# ประสิทธิภาพของน้ำโอโซนร่วมกับการเคลือบด้วยแคลเซียมแอลจิเนตในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ต่อคุณภาพของสับปะรดภูแลตัดแต่ง

ปริยาภัทร งานดี

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
พฤษภาคม 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

# ประสิทธิภาพของน้ำโอโซนร่วมกับการเคลือบด้วยแคลเซียมแอลจิเนตในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ต่อคุณภาพของสับปะรดภูแลตัดแต่ง

ปริยาภัทร งานดี

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
พฤษภาคม 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

# EFFECT OF AQUEOUS OZONE WATER IN COMBINATION WITH CALCIUM ALIGINATE COATING ON MICROBIAL INHIBITION ON THE QUALITY OF FRESH-CUT PHULAE PINEAPPLE

PARIYAPHAT NGANDEE

A Thesis Submitted to University of Phayao

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Master of Science Degree in Agricultural Science

May 2023

Copyright 2023 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพของน้ำโอโซนร่วมกับการเคลือบด้วยแคลเซียมแอลจิเนตในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ต่อคุณภาพของสับปะรดภูแลตัดแต่ง

ของ ปริยาภัทร งานดี

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชิติ ศรีตนทิพย์)

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

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา
(รองศาสตราจารย์ ดร. มนัส ทิตย์วรรณ)

..... คณบดีคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก)

**เรื่อง:** ประสิทธิภาพของน้ำโอโซนร่วมกับการเคลือบด้วยแคลเซียมแอลจิเนตในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ต่อคุณภาพของสับปะรดภูแลตัดแต่ง

**ผู้วิจัย:** ปริยาภัทร งานดี, วิทยานิพนธ์: วท.ม. (วิทยาศาสตร์การเกษตร), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2565

**อาจารย์ที่ปรึกษา:** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาสนา พิทักษ์พล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก

**คำสำคัญ:** น้ำโอโซน แคลเซียม แอลจิเนต คุณภาพ สับปะรดตัดแต่ง

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนร่วมกับการเคลือบด้วยแคลเซียมแอลจิเนตในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ต่อคุณภาพของสับปะรดภูแลตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% โดยแบ่งเป็น 3 การทดลอง ดังนี้ การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของการล้างด้วยน้ำโอโซนต่อการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว และยืดอายุการเก็บรักษาสับปะรดภูแลตัดแต่ง โดยนำสับปะรดตัดแต่งมาล้างด้วยน้ำโอโซนที่ ระดับความเข้มข้น 0, 100, 150 และ 200 mg/hr. ร่วมกับระยะเวลาในการล้าง 30 วินาที, 1 และ 2 นาที พบว่าการล้างสับปะรดตัดแต่งด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/hr. ที่ระยะเวลา 2 นาทีมีประสิทธิภาพดีที่สุดต่อการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว โดยช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ การสูญเสียน้ำหนัก การเกิดสีน้ำตาล และมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 10 วัน การทดลองที่ 2 เพื่อศึกษาผลของการเคลือบผิวด้วยแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของสับปะรดภูแลตัดแต่ง โดยนำสับปะรดตัดแต่งมาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% ผลการทดลองพบว่าสับปะรดตัดแต่งที่แช่ในสารละลายแคลเซียมทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ช่วยรักษาคุณภาพ โดยช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ การสูญเสียน้ำหนัก และการเกิดสีน้ำตาล และมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 10 วัน การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซน 200 มิลิลกรัมต่อชั่วโมง สารละลายแอลจิเนต 1 เปอร์เซ็นต์ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์ สารละลายแอลจิเนต 1 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์ ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาของสับปะรดภูแลตัดแต่ง ผลการศึกษาพบว่า สับปะรดตัดแต่งที่แช่ในสารละลายแอลจิเนต 1 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายแอลจิเนต 1 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์และมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด 12 วัน

**Title:** EFFECT OF AQUEOUS OZONE WATER IN COMBINATION WITH CALCIUM ALIGINATE COATING ON MICROBIAL INHIBITION ON THE QUALITY OF FRESH-CUT PHULAE PINEAPPLE

**Author:** Pariyaphat Ngandee, Thesis: M.Sc. (Agricultural Science), University of Phayao, 2022

**Advisor:** Assistant Professor Dr. Wasna Pithakpol Co-advisor Assistant ProfessorWIPORNPAN NUANGMEK

**Keywords:** Aqueous ozone calcium aliginate quality fresh-cut pineapple

## ABSTRACT

Studies were conducted to investigate the effects of aqueous ozone treatment combined with calcium, alginate coating on the inhibitory activity of microorganisms and quality attributes of fresh- cut Phu Lae pineapple during storage at 10 C and 80% RH. Three experiments were performed under laboratory conditions. The first experiment was designed to investigate the effectiveness of ozonated water washing on maintaining post-harvest quality and extending the shelf life of fresh-cut pineapple when washed with aqueous ozone at 0, 100, 150, and 200 mg/hr. concentrations for 0.5, 1.0, and 2.0 min. The results showed that the ozonated water treatment was the most effective at 200 mg/hr. for 2 min. dose in controlling microbial activity, physiological loss in weight, and enzymic browning, and had a shelf life of 10 days. Experiment 2 was to assess the effects of calcium chloride and calcium lactate coating on the post- harvest quality of fresh- cut pineapple. Fruits were dipped in the aqueous solution of calcium chloride and calcium lactate at 0.5, 1.0, and 2.0% for 2 min. and stored at 10 C and 80% RH. The results revealed that in both calcium chloride and calcium lactate 2% treated fruits, the weight loss, decay incidence, and browning were minimized, and able to retain shelf life to 10 days. Results of Experiment 3, testing the combined effects of ozonated water 200 mg/hr., the aqueous solution of alginate (1%), calcium chloride (2%), and alginate (1%) in combination with calcium chloride (2%) on the post-harvest quality, and prolonging the shelf life of fresh- cut fruit revealed that the cut- fruit dipped in the aqueous solutions both alginate (1%), and alginate (1%) together with calcium chloride (2%) was effective in controlling microbial activity and increasing the shelf life up to 12 days.Keywords: Aqueous ozone, ozonated water, Phu Lae pineapple

# กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา พิทักษ์พล ประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก กรรมการ ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.มนัส ทิตย์วรรณ เป็นอย่างยิ่งที่คอยให้ความรู้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางต่าง ๆ ในการทำ วิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ตลอดจนทำการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องเพิ่มเติมในการเขียนวิทยานิพนธ์ เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชิติ ศรีตนทิพย์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา และตรวจทาน แก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตร์การเกษตร นักวิทยาศาสตร์ เพื่อน ๆ พี่ๆ น้อง ๆ ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตรทุกท่าน ที่คอย ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยาในการอำนวยความสะดวกทางด้านห้องปฏิบัติการในการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ น้องสาว ที่สนับสนุน คอยดูแล และเป็น กาลังใจที่ดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าหวังว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์หรือเป็นแนวทางในการศึกษาสำหรับผู้ที่สนใจต่อไป

ปริยาภัทร งานดี

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

ความสำคัญและที่มาของปัญหา ..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย ..... 2

กรอบแนวคิดการวิจัย ..... 2

ขอบเขตของการวิจัย ..... 4

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย ..... 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 5

สับปะรด (Pineapple) ..... 5

ผลไม้ตัดแต่ง (fresh-cut fruits) ..... 7

การเสื่อมเสียของผลไม้ตัดแต่ง ..... 7

การสูญเสียน้ำ ..... 8

การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากทำงานของเอนไซม์ ..... 8

การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ ..... 9

การป้องกันการเสื่อมเสียของผลไม้ตัดแต่ง ..... 9

โอโซน ..... 10

การรักษาเนื้อสัมผัสของผลไม้ตัดแต่ง .....11
สารเคลือบบริโภคได้ (edible coating) .....11
แอลจิเนต (alginate) ..... 12
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....23
การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในห้องปฏิบัติการ .....24
การทดลองที่ 2 ศึกษาหาชนิดของสารละลายแคลเซียมที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในห้องปฏิบัติการ .....27
การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพร่วมกันของการล้างด้วยน้ำโอโซน การเคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนต และและแคลเซียมคลอไรด์เพื่อรักษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในรูปแบบเป็นชิ้นพร้อมบริโภคและเป็นผล.....28
3.1 ศึกษาประสิทธิภาพร่วมกันของการล้างด้วยน้ำโอโซน การเคลือบด้วยสารละลายโซเดียมแอลจิเนต และแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลทเตทเพื่อรักษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในรูปแบบเป็นชิ้นพร้อมบริโภค.....28
3.2 ศึกษาประสิทธิภาพร่วมกันของการล้างด้วยน้ำโอโซน การเคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนต และแคลเซียมคลอไรด์ เพื่อรักษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในรูปแบบเป็นผลพร้อมบริโภค .....28
การวิเคราะห์ข้อมูล .....29
สถานที่ทำการทดลอง .....29
การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในห้องปฏิบัติการ.....30
การทดลองที่ 2 ศึกษาหาชนิดของสารละลายแคลเซียมที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในห้องปฏิบัติการ .....38

การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพร่วมกันของการล้างด้วยน้ำโอโซน การเคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนต และแคลเซียมคลอไรด์เพื่อรักษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในรูปแบบหั่นชิ้นพร้อมบริโภคและเป็นผล .....46
3.1 การเก็บรักษาสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในรูปแบบสับปะรดหั่นชิ้น.....46
3.2 การเก็บรักษาสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในรูปแบบเป็นผล .....55
บทที่ 5 บทสรุป.....64
สรุปผลการวิจัย .....64
อภิปรายผลการวิจัย.....65
ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในห้องปฏิบัติการ.....65
ศึกษาหาชนิดของสารละลายแคลเซียมที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในห้องปฏิบัติการ ..... 66
ศึกษาประสิทธิภาพร่วมกันของการล้างด้วยน้ำโอโซน การเคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนต แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท เพื่อรักษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในรูปแบบเป็นชิ้นพร้อมบริโภคและรูปแบบผล .....67
ข้อเสนอแนะ..... 69
บรรณานุกรม .....70
ภาคผนวก .....80
ประวัติผู้วิจัย.....94

# สารบัญตาราง

**หน้า**

ตาราง 1 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 8 วัน.....35

ตาราง 2 ปริมาณวิตามินซีของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 8 วัน .....36

ตาราง 3 ค่าสี L*, a* และ b* ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 8 วัน .....37

ตาราง 4 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง ที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 8 วัน .....43

ตาราง 5 ปริมาณวิตามินซีของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง ที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C,80±2%RH) เป็นระยะเวลา 8 วัน.....44

ตาราง 6 ค่าสี L*, a* และ b* ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่เคลือบผิวด้วยแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 8 วัน.....45

ตาราง 7 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซนเคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 6 วัน.....52

ตาราง 8 ปริมาณวิตามินซีของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซนเคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 6 วัน.....53

ตาราง 9 ค่าสี L*, a* และ b* ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 6 วัน.....54

ตาราง 10 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน ..... 61

ตาราง 11 ปริมาณวิตามินซีของผลสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 12 วัน .....62

ตาราง 12 ค่าสี L*, a* และ b* ของผลสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน .....63

ตาราง 13 การสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2°C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน .....82

ตาราง 14 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2°C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน .....83

ตาราง 15 จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของสับปะรดภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซน แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2°C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 8 วัน .....84

ตาราง 16 การสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดภูแลตัดแต่งที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคแตทแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2°C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน .....85

ตาราง 17 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดภูแลตัดแต่งที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคแตทแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2°C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน ..... 86

ตาราง 18 จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของสับปะรดภูแลตัดแต่งที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคแตทแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2°C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน.....87

ตาราง 19 การสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดภูแลตัดแต่งแบบชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซนเคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนต แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 6 วัน..... 88

ตาราง 20 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดภูแลตัดแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซนและเคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนต แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตทแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 6 วัน ..... 89

ตาราง 21 จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของสับปะรดภูแลตัดแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนต แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตทแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 6 วัน.....90

ตาราง 22 การสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบด้วยแอลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 12 วัน ..... 91

ตาราง 23 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซนเคลือบด้วยแอลจิเนตและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 12 วัน.....92

ตาราง 24 จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของสับปะรดภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบด้วยแอลจิเนต และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 12 วัน.....93

# สารบัญภาพ

**หน้า**

ภาพ 1 กรอบแนวคิดการทำวิจัย.....3

ภาพ 2 สับปะรดพันธุ์ภูแล.....7

ภาพ 3 กระบวนการเกิดสีน้ำตาล.....9

ภาพ 4 โครงสร้างแอลจิเนต.....13

ภาพ 5 แสดงแผนภาพขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย.....23

ภาพ 6 แสดงการสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซน ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 100, 150 และ 200 mg/hr. ที่ระยะเวลา 30 วินาที, 1 และ 2 นาที แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 8–10 วัน.....33

ภาพ 7 แสดงการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 100, 150 และ 200 mg/hr. ที่ระยะเวลา 30 วินาที, 1 และ 2 นาทีแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 8–10 วัน.....33

ภาพ 8 แสดงจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อจุลินทรีย์ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนระดับความเข้มข้น 0, 100, 150 และ 200 mg/hr. ที่ระยะเวลา 30 วินาที, 1 และ 2 นาที แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 8–10 วัน.....34

ภาพ 9 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภค) ในวันแรกของการเก็บรักษาของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 100, 150 และ 200 mg/hr. เป็นระยะเวลา 30 วินาที, 1 และ 2 นาที.....34

ภาพ 10 แสดงการสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 8–10 วัน..... 41

ภาพ 11 แสดงการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 8–10 วัน..... 41

ภาพ 12 แสดงจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อจุลินทรีย์ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 8–10 วัน.....42

ภาพ 13 คะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภค) ในวันแรกของการเก็บรักษา ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท.....42

ภาพ 14 แสดงการสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซนเคลือบผิวด้วยแอลจิเนต ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 6 วัน.....50

ภาพ 15 แสดงการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ภูแลแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซนเคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 6 วัน.....50

ภาพ 16 แสดงจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อจุลินทรีย์ของสับปะรดพันธุ์ภูแลแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซนเคลือบผิวด้วยแอลจิเนต ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 6 วัน ..... 51

ภาพ 17 คะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภค) ในวันแรกของการเก็บรักษา ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท..... 51

ภาพ 18 แสดงการสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซนเคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 12 วัน .....59

ภาพ 19 แสดงคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซนเคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 12 วัน .....59

ภาพ 20 แสดงจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ และนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 12 วัน.....60

ภาพ 21 คะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภค) ในวันแรกของการเก็บรักษา ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ .....60

ภาพ 22 สับปะรดภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 ºC, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน .....78

ภาพ 23 สับปะรดภูแลตัดแต่งที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตทแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 ºC, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน.....82

ภาพ 24 สับปะรดตัดแต่งแบบชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนต และเคลือบผิวร่วมกันระหว่างแอลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 ºC, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 6 วัน .....82

ภาพ 25 สับปะรดตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนต และเคลือบผิวร่วมกันระหว่างแอลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 ºC, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 12 วัน.....82

# บทที่ 1

# บทนำ

**ความสำคัญและที่มาของปัญหา**

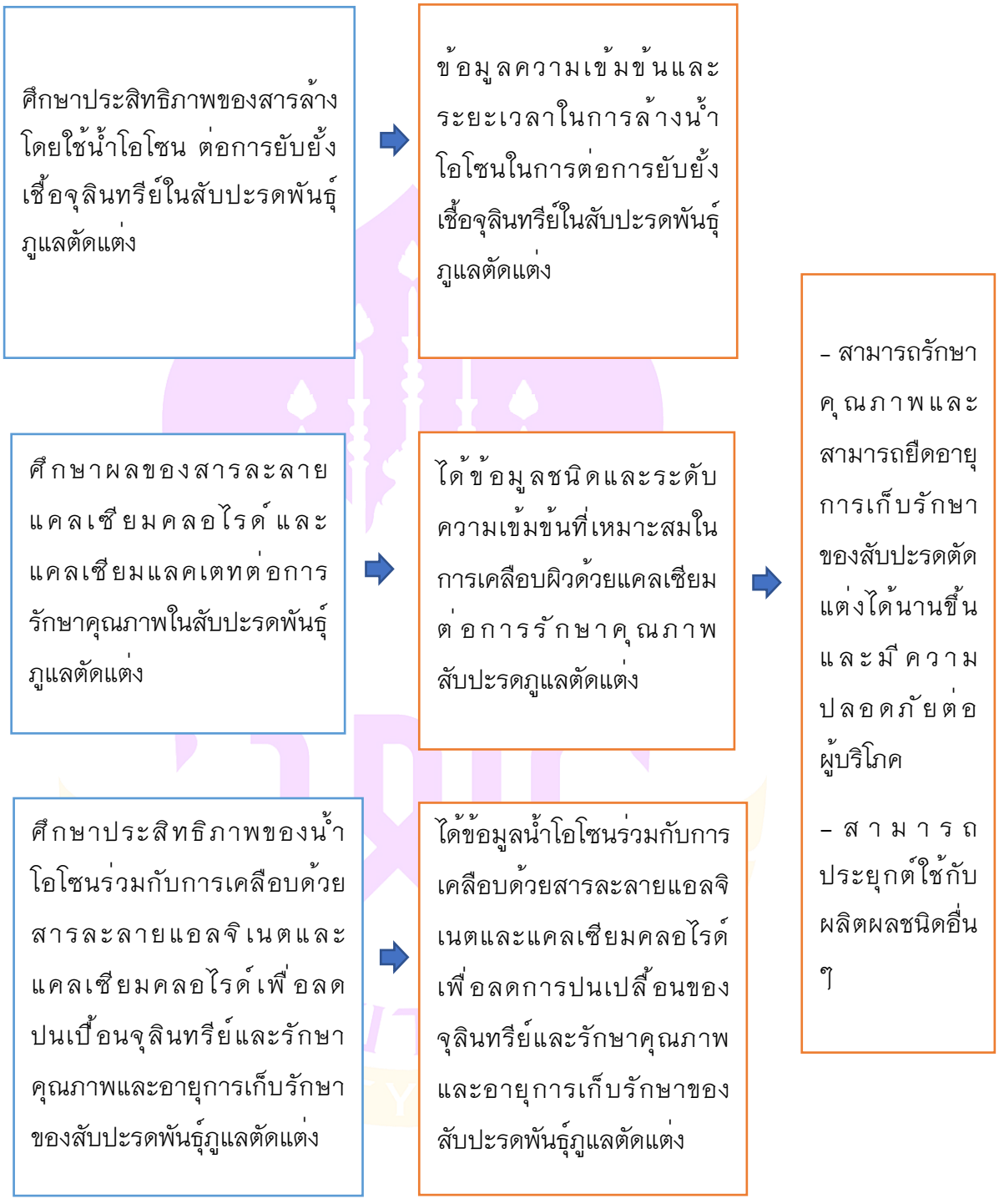
ผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค คือ ผลไม้ที่ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การล้างทำความสะอาด การปอกเปลือก การหั่นหรือการตัด และสามารถนำไปบริโภคหรือนำไปประกอบอาหารได้ทันที โดยยังมีคุณค่าทางโภชนาการ กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีความใกล้เคียงกับผลไม้สด ในปัจจุบันผลไม้ตัดแต่งกำลังเป็นที่นิยมทั้งในครัวเรือน โรงแรม ร้านอาหาร และในธุรกิจบริการด้านการจัดเลี้ยงจำนวนมาก เนื่องจากสะดวกต่อการบริโภค หาซื้อได้ง่าย และประหยัดเวลาในการเตรียม (Corbo, et al. 2010) สับปะรดภูแล (Chiangrai Phulae Pineapple) ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication: GI) ของจังหวัดเชียงราย เป็นสับปะรดสายพันธุ์ในกลุ่มควีน ลูกเล็กและสามารถปลูกได้ตลอดปี ผลมีขนาดเล็ก เนื้อสีเหลือง มีรสชาติหวานหอม แกนสับปะรดกรอบ สามารถรับประทานได้ทั้งลูก และเป็นที่นิยมของผู้บริโภคภายในประเทศ ดังนั้นสับปะรดจึงเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการนำมาทำผลไม้ตัดแต่ง แต่ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบในสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคคือ เมื่อผ่านกระบวนการตัดแต่งแล้วจะทำให้ผลิตผลมีความบอบบาง ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคทำให้เน่าเสียได้เร็วกว่าปกติ เนื่องจากเกิดการเสียสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์และส่งผลต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาตาง ๆ เร็วกว่าผลิตผลที่ไม่ผ่านการแปรรูป เช่น มีอัตราการหายใจที่เร็วขึ้นส่งผลให้มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น เกิดการสูญเสียน้ำ ส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลง และลักษณะที่ปรากฏภายนอกเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ที่ผิดปกติไป มีการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการและรวมทั้งมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ขึ้นทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) ดังนั้นผู้วิจัยจึงจึงมีแนวคิดที่จะลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในสับปะรดตัดแต่ง โดยศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ศึกษาการเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมที่เหมาะสมได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท ในการรักษาคุณภาพของสับปะรดตัดแต่ง และศึกษาการล้างน้ำโอโซน ร่วมกับการเคลือบแคลเซียมแอลจิเนตเพื่อรักษาคุณภาพและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของสับปะรดตัดแต่งได้นานขึ้น และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารล้างโดยใช้น้ำโอโซน ต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง
2. เพื่อศึกษาชนิดของสารละลายแคลเซียมที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนร่วมกับการเคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์เพื่อลดการเกิดจุลินทรีย์และรักษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง

**กรอบแนวคิดการวิจัย**

การวิจัยครั้งนี้มีกรอบแนวคิดเกี่ยวกับแนวทางในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาสับปะรดตัดแต่ง โดยทำการศึกษาสารล้างน้ำโอโซนเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ และศึกษาผลของการเคลือบผิวด้วยสารแคลเซียม และสารแอลจิเนตเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับเซลล์และยืดอายุการเก็บรักษาสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งได้นานขึ้น และสามารถประยุกต์ใช้กับผลิตผลชนิดอื่น ๆ




**ภาพ 1 กรอบแนวคิดการทำวิจัย**

**ขอบเขตของการวิจัย**

1. ศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้างโดยใช้น้ำโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง

2. ศึกษาเปรียบเทียบแคลเซียมที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง คือ แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท

3. ศึกษาการเคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์เพื่อรักษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง

**ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย**

1. สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญในสับปะรดตัดแต่งพันธุ์ภูแลจากแหล่งจำหน่าย
2. ได้ข้อมูลความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้างโดยใช้น้ำโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง
3. สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ และเก็บรักษาสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งได้นานขึ้น และสามารถประยุกต์ใช้กับผลิตผลชนิดอื่น ๆ

# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**สับปะรด (Pineapple)**

สับปะรด (Pineapple, *Ananas comosus* (L.) Merr. อยู่ในวงศ์ Bromelioideae เป็นไม้ผลเขตร้อนสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย มีหลากหลายสายพันธุ์และมีลักษณะที่โดดเด่นแตกต่างกันออกไป สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญส่วนใหญ่จะจำหน่ายในรูปผลสดและการแปรรูปต่าง ๆ เช่น สับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรด และแยมสับปะรด เป็นต้น มีมูลค่าการส่งออกสูงเป็นอันดับหนึ่งของโลกซึ่งตลาดส่งออกสำคัญ ได้แก่ สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และตะวันออกกลาง (ณัจนันท์ แก้วศรี, 2557 ) สับปะรดเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากทั้งในและต่างประเทศ เนื่องจากเนื้อภายในมีลักษณะสีเหลือง และมีกลิ่นและรสชาติหอมหวานเป็นเอกลักษณ์ ยังเป็นแหล่งของสารอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการมากมาย ใช้นำมารักษาโรคต่าง ๆ และยังสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลากหลายเมนู (นิอร โฉมศรี, 2559) แหล่งเพาะปลูกสับปะรดที่สำคัญได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ ระยอง ชลบุรี เพชรบุรี พิษณุโลก เชียงราย รวมถึงบางพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น หนองคาย โดยจะมีการเก็บเกี่ยวตลอดทั้งปีแต่จะมีผลผลิตมากในช่วงระหว่างเดือนเมษายน–มิถุนายม และระหว่างเดินตุลาคม–ธันวาคม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) สับปะรดสามารถจำแนกได้จากลักษณะทางด้านรูปทรง คุณภาพ และรสชาติ โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Cayenne กลุ่ม Queen กลุ่ม Spanish กลุ่ม Maipure หรือ Perolera และกลุ่ม Abacaxi หรือ Pernambuco (Leal and Soule, 1977) กลุ่มที่นิยมปลูกกันในประเทศไทยมีอยู่ 3 กลุ่มคือ

1 กลุ่ม Spanish,

มีลักษณะเฉพาะคือ ขอบใบมีหนามแหลมโค้งงอ ผลมีลักษณะขนาดเล็กกลม น้ำหนักเฉลี่ยตั้งแต่ 1–1.5 กิโลกรัม ตาผลจะใหญ่นูนกว่าสายพันธุ์ในกลุ่ม Cayenne ผลดิบจะมีเปลือกสีม่วงคล้ำและเมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีส้ม ลีกษณะของเนื้อมีสีเหลืองทอง มีรสชาติอ่อน เหมาะแก่การนำมาแปรรูปเป็นสับปะรดกวน หรือ สับปะรดเชื่อมและอบแห้ง สายพันธุ์ในกลุ่มนี้ได้แก่ พันธุ์อินทรชิตแดง และอินทรชิตขาว

2.กลุ่ม Cayenne

เป็นกลุ่มที่นิยมปลูกในเขตร้อนทั่วโลกมากที่สุด นิยมปลูกเพื่อบริโภคผลสดและนำมาแปรรูป มีลักษณะขอบใบเรียบ มีหนามเล็กน้อยที่ปลายใบ ผลเป็นรูปวงรีหรือทรงกระบอกและมีขนาดปานกลาง โดยจะมีน้ำหนักของผลเฉลี่ยหนักตั้งแต่ 1–2.5 กิโลกรัม เมื่อผลเริ่มสุกสีเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองจากบริเวณฐานโดยไล่ขึ้นส่วนบนของผล ตาค่อนข้างแบนเรียบ เนื้อมีสีเหลืองซีด นิ่มและฉ่ำน้ำ มีปริมาณกรดเฉลี่ย 0.3–0.7 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณน้ำตาลเท่ากับ 12–16 %Brix สับปะรดในกลุ่มนี้ ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย และ นางแล (อรอง จันทร์ประสาทสุข, 2558)

3. กลุ่ม Queen

สับปะรดในกลุ่มนี้จะมีลักษณะของต้นและผลเล็กกว่ากลุ่มอื่น ๆ มีลักษณะเฉพาะคือ มีใบสีเขียวอ่อนและมีแถบสีชมพูบริเวณกลางใบ ที่ขอบใบจะมีหนามเรียงชิดติดกัน ผลมีขนาดเล็ก น้ำหนักประมาณ 0.5–1 กิโลกรัม ตาจะค่อนข้างนูน เปลือกมีลักษณะหนา เมื่อผลเริ่มสุกสีเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั้งผล ผลย่อยมีขนาดเล็ก มีเนื้อสีเหลืองและกรอบ รสชาติหวาน สับปะรดในกลุ่มนี้ ได้แก่ พันธุ์ตราดสีทอง ภูเก็ต สวี เพชรบุรี 1 และภูแล (อรอง จันทร์ประสาทสุข, 2558)

**สับปะรดพันธุ์ภูแล**

สับปะรดพันธุ์ภูแล (Chiangrai Phulae Pineapple) เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจเฉพาะถิ่นของจังหวัดเชียงราย เมื่อปี พ.ศ.2520 นายอเนก ประทีป ณ ถลาง อาจารย์จากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ได้นำพันธุ์สับปะรดภูเก็ตจากจังหวัดภูเก็ต มาปลูกครั้งแรกที่ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ด้วยสภาพแวดล้อมและวิธีการเพาะปลูกจึงทำให้ได้สับปะรดลักษณะที่แตกต่างจากสับปะรดพันธุ์ภูเก็ต และมีการเปลี่ยนชื่อใหม่ คือ “นางแล” (อรอง จันทร์ประสาทสุข, 2558) ต่อมาได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดเชียงราย (Geographical Indication: GI) สามารถปลูกได้เพียงบางตำบลในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงรายเท่านั้น ได้แก่ ตำบลนางแล ตำบลท่าสุด และตำบล บ้านดู่ (กระทรวงพาณิชย์, 2556) ในปี พ.ศ. 2565 มีพื้นที่ในการเพาะปลูกจำนวน 66,787 ไร่ พื้นที่ให้ผลผลิตจำนวน 64,996 ไร่ และได้ผลผลิตจำนวน 164,701 ตัน เฉลี่ย 2,534 กิโลกรัม/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) สับปะรดพันธุ์ภูแลเป็นสับปะรดสายพันธุ์ในกลุ่ม Queen ลูกเล็กและสามารถปลูกได้ตลอดปี ผลมีขนาดเล็ก โดยมีน้ำหนักตั้งแต่ 150–1,000 กรัม ความยาวของจุกโดยเฉลี่ย 1–1.5 เท่า ของความยาวผล ตัวจุกมีลักษณะชี้ตรง ตาผลโปนออกมาจากผลอย่างเห็นได้ชัด เปลือกค่อนข้างหนา เหมาะสำหรับการขนส่งระยะไกล เนื้อสีเหลือง มีรสชาติหวานหอม แกนสับปะรดกรอบ สามารถรับประทานได้ทั้งลูก และเป็นที่นิยมของผู้บริโภคภายในประเทศ

