 หลังเพาะเมล็ด ทำการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนส่วนที่เป็นไฮโปคอติล และใบเลี้ยง โดยใช้มีดที่คมและผ่านการฆ่าเชื้อ ตัดเหนือโคนต้นประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วบรรจุต้นอ่อนในกล่องพลาสติกโพลีสไตรีน (บรรจุ 70 กรัมต่อกล่องพลาสติกโพลีสไตรีน TC- 4HA กล่องใส ขนาด 16×11×4 เซนติเมตร มีฝาล็อก ไม่เป็นไอน้ำ) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2 % ได้ผลการทดลองดังนี้

การเจริญเติบโตและผลผลิต

การพ่นแคลเซียม 2 ชนิด คือแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันให้กับต้นอ่อนทานตะวันในวันที่ 3-6 หลังเพาะเมล็ด จากนั้นทำการเก็บเกี่ยวต้นอ่อน นำมาวัดการเจริญเติบโตพบว่า แคลเซียมทั้ง 2 ชนิดคือแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันมีความสูง น้ำหนัก ความยาวราก และความยาวใบ ใกล้เคียงกันและไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ชนิดของแคลเซียมมีผลต่อผลผลิต โดยที่การพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตท ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันมีผลผลิตมากกว่าการพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีผลผลิต 105.46 กรัมต่อตะกร้า (1,701 กรัมต่อ

ตารางเมตร) และ 94.40 กรัมต่อตะกร้า (1,523 กรัมต่อตารางเมตร) ตามลำดับ สำหรับระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมพบว่าเมื่อเพิ่มต่อการเจริญเติบโต (ความสูงต้น น้ำหนักต้น ความยาวราก ความกว้างใบ ความยาวใบ) และผลผลิตของต้นอ่อนทานตะวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่สารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้น 0.04% ทำให้ผลผลิตมากกว่าระดับความเข้มข้นอื่นๆ โดยมีผลผลิต 112.78 กรัมต่อตะกร้า หรือ 1,819 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือสารละลายแคลเซียม ที่ระดับความเข้มข้น 0.4% ให้ผลผลิต 107.41 ต่อตะกร้าหรือ 1,732 กรัมต่อตารางเมตร) แต่การให้สารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นตั้งแต่ 0.8% มีผลให้ต้นอ่อนทานตะวันมีการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง โดยที่แคลเซียมที่ระดับความเข้มข้น 1.6% พบว่าต้นอ่อนทานตะวันมีความสูงและผลผลิตน้อยที่สุด 10.97 เซนติเมตร และ 83.1 กรัมต่อตะกร้า หรือ 1,340 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของแคลเซียมกับระดับความเข้มข้น พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสารละลายแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น 0.8% ทำให้มีความสูงต้นสูงที่สุด 13.37 เซนติเมตร และสารละลายแคลเซียมแลคเตท ระดับความเข้มข้น 0.04 และ 0.4% ทำให้มีผลผลิตมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 116.04 กรัมต่อตะกร้า (1,871.61 กรัมต่อตารางเมตร) และ 113.20 กรัมต่อตะกร้า (1,825.81 กรัมต่อตารางเมตร) ดังแสดงใน (ตาราง 7)

ตาราง 7 ผลของการพ่นแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการ
เจริญเติบโตและผลผลิตของต้นอ่อนทานตะวัน

Treatment	Stem		Root	Leaf		Yield	
	Height	Weight	Length	Length	Width	(g/tray)	(g/m ²)
	(cm)	(g)	(mm)	(mm)	(mm)		
Calcium Type (A)							
Calcium lactate	11.91	0.85	6.92	16.52	10.59 ^b	105.46 ^a	1,701 ^a
CaCl ₂	11.60	0.80	6.80	17.50	11.82 ^a	94.40 ^b	1,523 ^b
F-test	ns	ns	ns	ns	*	*	*
Concentration (B)							
0%	10.99 ^b	0.84 ^a	6.53 ^b	16.86 ^{ab}	10.89 ^b	104.06 ^{ab}	1,678 ^b
0.04%	11.47 ^b	0.86 ^a	8.06 ^a	16.88 ^{ab}	11.16 ^{ab}	112.78 ^a	1,819 ^a
0.4%	12.44 ^a	0.89 ^a	7.56 ^{ab}	17.69 ^a	11.76 ^a	107.41 ^a	1,732 ^b
0.8%	12.94 ^a	0.85 ^a	5.92 ^c	16.86 ^b	10.96 ^{ab}	92.32 ^{bc}	1,489 ^c
1.6%	10.97 ^b	0.70 ^b	6.21 ^c	17.08 ^{ab}	11.25 ^{ab}	83.10 ^c	1,340 ^d
F-test	*	*	*	*	*	*	*
A x B							
Calcium lactate 0%	10.99 ^{de}	0.84 ^a	6.53 ^b	16.86 ^{ab}	10.89 ^d	104.06 ^{ab}	1,678.39 ^{ab}
Calcium lactate 0.04%	11.35 ^d	0.84 ^a	8.06 ^a	16.47 ^{ab}	10.68 ^{de}	116.04 ^a	1,871.61 ^a
Calcium lactate 0.4%	12.30 ^{bc}	0.91 ^a	7.38 ^{ab}	17.62 ^a	11.09 ^c	113.20 ^a	1,825.81 ^a
Calcium lactate 0.8%	13.37 ^a	0.89 ^a	6.04 ^{bc}	15.28 ^b	9.98 ^e	107.91 ^a	1,740.48 ^a
Calcium lactate 1.6%	11.55 ^{cd}	0.80 ^a	6.57 ^b	16.38 ^{ab}	10.30 ^e	86.11 ^{bc}	1,388.87 ^{bc}
CaCl ₂ 0%	10.99 ^{de}	0.84 ^a	6.53 ^b	16.86 ^{ab}	10.89 ^d	104.06 ^{ab}	1,678.39 ^{ab}
CaCl ₂ 0.04%	11.59 ^{cd}	0.87 ^a	8.07 ^a	17.29 ^a	11.63 ^b	109.52 ^a	1,766.45 ^a
CaCl ₂ 0.4%	12.55 ^{ab}	0.82 ^a	7.73 ^{ab}	17.77 ^a	12.42 ^a	101.62 ^b	1,639.19 ^b
CaCl ₂ 0.8%	12.50 ^b	0.82 ^a	5.80 ^c	17.83 ^a	11.94 ^b	76.74 ^c	1,237.90 ^c
CaCl ₂ 1.6%	10.39 ^e	0.60 ^b	5.85 ^c	17.78 ^a	12.20 ^{ab}	80.08 ^c	1,291.61 ^c
F-test	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	10.59	22.40	30.70	10.94	13.06	16.56	16.56

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของต้นอ่อนทานตะวันในระหว่างการเก็บรักษา

ค่าความเขียวใบ พบว่าชนิดของสารละลายแคลเซียมไม่มีผลต่อค่าความเขียวของใบ โดยเมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ $10 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นระยะเวลา 24 วัน พบว่าไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการพ่นสารละลายแคลเซียมแลคเตทและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันมีค่าความเขียวของใบ เท่ากับ 49.23 และ 49.96 SPAD unit ตามลำดับ ในขณะที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมมีผลต่อค่าความเขียวของใบโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้น 0.4% ทำให้มีค่าความเขียวของใบเฉลี่ยมากที่สุด 50.50 SPAD unit ในขณะที่ต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยน้ำ มีค่าความเขียวใบน้อยที่สุด 48.30 SPAD unit เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของแคลเซียมกับระดับความเข้มข้น พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1.6 และ 0.8% มีค่าความเขียวของใบเฉลี่ยมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ 51.55 และ 51.02 SPAD unit (ตาราง 8)

ตาราง 8 ค่าความเขียว (SPAD unit) ของต้นอ่อนทานตะวันหลังจากการพ่นแคลเซียมแลคเตท และแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยว จากนั้นบรรจุในกล่องพลาสติกและเก็บรักษาที่ อุณหภูมิต่ำ ($10\pm 2^{\circ}\text{C}$, $80\pm 2\%\text{RH}$) เป็นระยะเวลา 24 วัน

Treatment	Day of storage				
	0	7	14	21	24
Calcium Type (A)					
Calcium lactate	46.56 ^a	52.17 ^b	52.95 ^a	50.01 ^a	49.23
CaCl ₂	50.00 ^b	53.34 ^a	52.05 ^a	48.49 ^b	49.96
F-test	*	*	ns	*	ns
Concentration (B)					
0%	43.67 ^c	46.44 ^c	55.93 ^a	52.30 ^a	48.30 ^b
0.04%	47.27 ^b	55.66 ^a	49.41 ^c	47.96 ^{bc}	49.40 ^{ab}
0.4%	49.56 ^a	52.68 ^b	49.81 ^c	50.88 ^a	50.50 ^a
0.8%	49.99 ^a	55.92 ^a	53.18 ^b	46.88 ^c	49.80 ^a
1.6%	50.89 ^a	53.11 ^b	54.18 ^b	49.24 ^b	49.94 ^a
F-test	*	*	*	*	*
A x B					
Calcium lactate 0%	43.68 ^d	46.44 ^e	55.93 ^a	52.30 ^a	48.30 ^c
Calcium lactate 0.04%	43.10 ^d	55.20 ^{bc}	49.09 ^c	48.58 ^{cd}	50.13 ^{ab}
Calcium lactate 0.4%	47.65 ^c	53.04 ^d	50.21 ^{bc}	51.78 ^{ab}	50.78 ^a
Calcium lactate 0.8%	46.70 ^c	51.00 ^d	57.38 ^a	48.88 ^{cd}	48.59 ^{bc}
Calcium lactate 1.6%	51.68 ^{ab}	55.20 ^{bc}	52.13 ^b	48.54 ^{cd}	48.34 ^c
CaCl ₂ 0%	43.68 ^d	46.44 ^e	55.93 ^a	52.30 ^a	48.30 ^c
CaCl ₂ 0.04%	51.45 ^{ab}	56.12 ^b	49.73 ^{bc}	47.34 ^d	48.68 ^{bc}
CaCl ₂ 0.4%	51.47 ^{ab}	52.32 ^d	49.41 ^c	49.98 ^{bc}	50.22 ^{ab}
CaCl ₂ 0.8%	53.28 ^a	60.83 ^a	48.98 ^c	44.89 ^e	51.02 ^a
CaCl ₂ 1.6%	50.09 ^b	51.02 ^d	56.23 ^a	49.93 ^{bc}	51.55 ^a
F-test	*	*	*	*	*
CV (%)	26.83	32.41	24.02	19.72	7.40

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

การสูญเสียน้ำหนัก

นำต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตทและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $10 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นระยะเวลา 24 วันทำการประเมินการสูญเสียน้ำหนัก พบว่าต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมทั้ง 2 ชนิด มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตท มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ โดยมีค่า 9.97 และ 11.95% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมที่ใช้พ่นมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักโดยสารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้น 0.4% และ 0.04% มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยมีค่า 9.98 และ 10.13% ตามลำดับ ขณะที่ชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด 11.77% เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของแคลเซียมกับระดับความเข้มข้น พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0.04 และ 0.4% มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีค่าเท่ากับ 9.18 และ 9.12% ตามลำดับ (ตาราง 9)

ตาราง 9 ผลของการพ่นแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการสูญเสียน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $10 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $80 \pm 2\% \text{RH}$) เป็นระยะเวลา 24 วัน

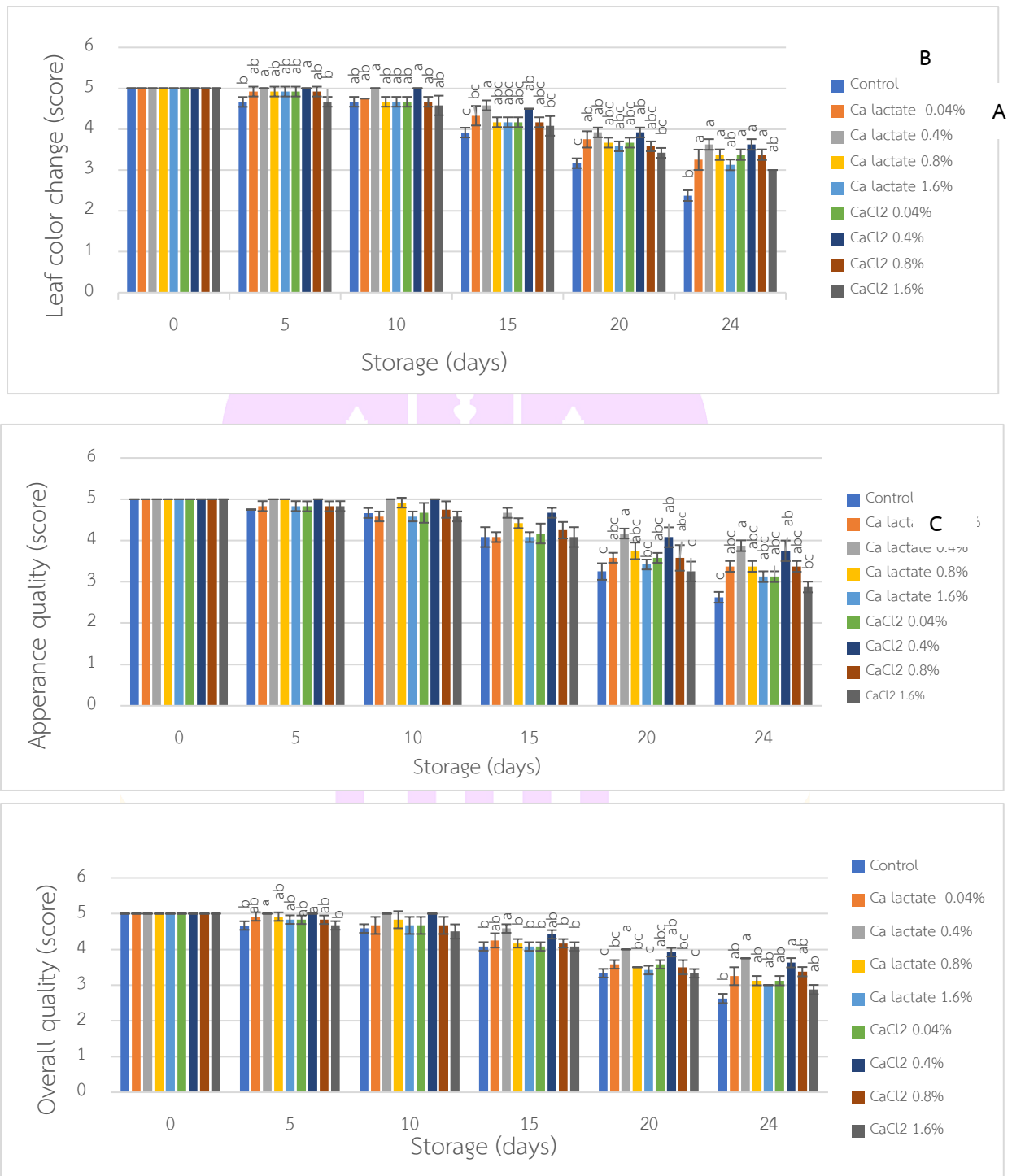
Treatment	Day of storage			
	7	14	21	24
Calcium Type (A)				
Calcium lactate	2.57	5.14	8.42 ^b	9.97 ^b
CaCl ₂	2.43	5.53	9.14 ^a	11.95 ^a
F-test	ns	ns	*	*
Concentration (B)				
0%	2.49 ^{ab}	6.39 ^a	9.89 ^a	11.77 ^a
0.04%	2.73 ^a	5.04 ^{ab}	8.42 ^{ab}	10.13 ^b
0.4%	2.81 ^a	5.41 ^{ab}	8.37 ^b	9.98 ^c
0.8%	2.19 ^b	4.77 ^b	8.38 ^b	11.60 ^a
1.6%	2.26 ^b	5.07 ^{ab}	8.83 ^{ab}	11.33 ^{ab}
F-test	*	*	*	*

Treatment	Day of storage			
	7	14	21	24
A x B				
Calcium lactate 0%	2.49 ^a	6.39 ^a	9.89 ^a	11.77 ^{abc}
Calcium lactate 0.04%	2.86 ^a	4.93 ^{ab}	7.82 ^{ab}	9.18 ^c
Calcium lactate 0.4%	3.20 ^a	5.79 ^{ab}	8.46 ^{ab}	9.12 ^c
Calcium lactate 0.8%	1.77 ^a	4.04 ^b	7.36 ^b	9.59 ^{bc}
Calcium lactate 1.6%	2.52 ^a	4.58 ^{ab}	8.55 ^{ab}	10.20 ^{bc}
CaCl ₂ 0%	2.49 ^a	6.39 ^a	9.89 ^a	11.77 ^{abc}
CaCl ₂ 0.04%	2.61 ^a	5.16 ^{ab}	9.01 ^{ab}	11.08 ^{abc}
CaCl ₂ 0.4%	2.43 ^a	5.03 ^{ab}	8.23 ^{ab}	10.84 ^{abc}
CaCl ₂ 0.8%	2.61 ^a	5.50 ^{ab}	9.40 ^{ab}	13.62 ^a
CaCl ₂ 1.6%	2.01 ^a	5.56 ^{ab}	9.11 ^{ab}	12.45 ^{ab}
F-test	*	*	*	*
CV (%)	27.09	28.98	18.10	18.87

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของต้นอ่อนทานตะวัน

ทำการประเมินการเปลี่ยนแปลงสีใบ การเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏและคุณภาพโดยรวมของต้นอ่อนทานตะวันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $10 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นระยะเวลา 24 วัน แสดงใน ภาพ 9 A-C พบว่า การพ่นสารละลายแคลเซียมมีแนวโน้มช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของต้นอ่อนทานตะวันระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ โดยเฉพาะการพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.4% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของต้นอ่อนได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยมีคะแนนสีใบเท่ากันคือ 3.63 คะแนน (ใบอ่อนมีการเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเล็กน้อยร้อยละ 25) คะแนนลักษณะปรากฏ 3.88 คะแนนและ 3.75 คะแนนตามลำดับ (เหี่ยวเล็กน้อย ไม่เน่า ไม่ช้ำ ไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา) และคะแนนคุณภาพโดยรวม 3.75 คะแนนและ 3.63 คะแนนตามลำดับ (คุณภาพยอมรับได้) ในขณะที่ต้นอ่อนทานตะวันชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำมีคะแนนคุณภาพต่ำสุด โดยมีคะแนนสีใบ 2.38 คะแนน (สีใบที่มีสีเหลืองมากกว่าร้อยละ 50) คะแนนลักษณะปรากฏ 2.63 คะแนน (เหี่ยว เน่า ช้ำ และมีความผิดปกติทางสรีรวิทยา) และคะแนนคุณภาพโดยรวม 2.63 คะแนน (ระดับไม่ค่อยดี) (ภาพ 9 A-C และตารางภาคผนวกที่ 6-8)



ภาพ 9 คุณภาพของต้นอ่อนทานตะวัน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของสีใบ (A) ลักษณะปรากฏ (B) และคุณภาพโดยรวม (C) ของต้นอ่อนทานตะวัน หลังการพ่นแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยว จากนั้นบรรจุในกล่องพลาสติกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ($10\pm 2^{\circ}\text{C}$, $80\pm 2\%\text{RH}$) เป็นระยะเวลา 24 วัน

ปริมาณคลอโรฟิลล์

พบว่าชนิดของแคลเซียมที่พ่นคือสารละลายแคลเซียมแลคเตทและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $10 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นระยะเวลา 24 วัน โดยมีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบเท่ากัน คือ 0.030 mg./g fw. ในขณะที่ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่การพ่นสารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้น 0.04 และ 0.4% ทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.033 mg./g fw. ในขณะที่การพ่นสารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น คือ 0.8 และ 1.6% ทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเฉลี่ยน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ คือ 0.028 และ 0.026 mg./g fw. ตามลำดับเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของสารละลายแคลเซียมกับระดับความเข้มข้น พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่สารละลายแคลเซียมแลคเตทและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.04 และ 0.4% มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบเฉลี่ยมากที่สุดและมีค่าเท่ากัน คือ 0.033 mg./g fw. (ตาราง 10)