**ภาพ 2 สับปะรดพันธุ์ภูแล**

**ผลไม้ตัดแต่ง (fresh-cut fruits)**

ผลไม้ตัดแต่งเป็นผลไม้สดที่มีการผ่านกระบวนการคัดเลือกคุณภาพ มีความแก่อ่อนที่เหมาะสมในการบริโภคนำมาผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาด การปอกเปลือก การหั่นหรือตัดตกแต่งให้มีรูปร่างที่ต้องการแล้วบรรจุลงในภาชนะที่เหมาะสมทำให้ผู้บริโภคได้รับความสะดวก โดยที่ยังคงคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส รูปลักษณ์ที่ปรากฏ คุณค่าทางอาหาร และรสชาติที่ใกล้เคียงกับผลไม้สด ในประเทศไทยมีผักและผลไม้สดตัดแต่งวางจำหน่ายอยู่ทั่วไปทั้งในตลาดสด หรือห้างสรรพสินค้า ผักและผลไม้สดตัดแต่งที่นิยม เช่น ผักสลัด แตงกวา แครอท มะละกอ สับปะรด เป็นต้น (นิอร โฉมศรี, 2559)

**การเสื่อมเสียของผลไม้ตัดแต่ง**

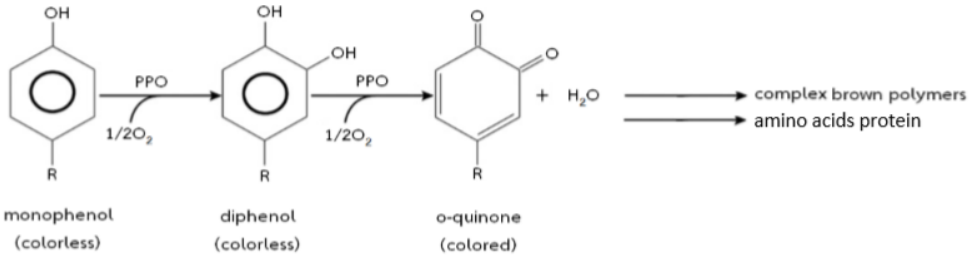
ขั้นตอนในระหว่างการเตรียมส่งผลต่อความเสียหายและเกิดการฉีกขาดของเนื้อเยื่อพืช โดยที่ลักษณะเนื้อเยื่อภายในของผลไม้ตัดแต่งยังเป็นเนื้อเยื่อที่มีชีวิตและยังเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ มีการหายใจอยู่ตลอดเวลาทำให้กระบวนการสุกตามธรรมชาติก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในทางเสื่อมคุณภาพ เช่น การนิ่มขึ้น สีที่เปลี่ยนแปลง และมีการเปลี่ยนแปลงของรสชาติ ในขณะเดียวกันน้ำตาลที่พบอยู่บริเวณผิวของผลไม้ที่ผ่านการตัดแต่ง ยังไปช่วยเร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ (นิอร โฉมศรี, 2559)

**การสูญเสียน้ำ**

ผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยวเนื้อเยื่อยังคงมีชีวิตมีกระบวนการหายใจ และการคายน้ำอยู่ ซึ่งกระบวนการคายน้ำของผลิตนั้นสามารถคายน้ำออกได้หลายช่องทาง ส่วนใหญ่เกิดที่คิวติเคิล คิวติเคิลเป็นสารเคลือบผิวธรรมชาติปกคลุมอยู่บริเวณผิวของผลิตผลทำหน้าที่ป้องกันการเข้า–ออกของน้ำ เมื่อผลิตผลมีอายุมากขึ้นหรือถูกทำลาย คิวติเคิลที่ผิวจะถูกทำลายทำให้เกิดการระเหยของน้ำและเกิดการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ ผลที่เกิดจากคิวติเคิลถูกทำลายคือ การสูญเสียน้ำหนัก สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ และการเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากการฉีกขาดของเนื้อเยื่อทำให้เอนไซม์และสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันได้มากขึ้นเกิดเป็นสารสีน้ำตาล (จริงแท้ ศิริพานิช, 2542) นอกจากนี้ยังเกิดการกระตุ้นการผลิตเอทิลีนทำให้ผลไม้เกิดกระบวนการสุกและเกิดการนิ่มของเนื้อผลไม้ โดยมีลักษณะเนื้อฉ่ำน้ำ ซึ่งเป็นลักษณะเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุด การสูญเสียความแน่นเนื้อจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่จำกัดคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลไม้ตัดแต่ง โดยความแน่นเนื้อเกิดจากความแข็งแรงจากผนังเซลล์และแรงดันที่เกิดขึ้นภายในเยื่อหุ้มเซลล์ (Toivonen and Brummell, 2008) การสูญเสียความแน่นเนื้อในการสุกตามธรรมชาติเกิดจากสารประกอบเพกตินถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายผนังเซลล์ ได้แก่ เอนไซม์เพกตินเมทิลเอสเทอเรส (pectin methylesterase; PME) และเอนไซม์พอลิกาแล็กทูโรเนส (polygalacturonase; PG) การสูญเสียแรงดันเต่งของเยื่อหุ้มเซลล์จากการสะสมของตัวถูกละลายต่าง ๆ บริเวณช่องว่างในผนังเซลล์ (Almeida and Huber, 2007)

**การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากทำงานของเอนไซม์**

การเสื่อมของสับปะรดตัดแต่งเนื่องจากเอนไซม์ทำให้เกิดสีน้ำตาลหรือสีคล้ำขึ้นที่ผิวภายหลังกระบวนการผลิตหรือการเก็บรักษา เนื่องจากกระบวนการผลิต เช่น การปอกเปลือก การหั่นหรือการตัดจะไปทำลายเนื้อเยื่อของเซลล์พืชทำให้การเปลี่ยนแปลงทางด้านลักษณะที่ปรากฏ โดยการเกิดสีน้ำตาลนั้นจะเกิดจากเอนไซม์ที่สำคัญได้แก่ เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase; PPO) และเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase) (McEvily, et al. 1992) ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเกิดขึ้นทันทีเมื่อเซลล์พืชถูกทำลายโดยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเปลี่ยนโมเลกุลของสารประกอบโมโนฟีนอล (Monophenol) ไปเป็นออร์โท–ไดฟีนอล (*O*–diphenol) และถูกออกซิไดซ์ไปเป็นออร์โท–ควิโนน (*O*– quinones) จากนั้นจะรวมตัวกับกรดอะมิโนได้เป็นสารประกอบสีน้ำตาล (Complex brown polymers) (พนิตา งามเชื้อชิต, 2560)




**ภาพ 3 กระบวนการเกิดสีน้ำตาล**

**ที่มา :** (Walker, 1977)

**การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์**

ผลไม้ตัดแต่งมีกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนในระหว่างกระบวนการตัดแต่ง การบรรจุ การเก็บรักษา หรือการขนส่งนั้น ซึ่งในกระบวนการเหล่านี้จะไปทำลายกลไกการป้องกันตัวเองตามธรรมชาติของพืช หรือเกิดการปนเปื้อนระหว่างขั้นตอนการผลิต น้ำผลไม้และน้ำตาลที่ไหลออกมาจากเนื้อเยื่อที่เกิดบาดแผลจากกระบวนการตัดแต่งจะส่งผลให้เกิดการเข้าทำลายจากจุลินทรีย์ได้ง่าย เนื่องจากผลไม้เป็นแหล่งสารอาหารที่จุลินทรีย์ต้องการทำให้เอื้อต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และส่งผลให้ผลไม้ตัดแต่งมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลง ในสภาวะที่มีความเป็นกรดค่อนข้างสูงในผลไม้ตัดแต่งจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดี ได้แก่ กลุ่มยีสต์ รา และแบคทีเรีย (Brackett, 1987) โดยการเจริญของจุลินทรีย์นั้นขึ้นกับอุณหภูมิ เวลา ความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณน้ำและสารอาหาร การชะลอการเจริญของจุลินทรีย์บริเวณผิวนอกของผลไม้ตัดแต่งนั้นสามารถชะลอได้โดยการทำความสะอาดหรือฆ่าเชื้อที่ผิวของผลไม้ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และการใช้สารต้านจุลินทรีย์ เป็นต้น แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคอาหารเป็นพิษและมักพบว่าปนเปื้อนมากับผักผลไม้พร้อมบริโภค คือ Escherichia coli O157:H7, Listeria monocytogenes, Shigella และ Salmonella. (พนิตา งามเชื้อชิต, 2560)

**การป้องกันการเสื่อมเสียของผลไม้ตัดแต่ง**

สาเหตุการเสื่อมเสียของผลไม้ตัดแต่งเกิดจากสาเหตุกระบวนการผลิต การดูแลรักษาก่อนถึงผู้บริโภคต้องคำนึงถึงการควบคุมอุณหภูมิในการเก็บรักษาเพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยทั่วไปผักและผลไม้ตัดแต่งมีอายุการเก็บรักษาระหว่าง 1-14 วัน สาเหตุที่กล่าวมาข้างต้นเป็นสาเหตุหลักของการไม่ยอมรับของผู้บริโภค และยังทำให้ผลไม้ตัดแต่งมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลง (Soliva-Fortuny and Martin-Belloso, 2003)

ปัจจุบันมีการใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลไม้ตัดแต่ง เช่น ลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์โดยการล้าง การควบคุมอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการผลิตให้เหมาะสมกับชนิดของผลิตผล การบรรจุภายใต้ความดันบรรยากาศที่ดัดแปลง การใช้แคลเซียมและสารเคมีอื่น ๆ เพื่อคงรูปหรือความแน่นเนื้อของผลิตผล และการใช้สารเคลือบผิวที่บริโภคได้ เป็นต้น (อรรถพล ภูษณะพงษ์, 2552)

**โอโซน**

โอโซนคือ $O_3$ เป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยออกซิเจนสามอะตอม เป็นก๊าซที่มีความหนาแน่นต่ำและไม่มีสีภายใต้อุณหภูมิปกติ มีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์สารชีวโมเลกุลอื่นได้ดีและยังช่วยทำลาย หรือยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้อย่างดีโดยโปรตีนที่ห่อหุ้มเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส หรือสปอร์เชื้อรา จะถูกทำลายไปจึงทำให้เชื้อจุลินทรีย์นั้นไม่สามารถเจริญต่อไปได้ โดยทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรง ทำให้เกิดการรั่วไหลของสารประกอบภายในเซลล์ ทำให้พันธะระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C–N) แตกหักเสียหาย นำไปสู่กระบวนการแยกโมเลกุลของสาร (depolymerization) (Beuchat, et al. 1999) โอโซนสามารถทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ (organic) และอนินทรีย์ (inorganic) ได้ดีและสลายตัวอัตโนมัติ ทำให้มีสารพิษตกค้างน้อย พบว่ามีการนำโอโซนมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร คือ ใช้ล้างวัตถุดิบ (raw material cleaning) โดยเป็นสารฆ่าเชื้อ (sanitizer) ใช้กับวัตถุดิบหลายชนิด เช่น ผัก ผลไม้ สมุนไพร และเนื้อสัตว์ ใช้ทำความสะอาด (cleaning) เพื่อฆ่าเชื้อ สถานที่ผลิต สถานที่เก็บรักษาอาหาร อุปกรณ์ที่ใช้ในการแปรรูป การขนส่ง ขนถ่าย ใช้ฆ่าเชื้อบรรจุภัณฑ์ เช่น ใช้โอโซน 20 ppm แทนคลอรีน เพื่อฆ่าเชื้อขวดบรรจุน้ำดื่มในภาชนะที่ปิดสนิท ใช้ในการรม (fumigation) เพื่อควบคุมแมลงที่ผิวอาหาร กำจัดเอทิลีน (ethylene) เพื่อชะลอการสุกของผลไม้ได้ และใช้บำบัดน้ำเสีย (waste water treatment) โดยการปรับสภาพน้ำที่ใช้แล้วเพื่อนำกลับมาใช้ มีรายงานว่ากะหล่ำ (Lactuca sativa) และพริกหวาน (Capsicum annuum) ที่ล้างด้วยน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.5 mg/L ช่วยลดปริมาณแบคทีเรียได้และมีประสิทธิภาพมากกว่าการล้างด้วยน้ำคลอรีน ซึ่งสอดคล้องกับ (Karaca and Velioglu, 2014) ทำการล้างกะหล่ำ ผักโขม และขึ้นฉ่าย ด้วยน้ำกลั่น น้ำโอโซน 12 mg/L และ น้ำคลอรีน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำโอโซนสามารถควบคุมเชื้อ Escherichia coli และ Listeria innocua ในขึ้นฉ่ายได้ดีแต่มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี กรดแอสคอร์บิก ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และกิจกรรมของแอนตีออกซิแดนท์ลดลง

**การรักษาเนื้อสัมผัสของผลไม้ตัดแต่ง**

คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ตัดแต่ง หมายถึง ความคงตัว ความยืดหยุ่น ความแข็ง ความแน่นเนื้อ การดูแลหลังการเก็บเกี่ยวมีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลไม้ตัดแต่ง การอ่อนตัวของเนื้อเยื่อเกิดขึ้นเนื่องจากการย่อยสลายของผนังเซลล์ จึงหลีกเลี่ยงการสูญเสียด้านเนื้อสัมผัสนี้ด้วยการใช้เกลือแคลเซียม และการเคลือบด้วยฟิล์มชนิดรับประทานได้ แคลเซียมคลอไรด์เป็นเกลือแคลเซียมที่นิยมใช้มากที่สุด เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเนื้อสัมผัสของผลไม้ตัดแต่งหลายชนิด โดยแคลเซียมอิอออนจะเกิด cross-link กับสารโพลิเมอร์ของกรดเพคตินในผนังเซลล์ เกิดเป็นแคลเซียมเพ็กเตทที่เชื่อมระหว่างผนังเซลล์ แคลเซียมจะช่วยรักษาสภาวะการซึมผ่านของสารเข้า-ออกระหว่างผนังเซลล์ โดยการสร้างประจุไฟฟ้าขึ้นระหว่างผนังเซลล์ สามารถลดอัตราการหายใจและยังมีผลช่วยลดการผลิตก๊าซเอทิลีนลงได้ ทำให้เนื้อเยื่อของผักและผลไม้แข็งแรงขึ้น และยังสามารถช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลลงได้ มีการรายงานว่าการจุ่มสตรอเบอรี่สดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1% สามารถรักษาความแน่นเนื้อได้ดีกว่าสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้จุ่ม และไม่มีผลต่อการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (Garcia, et al. 1996) นอกจากนี้การจุ่มชิ้นแอปเปิลลงในสารละลายผสมของกรดแอสคอร์บิกและสารละลายแคลเซียมคลอไครด์มีประสิทธิภาพช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของชิ้นแอปเปิลระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำได้ (Bolin and Huxsoll, 1989) นอกจากนี้ยังมีการใช้แคลเซียมชนิดอื่น ๆ เช่น การใช้สารละลายแคลเซียมซิเตรทควบคุมการหายใจของผลไม้ตัดแต่ง และสามารถควบคุมการเข้าออกของเซลล์ได้ โดยมีการใช้สารละลายแคลเซียมซิเตรทกับแอปเปิล พบว่ามีการผลิตเอทิลีนต่ำกว่าผลที่ไม่ได้จุ่มสารละลายแคลเซียมซิเตรท (Ben-Arie, et al. 1982) การใช้แคลเซียมร่วมกับภาชนะบรรจุที่มีที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้แคลเซียมเพียงอย่างเดียว การใช้พอลิเมอร์ของคาร์โบไฮเดรต เช่น แอลจิเนต เจแลน หรือเพกทิน ทำให้เกิดการเคลือบและจะช่วยป้องกันการสูญเสียคุณภาพและลักษณะเนื้อสัมผัสได้ (นิอร โฉมศรี, 2559)

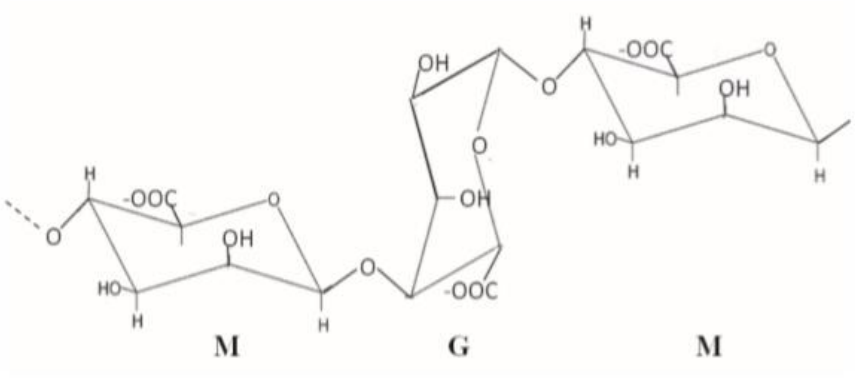
**สารเคลือบบริโภคได้ (edible coating)**

การเคลือบผิวผลไม้เป็นการช่วยลดการสูญเสียและยืดอายุการเก็บรักษาของผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยสารเคลือบที่ใช้จะช่วยทดแทนชั้นไขธรรมชาติที่หลุดหายไปของผลไม้ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวหรือล้างทำความสะอาด ทำให้การสูญเสียน้ำและการแลกเปลี่ยนก๊าซลดน้อยลง และสามารถคงคุณภาพของผลไม้เอาไว้ได้ นอกจากนี้ยังถูกพัฒนาขึ้นสำหรับใช้เคลือบผิวผลไม้สดหรือผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค สารเคลือบที่รับประทานได้ผลิตขึ้นจากสารประกอบโพลิแซ็คคาไรด์ ซึ่งได้รับความนิยมอย่างอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร

เนื่องจากหาซื้อง่าย ราคาถูก ปลอดภัยและไม่มีพิษต่อผู้บริโภค สารเคลือบผิวสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบหลายประเภท เช่น พอลิแซ็กคาไรด์ โปรตีน และลิพิด ตัวอย่างของสารเคลือบบริโภคได้ที่นิยมนำมาใช้ในการทดสอบ เช่น แคร์ราจีแนน เพกติน อะการ์ และเมทิลเซลลูโลส เป็นต้น ในงานวิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาคุณสมบัติของแอลจิเนต (alginate) ในการเคลือบผิวของผลไม้ตัดแต่ง

**แอลจิเนต (alginate)**

แอลจิเนตเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) จากธรรมชาติที่มีส่วนประกอบ คือ กรดกูลูโรนิค (guluronic acid, G,) และกรดแมนนูโรนิค (mannuronic acid, M,) พบได้มากในสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล (Phaeophyceae) และแบคทีเรียในดิน (Yang, et al. 2011) แอลจิเนตที่ผลิตทางการค้ามีหลายอนุพันธ์ และมีคุณสมบัติละลายน้ำแตกต่างกันไป เช่น อนุพันธ์ของเกลือโซเดียม โพแทสเซียม แอมโมนียม อนุพันธ์เหล่านี้ละลายได้ในทั้งน้ำร้อนและน้ำเย็น ความหนืดของสารละลายที่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเข้มข้น และการมีโลหะประจุบวก โดยจะสามารถก่อเจลได้อย่างรวดเร็วกับสารที่มีประจุสองบวกเช่น $Ca^{2+}$, $Ba^{2+}$ และ $Zn^{2+}$ (อรรถพล ภูษณะพงษ์, 2552) แอลจิเนตเมื่อรวมกับแคลเซียมไอออนจะเกิดเป็นเจลคงตัวไม่คืนรูปกลับ และนำมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ทางอาหารหลายชิด เช่น ใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด ใช้เป็นสารเพิ่มคงตัว เป็นสารทำให้อิมัลชันคงตัว สารทำให้เกิดเจล รวมถึงใช้เป็นสารเคลือบผักและผลไม้ด้วย มีงานวิจัยของ (Nussinovitch and Hershko, 1996) ได้ทำการศึกษาการเคลือบหัวกระเทียมจากแอลจิเนตและเจลแลน (Gellan) พบว่าสามารถป้องกันการสูญเสียความชื้นภายในผลกระเทียมได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ (Hershko and Nussinovitch, 1998) ที่ได้นำสารเคลือบแอลจิเนตมาเคลือบที่ผิวของหัวหอมแล้วเก็บที่อุณหภูมิห้อง พบว่าสามารถยืดอายุการเก็บรักษา ลดการสูญเสียน้ำ และเพิ่มความมันวาวของหัวหอมได้




**ภาพ 4 โครงสร้างแอลจิเนต**

**ที่มา :** (กัมปนาท หวลบุตตา และ ธนิกานต์ แสงนิ่ม, 2556)

**แคลเซียม :** แคลเซียมเป็นส่วนสำคัญในสรีรวิทยาผลไม้เช่น แคลเซียมรักษาความดัน turgor และเยื่อหุ้มเซลล์ แคลเซียมและกรดเพคติกอยู่ในผลไม้สร้างจะแคลเซียมเพคเตท เนื่องจากโครงสร้างของเซลล์มีความเสถียร นอกจากนี้ยังรักษาการเกิดสีน้ำตาลของผักและผลไม้โดยการลดการรั่วไหลของโพลีฟีนอล oxidase (PPO) พื้นผิวของการตัดและพื้นผิวด้านนอก การพ่นแคลเซียมในผลของสตรอว์เบอร์รีพันธุ์ Nyohoo ก่อนการเก็บเกี่ยว สามารถเพิ่มคุณภาพผลความแน่นเนื้อของผลได้ และยังสามารถลดการเข้าทำลายของเชื้อราได้ (Wasna Na Phun, et al. 1999)

**ความสำคัญของแคลเซียมต่อการรักษาคุณภาพของผลิตผล :** แคลเซียมเป็นโลหะอัลคาไลน์ ไม่พบเป็นธาตุอิสระในธรรมชาติ แต่พบเป็นคาร์บอเนต ซัลเฟต และคลอไรด์ เป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ยาก เมื่ออยู่ในเนื้อเยื่อพืชแล้วจึงไม่ค่อยเคลื่อนย้ายไปส่วนอื่น การให้แคลเซียมจากภายนอกสามารถเพิ่มระดับแคลเซียมในเนื้อเยื่อพืชได้ ผ่านทางเอพิเดอมิส (epidermis) หากแคลเซียมมีความเข้มข้นมากระดับแคลเซียมในเนื้อเยื่อจะมากขึ้นตามไปด้วย จึงมีการนำแคลเซียมมาใช้ในการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการรักษาคุณภาพของผลิตผลอย่างมากมาย โดยเฉพาะ $CaCl_2$ เป็นที่นิยมมากเนื่องจากหาง่าย ราคาไม่แพง และได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการองค์กรอาหารและยาแห่งสหรัฐอมริกาว่าสามารถใช้ในผลิตผลเพื่อยืดอายุและรักษาคุณภาพหลังการก็บเกี่ยวได้ (Saftner, et al. 2003)

**บทบาทของแคลเซียมต่อความแข็งแรงของผนังเซลล์** แคลเซียมมีบทบาทในการกษาสภาพโครงสร้างของผนังเซลล์ และ middle lamella โดยแคลเซียมที่อยู่ในรูป $Ca^{2+}$ จะทำปฏิกิริยากับกรดเพคติค (pectic acid) เป็น calcium pectate หากพันระดับดังกล่าวมีมากจะทำให้อัตราการสลายของเพคตินลดลง และทำปฏิกิริยากับ non–methylated uronic acid residue เป็น calcium bridge เชื่อมระหว่าง pectic polymer ที่อยู่ชิดกัน ทำให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรงและสามารถยับยั้งการทำงานของ cell wall degradative enzyme ได้ นอกจากนี้ยังสามารถรักษาความเต่งของเซลล์ด้วย การรักษาสภาพของผนังเซลล์สมารถคงความแน่นเนื้อของผลิตผลได้ จึงมีการใช้ $CaCl_2$ เป็นสารคงความแน่นเนื้อทั้งในผลไม้บรรจุกระป๋อง และผักชนิดต่าง ๆ (Ferguson, 1984) (Camire, et al. 1994)

**บทบาทของแคลเซียมต่อการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์** $Ca^{2+}$ บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์จะทำปฏิกิริยากับ phospholipids และ carboxylic group ของ membrane protein ที่มีประจุลบเพื่อป้องกันการรั่วไหลของสารภายในเซลล์ ควบคุมการผ่านเข้าออกของสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ การคงสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์จึงเป็นกุญแจสำคัญในการยืดอายุของผลิตผล (Hanson, 1984)

**บทบาทของแคลเซียมต่ออัตราการหายใจ** จากบทบาทของแคลเซียมต่อการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ในการควบคุมการผ่านเข้า ออกของสารต่าง ๆ ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์รวมทั้งสารพวกฟอสเฟต (phosphate) และวัตถุดิบที่ใช้ในการหายใจ เช่น มาเลต (malate) ไม่ให้ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์หรือโทโนพลาสต์ (tonoplast) เข้าไปได้ จึงสามารถลดอัตราการหายใจสูงสุด (climacteric rise) ของผลิตผลได้ โดยที่นอกจากการรักษาสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์และมีผล ต่ออัตราการหายใจที่ลดลงแล้ว แคลเซียมยังสามารถยับยั้งการทำงานของไมโตคอนเดรียซึ่งเป็นแหล่งสำคัญในการเกิดกระบวนการหายใจระดับเซลล์และลดอัตราการแพร่ของออกซิเจนเนื้อเยื่อทำให้ออกซิเจนในผลิตผลลดลง จึงเกิดการยับยั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอน จาก NADH (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544)

**บทบาทของแคลเซียมต่อการสูญเสียน้ำหนักสด** การสูญเสียน้ำหนักสดเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลต่อการสูญเสียคุณภาพของผลิตผล เนื่องจากความชื้นในผลิตผลมักสูงกว่าความชื้นในบรรยากาศ ดังนั้นน้ำภายในผลิตผลจึงระเหยสู่บรรยากาศ ผลิตผลจะสูญเสียน้ำตลอดระยะเวลาเก็บรักษา จากการที่แคลเซียมมีบทบาทในการควบคุมการผ่านเข้าออกของสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ ดังนั้นจึงมีความสัมพันธ์กับการสูญเสียน้ำในเซลล์ด้วย (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544)

**บทบาทของแคลเซียมต่อการเกิดโรคระหว่างการเก็บรักษา** แคลเซียมสามารถลดการเกิดโรคได้โดยตรงจากการยับยั้งการงอกของสปอร์ การยืด ของ germ tube และยับยั้งการสร้าง pectinolyic enzyme ในเชื้อโรคหลายชนิด (Wisniewski, et al. 1995) เพิ่มความแข็งแรงให้แก่ผนังเซลล์ ของผลิตผลจึงยากต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและแบคทีเรีย และอาจช่วยส่งเสริมการทำงานของ antagonist ในการควบคุมโรค (Miceli, et al. 1999) นอกจากนี้ยังชะลอการเปลี่ยนแปลงสี การผลิตเอธิลีน และการเปลี่ยนแปลงน้ำตาล จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้แคลเซียมถูกใช้เป็นสารต้านการสุก (antiripening) และต้านการเสื่อมสภาพ (antisenescence) ในผลิตผลหลากหลายชนิด (Ferguson, 1984) แต่หากความเข้มข้นของแคลเซียมที่ใช้สูง เกินไปอาจก่อให้เกิดบาดแผลบนผลิตผลได้ (Conway, et al. 1994)

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

ฐิตารีย์ ชุติพงษ์วิเวท และ กนกวรรณ ธูปพนม, (2559) ได้ทำการศึกษาผลของการล้างด้วยน้ำโอโซนและน้ำเย็นต่อการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวันประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 การล้างด้วยน้ำประปา กรรมวิธีที่ 2 การล้างด้วยน้ำประปาและน้ำเย็น กรรมวิธีที่ 3 การล้างด้วยน้ำโอโซน (ความเข้มข้น 1,000 ppm) และกรรมวิธีที่ 4 การล้างด้วยน้ำโอโซนเย็น (ความเข้มข้น 1,000 ppm) พบว่าการล้างต้นอ่อนทานตะวันด้วยน้ำโอโซนและน้ำโอโซนเย็นสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ สามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก และสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้มากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการ ล้างต้นอ่อนทานตะวันด้วยน้ำประปา และการล้างด้วยน้ำประปาร่วมกับน้ำเย็น โดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ที่ใบ และค่าเนื้อสัมผัส ตลอดอายุการเก็บรักษาทั้งอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 8±1 องศาเซลเซียส

ฉันทวรรณ ต้นประสงค์ และ สุรางค์ สุธิราวุธ, (2544) ได้ทำการศึกษาการลดปริมาณแบคทีเรียในผักสลัดพร้อมบริโภค ได้แก่ ผักกาดแก้ว แครอทที่หั่นฝอย แตงกวา และกะหล่ำม่วงที่หั่นฝอย โดยเปรียบเทียบผักสลัดพร้อมบริโภคที่ไม่ผ่านการล้าง การล้างด้วยน้ำประปา การล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 180 และ 100 mg/hr. เป็นเวลา 20 นาที ตรวจหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดโดยวิธี standard plate count ตรวจปริมาณแบคทีเรียเริ่มต้น และภายหลังจากเก็บเป็นเวลา 24 และ 72 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 6±2 องศาเซลเซียส พบว่าผักสลัดพร้อมบริโภคที่ล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 180 mg/hr. สามารถลดปริมาณแบคทีเรียได้ดีที่สุดเท่ากับ 5.90 log 10 CFU/g เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ผ่านการล้าง

เท่ากับ 5.02 log10 CFU/g รองลงมาคือการแช่ในน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 100 mg/hr. และการล้างด้วยน้ำประปาที่สามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดได้เท่ากับ 5.65 และ 5.49 log 10 CFU/g ตามลำดับ

ดวงธิดา ขุมทอง และคณะ, (2548) ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้โอโซนเพื่อควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลเงาะ พบวา ผลเงาะที่ผ่านการรมดวยกาซโอโซนในความเข้มข้น 1 ppm นาน 30 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อราที่ผิวของผลเงาะได้ 93.9% และการจุมผลเงาะในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm นาน 15 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อราที่ผิวของผลได้ 79.2% และพบวาการจุมผลเงาะในน้ำโอโซนในความเข้มข้น 0.5 ppm นาน 10 และ 15 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อราที่ผิวของได้ 68.8% และ 74.6% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการจุมในน้ำเปลา

อังคณา เชื้อเจ็ดตน, (2562) ได้ศึกษาผลของโอโซนไมโครบับเบิลและคลอรีนไดออกไซด์ต่อการควบคุมโรคและอายุการวางจำหน่ายสับปะรดตัดแต่งพันธุ์ภูแล โดยนำโอโซนไมโครบับเบิลมาทดสอบกับเชื้อ *Escherichia coli* O157:H7 และ *Salmonella typhimurium* ที่อุณหภูมิ 13 และ 28 องศาเซลเซียสในสภาพทดลองเป็นเวลา 0, 5, 10, 15 และ 30 นาที และบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า โอโซนไมโครบับเบิลที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถลดเชื้อแบคทีเรียได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสในทุกชุดการทดลอง และได้การทดสอบคลอรีนไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.1, 0.2, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรกับเชื้อแบคทีเรียและบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด จึงได้นำโอโซนไมโครบับเบิลและคลอรีนไดออกไซด์มาลางสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง โดยนำเชื้อแบคทีเรียแต่ละชนิดมาเพาะบนสับปะรด แล้วนำมาล้างด้วยโอโซนไมโครบับเบิลร่วมกับคลอรีนไดออกไซด์ เป็นเวลา 0, 5, 10, 15 และ 30 นาทีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า ที่ระยะเวลา 15 นาที สามารถลดเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด โดยลด *E. coli* และ *S. typhimurium* ได้ 1.25 และ 0.72 log CFU/g.

ดุสิดา ถิระวัฒน์ และคณะ, (2557) ได้ทำการศึกษาผลของน้ำโอโซนต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผักชี โดยนำผักชีมาล้างในน้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 mg/L เป็นเวลา 0, 1, 5, 10 และ 15 นาที พบว่าการล้างผักชีในน้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 0.1 mg/L เป็นเวลา 5 นาที ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพและสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ปนเปื้อนในผักชีได้ดีที่สุด ดังนั้นจึงได้นำไปใช้ศึกษาในขั้นตอนการยืดอายุการเก็บรักษา โดยนำผักชีที่ผ่านสภาวะการล้างด้วยน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.1 mg/L เป็นเวลา 5 นาทีแล้ว

บรรจุในถุง LDPE นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±1ºCเป็นเวลา 14 วัน พบว่าช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 3 วันแรก คุณภาพสี ปริมาณคลอโรฟิลล์ และการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่าคุณภาพสีต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยพบว่าผักชีที่ผ่านการล้างดังกล่าวมีคุณภาพดีกว่า นอกจากนี้ปริมาณจุลินทรีย์ในผักชีที่ผ่านการล้างดังกล่าวมีน้อยกว่าในชุดควบคุม 1 log CFU/g แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของโคลิฟอร์มในระหว่างการเก็บรักษาได้ และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผักชีที่ผ่านการล้างด้วยสภาวะดังกล่าวยังได้คะแนนความยอมรับสูงกว่าผักชีที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (ชุดควบคุม)

ชินานาฏ วิทยาประภากร และคณะ, (2563) ได้ศึกษาการนำเทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการล้างกล้วยหอมทองเพื่อยับยั้งเชื้ออีโคไล โดยใช้น้ำตัวอย่าง 3 ชนิดเปรียบเทียบกัน ได้แก่ 1) น้ำผ่านกระบวนการริเวิร์สออสโมซิส (RO) 2) น้ำแอร์ไมโครนาโนบับเบิล (Air MNBs) 3) น้ำโอโซนไมโครนาโนบับเบิล ($O_3$MNBs) แช่ล้างกล้วยหอมทองนาน 10 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์หาเชื้ออีโคไลด้วยวิธี Dilution and spread plate method จากผลการศึกษาพบว่า ในน้ำ RO พบเชื้ออีโคไลทั้งก่อนแช่และหลังแช่ล้างกล้วยหอมทอง ส่วนน้ำ Air MNBs และ น้ำ $O_3$MNBs ไม่พบเชื้ออีโคไลทั้งก่อนแช่และหลังแช่กล้วยหอมทอง จึงสรุปได้ว่าน้ำที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นฟองอากาศขนาดเล็กระดับไมโครและนาโนเมตรสามารถยับยั้งเชื้ออีโคไลได้โดยการแช่ล้างกล้วยหอมทองนาน 10 นาที

วรพรรณี เผ่าทองศุข และคณะ, (2551) ได้ทำการทดลองใช้โอโซนร่วมกับอุณหภูมิในการกำจัดแบคทีเรีย (Salmonella Typhimurium และ Escherichia coli) และยีสต์(Saccharomyces cerevisiae) ใน น้ำตาลสดน้ำลำไย และน้ำมะพร้าว โดยหลังจากเติมหัวเชื้อแบคทีเรียหรือยีสต์ลงในน้ำหวานผลไม้ ปริมาตร 1 ลิตร ได้ทำการพ่นโอโซนความเข้มข้น 300 mg/hr ด้วยอัตรา 2.5 ลิตร/นาที การทดลองทำในอุณหภูมิแตกต่างกันได้แก่อุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิสูง (50 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) โดยใช้การพ่นอากาศที่ผ่านการกรองกำจัดเชื้อแล้วเป็นชุดควบคุม ผลการทดลองพบว่าโอโซนสามารถยับยั้งแบคทีเรียและยีสต์ในเครื่องดื่ม น้ำหวานทั้ง 3 ชนิดได้ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดจุลินทรีย์ โดยโอโซนมีประสิทธิภาพในการยับยั้ง Salmonella Typhimurium และ Escherichia coli ได้ในระดับใกล้เคียงกัน แต่ยีสต์ Saccharomyces cereviseae มีความทนทานต่อโอโซนมากกว่า สภาวะที่ดีที่สุดในการยับยั้งแบคทีเรียและยีสต์คือการใช้โอโซนร่วมกับอุณหภูมิสูง (50 องศาเซลเซียส) ผลการสำรวจการปนเปื้อนของเครื่องดื่มน้ำตาลสด น้ำลำไย และน้ำมะพร้าวที่มีขายในท้องตลาด พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เกินเกณฑ์มาตรฐานในทุก

ตัวอย่าง การพ่นโอโซนที่อุณหภูมิ 50 องศา เซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที สามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำตาลสด น้ำลำไย และน้ำมะพร้าว ได้ร้อยละ 61.5, 94 และ 97 ตามลำดับ แต่โอโซนมีผลทำให้กลิ่นและรสชาติของเครื่องดื่มเปลี่ยนแปลงไป ภายหลังการพ่นโอโซนเป็นเวลา 5 นาที นอกจากนี้เมื่อทำการพ่นโอโซนลงบนลำไยแห้งที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำลำไย พบว่าโอโซนสามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ในลำไยแห้งได้โดยไม่มีผลต่อกลิ่นและรสชาติของน้ำลำไยที่ผลิตจากลำไยแห้งที่ผ่านการพ่นโอโซน

เทิดพันธ์ ธรรมรัตนพงษ์, (2559) ได้ทำการศึกษาผลของโอโซนต่อการควบคุมเชื้อรา *Alternaria* sp. *Cladosporium* sp. และ *Penicillium* sp. สาเหตุโรคผลเน่าซึ่งแยกได้จากตัวอย่างผลสาลี่และแอปเปิลที่นำเข้าจากสาธารณรัฐประชาชนจีน ณ ด่านตรวจพืชเชียงแสน ระหว่างเดือนตุลาคม 2558 – เดือนมกราคม 2559 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีระยะเวลาในการรมโอโซน 0 (ชุดควบคุม), 15, 30, 45 และ 60 นาที ทำการทดสอบกับเส้นใยเชื้อรา ทั้ง 3 ชนิด บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextros Agar (PDA) ที่โอโซนความเข้มข้น 1 mg/hr. พบว่า ทุกช่วงเวลาการรมด้วยโอโซนไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราทั้ง 3 ชนิดได้ เช่นเดียวกับ การรมโอโซนให้กับผลสาลี่และแอปเปิลที่ปลูกด้วยเชื้อรา พบว่าทุกช่วงเวลาที่รมด้วยโอโซนไม่สามารถควบคุมโรคผลเน่าได้ ขณะที่การแช่ผลสาลี่และผลแอปเปิลในน้ำโอโซนเป็นเวลา 30, 45 และ 60 นาที พบว่า สามารถยับยั้งการเกิดโรคผลเน่าได้ถึง 100% มีความแตกต่างจากการแช่ผลไม้ในน้ำโอโซนนาน 15 นาที ที่สามาถยับยั้งการเกิดโรคผลเน่าได้เพียง 0.52– 3.31% เท่านั้น

กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และคณะ, (2557) ได้ทำการศึกษาผลของการให้ความร้อนและแคลเซียมต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลเมลอนพันธุ์ซันสวีท ระหวางการเก็บรักษา โดยนำผลเมลอนไปแช่ในสารละลายแคลเซียม 2 ชนิด ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเทตที่มีความเข้มข้น 2 ระดับได้แก่ 0.5 และ 1% (w/v) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาทีเปรียบเทียบกับชุดควบคุม นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส สุ่มวิเคราะห์ผลเมลอนทุก ๆ 3 วัน เป็นเวลา 15 วัน โดยวิเคราะห์ทางกายภาพ–เคมี และอัตราการหายใจ พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1% เหมาะสมที่สุดในการรักษาคุณภาพของผลเมลอน โดยผลมีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น มีการสูญเสียน้ำหนัก และเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ น้อยกว่าชุมดควบคุม และมีคุณภาพในการบริโภคอยู่ในเกณฑ์ที่ดีที่สุด ทั้งการยอมรับโดยรวมและเนื้อสัมผัสของเนื้อผล ทั้งนี้ไม่ส่งผลกระทบถึงอัตราการหายใจ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

อิษยา นะมิกิ และคณะ, (2561) ได้ทำการศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยการแช่ผลหม่อนระยะสุกจัด (สีดำทั้งผล) ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสนาน 5 นาที ผึ่งให้แห้งและบรรจุในถาดโฟม (polystyrene) หุ้มด้วยฟิล์ม polyvinyl chloride แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80–85) นาน 15 วัน พบว่าผลหม่อนที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 และ 2.0 มีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) และการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุด และมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด ผลหม่อนทุกชุดทดลองมีค่าความ เป็นสีแดง (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ไม่แตกต่างทางสถิติ นอกจากนี้ ผลหม่อนที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 มีการสูญเสียน้ำหนักและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยที่สุด และมีค่าความแน่นเนื้อและปริมาณ วิตามินซีสูงที่สุด สามารถยืดอายุการเก็บรักษา และลดการสูญเสียคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของหม่อนผลสดได้ดีที่สุด

อภิตา บุญศิริ, (2555) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อขนุนตัดแต่ง โดยการนำเนื้อขนุนสดจำนวน 250 กรัม มาแช่ตามกรรมวิธีต่าง ๆ ดังนี้ สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 1 นาที สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 10 นาที กรดเพอร์รอกซีอะซีติกความเข้มข้น 80 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 5 นาที และน้ำเย็นสะอาดอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำไปบรรจุในกล่องพลาสติกโพลีสไตรีน นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน เปรียบเทียบกับขนุนตัดแต่งสดที่ผ่านการลดอุณหภูมิที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมงก่อนการบรรจุ (กระบวนการจัดการของบริษัทสยามโอเรียลท้อลฟูดจำกัด : ชุดควบคุม) ผลการทดลองพบว่าการแช่ในสารป้องกันกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ ให้ผลดีกว่าวิธีการของบริษัท โดยสามารถลดการเกิดอาการฉ่ำน้ำ ลดการสูญเสียน้ำหนัก และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อขนุนได้นาน 12 วัน นอกจากนี้ยังช่วยลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคมนุษย์ได้แก่ total plate count, total coliform bacteria, yeast และ mold ได้ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด

ภาสุรี ฤทธิเลิศ, (2564) ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้ง โดยใช้ผลที่มีระยะกึ่งสุกแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8% (w/v) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด 1 ครั้ง ผึ่งให้สะเด็ดน้ำแล้วนำไปแช่อิ่มอบแห้ง ผลการทดลองพบว่า มะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งมีสีไม่

สม่ำเสมอกันเนื่องจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ใช้เป็นระยะผลสุกที่ผลมีสีขาวปนชมพู จึงท าให้มีสีเปลือกและสีเนื้อเป็นสีขาวปนชมพูด้วย นอกจากนี้การแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสแน่นขึ้นการเกาะติดกันของเปลือกและเนื้อของมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งจึงดีขึ้นที่ระดับการใช้แคลเซียมคลอไรด์ 0.6–0.8% การแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.6% สามารถปรับปรุงลักษณะที่ปรากฏของมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และมีคะแนนความชอบรวมมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 25 CFU/g ยีสต์และราน้อยกว่า 10 CFU/g.

จุฑามาศ พร้อมบุญ และคณะ, (2560) ได้ทำการศึกษาการใช้สารเคลือบผิวไคโตซานร่วมกับโซเดียมแอลจิเนต เพื่อรักษาคุณภาพและชะลอการเกิดโรคแอนแทรกโนสบนผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์สี่ ทำการเคลือบผิวผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์สี่โดยใช้สารเคลือบผิว 2 ชนิด คือ ไคโตซานที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ร่วมกับโซเดียมแอลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.1 พบว่าสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกและการเกิดโรคได้ดี โดยมะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิว (ชุดควบคุม)โรคเกิดขึ้นในวันที่ 6 (ร้อยละ 12.5) และรุนแรงขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยวันที่ 12 มีโรคถึงร้อยละ 75 ในขณะที่มะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานหรือโซเดียมแอลจิเนตเพียงอย่างเดียว เกิดโรคร้อยละ 25 และ 62.5 ตามลำดับ

อรรถพล ภูษณะพงษ์, (2552) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาสารเคลือบบริโภคได้เพื่อยืดอายุการรักษามะม่วงตัดแต่ง โดยใช้สารเคลือบแคราจีแนนและสารเคลือบแอลจิเนตที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนักร่วมกับกรดแอสคอร์บิกและซีสเตอีนความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ซึ่งเป็นสารต้านการเกิดสีน้ำตาล พบว่าสารเคลือบแอลจิเนตมีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของมะม่วงตัดแต่งมากกว่าสารเคลือบแคราจีแนน และสามารถลดอัตราการหายใจ ลดการสูญเสียน้ำหนัก และลดปริมาณการเกิดจุลินทรีย์ได้ 3–3.5 log CFU/กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงตัดแต่งที่ไม่ได้เคลือบ ทั้งนี้พบว่าร้อยละ 95 ของผู้บริโภคยอมรับลักษณะของมะม่วงตัดแต่งเคลือบด้วยสารบริโภคได้ โดยยอมรับมะม่วงตัดแต่งเคลือบสารแอลจิเนตมากกว่าเคลือบสารแคราจีแนน

Nassr and Abu Naser, (2018) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้ความร้อนร่วมกับแคลเซียมแลคเตทต่อการรักษาคุณภาพของผลพลับ โดยการแช่ในน้ำความร้อน 3 ระดับคือ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที, 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และใช้แคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้น 0, 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เก็บรักษาเป็นเวลา 20 และ 40 วัน แล้วนำไปวิเคราะห์ผล พบว่า กรรมวิธีที่แช่ด้วย

แคลเซียมแลคเตทมีปริมาณแคลเซียมในเนื้อเยื่อผลไม้เพิ่มขึ้น และการแช่ด้วยน้ำร้อนไม่มีผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงสรุปได้ว่าการใช้ความร้อนร่วมกับการแช่ด้วยแคลเซียมแลคเตทสามารถรักษาคุณภาพของลูกพลับได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังรักษาคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของลูกพลับได้ดีในระหว่างการเก็บรักษา

Fornaciari, et al. (2021) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพอายุการเก็บรักษา ของมะระขี้นก โดยใช้สารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้น 50, 75 และ 100 mM นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 วัน จากนั้นบรรทุกผลการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมี และเอนไซม์ ผลการวิจัยพบว่ามะระขี้นกที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้ม 100 mM. มีการสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ปริมาณฟีนอลทั้งหมด สารต้านอนุมูลอิสระ และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และยังมีประสิทธิภาพในการควบคุมการทำงานของเพคตินเมทิลเอสเตอเรส (PME) และเพิ่มฤทธิ์ยับยั้งของ α–อะไมเลสและ α–กลูโคซิเดสได้ดี ในขณะที่กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น 75 mM. มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกมากที่สุดและสามารถเก็บรักษาได้นานถึง 20 วัน เมื่อเทียบกับชุดควบคุมสามารถเก็บรักษาได้เพียง 15 วัน

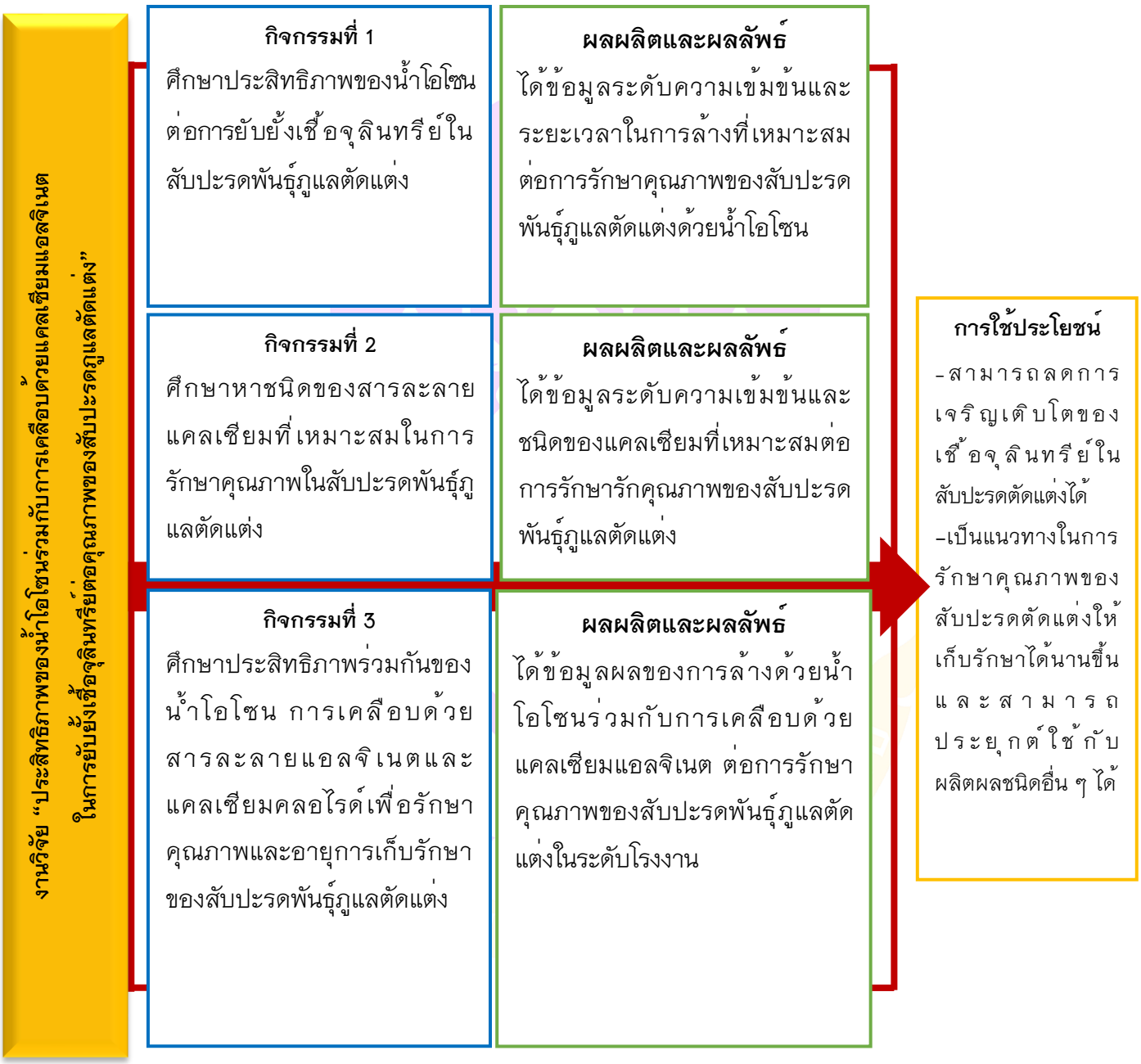
Zhu, et al. (2019) ได้ทำการศึกษาการเคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนตร่วมกับน้ำมันหอมระเหยโหระพาต่อการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของเห็ดนาเมโกะ โดยใช้ความเข้มข้นของแอลจิเนตร่วมกับน้ำมันหอมระเหยโหระพาที่ความเข้มข้น 1% (v/v), L–cysteine 0.3 g/L และ nisin 0.4 g/L. พบว่าสามารถยับยั้งการสูญเสียน้ำหนัก และลดการเกิดสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังสามารถรักษาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ กรดแอสคอร์บิก ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้และยังมีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อแบคทีเรียได้ดีเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

Trevino–Garza, et al. (2015) ได้ทำการศึกษาการใช้เทคโนโลยีการเปรย์สารละลายแอลจิเนตร่วมกับ carvacrol และ methyl cinnamate เพื่อทดสอบการเจริญเติบโตของเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษาของผลสตอเบอร์รี่สด พบว่าความแน่นเนื้อ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณสารฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระของผลสตอเบอร์รี่ที่มีการพ่นด้วยสารละลายแอลจิเนตร่วมกับ carvacrol และ methyl cinnamate ไม่มีความแตกต่างแต่มีการเจริญของเชื้อราช้ากว่าเมื่อเทียบกับผลที่เป็นชุดควบคุม

Troyo Roden, (2019) ได้ทำการศึกษาผลของแคลเซียมแอสคอร์เบตและแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของสับปะรดสด โดยจุ่มแคลเซียมแอสคอร์เบตและแคลเซียมแลคเตท ที่ระดับความเข้มข้น 1.5–2.5% เป็นเวลา 2 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7–10 °C เป็นเวลา 5 วัน พบว่าแคลเซียมแอสคอร์เบทและแคลเซียมแลคเตทมีประสิทธิภาพในการลดแบคทีเรียและโคลิฟอร์มรวมทั้งยีสต์และราดีที่สุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

# บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย




**ภาพ 5 แสดงแผนภาพขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย**

**การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในห้องปฏิบัติการ**

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) มีทั้งหมด 10 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่มีการล้าง)
กรรมวิธีที่ 2 น้ำโอโซน 100 mg/hr. ระยะเวลา 30 วินาที
กรรมวิธีที่ 3 น้ำโอโซน 100 mg/hr. ระยะเวลา 1 นาที
กรรมวิธีที่ 4 น้ำโอโซน 100 mg/hr. ระยะเวลา 2 นาที
กรรมวิธีที่ 5 น้ำโอโซน 150 mg/hr. ระยะเวลา 30 วินาที
กรรมวิธีที่ 6 น้ำโอโซน 150 mg/hr. ระยะเวลา 1 นาที
กรรมวิธีที่ 7 น้ำโอโซน 150 mg/hr. ระยะเวลา 2 นาที
กรรมวิธีที่ 8 น้ำโอโซน 200 mg/hr. ระยะเวลา 30 วินาที
กรรมวิธีที่ 9 น้ำโอโซน 200 mg/hr. ระยะเวลา 1 นาที
กรรมวิธีที่ 10 น้ำโอโซน 200 mg/hr. ระยะเวลา 2 นาที

คัดเลือกสับปะรดพันธุ์ภูแลที่ถูกเก็บเกี่ยวในพื้นที่ตำบลนางแล ในระยะบริบูรณ์ระดับ 2-3 (มีสีเหลืองประมาณ 25-50% ของผล) ขนส่งโดยรถยนต์มายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา คัดขนาดผลให้มีขนาดและสีที่สม่ำเสมอกัน นำไปปอกเปลือก ตัดตา หั่นตามยาวเป็นสี่ส่วนโดยมีขนาดประมาณ 4 x 10 ซม. ให้เท่ากัน จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้นตามกรรมวิธีต่าง ๆ จากนั้นทำการผึ่งให้แห้งแล้วนำมาบรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ที่มีขนาด 30 ซม. × 30 ม. × 8 ไมครอน นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน โดยทำการประเมินคุณภาพของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss)

ทำการชั่งน้ำหนักสับปะรดก่อนเก็บรักษา และทำการชั่งน้ำหนักทุกวัน จากนั้นคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก จากสูตรต่อไปนี้

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

1.2 ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อ

โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Associates Laboratory รุ่น ColorQuest® XE ลักษณะสีเนื้อโดยแบ่งชิ้นสับปะรดเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนปลายของชิ้นเนื้อผลไม้ตัดแต่ง ซึ่งแต่ละตำแหน่งทำการวัด 2 ด้าน (ตรงข้ามกัน) จากนั้นนำค่าสีทุกตำแหน่งมาหาค่าเฉลี่ย

1.3 ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ทำการให้ระดับคะแนนที่เกิดสีน้ำตาลตรงบริเวณที่ถูกตัดแต่งของสับปะรดตัดแต่ง โดยมีการกำหนดค่าระดับเกณฑ์มาตรฐานดังต่อไปนี้

1 = ไม่พบการเกิดสีน้ำตาล

2 = พบการเกิดสีน้ำตาลเล็กน้อย (75% ของบริเวณพื้นที่ผิวรอยตัด)

3 = พบการเกิดสีน้ำตาลปานกลาง (25–50% ของบริเวณพื้นที่ผิวรอยตัด)

4 = พบการเกิดสีน้ำตาลมาก (50–75% ของบริเวณพื้นที่ผิวรอยตัด)

5 = พบการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด (>75% ของบริเวณพื้นที่ผิวรอยตัด)

1.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (Total soluble solid, TSS)

นำน้ำคั้นสับปะรดที่ได้ไปวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำด้วยเครื่อง Refractometer ยี่ห้อ Atago รุ่น PAL-1 โดยอ่านค่าจากน้ำที่คั้นซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเป็นเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (% Brix)

1.5 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity; TA) วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC, (2000)

1.6 ปริมาณวิตามินซี (Vitamin C) วิเคราะห์ตามวิธีของ (Sambucetti and Zuleta, 1996) โดยวิธีไทเทรตกับ 2,6 dichloroindophenol แล้วเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานและคำนวณเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด

1.7 การตรวจหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (Total bacteria count) โดยวิธี Aerobic plate count มีวิธีการดังนี้

ทำการคั้นน้ำสับปะรด 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่นปริมาตร 9 มิลลิตร ผสมให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างที่มีระดับความเจือจาง 1:10 หรือ $10^{-1}$ จากนั้นปิเปตสารแขวนลอยจากหลอดหนึ่งสู่หลอดหนึ่ง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่อง Vortex mixture ทำการปิเปตจนถึงระดับความเจือจาง $10^{-5}$ จากนั้นดูดสารแขวนลอยที่ระดับความเข้มข้น $10^{-4}$ และ$10^{-5}$ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงบนอาหารเลี้ยง Potato dextrose agar (PDA) ทำการ spread plate แล้วคว่ำจานนำไปบ่มที่ตู้บ่มเชื้อ (incubation) 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมงนับโคโลนีบนจานที่มี

จำนวนอยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี คำนวณเป็น CFU/g (colony forming unit/gram) ของอาหารตัวอย่างจากสมการ

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

N= จำนวนแบคทีเรียหมด (CFU/gm.)

n= ค่าเฉลี่ยจำนวนโคโลนีที่นับได้จากความเจือจางที่เลือกมาคำนวณ

v= ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ในการเพาะเชื้อ (1 ml.)

d= ความเจือจางของตัวอย่างที่เลือกมาคำนวณ

นำข้อมูลจากผลการตรวจวิเคราะห์หาจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียทั้งหมดรายงานเป็น colony forming unit ต่อกรัมของอาหาร (CFU/g)

1.8 คุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภค)

นำสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่ถูกล้างด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยผู้ประเมินมีอายุระหว่าง 20-25 ปี โดยมีหลักการให้คะแนนการยอมรับใช้แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยดัดแปลงมาจากอัครเดช ใหม่นา, (2551) เพื่อทดสอบคุณภาพตามความชอบด้านคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับของผู้บริโภค 9 ระดับ ดังนี้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด (dislike extremely)

2 = ไม่ชอบมาก (dislike very much)

3 = ไม่ชอบปานกลาง (dislike moderately)

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย (dislike slightly)

5 = เฉย ๆ (like nor dislike)

6 = ชอบเล็กน้อย (like slightly)

7 = ชอบปานกลาง (like moderately)

8 = ชอบมาก (like very much)

9 = ชอบมากที่สุด (like extremely)