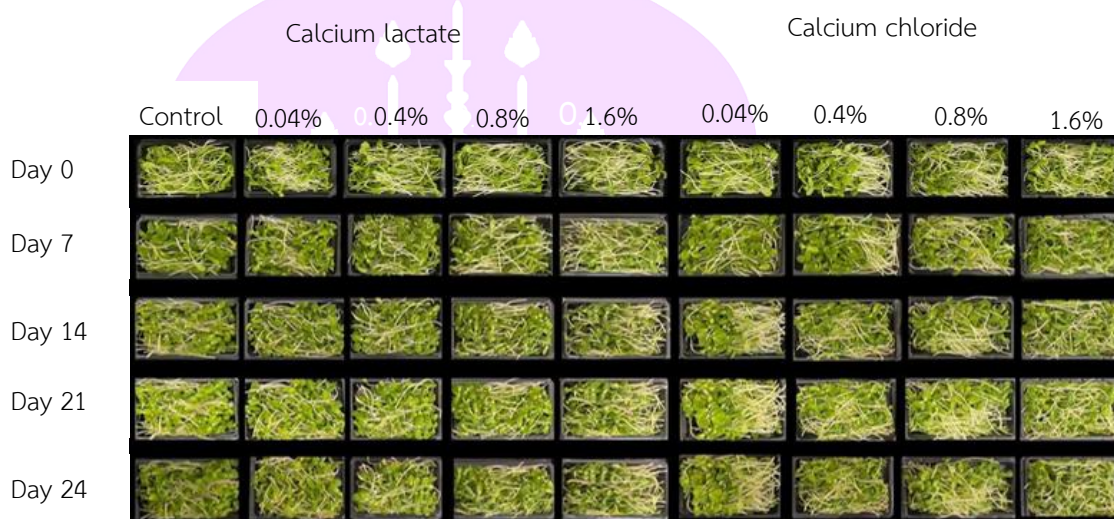
ตาราง 10 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg./g fw.) ของต้นอ่อนทานตะวัน หลังจากการพ่นแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยว จากนั้นบรรจุในกล่องพลาสติกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ($10\pm 2^{\circ}\text{C}$, $80\pm 2\%\text{RH}$) เป็นระยะเวลา 24 วัน

Treatment	Day of storage				
	0	7	14	21	24
Calcium Type (A)					
Calcium lactate	0.028	0.028 ^b	0.040 ^a	0.037 ^a	0.030
CaCl ₂	0.031	0.032 ^a	0.040 ^a	0.035 ^b	0.030
F-test	Ns	*	ns	*	ns
Concentration (B)					
0%	0.025	0.025 ^b	0.036 ^c	0.041 ^{ab}	0.029 ^b
0.04%	0.029	0.032 ^a	0.042 ^b	0.037 ^b	0.033 ^a
0.4%	0.032	0.036 ^a	0.054 ^a	0.043 ^a	0.033 ^a
0.8%	0.030	0.037 ^a	0.037 ^c	0.028 ^c	0.028 ^b
1.6%	0.031	0.020 ^c	0.030 ^d	0.031 ^c	0.026 ^b
F-test	Ns	*	*	*	*
A x B					
Calcium lactate 0%	0.025 ^b	0.025 ^{de}	0.036 ^d	0.041 ^{abc}	0.029 ^{ab}
Calcium lactate 0.04%	0.030 ^{ab}	0.026 ^{de}	0.037 ^d	0.037 ^{bcd}	0.033 ^a
Calcium lactate 0.4%	0.027 ^{ab}	0.035 ^{bc}	0.050 ^b	0.043 ^{ab}	0.033 ^a
Calcium lactate 0.8%	0.028 ^{ab}	0.031 ^{cd}	0.043 ^c	0.031 ^{de}	0.028 ^{ab}
Calcium lactate 1.6%	0.029 ^{ab}	0.024 ^e	0.032 ^{de}	0.036 ^{cd}	0.026 ^b
CaCl ₂ 0%	0.025 ^b	0.025 ^{de}	0.036 ^d	0.041 ^{abc}	0.029 ^{ab}
CaCl ₂ 0.04%	0.028 ^{ab}	0.039 ^{ab}	0.047 ^{bc}	0.037 ^{bcd}	0.033 ^a
CaCl ₂ 0.4%	0.038 ^a	0.036 ^{abc}	0.058 ^a	0.044 ^a	0.033 ^a
CaCl ₂ 0.8%	0.031 ^{ab}	0.043 ^a	0.031 ^{de}	0.026 ^e	0.028 ^{ab}
CaCl ₂ 1.6%	0.033 ^{ab}	0.016 ^f	0.028 ^e	0.026 ^e	0.026 ^b
F-test	*	*	*	*	*
CV (%)	22.24	58.77	55.04	41.68	23.15

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

อายุการเก็บรักษา

การประเมินอายุการเก็บรักษาพิจารณาจากคะแนนประเมินคุณภาพโดยรวมน้อยกว่า 3 ถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา พบว่าต้นอ่อนทานตะวันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นสารละลายแคลเซียมแลคเตท และแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยว ที่ระดับความเข้มข้น 1.6%, 0.8%, 0.4% และ 0.04% มีอายุการเก็บรักษา 24 วันในขณะที่ชุดควบคุมเก็บได้ 14 วัน (ภาพ 10)



ภาพ 10 ต้นอ่อนทานตะวันที่ได้รับการพ่นแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยว จากนั้นบรรจุในกล่องพลาสติกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 24 วัน

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการเพาะต้นอ่อนทานตะวัน

ต้นทุนในการผลิตหลักของการเพาะต้นอ่อนทานตะวัน ได้แก่ ค่าวัสดุเพาะ ค่าเมล็ดพันธุ์และค่าสารละลายแคลเซียม พบว่าทุกกรรมวิธีมีค่าวัสดุเพาะและค่าเมล็ดพันธุ์เท่ากัน คือ 2 บาท และ 104.84 บาทต่อตารางเมตร ในขณะที่ต้นทุนที่แตกต่างกันคือชนิดของแคลเซียมและระดับความเข้มข้นของแคลเซียม โดยที่แคลเซียมคลอไรด์ (70.20 บาทต่อกิโลกรัม) มีราคาถูกกว่าแคลเซียมแลคเตท (522 บาทต่อกิโลกรัม) ดังนั้นการใช้สารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นทำให้มีต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่า การพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0.04% ส่งผลให้มีผลผลิตมากที่สุด 1,872 กรัมต่อตารางเมตร แต่มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด 107.42 บาท ซึ่งทำให้มีรายได้และกำไรสูงสุด 374.32 บาท และ 266.90 บาทต่อตารางเมตร ตามลำดับ (ต้นอ่อนทานตะวัน มีราคาจำหน่าย 200 บาทต่อกิโลกรัม สืบจากแหล่งจำหน่าย 3 แหล่ง

แม็คโคร ท็อปฟล่าซ่า และตลาดไทยคอนแทคเซ็นเตอร์) รองลงมาคือสารละลายแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้น 0.40% โดยมีผลผลิต ต้นทุน รายได้และกำไรสุทธิ เท่ากับ 1,826 กรัมต่อตารางเมตร 112.65 บาท 365.16 บาท และ 252.51 บาทต่อตารางเมตร ตามลำดับ (ตาราง 11)

ตาราง 11 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของต้นอ่อนทานตะวัน ที่ได้รับการพ่นแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยว

Treatment	Cost (Baht/m ²)				Yield (g/m ²)	Income (Baht/m ²)	Profit (Baht/m ²)
	Media	Seed	Calcium	Total			
Calcium lactate							
0%	2.00	104.84	0.00	106.84	1,678	335.68	228.84
0.04%	2.00	104.84	0.58	107.42	1,872	374.32	266.90
0.40%	2.00	104.84	5.81	112.65	1,826	365.16	252.51
0.80%	2.00	104.84	11.61	118.45	1,740	348.10	229.64
1.60%	2.00	104.84	23.23	130.07	1,389	277.77	147.71
CaCl ₂							
0%	2.00	104.84	0.00	106.84	1,678	335.68	228.84
0.04%	2.00	104.84	0.06	106.90	1,766	353.29	246.39
0.40%	2.00	104.84	0.65	107.49	1,639	327.81	220.32
0.80%	2.00	104.84	1.29	108.13	1,238	247.55	139.42
1.60%	2.00	104.84	2.58	109.42	1,292	258.32	148.90

การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพของระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยมีทั้งหมด 6 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ โดยทำการเพาะต้นอ่อนทานตะวัน หลังจากนั้นทำการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนในวันที่ 7 โดยใช้มีดที่คมและผ่านการฆ่าเชื้อ ตัดส่วนเหนือโคนต้นประมาณ 1 เซนติเมตร ซึ่งเป็นส่วนไฮโปคอติล และใบเลี้ยง จากนั้นคัดเลือกต้นอ่อนที่มีคุณภาพดี สมบูรณ์ ไม่มีโรค ใบสีเขียว นำต้นอ่อนมาล้างด้วยคลอรีน 50 ppm เป็นเวลา 10 วินาที (กรรมวิธีที่ 2) และกรรมวิธีที่ 3, 4, 5 และ 6 คือนำต้นอ่อนทานตะวันมาฉายรังสี UV-C เป็นระยะเวลา 30 วินาที (9.52KJ/m²), 60 วินาที (19.05KJ/m²), 90 วินาที (28.575KJ/m²), และ 120 วินาที (38.10KJ/m²) ตามลำดับ ขณะที่ชุดควบคุมเป็นกรรมวิธีที่ 1 คือต้นอ่อนที่ไม่ล้างด้วยคลอรีนและไม่ฉายรังสี UV-C จากนั้นนำต้นอ่อนบรรจุลงในกล่องพลาสติกโพลีไทรีน (บรรจุ 70 กรัมต่อกล่องพลาสติกโพลีไทรีน TC- 4HA กล่องใส

ขนาด 16×11×4 เซนติเมตร มีฝาปิด ไม่เป็นไอน้ำ) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2 % เป็นเวลา 10 วัน ทำการประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิตคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว (ระหว่างการเก็บรักษา) ได้ผลดังนี้

ค่าความเขียวของใบ พบว่า ต้นอ่อนทานตะวันงอกมีค่าความเขียวของใบลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและลดลงเมื่อฉายรังสี UV-C เป็นระยะเวลานานขึ้นหรือระดับความเข้มที่สูงขึ้น โดยในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีค่าความเขียวของใบอยู่ระหว่าง 35.78 – 49.65 SPAD unit โดยต้นอ่อนทานตะวันงอกที่ฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m²) มีค่าความเขียวของใบสูงสุด 49.65 SPAD unit รองลงมาการล้างด้วยน้ำคลอรีน 50 ppm เป็นเวลา 10 วินาที มีค่าเท่ากับ 47.66 SPAD unit นอกจากนั้นการฉายรังสีเป็นระยะเวลานานขึ้น คือเวลา 90 วินาที (28.575KJ/m²) และ 120 วินาที (38.10KJ/m²) มีผลทำให้ต้นอ่อนทานตะวันงอกมีค่าความเขียวของใบลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 37.35 และ 35.78 SPAD unit ตามลำดับ ขณะที่ค่าความเขียวของใบของต้นอ่อนทานตะวันงอกชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสี มีค่าเท่ากับ 38.41 SPAD unit ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05) (ตาราง 12)

ตาราง 12 ค่าความเขียวของใบต้นอ่อนทานตะวันงอกที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็นระยะเวลาต่าง ๆ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Greenness value (SPAD unit)			
	Day after storage			
	0	4	8	10
Control	53.83±0.79 ^b	46.04±0.32 ^d	44.52±0.08 ^c	38.41±0.58 ^{cd}
Chlorine 50 ppm	55.75±0.35 ^a	52.26±0.29 ^b	49.05±0.33 ^b	47.66±0.22 ^b
UV-C 30s (9.52KJ/m ²)	56.85±1.22 ^a	53.61±0.64 ^a	51.62±0.96 ^a	49.65±0.05 ^a
UV-C 60s (19.05KJ/m ²)	50.21±0.48 ^c	46.99±0.66 ^c	45.18±0.64 ^c	39.59±0.75 ^c
UV-C 90s (28.57KJ/m ²)	49.00±0.45 ^c	45.85±0.47 ^d	44.73±0.23 ^c	37.35±0.75 ^d
UV-C 120s (38.10KJ/m ²)	49.19±0.92 ^c	44.01±0.45 ^e	43.31±0.07 ^d	35.78±1.15 ^e
F-test	*	*	*	*
CV (%)	1.34	0.99	0.83	1.41

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

ปริมาณคลอโรฟิลล์

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์เอของต้นอ่อนทานตะวัน มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้นและฉายรังสี UV-C เป็นระยะเวลานานขึ้นหรือระดับความเข้มที่สูงขึ้น โดยในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา มีปริมาณคลอโรฟิลล์เออยู่ระหว่าง 0.047 - 0.064 mg./g fw. โดยที่การฉายรังสี UV-C 60 วินาที (19.05KJ/m^2) ช่วยชะลอการลดลงของคลอโรฟิลล์เอ และทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีค่าสูงสุด 0.064 mg./g fw. รองลงมาการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์เอ 0.060 mg./g fw. โดยที่การฉายรังสีเป็นระยะเวลานานขึ้น คือเวลา 90 วินาที (28.575KJ/m^2) และ 120 วินาที (38.10KJ/m^2) ทำให้ต้นอ่อนทานตะวัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ลดลง โดยที่ต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายรังสี UV-C 120 วินาที (38.10KJ/m^2) มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอต่ำสุด 0.047 mg./g fw. ขณะที่ต้นอ่อนทานตะวันในชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสี มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ 0.054 mg./g fw. ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 13)

ตาราง 13 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (mg./g fw.)ของต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็นระยะเวลาต่างๆ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Chlorophyll a (mg./g fw.)			
	Day after storage			
	0	4	8	10
Control	0.025 $\pm$ 0.007 ^{ab}	0.046 $\pm$ 0.002 ^b	0.051 $\pm$ 0.004 ^a	0.054 $\pm$ 0.002 ^{bc}
Chlorine 50 ppm	0.018 $\pm$ 0.002 ^b	0.048 $\pm$ 0.002 ^b	0.043 $\pm$ 0.003 ^b	0.052 $\pm$ 0.001 ^{cd}
UV-C 30s (9.52KJ/m^2)	0.022 $\pm$ 0.004 ^{ab}	0.059 $\pm$ 0.001 ^a	0.050 $\pm$ 0.006 ^{ab}	0.060 $\pm$ 0.002 ^{ab}
UV-C 60s (19.05KJ/m^2)	0.025 $\pm$ 0.004 ^{ab}	0.058 $\pm$ 0.008 ^a	0.048 $\pm$ 0.004 ^{ab}	0.064 $\pm$ 0.005 ^a
UV-C 90s (28.57KJ/m^2)	0.023 $\pm$ 0.006 ^{ab}	0.044 $\pm$ 0.003 ^b	0.032 $\pm$ 0.001 ^c	0.052 $\pm$ 0.002 ^{cd}
UV-C 120s (38.10KJ/m^2)	0.034 $\pm$ 0.001 ^a	0.046 $\pm$ 0.002 ^b	0.020 $\pm$ 0.002 ^d	0.047 $\pm$ 0.002 ^d
F-test	*	*	*	*
CV (%)	16.35	5.94	8.16	4.30

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

ปริมาณคลอโรฟิลล์บี

พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์บีของต้นอ่อนทานตะวันมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้นและเมื่อฉายรังสี UV-C เป็นระยะเวลานานขึ้นหรือระดับความเข้มที่สูงขึ้น โดยในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา มีปริมาณคลอโรฟิลล์บีอยู่ระหว่าง 0.009-0.021 mg./g fw. โดยที่การฉายรังสี UV-C 60 วินาที (19.05KJ/m^2) ช่วยชะลอการลดลงของคลอโรฟิลล์บีและมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีสูงสุด 0.021 mg./g fw. รองลงมาการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีปริมาณคลอโรฟิลล์บี 0.018 mg./g fw. โดยที่การฉายรังสีเป็นระยะเวลานานขึ้น คือเวลา 90 วินาที (28.575KJ/m^2) และ 120 วินาที (38.10KJ/m^2) ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 0.015 และ 0.009 mg./g fw. ตามลำดับ ขณะที่ต้นอ่อนทานตะวันในชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสีมีปริมาณคลอโรฟิลล์บี 0.017 mg./g fw. ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตาราง 14)

ตาราง 14 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (mg./g fw.) ของต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็นระยะเวลาต่างๆ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Chlorophyll b (mg./g fw.)			
	Day after storage			
	0	4	8	10
Control	0.009 $\pm$ 0.002 ^{ab}	0.017 $\pm$ 0.001 ^b	0.017 $\pm$ 0.001 ^{ab}	0.017 $\pm$ 0.001 ^{ab}
Chlorine 50 ppm	0.008 $\pm$ 0.002 ^b	0.016 $\pm$ 0.001 ^b	0.015 $\pm$ 0.001 ^b	0.015 $\pm$ 0.001 ^b
UV-C 30s (9.52KJ/m^2)	0.009 $\pm$ 0.003 ^{ab}	0.023 $\pm$ 0.000 ^b	0.018 $\pm$ 0.003 ^{ab}	0.018 $\pm$ 0.003 ^{ab}
UV-C 60s (19.05KJ/m^2)	0.009 $\pm$ 0.001 ^{ab}	0.031 $\pm$ 0.008 ^a	0.021 $\pm$ 0.005 ^a	0.021 $\pm$ 0.005 ^a
UV-C 90s (28.57KJ/m^2)	0.009 $\pm$ 0.002 ^{ab}	0.023 $\pm$ 0.001 ^b	0.015 $\pm$ 0.001 ^b	0.015 $\pm$ 0.001 ^b
UV-C 120s (38.10KJ/m^2)	0.013 $\pm$ 0.001 ^a	0.02 $\pm$ 0.001 ^b	0.009 $\pm$ 0.001 ^c	0.009 $\pm$ 0.001 ^c
F-test	*ns	*	*	*
CV (%)	19.86	9.95	12.50	12.50

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด

พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดต้นอ่อนทานตะวันมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้นและเมื่อฉายรังสี UV-C เป็นระยะเวลานานขึ้นหรือระดับความเข้มที่สูงขึ้น โดยในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 0.066-0.096 mg./g fw. โดยที่การฉายรังสี UV-C 60 วินาที (19.05KJ/m^2) ช่วยชะลอการลดลงของคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากที่สุด 0.096 mg./g fw. รองลงมาการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52 KJ/m^2) มีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด 0.087 mg./g fw. โดยที่การฉายรังสีเป็นระยะเวลานานขึ้น คือเวลา 90 วินาที (28.575KJ/m^2) และ 120 วินาที (38.10KJ/m^2) ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลง โดยที่ต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายรังสี UV-C 120 วินาที (38.10KJ/m^2) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดต่ำสุด 0.066 mg./g fw. ขณะที่ต้นอ่อนทานตะวันในชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสีมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด 0.075 mg./g fw. ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 15)