**การทดลองที่ 2 ศึกษาหาชนิดของสารละลายแคลเซียมที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในห้องปฏิบัติการ**

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ( Completely Randomized Design: CRD ) โดยมีทั้งหมด 8 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 control
กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยน้ำโอโซน 200 mg/hr. ระยะเวลา 2 นาที
กรรมวิธีที่ 3 เคลือบด้วยแคลเซียมแลคเตท 0.5 เปอร์เซ็นต์
กรรมวิธีที่ 4 เคลือบด้วยแคลเซียมแลคเตท 1 เปอร์เซ็นต์
กรรมวิธีที่ 5 เคลือบด้วยแคลเซียมแลคเตท 2 เปอร์เซ็นต์
กรรมวิธีที่ 6 เคลือบด้วยแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์
กรรมวิธีที่ 7 เคลือบด้วยแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์
กรรมวิธีที่ 8 เคลือบด้วยแคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์

คัดเลือกสับปะรดพันธุ์ภูแลที่ถูกเก็บเกี่ยวในพื้นที่ตำบลนางแล ในระยะบริบูรณ์ระดับ 2-3 (มีสีเหลืองประมาณ 25-50% ของผล) ขนส่งโดยรถยนต์มายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา คัดขนาดผลให้มีขนาดและสีที่สม่ำเสมอกัน นำไปปอกเปลือก ตัดตา หั่นตามยาวเป็นสี่ส่วนโดยมีขนาดประมาณ 4 x 10 ซม. ให้เท่ากัน จากนั้นนำไปชุบด้วยแคลเซียมทั้งสองชนิดคือ แคลเซียมแลคเตท และแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้นตามกรรมวิธีต่าง ๆ จากนั้นทำการผึ่งให้แห้งแล้วนำมาบรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ที่มีขนาด 30 ซม. × 30 ม. × 8 ไมครอน นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 10วัน โดยทำการประเมินคุณภาพของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน โดยทำการประเมินคุณภาพของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง โดยมีรายละเอียดเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

**การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพร่วมกันของการล้างด้วยน้ำโอโซน การเคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนต และและแคลเซียมคลอไรด์เพื่อรักษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในรูปแบบเป็นชิ้นพร้อมบริโภคและเป็นผล**

**3.1 ศึกษาประสิทธิภาพร่วมกันของการล้างด้วยน้ำโอโซน การเคลือบด้วยสารละลายโซเดียมแอลจิเนต และแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลทเตทเพื่อรักษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในรูปแบบเป็นชิ้นพร้อมบริโภค** ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ( Completely Randomized Design: CRD ) โดยมีทั้งหมด 5 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 control (ไม่ได้ล้าง)
กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยน้ำโอโซน 200 mg/hr. ระยะเวลา 2 นาที
กรรมวิธีที่ 3 สารละลายแอลจิเนต 1 เปอร์เซ็นต์
กรรมวิธีที่ 4 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2เปอร์เซ็นต์
กรรมวิธีที่ 5 สารละลายแคลเซียมแลทเตท 2 เปอร์เซ็นต์
กรรมวิธีที่ 6 สารละลายแอลจิเนต 1 เปอร์เซ็นต์ + แคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์
กรรมวิธีที่ 7 สารละลายแอลจิเนต 1เปอร์เซ็นต์ + แคลเซียมแลทเตท 2 เปอร์เซ็นต์

**3.2 ศึกษาประสิทธิภาพร่วมกันของการล้างด้วยน้ำโอโซน การเคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนต และแคลเซียมคลอไรด์ เพื่อรักษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในรูปแบบเป็นผลพร้อมบริโภค** ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ( Completely Randomized Design: CRD ) โดยมีทั้งหมด 5 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 control (ไม่ได้ล้าง)
กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยน้ำโอโซน 200 mg/hr. ระยะเวลา 2 นาที
กรรมวิธีที่ 3 สารละลายแอลจิเนต 1 เปอร์เซ็นต์
กรรมวิธีที่ 4 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์
กรรมวิธีที่ 5 สารละลายแอลจิเนต 1 เปอร์เซ็นต์ + แคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์

คัดเลือกสับปะรดพันธุ์ภูแลที่ถูกเก็บเกี่ยวในพื้นที่ตำบลนางแล ในระยะบริบูรณ์ระดับ 2-3 (มีสีเหลืองประมาณ 25-50% ของผล) คัดขนาดให้มีขนาดและสีที่สม่ำเสมอกัน นำไปปอกเปลือก ตัดตา จากนั้นนำไปล้างโอโซน แล้วนำไปเคลือบด้วยแอลจิเนต แคลเซียมคลอไรด์ และ

เคลือบผิวร่วมกับระหว่างแอลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์ ทั้งที่เป็นชิ้นพร้อมบริโภคและเป็นผลทำการผึ่งในแต่ละกรรมวิธีให้แห้ง จากนั้นทำการผึ่งให้แห้ง โดยจะทำการแยกเก็บรักษาดังนี้

สับปะรดตัดแต่งแบบหั่นชิ้นพร้อมบริโภค จะนำมาบรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ที่มีขนาด 30 ซม. × 30 ม. × 8 ไมครอน นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน โดยทำการประเมินคุณภาพของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง

สับปะรดตัดแต่งแบบผล จะนำมาบรรจุในถุงสุญญากาศขนาด 20 × 30 เซนติเมตร นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน โดยทำการประเมินคุณภาพของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง โดยมีรายละเอียดเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยนำข้อมูลค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ด้วยวิธีวิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**สถานที่ทำการทดลอง**

ห้องปฏิบัติการเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา

# บทที่ 4
# ผลการดำเนินการวิจัย

**การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในห้องปฏิบัติการ**

โดยนำสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งมาล้างด้วยน้ำโอโซนที่ ระดับความเข้มข้น 100, 150 และ 200 mg/hr. ร่วมกับระยะเวลาในการล้าง 30 วินาที, 1 และ 2 นาที จากนั้นผึ่งให้แห้ง บรรจุในกล่องพลาสติกที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% ได้ผลการทดลองดังนี้

1.1 การสูญเสียน้ำหนัก

ผลการศึกษาพบว่า สับปะรดตัดแต่งมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยกรรมวิธีที่ล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/hr. ที่ระยะเวลา 2 นาที สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเท่ากับ 4.19% รองลงมาเป็น 150 mg/hr. ที่ระยะเวลา 1 นาที และ 200 mg/hr. ที่ระยะเวลา 30 วินาที มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 4.58 และ 4.97% ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดเท่ากับ 6.56% (ภาพ 6)

1.2 การเกิดสีน้ำตาล

ผลการศึกษาพบว่าสับปะรดตัดแต่ง ช่วงแรกมีสีเหลือง และมีการเปลี่ยนแปลงสีเหลืองเข้มและสีเหลืองอมน้ำตาล เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งจะเริ่มเห็นได้ชัดในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยกรรมวิธีที่ล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 150 และ 100 mg/hr. ที่ระยะเวลา 2 นาที สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุดในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยมีค่าเท่ากับ 3.42, 3.58 และ 3.67 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุดเท่ากับ 4.83 คะแนน (ภาพ 7)

1.3 การเปลี่ยนแปลงของสี ในระบบ L* a* b*

เมื่อนำเนื้อผลของสับปะรดตัดแต่งมาวิเคราะห์ในระบบ L* a* b แต่ละตำแหน่งทำการวัด 2 ด้าน (ตรงข้ามกัน) โดยที่ ค่า L* เป็นค่าความสว่าง มีค่าเป็น 0–100 ซึ่งถ้าค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุมีสีทึบ ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีความสว่างมาก พบว่า สับปะรดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* ลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยค่า L* ในวันแรกมีค่าเท่ากับ 73.23

และในวันที่ 4 และ 8 ของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 70.19–71.59 และ 68.25–69.73 โดยกรรมวิธีที่ล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 และ 100 mg/hr. ที่ระยะเวลา 2 นาที จะมีค่า L*ใกล้เคียงกันเท่ากับ 69.73 และ 69.72 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีค่า L* น้อยที่สุดเท่ากับ 68.25 (ตาราง 3)

ค่า a* เป็นค่าที่แสดงถึงสีแดงและสีเขียว เมื่อค่า a*เป็นบวก (+) วัตถุมีสีออกเป็นสีแดง แต่ถ้าเมื่อค่า a*เมื่อค่าเป็นลบ (–) วัตถุจะมีสีเขียว โดยมีค่าระหว่าง –60 ถึง +60 พบว่าสับปะรดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี a* ลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยค่า a* ในวันแรกมีค่าเท่ากับ 3.67 และในวันที่ 4 และ 8 ของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 2.42–2.80 และ 1.28–1.81 โดยกรรมวิธีที่ล้างด้วยน้ำโอโซนในทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตาราง 3)

และค่า b* เป็นค่าที่แสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน เมื่อค่า b*เป็นบวก (+) วัตถุมีสีเหลือง เมื่อค่า b*เป็นลบ (–) วัตถุจะมีสีออกน้ำเงิน โดยมีค่าระหว่าง –60 ถึง +60 จากผลการทดลองพบว่าสับปะรดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี b* ลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยค่า b* ในวันแรกมีค่าเท่ากับ 23.12 และในวันที่ 4 และ 8 ของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 20.73–22.97 และ 19.01–20.15 โดยกรรมวิธีที่ล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/hr. ที่ระยะเวลา 2 และ 1 นาที จะมีค่า b* ใกล้เคียงกันเท่ากับ 19.86 และ 19.88 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีค่า b*เท่ากับ 19.70 (ตาราง 3)

1.4 คุณภาพทางเคมี

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 15.40–15.57 %Brix โดยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าลดลงเล็กน้อย โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีที่ล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/hr. ที่ระยะเวลา 1 และ 2 นาที มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยสุดเท่ากับ 14.50 และ 14.67 %Brix ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 16.87 %Brix (ตารางที่1) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 0.72–0.81% เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลงเล็กน้อย โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีที่ล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 และ 150 mg/hr. ที่ระยะเวลา 2 นาที มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ใกล้เคียงกันเท่ากับ 0.66 และ 0.68% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 0.75%

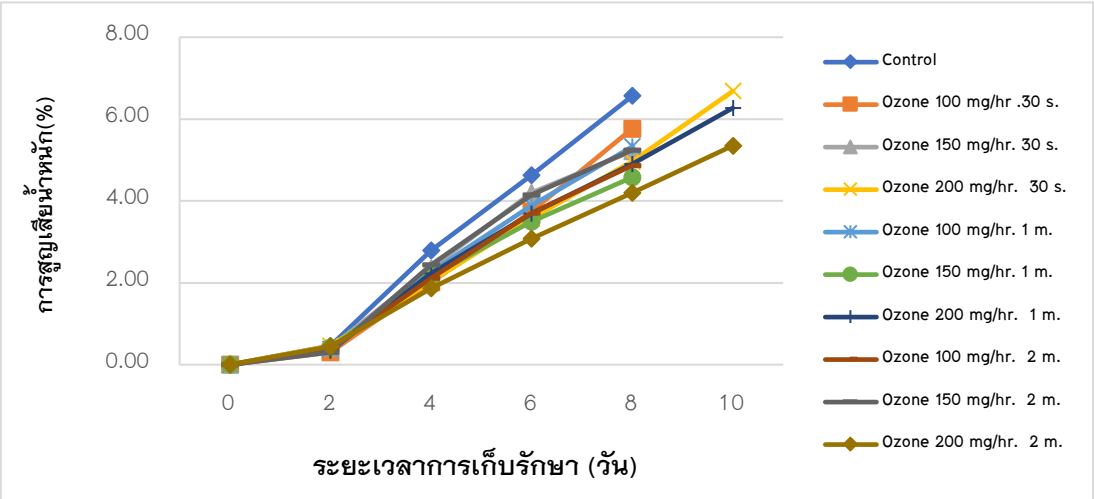
(ตาราง 1) ปริมาณวิตามินซีพบว่าสับปะรดตัดแต่งในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุของการเก็บรักษา ในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 16.71–17.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่า กรรมวิธีที่ล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/hr. ระยะเวลา 2 นาที มีปริมาณวิตามินซีมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยมีค่าเท่ากับ 16.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่ามากกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ เท่ากับ 16.2 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ตาราง 2)

1.5 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g FW)

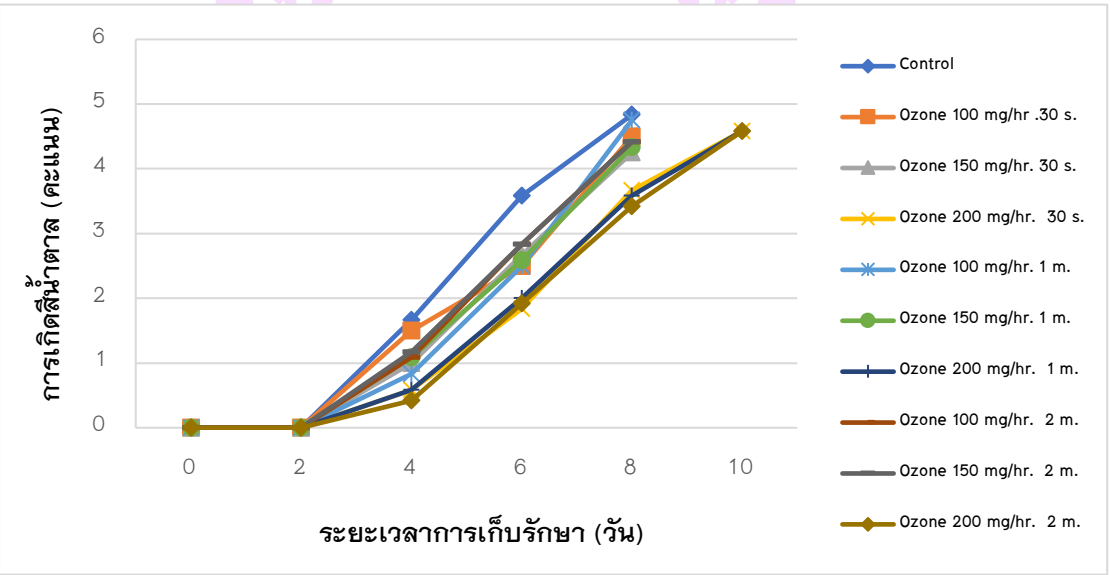
ผลการศึกษาจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นเดียวในทุกกรรมวิธี โดยจะเริ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่าการล้างด้วยโอโซนทุกระดับความเข้มข้นมีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยที่การล้างสับปะรดตัดแต่งด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/hr. ที่ระยะเวลา 2 และ 1 นาที มีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 70.33 และ 77.33 log CFU/g FW. ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด มากที่สุดเท่ากับ 150 log CFU/g FW (ภาพ 7) จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการล้างสับปะรดตัดแต่งด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/hr. สามารถลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากที่สุด และสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้นานถึง 10 วันในขณะที่ชุดควบคุมสามารถเก็บรักษาได้นานสุดเพียง 8 วัน (ภาพ 8)

1.6 การยอมรับคุณภาพโดยรวม

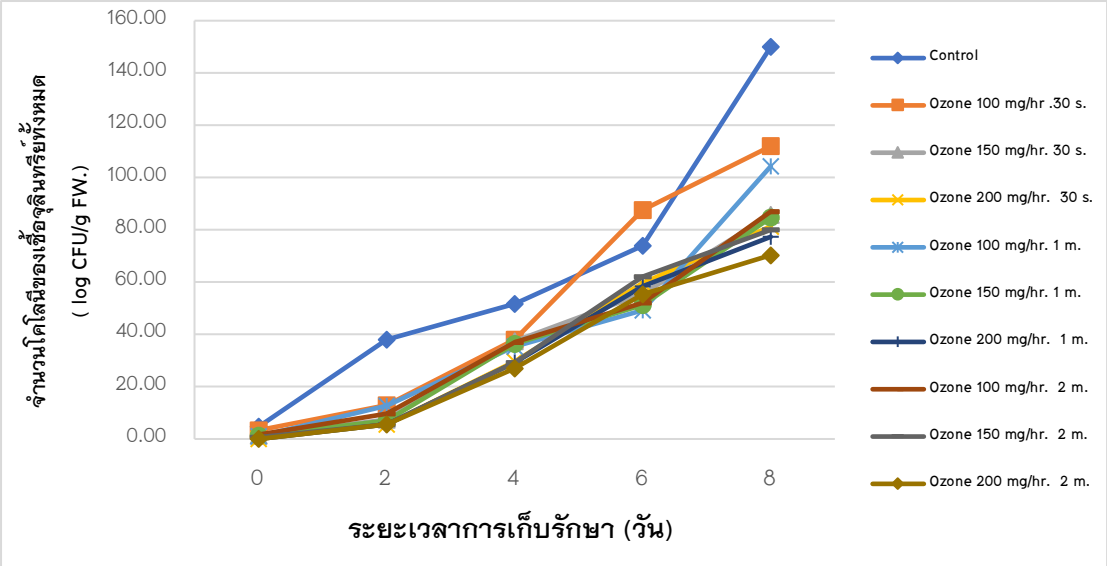
ผลการศึกษาการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ในวันแรกของการเก็บรักษาพบว่า การยอมรับด้านสี ชุดควบคุมมีคะแนนมากที่สุด รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/hr. ที่ระยะเวลา 30 วินาที มีค่าเท่ากับ 6.45 และ 6.18 คะแนน ตามลำดับ การยอมรับด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส กรรมวิธีที่ล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 150 mg/hr. ที่ระยะเวลา 30 วินาที มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ มีเท่ากับ 5.82, 5.91, 6.18 คะแนนตามลำดับ รวมทั้งมีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด 6.27 คะแนนซึ่งมีค่าเท่ากับชุดควบคุม ทั้งนี้ได้รับคำข้อเสนอแนะจากผู้เข้ารับการประเมินว่า หากล้างสับปะรดด้วยน้ำโอโซนเป็นระยะเวลานานอาจทำให้รสชาติของสับปะรดเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งทำให้ผู้บริโภคอาจไม่ชอบ (ภาพ 9)



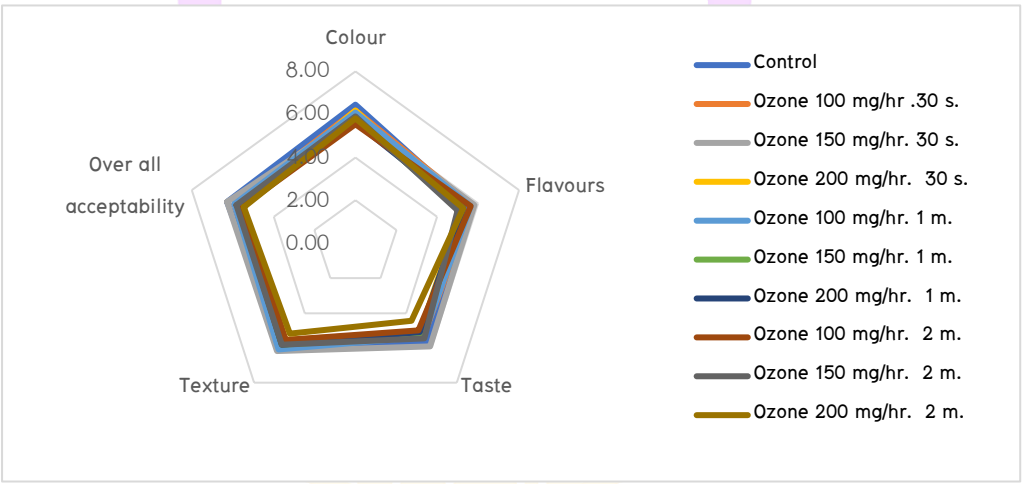

ภาพ 6 แสดงการสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซน ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 100, 150 และ 200 mg/hr. ที่ระยะเวลา 30 วินาที, 1 และ 2 นาที แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 8–10 วัน




ภาพ 7 แสดงการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 100, 150 และ 200 mg/hr. ที่ระยะเวลา 30 วินาที, 1 และ 2 นาทีแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 8–10 วัน




ภาพ 8 แสดงจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อจุลินทรีย์ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนระดับความเข้มข้น 0, 100, 150 และ 200 mg/hr. ที่ระยะเวลา 30 วินาที, 1 และ 2 นาที แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 8–10 วัน




ภาพ 9 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภค) ในวันแรกของการเก็บรักษาของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 100, 150 และ 200 mg/hr. เป็นระยะเวลา 30 วินาที, 1 และ 2 นาที

**ตาราง 1 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 8 วัน**

| | | TA (%) | | | TSS(%Brix) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Day 0 | Day 4 | Day 8 | Day 0 | Day 4 | Day 8 |
| **Ozone** | **time** | 0.72±0.04$^{b}$ | 0.79±0.04 | 0.75±0.04$^{bc}$ | 15.57±0.12$^{a}$ | 16.60±0.00$^{a}$ | 16.87±0.06$^{a}$ |
| 100 | 30 s | 0.81±0.04$^{a}$ | 0.83±0.04 | 0.73±0.07$^{bc}$ | 15.43±0.06$^{bc}$ | 14.40±0.00$^{f}$ | 14.87±0.06$^{e}$ |
| mg/hr. | 1 m | 0.79±0.04$^{a}$ | 0.81±0.00 | 0.79±0.04$^{ab}$ | 15.40±0.06$^{c}$ | 14.97±0.06$^{d}$ | 15.47±0.06$^{c}$ |
| | 2 m | 0.75±0.04$^{ab}$ | 0.79±0.04 | 0.88±0.04$^{a}$ | 15.47±0.12$^{abc}$ | 14.60±0.12$^{e}$ | 14.87±0.06$^{e}$ |
| 150 | 30 s | 0.75±0.04$^{ab}$ | 0.81±0.04 | 0.79±0.04$^{ab}$ | 15.47±0.00$^{abc}$ | 15.37±0.12$^{b}$ | 15.63±0.06$^{b}$ |
| mg/hr. | 1 m | 0.72±0.04$^{b}$ | 0.75±0.04 | 0.86±0.07$^{a}$ | 15.53±0.06$^{ab}$ | 14.57±0.06$^{e}$ | 15.63±0.06$^{b}$ |
| | 2 m | 0.75±0.00$^{ab}$ | 0.75±0.04 | 0.73±0.04$^{bc}$ | 15.47±0.06$^{abc}$ | 13.83±0.00$^{h}$ | 14.50±0.06$^{g}$ |
| 200 mg/hr. | 30 s | 0.72±0.04$^{b}$ | 0.77±0.00 | 0.72±0.04$^{bc}$ | 15.57±0.06$^{a}$ | 15.23±0.00$^{c}$ | 15.57±0.06$^{bc}$ |
| | 1 m | 0.77±0.04$^{ab}$ | 0.79±0.04 | 0.68±0.07$^{c}$ | 15.57±0.06$^{a}$ | 14.60±0.06$^{e}$ | 15.27±0.10$^{d}$ |
| | 2 m | 0.72±0.04$^{b}$ | 0.70±0.06 | 0.66±0.04$^{c}$ | 15.53±0.06$^{ab}$ | 14.27±0.06$^{g}$ | 14.67±0.06$^{f}$ |
| F-test | | * | ns | * | * | * | * |
| CV (%) | | 4.96 | 10.33 | 6.81 | 0.46 | 0.43 | 4.96 |

**หมายเหตุ**: 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 2 ปริมาณวิตามินซีของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 ºC, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 8 วัน**

| | | Vitamin C (mg/100 gf.w.) | | |
|---|---|---|---|---|
| **Ozone** | **time** | **Day 0** | **Day 4** | **Day 8** |
| 0 | 0 | 17.5±0.04$^{c}$ | 17.5±0.04$^{a}$ | 16.2±0.02$^{bc}$ |
| 100 | 30 s | 16.89±0.06$^{a}$ | 17.5±0.04$^{cd}$ | 16.3±0.02$^{bc}$ |
| mg/hr. | 1 m | 16.71±0.06$^{ab}$ | 17.6±0.04$^{b}$ | 16.4±0.04$^{ab}$ |
| | 2 m | 17.13±0.04$^{bc}$ | 17.6±0.04$^{b}$ | 16.4±0.04$^{ab}$ |
| 150 | 30 s | 17.8±0.04$^{bc}$ | 17.5±0.04$^{b}$ | 16.5±0.05$^{a}$ |
| mg/hr. | 1 m | 17.5±0.04$^{c}$ | 17.5±0.04$^{b}$ | 16.5±0.05$^{a}$ |
| | 2 m | 17.8±0.04$^{bc}$ | 17.6±0.04$^{bc}$ | 16.6±0.04$^{bc}$ |
| 200 | 30 s | 17.5±0.04$^{c}$ | 17.6±0.04$^{d}$ | 16.7±0.01$^{bc}$ |
| mg/hr. | 1 m | 17.8±0.04$^{abc}$ | 17.6±0.04$^{b}$ | 16.8±0.01$^{c}$ |
| | 2 m | 17.5±0.04$^{c}$ | 17.8±0.06$^{cd}$ | 16.8±0.01$^{c}$ |
| F-test | | * | * | * |
| CV (%) | | 4.96 | 4.91 | 5.26 |

**หมายเหตุ:** 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 3 ค่าสี L*, a* และ b* ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 8 วัน**

| Ozone | time | L* | | a* | | b* | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Day 4 | Day 8 | Day 4 | Day 8 | Day 4 | Day 8 |
| 0 | 0 | 70.19±0.44$^{f}$ | 68.25±0.20$^{e}$ | 2.52±0.16$^{de}$ | 1.80±0.06$^{a}$ | 20.89±0.44$^{e}$ | 19.70±0.35$^{ab}$ |
| 100 mg/hr | 30 s | 70.70±0.18$^{e}$ | 68.52±0.07$^{d}$ | 2.42±0.10$^{e}$ | 1.81±0.19$^{a}$ | 20.97±0.02$^{de}$ | 19.57±0.39$^{b}$ |
| | 1 m | 71.12±0.17$^{c}$ | 68.91±0.10$^{c}$ | 2.65±0.13$^{bcd}$ | 1.65±0.03$^{abcd}$ | 21.17±0.20$^{cde}$ | 19.60±0.04$^{b}$ |
| | 2 m | 71.42±0.35$^{b}$ | 69.27±0.62$^{b}$ | 2.58±0.13$^{cde}$ | 1.52±0.06$^{cd}$ | 21.7±0.40$^{bc}$ | 20.15±0.11$^{a}$ |
| 150 mg/hr | 30 s | 70.83±0.12$^{d}$ | 68.82±0.16$^{c}$ | 2.52±0.12$^{de}$ | 1.46±0.04$^{de}$ | 22.97±0.06$^{a}$ | 19.01±0.18$^{c}$ |
| | 1 m | 71.32±0.27$^{b}$ | 68.92±0.12$^{c}$ | 2.80±0.06$^{ab}$ | 1.74±0.18$^{ab}$ | 20.73±0.28$^{e}$ | 19.75±0.15$^{ab}$ |
| | 2 m | 71.58±0.31$^{a}$ | 69.73±0.13$^{a}$ | 2.45±0.04$^{e}$ | 1.28±0.02$^{e}$ | 22.08±0.31$^{b}$ | 19.86±0.32$^{ab}$ |
| 200 mg/hr | 30 s | 70.94±0.29$^{d}$ | 69.22±0.43$^{b}$ | 2.52±0.08$^{de}$ | 1.57±0.21$^{bcd}$ | 21.91±0.81$^{b}$ | 19.90±0.52ab |
| | 1 m | 71.58±0.09$^{a}$ | 69.60±0.19$^{a}$ | 2.72±0.09$^{abc}$ | 1.68±0.04$^{abc}$ | 22.16±0.09$^{b}$ | 19.53±0.32b |
| | 2 m | 71.59±0.31$^{a}$ | 69.72±0.27$^{a}$ | 2.89±0.07$^{a}$ | 1.73±0.12$^{ab}$ | 21.58±0.47$^{cd}$ | 19.88±0.05ab |
| F-test | | * | * | * | * | * | * |
| CV (%) | | 4.96 | 0.10 | 0.11 | 4.00 | 7.26 | 1.77 |

**หมายเหตุ**: 1. ค่า L*, a*, b* ในวันแรกของการเก็บรักษาเท่ากับ 73.23 , 3.67 และ 23.12 ตามลำดับ

2. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**การทดลองที่ 2 ศึกษาหาชนิดของสารละลายแคลเซียมที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในห้องปฏิบัติการ**

ศึกษาผลของการเคลือบผิวด้วยแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท โดยนำสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบหั่นชิ้น มาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท ที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นบรรจุในกล่องพลาสติกที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% ผลการทดลองพบว่า

2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

ผลการศึกษาพบว่า สับปะรดตัดแต่งในทุกกรรมวิธีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเท่ากับ 6.82% รองลงมาเป็นสารละลายแคลเซียมแลคเตท ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 6.99% ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดเท่ากับ 8.71% (ภาพ 10)

2.2 การเกิดสีน้ำตาล

ผลการศึกษาพบว่าสับปะรดตัดแต่ง ช่วงแรกมีสีเหลือง และมีการเปลี่ยนแปลงสีเหลืองเข้มและสีเหลืองอมน้ำตาล เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งจะเริ่มเห็นได้ชัดในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุดในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยมีค่าเท่ากับ 3.83, และ 3.92 คะแนนตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุดเท่ากับ 5.00 คะแนน (ภาพ 11)

2.3 การเปลี่ยนแปลงของสี ในระบบ L* a* b*

เมื่อนำเนื้อผลของสับปะรดตัดแต่งมาวิเคราะห์ในระบบ L* a* b แต่ละตำแหน่งทำการวัด 2 ด้าน (ตรงข้ามกัน) โดยที่ ค่า L* เป็นค่าความสว่าง มีค่าเป็น 0–100 ซึ่งถ้าค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุมีสีทึบ ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีความสว่างมาก พบว่า สับปะรดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* ลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยค่า L* ในวันแรกมีค่าเท่ากับ 75.57 และในวันที่ 4 และ 8 ของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 71.06–72.39 และ 68.87–69.83 โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่า L*