ตาราง 15 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg./g fw.) ของต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็นระยะเวลาต่างๆ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Total chlorophyll (mg./g fw.)			
	Day after storage			
	0	4	8	10
Control	0.034 $\pm$ 0.009 ^{ab}	0.064 $\pm$ 0.003 ^c	0.069 $\pm$ 0.005 ^a	0.075 $\pm$ 0.001 ^{bc}
Chlorine 50 ppm	0.026 $\pm$ 0.005 ^b	0.064 $\pm$ 0.001 ^c	0.058 $\pm$ 0.004 ^{ab}	0.073 $\pm$ 0.000 ^c
UV-C 30s (9.52KJ/m^2)	0.031 $\pm$ 0.007 ^{ab}	0.082 $\pm$ 0.001 ^{ab}	0.068 $\pm$ 0.009 ^a	0.087 $\pm$ 0.004 ^{ab}
UV-C 60s (19.05KJ/m^2)	0.034 $\pm$ 0.005 ^{ab}	0.089 $\pm$ 0.016 ^a	0.069 $\pm$ 0.009 ^a	0.096 $\pm$ 0.011 ^a
UV-C 90s (28.57KJ/m^2)	0.032 $\pm$ 0.009 ^{ab}	0.067 $\pm$ 0.003 ^{bc}	0.047 $\pm$ 0.002 ^b	0.073 $\pm$ 0.003 ^c
UV-C 120s (38.10KJ/m^2)	0.047 $\pm$ 0.001 ^a	0.067 $\pm$ 0.003 ^{bc}	0.029 $\pm$ 0.002 ^c	0.066 $\pm$ 0.004 ^c
F-test	*	*	*	*
CV (%)	17.31	6.27	9.26	5.02

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

ปริมาณแคโรทีนอยด์

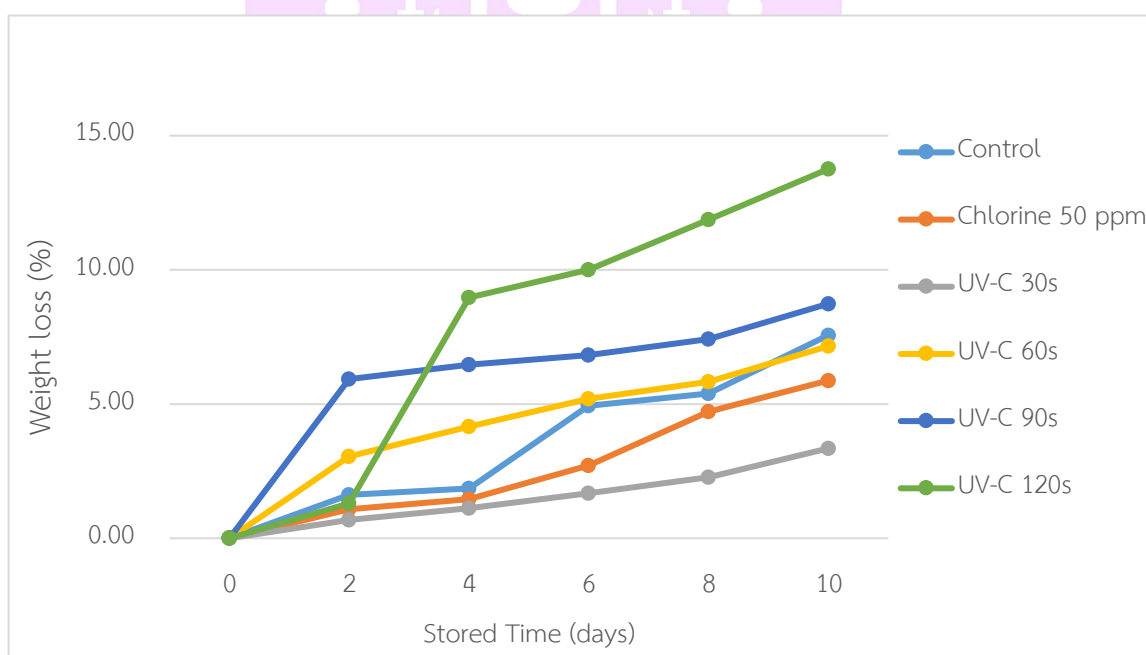
พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ของต้นอ่อนทานตะวันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 128.114-208.339 mg./g fw. และในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา มีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 294.900-367.901 mg./g fw. โดยการฉายรังสี UV-C 60 วินาที (19.05KJ/m^2) และ 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 367.901 และ 346.123 mg./g fw. ตามลำดับ และที่ต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายรังสี UV-C 90 วินาที (28.57KJ/m^2) และ 120 วินาที (38.10KJ/m^2) มีปริมาณแคโรทีนอยด์น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยเฉพาะการฉายรังสี UV-C 120 วินาที (38.10KJ/m^2) มีปริมาณแคโรทีนอยด์น้อยที่สุด 294.900 mg./g fw. ในขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสี UV-C มีปริมาณแคโรทีนอยด์ 320.233 mg./g fw. ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 16)

ตาราง 16 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (mg./g fw.) ของต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็นระยะเวลาต่าง ๆ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Carotenoids (mg./g fw.)			
	Day after storage			
	0	4	8	10
Control	159.227 $\pm$ 1.835 ^a	272.786 $\pm$ 16.363 ^{bc}	289.121 $\pm$ 21.556 ^a	320.233 $\pm$ 6.333 ^{bc}
Chlorine 50 ppm	128.114 $\pm$ 23.665 ^b	280.565 $\pm$ 7.001 ^b	256.452 $\pm$ 15.693 ^a	307.510 $\pm$ 2.833 ^c
UV-C 30s (9.52KJ/m^2)	148.115 $\pm$ 26.167 ^b	320.677 $\pm$ 6.667 ^a	294.120 $\pm$ 5.167 ^a	346.123 $\pm$ 2.667 ^{ab}
UV-C 60s (19.05KJ/m^2)	155.338 $\pm$ 21.883 ^{ab}	302.786 $\pm$ 8.000 ^{ab}	260.674 $\pm$ 7.092 ^a	367.901 $\pm$ 25.721 ^a
UV-C 90s (28.57KJ/m^2)	147.893 $\pm$ 26.978 ^b	242.006 $\pm$ 19.186 ^c	192.560 $\pm$ 9.570 ^b	323.455 $\pm$ 5.840 ^c
UV-C 120s (38.10KJ/m^2)	208.339 $\pm$ 1.440 ^a	270.785 $\pm$ 17.343 ^c	133.448 $\pm$ 10.765 ^c	294.900 $\pm$ 10.644 ^c
F-test	*	*	*	*
CV (%)	10.76	4.41	4.90	2.77

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

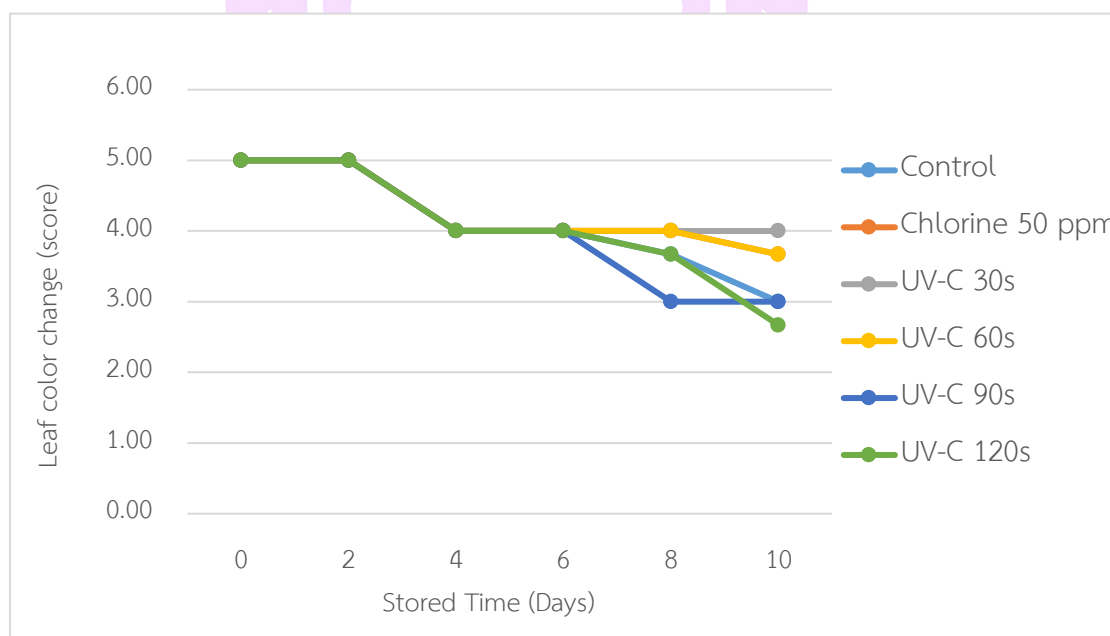
การสูญเสียน้ำหนัก พบว่า ต้นอ่อนทานตะวันมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาดันอ่อนทานตะวันมีการสูญเสียน้ำหนักอยู่ระหว่าง 3.3–13.76% โดยต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด 3.35% รองลงมาเป็นการล้างด้วยคลอรีน 50 ppm เป็นเวลา 10 วินาที และการฉายรังสี UV-C 60 วินาที (19.05KJ/m^2) มีการสูญเสียน้ำหนัก 5.88 และ 7.16% ตามลำดับ ขณะที่ต้นอ่อนทานตะวันในชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสี UV-C มีการสูญเสียน้ำหนัก 7.57% โดยที่เมื่อต้นอ่อนทานตะวันได้รับการฉายรังสีเป็นระยะเวลาสั้นขึ้นทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น โดยการฉายรังสี UV-C 120 วินาที (38.10KJ/m^2) ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด 13.76% ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาพที่ 11 และตารางภาคผนวกที่ 10)



ภาพ 11 การสูญเสียน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็นระยะเวลาต่าง ๆ
 แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2
 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของต้นอ่อนทานตะวัน

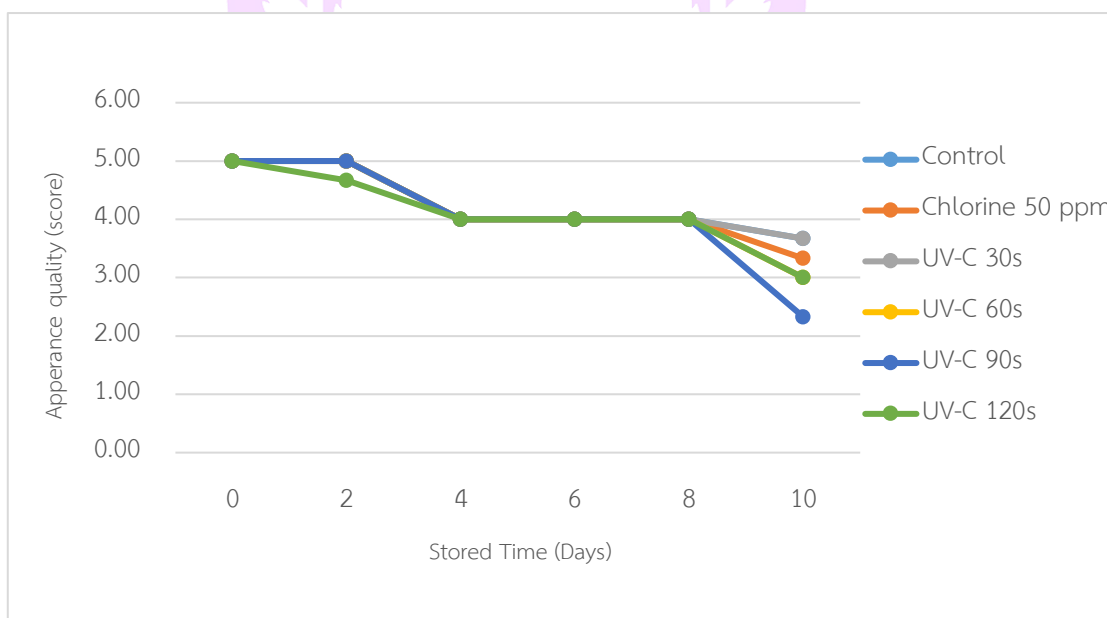
การเปลี่ยนแปลงสีใบ พบว่าต้นอ่อนทานตะวันมีคะแนนการเปลี่ยนแปลงสีใบลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวันมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีใบอยู่ระหว่าง 2.67–4.00 คะแนน โดยการให้รังสี UV-C มีแนวโน้มช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีใบของต้นอ่อนทานตะวันได้ โดยการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีการเปลี่ยนแปลงสีใบน้อยที่สุด 4.00 คะแนน (ใบต้นอ่อนทานตะวันมีสีเขียว) รองลงมาคือการฉายรังสี UV-C ระยะเวลา 60 วินาที (19.05KJ/m^2) และการล้างด้วยน้ำคลอรีน 50 ppm เป็นเวลา 10 วินาที มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีใบ 3.67 คะแนน (ใบอ่อนทานตะวันมีสีเหลืองเล็กน้อยร้อยละ 25) การฉายรังสี UV-C 90 วินาที (28.575KJ/m^2) และชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสี UV-C มีค่าเท่ากับ 3.00 คะแนน (ใบอ่อนทานตะวันมีสีเหลืองเล็กน้อยร้อยละ 25) โดยที่เมื่อต้นอ่อนทานตะวันได้รับการฉายรังสีเป็นระยะเวลานานขึ้นทำให้มีการเปลี่ยนแปลงสีใบมากขึ้น โดยเฉพาะการฉายรังสี UV-C 120 วินาที (38.10KJ/m^2) มีการเปลี่ยนแปลงสีใบจากสีเขียวเป็นสีเหลืองมากขึ้น โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีใบต่ำสุด 2.67 คะแนน (ใบอ่อนทานตะวันมีสีเหลืองร้อยละ 50) (ภาพที่ 12 และ ตารางภาพผนวกที่ 11)



ภาพ 12 การเปลี่ยนแปลงสีใบของของต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็นระยะเวลาต่าง ๆ
แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์
 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน

ลักษณะที่ปรากฏ

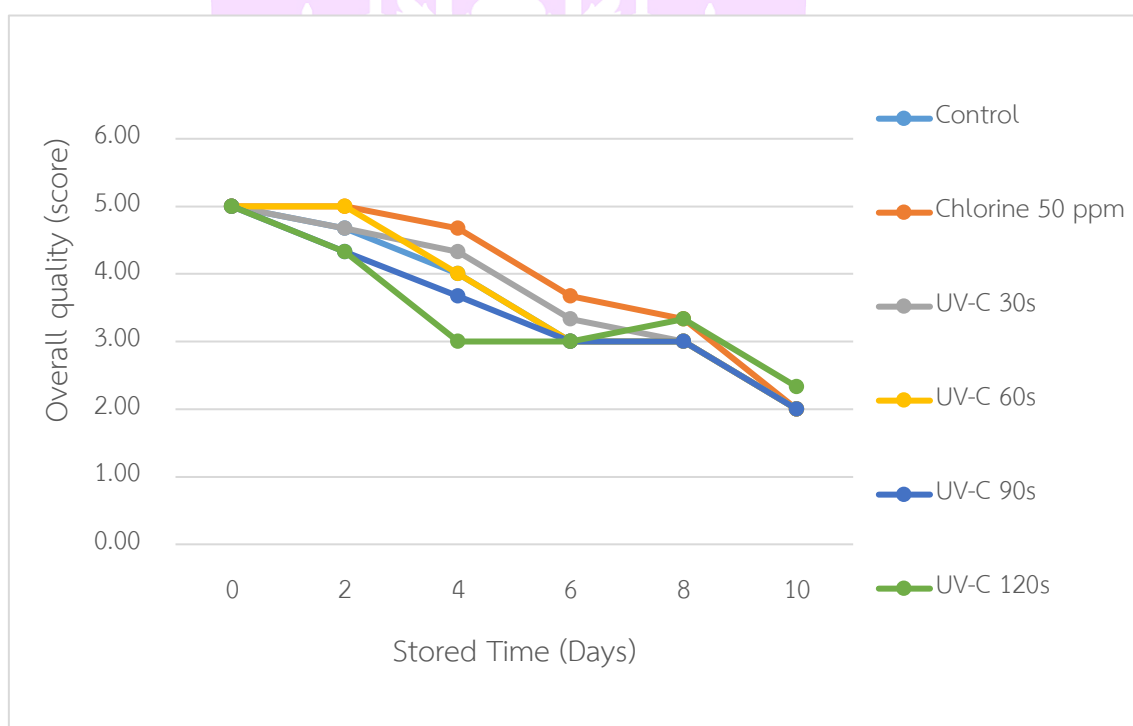
การประเมินลักษณะที่ปรากฏของต้นอ่อนทานตะวัน จากลักษณะความสด การเหี่ยว การเน่า ซ้ำ หรือความผิดปกติทางสรีรวิทยา พบว่าลักษณะปรากฏมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะที่ปรากฏอยู่ระหว่าง 2.33-3.67 คะแนน โดยการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) และต้นอ่อนทานตะวันในชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสี UV-C มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.67 คะแนน (ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเหี่ยวเล็กน้อย ไม่เน่า ไม่ซ้ำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา) รองลงมาคือการล้างด้วยน้ำคลอรีน 50 ppm เป็นเวลา 10 วินาทีที่มีค่า 3.33 คะแนน (ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเหี่ยวเล็กน้อย ไม่เน่า ไม่ซ้ำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา) ในขณะที่ต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายรังสีเป็นระยะเวลานานขึ้น คือ UV-C 60 วินาที (19.05KJ/m^2), 90 วินาที (28.575KJ/m^2), และ 120 วินาที (38.10KJ/m^2) มีการเปลี่ยนแปลงเป็นลักษณะที่ปรากฏเพิ่มขึ้น โดยการฉายรังสีที่ 60 วินาที มีค่าลักษณะปรากฏต่ำสุด 2.33 คะแนน (ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเหี่ยว เริ่มเน่า เริ่มซ้ำ และมีความผิดปกติทางสรีรวิทยา) (ภาพที่ 13 และตารางภาพผนวกที่ 12)



ภาพ 13 ลักษณะที่ปรากฏของต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็นระยะเวลาต่าง ๆ
แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2
เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน

คุณภาพโดยรวม

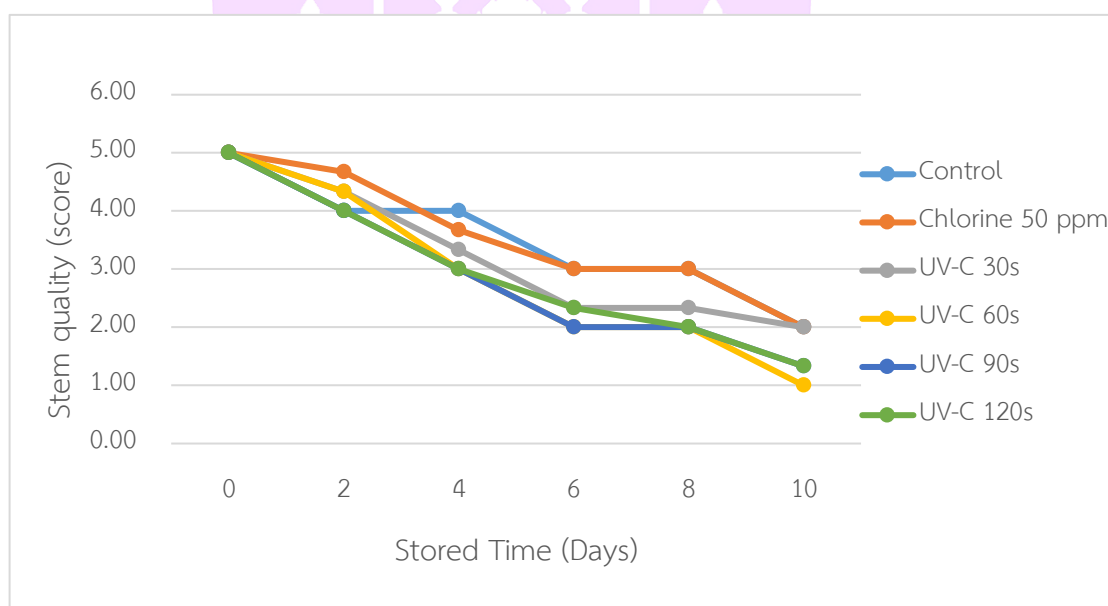
การประเมินคุณภาพโดยรวมพิจารณาจากสีและลักษณะที่ปรากฏต้นอ่อนทานตะวัน พบว่าต้นอ่อนทานตะวันมีคะแนนคุณภาพโดยรวมลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยจะสังเกตได้อย่างชัดเจนตั้งแต่วันที่ 6-8 ของการเก็บรักษา โดยการล้างด้วยน้ำคลอรีน มีคะแนนคุณภาพรวมสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยมีค่า 3.67 คะแนน (คุณภาพยอมรับได้) และการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีค่า 3.33 คะแนน ขณะที่การฉายรังสี UV-C 60 วินาที (19.05KJ/m^2), 90 วินาที (28.575KJ/m^2), และ 120 วินาที (38.10KJ/m^2) และต้นอ่อนทานตะวันในชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสี UV-C มีค่าคุณภาพรวม 3.00 คะแนน (คุณภาพยอมรับได้) ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ต้นอ่อนทานตะวันในทุกกรรมวิธีมีคะแนนคุณภาพรวมใกล้เคียงกัน โดยมีค่า 2.00 คะแนน (คุณภาพไม่ค่อยดี) (ภาพ 14 และ ตารางภาพผนวกที่ 13)