มากที่สุดเท่ากับ 69.83 รองลงมาคือ สารละลายแคลเซียมแลคเตท ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 69.56 ซึ่งมีค่ามากกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีค่า L* น้อยที่สุดเท่ากับ 68.87 (ตาราง 6)

ค่า a* เป็นค่าที่แสดงถึงสีแดงและสีเขียว เมื่อค่า a*เป็นบวก (+) วัตถุมีสีออกเป็นสีแดง แต่ถ้าเมื่อค่า a*เมื่อค่าเป็นลบ (–) วัตถุจะมีสีเขียว โดยมีค่าระหว่าง –60 ถึง +60 พบว่าสับปะรดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี a* ลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยค่า a* ในวันแรกมีค่าเท่ากับ 3.17 และในวันที่ 4 และ 8 ของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 2.55–2.80 และ 1.52–2.28 โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมทั้งสองชนิด ในทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตาราง 6)

และค่า b* เป็นค่าที่แสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน เมื่อค่า b*เป็นบวก (+) วัตถุมีสีเหลือง เมื่อค่า b*เป็นลบ (–) วัตถุจะมีสีออกน้ำเงิน โดยมีค่าระหว่าง –60 ถึง +60 จากผลการทดลองพบว่า สับปะรดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี b* ลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยค่า b* ในวันแรกมีค่าเท่ากับ 30.28 และในวันที่ 4 และ 8 ของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 20.87–23.17 และ 18.90–20.20 โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้น 2 และ 1 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่า b* ใกล้เคียงกันเท่ากับ 20.20 และ 19.92 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีค่า b*เท่ากับ 18.90 (ตาราง 6)

2.4 คุณภาพทางเคมี

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 15.33–15.53 %Brix โดยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าลดลงเล็กน้อย โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำใกล้เคียงกันเท่ากับ 14.53 และ 14.57 %Brix ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 16.87 %Brix (ตารางที่4) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 0.79–0.85% เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าเพิ่มขึ้น โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้น 2, 1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ใกล้เคียงกันเท่ากับ 0.96 และ 0.98% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 1.13% (ตาราง 4) ปริมาณวิตามินซี

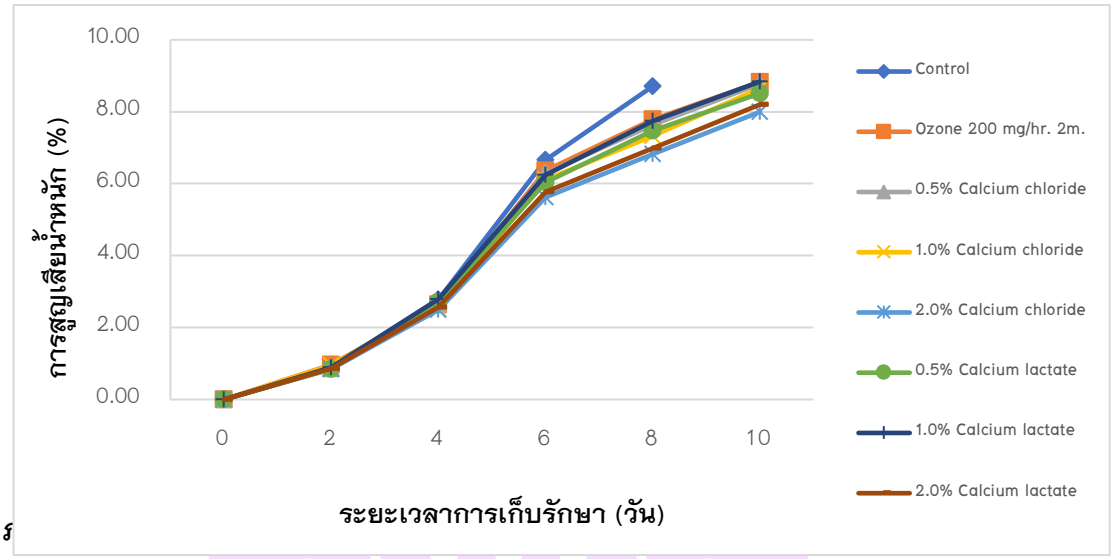
พบว่าสับปะรดตัดแต่งในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุของการเก็บรักษา ในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 16.2–17.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่า กรรมวิธีแช่ด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตท ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณวิตามินซีมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยมีค่าเท่ากับ 19.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่ามากกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ เท่ากับ 18.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ตาราง 4)

2.5 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g FW)

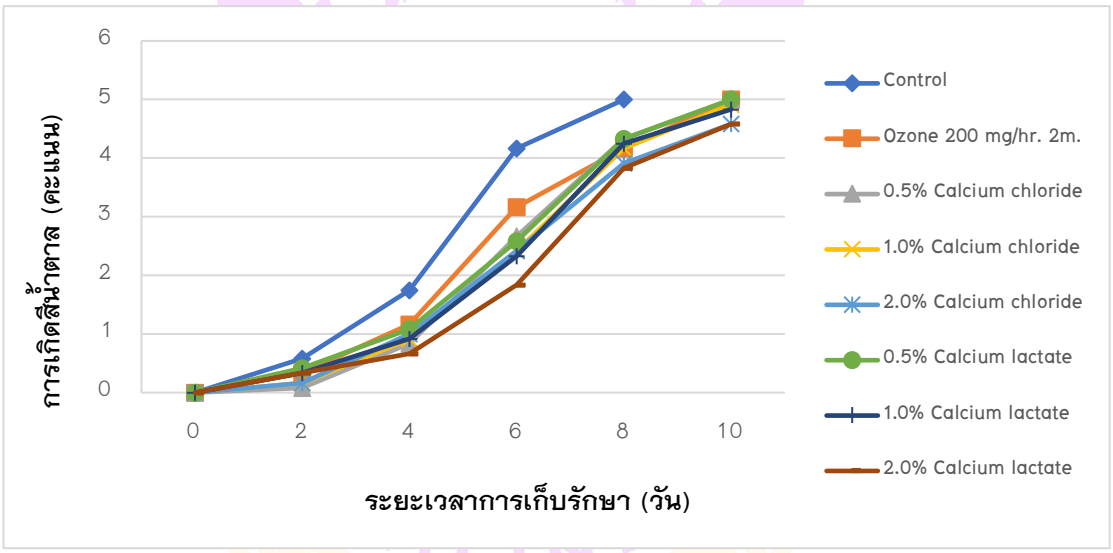
ผลการศึกษาจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นเดียวในทุกกรรมวิธี โดยจะเริ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่าการแช่ด้วยสารละลายแคลเซียมทั้งสองชนิดในทุกระดับความเข้มข้น มีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยที่การแช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 81.33 log CFU/g FW. ทั้งสองกรรมวิธี รองลงมาคือ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 87 log CFU/g FW. ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด มากที่สุดเท่ากับ 144.33 log CFU/g FW (ภาพ12) จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการแช่ด้วยสารละลายแคลเซียมทั้งสองชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากที่สุด และสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้นานถึง 10 วันในขณะที่ชุดควบคุมสามารถเก็บรักษาได้นานสุดเพียง 8 วัน (ภาพ 12)

2.6 การยอมรับคุณภาพโดยรวม

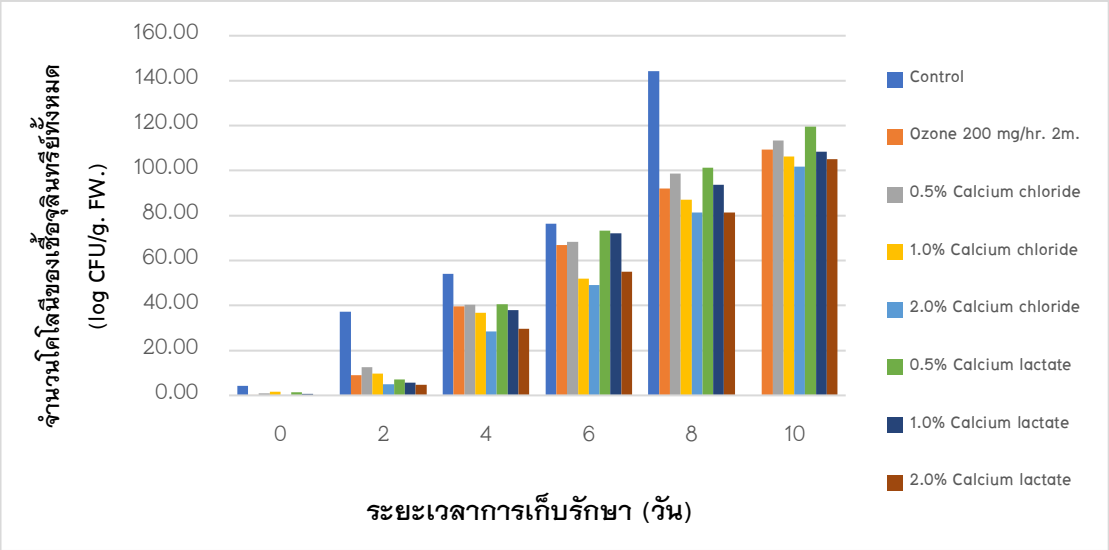
ผลการศึกษาการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ในวันแรกของการเก็บรักษาพบว่าการยอมรับด้านสี เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแลคเตท ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนมากสุด มีค่าเท่ากับ 6.91, 7.45 และ 6.91 คะแนน ตามลำดับ การยอมรับด้านรสชาติ กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนมากสุดเท่ากับ 6.18 คะแนน และการยอมรับด้านรสชาติ กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนมากสุดเท่ากับ 6.73 คะแนน ทั้งนี้ได้รับคำข้อเสนอแนะจากผู้เข้ารับการประเมินว่า หากใช้ระดับความเข้มข้นของแคลเซียมทั้งสองชนิดที่สูงขึ้นอาจทำให้รสชาติของสับปะรดเปลี่ยนแปลงได้ (ภาพ13)



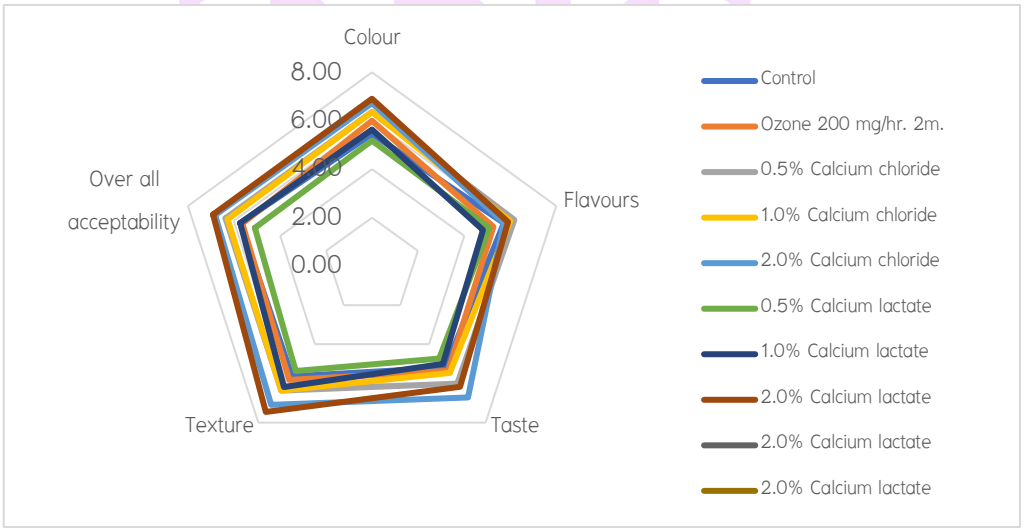

แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 8–10 วัน




ภาพ 11 แสดงการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 8–10 วัน




ภาพ 12 แสดงจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อจุลินทรีย์ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 8–10 วัน




ภาพ 13 คะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภค) ในวันแรกของการเก็บรักษา ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท

**ตาราง 4 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง ที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 8 วัน**

| Treatment | | TA (%) | | | TSS(%Brix) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Day 0 | Day 4 | Day 8 | Day 0 | Day 4 | Day 8 |
| Control | 0 | 0.85±0.04 | 1.00±0.04$^{a}$ | 1.13±0.10$^{a}$ | 15.47±0.06$^{ab}$ | 16.27±0.06$^{a}$ | 16.87 ±0.06$^{a}$ |
| 200 mg/hr. Ozonewater | | 0.85±0.04 | 0.85±0.04$^{b}$ | 1.04±0.04$^{abc}$ | 15.37±0.06$^{bc}$ | 14.73±0.06$^{b}$ | 15.53±0.85$^{b}$ |
| $CaCl_2$. | 0.5% | 0.79±0.04 | 0.85±0.04$^{b}$ | 0.96±0.00$^{c}$ | 15.33±0.06$^{c}$ | 14.57±0.06$^{c}$ | 15.17±0.79$^{c}$ |
| | 1.0% | 0.81±0.04 | 0.85±0.04$^{b}$ | 0.98±0.04$^{bc}$ | 15.47±0.06$^{ab}$ | 14.57±0.06$^{c}$ | 14.83±0.81$^{d}$ |
| | 2.0% | 0.79±0.04 | 0.85±0.04$^{b}$ | 0.98±0.04$^{bc}$ | 15.47±0.06$^{ab}$ | 14.50±0.00$^{c}$ | 14.53±0.79$^{e}$ |
| Ca-lactate | 0.5% | 0.85±0.04 | 0.88±0.04$^{b}$ | 1.04±0.04$^{abc}$ | 15.33±0.06$^{c}$ | 14.20±0.10$^{d}$ | 14.77±0.85$^{d}$ |
| | 1.0% | 0.79±0.04 | 0.77±0.06$^{c}$ | 1.04±0.04$^{abc}$ | 15.43±0.06$^{abc}$ | 13.93±0.06$^{e}$ | 14.77±0.79$^{d}$ |
| | 2.0% | 0.81±0.04 | 0.88±0.04$^{b}$ | 1.07±0.04$^{ab}$ | 15.53±0.06$^{a}$ | 13.80±0.10$^{f}$ | 14.57±0.81$^{e}$ |
| F-test | | ns | * | * | * | * | ns |
| CV (%) | | 4.51 | 5.04 | 4.76 | 0.37 | 0.46 | 4.51 |

**หมายเหตุ:** 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 5 ปริมาณวิตามินซีของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่ง ที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C,80±2%RH) เป็นระยะเวลา 8 วัน**

| Treatment | | Vitamin C (mg/100 gf.w.) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Day 0 | Day 4 | Day 8 |
| Control | | 17.8±0.04a | 17.8±0.04 | 18.5±0.04$^{bc}$ |
| 100 mg/hr. Ozonewater | | 16.7±0.07$^{abc}$ | 17.8±0.04 | 18.9±0.04$^{ab}$ |
| $CaCl_2$. | 0.5% | 16.2±0.10$^{c}$ | 17.5±0.04 | 18.9±0.04$^{ab}$ |
| | 1.0% | 16.9±0.08$^{abc}$ | 17.5±0.04 | 18.5±0.04$^{ab}$ |
| | 2.0% | 17.1±0.04$^{abc}$ | 17.5±0.04 | 18.2±0.04$^{b}$ |
| Ca-lactate | 0.5% | 16.5±0.04$^{bc}$ | 17.8±0.04 | 18.5±0.04$^{ab}$ |
| | 1.0% | 16.9±0.04$^{abc}$ | 17.8±0.04 | 18.5±0.04$^{ab}$ |
| | 2.0% | 17.5±0.04$^{abc}$ | 17.8±0.04 | 19.1±0.04$^{a}$ |
| F-test | | * | ns | ns |
| CV (%) | | 8.45 | 8.45 | 5.26 |

**หมายเหตุ**: 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 6 ค่าสี L*, a* และ b* ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งที่เคลือบผิวด้วยแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 8 วัน**

| Treatment | | L* | | a* | | b* | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Day 4 | Day 8 | Day 4 | Day 8 | Day 4 | Day 8 |
| Control | 0 | 70.71±0.28$^{d}$ | 68.87±0.08$^{d}$ | 2.38±0.07$^{d}$ | 1.83±0.08$^{b}$ | 20.87±0.19$^{e}$ | 18.90±0.12$^{d}$ |
| 100 mg/hr Ozonewater | | 71.06±0.10$^{cd}$ | 68.88±0.23$^{d}$ | 2.41±0.16$^{cd}$ | 1.85±0.20$^{b}$ | 20.97±0.03$^{e}$ | 19.00±0.03$^{d}$ |
| $CaCl_{2.}$ | 0.5% | 71.16±0.45$^{cd}$ | 69.12±0.07$^{cd}$ | 2.54±0.08$^{bc}$ | 1.98±0.06$^{b}$ | 21.92±0.12$^{cd}$ | 19.54±0.01$^{c}$ |
| | 1.0% | 71.24±0.30$^{cd}$ | 69.41±0.06$^{bc}$ | 2.55±0.03$^{bc}$ | 2.28±0.10$^{a}$ | 22.00±0.18$^{bcd}$ | 19.92±0.13$^{ab}$ |
| | 2.0% | 72.39±0.35$^{a}$ | 69.83±0.12$^{a}$ | 2.80±0.09$^{a}$ | 1.97±0.18$^{b}$ | 23.17±0.25$^{a}$ | 20.20±0.36$^{a}$ |
| Ca-lactate | 0.5% | 71.09±0.18$^{cd}$ | 69.19±0.03$^{bcd}$ | 2.55±0.08$^{bc}$ | 1.52±0.21$^{c}$ | 21.70±0.31$^{d}$ | 19.75±0.15$^{bc}$ |
| | 1.0% | 71.29±0.12$^{cd}$ | 69.48±0.30$^{abc}$ | 2.57±0.05$^{bc}$ | 1.82±0.23$^{b}$ | 22.19±0.26$^{bc}$ | 19.53±0.32$^{c}$ |
| | 2.0% | 71.86±0.30$^{b}$ | 69.56±0.43$^{abc}$ | 2.59±0.10$^{bc}$ | 1.95±0.02$^{b}$ | 22.39±0.44$^{b}$ | 19.83±0.02$^{bc}$ |
| F-test | | * | * | * | * | * | * |
| CV (%) | | 4.96 | 0.40 | 0.30 | 3.44 | 8.17 | 1.15 |

**หมายเหตุ**: 1. ค่า L*, a*, b* ในวันแรกของการเก็บรักษาเท่ากับ 75.75 , 3.17 และ 30.28 ตามลำดับ

2. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRTที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพร่วมกันของการล้างด้วยน้ำโอโซน การเคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนต และแคลเซียมคลอไรด์เพื่อรักษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในรูปแบบหั่นชิ้นพร้อมบริโภคและเป็นผล**

**3.1 การเก็บรักษาสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในรูปแบบสับปะรดหั่นชิ้น**

ศึกษาผลของการล้างด้วยน้ำโอโซน ร่วมกับการเคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนตและสารละลายแคลเซียมทั้งสองชนิด คือ แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นบรรจุในกล่องพลาสติกที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% ผลการทดลองพบว่า

3.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก

ผลการศึกษาพบว่า สับปะรดตัดแต่งมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเท่ากับ 3.37% รองลงมาเป็นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 3.80% ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 4.44% (ภาพ 14)

3.1.2 การเกิดสีน้ำตาล

ผลการศึกษาพบว่าสับปะรดตัดแต่ง ช่วงแรกมีสีเหลือง และมีการเปลี่ยนแปลงสีเหลืองเข้ม และสีเหลืองอมน้ำตาล เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งจะเริ่มเห็นได้ชัดในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนตระดับความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา รองลงมาคือกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนตระดับความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมแลคเตทระดับความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยมีค่าเท่ากับ 4.53, และ 4.63 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุดเท่ากับ 5.00 คะแนน (ภาพ 15)

3.1.3 การเปลี่ยนแปลงของสี ในระบบ L* a* b*

เมื่อนำเนื้อผลของสับปะรดตัดแต่งมาวิเคราะห์ในระบบ L* a* b แต่ละตำแหน่งทำการวัด 2 ด้าน (ตรงข้ามกัน) โดยที่ ค่า L* เป็นค่าความสว่าง มีค่าเป็น 0–100 ซึ่งถ้าค่า L* เข้าใกล้

0 หมายถึงวัตถุมีสีทึบ ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีความสว่างมาก พบว่า สับปะรดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* ลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยค่า L* ในวันแรกมีค่าเท่ากับ 76.23–76.24 และในวันที่ 3 และ 6 ของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 71.86–73.63 และ 63.44–70.06 โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายแอลจิเนต ระดับความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่า L* ใกล้เคียงกันเท่ากับ 70.06 และ 70.03 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีค่า L* น้อยที่สุดเท่ากับ 67.71 (ตาราง 9)

ค่า a* เป็นค่าที่แสดงถึงสีแดงและสีเขียว เมื่อค่า a*เป็นบวก (+) วัตถุมีสีออกเป็นสีแดง แต่ถ้าเมื่อค่า a*เมื่อค่าเป็นลบ (–) วัตถุจะมีสีเขียว โดยมีค่าระหว่าง –60 ถึง +60 พบว่า สับปะรดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี a* ลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยค่า a* ในวันแรกมีค่าเท่ากับ 3.52–5.52 และในวันที่ 3 และ 6 ของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 2.18–2.73 และ 1.29–2.11 โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายแอลจิเนต ระดับความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่า a* ลดลงน้อยที่สุดเท่ากับ 2.11 และ 2.05 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีค่า a*เท่ากับ 1.29 (ตาราง 9)

และค่า b* เป็นค่าที่แสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน เมื่อค่า b*เป็นบวก (+) วัตถุมีสีเหลือง เมื่อค่า b*เป็นลบ (–) วัตถุจะมีสีออกน้ำเงิน โดยมีค่าระหว่าง –60 ถึง +60 จากผลการทดลองพบว่า สับปะรดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี b* ลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยค่า b* ในวันแรกมีค่าเท่ากับ 24.02–24.07 และในวันที่ 3 และ 6 ของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 19.72–22.16 และ 12.28–13.60 โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายแอลจิเนต ระดับความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่า b* ใกล้เคียงกันเท่ากับ 13.6 และ 13.2 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีค่า b*เท่ากับ 12.28 (ตาราง 9)

3.1.4 คุณภาพทางเคมี

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ในวันแรกของการเก็บรักษา มีค่าอยู่ระหว่าง 14.5–14.7 %Brix โดยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีที่

แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนตที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุด เท่ากับ 15.03 %Brix ซึ่งมีค่าน้อยกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 15.23 %Brix (ตาราง 7) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 0.45–0.51% เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลงเล็กน้อย โดยในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนตที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนตระดับความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมแลคเตทระดับความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยที่สุดใกล้เคียงกันเท่ากับ 0.66 และ 0.67% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 0.72% (ตาราง 7) ปริมาณวิตามินซีพบว่าสับปะรดตัดแต่งในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุของการเก็บรักษา โดยในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 10.41–10.75 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบว่า กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนตที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายสารละลายแอลจิเนตระดับความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมแลคเตทระดับความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณวิตามินซีมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยมีค่าเท่ากับ 11.97 และ 11.89 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่ามากกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ เท่ากับ 10.54 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ตาราง 8)

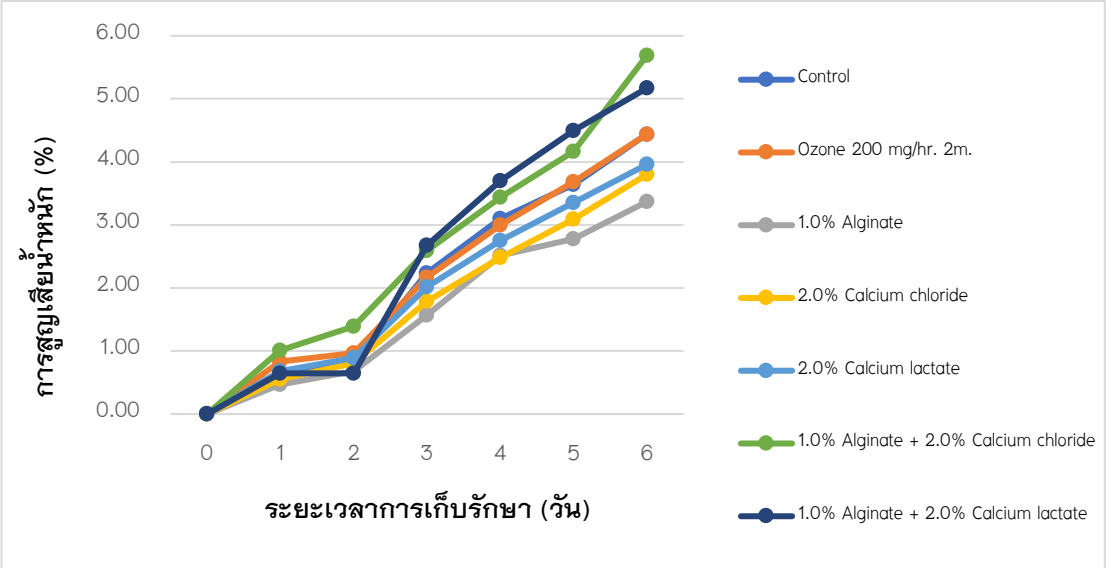
3.1.5 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g FW)

ผลการศึกษาจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นเดียวในทุกกรรมวิธี โดยจะเริ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา พบว่า กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนตและสาระลายแคลเซียมทั้งสองชนิดในทุกกรรมวิธี มีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และการแช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ โดยในวันที่ 6 ของการเก็บรักษามีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 93.67 และ 98.33 log CFU/g FW. ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมี

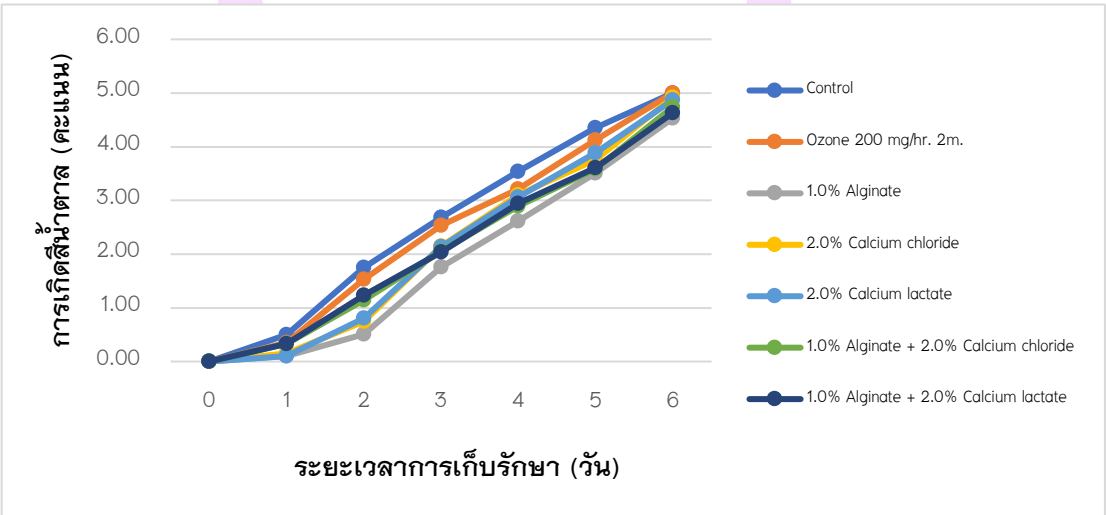
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด มากที่สุดเท่ากับ 127.67 log CFU/g FW. (ภาพ 16)

3.1.6 การยอมรับคุณภาพโดยรวม

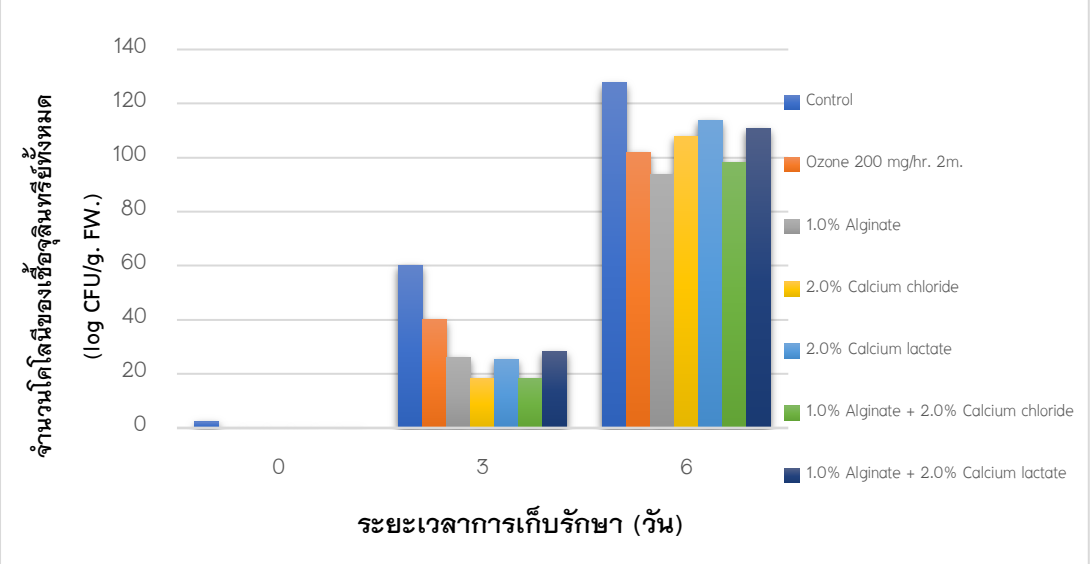
ผลการศึกษาการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ในวันแรกของการเก็บรักษาพบว่าการยอมรับด้านสี กลิ่น รสชาติ คะแนนการยอมรับโดยรวม กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 7.00, 6.18, 6.50 และ 6.18 คะแนน ตามลำดับ และกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ มีเท่ากับ 6.75 คะแนน ทั้งนี้ได้รับคำข้อเสนอแนะจากผู้เข้ารับการประเมินว่า การแช่ด้วยสารละลายแอลจิเนตร่วมกับสารละลายแคลเซียมทั้งสองชนิด ควรใช้ความเข้มข้นที่เหมาะสม เนื่องจากความหนาของสารเคลือบทำให้รสชาติของสับปะรดตัดแต่งเปลี่ยนแปลงได้ (ภาพ 17)