ภาพ 14 คุณภาพโดยรวมของต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็นระยะเวลาต่าง ๆ
แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์
 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน

คุณภาพก้านต้นอ่อนทานตะวัน

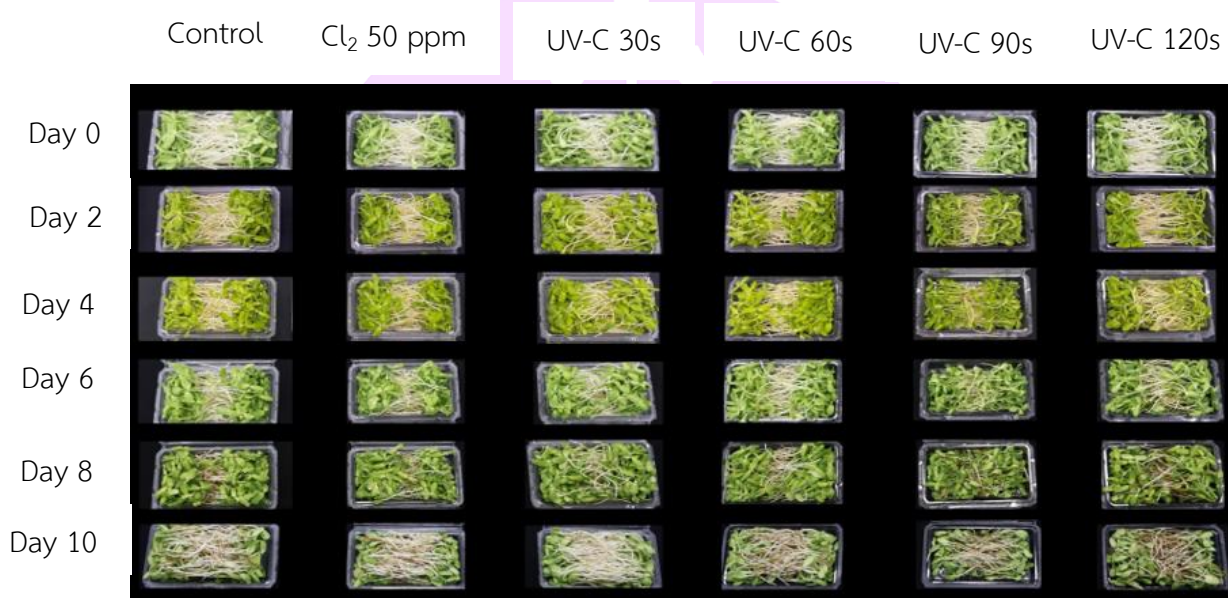
การเปลี่ยนแปลงคุณภาพก้านของต้นอ่อนทานตะวันสังเกตได้ชัดเจนตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษา ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน ก้านของต้นอ่อนที่ฉายรังสี UV-C 30 วินาที การล้างด้วยคลอรีน 50 ppm เป็นเวลา 10 วินาที และชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสี UV-C มีคะแนนคุณภาพก้านสูงสุด 2 คะแนน (ก้านเกิดสีน้ำตาลมาก เริ่มเน่า และเริ่มช้ำ) ในขณะที่การฉายรังสีที่ระยะเวลาสั้นขึ้นและความเข้มข้นที่สูงขึ้น คือ การฉายรังสี UV-C 60 วินาที (19.05KJ/m^2), 90 วินาที (28.575KJ/m^2), และ 120 วินาที (38.10KJ/m^2) มีส่งผลทำให้ก้านของต้นอ่อนทานตะวันมีคะแนนคุณภาพก้านลดลง โดยมีค่า 1 คะแนน (ก้านเกิดสีน้ำตาลมาก เน่า และช้ำ) (ภาพ 15 และตารางภาพผนวกที่ 14)



ภาพ 15 คุณภาพก้านต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็นระยะเวลาต่าง ๆ
แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์
 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน

อายุการเก็บรักษา

การประเมินอายุการเก็บรักษาพิจารณาจากคะแนนประเมินคุณภาพโดยรวมน้อยกว่า 3 ถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา พบว่าต้นอ่อนทานตะวันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $80 \pm 2\%$ โดยต้นอ่อนทานตะวันที่ล้างด้วยคลอรีน 50 ppm เป็นเวลา 10 วินาทีและการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52 kJ/m^2) สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุด 8 วัน (ภาพที่ 16)



ภาพ 16 อายุการเก็บรักษาของต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็นระยะเวลาต่าง ๆ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์

จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด(log CFU/g FW.)

พบว่าจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในต้นอ่อนทานตะวันในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยจะเริ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา การให้รังสี UV-C มีแนวโน้มช่วยลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในต้นอ่อนทานตะวัน โดยการฉายรังสี UV-C เป็นเวลา 30 วินาที (9.52 kJ/m^2) 60 วินาที (19.05 kJ/m^2) 90 วินาที (28.575 kJ/m^2) และ 120 วินาที (38.10 kJ/m^2) มีจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา พบว่าต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายรังสี UV-C 90 วินาที (28.575 kJ/m^2) และ 30 วินาที (9.52 kJ/m^2) มีจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยมีค่าเท่ากับ 21.00 และ 23.00 log CFU/g FW. ตามลำดับ รองมาคือการฉายรังสี

UV-C 60 วินาที (19.05KJ/m^2) และ 120 วินาที (38.10KJ/m^2) มีจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 49.67 และ 54.67 log CFU/g FW. ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุด 200 log CFU/g FW. (ตาราง 17)

ตาราง 17 จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวันที่ฉายด้วยรังสี UV-C เป็นระยะเวลาต่างๆ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Total colony count Day (log CFU/g FW.)		
	Day after storage		
	0	7	10
Control	1.30 ± 1.25	51.33 ± 1.89^b	200.00 ± 8.52^a
Chlorine 50 ppm	0.70 ± 0.47	6.33 ± 6.13^a	107.00 ± 12.57^b
UV-C 30s (9.52KJ/m^2)	0.00 ± 0.00	6.00 ± 4.14^a	23.00 ± 7.36^d
UV-C 60s (19.05KJ/m^2)	0.70 ± 0.47	5.67 ± 4.11^a	49.67 ± 20.04^c
UV-C 90s (28.57KJ/m^2)	1.70 ± 1.25	1.67 ± 0.47^a	21.00 ± 5.35^d
UV-C 120s (38.10KJ/m^2)	0.00 ± 0.00	4.35 ± 0.25^a	54.67 ± 6.94^c
F-test	ns	*	*
CV (%)	50.65	31.13	18.48

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพของการพ่นสารละลายแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาดันอ่อนทานตะวัน

ทำการพ่นสารละลายสารละลายแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้น 0.04% และสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ความเข้มข้น 0.80% ให้กับต้นอ่อนทานตะวันในวันที่ 4-6 หลังเพาะเมล็ด หลังจากนั้นทำการเก็บเกี่ยวในวันที่ 7 หลังเพาะเมล็ด หลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วนำต้นอ่อนทานตะวันมาฉายรังสี UV-C เป็นเวลา 30 วินาที (9.52KJ/m^2) จากนั้นนำต้นอ่อนทานตะวันการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ได้ผลการทดลองดังนี้

ค่าความเขียวของใบ พบว่า ต้นอ่อนทานตะวันงอกมีค่าความเขียวของใบลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มีค่าความเขียวของใบอยู่ระหว่าง 34.06–40.14 SPAD unit โดยที่การพ่นแคลเซียมแลคเตท 0.04% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีค่าความเขียวของใบสูงสุด 40.14 SPAD unit รองลงมาพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ร่วมกับการฉายรังสีฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีค่าความเขียวของใบ 40.05 SPAD unit ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าความเขียวของใบน้อยที่สุด 36.06 SPAD unit (ตาราง 18)

ปริมาณคลอโรฟิลล์

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ อยู่ระหว่าง 0.0160-0.023 mg./g fw. โดยที่ต้นอ่อนทานตะวันพ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอสูงสุด 0.0230 mg./g fw. รองลงมาพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8% มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ 0.0209 mg./g fw. ในขณะที่ต้นอ่อนทานตะวันในชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ น้อยที่สุด 0.016 mg./g fw. แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 19)

ปริมาณคลอโรฟิลล์บี พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มีปริมาณคลอโรฟิลล์บี อยู่ระหว่าง 0.0048-0.0079 mg./g fw. โดยที่ต้นอ่อนทานตะวันพ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีปริมาณคลอโรฟิลล์บีสูงสุด 0.0079 mg./g fw. รองลงมาพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8% มีปริมาณคลอโรฟิลล์บี 0.0069 mg./g fw. ในขณะที่ต้นอ่อนทานตะวันในชุดควบคุมมีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์บีน้อยที่สุด 0.0048 mg./g fw. แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 19)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้น ผลการศึกษาพบว่า โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด อยู่ระหว่าง 0.0.0207-0.0309 mg./g fw. ต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิลเลต 0.8% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด สูงสุด 0.0309 mg./g fw. รองลงมาคือการพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิลเลต 0.8% มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เท่ากับ 0.0277 mg./g fw. ในขณะที่ต้นอ่อนทานตะวันในชุดควบคุม มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดน้อยที่สุด 0.0207 mg./g fw. แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 19)

ตาราง 18 ค่าความเขียวของใบต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิลเลต และแคลเซียมแลคเตท ร่วมกับการฉายรังสี UV-C แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 7 วัน

Treatment	Greenness value (SPAD unit)	
	Day after storage	
	0	7
Control	37.32 ± 3.08^b	34.06 ± 1.31^d
Ca-Lac	42.28 ± 4.06^a	39.39 ± 1.11^{ab}
Ca-AA chelate	41.82 ± 2.22^a	38.60 ± 0.79^b
Control+UV-C	38.09 ± 0.68^b	36.43 ± 1.42^c
Ca-Lac+UV-C	42.20 ± 1.83^a	40.14 ± 1.32^a
Ca-AA chelate+UV-C	43.06 ± 0.85^a	40.05 ± 0.85^a
F-test	*	*
CV (%)	6.46	2.65

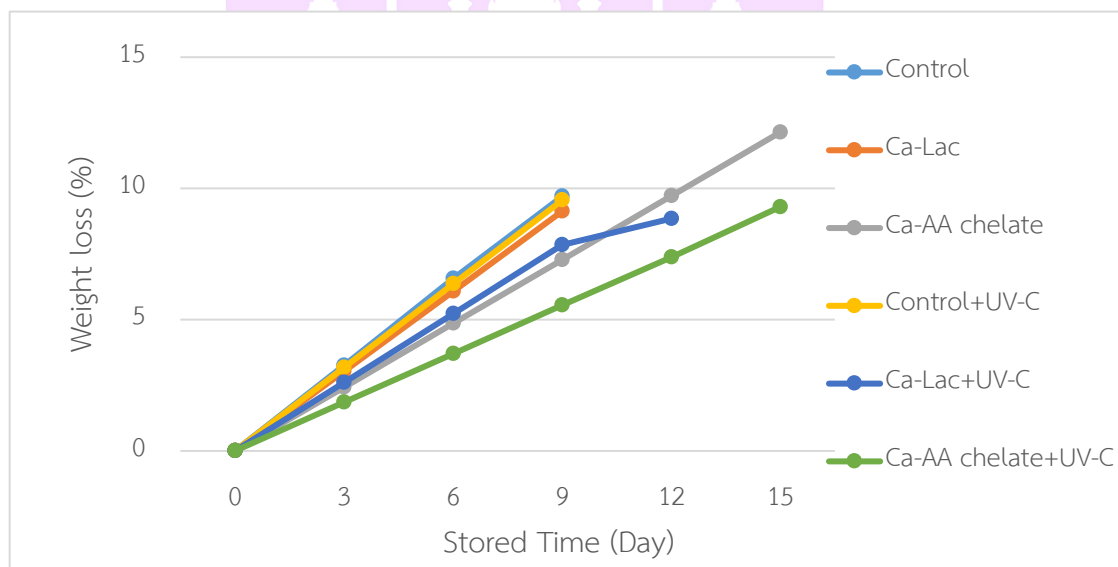
* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

ตาราง 19 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ, ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิเตสเลดและแคลเซียมแลคเตท ร่วมกับการฉายรังสี UV-C แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 15 วัน

Treatment	Chlorophyll a (mg./g fw.)		Chlorophyll b (mg./g fw.)			Total chlorophyll (mg./g fw.)	
			Day after storage				
	0	7	0	7	0	7	7
Control	0.0186±0.0001	0.0160±0.0001	0.0079±0.0003	0.0048±0.0004	0.0265±0.0008	0.0207±0.0008	
Ca-Lac	0.0251±0.0018	0.0202±0.0008	0.0073±0.0007	0.0056±0.0005	0.0325±0.0008	0.0259±0.0008	
Ca-AA chelate	0.0241±0.0008	0.0209±0.0000	0.0082±0.0005	0.0069±0.0004	0.0322±0.0008	0.0277±0.0008	
Control+UV-C	0.0190±0.0001	0.0187±0.0001	0.0081±0.0003	0.0053±0.0001	0.0271±0.0008	0.0240±0.0008	
Ca-Lac+UV-C	0.0249±0.0008	0.0205±0.0005	0.0084±0.0007	0.0061±0.0003	0.0333±0.0008	0.0266±0.0008	
Ca-AA chelate+UV-C	0.0249±0.0017	0.0230±0.0001	0.0096±0.0008	0.0079±0.0003	0.0345±0.0008	0.0309±0.0008	
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10.54	14.28	10.00	13.44	5.23	4.97	

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

การสูญเสียน้ำหนัก พบว่า ต้นอ่อนทานตะวันมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาดันอ่อนทานตะวันมีการสูญเสียน้ำหนักอยู่ระหว่าง 5.55–9.69 % โดยต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิเลต 0.8% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด 5.55% รองลงมาพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิเลต 0.8% มีการสูญเสียน้ำหนัก 7.28% ในขณะที่ชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนัก 9.69% เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วันพบว่า มีเพียง 2 กรรมวิธีเท่านั้นที่ยังไม่หมดอายุการเก็บรักษาคือการพ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิเลต 0.8% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) และพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิเลต 0.8% โดยมีการสูญเสียน้ำหนัก 9.30 และ 12.14 % ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 17 และตารางภาคผนวกที่ 15)



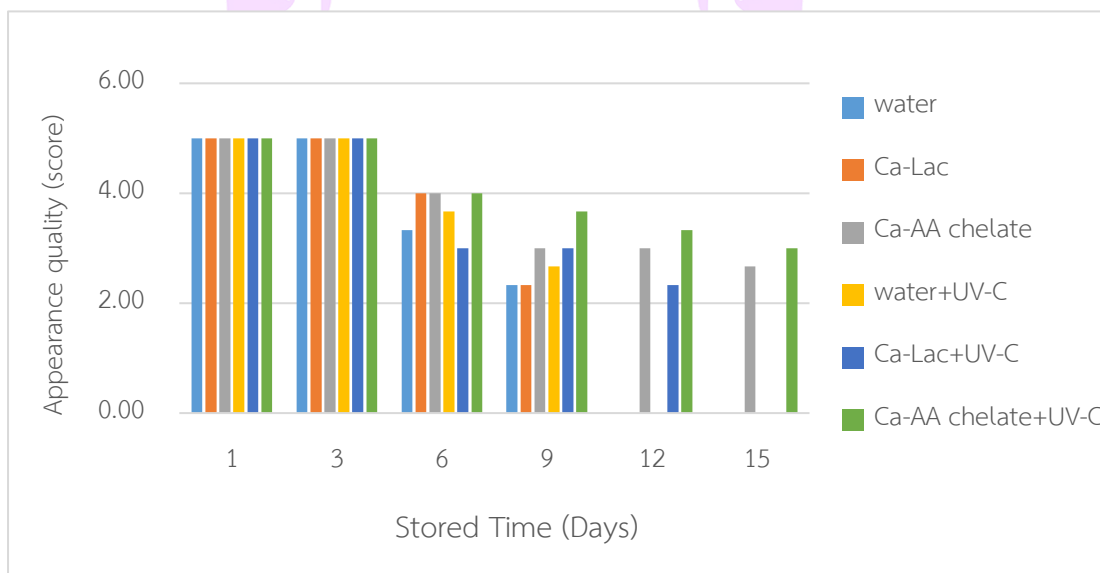
ภาพ 17 การสูญเสียน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิเลต และแคลเซียมแลคเตท ร่วมกับการฉายรังสี UV-C แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 15 วัน

การเปลี่ยนแปลงสีใบ พบว่า ต้นอ่อนทานตะวันมีคะแนนการเปลี่ยนแปลงสีใบลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาด้านอ่อนทานตะวันมีคะแนนการเปลี่ยนแปลงสีใบอยู่ระหว่าง 2.33–4.00 คะแนน การพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8% ร่วมกับฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีการเปลี่ยนแปลงสีใบน้อยที่สุด 4.00 คะแนน (ใบอ่อนทานตะวันมีสีเขียว) รองลงมาคือพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8%, แคลเซียมแลคเตท 0.04% ร่วมกับฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) 0.8% และแคลเซียมแลคเตท 0.04% และพ่นน้ำเปล่าร่วมกับการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีคะแนนการเปลี่ยนแปลงสีใบ 3.67 ,3.33 และ 3.00 ตามลำดับ (ใบอ่อนทานตะวันมีสีเหลืองร้อยละ 25) โดยที่ชุดควบคุมมีคะแนนการเปลี่ยนแปลงสีใบน้อยที่สุด 2.00 คะแนน (ใบอ่อนทานตะวันมีสีเหลืองมากกว่าร้อยละ 50) โดยวันที่ 15 ของการเก็บรักษา เหลือเพียง 2 กรรมวิธีที่ยังไม่หมดอายุการเก็บรักษาคือพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8% ร่วมกับฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) และพ่นแคลเซียมแลคเตท 0.04% มีคะแนนการเปลี่ยนแปลงสีใบ 3.00 และ 2.33 ตามลำดับ (ใบอ่อนทานตะวันมีสีเหลืองร้อยละ 50) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาพที่ 18 และตารางภาพผนวกที่ 16)



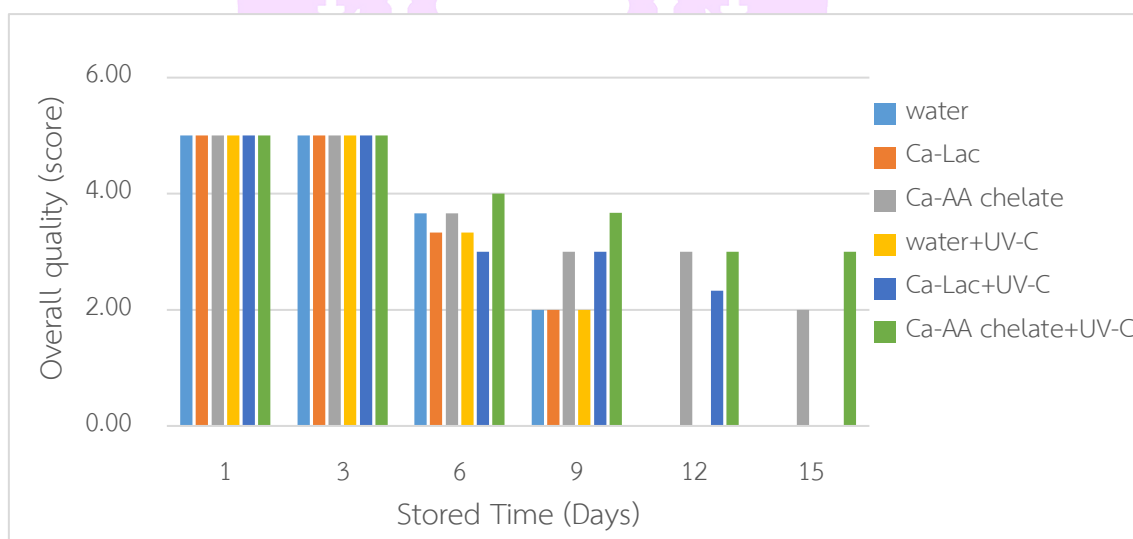
ภาพ 18 การเปลี่ยนแปลงสีใบของต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต และแคลเซียมแลคเตท ร่วมกับการฉายรังสี UV-C แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 15 วัน

ลักษณะที่ปรากฏ พบว่า ต้นอ่อนทานตะวันมีคะแนนลักษณะที่ปรากฏลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาด้านอ่อนทานตะวันมีคะแนนลักษณะปรากฏอยู่ระหว่าง 2.33–3.00 คะแนน โดยพบว่าต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิเลต 0.8% พ่นด้วยแคลเซียมแลคเตท 0.04% ร่วมกับฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) และพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิเลต 0.8% ร่วมกับฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีคะแนนลักษณะปรากฏสูงสุด 3.00 คะแนน (ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเหี่ยวเล็กน้อย ไม่เน่า ไม่ดำและไม่มี ความผิดปกติทางสรีรวิทยา) ในขณะที่กรรมวิธีอื่น ๆ มีระดับคะแนนลักษณะที่ปรากฏ 2.33 คะแนน (ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเหี่ยว เริ่มเน่า เริ่มดำ และเริ่มมีความผิดปกติทางสรีรวิทยา) โดยวันที่ 15 ของการเก็บรักษา เหลือเพียง 2 กรรมวิธีที่ยังไม่หมดอายุการเก็บรักษา คือพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิเลต 0.8% ร่วมกับฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีค่าคะแนนลักษณะที่ปรากฏ 3.00 คะแนน (ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเหี่ยวเล็กน้อย ไม่เน่า ไม่ดำและไม่มี ความผิดปกติทางสรีรวิทยา) และพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิเลต 0.8% มีค่าคะแนนลักษณะที่ปรากฏ 2.67 คะแนน (ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเหี่ยว เริ่มเน่า เริ่มดำ และเริ่มมีความผิดปกติทางสรีรวิทยา) ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพ 19 และ ตารางภาพผนวกที่ 17)



ภาพ 19 ลักษณะที่ปรากฏของต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิเลต และแคลเซียมแลคเตท ร่วมกับการฉายรังสี UV-C แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 15 วัน

คุณภาพโดยรวม พบว่า ต้นอ่อนทานตะวันมีคะแนนคุณภาพโดยรวมลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาด้านอ่อนทานตะวันมีคะแนนคุณภาพรวมอยู่ระหว่าง 2.00–3.00 คะแนน ต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8%, ฟันแคลเซียมแลคเตท 0.04% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) และฟันแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีคะแนนคุณภาพโดยรวมสูงสุด 3.00 คะแนน (คุณภาพยอมรับได้) ในขณะที่กรรมวิธีอื่นๆ มีระดับคะแนนคุณภาพโดยรวม 2.00 คะแนน (คุณภาพไม่ค่อยดี) โดยวันที่ 15 ของการเก็บรักษา เหลือเพียง 2 กรรมวิธีที่ยังไม่หมดอายุการเก็บรักษา คือ ฟันแคลเซียมแลคเตท 0.04% และฟันแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52KJ/m^2) มีคะแนนคุณภาพโดยรวม 2.67 คะแนน (คุณภาพไม่ค่อยดี) และฟันแคลเซียมแลคเตท 0.04% มีคะแนนคุณภาพโดยรวม 2.00 คะแนน (คุณภาพไม่ค่อยดี) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 20 และตารางภาพผนวกที่ 18)



ภาพ 20 คุณภาพโดยรวมของต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต และแคลเซียมแลคเตท ร่วมกับการฉายรังสี UV-C แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 15 วัน

อายุการเก็บรักษา

การประเมินอายุการเก็บรักษาพิจารณาจากคะแนนประเมินคุณภาพโดยรวมน้อยกว่า 3 คะแนน ถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา พบว่าต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8% และแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52 KJ/m^2) สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ ได้นานที่สุด 15 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุด 9 วัน (ภาพ 21)



ภาพ 21 อายุการเก็บรักษาของต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต และแคลเซียมแลคเตท ร่วมกับการฉายรังสี UV-C แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 15 วัน

จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด(log CFU/g FW.)

พบว่า จำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยจะเริ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยที่ต้นอ่อนทานตะวันในชุดควบคุมมีจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา พบว่า ต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52 kJ/m^2) มีจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด $146.60 \text{ log CFU/g FW.}$ รองลงมาคือการพ่นแคลเซียมแลคเตท 0.04% มีจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด $196.00 \text{ log CFU/g FW.}$ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุด $291.80 \text{ log CFU/g FW.}$ โดยที่การพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52 kJ/m^2) สามารถลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ดีที่สุด (ตาราง 20)

ตาราง 20 จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต และแคลเซียมแลคเตท ร่วมกับการฉายรังสี UV-C แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 วัน

Treatment	Total colony count day (log CFU/g FW.)	
	Day after storage	
	6	12
Control	23.00 ± 4.00^a	291.80 ± 9.97^a
Ca-Lac	14.00 ± 2.76^b	254.60 ± 35.07^{ab}
Ca-AA chelate	9.60 ± 3.67^{bc}	196.00 ± 54.12^{bc}
Control+UV-C	12.40 ± 5.57^b	250.20 ± 40.86^{ab}
Ca-Lac+UV-C	10.00 ± 2.19^{bc}	236.80 ± 30.99^b
Ca-AA chelate+UV-C	7.00 ± 1.90^c	146.60 ± 30.25^c
F-test	*	*
CV (%)	31.51	20.20

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต แคลเซียมแลคเตท และแคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองย่อย คือ

1.1 การพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ความเข้มข้น 0.8% ให้กับต้นอ่อนทานตะวันก่อนการเก็บเกี่ยว ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันมีผลผลิต และคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวดีกว่ากรรมวิธีอื่นช่วยรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว โดยช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีรักษาคุณภาพโดยรวมและอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้นาน 21 วัน ขณะที่ชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำเปล่ามีอายุเก็บรักษา 13 วัน

1.2 การพ่นสารละลายแคลเซียมแลคเตทให้กับต้นอ่อนทานตะวันก่อนการเก็บเกี่ยว ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันมีการเจริญเติบโตและผลผลิตมากกว่าสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมสูงขึ้นทำให้ผลผลิตของต้นอ่อนทานตะวันลดลง โดยที่สารละลายแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้น 0.04% มีกาเรเจริญเติบโต ผลผลิต ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก และช่วยรักษาคุณภาพโดยรวมของต้นอ่อนทานตะวันได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ได้นาน 24 วัน ขณะที่ชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำเปล่ามีอายุเก็บรักษา 14 วัน

การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพของระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน พบว่าการฉายรังสี UV-C มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในต้นอ่อนทานตะวันระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ โดยการฉาย UV-C 90 วินาที (28.575 kJ/m^2) มีปริมาณจุลินทรีย์น้อยที่สุด $21.00 \log \text{ CFU/g FW}$. ขณะที่ชุดควบคุมมีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุด $200 \log \text{ CFU/g FW}$ แต่พบว่าการฉายแสง UV-C 30 วินาที (9.52 kJ/m^2) เป็นระดับความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากช่วยรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก รักษาความเขียวของใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ รวมถึงลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด 8 วัน

การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพของการพ่นสารละลายแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยว ร่วมกับการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน พบว่าการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.80% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C 30 วินาที (9.52 kJ/m^2) ช่วยชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาได้ โดยมีจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาน้อยที่สุด $146.60 \log \text{ CFU/g FW}$. ขณะที่ชุดควบคุมมีจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุด $291 \log \text{ CFU/g FW}$. รวมทั้งช่วยสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีและลักษณะปรากฏ รักษาความเขียวของใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ได้ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษานานถึง 15 วัน ขณะที่ชุดควบคุมเก็บรักษาได้เพียง 9 วัน

อภิปรายผลการวิจัย

ศึกษาประสิทธิภาพการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ก่อนการเก็บเกี่ยว ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน ทำการพ่นต้นอ่อนทานตะวันด้วยสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.04, 0.4 และ 0.8% และชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำเปล่าในวันที่ 4-7 หลังจากเพาะเมล็ดจากนั้นทำการเก็บเกี่ยวในวันที่ 7 หลังเพาะเมล็ดพบว่า การพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8% ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันได้ โดยที่มีผลทำให้ต้นอ่อนทานตะวัน มีความสูง น้ำหนักต่อต้น ผลผลิตรวมมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ เนื่องจากการพ่นใบด้วยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต เป็นรูปแบบที่พืชสามารถดูดซึมแคลเซียมเข้าสู่เซลล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการพ่นในรูปแคลเซียมทั่วไป เนื่องจากมีกรดอะมิโนทำหน้าที่ช่วยจับและคงสภาพแคลเซียมในรูปที่คงตัวและซึมผ่านผิวใบได้ง่ายกว่า (Arabloo et al., 2017; Saure, 2005) รวมทั้งกรดอะมิโนมีโครงสร้างอินทรีย์ที่สามารถแพร่ผ่านคิวติเคิลของใบและเข้าสู่ไซโทพลาสซึมของเซลล์ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งช่วยทำให้แคลเซียมเคลื่อนย้ายเข้าสู่เนื้อเยื่อพืชได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และกรดอะมิโนในแคลเซียมคีเลตยังสามารถทำหน้าที่เป็นพาหะช่วยพาแคลเซียมเข้าสู่ระบบท่อลำเลียงของพืช (phloem) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่แคลเซียมในรูปเกลือธรรมดาไม่สามารถทำได้ เนื่องจากแคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ยากภายในพืช การอยู่ในรูปคีเลตกับกรดอะมิโนจึงช่วยเพิ่มการกระจายตัวของแคลเซียมได้ดี (Fayek et al., 2011; Zocchi & Mignani, 1995) เมื่อแคลเซียมเข้าสู่เซลล์พืชได้มากขึ้น จะส่งผลโดยตรงต่อกระบวนการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของเซลล์ (cell division and elongation) เนื่องจาก Ca^{2+} ทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณภายในเซลล์ (second messenger) ที่ควบคุมการทำงานของเอนไซม์และโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช (Ferguson & Drobak, 1988; Glenn et al., 1988) ส่งผลให้เนื้อเยื่อ

พืชเจริญได้รวดเร็วและต้นมีความสูงมากขึ้น และกรดอะมิโนที่อยู่ในรูปคีเลต เช่น glycine, glutamic acid และ aspartic acid มีคุณสมบัติเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และโปรตีน ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสงของพืช (Molaie et al., 2013) การสังเคราะห์แสงที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นส่งผลทำให้ต้นอ่อนมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตและน้ำหนักรากเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังช่วยคงสีเขียวของใบและลดการเสื่อมสภาพของคลอโรฟิลล์ในช่วงหลังเก็บเกี่ยว (Kou et al., 2022) ดังนั้นการพ่นอะมิโนแอซิดคีเลตจึงช่วยให้ต้นอ่อนทานตะวันมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น มีความสูงเพิ่มขึ้น น้ำหนักรากต่อต้นผลผลิตสูงขึ้นได้ สำหรับคุณภาพหลังการเก็บรักษาโดยเมื่อนำต้นอ่อนทานตะวันมาบรรจุในกล่องพลาสติกแล้วนำเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์) เป็นระยะเวลา 21 วันพบว่าต้นอ่อนทานตะวัน มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำช่วยลดอัตราการหายใจ การคายน้ำ การผลิตเอทิลีน และยับยั้งการเน่า จึงทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น (จริงแท้ และธีรนุต, 2543) โดยการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ทุกระดับความเข้มข้นช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ช่วยรักษาการเปลี่ยนแปลงสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวมได้รวม โดยเฉพาะการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.4% ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดในขณะที่การพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.8% ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันมีคะแนนการเปลี่ยนแปลงสี คะแนนลักษณะปรากฏ และคะแนนคุณภาพโดยรวมดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชิตาพร และคณะ (2562) ที่รายงานว่า การพ่น Ca^{2+} chelated 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะ 21 วันหลังดอกบานเต็มที่ ทำให้ผลสตรอว์เบอร์รีมีน้ำหนักและขนาดมากกว่า และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลสตรอว์เบอร์รีได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากการใช้สารคีเลต (อะมิโนแอซิดคีเลต) จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกลืออนินทรีย์ทั่วไปในด้านการดูดซึมและการคงอยู่ของธาตุในพืช เพราะโมเลกุลที่มีน้ำหนักรากกลาง เช่น อะมิโนแอซิด สามารถแพร่เข้าสู่ cytoplasm ได้ง่ายกว่าโมเลกุลหนักและไม่มีพิษต่อพืช อะมิโนแอซิดที่ถูกดูดซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อ สามารถถูกใช้โดยตรงในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน นอกจากนั้นโมเลกุลของคีเลตสามารถคงสภาพของธาตุให้ละลายน้ำและเคลื่อนที่ได้ดี โดยป้องกันการตกตะกอนหรือการจับตัวกับฟอสเฟตในดิน (Yildirim et al., 2011) นอกจากนี้ แคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตมีโครงสร้างที่มีประจุเป็นกลาง จึงสามารถซึมผ่านผิวใบและเยื่อหุ้มเซลล์ได้ง่ายกว่าเกลืออนินทรีย์ และยังสามารถถูกระบบลำเลียงของพืชจดจำว่าเป็นแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์ ทำให้ทั้งโมเลกุลคีเลตถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ (Babu et al., 2017) เมื่อเข้าสู่เซลล์แล้ว อะมิโนแอซิดที่เป็นส่วนประกอบของคีเลตสามารถถูกนำไปใช้โดยตรงในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน โดยเอนไซม์และสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) ที่ช่วยซ่อมแซมและชะลอการเสื่อมของเซลล์ในภาวะเครียด

(Colla et al., 2023; Sharma et al., 2023) โดยในช่วงที่พืชเผชิญกับความเครียด เช่น อุณหภูมิสูง หรือการเก็บรักษานาน พืชมักสร้างอนุมูลอิสระ (Reactive Oxygen Species; ROS) ที่ทำลายโครงสร้างเซลล์ ทำให้เซลล์เสียหาย แต่การมีกรดอะมิโนบางชนิดและแคลเซียมร่วมกันจะช่วยกระตุ้นระบบต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant system) ของพืชให้ทำงานได้ดีขึ้น ช่วยชะลอการเสื่อม โดยแคลเซียมทำหน้าที่เป็นสัญญาณ (signal molecule) ในการยับยั้งการเข้าสู่กระบวนการเหี่ยวหรือชราภาพได้ (senescence) ซึ่งจะช่วยรักษาความเขียว สี ลักษณะปรากฏและคุณภาพโดยรวมให้คงอยู่ได้นานขึ้น นอกจากนั้นยังขึ้นกับระดับความเข้มข้น โดยแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิดเป็น 0.4 และ 0.8% เป็นระดับความเข้มข้นของแคลเซียมอะมิโนแอซิดที่คิดเป็นค่าที่เหมาะสมที่สามารถเข้าสู่พืชโดยไม่เกิดพิษหรือผลข้างเคียง ทำให้ปฏิกิริยาสำหรับรักษาเซลล์ สี และคุณภาพโดยรวมมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ถ้าหากให้ระดับความเข้มข้นที่สูงเกินไป อาจเกิดพิษ (phytotoxicity) เช่น การเบิร์นของใบ การเคลื่อนที่ของไอออนมากเกินไป ทำให้โครงสร้างเซลล์เสียหาย (Babu et al., 2017)

การศึกษาชนิดของสารละลายแคลเซียมและระดับความเข้มข้นก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน ทำการพ่นสารละลายแคลเซียม 2 ชนิด คือแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ ที่ 5 ระดับได้แก่ 0, 0.04, 0.4, 0.8 และ 1.6% ในระหว่างวันที่ 4-6 หลังเพาะเมล็ดจากนั้นทำการเก็บเกี่ยวในวันที่ 7 พบว่า แคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ซึ่ง CaCl_2 และ Ca-lactate จัดเป็นแหล่งของไอออนแคลเซียม (Ca^{2+}) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเสริมความแข็งแรงของผนังเซลล์ (pectin cross-linking) ควบคุมความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มเซลล์ (membrane stability) และเป็นสัญญาณโมเลกุลในการตอบสนองต่อความเครียดต่าง ๆ ของพืช และเพิ่มความแข็งแรงของเนื้อผล/ใบ/ท่อน้ำ (xylem/apoplast) ที่สัมพันธ์กับคุณภาพหลังการเก็บรักษาซึ่ง CaCl_2 (แคลเซียมคลอไรด์) สามารถละลายได้ทันทีและดูดซึมเร็ว เมื่อใช้ใส่ทางตรงลงในดินและฉีดพ่นทางใบ ซึ่งทำให้เห็นผลเร็ว และ Ca-lactate (แคลเซียมแลคเตท) เป็นรูปแบบที่มีมวลอินทรีย์ (lactate เป็นกรดอินทรีย์) นิยมใช้สำหรับพ่นทางใบมาก ซึ่งส่งผลดีต่อใบและช่วยเพิ่มการดูดซึมทางใบโดยลดความเสี่ยงของอาการใบไหม้ของพืช การเพิ่มระดับความเข้มข้นของแคลเซียม ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และวิธีการใช้ รวมไปถึงเลือกช่วงเวลาพ่น (เช้า/เย็น ไม่ร้อนจัด) เพื่อเกิดประสิทธิภาพสูงสุด (Feng, D., et al., 2023) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นาดยา และคณะ (2560) ที่ศึกษาการให้แคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) ต่อผลผลิตและคุณภาพของกระชายดำ โดยการพ่น calcium chloride ที่ความเข้มข้น 0, 400, 800 และ 1,200 มก./ล. ทางใบก่อนการเก็บเกี่ยว พบว่า การพ่นสารละลาย calcium chloride ที่ความเข้มข้น 0 มก./ล. มีผลผลิตสดและแห้งของเหง้าต่อไร่มากที่สุด 635.09 และ 150.95 กก. ตามลำดับ และทุกความเข้มข้น

calcium chloride ไม่มีผลต่อค่าสีของเหง้ากระชายดำ calcium chloride ที่ความเข้มข้น 800 มก./ล. มีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมทั้งหมดและสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุดในเหง้าที่ 91.38 มก. (GAE) /ก.น้ำหนักแห้ง และ 59.75 มก. (QE) /ก.น้ำหนักแห้ง ดังนั้นการให้แคลเซียมกับต้นอ่อนทานตะวันต้องอยู่ในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมจึงจะสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตได้

คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว (ระหว่างการเก็บรักษา) โดยนำต้นอ่อนทานตะวันที่ได้รับการพ่นแคลเซียม 2 ชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มาบรรจุในกล่องพลาสติกแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 24 วัน พบว่าต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตท และแคลเซียมคลอไรด์ทุกระดับความเข้มข้นช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 0.04 และ 0.4% มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ เนื่องจากสารละลายแคลเซียมสามารถเพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์ ชะลอการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ และช่วยชะลอการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ได้ เช่นเดียวกับผลไม้ตัดแต่งเช่นผลโลควอท, สตรอเบอรี่ กีวี สาลี่ และเมล่อนตัดแต่ง (Mahajan and Dhatt, 2004; Lara et al., 2004; Dimitrios and Pavlina, 2005; Antunes et al., 2008; Akhtar et al., 2010) รวมทั้งสอดคล้องกับงานวิจัย ศลิศา สุริลักษณ์ และคณะ (2559) ที่รายงานว่าการใช้แก๊วมังกรตัดแต่งที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท 0.75 และ 1.00% แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±1 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าและมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าชุดการทดลองอื่น รวมถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของต้นอ่อนทานตะวัน โดยเฉพาะการพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ 0.40% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของต้นอ่อนได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ คะแนนคุณภาพโดยรวมเป็นที่ยอมรับได้ แคลเซียมทำหน้าที่เป็นสัญญาณ ในการยับยั้งการเข้าสู่กระบวนการเหี่ยว ซึ่งจะช่วยรักษาความเขียว และลักษณะภายนอกให้อยู่ได้นานขึ้นและการให้แคลเซียมที่เพียงพอสามารถลดการเร่งเมแทบอลิซึมหรืออัตราหายใจของเนื้อเยื่อหลังเก็บเกี่ยว ลดการสูญเสียน้ำหนักและการเน่า (decay) เมื่อการพ่นก่อนเก็บเกี่ยวโดยการเพิ่มแคลเซียมในผนังเซลล์และเพิ่มระบบต้านอนุมูลอิสระในเนื้อเยื่อ แคลเซียมแลคเตทสามารถช่วยชะลอการเสื่อมสภาพ (ซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนสีและการสูญเสียน้ำหนัก) ทำให้สีสดและคุณภาพโดยรวมคงอยู่ได้นานขึ้น (Hirschi, 2004; Eroglu et al., 2024; Luna et al., 2020; Manganaris et al., 2007; Saure, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย พงศนิยา และคณะ (2566) ที่รายงานว่าการใช้แคลเซียมแลคเตท 1.5% สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลและการเสื่อมสภาพของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภค พบว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการแช่สารละลายแคลเซียมแลคเตทใช้เวลา 10 นาที สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเมื่อเปรียบเทียบกับผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการแช่สารละลายแคลเซียมแลคเตท ค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ที่ต่ำ

มีความสัมพันธ์กับการลดลงของการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล และกิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonialyase (PAL), Polyphenol oxidase (PPO) และ Peroxidase (POD) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนี้การพ่นสารละลายแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ 0.04 และ 0.40% ส่งผลให้ต้นอ่อนมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบเฉลี่ยมากที่สุด ในขณะที่การพ่นสารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น ทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมีเดียมน้อย และสอดคล้องกับการศึกษาของ Kou et al., (2014) ที่รายงานว่า การพ่น CaCl_2 ที่ระดับความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ให้กับต้นอ่อนบรอกโคลีเป็นระยะเวลา 10 วัน เพิ่มความแข็งแรงต้นอ่อนบรอกโคลีเพิ่มปริมาณแคลเซียม ลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บรักษาของต้นอ่อนบรอกโคลีที่เก็บรักษาอุณหภูมิต่ำ 5 องศาเซลเซียสเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำเปล่าและการจุ่มต้นอ่อนบรอกโคลีในสารละลายแคลเซียมแลคเตท 50 มิลลิโมลาร์ ทำให้ต้นอ่อนบรอกโคลีมีคุณภาพโดยรวมสูงสุด รวมถึงสอดคล้องกับงานวิจัยของ Attallah และ Abdalla (2021) ที่รายงานว่า ผักกาดหอมสายพันธุ์โรเมนที่ได้รับการพ่นด้วยแคลเซียมคลอไรด์ทางใบ 20 มิลลิโมลาร์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) และปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุด

ศึกษาประสิทธิภาพของระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน โดยนำต้นอ่อนทานตะวันอ่อนหลังเพาะเมล็ด 7 วัน จากนั้นนำมาฉายรังสี UV-C เป็นระยะเวลาตามที่กำหนดในแต่ละกรรมวิธี แล้วนำมาบรรจุในกล่องพลาสติกใสที่มีฝาปิด แล้วนำเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์) เป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่า การฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลาที่เหมาะสม ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันมีคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำดีกว่าต้นอ่อนทานตะวันที่ไม่ผ่านการฉายรังสี โดยเฉพาะการฉายรังสี UV-C ที่ระยะเวลา 30 วินาที (9.25 KJ/m^2) ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด การเปลี่ยนแปลงสีข้าง และคงค่าความเขียวของใบและคลอโรฟิลล์ได้ ทั้งนี้เนื่องจากรังสี UV-C กระตุ้นปฏิกิริยาที่ทำให้ชั้นผิวภายนอกแข็งแรงขึ้นหรือ crosslink กันมากขึ้น ช่วยลดการระเหยน้ำ (transpiration) จากผิวนอก ส่งผลให้สูญเสียน้ำหนักช้าลง ในปริมาณที่ไม่สูงเกินไปจะก่อให้เกิดความเสียหายมาก มักช่วยให้การทำงานของเอนไซม์ที่เร่งการเสื่อมของคลอโรฟิลล์ ลดลง เช่น ลดการทำลาย chlorophyllase หรือ peroxidase ที่ทำให้ใบเหลืองและพืชตอบสนองโดยสร้างสารป้องกันแสง (เช่น flavonoids) ที่ช่วยดูดซับยูวีหรือรังสีอื่น ๆ และลดความเครียดในเนื้อเยื่อขณะเก็บรักษา (Umaña-Rojas et al., 2022) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lu et al., (2016) ที่รายงานว่า การฉายรังสี UV-C ในระยะเวลาสั้นสามารถช่วยยับยั้งการเสื่อมสภาพของพืชผักได้ โดยการชะลอการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การสูญเสียน้ำหนัก และการเปลี่ยนแปลงสี และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vicente et al., (2005) ที่รายงานว่า

การฉายรังสี UV-C ในระดับที่เหมาะสมสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้ โดยการลดอัตราการสูญเสียน้ำหนัก และชะลอการเสื่อมสภาพหลังการเก็บเกี่ยว ทั้งนี้การฉายรังสี UV-C สามารถลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด มีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด 23.00 log CFU/g FW. เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสี UV-C ซึ่งมีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 200.00 log CFU/g FW. ซึ่งการฉายรังสี UV-C ที่ความเข้มข้นพลังงาน 9.25 kJ/m² เป็นระยะเวลา 30 วินาที สามารถออกฤทธิ์โดยตรงต่อดีเอ็นเอของจุลินทรีย์ทั้งหมดที่อยู่บนพื้นผิวของต้นอ่อนทานตะวัน โดยรังสีในช่วงความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร จะถูกดูดซับโดยเบสไพริมิดีน (pyrimidine bases) ในสายดีเอ็นเอของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเชื่อมพันธู์ข้าม (formation of thymine dimers) ส่งผลให้การจำลองและการแปลรหัสพันธุกรรมของจุลินทรีย์ถูกรบกวนจนไม่สามารถแบ่งเซลล์ได้ จุลินทรีย์จึงไม่สามารถเจริญหรือก่อให้เกิดการเน่าเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Guerrero-Beltrán & Barbosa-Cánovas, 2004; Allende et al., 2006) สอดคล้องกับงานวิจัยของบุษกร ทองใบ และคณะ (2561) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของแสงยูวีและกรดอินทรีย์ต่อการควบคุมโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนต้นอ่อนทานตะวันที่เก็บรักษาที่ 5-7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน โดยต้นอ่อนทานตะวันที่นำมาทดสอบมีปริมาณโคลิฟอร์มปนเปื้อนเริ่มต้น 4.66 log CFU/g พบว่าการฉายแสงยูวีซีแล้วตามด้วยการล้างด้วยกรดแลคติก กรดพุ่มาริก และกรดแลคติกร่วมกับกรดพุ่มาริก (1:1) เป็นเวลา 5 นาที เป็นกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สามารถช่วยลดและควบคุมปริมาณโคลิฟอร์มในต้นอ่อนและต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเป็นที่ยอมรับได้ (ลำต้นเต่งตึง ใบสีเขียว) มีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 6 วัน สอดคล้องกับรายงานของหทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล และสุภัทร ไชยชมภู, (2557) ได้การศึกษาผลของรังสี UV-C ต่อการการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าการฉายรังสี UV-C ที่ระดับ 3.2 KJ/m² มีผลทำให้จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และราลดลงมากที่สุดในช่วงการเก็บรักษา เมื่อเทียบกับชุดควบคุมและการจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโป-คลอไรท์ 50 ppm นาน 3 นาที

อย่างไรก็ตาม การฉายรังสี UV-C ในระยะเวลาที่นานขึ้น (90 และ 120 วินาที) ส่งผลเสียต่อคุณภาพของต้นอ่อนทานตะวัน โดยทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น และสีเขียวของใบลดลงเร็วขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการที่รังสี UV-C ในปริมาณมากทำให้เกิดความเสียหายทางโครงสร้างของเซลล์ และเร่งกระบวนการเสื่อมสภาพของพืช ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gonzalez et al., (2007) ที่กล่าวว่า การใช้รังสี UV-C มากเกินไปอาจทำให้เกิดการเร่งการเสื่อมสภาพในพืชผักและผลไม้บางชนิด

ศึกษาประสิทธิภาพของการพ่นสารละลายแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน ทำการพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตท 0.04% และสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.80% ในวันที่ 4-6 หลังการเพาะและทำการเก็บเกี่ยวในวันที่ 7 หลังเพาะเมล็ด หลังจากนั้นนำต้นอ่อนทานตะวันมาฉายรังสี UV-C เป็นเวลา 30 วินาที (9.25 kJ/m^2) นำมาบรรจุในกล่องพลาสติกใสที่มีฝาปิด แล้วนำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.80% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเปลี่ยนแปลงสี ลักษณะปรากฏ คุณภาพโดยรวม รักษาค่าความเขียวของใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ สามารถลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด มีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด $146.60 \log \text{ CFU/g FW}$. เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่พ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.80% และไม่ฉายรังสี UV-C ซึ่งมีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด มากที่สุดเท่ากับ $291 \log \text{ CFU/g FW}$. ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต 0.80% ร่วมกับการฉายรังสี UV-C ชะลอการเสื่อมสภาพหลังการเก็บเกี่ยวของต้นอ่อนทานตะวัน และรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนทานตะวันได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ การพ่นแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต ร่วมกับการฉาย UV-C ทำงานเสริมฤทธิ์กันซึ่ง แคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลตช่วยเสริมความแข็งแรงของผนังและเยื่อหุ้ม รวมถึงเป็นสารตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์เอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ ในขณะที่ UV-C ช่วยลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวโดยการทำลายดีเอ็นเอของเชื้อและกระตุ้นการตอบสนองป้องกันภายในพืช เช่น การเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระและสารฟีนอลิก ส่งผลให้การสูญเสียน้ำหนักลดลง การเปลี่ยนสีช้าลง ความเขียวของใบและปริมาณคลอโรฟิลล์คงทนขึ้น และจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง (ณัฐกานต์ และคณะ, 2567) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Gogo, E.O. et al., (2017) การใช้รังสี UV-C หลังการเก็บเกี่ยวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผักใบพื้นเมืองในแอฟริกา โดยที่การฉายรังสี UV-C 1.7 kJ m^{-2} ช่วยเพิ่มปริมาณเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสในผักโขม และปริมาณลิกนินในใบมะเขือเทศแอฟริกัน แต่ขณะเดียวกันพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ลดลงภายใน 2-4 วันแรกของการเก็บรักษา แต่กลับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากนั้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม UV-C ยังสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มแอโรบิกเมโสฟิลิกและยีสต์ได้ แต่ไม่ส่งผลต่อเชื้อรากลุ่มโมลต์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Martinez-Zamora, L. Castillejo, N and Artes-Hernandez, F, (2021) ที่ศึกษาการฉายรังสี UV-B และ UV-C หลังการเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์กลูโคซิโนเลตและไอโซไทโอไซยาเนตต้นอ่อนในตระกูลกะหล่ำปลี (Brassicaceae) พบว่าการฉายรังสี UV-C สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์บนผิวด้านอ่อนได้ถึง $1 \log \text{ CFU g}^{-1}$ น้ำหนักสด และการฉายรังสี UV-B มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด (TAC) สูงสุดหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศา

เซลเซียสเป็นเวลา 10 วันสอดคล้องกับงานวิจัยของ N. Sneha and Bhagya M. Patil (2022) ที่ศึกษาผลการฉายรังสี UV-C (254 นาโนเมตร) ให้กับมะเขือเทศและกล้วยทั้งผล รวมถึงผลไม้ตัดแต่ง เช่น แอปเปิล ฝรั่ง และองุ่น พบว่าคุณภาพของผักและผลไม้การเกิดออกซิเดชันต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้มากขึ้น แต่ไม่มีผลกระทบต่อการเสื่อมสลายคุณค่าของสารอาหาร และสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวของผลิตผล



บรรณานุกรม

- จริงแท้ ศิริพานิช และธีรนุต งามโพธิ์ภักดี. (2543). **การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สำนักงานส่งเสริมและฝึกอบรม ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ นครปฐม. 89 หน้า.
- จริงแท้ ศิริพานิช.(2549). **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 6, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า
- จันทร์ภรณ์ พุนดี และสุรมงคล นิยมจิตต์. (2564). รูปแบบการเก็บรักษาที่เหมาะสมกับผลผลิตที่มีความบอบบางสูง:กรณีศึกษาผักต้นอ่อนทานตะวัน. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์** มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 16(3), 75-83.
- เฉลิมชัย วงษ์อารี ผ่องเพ็ญ จิตรอารีย์รัตน์ และ อภิตี อุทัยรัตนกิจ. (2547). **ผลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อการยืดอายุการวางจำหน่ายแคนตาลูปพร้อมบริโภค**. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 4. 4-7 พฤษภาคม 2547 ณ โรงแรมเจบีหาดใหญ่ จังหวัด สงขลา. 196 น.
- ชัยภูมิ สุขสำราญ, พชร สมนาค และสันติ สม์ศรีกิจ. (2564). ผลของแคลเซียมออกไซด์ต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผักลิ้นห่าน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 29(1), 148-156
- ชิตาพร ผิวแดง และตรุณี นาทพรหม. (2562). ผลของสารประกอบแคลเซียมและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ต่อคุณภาพผลสตรอว์เบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80. **วารสารเกษตร**, 35(2), 183-192.
- ณัฐกานต์ พรหมขาม, สุวิดา แสไพศาล และ ศุภชญา นามพิลา. (2567). ผลกระทบของการฉายรังสี UV-C ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการควบคุมโรคของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองระหว่างการเก็บรักษา. **วารสารแก่นเกษตร**, 52(2), 418-432.
- ดนัย บุญยเกียรติ. (2556). **สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตผลพืชสวน**. พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 230 หน้า
- ทิพวรรณ ทองสุข. (2553). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและเทคนิคการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผักผลไม้แปรรูป. **วารสารวิทยเทคโนโลยี มมส**, 29(4), 456-469.
- ธารรัตน์ หนูนุ่ม และวรางคณา เรียนสุทธิ. (2563). อิทธิพลของวัสดุเพาะกล้าที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน. **วารสารวิจัยราชมณฑลกรุงเทพ** 14(2), 168-180.

- นาคยา มนตรี และอัญญา จันทระปะทิว. (2560). การให้แคลเซียมคลอไรด์เป็นสิ่งกระตุ้นต่อผลผลิตและคุณภาพของกระชายดำ (*Kaempferia parviflora* Wall. ex Baker). **วารสารแก่นเกษตร**, 45 ฉบับพิเศษ1, 1272-1277.
- บุษกร ทองใบ และ มนัญญา สังข์ศรีอินทรีย์.(2561). ประสิทธิภาพของแสงยูวีและกรดอินทรีย์ต่อการควบคุมโคลิฟอร์มในต้นอ่อนทานตะวัน. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, 49(พิเศษ 3), 284-288
- บุษกร ทองใบ สุวินัน โทห้ำ และรังสิญา ชื่นดอนกลอย.(2560). ประสิทธิภาพของแสงอัลตราไวโอเลตและกรดอินทรีย์ต่อ *Staphylococcus aureus* ในต้นอ่อนทานตะวัน. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, 48(พิเศษ 3), 125-128.
- บุษกร ทองใบ, รังสิญา ชื่นดอนกลอยและสุวินัน โทห้ำ. (2560). ผลรวมของแสงยูวีและกรดอินทรีย์ในการลดปริมาณ *Escherichia coli* ในต้นกล้าทานตะวัน. **วารสารแก่นเกษตร**, 45(พิเศษ 1) , 1230-1234.
- พรอนันต์ บุญก่อน และหฤทัย ไทยสุชาติ.(2561). การใช้แสงอัลตราไวโอเลตเพื่อกระตุ้นความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระบางชนิดในต้นอ่อนทานตะวัน. **วารสารแก่นเกษตร**, 46(พิเศษ 1), 1248-1253.
- พฤตยา นิลประพฤษ ฐิติพร อุษาสหะ และธวัชวันท์ เค้าแคน. (2566). การใช้แคลเซียมแลคเตทในการชะลอการเกิดสีน้ำตาลและการเสื่อมสภาพ ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภค. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย**, 15(2), 292-306.
- รักษุสดา คำดี, ธรรมธวัช แสงงาม, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศิริสุดา บุตรเพชร, อาณัติ เสงเจริญ, และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. (2565). ผลของการฉีดพ่นทางใบด้วยสารละลายแคลเซียมและโบรอน ต่อคุณภาพผลผลิตของเมล่อน. **วารสารผลิตภัณฑ์เกษตร**, 4(1), 91-101.
- วาสนา นาราณี. (2565). ผักที่มีกรดอะมิโนสูง:ต้นอ่อนทานตะวัน. **วารสารสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. 52(2), 44-147.
- วาสนา พัทธกะพล. (2555). **เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน** คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา 233 หน้า
- วินัย วิริยะอลงกรณ์. (2567). ผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในระยะออกดอกถึงติดผลของต้นลำไย. **วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร**, 41(2), 1-13
- ศรีสุดา อาชวานันทกุล . การบัญชีผู้จัดการ. ครั้งที่1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ที่พีเอ็น. (2559). 300 หน้า
- ศลิษา ศรีสุข, สุจิต ส่วนไพโรจน์ม ชัยรัตน์ พึ่งเพียร และอัญชลี ศิริโชติ. (2559). ผลของแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตทต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแก้วมังกรสดตัดแต่งระหว่างเก็บรักษา. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, 47(พิเศษ3), 193-196.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. **หลักเกณฑ์ เงื่อนไข วิธีการใช้ และสัดส่วนของวัตถุเจือปน**

อาหาร (ฉบับที่ 3). [อินเทอร์เน็ต]. 2566 [อ้างเมื่อ 28 กรกฎาคม 2568]. เข้าถึงได้จาก:

<https://food.fda.moph.go.th/press-release/law-444-news>

สิปปวิชัย ปัญญาตุ้ย, ธงชัย มาลา และศุภชัย อำคาผล. (2556). **ผลของแคลเซียมซิติเลตที่มีต่อการงอก**

ของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105. เข้าถึงได้จาก:

<https://gsbooks.gs.kku.ac.th/58/the34th/pdf/BMO7.pdf>

เสาวลักษณ์ บันเทิงสุข และและวราลักษณ์ บุญมาชัย. (2566). การตอบสนองของการเจริญเติบโตและ

คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะดอกบานเต็มที่ที่ดีพันธุ์สารละลาย

แคลเซียมคลอไรด์ ภายใต้สภาวะขาดน้ำ. **วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช**

, 109-123.

หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล และสุภัทรา ไชยชมภู. (2557). การฉายรังสี UV-C ต่อการควบคุม

เชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพ ของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค. **วารสารแก่นเกษตร,**

42(พิเศษ1), 583-588.

องอาจ ตันทวนิช. (2553). **เมล็ดทานตะวันงอก คุณค่าอาหารสูง.** แหล่งที่มา :

<http://info.matichon.co.th/techno/techno.php?srctag=05022151053&srcday=&search=no>, 18 สิงหาคม 2559.

อภิชัย เจนจบ, สุนทร โมลา, ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์, สุภิญญา เอี่ยมลออ, สายลม สัมพันธ์เวชโสภา, และ

อภิรติ อุทัยรัตนกิจ. (2559). ผลของโพแทสเซียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพผล

สับปะรด พันธุ์ ปัตตาเวียภายหลังการเก็บเกี่ยว. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 47(2)(พิเศษ),**

437-440.

อารีรัตน์ พงษ์ธรรม, วรณวิภา แก้วประดิษฐ์ และบุญมี ศิริ. (2555). การให้ปุ๋ยอะมิโนคีเลตทางใบ ต่อ

การเจริญเติบโตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม. **วารสารแก่นเกษตร, 40 (พิเศษ),**

167-17

Akhtar A, Abbas N.K, Hussain A. Effect of calcium chloride treatments on quality

characteristics of loquat fruit during storage. **Pak. J. Bot.** 2010;42(1):181-188.

Allende, A., McEvoy, J. L., Luo, Y., Artes, F., & Wang, C. Y. (2006). Effectiveness of

two- sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the

shelf- life of minimally processed 'Red Oak Leaf' lettuce. **Food Microbiology,**

23(3), 241-249.

Antunes, D., Nunes, S., Migue, G., Dundlen, S., & Cavaco, A. (2008). **Sustainable**

postharvest handling of minimally processed melon fruits. In Proceedings of

- the 4th IASME/WSEAS International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development (EEESD'08) (pp. 521–525). Algarve, Portugal, June 11–13.
- Arabloo, M., Taheri, M., Yazdani, H., & Shahmoradi, M. (2017). Effect of foliar application of amino acid and calcium chelate on some quality and quantity of Golden Delicious and Granny Smith apples. **Trakia Journal of Sciences**, 15(1), 14–19.
- Attallah, Shreen Y. , & Abdalla Reham M. (2021). Influence of foliar spray with calcium chloride on growth, yield and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.), Assiut **Journal of Agricultural Sciences**, 52(4), 116–128.
- Babak M., Amin M., Adriano S., Mahmud T., Muda M. (2016). Preharvest calcium applications improve postharvest quality of papaya fruits (*Carica papaya* L. cv. Eksotika II). **Journal of Plant Nutrition** 39, 1483-1492.
- Babu, U. B. S., et al. (2017). Function of chelators in nutrient supply to plants. **Biofrontiers International Journal**, 7(2), 59–68.
- Beltran, G., Novo, M., Leberre, V., Sokol, S., Labourdette, D., & François, J. (2004). *Nitrogen catabolite repression in Saccharomyces cerevisiae during wine fermentations*. **FEMS Yeast Research**, 4(6), 625-632.
- Beltran, H., Rickman, D. S., Park, K., Chae, S. S., Sboner, A., MacDonald, T. Y., Wang, Y., Sheikh, K. L., Terry, S., Tagawa, S. T., Dhir, R., Nelson, J. B., de la Taille, A., Allory, Y., Gerstein, M. B., Perner, S., Pienta, K. J., Chinnaiyan, A. M., Wang, Y., Collins, C. C., Gleave, M. E., Demichelis, F., Nanus, D. M., & Rubin, M. A. (2011). *Molecular characterization of neuroendocrine prostate cancer and identification of new drug targets*. **Cancer Discovery**, 1(6), 487-495.
- Buck, J. W., Walcott, R. R., & Beuchat, L. R. (2003). Recent trends in microbiological safety of fruits and vegetables. **Plant Health Progress**, 4(1), 12–16.
- Conway, W. S., Sams, C. E., Wang, C. Y., & Abbott, J. A. (1994). Additive effects of postharvest calcium and heat treatments on reducing decay and maintaining quality in apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 119(1), 49–53.
- Demarty, M., Morvan, C., & Thellier, M. (1984). Calcium and the cell wall. *Plant, Cell & Environment*, 7(6), 441–448.

- Dimitrios R., Pavlina D.D. Summer-pruning and preharvest calcium chloride sprays affect storability and low temperature breakdown incidence in kiwifruit. **Postharvest Biology and Technology**. 2005; 36: 303-308.
- Eroğul, D., Dede, E. K., & Kaya, M. (2024). Impact of postharvest calcium chloride treatments on decay rate and physicochemical quality properties in strawberry fruit. **Scientia Horticulturae**, 24: 1088
- Fayek, M. A., Yehia, T. A., El-Fakhrany, E. M. M., & Farag, A. M. (2011). Effect of ringing and amino acids application on improving fruiting of Le Conte pear trees. **Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants**, 3(1), 1–10.
- Feng, D., Wang, X., Gao, J., Zhang, C., Liu, H., Liu, P., & Sun, X. (2023). Exogenous calcium: Its mechanisms and research advances involved in plant stress tolerance. **Frontiers in Plant Science**, 14, Article 1143963.
- Ferguson, I., & Drobak, R. (1988). Calcium and the regulation of plant growth and senescence. **HortScience**, 23, 262–266.
- Gioia, F.D., Renna, M. , & Santamaria, P. (2017). Sprouts, microgreens and “baby leaf” vegetables, pp. 403-432. In Yildiz, F. and Wiley, R.C., eds. Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. Springer, Boston, MA.
- Glenn, G. M., Reddy, A. S. N., & Poovaiah, W. (1988). Effect of calcium on cell wall structure, protein phosphorylation and protein profile in senescent apples. **Plant Cell Physiology**, 24, 565–573.
- Gogo, E.O. , Opiyoc, A.M. , Hassenberg, K., Ulrichsa, Ch., & Huyskens-Keila, S. (2017). Postharvest UV-C treatment for extending shelf life and improving nutritional quality of African indigenous leafy vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, 129, 107-117.
- Gonzalez, A.G.A., Ayala, Z.J.F. and Domínguez, I. 2007. Impact of UV-C irradiation on quality and shelf-life of agricultural products. **Food Science and Technology International** 13(2), 125-132.
- Guerrero-Beltrán, J. A., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2004). *Advantages and limitations on processing foods by UV light*. **Food Science and Technology International**, 10(3), 137-147.

- Harm, W., (1980). **Biological Effects of Ultraviolet Radiation**. Cambridge University Press, New York.
- Hirschi, K. D. (2004). The calcium conundrum: in the cell but not functional. **Current Opinion in Plant Biology**, 7(3), 280-285.
- Hodson, M.J. , & A.G. Sangster. (1988) Observations on the distribution of mineral elements in the leaf of wheat with particular reference to silicon. **Annal Botany**. 62, 463-471.
- Khani, A. , Barzegar, T. , Nikbakht J. , & Ghahremani, Z. (2020). Effect of foliar spray of calcium lactate on the growth, yield and biochemical attribute of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under water deficit stress. **Advances in Horticultural Science**, 34(1), 11–24
- Kou, L., Luo, Y., Yang, T., Xiao, Z., Turner, E. R., & Lester, G. E. (2013). Postharvest biology, quality and shelf life of microgreens. **HortTechnology**, 23(6), 733–740.
- Kou, L., Yang, T., Liu, X. , & Luo, Y. (2015). Effects of pre- and postharvest calcium treatments on shelf life and postharvest quality of broccoli microgreens. **Hortscience**, 129(12), 1801-1808.
- Kou, L., Yang, T., Luo, Y., Liu, X., Huang, L., & Codling, E. (2014). Pre-harvest calcium application increases biomass and delays senescence of broccoli microgreens. **Postharvest Biology and Technology**, 87,70-78.
- Koutchma, T., Forney, L. , & Moraru, C. (2009). Ultraviolet light in food technology: principles and applications. taylor & francis Group, LLC. Boca Raton, FL.
- Krishnamurthy, K., Irudayaraj, J., Demirci, A. , & Yang, W., 2008, **Food processing operations modeling: design and analysis**, 2nd ed., CRC Press, NW, pp. 281-299.
- Lara I, Garcia P, Vendrell M. (2004). Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, 34(3), 331-339.
- Lecourieux, D., R. Ranjeva , & A. Pugin. (2006). Calcium in plant defense-signalling path New Phytologist. 171, 249-269.

- Lenzi, A., Orlandini, A., Bulgari, R., Ferrante, A. , & Bruschi, P. 2019. Antioxidant and mineral composition of three wild leafy species: A comparison between microgreens and baby green. **Foods 8**, 487-505.
- Lester, G. E., & Grusak, M. A. (2004). Postharvest application of calcium and magnesium to honeydew melon fruit: Effects on tissue ion concentrations, quality, and senescence. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 129(4), 532–538.
- Lester, G.E. and Grusak, M.A., 2004, Field application of chelated calcium: postharvest effects on cantaloupe and honeydew fruit quality. **Hortic.Technol.**, 14: 29–38.
- kou 2022
- Lu, A. S., Baranowski, T., Hong, S. L., Buday, R., Thompson, D., Beltran, A., Dadabhoy, H. R., & Chen, T. A. (2016). *The Narrative Impact of Active Video Games on Physical Activity Among Children: A Feasibility Study. Journal of Medical Internet Research*, 18(10), 272.
- Lu, Y., Dong, W., Alcazar, J., Yang, T., Luo, Y., Wang, Q., & Chen, P. (2018). Effect of preharvest CaCl_2 spray and postharvest UV-B radiation on storage quality of broccoli microgreens, a richer source of glucosinolates. **Journal of Food Composition and Analysis**, 67, 55-62.
- Lu, Y., Dong, W., Yang, T., Luo, Y. , & Chen, P. (2021). Pre-harvest UV-B applications increases glucosinolate contents and enhances the postharvest quality of broccoli microgreen. **Molecules volume 26, article 3247**
- Madani, B., Mirshekari, A., Sofo, A., & Tengku Muda Mohamed, M. (2016). Preharvest calcium applications improve postharvest quality of papaya fruits (*Carica papaya* L. cv. Eksotika II). **Journal of Plant Nutrition**, 39(10), 1483–1492.
- Mahajan B.V.C, Dhatt A.S. Studies on postharvest calcium chloride application on storage behavior and quality of Asian pear during cold storage. **Intl. J. Food Agri. and Environment** 2004;2(3-4):157-159.
- Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Mignani, I., & Diamantidis, G. (2007). The effect of postharvest calcium applications on the quality and cell wall physicochemical characteristics of peach fruit. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 8(2), 241-247.

- Marschner, H. 1995. **Mineral Nutrition of Plants. 2nd edition**, Academic Press. New York.
- Martinez-Zamora, L., Castillejo, N. , & Artes-Henez, F. (2021). Postharvest UV-B and UV-C radiation enhanced the biosynthesis of glucosinolates and isothiocyanates in Brassicaceae sprouts. **Postharvest Biology and Technology** 181.
- McLaughlin, S.B. , & R. Wimmer. (1999). Calcium physiology and terrestrial ecosystem process. **New Phytologist**. 142: 373-417.
- Molaie, H., Panahi, B., & Tajabadipour, A. (2013). Effect of foliar application of some amino acid compounds on photosynthesis and yield of pistachio orchards. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, 23, 2827–2830.
- Montville, T. J., & Matthews, K. R. (2008). **Food microbiology: An introduction**. ASM Press.
- N. Sneha. , & B. M. Patil. (2022). **The impact of UV-C treatment on fruits and vegetables for quality and shelf life improvement using internet of things**. Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Riggi, E., Gulisano, A., Testa, G., & Nicolosi, E. (2022). Effect of nutrient solution management on yield and quality of hydroponically grown microgreens. **Horticulturae**, 8(2), 93.
- Saure, M. C. (2005). Calcium in the quality of fruits and vegetables: general aspects and novel developments. **International Journal of Plant Science**, 166(4), 589-597.
- Saure, M. C. (2005). Calcium translocation to fleshy fruit: Its mechanism and endogenous control. **Scientia Horticulturae**, 105(1), 65–89.
- Sharma, K., Kumar, V., Kaur, J., Tanwar, B., Goyal, A., Sharma, R., & Gat, Y. (2020). Health effects, nutritive value, and cultivation of sprouts: A review. **Food Science & Nutrition**, 8(9), 4614–4622.
- Sonntag F, Liu H , & Neugart S. (2023). Nutritional and physiological effects of postharvest UV radiation on vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 71, 9951-9972.
- Taormina, P. J., Beuchat, L. R., & Slutsker, L. (1999). Infections associated with eating seed sprouts: an international concern. **Emerging Infectious Diseases**, 5(5), 626–634.

- Umaña-Rojas, S., Sáenz-Murillo, M., & Ramírez-Sánchez, M. (2022). Studies on the potential for treatment with short-wave ultraviolet light (UV-C) to reduce postharvest diseases in banana fruit crown (*Musa* sp., group AAA, subgroup Cavendish). **Fruits, International Society for Horticultural Science (ISHS)**. 2(3), 0248-1294
- Vicent, A.R., Pineda, C., Lemoine, L., Civello, P.M., Martinez, G.A. and Chaves, A.R. 2005. UV-C treatments reduce decay, retain quality, and alleviate chilling injury in pepper. **Postharvest Biology and Technology**, 35(1), 69-78.
- Weber, C., Marchat, L.A., Guillen, N. , & López-Camarillo, C. (2009). Effects of DNA damage induced by UV irradiation on gene expression in the protozoan parasite *Entamoeba histolytica*. **Molecular and Biochemical Parasitology**, 164, 165-169.
- White, P. J., & Broadley, M. R. (2003). **Calcium in plants**. **Annals of Botany**, 92(4), 487–511.
- Witham, F. H., Blaydes, D. F., & Devlin, R. M. (1971). **Experiments in plant physiology** (pp. 55–56). New York: Van Nostrand Reinhold Co.
- Xiao, Z., Lester, G. E., Luo, Y., & Wang, Q. (2014). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: Edible microgreens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 60(31), 7644–7651.
- Yildirim, E., et al. (2011). Aminochelate fertilizers: The new approach to the old problem. **African Journal of Biotechnology**, 10(51), 10447–10457.
- Zocchi, G., & Mignani, I. (1995). Calcium physiology and metabolism in fruit trees. **Acta Horticulturae**, 383, 15–20.



ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลของการปนสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดดีเลต ต่อการสูญเสียน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical

Treatment	Weight loss (%)									
	Day after storage									
	0	3	6	9	12	15	18	21		
Control	0	3.65±0.96 ^a	5.60±0.98 ^a	9.35±1.36 ^a	12.39±2.14 ^a	14.37±2.51 ^a	16.86±3.00 ^a	18.70±2.90 ^a		
Ca-AA chelate 0.04%	0	2.15±1.18 ^{ab}	3.61±1.53 ^{ab}	5.50±1.99 ^b	7.32 ±2.12 ^b	8.68±2.01 ^b	10.33±2.88 ^b	12.63±2.41 ^b		
Ca-AA chelate 0.40%	0	2.28±0.59 ^b	4.29±0.64 ^b	6.44±0.96 ^b	7.99±1.05 ^b	9.09±1.32 ^b	10.51±1.58 ^b	11.83±1.93 ^b		
Ca-AA chelate 0.80%	0	2.17±0.41 ^b	3.48±0.49 ^b	5.55±1.02 ^b	8.51±2.29 ^b	9.46±2.31 ^b	10.90±1.84 ^b	12.81±1.62 ^b		
F-test	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	0	30.45	22.33	20.77	21.68	20.3	19.81	16.24		

difference using DMRT; ns = non significant.

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลของการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนเอซิเลต ต่อการเปลี่ยนแปลงสีใบของต้นอ่อนทานตะวัน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน

Treatment	Leaf color change (score)							
	Day after storage							
	0	3	6	9	12	15	18	21
Control	5.00±0.00	4.83±0.14	4.58±0.14 ^a	4.25±0.25 ^a	3.92±0.14 ^a	3.42±0.14 ^a	3.17±0.14 ^a	2.83±0.14 ^a
Ca-AA chelate 0.04%	5.00±0.00	4.91±0.14	4.67±0.14 ^{ab}	4.42±0.14 ^b	3.83±0.14 ^a	3.75±0.25 ^b	3.50±0.25 ^b	3.08±0.38 ^{ab}
Ca-AA chelate 0.40%	5.00±0.00	5.00±0.00	4.83±0.14 ^{ab}	4.58±0.14 ^b	4.41±0.14 ^b	4.08±0.14 ^c	4.00±0.00 ^c	3.50±0.25 ^{bc}
Ca-AA chelate 0.80%	5.00±0.00	5.00±0.00	4.92±0.14 ^b	4.67±0.14 ^b	4.33±0.14 ^b	4.17±0.14 ^c	4.00±0.00 ^c	3.67±0.14 ^c
F-test	ns	ns	*	*	*	*	*	*
CV (%)	1.78	2.07	3.04	3.95	3.50	4.59	3.94	7.64

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant..

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลของการปนสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคิเลต ต่อลักษณะที่ปรากฏของต้นอ่อนทานตะวัน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน

Treatment	Appearance quality (score)									
	Day after storage									
	0	3	6	9	12	15	18	21		
Control	5.00±0.00	4.67±0.14 ^a	4.17±0.14 ^a	3.75±0.25 ^a	3.25±0.25 ^a	2.75±0.25 ^a	2.17±0.29 ^a	1.50±0.25 ^a		
Ca-AA chelate 0.04%	5.00±0.00	4.91±0.14 ^b	4.58±0.14 ^b	4.25±0.00 ^b	3.83±0.14 ^b	3.50±0.25 ^b	3.17±0.29 ^b	2.50±0.25 ^b		
Ca-AA chelate 0.40%	5.00±0.00	5.00±0.00 ^b	4.83±0.14 ^c	4.58±0.14 ^c	4.33±0.14 ^c	4.17±0.14 ^c	3.91±0.14 ^c	3.25±0.25 ^c		
Ca-AA chelate 0.80%	5.00±0.00	5.00±0.00 ^b	5.00±0.00 ^c	4.67±0.14 ^c	4.41±0.14 ^c	4.17±0.14 ^c	4.00±0.00 ^c	3.58±0.14 ^c		
F-test	ns	*	*	*	*	*	*	*		
CV (%)	1.78	2.08	2.69	3.74	4.47	5.60	6.54	8.43		

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลของการปนสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดซีเลต ต่อคุณภาพโดยรวมของต้นอ่อนทานตะวัน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2 เปอร์เซนต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน

Treatment	Overall quality (score)									
	Day after storage									
	0	3	6	9	12	15	18	21		
Control	5.00±0.00	4.58±0.14 ^a	4.25±0.25 ^a	3.83±0.14 ^a	3.08±0.14 ^a	2.83±0.14 ^a	2.33±0.29 ^a	1.42±0.38 ^a		
Ca-AA chelate 0.04%	5.00±0.00	4.83±0.14 ^b	4.58±0.14 ^b	4.25±0.25 ^b	3.75±0.25 ^b	3.42±0.14 ^b	3.08±0.38 ^b	2.33±0.29 ^b		
Ca-AA chelate 0.40%	5.00±0.00	5.00±0.00 ^b	4.83±0.14 ^c	4.58±0.14 ^c	4.33±0.14 ^c	4.08±0.14 ^c	3.83±0.14 ^c	3.42±0.38 ^c		
Ca-AA chelate 0.80%	5.00±0.00	5.00±0.00 ^b	5.00±0.00 ^c	4.83±0.14 ^c	4.67±0.14 ^d	4.41±0.14 ^d	4.17±0.14 ^c	3.75±0.25 ^c		
F-test	ns	*	*	*	*	*	*	*		
CV (%)	1.78	2.10	3.49	4.04	4.47	3.91	7.76	12.12		

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant

ตารางภาคผนวกที่ 5 ต้นทุนการผลิตต้นอ่อนทานตะวัน

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา(บาท)
1	เมล็ดพันธุ์ทานตะวัน	1	กก.	130.00
2	วัสดุเพาะ(ขุยมะพร้าว)	6	กก.	100.00
3	แคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต	1	กก.	2,500.00
4	แคลเซียมแลคเตท	1	กก.	522.00
5	แคลเซียมคลอไรด์	1	กก.	70.20



ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลของการปนสารละลายแคลเซียมแลคเตท และแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงสีใบของต้นอ่อนทานตะวัน
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 24 วัน

Treatment	Leaf color change (score)					
	Day after storage					
	0	5	10	15	20	24
Control	5.00±0.00	4.67±0.12 ^b	4.67±0.12 ^{ab}	3.92±0.12 ^c	3.17±0.12 ^c	2.38±0.13 ^b
Ca-Lac 0.04%	5.00±0.00	4.92±0.12 ^{ab}	4.75±0.00 ^{ab}	4.33±0.24 ^{abc}	3.75±0.20 ^{ab}	3.25±0.25 ^a
Ca-Lac 0.4%	5.00±0.00	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	4.58±0.12 ^a	3.92±0.12 ^{ab}	3.63±0.13 ^a
Ca-Lac 0.8%	5.00±0.00	4.92±0.12 ^{ab}	4.67±0.12 ^{ab}	4.17±0.12 ^{abc}	3.67±0.12 ^{abc}	3.38±0.13 ^a
Ca-Lac 1.6%	5.00±0.00	4.92±0.12 ^{ab}	4.67±0.12 ^{ab}	4.17±0.12 ^{abc}	3.58±0.12 ^{abc}	3.13±0.13 ^{ab}
CaCl ₂ 0.04%	5.00±0.00	4.92±0.12 ^{ab}	4.67±0.12 ^{ab}	4.17±0.12 ^{abc}	3.67±0.12 ^{abc}	3.38±0.13 ^a
CaCl ₂ 0.4%	5.00±0.00	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	4.50±0.00 ^{ab}	3.92±0.12 ^{ab}	3.63±0.13 ^a
CaCl ₂ 0.8%	5.00±0.00	4.92±0.12 ^{ab}	4.67±0.12 ^{ab}	4.17±0.12 ^{abc}	3.58±0.12 ^{abc}	3.38±0.13 ^a
CaCl ₂ 1.6%	5.00±0.00	4.67±0.12 ^b	4.58±0.24 ^{ab}	4.08±0.24 ^{bc}	3.42±0.12 ^{bc}	3.00±0.00 ^{ab}
F-test	ns	*	*	*	*	*
CV (%)	8.63	3.36	6.01	6.01	7.58	11.99

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated
no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลของการปนสารละลายแคลเซียมแลคเตท และแคลเซียมคลอไรด์ ต่อลักษณะที่ปรากฏของต้นอ่อนทานตะวัน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 24 วัน

Treatment	Appearance quality (score)					
	Day after storage					
	0	5	10	15	20	24
Control	5.00±0.00	4.75±0.00	4.67±0.12	4.08±0.24	3.25±0.20 ^c	2.63±0.13 ^c
Ca-Lac 0.04%	5.00±0.00	4.83±0.12	4.58±0.12	4.08±0.12	3.58±0.12 ^{abc}	3.38±0.13 ^{abc}
Ca-Lac 0.4%	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	4.67±0.12	4.17±0.12 ^a	3.88±0.13 ^a
Ca-Lac 0.8%	5.00±0.00	5.00±0.00	4.92±0.12	4.42±0.12	3.75±0.20 ^{abc}	3.38±0.13 ^{abc}
Ca-Lac 1.6%	5.00±0.00	4.83±0.12	4.58±0.12	4.08±0.12	3.42±0.12 ^{bc}	3.13±0.13 ^{abc}
CaCl ₂ 0.04%	5.00±0.00	4.83±0.12	4.67±0.24	4.17±0.24	3.58±0.12 ^{abc}	3.13±0.13 ^{abc}
CaCl ₂ 0.4%	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	4.67±0.12	4.08±0.24 ^{ab}	3.75±0.25 ^{ab}
CaCl ₂ 0.8%	5.00±0.00	4.83±0.12	4.75±0.20	4.25±0.20	3.58±0.31 ^{abc}	3.38±0.13 ^{abc}
CaCl ₂ 1.6%	5.00±0.00	4.83±0.12	4.58±0.12	4.08±0.24	3.25±0.24 ^c	2.88±0.13 ^{abc}
F-test	ns	ns	ns	ns	*	*
CV (%)	8.63	2.66	4.71	7.07	10.37	12.88

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

ตารางภาคผนวกที่ 8 ผลของการพัฒนาระลายแคลเซียมแลคเตท และแคลเซียมคลอไรด์ ต่อลักษณะที่ปรากฏของต้นอ่อนทานตะวัน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 24 วัน

Treatment	Overall quality (score)						
	Day after storage						
	0	5	10	15	20	24	
Control	5.00±0.00	4.67±0.12 ^b	4.58±0.12	4.08±0.12 ^b	3.33±0.12 ^c	2.63±0.13 ^b	
Ca-Lac 0.04%	5.00±0.00	4.92±0.12 ^{ab}	4.67±0.24	4.25±0.20 ^{ab}	3.58±0.12 ^{abc}	3.25±0.25 ^{ab}	
Ca-Lac 0.4%	5.00±0.00	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00	4.58±0.12 ^a	4.00±0.00 ^a	3.75±0.00 ^a	
Ca-Lac 0.8%	5.00±0.00	4.92±0.12 ^{ab}	4.83±0.24	4.17±0.12 ^b	3.50±0.00 ^{bc}	3.13±0.13 ^{ab}	
Ca-Lac 1.6%	5.00±0.00	4.83±0.12 ^{ab}	4.67±0.24	4.08±0.12 ^b	3.42±0.12 ^c	3.00±0.00 ^{ab}	
CaCl ₂ 0.04%	5.00±0.00	4.83±0.12 ^{ab}	4.67±0.24	4.08±0.12 ^b	3.58±0.12 ^{abc}	3.13±0.13 ^{ab}	
CaCl ₂ 0.4%	5.00±0.00	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00	4.42±0.12 ^{ab}	3.92±0.12 ^{ab}	3.63±0.13 ^a	
CaCl ₂ 0.8%	5.00±0.00	4.83±0.12 ^{ab}	4.67±0.24	4.17±0.12 ^b	3.50±0.20 ^{bc}	3.38±0.13 ^{ab}	
CaCl ₂ 1.6%	5.00±0.00	4.67±0.12 ^a	4.50±0.20	4.08±0.12 ^b	3.33±0.12 ^c	2.88±0.13 ^{ab}	
F-test	ns	*	ns	*	*	*	*
CV (%)	8.63	3.33	5.56	5.18	7.34	11.81	

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated
no statistical difference using DMRT; ns = non significant, Na = not applicable.

ตารางภาคผนวกที่ 9 ตารางเปรียบเทียบหน่วยพลังงาน UV-C (พื้นที่ 0.0945 ตารางเมตร)

เวลา(วินาที)	Wh/m ²	kJ/m ²	mJ/cm ²
30	2.65	9.52	952.4
60	5.29	19.05	1904.8
90	7.94	28.57	2857.1
120	10.58	38.10	3809.5

หมายเหตุ

- Wh/m² เหมาะกับพลังงานไฟฟ้า
- kJ/m² เหมาะกับพลังงานรวมต่อพื้นที่รายงานงานวิจัยพืช
- mJ/cm² เป็นมาตรฐานงาน UV-C microbiology



ตารางภาคผนวกที่ 10 ผลการล้างด้วยคลอรีน ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 10 วินาทีและฉายรังสี UV-C เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 วินาทีต่อการสูญเสียน้ำหนักก่อนทานตะวัน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 วัน

Treatment	Weight loss (%)						
	Day after storage						
	0	2	4	6	8	10	
Control	0.00	1.61±0.32 ^c	1.85±0.25 ^d	4.94±0.40 ^c	5.4±0.35 ^b	7.57±1.51 ^b	
Chlorine 50 ppm	0.00	1.08±0.46 ^{cd}	1.45±0.20 ^{de}	2.71±0.82 ^d	4.71±0.10 ^{bc}	5.88±0.29 ^{bc}	
UV-C 30 s	0.00	0.68±0.09 ^d	1.13±0.02 ^e	1.67±0.08 ^d	2.28±0.21 ^c	3.35±0.25 ^c	
UV-C 60 s	0.00	3.05±0.12 ^b	4.16±0.04 ^c	5.19±0.26 ^c	5.83±0.48 ^b	7.16±0.07 ^b	
UV-C 90 s	0.00	5.93±0.13 ^a	6.46±0.43 ^b	6.82±0.22 ^b	7.43±0.36 ^b	8.74±0.39 ^b	
UV-C 120 s	0.00	1.30±0.11 ^c	8.98±0.42 ^a	10.01±0.78 ^a	11.87±3.04 ^a	13.76±3.05 ^a	
F-test	ns	*	*	*	*	*	*
CV (%)	0.00	8.96	5.67	8.33	12.12	11.98	

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

ตารางภาพผนวกที่ 11 ผลการล้างด้วยคลอรีน ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 10 วินาทีและฉายรังสี UV-C เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 วินาที
ต่อคะแนนการเปลี่ยนแปลงสีใบของต้นอ่อนทานตะวัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์
 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Leaf color change (score)					
	Day after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	3.67±0.47 ^a	3.00±0.00 ^{bc}
Chlorine 50 ppm	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00 ^a	3.67±0.47 ^{ab}
UV-C 30 s	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00 ^a	4.00±0.00 ^a
UV-C 60 s	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00 ^a	3.67±0.47 ^{ab}
UV-C 90 s	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	3.00±0.00 ^b	3.00±0.00 ^{bc}
UV-C 120 s	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	3.67±0.47 ^a	2.67±0.47 ^c
F-test	ns	ns	ns	ns	*	*
CV (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	4.22	7.07

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลการล้างด้วยคลอรีน ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 10 วินาทีและฉายรังสี UV-C เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 วินาที
ต่อคะแนนลักษณะที่ปรากฏของต้นอ่อนทานตะวัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2 เปอร์เซ็นต์
เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Appearance quality (score)					
	Day after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	3.67±0.47 ^a
Chlorine 50 ppm	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	3.33±0.47 ^{ab}
UV-C 30 s	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	3.67±0.47 ^a
UV-C 60 s	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.47	3.00±0.82 ^{ab}
UV-C 90 s	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	2.33±0.47 ^b
UV-C 120 s	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00	3.00±0.00 ^{ab}
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	1.96	14.22

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated
no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

ตารางภาคผนวกที่ 13 ผลการล้างด้วยคลอรีน ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 10 วินาทีและฉายรังสี UV-C เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 วินาที
 ต่อคะแนนต่อคุณภาพโดยรวมของต้นอ่อนทานตะวัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2
 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Overall quality (score)						
	Day after storage						
	0	2	4	6	8	10	
Control	5.00±0.00	4.67±0.47	4.00±0.00	3.00±0.00	3.00±0.00	2.00±0.00	
Chlorine 50 ppm	5.00±0.00	5.00±0.00	4.67±0.47	3.67±0.47	3.67±0.47	2.00±0.00	
UV-C 30 s	5.00±0.00	4.67±0.47	4.33±0.47	3.33±0.47	3.33±0.47	2.00±0.00	
UV-C 60 s	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00	3.00±0.00	3.00±0.00	2.00±0.00	
UV-C 90 s	5.00±0.00	4.33±0.47	3.67±0.47	3.00±0.00	3.00±0.00	2.00±0.00	
UV-C 120 s	5.00±0.00	4.33±0.47	3.00±0.00	3.00±0.00	3.00±0.00	2.00±0.00	
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	0.00	6.73	5.97	4.96	2.57	0.00	

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

ตารางภาคผนวกที่ 14 ผลการล้างด้วยคลอรีน ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 10 วินาทีและฉายรังสี UV-C เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 วินาที ต่อคะแนนต่อคุณภาพก้านของต้นอ่อนทานตะวัน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน

Treatment	Stem quality (score)						
	Day after storage						
	0	2	4	6	8	10	
Control	5.00±0.00	4.00±0.00	4.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	2.00±0.00 ^a	
Chlorine 50 ppm	5.00±0.00	4.67±0.47	3.67±0.47 ^{ab}	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	2.00±0.00 ^a	
UV-C 30 s	5.00±0.00	4.33±0.47	3.33±0.47 ^{bc}	2.33±0.47 ^b	2.33±0.47 ^b	2.00±0.00 ^a	
UV-C 60 s	5.00±0.00	4.33±0.47	3.00±0.00 ^c	2.00±0.00 ^b	2.00±0.00 ^b	1.00±0.00 ^b	
UV-C 90 s	5.00±0.00	4.00±0.00	3.00±0.00 ^c	2.00±0.00 ^b	2.00±0.00 ^b	1.33±0.47 ^b	
UV-C 120 s	5.00±0.00	4.00±0.00	3.00±0.00 ^c	2.33±0.47 ^b	2.00±0.00 ^b	1.33±0.47 ^b	
F-test	ns	ns	*	*	*	*	*
CV (%)	0.00	5.59	4.71	6.43	3.29	9.76	

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant.

ตารางภาคผนวกที่ 15 ผลของการพาสารละลายแคลเซียมอะมิโนเอซิติเลต และแคลเซียมแลคเตต ร่วมกับการฉายรังสี UV-C ต่อการสูญเสียน้ำหนักของ
ต้นอ่อนทานตะวัน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นระยะเวลา 15 วัน

Treatment	Weight loss (%)					
	Day after storage					
	0	3	6	9	12	15
Control	0	3.26±0.09 ^a	6.57±0.26 ^a	9.69±0.17 ^a	Na	Na
Ca-Lac	0	3.04±0.07 ^a	6.08±0.14 ^b	9.13±0.21 ^b	Na	Na
Ca-AA chelate	0	2.43±0.07 ^b	4.86±0.15 ^d	7.28±0.22 ^d	9.71±0.29 ^a	12.14±0.36 ^a
Control+UV-C	0	3.18±0.05 ^a	6.37±0.11 ^{ab}	9.55±0.16 ^{ab}	Na	Na
Ca-Lac+UV-C	0	2.61±0.07 ^a	5.23±0.14 ^c	7.84±0.21 ^c	8.85±1.15 ^a	Na
Ca-AA chelate+UV-C	0	1.86±0.08 ^b	3.70±0.15 ^e	5.55±0.22 ^e	7.39±0.29 ^b	9.30±0.35 ^b
F-test	ns	*	*	*	*	*
CV (%)	0	8.66	3.70	3.01	14.15	7.08

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant, Na = not applicable

ตารางภาคผนวกที่ 16 ผลของการพ่นสารละลายแคลเซียมอะมิโนเอซิติเลต และแคลเซียมแลคเตต ร่วมกับการฉายรังสี UV-C ต่อการเปลี่ยนแปลงสีใบของต้นอ่อนทานตะวัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นระยะเวลา 15 วัน

Treatment	Leaf color change (score)					
	Day after storage					
	0	3	6	9	12	15
Control	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00 ^a	2.33±0.47 ^c	Na	Na
Ca-Lac	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^{bc}	Na	Na
Ca-AA chelate	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00 ^a	3.67±0.47 ^{ab}	3.00±0.00 ^b	2.33±0.47 ^b
Control+UV-C	5.00±0.00	5.00±0.00	3.67±0.47 ^{ab}	3.00±0.00 ^{bc}	Na	Na
Ca-Lac+UV-C	5.00±0.00	5.00±0.00	3.33±0.47 ^b	3.33±0.47 ^{ab}	3.00±0.00 ^b	Na
Ca-AA chelate+UV-C	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00 ^a	4.00±0.00 ^a	3.67±0.47 ^a	3.00±0.00 ^a
F-test	ns	ns	*	*	*	*
CV (%)	0.00	0.00	8.70	12.67	14.63	26.52

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant, Na = not applicab

ตารางภาคผนวกที่ 17 ผลของการปนสารละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดซีเลต และแคลเซียมแลคเตต ร่วมกับการฉายรังสี UV-C ต่อลักษณะที่ปรากฏของต้นอ่อนทานตะวัน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นระยะเวลา 15 วัน

Treatment	Appearance quality (score)						
	Day after storage						
	0	3	6	9	12	15	
Control	5.00±0.00	5.00±0.00	3.33±0.47 ^{bc}	2.33±0.47 ^a	Na	Na	Na
Ca-Lac	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00 ^a	2.33±0.47 ^a	Na	Na	Na
Ca-AA chelate	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	2.67±0.47 ^a	
Control+UV-C	5.00±0.00	5.00±0.00	3.67±0.47 ^{ab}	2.37±0.47 ^a	Na	Na	Na
Ca-Lac+UV-C	5.00±0.00	5.00±0.00	3.00±0.00 ^c	3.0±0.00 ^a	2.33±0.47 ^b	Na	Na
Ca-AA chelate+UV-C	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	3.33±0.47 ^a	3.00±0.00 ^a	
F-test	ns	Ns	*	ns	*	ns	ns
CV (%)	0.00	0.00	9.09	15	23.07	24.96	

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = non significant, Na = not applica

ตารางภาคผนวกที่ 18 ผลของการฟอสฟอรัสละลายแคลเซียมอะมิโนแอซิดคีเลต และแคลเซียมแลคเตต ร่วมกับการฉายรังสี UV-C ต่อคุณภาพโดยรวมของต้นอ่อนทานตะวัน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นระยะเวลา 15 วัน

Treatment	Overall quality (score)						
	Day after storage						
	0	3	6	9	12	15	
Control	5.00±0.00	5.00±0.00	3.67±0.47	2.00±0.00 ^d	Na	Na	Na
Ca-Lac	5.00±0.00	5.00±0.00	3.33±0.47	2.00±0.00 ^d	Na	Na	Na
Ca-AA chelate	5.00±0.00	5.00±0.00	3.67±0.47	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	2.00±0.00 ^b	
Control+UV-C	5.00±0.00	5.00±0.00	3.33±0.47	2.00±0.00 ^d	Na	Na	Na
Ca-Lac+UV-C	5.00±0.00	5.00±0.00	3.00±0.00	3.00±0.00 ^b	2.33±0.47 ^b	Na	Na
Ca-AA chelate+UV-C	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±0.00	3.00±0.00 ^c	3.00±0.00 ^a	2.67±0.47 ^a	
F-test	ns	ns	ns	*	*	*	*
CV (%)	0.00	0.00	15.06	7.79	16.97	30.36	

* = significant different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using

DMRT; ns = non significant, Na = not applica

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	เปรมหทัย เชื้อนวัง
วัน เดือน ปี เกิด	17 พฤศจิกายน 2530
สถานที่เกิด	จังหวัดพะเยา
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (พืชศาสตร์) มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ที่อยู่ปัจจุบัน	120 หมู่ที่ 6 ตำบลศรีถ้อย อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา
ผลงานตีพิมพ์	เปรมหทัย เชื้อนวัง, ยศวัฒน์ คำสมุทร, วิชุดา พิมพ์ตะยาน, บุญร่วม คัดคำ และวาสนา พิทักษ์พล.(2568). ผลของการให้แคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพก่อนและ หลังการเก็บเกี่ยวของต้นอ่อนทานตะวัน. วารสาร Health Science, Science and Technology Reviews. 18(2) : 47-61