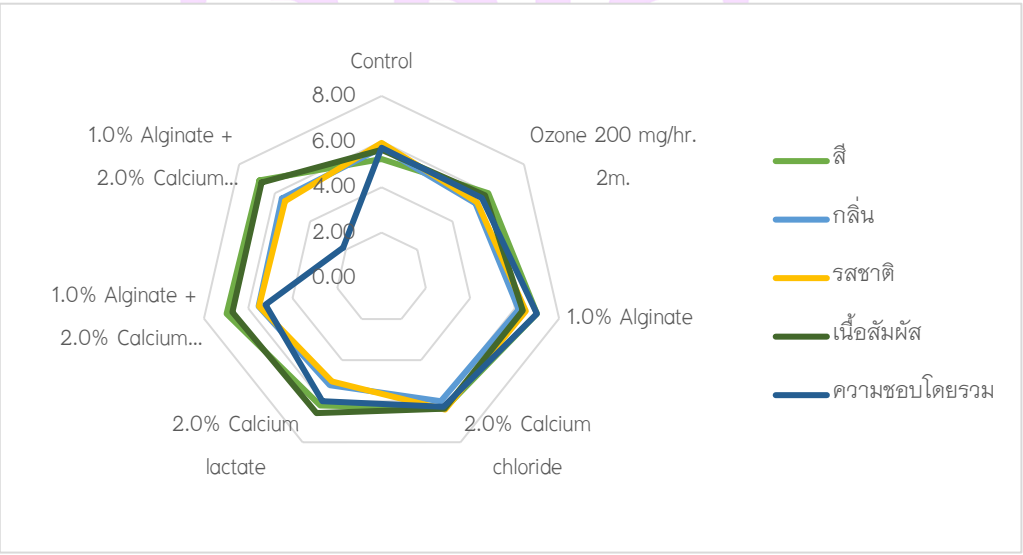

**ภาพ 14 แสดงการสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซนเคลือบผิวด้วยแอลจิเนต ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 6 วัน**




**ภาพ 15 แสดงการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ภูแลแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 6 วัน**




ภาพ 16 แสดงจำนวนโคโลนีทั้งหมดของเชื้อจุลินทรีย์ของสับปะรดพันธุ์ภูแลแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซนเคลือบผิวด้วยแอลจิเนต ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 6 วัน




ภาพ 17 คะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภค) ในวันแรกของการเก็บรักษา ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท

**ตาราง 7 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซนเคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 6 วัน**

| Treatment | TA (%) | | | TSS(%Brix) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Day 0 | Day 3 | Day 6 | Day 0 | Day 3 | Day 6 |
| Control | 0.46±0.01$^{ab}$ | 0.56±0.01$^{a}$ | 0.72±0.01$^{a}$ | 14.37±0.01$^{ab}$ | 15.53±0.06a | 15.23±0.06$^{a}$ |
| Ozone 200 mg/hr. 2m. | 0.45±0.01$^{b}$ | 0.55±0.00$^{ab}$ | 0.68±0.01$^{c}$ | 14.47±0.01$^{a}$ | 15.43±0.06$^{ab}$ | 15.23±0.12$^{a}$ |
| 1.0% Alginate | 0.45±0.01$^{b}$ | 0.54±0.00$^{b}$ | 0.66±0.00$^{e}$ | 14.17±0.00$^{c}$ | 15.27±0.06$^{ab}$ | 15.03±0.06$^{b}$ |
| 2.0% $CaCl_2$ | 0.46±0.01$^{ab}$ | 0.55±0.00$^{ab}$ | 0.70±0.00$^{b}$ | 14.17±0.01$^{c}$ | 15.37±0.06$^{ab}$ | 15.23±0.06$^{a}$ |
| 2.0% Ca–lactate | 0.45±0.01$^{b}$ | 0.55±0.00$^{ab}$ | 0.68±0.00$^{c}$ | 14.17±0.01$^{c}$ | 15.23±0.06$^{ab}$ | 15.23±0.06$^{a}$ |
| 1.0% Alginate + 2.0% $CaCl_2$ | 0.47±0.00$^{a}$ | 0.55±0.00$^{ab}$ | 0.68±0.00$^{cd}$ | 14.17±0.01$^{ab}$ | 15.03±0.06$^{b}$ | 15.13±0.06$^{ab}$ |
| 1.0% Alginate +2.0% Ca–lactate | 0.45±0.00$^{b}$ | 0.54±0.00$^{b}$ | 0.67±0.00$^{d}$ | 14.17±0.00$^{c}$ | 15.33±0.06$^{ab}$ | 15.13±0.06$^{ab}$ |
| F–test | * | * | * | * | * | * |
| CV (%) | 1.06 | 1.36 | 0.7 | 0.41 | 1.61 | 0.45 |

**หมายเหตุ**: 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 8 ปริมาณวิตามินซีของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 6 วัน**

| Treatment | Vitamin C (mg/100 gf.w.) | | |
|---|---|---|---|
| | Day 0 | Day 3 | Day 6 |
| Control | 10.41±0.06$^{e}$ | 10.82±0.00$^{g}$ | 10.54±0.00$^{g}$ |
| Ozone 200 mg/hr. 2m. | 10.68±0.06$^{b}$ | 10.89±0.00$^{f}$ | 11.61±0.00$^{f}$ |
| 1.0% Alginate | 10.75±0.06$^{a}$ | 11.25±0.00$^{a}$ | 11.97±0.00$^{a}$ |
| 2.0% $CaCl_2$ | 10.51±0.06$^{d}$ | 11.03±0.00$^{c}$ | 11.67±0.01$^{e}$ |
| 2.0% Ca-lactate | 10.51±0.06$^{d}$ | 11.01±0.00$^{e}$ | 11.71±0.00$^{d}$ |
| 1.0% Alginate + 2.0% $CaCl_2$ | 10.54±0.06$^{c}$ | 11.02±0.00$^{d}$ | 11.75±0.00$^{c}$ |
| 1.0% Alginate +2.0% Ca-lactate | 10.68±0.06$^{b}$ | 11.14±0.00$^{b}$ | 11.89±0.00$^{b}$ |
| F-test | * | * | * |
| CV (%) | 0.05 | 0.04 | 0.03 |

**หมายเหตุ:** 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 9 ค่าสี L*, a* และ b* ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซนเคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 6 วัน**

| Treatment | L* | | a* | | b* | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Day 3 | Day 6 | Day 3 | Day 6 | Day 3 | Day 6 |
| Control | 70.33±0.09$^{f}$ | 2.18±0.26$^{d}$ | 19.72±0.04$^{e}$ | 67.71±0.05$^{ab}$ | 1.29±0.08$^{c}$ | 12.28±0.12 |
| Ozone 200 mg/hr. 2m. | 71.46±0.07$^{e}$ | 2.28±0.20$^{cd}$ | 20.16±0.07$^{d}$ | 68.48±0.04$^{ab}$ | 1.41±0.05$^{b}$ | 12.75±0.10 |
| 1.0% Alginate | 73.63±0.12$^{a}$ | 2.73±0.16$^{a}$ | 22.16±0.08$^{a}$ | 70.06±0.03$^{a}$ | 2.11±0.19$^{a}$ | 13.6±0.16 |
| 2.0% $CaCl_2$ | 72.94±0.10$^{b}$ | 2.43±0.09$^{b}$ | 21.01±0.06$^{b}$ | 63.44±0.06$^{b}$ | 1.46±0.05$^{b}$ | 12.78±0.06 |
| 2.0% Ca-lactate | 72.38±0.07$^{c}$ | 2.36±0.06$^{bc}$ | 20.95±0.10$^{b}$ | 68.61±0.08$^{ab}$ | 1.44±0.14$^{b}$ | 12.72±0.09 |
| 1.0% Alginate + 2.0% $CaCl_2$ | 73.02±0.05$^{b}$ | 2.45±0.09$^{b}$ | 20.65±0.07$^{c}$ | 70.03±0.02$^{a}$ | 2.05±0.46$^{a}$ | 13.2±0.03 |
| 1.0% Alginate +2.0% Ca-lactate | 71.86±0.10$^{d}$ | 2.36±0.07$^{bc}$ | 20.92±0.08$^{b}$ | 68.65±0.07$^{ab}$ | 1.43±0.10$^{b}$ | 12.54±0.07 |
| F-test | * | * | * | * | * | ns |
| CV (%) | 0.13 | 3.23 | 0.68 | 4.78 | 3.64 | 4.51 |

**หมายเหตุ:** 1. ค่า L*, a*, b* ในวันแรกของการเก็บรักษาเท่ากับ 76.23, 3.52 และ 24.02 ตามลำดับ

2. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**3.2 การเก็บรักษาสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในรูปแบบเป็นผล**

ศึกษาผลของการล้างด้วยน้ำโอโซน ร่วมกับการเคลือบด้วยแอลจิเนตความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นบรรจุในกล่องพลาสติกที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% ผลการทดลองพบว่า

3.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

ผลการศึกษาพบว่า สับปะรดตัดแต่งมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ และการแช่สารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดใกล้เคียงกันเท่ากับ 0.92 และ 0.93% ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 1.78% (ภาพ 18)

3.2.2 การเกิดสีน้ำตาล

ผลการศึกษาพบว่าสับปะรดตัดแต่ง ช่วงแรกมีสีเหลือง และมีการเปลี่ยนแปลงสีเหลืองเข้ม และสีเหลืองอมน้ำตาล เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งจะเริ่มเห็นได้ชัดในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุดในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 2.66 คะแนน รองลงมาคือกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนตระดับความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากันกัน โดยมีค่าเท่ากับ 3.00 คะแนน ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุดเท่ากับ 5.00 คะแนน (ภาพ 19)

3.2.3 การเปลี่ยนแปลงของสี ในระบบ L* a* b*

เมื่อนำเนื้อผลของสับปะรดตัดแต่งมาวิเคราะห์ในระบบ L* a* b แต่ละตำแหน่งทำการวัด 2 ด้าน (ตรงข้ามกัน) โดยที่ ค่า L* เป็นค่าความสว่าง มีค่าเป็น 0–100 ซึ่งถ้าค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุมีสีทึบ ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีความสว่างมาก พบว่า สับปะรดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* ลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยค่า L* ในวันแรกมีค่าเท่ากับ 66.67 และในวันที่ 5 และ 10 ของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 63.20–64.86

และ 60.43-62.59 ตามลำดับ โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่า L* มากที่สุด รองลงมาคือ การแช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 62.59 และ 62.46 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีค่า L* น้อยที่สุดเท่ากับ 60.43 (ตาราง 12)

ค่า a* เป็นค่าที่แสดงถึงสีแดงและสีเขียว เมื่อค่า a*เป็นบวก (+) วัตถุมีสีออกเป็นสีแดง แต่ถ้าเมื่อค่า a*เมื่อค่าเป็นลบ (-) วัตถุจะมีสีเขียว โดยมีค่าระหว่าง –60 ถึง +60 พบว่า สับปะรดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี a* ลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยค่า a* ในวันแรกมีค่าเท่ากับ 2.28 และในวันที่ 5 และ 10 ของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 1.97-2.20 และ 1.34-1.84 โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า a* ลดลงน้อยที่สุดเท่ากับ 1.84 รองลงมาคือการล้างด้วยน้ำโอโซน 200 mg/hr. และการแช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ ที่มีค่า a* ลดลงใกล้เคียงกันเท่ากับ 1.68 และ 1.60 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีค่า a*เท่ากับ 1.34 (ตาราง 12)

และค่า b* เป็นค่าที่แสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน เมื่อค่า b*เป็นบวก (+) วัตถุมีสีเหลือง เมื่อค่า b*เป็นลบ (-) วัตถุจะมีสีออกน้ำเงิน โดยมีค่าระหว่าง –60 ถึง +60 จากผลการทดลองพบว่า สับปะรดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี b* ลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยค่า b* ในวันแรกมีค่าเท่ากับ 20.86 และในวันที่ 5 และ 10 ของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 17.33-18.48 และ 16.26-17.44 ตามลำดับ โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และการแช่สารละลายแอลจิเนต ระดับความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่า b* สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 17.44 และ 17.38 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีค่า b*เท่ากับ 16.26 (ตาราง 12)

3.2.4 คุณภาพทางเคมี

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ในวันแรกของการเก็บรักษา มีค่าอยู่ระหว่าง 14.53-14.66 %Brix โดยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา

กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนตที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และการแช่สารละลายสารละลายแอลจิเนต ระดับความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุดเท่ากัน มีค่าเท่ากับ 14.46 %Brix ซึ่งมีค่าน้อยกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 15.76 %Brix (ตาราง 10 ) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 0.78–0.81% เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 1.06% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 1.13% (ตาราง 10) ปริมาณวิตามินซีพบว่าสับปะรดตัดแต่งในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุของการเก็บรักษา โดยในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 16.87–17.34 มิลลิกรัมต่อ 100 น้ำหนักสด และในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาพบว่า กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนตที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีที่ล้างด้วยน้ำโอโซน 200 mg/hr. มีปริมาณวิตามินซีมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยมีค่าเท่ากับ 18.13 และ 18.11 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่ามากกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ เท่ากับ 17.78 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ตาราง 11)

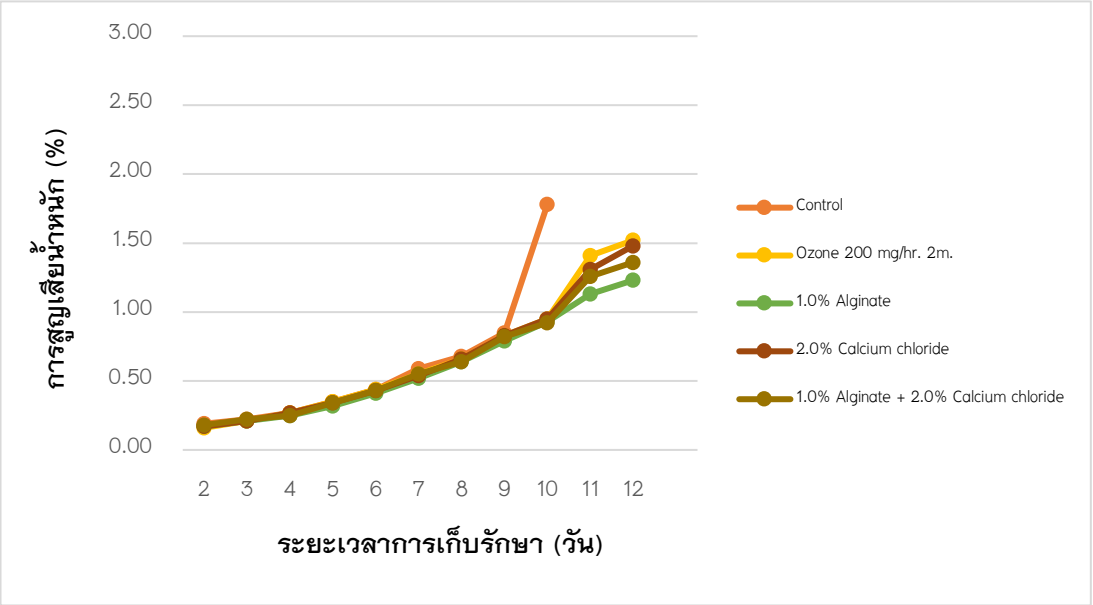
3.2.5 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g FW)

ผลการศึกษาจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นเดียวในทุกกรรมวิธี โดยจะเริ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่า กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนตและสาระลายแคลเซียมคลอไรด์ในทุกกรรมวิธี มีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ และการแช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยในวันที่ 12 ของการเก็บรักษามีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยสุดมีค่าเท่ากับ 57.33 และ 62.33 log CFU/g FW. ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับชุด

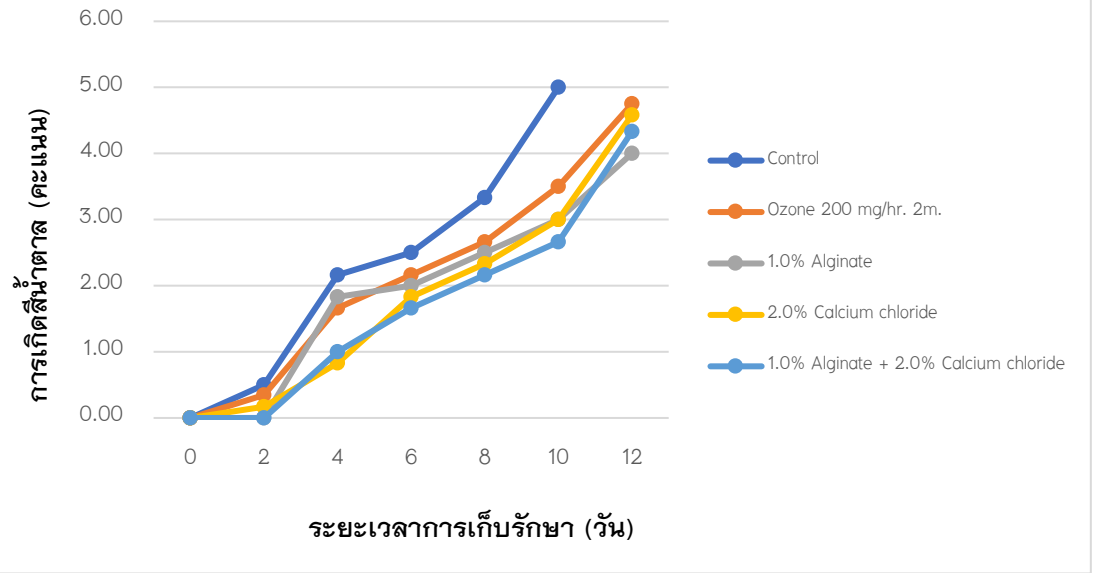
ควบคุมที่มีจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด มากที่สุดเท่ากับ 105.00 log CFU/g FW. (ภาพ 20)

3.2.6 การยอมรับคุณภาพโดยรวม

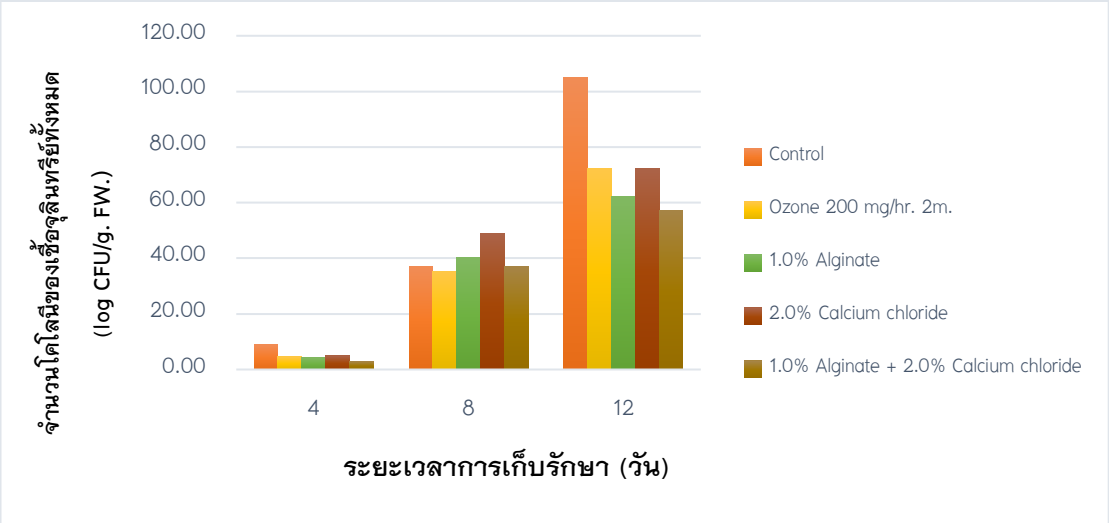
ผลการศึกษาการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ในวันแรกของการเก็บรักษาพบว่า การยอมรับด้านเนื้อสัมผัส กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ และการแช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 6.36 คะแนน การยอมรับด้านสี กลิ่น รสชาติ และคะแนนการยอมรับโดยรวม กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 7.00, 6.18, 6.50 และ 7.00 คะแนน ตามลำดับ ทั้งนี้ได้รับคำข้อเสนอแนะจากผู้เข้ารับการประเมินว่า การแช่ด้วยสารละลายแอลจิเนตร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ควรใช้ความเข้มข้นที่เหมาะสม เนื่องจากความหนาของสารเคลือบทำให้รสชาติของสับปะรดตัดแต่งเปลี่ยนแปลงได้ (ภาพ 21)



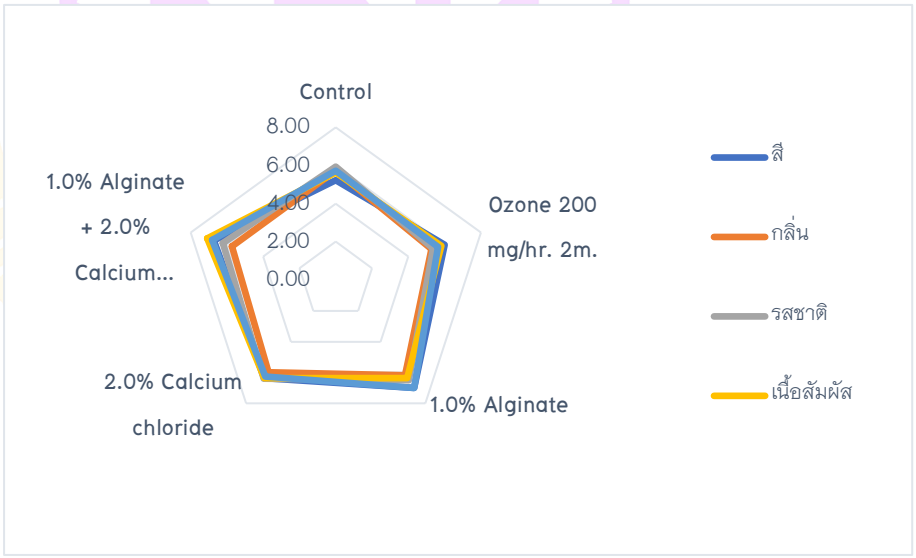

ภาพ 18 แสดงการสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซนเคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 12 วัน




ภาพ 19 แสดงคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซนเคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 12 วัน




ภาพ 20 แสดงจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ และนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นเวลา 12 วัน




ภาพ 21 คะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภค) ในวันแรกของการเก็บรักษา ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์

**ตาราง 10 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน**

| Treatment | TA (%) | | | TSS(%Brix) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Day 0 | Day 5 | Day 10 | Day 0 | Day 5 | Day 10 |
| Control | 0.78±0.04 | 1.02±0.00 | 1.13±0.04 | 14.66±0.06$^{a}$ | 15.16±0.06$^{a}$ | 15.76±0.06$^{a}$ |
| Ozone 200 mg/hr. 2m. | 0.8±0.04 | 1.00±0.04 | 1.13±0.04 | 14.53±0.06$^{b}$ | 14.53±0.06$^{b}$ | 14.83±0.06$^{b}$ |
| 1.0% Alginate | 0.78±0.04 | 0.98±0.04 | 1.06±0.04 | 14.63±0.06$^{ab}$ | 14.63±0.06$^{b}$ | 14.46±0.06$^{c}$ |
| 2.0% $CaCl_2$ | 0.81±0.04 | 1.06±0.04 | 1.11±0.04 | 14.53±0.06$^{b}$ | 14.53±0.06$^{b}$ | 14.56±0.06$^{c}$ |
| 1.0%Alginate + 2.0%$CaCl_2$ | 0.79±0.04 | 1.04±0.04 | 1.11±0.04 | 14.63±0.06$^{ab}$ | 1453±0.06$^{b}$ | 14.46±0.06$^{c}$ |
| F-test | ns | * | ns | * | *** | *** |
| CV (%) | 4.44 | 3.29 | 3.23 | 0.39 | 0.39 | 0.38 |

**หมายเหตุ:** 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 11 ปริมาณวิตามินซีของผลสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 12 วัน**

| Treatment | Vitamin C (mg/100 gf.w.) | | |
|---|---|---|---|
| | Day 0 | Day 8 | Day 12 |
| Control | 17.24±0.11 | 18.78±0.11[a] | 17.78±0.02 |
| Ozone 200 mg/hr 2m. | 16.89±0.06 | 17.35±0.00[b] | 18.11±0.02 |
| 1.0% Alginate | 16.87±0.06 | 17.16±0.02[d] | 17.95±0.01 |
| 2.0% $CaCl_2$ | 17.34±0.00 | 17.27±0.03[bc] | 18.07±0.00 |
| 1.0% Alginate + 2.0% $CaCl_2$ | 16.92±0.03 | 17.25±0.01[c] | 18.13±0.15 |
| F-test | *** | *** | ns |
| CV (%) | 0.36 | 0.28 | 25.86 |

**หมายเหตุ:** 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 12 ค่าสี L*, a* และ b* ของผลสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน**

| Treatment | L* | | a* | | b* | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Day 5 | Day 10 | Day 5 | Day 10 | Day 5 | Day 10 |
| Control | 63.20±0.0$^{4b}$ | 60.43±0.17$^{c}$ | 1.97±0.04$^{d}$ | 1.34±0.09$^{c}$ | 17.33±0.12$^{d}$ | 16.26±0.06$^{c}$ |
| Ozone 200 mg/hr. 2m. | 63.65±0.22$^{ab}$ | 61.63±0.15$^{b}$ | 2.14±0.07$^{ab}$ | 1.68±0.05$^{b}$ | 17.76±0.11$^{c}$ | 16.83±0.09$^{b}$ |
| 1.0% Alginate | 64.86±0.1.74$^{a}$ | 62.59±0.24$^{a}$ | 2.20±0.04$^{a}$ | 1.84±0.10$^{a}$ | 18.48±0.06$^{a}$ | 17.44±0.08$^{a}$ |
| 2.0% $CaCl_2$ | 63.61±0.09$^{ab}$ | 62.19±0.64$^{ab}$ | 2.05±0.01$^{c}$ | 1.46±0.08$^{c}$ | 18.15±0.03$^{b}$ | 16.94±0.07$^{b}$ |
| 1.0% Alginate + 2.0% $CaCl_2$ | 63.80±0.15$^{ab}$ | 62.46±0.07$^{a}$ | 2.11±0.02$^{bc}$ | 1.60±0.05$^{b}$ | 18.37±0.04$^{a}$ | 17.38±0.05$^{a}$ |
| F-test | * | * | *** | *** | *** | *** |
| CV (%) | 1.23 | 0.51 | 1.94 | 4.81 | 0.45 | 0.42 |

**หมายเหตุ:** 1. ค่า L*, a*, b* ในวันแรกของการเก็บรักษาเท่ากับ 66.67, 2.28 และ 20.86 ตามลำดับ

2. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

# บทที่ 5

# บทสรุป

## สรุปผลการวิจัย

1. การศึกษาประสิทธิภาพของการล้างด้วยน้ำโอโซนต่อการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว และยืดอายุการเก็บรักษาสับปะรดภูแลตัดแต่ง โดยนำสับปะรดตัดแต่งมาล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 0, 100, 150 และ 200 mg/hr. ร่วมกับระยะเวลาในการล้าง 30 วินาที, 1 และ 2 นาที พบว่าการล้างสับปะรดตัดแต่งด้วยน้ำโอโซนทุกกรรมวิธีช่วยรักษาคุณภาพได้ดี โดยจะช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ การสูญเสียน้ำหนัก และการเกิดสีน้ำตาล โดยที่การล้างด้วย น้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/hr. ที่ระยะเวลา 2 นาที สามารถรักษาคุณภาพได้ดีที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ โดยมีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด 10 วัน ขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่มีการล้าง มีอายุการเก็บรักษา 8 วัน

2. ศึกษาผลของการเคลือบผิวด้วยแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของสับปะรดตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ พบว่าสับปะรดตัดแต่งที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท ทุกระดับความเข้มข้น คือ 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที ช่วยรักษาคุณภาพได้ดี โดยจะช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ การสูญเสียน้ำหนัก และการเกิดสีน้ำตาล โดยการแช่แคลเซียมทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 2เปอร์เซ็นต์ สามารถรักษาคุณภาพได้ดีกว่าชุดควบคุม (ไม่ได้แช่สารละลาย) และมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด 10 วัน ขณะที่ชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษา 8 วัน

3. ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนร่วมกับการเคลือบด้วยแคลเซียมแอลจิเนตในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ต่อคุณภาพของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งแบบหั่นชิ้นและเป็นผล โดยนำสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งมาล้างในน้ำโอโซน 200 mg/hr. สับปะรดตัดแต่งแบบชิ้นมาแช่สารละลายแอลจิเนต 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท 2.0 เปอร์เซ็นต์ และสับปะรดตัดแต่งแบบผล นำไปแช่สารละลายแอลจิเนต 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสับปะรดตัดแต่งแบบหั่นชิ้น ที่แช่ในสารละลายแอลจิเนต 1.0 เปอร์เซ็นต์ และแช่ในสารละลายแอลจิเนต 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถรักษาคุณภาพได้ดีกว่าชุดควบคุม (ไม่ได้แช่สารละลาย) โดยมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด 6 และสับปะรดตัดแต่งแบบผลแช่ในสารละลายแอลจิเนต 1.0 เปอร์เซ็นต์ และแช่ในสารละลายแอลจิเนต 1.0

เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถรักษาคุณภาพได้ดีกว่าชุดควบคุม (ไม่ได้แช่สารละลาย) โดยมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด 12 วัน

## อภิปรายผลการวิจัย

### ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในห้องปฏิบัติการ

การศึกษาผลของการล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 0, 100, 150 และ 200 mg/hr. ที่ระยะเวลา 30 วินาที, 1 และ 2 นาที พบว่าการล้างด้วยน้ำโอโซนสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าการล้างน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/hr. ให้ผลดีที่สุด รองลงมาได้แก่ ที่ระดับความเข้มข้น 150 และ 100 mg/hr. ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการล้างที่ระยะเวลา 30 วินาที, 1 และ 2 นาที พบว่าระยะเวลามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/hr.ระยะเวลา 2 นาที สามารถเก็บรักษาได้นานสุด 10 วัน เมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ ที่มีอายุการเก็บรักษา 8 วัน และพบว่าในระหว่างการเก็บรักษา ค่าความสว่าง (L*) ของสับปะรดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำโอโซนในทุกกรรมวิธีมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยกรรมวิธีที่ล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/hr. ที่ระยะเวลา 1 นาที มีค่าความสว่างมากที่สุด และยังพบว่าการล้างด้วยน้ำโอโซนสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ตรงกับการศึกษาของ (Ong, M.K., et al. 2014) ที่พบว่าการใช้โอโซนกับผลไม้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสีที่ผิวเปลือกน้อยกว่าการไม่ใช้โอโซน ส่วน a* และค่า b* มีค่าน้อยลงซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Montero-Calderon, et al. (2008) รายงานว่าค่า b* ของเนื้อสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่าลดลงในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ในทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา แต่สับปะรดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำโอโซนในทุกกรรมวิธีมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยกรรมวิธีที่ล้างด้วยน้ำโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 mg/hr. มีปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฐิตารีย์ ชุติพงษิวิเวท และ กนกวรรณ ธูปพนม. (2559) ได้ทำการศึกษาผลของการล้างด้วยน้ำโอโซนและน้ำเย็นต่อการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน พบว่าการล้างต้นอ่อนทานตะวันด้วยน้ำโอโซนและน้ำโอโซนเย็นสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ สามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก และสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้มากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ

การ ล้างต้นอ่อนทานตะวันด้วยน้ำประปา ทั้งนี้ยังสรุปได้ว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการล้างนานขึ้น จะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดเชื้อจุลินทรีย์ได้มากขึ้น

**ศึกษาหาชนิดของสารละลายแคลเซียมที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพในสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในห้องปฏิบัติการ**

สับปะรดตัดแต่งที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และสารละลายแคลเซียมแลคเตท ที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลา 2 นาที พบว่า สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยที่การแช่สับปะรดตัดแต่งด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ให้ผลดีที่สุด รองลงมาคือการแช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ได้แช่สารละลาย) ในระหว่างการเก็บรักษา พบการเกิดสีน้ำตาลในทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเริ่มเห็นได้ชัดในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตท และแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ภาพ 11) สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างของเนื้อผล (L*) โดยสับปะรดที่แช่ในสารละลายแคลเซียมทั้งสองชนิดในทุกระดับความเข้มข้นมีค่า L* ค่าลดลงน้อยสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ตาราง 6) ตรงกับการศึกษาของ อิษยา นะมิกิ และคณะ, (2561) ที่พบว่า ผลหม่อนที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยที่สุด และมีการเปลี่ยนแปลงค่าสี (L*) น้อยที่สุด ส่วน a* และค่า b* มีค่าลดลงน้อยสุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนี้คุณภาพทางเคมีของสับปะรดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเพียงเล็กน้อย โดยการแช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น สามารถรักษาคุณภาพของค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้โดยมีค่าลดลงน้อยที่สุด ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลงน้อยสุด ปริมาณวิตามินซีในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุของการเก็บรักษาซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Turmanidze, et al. (2017) ที่พบว่าการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเสื่อมสภาพการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำและการลดลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และการทดลองของ สุจินดา อินทโชติ และ เสาวภา ไชยวงศ์, (2551) ที่พบการใชสารละลายแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให

แก้วมังกรมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำน้อยที่สุด นอกจากนี้ปริมาณโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ในทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาของการเก็บรักษา แต่สับปะรดตัดแต่งที่แช่ด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และสารละลายแคลเซียมแลคเตท ในทุกกรรมวิธีมีค่าลดลงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ได้แช่สารละลาย) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Troyo Roden, (2019) ได้ทำการศึกษาผลของแคลเซียมแอสคอร์เบตและแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของสับปะรดสด โดยพบว่าแคลเซียมแอสคอร์เบทและแคลเซียมแลคเตทมีประสิทธิภาพในการลดแบคทีเรียและโคลิฟอร์มรวมทั้งยีสต์และราดีที่สุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

**ศึกษาประสิทธิภาพร่วมกันของการล้างด้วยน้ำโอโซน การเคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนต แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท เพื่อรักษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งในรูปแบบเป็นชิ้นพร้อมบริโภคและรูปแบบผล**

สับปะรดตัดแต่งแบบหั่นชิ้นแช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายแคลเซียมทั้งสองชนิดคือ แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท พบว่า การแช่สับปะรดตัดแต่งด้วยสารละลายแอลจิเนตที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้มากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือ การแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ได้แช่สารละลาย) โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา พบการเกิดสีน้ำตาลในทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเริ่มเห็นได้ชัดในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนตที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ภาพ 15) นอกจากนี้คุณภาพทางเคมีของสับปะรดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเพียงเล็กน้อย โดยการแช่สารละลายแอลจิเนตที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น สามารถรักษาคุณภาพของค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้โดยมีค่าลดลงเล็กน้อย ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลง ปริมาณวิตามินซีในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุของการเก็บรักษาซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนี้ปริมาณโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ในทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาของการเก็บรักษา แต่สับปะรดตัดแต่งที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนตที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และการแช่ในสารละลายแอลจิเนตที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ

สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าลดลงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ได้แช่สารละลาย)

สับปะรดตัดแต่งแบบเป็นผลที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสับปะรดที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ และการแช่สารละลายแอลจิเนตความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยระยะเวลาในการเก็บรักษา พบการเกิดสีน้ำตาลในทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเริ่มเห็นได้ชัดในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยกรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ภาพ 19) สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างของเนื้อผล ($L^*$) โดยสับปะรดที่แช่ในสารละลายในทุกระดับความเข้มข้นมีค่า $L^*$ ค่าลดลงน้อยสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ตรงกับการศึกษาของ Mantilla, et al.(2013) ศึกษาการเคลือบผิวสับปะรดตัดแต่งแบบเคลือบทีละชั้น โดยใช้โซเดียมแอลจิเนตและเพกติน กับแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ โดยเคลือบผิวสับปะรดตัดแต่งด้วยสารเคลือบผิว เป็นจำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 2 นาที เริ่มจากการเคลือบด้วยแคลเซียมคลอไรด์ โซเดียมแอลจิเนต แคลเซียมคลอไรด์ เพกติน และแคลเซียมคลอไรด์ ตามลำดับ พบว่า สามารถเก็บรักษาสับปะรดตัดแต่งได้ถึง 13 วัน นอกจากนี้คุณภาพทางเคมีของสับปะรดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเพียงเล็กน้อย กรรมวิธีที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และการแช่สารละลายสารละลายแอลจิเนต ระดับความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีการลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุด ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลงน้อยที่สุด และปริมาณวิตามินซีในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุของการเก็บรักษาซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhu, et al. (2019) ได้ทำการศึกษาการเคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนตร่วมกับน้ำมันหอมระเหยโหระพาต่อการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของเห็ดนาเมโกะ พบว่าสามารถยับยั้งการสูญเสียน้ำหนัก และสามารถรักษาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ และคุณภาพทางเคมีได้ และนอกจากนี้ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ในทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาของการเก็บรักษา แต่สับปะรดตัดแต่งที่แช่ด้วยสารละลายแอลจิเนต ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์

ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์มีค่าลดลงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ได้แช่สารละลาย) และสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 12 วันซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Azarakhsh, et al. (2014) ยังรายงานว่าการใช้สารละลายแอลจิเนตร่วมกับน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.29 และ 0.3 ตามลำดับ เคลือบผิวสับปะรดตัดแต่ง และเก็บรักษาได้เป็นเวลา 16 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

**ข้อเสนอแนะ**

1. ควรทำการคัดขนาด ความสุก และสีของสับปะรดให้มีขนาดเท่ากัน เพื่อง่ายต่อการประเมินคุณลักษณะทางกายภาพของสับปะรดตัดแต่ง
2. กรรมวิธีในการล้างด้วยน้ำโอโซน ควรใช้ความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมะสม หากใช้เวลาในการล้างนานเกินไป จะทำให้รสชาติเปลี่ยนแปลงได้
3. ควรบรรจุสับปะรดตัดแต่งลงในถุงสุญญากาศ ที่ปิดสนิท และเก็บรักษาที่อุณภูมิต่ำ จะช่วยทำให้สามารถเก็บรักษาคุณภาพของสับปะรดตัดแต่งได้นานขึ้น

# บรรณานุกรม


Almeida, D. P. and D. J. Huber. (2007). Polygalacturonase-mediated dissolution and depolymerization of pectins in solutions mimicking the pH and mineral composition of tomato fruit apoplast. **Plant Science,** 172(6): 1087-1094.

AOAC, H. W. (2000). International A: official methods of analysis of the AOAC international. **The Association: Arlington County, VA, USA**.

Azarakhsh, N., Osman, A., Ghazali, H. M., Tan, C. P. and Adzahan, N. M. (2014). Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. **Postharvest Biology and Technology,** 88: 1-7.

Ben-Arie, R., Lurie, S. and Mattoo, A. K. (1982). Temperature-dependent inhibitory effects of calcium and spermine on ethylene biosynthesis in apple discs correlate with changes in microsomal membrane microviscosity. **Plant Science Letters,** 24(2): 239-247.

Beuchat, L. R., Chmielewski, R., Keswani, J., Law, S. E. and Frank, J. F. (1999). Inactivation of aflatoxigenic Aspergilli by treatment with ozone. **Letters in applied microbiology,** 29(3): 202-205.

Bolin, H. R. and Huxsoll, C. C. (1989). Storage stability of minimally processed fruit. **Journal of Food Processing and Preservation,** 13(4): 281-292.

Brackett, R. E. (1987). Antimicrobial effect of chlorine on Listeria monocytogenes. **Journal of Food Protection,** 50(12): 999-1004.

Camire, M. E., Ismail, S., Work, T. M., Bushway, A. A. and Halteman, W. A. (1994). Improvements in canned lowbush blueberry quality. **Journal of food science,** 59(2): 394-398.

Conway, W. S., Sams, C. E., Wang, C. Y. and Abbott, J. A. (1994). Additive effects of postharvest calcium and heat treatment on reducing decay and maintaining quality in

apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 119(1): 49–53.

Corbo, M. R., Speranza, B., Campaniello, D., D'amato, D. and Sinigaglia, M. (2010). Fresh–cut fruits preservation: current status and emerging technologies. **Current research, technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology,** 2: 1143–1154.

Ferguson, I. (1984). Calcium in plant senescence and fruit ripening. **Plant, Cell & Environment** 7(6): 477–489.

Fornaciari, T., Uma, A., Paun, S., Plank, B., Hovy, D. and Poesio, M. (2021). **Beyond black & white: Leveraging annotator disagreement via soft–label multi–task learning.** Proceedings of the 2021 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Association for Computational Linguistics.

Garcia, J. M., Herrera, S. and Morilla, A. (1996). Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** 44(1): 30–33.

Hanson, J. B. (1984). The function of calcium in plant nutrition. **In: Thinke Lauchli, A. (Eds), Advances inplant nutrition. Praeger Publisher, New York.**

Hershko, V. and Nussinovitch, A. (1998). Physical properties of alginate–coated onion (Allium cepa) skin. **Food hydrocolloids,** 12(2): 195–202.

Karaca, H. and Velioglu, Y. S. (2014). Effects of ozone treatments on microbial quality and some chemical properties of lettuce, spinach, and parsley. **Postharvest Biology and Technology,** 88: 46–53.

Leal, F. J. and Soule, J. (1977). **[Maipure; a new group of pineapple varieties [Ananas comosus]].[Spanish].** Universidad Central de Venezuela, Maracay. Facultad de Agronomia. 9. Jornadas Agronomicas. Maracay (Venezuela). 12 Oct 1977.

Mantilla, N., Castell–Perez, M. E., Gomes, C. and Moreira, R. G. (2013). Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf–life of fresh–cut pineapple (Ananas comosus). **LWT–Food Science and Technology,** 51(1): 37–43.

McEvily, A. J., Iyengar, R. and Otwell, W. S. (1992). Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, 32(3): 253–273.

Miceli, A., Ippolito, A., Linsalata. V. and Nigro, F. (1999.). Effect of preharve atment on decay and biochemical changes of table grape during Phytopathol. **Medit**.38: 47–53.

Montero–Calderon, M., Rojas–Grau, M. A. and Martín–Belloso, O. (2008). Effect of packaging conditions on quality and shelf–life of fresh–cut pineapple (Ananas comosus). **Postharvest biology and technology**, 50(2–3): 182–189.

Nassr, M. S. and Abu Naser, S. S. (2018). Knowledge based system for diagnosing pineapple diseases. **International Journal of Academic Pedagogical Research (IJAPR),** 2(7): 12–19.

Nussinovitch, A. and V. Hershko (1996). Gellan and alginate vegetable coatings. **Carbohydrate polymers,** 30(2–3): 185–192.

Ong, M. K., Ali, A., Alderson, P. G. and Forney, C. F. (2014). Effect of different concentrations of ozone on physiological changes associated to gas exchange, fruit ripening, fruit surface quality and defence–related enzymes levels in papaya fruit during ambient storage. **Scientia Horticulturae,** 179: 163–169.

Saftner, R. A., Bai, J., Abbott, J. A. and Lee, Y. S. (2003). Sanitary dips with calcium propionate, calcium chloride, or a calcium amino acid chelate maintain quality and shelf stability of fresh–cut honeydew chunks. **Postharvest Biology and Technology,** 29(3): 257–269.

Sambucetti, M. E. and Zuleta, A. (1996). Resistant starch in dietary fiber values measured by the AOAC method in different cereals. **Cereal Chemistry,** 73(6): 759–761.

Soliva–Fortuny, R. C. and Martin–Belloso, O. (2003). New advances in extending the shelf–life of fresh–cut fruits: a review. **Trends in Food Science & Technology,** 14(9): 341–353.

Toivonen, P. M. and D. A. Brummell. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh–cut fruit and vegetables. **Postharvest biology and technology,** 48(1): 1–14.

Trevino-Garza, M. Z., Garcia, S., del Socorro Flores-Gonzalez, M. and Arevalo-Nino, K. (2015). Edible active coatings based on pectin, pullulan, and chitosan increase quality and shelf life of strawberries (Fragaria ananassa). **Journal of food science,** 80(8): M1823–M1830.

Troyo, Roden. (2019). Effects of calcium ascorbate and calcium lactate on quality of fresh–cut pineapple (Ananas comosus). **International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences,** 3(1): 143–150.

Turmanidze, T., Gulua, L., Jgenti, M. and Wicker, L. (2017). Potential antioxidant retention and quality maintenance in raspberries and strawberries treated with calcium chloride and stored under refrigeration. **Brazilian Journal of Food Technology ,**20.

Walker, J. R. L. (1977). Enzymic browning in foods: its chemistry and control. **Food Technol NZ.**

Wasna, N. P., Kawada, K., Matsul, T. and Kusunokl, M. (1999). Effect of Preharvest Calcium Application on Postharvest Quality of 'Nyoho'Strawberries. **Food Preservation Science,** 25(2): 63–68.

Wisniewski, M., Droby, S., Chalutz, E. and Eilam, Y. (1995). Effects of $Ca^{2+}$ and $Mg^{2+}$ on Botrytis cinerea and Penicillium expansum in vitro and on the biocontrol activity of Candida oleophila. **Plant pathology,** 44(6): 1016–1024.

Yang, J. S., Xie, Y. J. and He, W. (2011). Research progress on chemical modification of alginate: A review. **Carbohydrate polymers,** 84(1): 33–39.

Zhu, D., Guo, R., Li, W., Song, J. and Cheng, F. (2019). Improved postharvest preservation effects of Pholiota nameko mushroom by sodium alginate–based edible composite coating. **Food and Bioprocess Technology,** 12: 587–598.

กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์. (2556). **สินค้าหนึ่งจังหวัด หนึ่งสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์,** บริษัทสไตล์ครีเอทีฟเฮ้าส์, กรุงเทพฯ.

กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และ ไกรยศ แซ่ลิ้ม. (2557). ผลของการให้ความร้อนต่อคุณภาพของผลเมลอนพันธุ์ซันสวีท ในจังหวัดสระแก้วระหว่างการเก็บรักษา. **วารสารแก่นเกษตร,** 42(3): 39–44.

ณัจนันท์ แก้วศรี, (2557). **สายพันธุ์สับปะรด.** สืบค้นเมื่อ 3 เมษายน 2565, จาก : http://nutcnan.blogspot.com/2014/10/blog-post.html.

พนิตา งามเชื้อชิต. (2560). เนื้อมะม่วงสดตัดแต่ง:สรีรวิทยาและปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพ. **วารสารเทคโนโลยีการอาหารมหาวิทยาลัยสยาม,** 12(1): 17.

จุฑามาศ พร้อมบุญ, ปิยะศักดิ์ ชอุ่มพฤกษ์, มัณฑนา บัวหนอง, พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย, ปฐมพงศ์ เพ็ญไชยา และเฉลิมชัย วงษ์อารี. (2560). การใช้สารเคลือบผิวไคโตซานร่วมกับโซเดียมแอลจิเนตเพื่อรักษาคุณภาพและชะลอการเกิดโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์สี่. **วิทยาศาสตร์เกษตร,** ปีที่ 48 ฉบับที่3: 343-346.

ฉันทวรรณ ต้นประสงค์ และ สุรางค์ สุธิราวุธ. (2544). ผลของการใช้น้ำโอโซนในการลดปริมาณแบคทีเรียในผักสลัดพร้อมบริโภค. **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39** : สาขาวิทยาศาสตร์ สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม 39: 110-116.

นิอร โฉมศรี. (2559). **สับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภค.** ศิลปะการพิมพ์ (ครั้งที่ 1) : สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, ลำปาง.

ชินานาฏ วิทยาประภากร, วิษณุ ทองเล็ก และ พรรณพร กุลมา. (2563). เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลในกระบวนการล้างกล้วยหอมทอง เพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้ออีโคไล. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม,** ปีที่ 4 ฉบับที่ 1: 69-75.

อังคณา เชื้อเจ็ดตน. (2562). **ผลของโอโซนไมโครบับเบิลและคลอรีนไดออกไซด์ต่อการควบคุมโรคและอายุการวางจำหน่ายสับปะรดตัดแต่งพันธุ์ภูแล.** คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.

ฐิตารีย์ ชุติพงษ์วิเวท และ กนกวรรณ ธูปพนม. (2559). **ผลของการล้างด้วยน้ำโอโซนและน้ำเย็นต่อการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวัน.** วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. นครสวรรค์.

ดุสิดา ถิระวัฒน์, นาถตยา ชื่นเจริญ และ ปวีณา สุนทรากร. (2557). ผลของน้ำโอโซนตอการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ คุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาของผักชี. **วิทยาศาสตรการเกษตร** ปีที่ 45 : ฉบับที่3/1 (พิเศษ): 57-60.

กัมปนาท หวลบุตตา และ ธนิกานต์ แสงนิ่ม. (2015). การประยุกต์ใช้พอลิเมอร์ที่ได้จากทรัพยากรทางทะเลในทางเภสัชกรรม. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา,** 18(2): 263-273.

เทิดพันธ์ ธรรมรัตนพงษ์. (2559). ผลของโอโซนในการควบคุมโรคผลเน่าของสาลี่และแอปเปิลที่นำเข้าจากสาธารณรัฐประชาชนจีน. **วารสารวิชาการเกษตร,** ปีที่ 34 ฉบับที่ 2: 172–183.

อภิตา บุญศิริ, วรดา สโมสรสุข, จิตติมา จิรโพธิธรรม และ พิษณุ บุญศิริ. (2020). ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในการยืดอายุการเก็บรักษาและลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคในขนุนตัดแต่งสด. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 1(1): 42–54.

ทิวา สายประดิษฐ์. (2562). **การออกแบบและพัฒนาเครื่องล้างอุ่นด้วยอัลตราโซนิกส์ร่วมกับโอโซนแบบต่อเนื่อง.** วิทยานิพนธ์, วิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วรพรรณี เผ่าทองศุข และ จำรูญศรี พุ่มเทียน. (2551). **ผลของโอโซนและอุณหภูมิต่อการกำจัดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มพื้นบ้านไทย.** ได้รับทุนอุดหนุนจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.

ภาสุรี ฤทธิเลิศ. (2564). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้ง. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า,** 39(3): 239–247.

จริงแท้ ศิริพานิช. (2542). **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** พิมพครั้งที่ 5, สำนักพิมพมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร, กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพานิช. (2544). **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** พิมพ์ครั้งที่ 4. : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). **ข้อมูลการผลิตสับปะรด**. สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2565, จาก https://misapp.oae.go.th/.

อรอง จันทร์ประสาทสุข. (2558). **การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีจำเพาะของเนื้อผลสับปะรด.** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

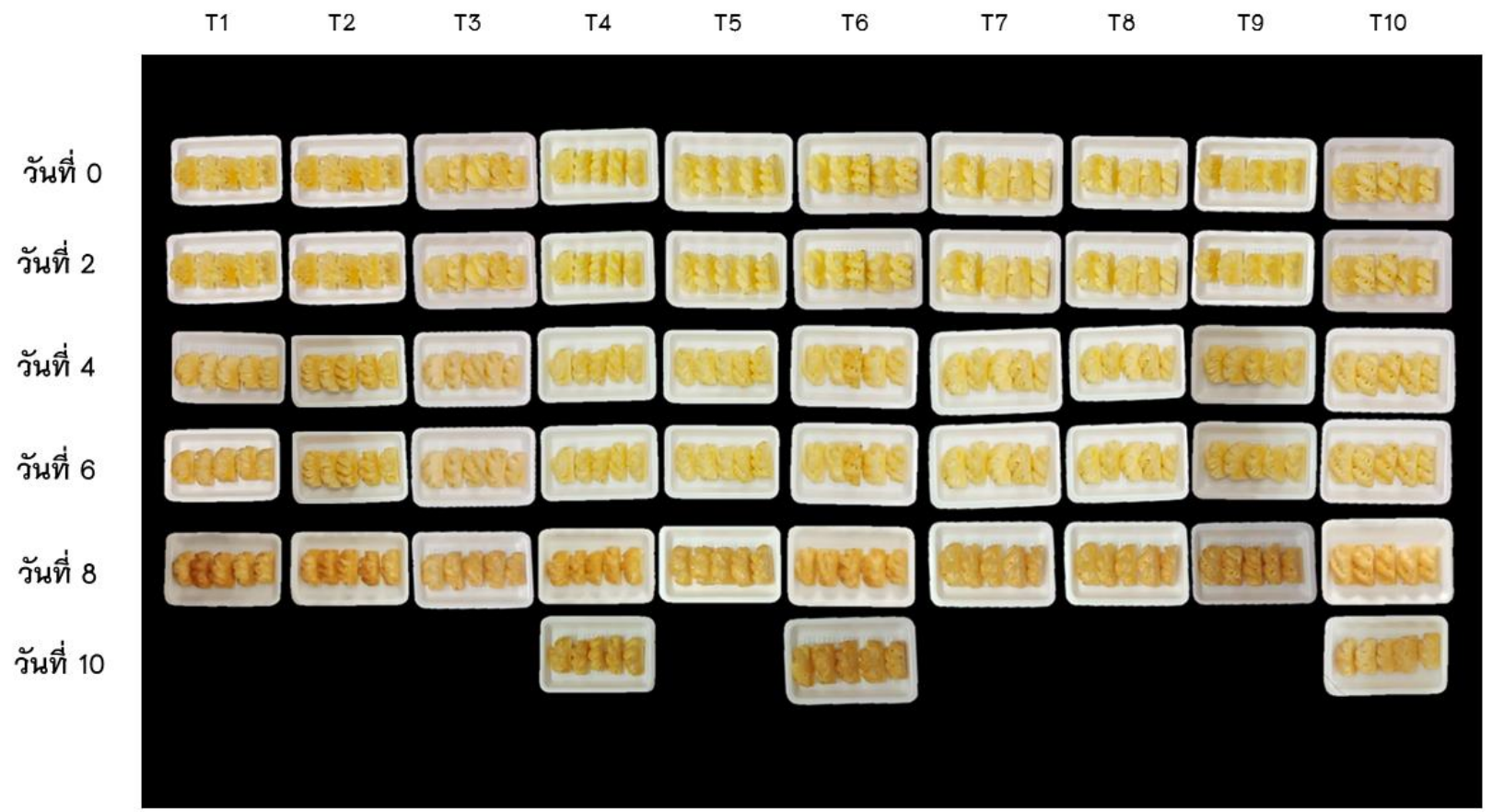
ณิชาภัทร แกวมณี, มัณฑนา บัวหนอง และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย. (2551). ผลของสารละลายแคลเซียมแลคเตทและวิธีการ heat-shock ที่มีต่อคุณภาพของแก้วมังกรสีแดงตัดแต่งพร้อมบริโภค. **วิทยาศาสตร์การเกษตร,** 39(3): 73–76.

อถรรพล ภูษณะพงษ์. (2552). **การพัฒนาสารเคลือบบริโภคได้เพื่อยืดอายุมะม่วงตัดแต่ง.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อัครเดช ใหม่นา. (2551). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสพริกผสมกล้วยน้ำว้า = Development of Chili sauce mixed Banana product. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร,** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

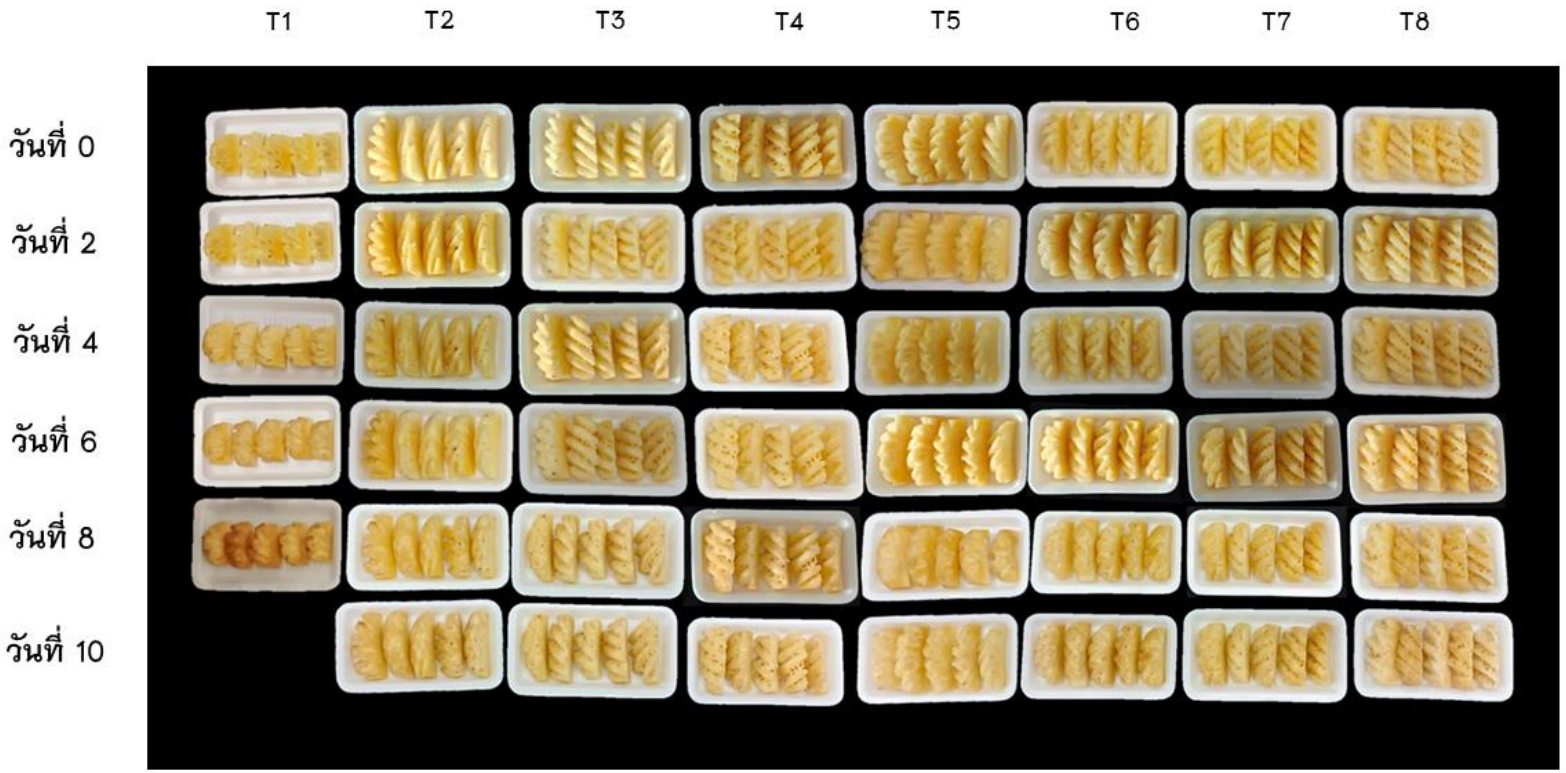
อิษยา นะมิกิ, สุภาวดี วงษ์ภมร, ภาณุมาศ โคตรพงศ์, การิตา จงเจือกลาง และ เจนจิรา เชาว์ไว. (2561). ผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร,** 49:1(พิเศษ) 456-458.

# ภาคผนวก



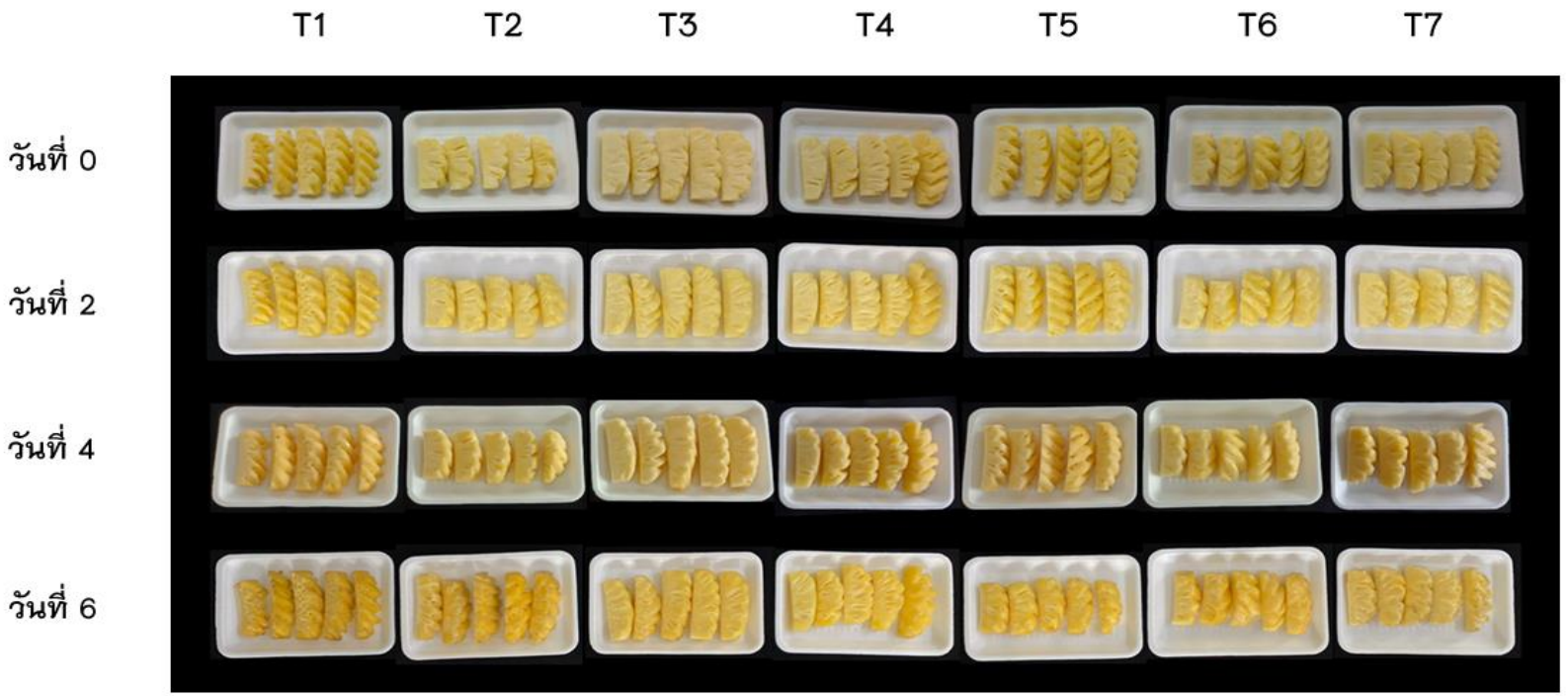

**ภาพ 22 สับปะรดภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน**

T1 = control
T2 = Ozone 100 mg/hr. 30s.
T3 = Ozone 150 mg/hr. 30s.
T4 = Ozone 200 mg/hr. 30s.
T5 = Ozone 100 mg/hr. 1m.
T6 = Ozone 150 mg/hr. 1m.
T7 = Ozone 200 mg/hr. 1m.
T8 = Ozone 100 mg/hr. 2m.
T9 = Ozone 150 mg/hr. 2m.
T10 = Ozone 200 mg/hr. 2m.




**ภาพ 23 สับปะรดภูแลตัดแต่งที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตทแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ** (10±2 °C, 80±2%RH) **เป็นระยะเวลา 10 วัน**

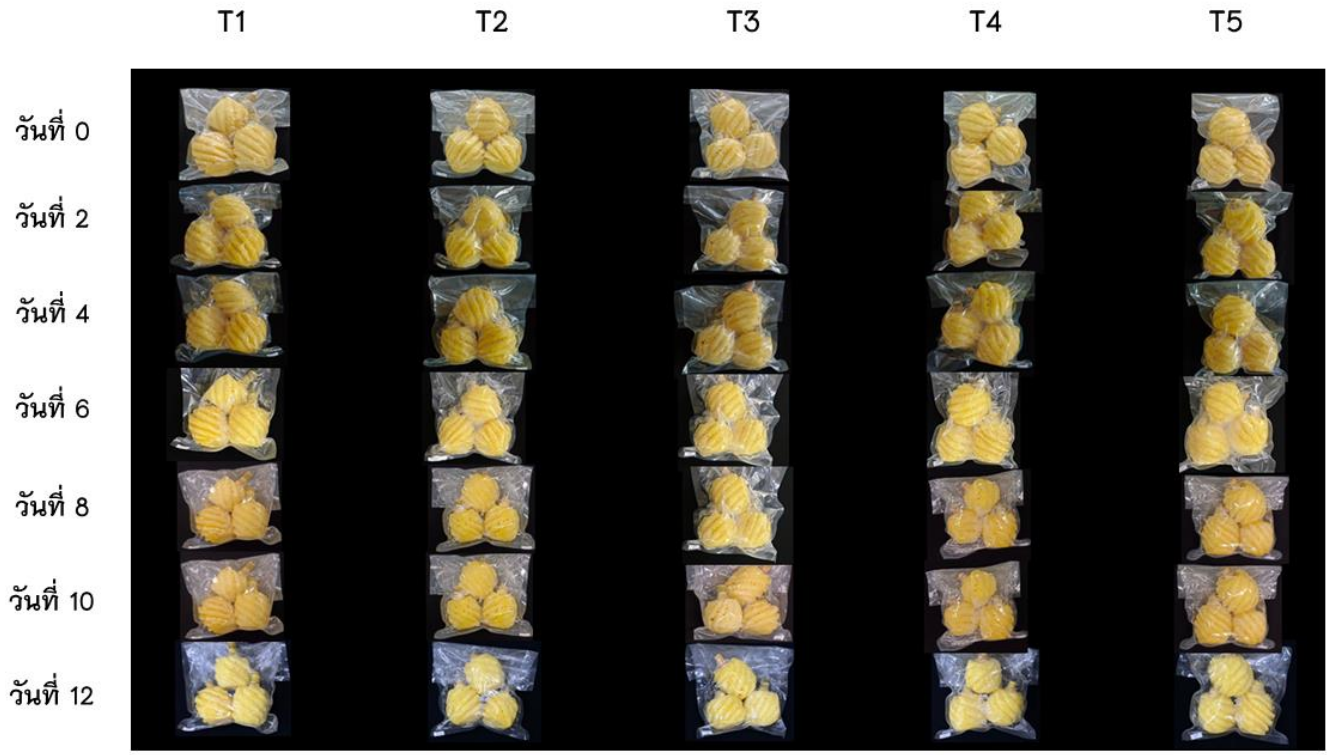
T1 = control
T2 = Ozone 200 mg/hr. 2m.
T3 = $CaCl_2$ 0.5%.
T4 = $CaCl_2$ 1.0%.
T5 = $CaCl_2$ 2.0%.
T6 = Ca-lactate 0.5%.
T7 = Ca-lactate 1.0%
T8 = Ca-lactate 2.0%




ภาพ 24 สับปะรดตัดแต่งแบบชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนต และเคลือบผิวร่วมกันระหว่างแอลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 6 วัน

T1 = control T2 = Ozone 200 mg/hr. 2m. T3 = Alginate 1.0%. T4 = $CaCl_2$ 2.0%.

T5 = Ca-lactate 2.0%. T6 = Alginate 1.0%.+ Ca-lactate 2.0%. T7 = Alginate 1.0%.+ Ca-lactate 2.0%




ภาพ 25 สับปะรดตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบผิวด้วยแอลจิเนต และเคลือบผิวร่วมกันระหว่างแอลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 12 วัน

T1 = control T2 = Ozone 200 mg/hr. 2m. T3 = Alginate 1.0%. T4 = $CaCl_2$ 2.0%. T5 = Alginate 1.0%.+ $CaCl_2$ 2.0%.

**ตาราง 13 การสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2°C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน**

| Treatment | | การสูญเสียน้ำหนัก (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | วันที่เก็บรักษา | | | | | |
| Ozonewater | Time | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| 0 | 0 | 0.00 | 0.46 | 2.79$^{a}$ | 4.62$^{a}$ | 6.56$^{a}$ | – |
| 100 mg/hr. | 30 s | 0.00 | 0.30 | 2.00$^{ef}$ | 3.74$^{bc}$ | 5.77$^{ab}$ | – |
| | 1 m | 0.00 | 0.42 | 2.36$^{bcd}$ | 4.20$^{ab}$ | 5.22$^{bc}$ | – |
| | 2 m | 0.00 | 0.45 | 2.14$^{de}$ | 3.58$^{bc}$ | 4.97$^{bcd}$ | 6.68$^{a}$ |
| 150 mg/hr. | 30 s | 0.00 | 0.37 | 2.26$^{bcd}$ | 3.89$^{ab}$ | 5.33$^{bc}$ | – |
| | 1 m | 0.00 | 0.42 | 2.16$^{de}$ | 3.49$^{bc}$ | 4.58$^{cd}$ | – |
| | 2 m | 0.00 | 0.34 | 2.23$^{bcd}$ | 3.69$^{ab}$ | 4.90$^{bc}$ | 6.27$^{a}$ |
| 200 mg/hr. | 30 s | 0.00 | 0.38 | 2.12$^{ef}$ | 3.70$^{bc}$ | 4.87$^{cd}$ | – |
| | 1 m | 0.00 | 0.31 | 2.44$^{cd}$ | 4.15$^{bc}$ | 5.24$^{bcd}$ | – |
| | 2 m | 0.00 | 0.44 | 1.86$^{f}$ | 3.08$^{c}$ | 4.19$^{d}$ | 5.35$^{b}$ |
| F–test | | ns | ns | * | * | * | * |
| CV | | 0 | 36.07 | 15.20 | 11.96 | 9.88 | 7.15 |

**หมายเหตุ:** 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 14 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2°C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน**

| Treatment | | การเกิดสีน้ำตาล (คะแนน) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | วันที่เก็บรักษา | | | | | |
| Ozonewater | Time | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 1.67$^{a}$ | 3.58$^{a}$ | 4.83$^{a}$ | – |
| 100 mg/hr. | 30 s | 0.00 | 0.00 | 1.50$^{a}$ | 2.50$^{c}$ | 4.50$^{bc}$ | – |
| | 1 m | 0.00 | 0.00 | 1.00$^{cd}$ | 2.67$^{c}$ | 4.25$^{ab}$ | – |
| | 2 m | 0.00 | 0.00 | 0.58$^{bc}$ | 1.83$^{b}$ | 3.67$^{c}$ | 4.58 |
| 150 mg/hr. | 30 s | 0.00 | 0.00 | 0.83$^{bc}$ | 2.50$^{bc}$ | 4.75$^{c}$ | – |
| | 1 m | 0.00 | 0.00 | 1.08$^{bc}$ | 2.58$^{bc}$ | 4.33$^{c}$ | – |
| | 2 m | 0.00 | 0.00 | 0.58$^{b}$ | 2.00$^{b}$ | 3.58$^{c}$ | 4.58 |
| 200 mg/hr. | 30 s | 0.00 | 0.00 | 1.08$^{de}$ | 2.83$^{d}$ | 4.42$^{d}$ | – |
| | 1 m | 0.00 | 0.00 | 1.17$^{de}$ | 2.83$^{d}$ | 4.42$^{d}$ | – |
| | 2 m | 0.00 | 0.00 | 0.42$^{e}$ | 1.92$^{d}$ | 3.42$^{d}$ | 4.58 |
| F-test | | ns | ns | * | * | * | ns |
| CV (%) | | 0 | 0 | 15.27 | 6.52 | 4.33 | 3.15 |

**หมายเหตุ:** 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 15 จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของสับปะรดภูแลตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำโอโซนแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2°C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 8 วัน**

| Treatment | | จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g FW.) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | วันที่เก็บรักษา | | | | |
| Ozonewater | Time | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| 0 | 0 | 4.67$^{a}$ | 38.00$^{abc}$ | 51.67$^{a}$ | 74.00$^{a}$ | 150.00$^{a}$ |
| 100 mg/hr. | 30 s | 3.33$^{b}$ | 13.00$^{b}$ | 38.00$^{b}$ | 87.67$^{ab}$ | 112.00$^{b}$ |
| | 1 m | 1.00$^{cd}$ | 12.67$^{b}$ | 35.33$^{b}$ | 49.33$^{ef}$ | 104.33$^{c}$ |
| | 2 m | 1.67$^{c}$ | 9.67$^{c}$ | 37.00$^{b}$ | 52.00$^{cd}$ | 87.00$^{d}$ |
| 150 mg/hr. | 30 s | 1.33$^{c}$ | 7.33$^{c}$ | 37.33$^{b}$ | 55.67$^{cd}$ | 85.67$^{d}$ |
| | 1 m | 1.33$^{c}$ | 7.00$^{c}$ | 36.33$^{b}$ | 51.33$^{cd}$ | 84.67$^{de}$ |
| | 2 m | 0.67$^{cd}$ | 5.67$^{a}$ | 29.33$^{c}$ | 62.00$^{bcd}$ | 80.00$^{de}$ |
| 200 mg/hr. | 30 s | 0.00$^{d}$ | 5.67$^{a}$ | 29.67$^{c}$ | 59.67$^{c}$ | 81.33$^{de}$ |
| | 1 m | 0.00$^{d}$ | 5.67$^{a}$ | 29.33$^{c}$ | 58.33$^{c}$ | 77.33$^{ef}$ |
| | 2 m | 0.00$^{d}$ | 5.67$^{a}$ | 27.00$^{c}$ | 55.33$^{cd}$ | 70.33$^{f}$ |
| F-test | | * | * | * | * | * |
| CV (%) | | 50.51 | 22.43 | 6.45 | 6.52 | 4.62 |

**หมายเหตุ:** 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 16 การสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดภูแลตัดแต่งที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคแตทแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2°C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน**

| Treatment | | การสูญเสียน้ำหนัก (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | วันที่เก็บรักษา | | | | | |
| | | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Control | | 0.00 | 0.86 | 2.77$^{a}$ | 6.66$^{a}$ | 8.71$^{a}$ | – |
| Ozone water | 200mg/hr. | 0.00 | 0.96 | 2.64$^{bc}$ | 6.36$^{ab}$ | 7.79$^{b}$ | 8.83$^{a}$ |
| $CaCl_{2.}$ | 0.5% | 0.00 | 0.86 | 2.65$^{bc}$ | 6.29$^{b}$ | 7.63$^{bc}$ | 8.78$^{a}$ |
| | 1.0% | 0.00 | 0.96 | 2.53$^{d}$ | 6.12$^{b}$ | 7.32$^{cd}$ | 8.65$^{b}$ |
| | 2.0% | 0.00 | 0.84 | 2.49$^{d}$ | 5.62$^{d}$ | 6.82$^{e}$ | 8.00$^{a}$ |
| Ca-lactate | 0.5% | 0.00 | 0.85 | 2.72$^{ab}$ | 6.04bc | 7.47$^{bc}$ | 8.51$^{a}$ |
| | 1.0% | 0.00 | 0.89 | 2.79$^{a}$ | 6.24$^{b}$ | 7.74$^{b}$ | 8.84$^{b}$ |
| | 2.0% | 0.00 | 0.86 | 2.57$^{cd}$ | 5.77$^{cd}$ | 6.99$^{de}$ | 8.20$^{a}$ |
| F–test | | ns | ns | * | * | * | * |
| CV (%) | | 0 | 11.28 | 2.09 | 2.87 | 2.58 | 2.07 |

**หมายเหตุ:** 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 17 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดภูแลตัดแต่งที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคแตทแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2°C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน**

| Treatment | | การเกิดสีน้ำตาล (คะแนน) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | วันที่เก็บรักษา | | | | | |
| | | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Control | | 0.00 | 0.58$^{a}$ | 1.75$^{a}$ | 4.17$^{a}$ | 5.00$^{a}$ | |
| Ozone water | 200mg/hr. | 0.00 | 0.33$^{abc}$ | 1.17$^{b}$ | 3.17$^{b}$ | 4.17$^{b}$ | 5.00$^{a}$ |
| $CaCl_{2.}$ | 0.5% | 0.00 | 0.08$^{c}$ | 0.83$^{bc}$ | 2.67$^{c}$ | 4.33$^{b}$ | 5.00$^{a}$ |
| | 1.0% | 0.00 | 0.17$^{bc}$ | 0.92$^{bc}$ | 2.42$^{cd}$ | 4.17$^{b}$ | 4.92$^{a}$ |
| | 2.0% | 0.00 | 0.17$^{bc}$ | 1.00$^{bc}$ | 2.42$^{cd}$ | 3.92$^{c}$ | 4.58$^{b}$ |
| Calactate | 0.5% | 0.00 | 0.42$^{abc}$ | 1.08$^{b}$ | 2.58$^{cd}$ | 4.33$^{b}$ | 5.00$^{a}$ |
| | 1.0% | 0.00 | 0.33$^{abc}$ | 0.92$^{bc}$ | 2.33$^{d}$ | 4.25$^{b}$ | 4.83$^{a}$ |
| | 2.0% | 0.00 | 0.33$^{abc}$ | 0.67$^{c}$ | 1.83$^{e}$ | 3.83$^{c}$ | 4.58$^{b}$ |
| F-test | | ns | * | * | * | * | * |
| CV (%) | | 11.28 | 47.78 | 10.97 | 5.35 | 2.94 | 2.25 |

**หมายเหตุ:** 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 18 จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของสับปะรดภูแลตัดแต่งที่เคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคแตทแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2°C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 10 วัน**

| Treatment | | จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g FW.) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | วันที่เก็บรักษา | | | | | |
| | | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Control | | 4.33 | 37.33$^{a}$ | 54.00$^{a}$ | 76.33$^{a}$ | 144.33$^{a}$ | – |
| Ozone water | 200mg/hr. | 0.33 | 9.00$^{cd}$ | 39.67$^{b}$ | 67.00$^{b}$ | 92.00$^{bc}$ | 109.33$^{bc}$ |
| $CaCl_2$ | 0.5% | 1.00 | 12.67$^{b}$ | 40.33$^{b}$ | 68.33$^{b}$ | 98.67$^{bc}$ | 113.33$^{bc}$ |
| | 1.0% | 1.67 | 9.67$^{bc}$ | 36.67$^{b}$ | 52.00$^{c}$ | 87.00$^{cd}$ | 106.33$^{cd}$ |
| | 2.0% | 0.33 | 5.00$^{e}$ | 28.33$^{bc}$ | 49.00$^{c}$ | 81.33$^{d}$ | 101.67$^{d}$ |
| Calactate | 0.5% | 1.33 | 7.00$^{cde}$ | 40.67$^{b}$ | 73.33$^{ab}$ | 101.33$^{bc}$ | 119.67$^{a}$ |
| | 1.0% | 0.67 | 5.67$^{de}$ | 38.00$^{b}$ | 72.00$^{ab}$ | 93.67$^{bc}$ | 108.33$^{bc}$ |
| | 2.0% | 0.00 | 4.67$^{e}$ | 29.67$^{c}$ | 55.00$^{c}$ | 81.33$^{d}$ | 105.00$^{cd}$ |
| F-test | | ns | * | * | * | * | * |
| CV (%) | | 50.68 | 16.93 | 7.07 | 6.50 | 5.83 | 3.14 |

**หมายเหตุ:** 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 19 การสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดภูแลตัดแต่งแบบชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนต แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 6 วัน**

| Treatment | การสูญเสียน้ำหนัก (%) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่เก็บรักษา | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Control | 0.00 | 0.64 | 0.80 | 2.24 | 3.10 | 3.64 | 4.44 |
| 200mg/hr. Ozone | 0.00 | 0.83 | 0.97 | 2.17 | 3.00 | 3.68 | 4.44 |
| 1%Alginate | 0.00 | 0.47 | 0.68 | 1.57 | 2.52 | 2.78 | 3.37 |
| 2%$CaCl_2$ | 0.00 | 0.55 | 0.81 | 1.79 | 2.48 | 3.09 | 3.8 |
| 2%Ca-lactate | 0.00 | 0.68 | 0.89 | 2.02 | 2.75 | 3.35 | 3.96 |
| 1%Alginate+2%$CaCl_2$ | 0.00 | 1.01 | 1.39 | 2.59 | 3.44 | 4.17 | 5.69 |
| 1%Alginate+2%Calactate | 0.00 | 0.65 | 0.65 | 2.68 | 3.70 | 4.50 | 5.17 |
| F-test | | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| cv (%) | | 11.28 | 11.28 | 2.09 | 2.87 | 2.58 | 2.07 |

**หมายเหตุ:** 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 20 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดภูแลตัดแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซนและเคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนต แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตทแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 6 วัน**

| Treatment | การเกิดสีน้ำตาล (คะแนน) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่เก็บรักษา | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Control | 0.00 | $0.40^{a}$ | $0.40^{a}$ | $0.53^{a}$ | $1.33^{e}$ | $2.27^{a}$ | $3.00^{a}$ |
| 200mg/hr. Ozone water | 0.00 | $0.07^{b}$ | $0.07^{b}$ | $0.33^{ab}$ | $1.27^{e}$ | $1.47^{bc}$ | $1.87^{bc}$ |
| 1%Alginate | 0.00 | $0.07^{b}$ | $0.07^{b}$ | $0.33^{ab}$ | $1.67^{de}$ | $1.67^{b}$ | $3.20^{b}$ |
| 2%$CaCl_2$ | 0.00 | $0.07^{b}$ | $0.07^{b}$ | $0.27^{ab}$ | $2.05^{cd}$ | $1.13^{cd}$ | $1.73^{bc}$ |
| 2%Ca-lactate | 0.00 | $0.07^{b}$ | $0.07^{b}$ | $0.27^{ab}$ | $2.45^{bc}$ | $1.60^{bc}$ | $2.33^{ab}$ |
| 1%Alginate+2%$CaCl_2$ | 0.00 | $0.07^{b}$ | $0.07^{b}$ | $0.07^{b}$ | $2.81^{ab}$ | $1.27^{bc}$ | $1.87^{bc}$ |
| 1%Alginate+2%Calactate | 0.00 | $0.07^{b}$ | $0.07^{b}$ | $0.27^{ab}$ | $3.25^{a}$ | $0.67^{d}$ | $1.40^{c}$ |
| F-test | | ns | ns | * | * | * | * |
| CV (%) | | 12.4 | 17.6 | 7.3 | 13.82 | 18.95 | 19.9 |

**หมายเหตุ:** 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 21 จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของสับปะรดภูแลตัดแต่งแบบหั่นชิ้นที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบด้วยสารละลายแอลจิเนต แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตทแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 6 วัน**

| Treatment | จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g FW.) | | |
|---|---|---|---|
| | วันที่เก็บรักษา | | |
| | 0 | 4 | 6 |
| Control | 2.33[a] | 60.00[a] | 127.67[a] |
| 200mg/hr. Ozone water | 0.33[b] | 40.00[b] | 102.00[cd] |
| 1%Alginate | 0.33[b] | 26.00[c] | 93.67[e] |
| 2%$CaCl_2$ | 0.33[b] | 18.33[d] | 108.00[bc] |
| 2%Ca-lactate | 0.33[b] | 25.33[c] | 113.67[b] |
| 1%Alginate+2%$CaCl_2$ | 0.00[b] | 18.33[d] | 98.33[de] |
| 1%Alginate+2%Ca-lactate | 0.33[b] | 28.33[c] | 110.67[bc] |
| F-test | * | * | * |
| CV (%) | 12.4 | 20.54 | 10.11 |

**หมายเหตุ:** 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 22 การสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบด้วยแอลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 12 วัน**

| Treatment | การสูญเสียน้ำหนัก (%) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่เก็บรักษา ( | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Control | 0.18$^{a}$ | 0.19$^{a}$ | 0.22 | 0.27$^{a}$ | 0.35$^{a}$ | 0.44$^{a}$ | 0.59$^{a}$ | 0.68$^{a}$ | 0.85$^{a}$ | 1.37$^{a}$ | | |
| Ozone water | 0.11$^{b}$ | 0.16$^{b}$ | 0.21 | 0.27$^{a}$ | 0.35$^{a}$ | 0.44$^{a}$ | 0.55$^{b}$ | 0.66$^{b}$ | 0.83$^{b}$ | 0.95$^{b}$ | 1.13$^{a}$ | 1.29$^{a}$ |
| 1%Alginate | 0.11$^{b}$ | 0.17$^{ab}$ | 0.21 | 0.25$^{b}$ | 0.32$^{b}$ | 0.41$^{b}$ | 0.52$^{c}$ | 0.64$^{c}$ | 0.79$^{c}$ | 0.93$^{c}$ | 1.11$^{b}$ | 1.28$^{a}$ |
| 2%$Cacl_2$ | 0.11$^{b}$ | 0.17$^{ab}$ | 0.21 | 0.27$^{a}$ | 0.34$^{a}$ | 0.43$^{ab}$ | 0.54$^{b}$ | 0.66$^{b}$ | 0.83$^{ab}$ | 0.95$^{b}$ | 1.12$^{a}$ | 1.28$^{a}$ |
| 1%Alginate+2%$CaCl_2$ | 0.12$^{b}$ | 0.18$^{ab}$ | 0.22 | 0.25 | 0.34$^{ab}$ | 0.43$^{ab}$ | 0.55$^{b}$ | 0.64$^{c}$ | 0.82$^{bc}$ | 0.92$^{c}$ | 1.13$^{a}$ | 1.29$^{a}$ |
| F-test | * | * | ns | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| CV (%) | 12.43 | 6.82 | 5.04 | 2.74 | 2.7 | 2.31 | 1.04 | 1.3 | 1.62 | 0.71 | 1.54 | 1.25 |

**หมายเหตุ:** 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 23 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซนเคลือบด้วยแอลจิเนตและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 12 วัน**

| Treatment | คะแนนการเกิดสีน้ำตาล | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จำนวนวันที่เก็บรักษา | | | | | | |
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| Control | 0 | 0.50 | 2.16$^{a}$ | 2.50 | 3.33$^{a}$ | 4.83$^{a}$ | – |
| Ozone water | 0 | 0.17 | 1.66$^{ab}$ | 2.16 | 2.66$^{ab}$ | 3.50$^{b}$ | 4.16 |
| 1%Alginate | 0 | 0.35 | 1.83$^{a}$ | 2.00 | 2.50$^{b}$ | 3.00$^{bc}$ | 4.00 |
| 2%$Cacl_2$ | 0 | 0.17 | 0.83$^{c}$ | 1.83 | 2.33$^{b}$ | 3.00$^{bc}$ | 3.66 |
| 1%Alginate+2% $CaC_2$ | 0 | 0.16 | 1.00$^{bc}$ | 1.66 | 2.16$^{b}$ | 2.66$^{c}$ | 3.33 |
| F-test | 0 | ns | * | ns | * | * | ns |
| CV (%) | 0 | 111.80 | 27.21 | 21.99 | 15.7 | 10.73 | 11.86 |

**หมายเหตุ:** 1. ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

**ตาราง 24 จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของสับปะรดภูแลตัดแต่งแบบผลที่ล้างด้วยน้ำโอโซน เคลือบด้วยแอลจิเนต และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10±2 °C, 80±2%RH) เป็นระยะเวลา 12 วัน**

| Treatment | จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g FW.) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | จำนวนวันที่เก็บรักษา | | | |
| | 0 | 4 | 8 | 12 |
| Control | 0 | 9.00[a] | 37.00 | 86.00[a] |
| Ozone water | 0 | 4.66[b] | 35.33 | 72.33[ab] |
| 1%Alginate | 0 | 4.33[b] | 40.33 | 62.33[b] |
| 2%$Cacl_2$ | 0 | 5.00[b] | 49.00 | 72.33[ab] |
| 1%Alginate+2% $CaCl_2$ | 0 | 3.00[b] | 37.00 | 57.33[b] |
| F-test | ns | * | ns | * |
| CV (%) | 0 | 25.31 | 19.15 | 12.46 |

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

# ประวัติผู้วิจัย

| | |
|---|---|
| **ชื่อ–สกุล** | ปริยาภัทร งานดี |
| **วัน เดือน ปี เกิด** | 14 เมษายน 2539 |
| **สถานที่เกิด** | น่าน |
| **วุฒิการศึกษา** | พ.ศ. 2560 วท.บ. (ชีวเคมี), มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา |
| **ที่อยู่ปัจจุบัน** | 374 ม.2 ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000 |
| **ผลงานตีพิมพ์** | ผลของการเคลือบผิวด้วยแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของสับปะรดตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ |