ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาพืชสวน

เรื่อง

ผลของสารละลายกรดต่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของต้นหอม

Influence of Acidic Solution on Browning Control Quality and Storage Life of Multiplier Onion

(Allium cepa var. aggregatum)

โดย

นางสาวณัฐกานต์ เอกประทุมชัย

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.สมชาย กล้าหาญ

ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(เกษตรศาสตร์)

พุทธศักราช 2546

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาพืชสวน

เรื่อง

ผลของสารละลายกรดต่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของต้นหอม

Influence of Acidic Solution on Browning Control Quality and

Storage Life of Multiplier Onion

(Allium cepa var. aggregatum)

โดย

นางสาวณัฐกานต์ เอกประทุมชัย

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

....

(รศ.ดร.สมชาย กล้าหาญ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่..๘...เดือน..[illegible]...พ.ศ....๔๗..

ภาควิชารับรองแล้ว

....

(รศ.สมภพ ฐิตะวสันต์)

หัวหน้าภาควิชาพืชสวน

วันที่...๘...เดือน...[illegible]...พ.ศ...๔๗...

ชื่อเรื่อง : ผลของสารละลายกรดต่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของต้นหอม

โดย : นางสาวณัฐกานต์ เอกประทุมชัย

สาขาวิชา : พืชสวน

ภาควิชา : พืชสวน

คณะ : เทคโนโลยีการเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สมชาย กล้าหาญ

บทคัดย่อ

ผลของสารละลายกรดต่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของต้นหอม โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 6 วิธีการ วิธีการละ 3 ซ้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16°C ผลปรากฏว่า ภายหลังการเก็บรักษาต้นหอมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และที่อายุ 3 วัน หลังจากเก็บรักษาต้นหอมที่แช่ด้วยน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด คือ 0.79 เปอร์เซ็นต์ ต้นหอมที่แช่ด้วยน้ำมะนาวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 2.17 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ Total Soluble Solid (TSS) 4.27 brix เปอร์เซ็นต์ Titratable Acidity (%TA) 0.15 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะสีใบจัดอยู่ในกลุ่ม GG 137C (Green Group 137C) และลักษณะสีต้นจัดอยู่ในกลุ่ม WG 155B (White Group 155B) ต้นหอมที่เก็บรักษาทุกวิธีการมีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 3วัน

Title : Influence of Acidic Solution on Browning Control Quality and Storage Life of Multiplier Onion *(Allium cepa var. aggregatum)*

By : Miss. Natthakan Ekprathumchai

Major : Horticulture

Department : Horticulture

Faculty : Agricultural Technology

Advisor : Assoc. Prof.Dr. Somchai Glahan

Abstract

Influence of acidic solution on browning control quality and storage life of multiplier onion (*Allium cepa var. aggregatum*). The statistical model was completely randomized design, comprised of 6 treatment and 3 replications then stored at 16^{O}C. The result showed that fresh weight loss of multiplier onion increased according to storage time increased. After 3 days multiplier onion with citric acid 0.25 percent had the lowest fresh weight lost as 0.79 percent while the highest fresh weight lost received from multiplier onion with lemon juice of the mean 2.17 percent. TSS and TA contant gave the mean of 4.27 brix and 0.15 percent respectively.The leaf and the stem showed a well appearance with GG 137C (Green Group 137C) and WG 155B (White Group 155B) respectively. All of treatment had a storage life of 3 days.

คำนิยม

ปัญหาพิเศษ เรื่องการศึกษาผลของสารละลายกรดต่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของต้นหอมสำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รศ.ดร. สมชาย กล้าหาญ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ พร้อมทั้งช่วยเหลือในด้านวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ และตรวจทานแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ รวมถึงประสบการณ์ต่างๆ แก่ข้าพเจ้าอย่างเต็มความสามารถ

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้โอกาสข้าพเจ้าได้เข้ามาศึกษาต่อจนประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดาที่เลี้ยงดูและให้โอกาสทางการศึกษาจนกระทั่งข้าพเจ้าสามารถบรรลุในสิ่งที่มุ่งหวังไว้

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ คณะเทคโนโลยีการเกษตรทุกคนที่มีส่วนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

น.ส. ณัฐกานต์ เอกประทุมชัย

มีนาคม 2547

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ

สารบัญภาพผนวก

คำนำ

ต้นหอมเป็นผักที่เรารู้จักกันดี นิยมใช้บริโภคกันอย่างกว้างขวาง เนื่องด้วยต้นหอมเป็นพืชที่เกิดความเสียหายได้ง่าย และมีอายุการเก็บรักษาสั้น จึงเป็นผลให้ต้นหอมมีมูลค่าทางการตลาดไม่สูงมากนัก จากปัญหานี้เองจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาต้นหอม อันจะช่วยลดความเสียหายเนื่องจากการเก็บรักษาและการขนส่ง ทำให้ต้นหอมมีอายุการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้นได้ โดยที่ผลผลิตมิได้สูญเสียคุณภาพไปแต่อย่างใด ดังนั้นการยืดอายุการเก็บรักษาต้นหอมด้วยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในการเก็บรักษา จึงอาจเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ยืดอายุการเก็บรักษาต้นหอมได้

น.ส. ณัฐกานต์ เอกประทุมชัย
มีนาคม 2547

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของสารควบคุมการเกิดสีน้ำตาลที่มีผลต่อคุณภาพหลังการเก็บรักษาต้นหอมในสภาพบรรยากาศดัดแปลง
2. เพื่อศึกษาผลของสารละลายกรดต่ออายุการเก็บรักษาต้นหอม

ตรวจเอกสาร

ชื่อไทย ต้นหอมหรือหอมแบ่ง

ชื่อสามัญ MULTIPLIER ONION

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Allium cepa var. aggregatum*

ชนิดของผัก พืชผักข้ามปี(Perennial crops)

วงศ์ Alliaceae - Amaryllis family

ถิ่นกำเนิด เอเชีย

ฤดูปลูก ตลอดปี

อายุการเก็บเกี่ยว 30-60 วัน

ลักษณะที่เหมาะในการเก็บเกี่ยว ต้นอวบโตเต็มที่ ใบสีเขียวสด

ส่วนที่ใช้บริโภค ต้น , ใบ

ส่วนที่ใช้ขยายพันธุ์ หน่อ

ลักษณะโดยทั่วไป

ต้นหอมเป็นผักที่เราใช้บริโภคส่วนของต้นและใบ ลำต้นสีขาว ใบสีเขียว ใช้ประกอบอาหารได้ จำหน่ายเป็นมัด เก็บไว้ได้ไม่นานเพราะจะเน่าเสียง่าย มีลักษณะเกิดหัว (bulb) และการแตกกอ คล้ายๆ หอมแดงเพียงแต่ส่วนของหัวไม่ขยายใหญ่เป็นหัวโตขึ้นมาจึงค่อนข้างเล็กและลีบมีสีขาวๆ น่ารับประทาน ต้นหอมชอบดินทุกประเภท โดยเฉพาะดินร่วนต้นหอมจะขึ้นได้ดี ดินที่มีความเป็นกรดเป็นด่างช่วงที่เหมาะสมก็คือ 5.8-6.5 (เป็นกรดเล็กน้อย) และต้องมีความชื้นในดินสูงและสม่ำเสมอ ชอบอากาศชุ่มชื้น ได้แสงแดดเต็มที่ตลอดวัน ชอบอากาศเย็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 13-24 องศาเซลเซียส

พันธุ์ที่ปลูก

เป็นพันธุ์ที่ส่งมาจากประเทศไต้หวัน ซึ่งให้ผลผลิตสูง แตกกอดี การเก็บพันธุ์ใช้เองของเกษตรกรไม่นิยม เพราะจะให้ผลผลิตต่ำกว่าเดิม

การขยายพันธุ์

ใช้หัวหรือบัลม์ (bulb) แยกออกเป็นกลีบ โดยตัดใบแห้งๆ และรากเก่าๆ ทิ้งแกะหัวให้ออกเป็นกลีบเดียว อย่าให้เปลือกหุ้มถลอกเป็นแผลเพราะจะเป็นทางให้เชื้อโรคเข้าได้เลือกกลีบที่สมบูรณ์แล้วเก็บไว้ในที่ชื้น ใช้ผ้าเปียกคลุมไว้นานสัก 24 ชั่วโมง จึงนำไปปลูกต่อไป ปริมาณหัวพันธุ์ที่ใช้คือ 60-80 กิโลกรัม/ไร่

สรรพคุณ

ช่วยแก้หวัด มีน้ำมันหอมระเหย มีสารฟลาโวนอยด์ต้านมะเร็งและอาการติดเชื้อต่าง ๆ ช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือด ควบคุมความดันโลหิตสูง และป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน

บทบาทที่สำคัญของก๊าซออกซิเจน

O_2 ในบรรยากาศมีปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อขบวนการหายใจ การสร้างเอทธิลีน และกระบวนการออกซิเดชั่นอื่นๆ การลดปริมาณ O_2 จะมีผลทำให้ อัตราการหายใจลดลง ถ้าปริมาณ O_2 ลดลงถึง 5 เปอร์เซ็นต์ จะไม่เพียงพอกับการหายใจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (สมบุญ, 2538) มีบทบาทต่อการทำงานของเอทธิลีน ในพืชความเข้มข้นของ O_2 ระหว่าง 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอความสุกของผลไม้หลายชนิด (ดนัย และนิธิยา, 2535)

การหมัก (fermentation) เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งสังเกตได้จาก กลิ่นแอลกอฮอล์ที่สะสมขึ้นมีการผลิตอัตราที่สูงขึ้นเมื่อปริมาณ O_2 ให้ได้ตามระดับที่ต้องการนั้น อาจทำได้โดยการปล่อยให้ผลผลิตหายใจใช้ออกซิเจนลดลงอยู่ในระดับที่ต้องการก่อน เมื่อได้ O_2 ที่ต้องการแล้ว ปริมาณ O_2 จะลดลงอีก ดังนั้นจะต้องคอยวัดและเพิ่มเติม O_2 จากภายนอกโดยใช้ O_2 จากถังก๊าซหรือใช้วิธีดูก๊าซเนื่องจากมีการหายใจ (จริงแท้, 2541)

บทบาทที่สำคัญของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ในบรรยากาศจะมี CO_2 อยู่ 0.03 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 ในบรรยากาศรอบๆ จะส่งผลให้ผลไม้สุกช้าลงได้ปริมาณ CO_2 3 – 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการสุกของผลไม้ได้ (สายชล, 2528) เนื่องจาก CO_2 มีบทบาทดังนี้

1. ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น อัตราการหายใจของพืชลดลงทำให้อายุการเก็บรักษาของผลผลิตนานขึ้น (วัฒนา, 2540) ความเข้มข้น CO_2 ที่เหมาะสมจะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืช การชะลออัตราการหายใจของพืชจะได้ผลน้อยเมื่อใช้อัตราความเข้มข้นน้อยเกินไป ในขณะที่ความเข้มข้นสูงเกินไป จะทำให้เซลล์ของพืชเป็นอันตราย ทำให้เกิดการเน่าเสียเร็วยิ่งขึ้น เช่น แอปเปิ้ลจะทนต่อ CO_2 ได้น้อยกว่า O_2 โดยการเก็บรักษาแอปเปิ้ลจะใช้ CO_2 ประมาณ 3 – 5 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่สตอเบอรี่ใช้ 15 – 20 เปอร์เซ็นต์

2. ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิด เราจึงเรียกว่า CO_2 เป็น bacteriostatic หรือ fungistatic คือ มีผลยับยั้งการเข้าทำลายเชื้อเท่านั้นไม่ได้ทำลายหรือฆ่าจุลินทรีย์ โดยทั่วไปจะใช้ CO_2 ที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดี เมื่อเชื้ออยู่ในช่วงเตรียมพร้อมเพื่อแบ่งตัวโดยช่วงเวลาดังกล่าวการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ช้าลง (งามทิพย์, 2538)

บทบาทที่สำคัญของก๊าซเอทธิลีน

เอทธิลีน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดไม่อิ่มตัวที่มีสถานะเป็นก๊าซที่มีอุณหภูมิปกติ มีสูตรโมเลกุล คือ C_2H_4 และมีน้ำหนักโมเลกุล 28 เป็นฮอร์โมนพืชชนิดเดียวที่มีสถานะเป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นเพียงเล็กน้อย จัดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ติดไฟและเกิดระเบิดได้ใน

ในช่วงความเข้มข้น 3.2-32 % เอทธิลีนจัดเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชตั้งแต่การเจริญเติบโต การพัฒนา การแก่ การสุก และการเสื่อมสภาพ ในผลไม้ขณะการเจริญเติบโตในช่วงของการแบ่งเซลล์จะมีอัตราการสังเคราะห์เอทธิลีนสูงมาก การให้เอทธิลีนจากภายนอกแก่ผลไม้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้เร็วขึ้นทั้งการเปลี่ยนสีผิว และการอ่อนตัวของผลไม้ (Softening) เมื่อผลไม้แก่เต็มที่จะมีการสังเคราะห์เอทธิลีนเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง และเนื้อเยื่อของผลไม้มีความไวในการตอบสนองต่อเอทธิลีนเปลี่ยนไป ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการกระตุ้นของเอทธิลีน เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าเป็นการสุกของผลไม้ และเอทธิลีนทำหน้าที่เป็นฮอร์โมนที่ทำให้เกิดกระบวนการสุกของผลไม้

การสังเคราะห์เอทธิลีนในเซลล์พืชมีสารเริ่มต้นจากจากกรดอะมิโนเมทไธโอนีน (methionine) และอาจมีการสังเคราะห์เอทธิลีนเพียงเล็กน้อย จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดลิโนเลอิค เมทไธโอนีน เป็นสารเริ่มต้นในปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอทธิลีน ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นเอทธิลีนได้อย่างรวดเร็ว และต้องการก๊าซออกซิเจนในการสังเคราะห์ด้วย(ดนัย,2540)

การผลิตเอทธิลีนเนื้อเยื่อพืชทุกชนิดสร้างเอทธิลีนได้ โดยปกติปริมาณการผลิตเอทธิลีนจะมีน้อย แต่เมื่อผลิตผลสุกหรือเมื่อผลิตผลถูกกระทบกระเทือนด้วยอะไรก็ตามจะมีการสร้างเอทธิลีนเกิดขึ้นเป็นอันมาก และเอทธิลีนจะไปกระตุ้นกระบวนการต่างๆ ให้เกิดขึ้นได้ เช่น กระบวนการสุก การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เอทธิลีนอาจเกิดจากแหล่งอื่นๆ อีก เช่น จากเชื้อรา จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ เอทธิลีนจากภายนอกสามารถกระตุ้นให้ผลไม้ผลิตเอทธิลีน ในปริมาณที่สูงขึ้นได้หากให้เอทธิลีนก่อนกระบวนการสุกจะเริ่มขึ้น(จริงแท้,2541)

ปัจจัยที่มีผลยับยั้งการสังเคราะห์เอทธิลีน

1. การสังเคราะห์เอทธิลีนจะหยุดชะงักในบรรยากาศที่ขาดก๊าซออกซิเจน ทั้งนี้เพราะก๊าซออกซิเจนจำเป็นต้องใช้ในปฏิกิริยาการเปลี่ยน 1- aminoclopropane-1-carboxylic acid (ACC) ให้เป็นเอทธิลีนปริมาณต่ำกว่า 8 เปอร์เซ็นต์จะส่งผลให้การสังเคราะห์เอทธิลีนลดลง

2. อุณหภูมิมีผลต่อปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอทธิลีนด้วย อัตราการสังเคราะห์เอทธิลีนจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 0-25 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงเกิน 30 อาศาเซลเซียส อัตราการสังเคราะห์เอทธิลีนจะลดลง และจะหยุดชะงักที่อุณหภูมิสูงเกิน 40 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ดีการยับยั้งการสังเคราะห์เอทธิลีนที่อุณหภูมิสูงนี้ สามารถกลับคือสู่สภาพปกติได้เมื่อลดอุณหภูมิลง

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว

การเปลี่ยนสี

เป็นขบวนการหนึ่งที่เกิดขึ้นและสามารถมองเห็นได้ชัดเจน โดยเฉพาะในระหว่างการแก่ การสุก และ senescence การสูญเสียสีเขียวซึ่งเกิดจากการสลายตัวของ chlorophyll ทำให้สีเหลือง (carotenoid) ปรากฏขึ้นซึ่งเป็นลักษณะของการเกิด senescence นอกจากนี้การเกิดสีแดงก็อาจจะพบได้เนื่องจากการสร้าง anthocyanin ในแอปเปิ้ลและเชอรี่ หรือการสร้าง lycopene ในมะเขือเทศโดยที่การเปลี่ยนสีส่วนใหญ่จะเกิดทันทีหลังจากการเกิด climacteric peak ของการหายใจในระหว่างการสุกของผลไม้พร้อมทั้งติดตามด้วยการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับเนื้อเยื่อของผลไม้ นอกจากนี้การเกิดสีเผลืองก็เป็นปรากฏการณ์ธรรมดาที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาของผัก เช่น ถั่ว คะน้า กะหล่ำดาว เป็นต้น ซึ่งการคงสภาพสีเขียวและอัตราการเกิดนี้มีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ หลายอย่างคือ อุณหภูมิ ความชื้น ระยะเวลาของการเก็บรักษาเชื้อโรค รวมทั้งส่วนประกอบของบรรยากาศในห้องเก็บรักษา

การเก็บรักษาผลผลิตในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

การเก็บรักษาผลผลิตภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีชนิด และ/หรือ ความเข้มข้นของก๊าซแตกต่างไปจากสภาพบรรยากาศปกติ โดยทั่วไปจะเน้นความสำคัญที่ก๊าซออกซิเจน (O_2) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นก๊าซที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อขบวนการเมตาบอลิซึมของผลผลิต

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง เป็นการปรับองค์ประกอบก๊าซเป็นเพียงช่วงกว้างๆ เท่านั้นไม่ต้องควบคุมให้อยู่ที่ระดับ หรือจุดใดจุดหนึ่งอย่างแน่นอนตลอดการเก็บรักษา

หลักการเบื้องต้นของการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง คือ การเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณ O_2 ต่ำ และ/หรือมีปริมาณ CO_2 มากกว่าปกติ

การเก็บรักษาผลิตผลในถุงพลาสติกปิดสนิท เป็นการเก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลง โดยทำให้ O_2 ลดต่ำลงมากๆ และปริมาณ CO_2 เพิ่มสูงขึ้นมากจนทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ O_2 ดังนั้นการบรรจุหีบห่อจึงเป็นการดัดแปลงบรรยากาศรอบๆ ผลิตผลด้วยโดยถุงพลาสติกจะเป็นตัวจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 ระหว่างบรรยากาศนอกถุงพลาสติก ทำให้บรรยากาศภายในถุงพลาสติกมี O_2 น้อย และมี CO_2 มาก ในสภาพดังกล่าวจะทำให้สามารถชะลอการสุกของผลมะม่วงได้ (อรทัย,2543)

การเก็บรักษาผลผลิตโดยการควบคุมสภาพของบรรยากาศนั้น เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถเก็บรักษาผลผลิตให้มีคุณภาพดีได้นาน โดยมีหลักการของการเก็บรักษา คือ ควบคุมปริมาณก๊าซ CO_2 กับ O_2 ซึ่งจัดควบคุมให้มีปริมาณก๊าซ O_2 ต่ำกว่าปกติและเพิ่มปริมาณก๊าซ CO_2 ให้สูงขึ้นกว่าสภาพบรรยากาศปกติ การเก็บรักษาด้วยวิธีนี้ จะสามารถยับยั้งขบวนการสุก การ senescence หรือชะลอขบวนการดังกล่าวให้เกิดขึ้นอย่างช้าๆ รวมทั้งการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ การ

สูญเสีย chlorophyll การเกิดกลิ่น การสูญเสียกรด รวมทั้งอัตราการหายใจของผลผลิตให้เกิดขึ้นน้อยหรือเกิดอย่างช้าๆ ได้ (สมชาย,2545)

เทคนิค MAP (modified atmosphere packing) เป็นวิธีการเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ ดัดแปลงมาจากวิธี MA จะมีข้อดีต่างตรงที่วิธี MA จะเป็นการเก็บรักษาผลผลิตภายในถุงพลาสติกหรือฟิล์มชนิดพิเศษ (วัฒนา, 2540)

Kader (1986) ได้กล่าวไว้ว่า การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในผักและผลไม้สดเนื่องจากการเก็บรักษาภายใต้ MAPจะแสดงออกมาในรูปของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส เช่น สี กลิ่น รส และคุณค่าทางอาหารอาจมีการเปลี่ยนแปลง เมื่อเก็บรักษาภายใต้ MAP สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงสี (color change)

ในสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณO_2น้อยกว่าและCO_2มากจะช่วยลดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และลดการสังเคราะห์แคโรทีนนอยด์แทนโทไซยานินซึ่งรงควัตถุ 2 ชนิดนี้จะทำให้ สีเหลือง – ส้ม และแดงน้ำเงินแก่พืชตามลำดับ ตัวอย่างเช่น ปริมาณ O_2 ที่ 2 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณ CO_2 ที่ 5 เปอร์เซ็นต์ ช่วยชะลอการสร้างแอนโทไซยานินของลูกพลับสดได้ อย่างไรก็ดีควรคำนึงถึงการใช้ปริมาณ CO_2 ไม่ควรให้มากเกินไปเพราะอาจก่อให้เกิดผลเสียหายแก่ผักและผลไม้ได้

2. การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส (texture change)

CO_2 มีผลต่อการอ่อนนิ่มของผลไม้มากกว่า O_2 แต่กลไกการเกิดปรากฏการณ์นี้ยังไม่เป็นที่แน่ชัด ตัวอย่างเช่น ปริมาณ CO_2 ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถป้องกันมิให้เนื้อของบรอคโคลี่เหนียวแต่กับอ่อนนุ่มพอดี (tender) และนุ่มกว่าตอนเก็บเกี่ยวใหม่ๆ และเมื่อความเข้มข้นของ CO_2 เพิ่มขึ้นเป็น 12 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยลดความเหนียวของหน่อไม้ฝรั่งเนื่องจากมีเส้นใยมากเกินไป

3. การเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส (flavor change)

สารที่ให้กลิ่นรสของผักและผลไม้ ได้มาจากขบวนการหายใจและเมตาบอลิซึมต่างๆในพืช ตัวอย่างเช่น O_2 ปริมาณ 2.5 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยลดการสูญเสียของกรดในแอปเปิ้ลพันธุ์ golden delicious สิ่งที่ควรระวัง คือ ถ้า O_2 และ CO_2 มีความเข้มข้นในช่วงที่พืชทนทานไม่ได้ จะเกิดกลิ่นรสผิดปกติ เนื่องจากการสะสมแอลกอฮอล์และอัลดีไฮล์ที่ได้จากขบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน

นอกจากนี้ MAP ที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5-20 หรือมีก๊าซออกซิเจนน้อยกว่าร้อยละ 3 สามารถยับยั้งการเปลี่ยนแปลงของแป้งเป็นน้ำตาลในมันฝรั่งได้ ซึ่งเป็นข้อดีของการเก็บมันฝรั่งที่จะนำไปผลิตมันฝรั่งทอดก็เร่งให้มันฝรั่งงอกเร็วขึ้นได้

4. การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางอาหาร (nutritional change)

โดยทั่วไป MAP จะช่วยรักษา ปริมาณ แอสคอร์บิก (ascorbic acid) หรือวิตามิน C ในผักและผลไม้นั้น ได้ดีกว่าการเก็บรักษาในบรรยากาศปกติ ตัวอย่างเช่น ในบรรยากาศที่มี O_2 4

เปอร์เซ็นต์ CO_2 9 เปอร์เซ็นต์ ช่วยลดการสลายตัวของวิตามิน C ในผักโขมได้ถึงร้อยละ 50 เทียบกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ

การเก็บรักษาผลผลิตภายใต้สภาพบรรยากาศ โดยการลดหรือเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซให้แตกต่างไปจากสภาพบรรยากาศปกติ ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการลดหรือเพิ่มปริมาณ O_2 และการเพิ่มปริมาณ CO_2 ปัจจัยที่สำคัญที่สุด คือ อุณหภูมิ เมื่อลดอุณหภูมิให้กับผลผลิต กระบวนการต่างๆ ทางสรีระวิทยาจะเกิดขึ้นในอัตราที่ช้าลง อายุการเก็บรักษาผลผลิตจะนานขึ้น (นิภา, 2540;Kader, 1983;Parry, 1993)

ความเข้มข้นของก๊าซที่มีผลต่อคุณภาพของผักและผลไม้ คือ O_2 และ CO_2 เพราะในการหายใจของผลผลิตสดจะให้ O_2 และ CO_2 จะต้องมีระดับที่เหมาะสม สามารถทำให้อัตราการหายใจของผลผลิตต่ำลงมากที่สุด โดยไม่เกิดการเสื่อมสภาพของผลผลิตสดนั้น (Zagory and Kader, 1998)

ประโยชน์ของการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

นอกจากจะชะลอกระบวนการทางชีวะเคมีต่างๆ ภายในผลผลิตทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้แล้วยังมีประโยชน์ในแง่อื่นๆ ดังนี้

1.)ให้สามารถเก็บเกี่ยวผลิตผลที่มีความอุดมสมบรูณ์มากมีรสชาติคุณภาพในการบริโภคดีกว่าผลิตผลที่มีความบริบูรณ์น้อยแต่มักเก็บรักษาไม่ได้นานขนส่งไปไม่ได้ไกล การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงสามารถช่วยแก้ปัญหานี้ได้

2.)ลดสภาพไว (sensitivity) ของผลิตผลต่อเอทธิลีน ทำให้การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่กระตุ้นโดยเอทธิลีนเกิดขึ้นได้ช้าลง ทั้งนี้เพราะคาร์บอนไดออกไซด์มีโครงสร้างทางเคมีใกล้เคียงกับเอทธิลีน สามารถไปแย่ง active site ของเอทธิลีนได้

3.)ลดการเหม็นหืน (rancidity) ในการเก็บรักษาที่มีไขมันมาก เช่นพวกเมล็ดเคี้ยวมันได้แก่มะม่วงหิมพานต์ รวมทั้งเมล็ดถั่วชนิดตางๆ ทั้งนี้เพราะการเหม็นหืนเกิดจากการออกซิไดซ์กรดไขมันที่อิ่มตัวโดยออกซิเจน

4.)ลดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ระหว่างการเก็บรักษา เช่นอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ในเซลล์องประกอบต่างๆ ที่เคยอยู่ใน compartment แยกต่างหากจะเล็ดลอดออกมาโดยเฉพาะสารประกอบ ฟีนอล ทำให้ถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนและทำให้เกิดอาการผิดปกติสีน้ำตาลขึ้น

5.)ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เพราะจุลินทรีย์ที่เจริญได้บนผักผลไม้ส่วนใหญ่เป็น aerobic microorganism เมื่อมีออกซิเจนต่ำทำให้การเจริญเติบโตของผลผลิตลดลงด้วย

6.)ลดการเจริญเติบโตของแมลงที่ติดมากับผลิตผลในทำนองเดียวกับเชื้อจุลินทรีย์อย่างไรก็ตามความเข้มข้นที่จะควบคุมแมลงได้ผล มักเป็นอันตรายต่อผักและผลไม้

7.)เพิ่มคุณภาพของผลิตผล ผลิตผลบางอย่างมีการเจริญเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยวเช่น หน่อไม้ฝรั่ง ปริมาณเส้นใยเพิ่มสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษา สภาพบรรยากาศดัดแปลง ช่วยชะลอการสร้างเส้นใยในหน่อไม้ฝรั่งได้ (จริงแท้, 2541)

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผัก

หลังเก็บเกี่ยวพืชผักจะมีการเปลี่ยนแปลงดังต่อไปนี้(สายชล,2526)

1. การหายใจ พืชผักหลายชนิดมีการหายใจเพิ่มขึ้นในระยะแก่ บางชนิดก็ไม่เพิ่มปริมาณน้ำตาลที่ถูกใช้ไปในการหายใจมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น คือ ประมาณ 1 กรัม สำหรับพืชผักทุกๆ 1กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผักสร้างขึ้นมา พืชผักส่วนมากผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่มากกว่า 0.1 กรัม จากทุกๆ 1 กิโลกรัมของน้ำหนักสดของผักที่อุณหภูมิปกติ เกิดการสูญเสียน้ำตาลหรืออาหารที่สะสมปริมาณ 0.01% ต่อชั่วโมง แม้ว่าผักบางอย่างจะเก็บไว้ได้นาน 6-8 เดือน เช่น มันฝรั่ง หัวหอมใหญ่ กะหล่ำปลี ก็จะมีการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการหายใจไม่มากกว่า 3 % เพราะพืชผักเหล่านี้มีการหายใจต่ำในที่อุณหภูมิต่ำขณะเก็บรักษา

การเก็บรักษาพืชผักควรจะคำนึงถึงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าการใช้ก๊าซออกซิเจน เพราะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อาจจะมีมากเกินไป ถ้ามีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง 3 % พืชผักก็ยังหายใจได้ไม่มีอันตรายอะไร แต่ถ้าเก็บรักษาพืชผักไว้นานจนขาดก๊าซออกซิเจน พืชผักจะเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นหรือรสที่ผิดปกติได้ อัตราการหายใจของพืชผักสามารถใช้เป็นตัวแสดงถึงอายุการเก็บรักษาได้เป็นอย่างดี พืชผักที่มีอัตราการหายใจสูงอายุการเก็บรักษามักจะสั้น ส่วนพืชผักที่มีอัตราการหายใจต่ำอายุการเก็บรักษามักจะนาน อัตราการหายใจยังเป็นตัวชี้แสดงที่ดีเกี่ยวกับอัตราของปฏิกิริยาอื่นๆ ที่กำลังดำเนินการอยู่ เช่น การเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งในข้าวโพดหวาน ถั่วลันเตา หน่อไม้ฝรั่ง การสูญเสียวิตามินซีและการถูกทำลายด้วยโรค

2. การสูญเสียน้ำหนัก พืชผักทุกชนิดหลังการเก็บเกี่ยวจะมีการสูญเสียน้ำตลอดเวลาถ้าไม่ได้รับการป้องกันหรือยับยั้งผักจะเหี่ยวอย่างรวดเร็ว ทำให้คุณภาพของผักเลวลง เหนียว อ่อน ไม่กรอบและอาจจะกินไม่ได้ในที่สุด พืชผักที่สูญเสียง่ายหลายชนิดถ้ามีการสูญเสียน้ำ 5-10 % ภายใต้สภาพอากาศแห้ง อุณหภูมิสูงจะทำให้ผักเหี่ยวภายใน 2-3 ชั่วโมงเท่านั้น การสูญเสียน้ำปริมาณเล็กน้อย พืชอาจไม่แสดงอาการเหี่ยวให้ปรากฏแต่จะทำให้สูญเสียความกรอบ เกิดการเปลี่ยนแปลงสี

3. พืชผักจะมีการสร้างก๊าซเอทธิลีนในขณะที่พืชมีบาดแผลชอกช้ำหรือถูกโรคแมลงเข้าทำลาย ก๊าซเอทธิลีนมีประโยชน์ คือ ใช้บ่มผักประเภทกินผล เช่น มะเขือเทศ แคนตาลูป ให้สุกเร็วสม่ำเสมอ มีสีสวยและมีโทษต่อพืชผัก คือ เร่งให้พืชผักมีอายุเก็บรักษาสั้นลงหรือเร็วขึ้นหรือเกิดอาการผิดปกติบางอย่าง พืชผักแต่ละชนิดจะมีความไวต่อก๊าซเอทธิลีนไม่เท่ากัน พืชผักที่ไวต่อก๊าซเอทธิลีนไม่ควรจะเก็บรวมกับผลิตผลอื่นๆ ที่ปล่อยก๊าซเอทธิลีน ฉะนั้นในตู้เย็นหรือห้องเก็บรักษา

ไม่ควรจะเก็บพืชผักที่มีบาดแผล เพราะจะมีการปลดปล่อยก๊าซเอทธิลีนออกไป กระตุ้นพืชผักให้แก่ถึงระยะเสื่อมสลาย (senescence) เร็วขึ้นด้วย

4. การเปลี่ยนสี การสูญเสียสีเขียวในพืชผักเป็นการแสดงการเสื่อมคุณภาพซึ่งจะเกิดมากในพืชผักกินใบสีเขียว การสูญเสียสีเขียวเกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์(chlorophyll)

5. การอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ พืชผักระหว่างเก็บรักษาจะเกิดการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อพบมากในพืชผักกินผล

6. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในของผัก มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหลายชนิด คือ

6.1 การเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรต มีการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาลหรือเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้งขึ้นกับชนิดของพืชผัก ในพืชผักที่บริโภคในระยะอ่อน เช่น ถั่วลันเตา หน่อไม้ฝรั่ง ข้าวโพดหวาน จะมีรสหวาน มีแป้งน้อย ฉะนั้นคุณภาพของพืชผักพวกนี้ก็คือ พยายามป้องการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้งโดยการเก็บไว้ในที่เย็นที่สุดหลังจากเก็บเกี่ยว

6.2 การเปลี่ยนแปลงกรดอินทรีย์ กรดอินทรีย์ในพืชผักที่ได้รับความสนใจ คือ วิตามินซี (ascorbic acid) เพราะพืชผักหลายชนิดมีวิตามินซีสูง วิตามินซีในพืชผักจะสูญเสียอย่างรวดเร็วหลังเก็บเกี่ยว วิตามินซีจะถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายทั้งในสภาพมีและไม่มีเอนไซม์ (enzyme)

ปัจจัยหลังการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตผล

ผลผลิตจะเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากปัจจัยก่อนเก็บเกี่ยวดังกล่าว แล้วยังมีปัจจัยที่ทำให้เกิดการเสื่อมหลังเก็บเกี่ยวอีก คือ

1. ระยะการเก็บเกี่ยว ถ้าเก็บในระยะที่แก่หรืออ่อนเกินไปจะทำให้อายุการเก็บรักษาสั้น เช่น มะม่วงที่เก็บแก่เกินไปจะเกิดรอยช้ำทำให้บริโภคไม่ได้
2. วิธีการเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บเกี่ยวที่ไม่ถูกต้องจะทำให้เกิดรอยช้ำในผลหรือเกิดแผล เช่น ผลมังคุดที่เก็บโดยใช้ตะกร้อหวายสอยหรือเขย่าให้หล่นลงพื้นดิน จะทำให้เนื้อผลเป็นเนื้อแก้วมียางไหลข้างใน อายุเก็บรักษาสั้นลง กล้วย มะม่วง ชมพู่ มะละกอก็เช่นกัน ถ้าใช้วิธีที่เก็บเกี่ยวที่ไม่ดีผลจะช้ำทำให้เชื้อโรคเข้าทำลายซ้ำ อายุการเก็บรักษาก็สั้นลงด้วย เนื่องจากรอยช้ำหรือรอยแผลจะเกิดความเครียดจึงมีการสร้างก๊าซเอทธิลีนมากขึ้น ก๊าซเอทธิลีนก็จะไปกระตุ้นให้ผลชราภาพ เน่าเสียเร็วขึ้น
3. สภาพแวดล้อมขณะเก็บรักษา ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ ความชื้นและบรรยากาศ ถ้าไม่เหมาะสมกับพืชนั้นๆ ก็จะทำให้พืชมีอายุเก็บรักษาสั้นลง เช่น มะม่วงที่เก็บในอุณหภูมิปกติจะมีอายุเก็บรักษาประมาณ 2-3 วัน แต่ถ้าเก็บในตู้เย็นจะมีอายุเก็บนานขึ้น
4. การลำเลียงขนส่ง การลำเลียงขนส่งที่ไม่ถูกวิธี เช่น วางซ้อนกันมากๆ อากาศในรถบรรทุกร้อนก็จะทำให้ผลผลิตช้ำเสียหายได้มาก จากการทดลองของ รศ.ดร.ทนง ภัครัช

พันธุ์ (2529) ทดลองกับมะเขือเทศพบว่าจะเกิดการชอกช้ำจากการขนถ่ายการใช้ภาชนะบรรจุในการขนส่ง วิธีการขนส่งสูงถึง 9.03 เปอร์เซ็นต์

5. โรค โรคที่เกิดมักจะเกิดจากรา แบคทีเรีย ไวรัส ซึ่งจะรุนแรงขึ้นอยู่กับ
   5.1 สภาพแวดล้อมขณะนั้น เช่น อุณหภูมิ ความชื้น
   5.2 สภาพของพืชหรือส่วนของพืช เช่น ลักษณะเนื้อของผล การสุก ความแข็งแรง
   5.3 ลักษณะการเกิดบาดแผล
6. การเปลี่ยนแปลงทางสรีระของพืชผักและผลไม้สดจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระอยู่ตลอดเวลาหลังการเก็บเกี่ยว การเปลี่ยนแปลงนี้มีข้อดี คือ ทำให้คุณภาพดีขึ้น เช่น ส้มโอ แตงโม และมีข้อเสีย คือ ทำให้คุณภาพมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ดังนี้
   6.1 การสูญเสียน้ำ ทำให้เหี่ยว หดตัว ย่น
   6.2 การหายใจ ทำให้สูญเสียแป้งและน้ำตาล
   6.3 การแก่ ทำให้มีเส้นใยเพิ่มขึ้น เช่น หน่อไม้ฝรั่ง
   6.4 การสุก ทำให้อ่อนนิ่ม ชอกช้ำได้ง่าย
   6.5 มีการเจริญเติบโต ทำให้แตกหน่อ เกิดรากใหม่เสียคุณภาพ
   6.6 สิ้นอายุขัย สูญเสียคลอโรฟิลล์
   6.7 การเปลี่ยนรูปของสาร น้ำตาลเป็นแป้ง , แป้งเป็นน้ำตาล
7. การเกิดบาดแผล การเกิดบาดแผลอาจจะเกิดจากการเก็บเกี่ยว การปฏิบัติอื่นๆ หลังเก็บเกี่ยวทำให้เป็นช่องทางเข้าทำลายซ้ำ โดยเชื้อจุลินทรีย์ การเกิดบาดแผลจะทำให้พืชมีการปลดปล่อยก๊าซเอทธิลีนมากขึ้น ก๊าซเอทธิลีนก็จะไปกระตุ้นให้พืชแก่และเน่าเสียเร็วขึ้น

อุปกรณ์การทดลอง

1. ต้นหอม
2. ถุงพลาสติก polyethylene (PE)
3. สารดูดซับเอทธิลีน (Ethylene absorbent : EA)
4. สารดูดซับความชื้น
5. ก๊าซ CO_2 และ O_2
6. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
7. เครื่องผนึกสุญญากาศ (vacuum sealer)
8. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ
9. สาร NaOH 0.1 N และอุปกรณ์ไตเตรท
10. Hand refractometer
11. แผ่นเทียบสี Royal Horticultural Society (R.H.S.chart)
12. บีกเกอร์
13. มะนาว
14. มะขามเปียก
15. น้ำส้มสายชู

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design : (CRD)

มีทั้งหมด 6 วิธีการ วิธีการละ 3 ซ้ำ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับก๊าซออกซิเจน เท่ากับ 10 : 5 เท่ากันทุกวิธีการ โดยแต่ละวิธีการเตรียมได้ดังนี้

Treatment 1	Control
Treatment 2	แช่ในน้ำมะนาว
Treatment 3	คั้นเอาน้ำมะขาม โดยใช้เนื้อมะขาม 10 g / น้ำ 200 ml
Treatment 4	แช่ในน้ำส้มสายชู ที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ โดยใส่น้ำส้ม 5 ml / น้ำ 100 ml
Treatment 5	แช่ในน้ำส้มสายชู ที่ความเข้มข้น 0.50 เปอร์เซ็นต์ โดยใส่น้ำส้ม 10 ml / น้ำ 100 ml
Treatment 6	แช่ในน้ำส้มสายชู ที่ความเข้มข้น 0.75 เปอร์เซ็นต์ โดยใส่น้ำส้ม 15 ml / น้ำ 100 ml

ขั้นตอนการเก็บรักษา

1. นำต้นหอมไปทำความสะอาด และผึ่งให้แห้ง
2. นำต้นหอมมาชั่งน้ำหนัก แล้วใส่ถุงพร้อมใส่สารดูดซับเอทธิลีนและสารดูดซับความชื้น ซึ่งให้เป็น Control
3. นำต้นหอมมาชั่งน้ำหนัก แช่ในน้ำมะนาวประมาณ 1 นาที ผึ่งให้แห้งแล้วใส่ถุงพร้อมใส่สารดูดซับเอทธิลีนและสารดูดซับความชื้น
4. นำต้นหอมมาชั่งน้ำหนัก แช่ในน้ำมะขามประมาณ 1 นาที ผึ่งให้แห้งแล้วใส่ถุงพร้อมใส่สารดูดซับเอทธิลีนและสารดูดซับความชื้น
5. นำต้นหอมมาชั่งน้ำหนัก แช่ในน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ ผึ่งให้แห้งแล้วใส่ถุงพร้อมใส่สารดูดซับเอทธิลีนและสารดูดซับความชื้น
6. นำต้นหอมมาชั่งน้ำหนัก แช่ในน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 0.50 เปอร์เซ็นต์ ผึ่งให้แห้งแล้วใส่ถุงพร้อมใส่สารดูดซับเอทธิลีนและสารดูดซับความชื้น
7. นำต้นหอมมาชั่งน้ำหนัก แช่ในน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 0.75 เปอร์เซ็นต์ ผึ่งให้แห้งแล้วใส่ถุงพร้อมใส่สารดูดซับเอทธิลีนและสารดูดซับความชื้น
8. เขียนป้ายบอก treatment ไว้ที่ถุง
9. นำต้นหอมที่บรรจุถุงและชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้วมาเติมก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 16 องศาเซลเซียส
10. ทำการตรวจสอบและวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงที่เก็บรักษาทุกๆ 3 วัน โดยเขียนชั่งน้ำหนัก เทียบสี ปริมาณ total soluble solid (TSS) ปริมาณกรด (TA)

การบันทึกข้อมูล

ก่อนการเก็บรักษาได้บันทึกข้อมูลดังนี้

1. น้ำหนักสด
2. ปริมาณ TSS
3. ปริมาณ TA
4. คุณภาพสี

ระหว่างการเก็บรักษา ทำการเก็บผลการทดลองทุก 3 วัน

1. อายุการเก็บรักษา
2. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด
3. ปริมาณ TSS
4. ปริมาณ TA
5. คุณภาพสี

วิธีการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองต่างๆ กระทำดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ชั่งต้นหอมทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์ผลที่ได้นำมาคำนวณสูตร ดังนี้

$$\%\text{การสูญเสียน้ำหนักสด} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนการทดลอง} - \text{น้ำหนักหลังการทดลอง} \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนการทดลอง}}$$

2. ปริมาณ Total soluble solids contents (TSS) นำน้ำคั้นจากต้นหอมหยดลงบน Hand refractometer แล้วอ่านค่า TSS หน่วยเป็น brix

3. Titratable acidity (% TA) นำต้นหอมมาบดให้ละเอียด คั้นน้ำให้ได้ปริมาตร 5 ml เติม phenolphthalein เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัว indicater จากนั้นนำไป titrate ด้วยสารละลายด่างทับทิมมาตรฐาน (0.1 N NaOH) บันทึกปริมาตรของสารละลายด่างที่ใช้ไปเพื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดซิตริก ดังนี้จากสูตร

$$\%\text{กรดซิตริก} = \frac{\text{N base} \times \text{ml.base} \times \text{meq.wt ของกรดซิตริก} \times 100}{\text{ml.ของน้ำคั้นที่ใช้}}$$

โดย N base = normality ของ NaOH

ml.base = จำนวนมิลลิลิตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรท

meq.wt ของกรดซิตริก = 0.06404

4. การวัดคุณภาพสี โดยการเทียบกับ Color chart ของ Royal Horticultural Society

5. อายุการเก็บรักษาผลผลิต ระยะที่ผลผลิตมีคุณภาพดี จนกระทั่งผลผลิตมีการเปลี่ยนแปลง คือ มีการเน่าเสียที่ใบ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range Test (DNMRT)

ระยะเวลาในการดำเนินการ

เริ่มทำการทดลอง วันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2547
สิ้นสุดการทดลอง วันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2547

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการพืชสวน ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

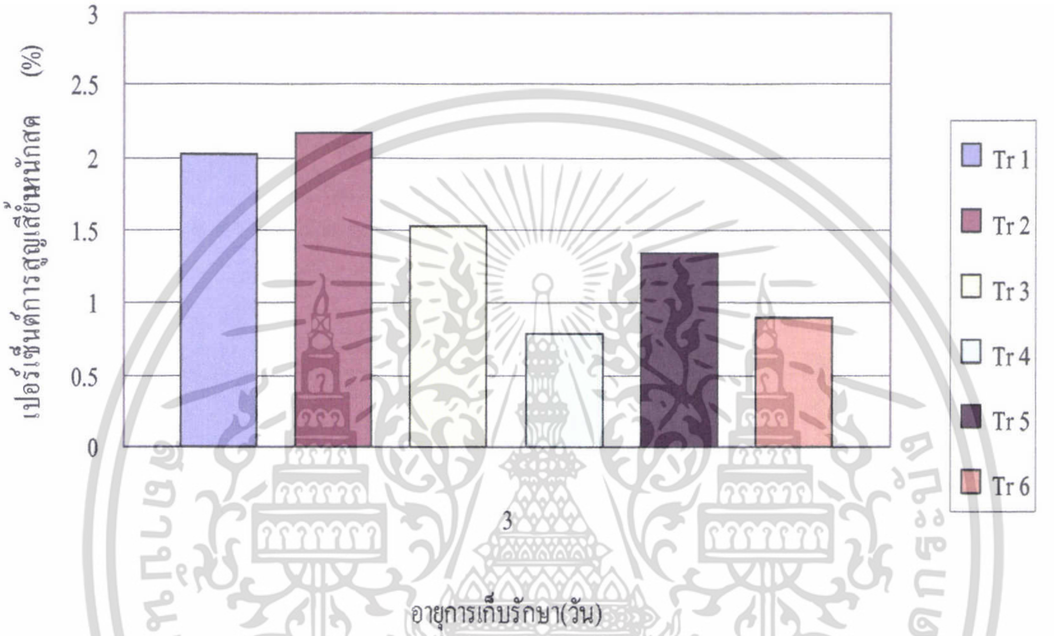
ผลการทดลอง

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน ต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำมะนาว มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 2.17 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ต้นหอมที่เป็นcontrol มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด คือ 2.03 เปอร์เซ็นต์ และต้นหอมที่แช่ในน้ำมะนาวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด คือ 1.53 เปอร์เซ็นต์ และต้นหอมที่แช่ในน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 0.50 เปอร์เซ็นต์มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด คือ 1.34 เปอร์เซ็นต์และต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 0.75 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด คือ 0.90 เปอร์เซ็นต์ และต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด คือ 0.79 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่1 ภาพที่1) จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของต้นหอม หลังการเก็บรักษา 3 วัน

Treatment	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด หลังการเก็บรักษา 3วัน
1	2.03 ab
2	2.17 a
3	1.53 ab
4	0.79 b
5	1.34 ab
6	0.90 ab



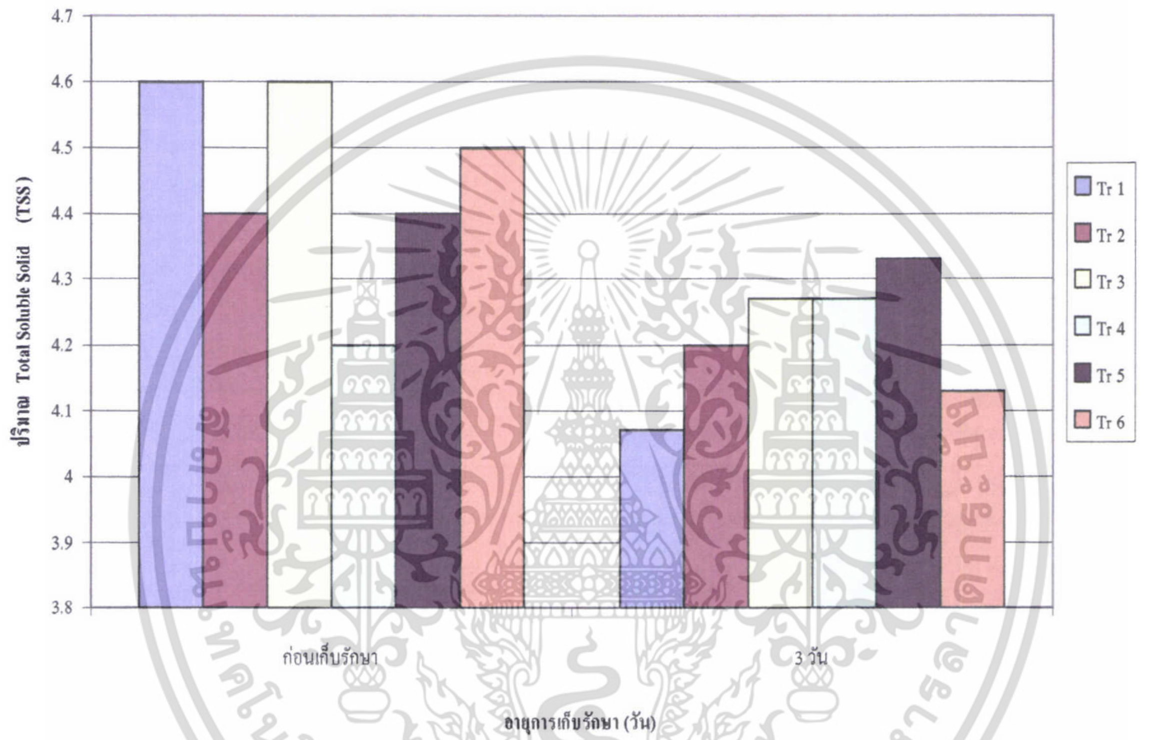
ภาพที่ 1 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของต้นหอม หลังการเก็บรักษา 3 วัน

2. ปริมาณ Total Soluble Solid (TSS)

ต้นหอมก่อนการเก็บรักษามีปริมาณ TSS เฉลี่ย 4.45 brix ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน ต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 0.50 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ TSS มากที่สุด คือ 4.33 brix รองลงมา คือ ต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำมะขามและแช่ในน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ TSS เท่ากัน คือ 4.27 brix และต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำมะนาวมีปริมาณ TSS คือ 4.2 brix และต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 0.75 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณ TSS คือ 4.13 brix และต้นหอมที่เป็น control มีปริมาณ TSS น้อยที่สุด คือ 4.07 brix ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณ TSS มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2)(ภาพที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณ Total Soluble Solid (TSS) ของต้นหอมก่อนและหลังการเก็บรักษา 3 วัน

Treatment	ปริมาณ Total Soluble Solid (TSS)	
	ก่อนเก็บรักษา	หลังการเก็บรักษา3 วัน
1	4.6 a	4.07 b
2	4.4 a	4.2 ab
3	4.6 a	4.27 ab
4	4.2 a	4.27 ab
5	4.4 a	4.33 a
6	4.5 a	4.13 ab



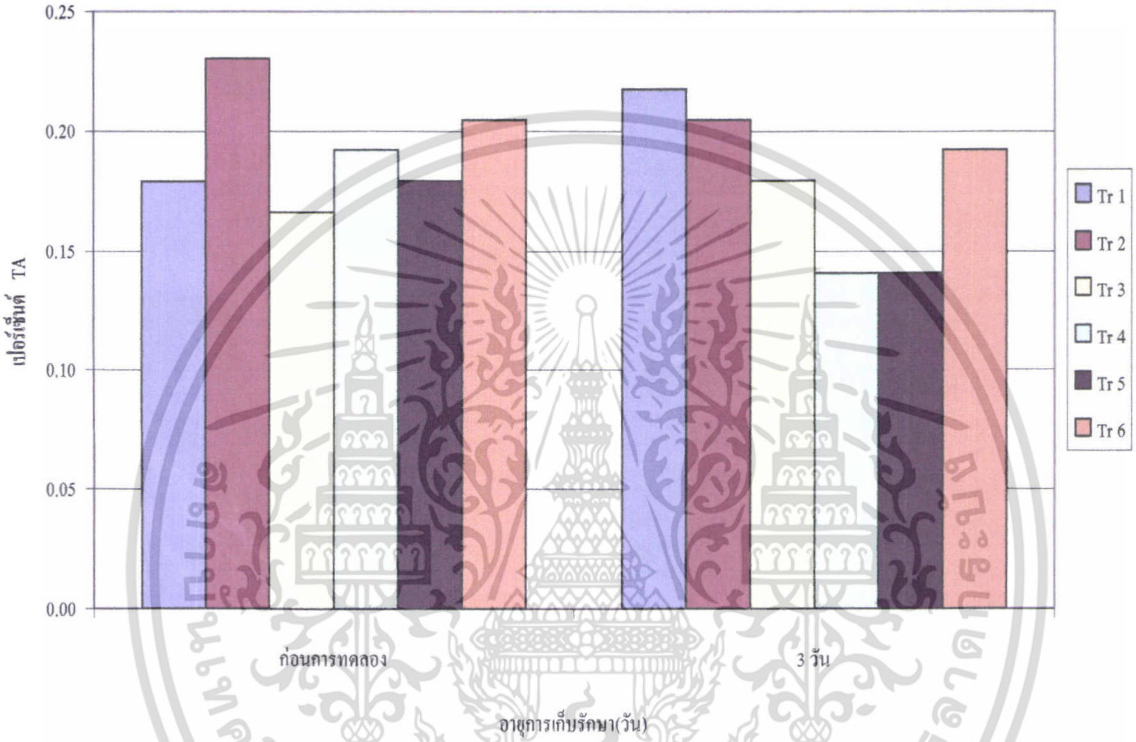
ภาพที่ 2 แสดงปริมาณ Total Soluble Solid (brix) ของต้นหอม ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน

3. เปอร์เซ็นต์ Titratable Acidity (%TA)

ต้นหอมก่อนการเก็บรักษา มีเปอร์เซ็นต์ TA เฉลี่ย 1.5 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน ต้นหอมที่เป็น control มีเปอร์เซ็นต์ TA มากที่สุด คือ 0.218 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำมะนาว มีเปอร์เซ็นต์ TA คือ 0.205 เปอร์เซ็นต์ และต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 0.75 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ TA คือ 0.192 เปอร์เซ็นต์ และต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำมะขาม มีเปอร์เซ็นต์ TA คือ 0.179 เปอร์เซ็นต์ และต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ TA น้อยที่สุด คือ 0.141 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า เปอร์เซ็นต์ TA มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่3)(ภาพที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์ Titratable Acidity (%TA) ของต้นหอมก่อนและหลังการเก็บรักษา 3 วัน

Treatment	เปอร์เซ็นต์ TA	
	ก่อนเก็บรักษา	หลังการเก็บรักษา3 วัน
1	0.179	0.218 a
2	0.231	0.205 a
3	0.167	0.179 ab
4	0.192	0.141 b
5	0.179	0.141 b
6	0.205	0.192 ab



ภาพที่ 3 แสดงปริมาณ Titratable Acidity (%TA) ของต้นหอมหลังการเก็บรักษา 3 วัน

4. **สีของใบต้นหอม**

ก่อนการเก็บรักษาลักษณะสีใบของต้นหอมอยู่ในช่วง GG 137 B-C

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน ลักษณะสีใบของต้นหอมเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง GG 137 B-D (Green Group) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงลักษณะสีของใบต้นหอมก่อนและหลังการเก็บรักษา 3 วัน

Treatment	สีของใบต้นหอม	
	ก่อนการเก็บรักษา	หลังการเก็บรักษา 3วัน
1	GG 137 C	GG 137 C
2	GG 137 B	GG 137 B
3	GG 137 B	GG 137 D
4	GG 137 B	GG 137 C
5	GG 137 C	GG 137 D
6	GG 137 C	GG 137 C

หมายเหตุ GG = Green Group

5. สีลำต้นของต้นหอม

ก่อนการเก็บรักษาลักษณะสีลำต้นของต้นหอมอยู่ในช่วง WG 155 B

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน ลักษณะสีลำต้นของต้นหอมเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง WG 155 C(White Group) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 แสดงลักษณะสีลำต้นของต้นหอมก่อนและหลังการเก็บรักษา 3 วัน

Treatment	สีลำต้นของต้นหอม	
	ก่อนการเก็บรักษา	หลังการเก็บรักษา 3วัน
1	WG 155 B	WG 155 B
2	WG 155 A	WG 155 C
3	WG 155 B	WG 155 C
4	WG 155 B	WG 155 B
5	WG 155 B	WG 155 C
6	WG 155 A	WG 155 C

หมายเหตุ WG = White Group

6. อายุการเก็บรักษา

ต้นหอมทุกวิธีการมีอายุการเก็บรักษานาน 3 วัน โดยมีลักษณะภายนอก คือ ใบของต้นหอมเกิดการเน่าและ ส่วนของลำต้นที่หัวมีสีขาวปกติ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 แสดงอายุการเก็บรักษาของต้นหอม

Treatment	อายุการเก็บรักษา (วัน)
1	3
2	3
3	3
4	3
5	3
6	3

สรุปผลการทดลอง

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน ต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำมะนาวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 2.17 เปอร์เซ็นต์ และต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด คือ 0.79เปอร์เซ็นต์

ปริมาณ Total Soluble Solid (TSS)

ระหว่างการเก็บรักษา ต้นหอมมีปริมาณ TSS เปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อย ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน ต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 0.50 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ TSS มากที่สุด คือ 4.33 brix ลดลงจากก่อนการเก็บรักษา 0.07 brix และต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยวิธี control มีปริมาณ TSS น้อยที่สุด คือ 4.07 brix ลดลงจากก่อนการเก็บรักษา 0.53 brix

เปอร์เซ็นต์ Titratable Acidity (TA)

ระหว่างการเก็บรักษา ต้นหอมที่เป็น control มีเปอร์เซ็นต์ TA มากที่สุด คือ 0.218 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำมะนาว มีเปอร์เซ็นต์ TA คือ 0.205 เปอร์เซ็นต์ ส่วนต้นหอมที่เก็บรักษาด้วยการแช่ในน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ TA น้อยที่สุด คือ 0.141 เปอร์เซ็นต์

สีของใบและลำต้นของต้นหอม

การเปลี่ยนแปลงลักษณะสีใบและลำต้นของต้นหอมของทุกวิธีการไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยก่อนการเก็บรักษาลักษณะสีใบของต้นหอมอยู่ในช่วง G 137 B-C และภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน ลักษณะสีใบของต้นหอมเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง G 137 B-D โดยก่อนการเก็บรักษาลักษณะสีลำต้นของต้นหอมอยู่ในช่วง WG 155 B และภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน ลักษณะสีลำต้นของต้นหอมเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง WG 155 C

อายุการเก็บรักษา

ต้นหอมทุกวิธีการมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด 3 วัน

วิจารณ์ผลการทดลอง

ในการศึกษาผลของน้ำมะนาว น้ำมะขาม และน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์, 0.50 เปอร์เซ็นต์ และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาต้นหอมภายในถุง PE ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส ภายใต้การเก็บรักษาแบบ modified atmosphere (MA) สามารถเก็บรักษาต้นหอมได้เป็นระยะเวลา 3 วัน เนื่องจากต้นหอมได้รับเสียหาย โดยลักษณะที่ใบเกิดการเน่าเละ แต่โดยที่ส่วนต้นมีสีขาวปกติไม่ได้รับความเสียหาย

การเก็บรักษาทำโดยการควบคุมสภาพบรรยากาศต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดของผลผลิต จึงจะทำให้ผลผลิตนั้นสามารถเก็บรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดอัตราการหายใจและการเกิดของเอทธิลีนทำให้เก็บรักษาผลผลิตไว้ได้นานขึ้น

ภายหลังการเก็บรักษาต้นหอมในทุกวิธีการ จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น เนื่องจากผลผลิตยังมีชีวิตและยังมีการหายใจตลอดเวลา ทำให้เกิดกระบวนการเผาผลาญอาหารสะสม ทั้งยังมีการคายน้ำตลอดเวลา เพื่อเป็นการระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ ทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง ดังนั้นเราจึงควรลดการสูญเสียน้ำหนักสดของผลผลิตให้ได้มากที่สุด จึงจะเป็นการทำให้ผลผลิตสูญเสียคุณภาพช้าลงและเก็บรักษาผลผลิตได้นานยิ่งขึ้น

การทดลองในครั้งนี้มีต้นหอมเน่าเสียจำนวนมากก่อนครบระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเนื้อเยื่อที่ใบของต้นหอมเป็นส่วนที่บอบบาง เมื่อมีบาดแผลอันเกิดจากแรงงานคนในขณะขนส่งหรือการวางซ้อนทับกันของผลผลิตหรือยานพาหนะไม่เหมาะสมสำหรับการขนส่ง เช่น ใช้รถที่ไม่มีหลังคา ทำให้ผลผลิตตากแดดและถูกลมแรงขณะรถวิ่ง (ดนัยและรัตนา,2535) ซึ่งเป็นการทำให้มีการหายใจเพิ่มขึ้น อัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและความรุนแรงหรือขนาดของบาดแผล ซึ่งถ้าหากต้นหอมมีอัตราการหายใจสูงจะมีอายุการเก็บรักษาสั้น(สมชาย,2543) หรืออาจเกิดขณะทำการทดลองจากการล้างต้นหอมแล้วไม่ผึ่งให้แห้ง ทำให้ยังมีน้ำค้างอยู่ที่ใบเมื่อทำการ seal และเก็บในห้องเย็น ทำให้เกิดการช้ำที่ใบและต่อมาทำให้เกิดการเน่าเละได้ ในขณะที่ส่วนต้นของต้นหอมยังมีลักษณะไม่เปลี่ยนแปลงไปจากก่อนการเก็บรักษามากนัก

เอกสารอ้างอิง

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. **ก๊าซกับการบรรจุภัณฑ์อาหาร**. ลินคอร์นโปรโมชั่น. กรุงเทพฯ. หน้า5-24.

จิรา ณ หนองคาย. 2531. **เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ผัก ผลไม้และดอกไม้**. 272 หน้า

จริงแท้ ศิริพานิช. 2521. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ดนัย บุณยเกียรติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2535. **การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. โอ.เอ.พริ้นติ้งเฮ้าส์. กรุงเทพฯ.

เมืองทอง ทวนทวี และ สุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ. 2525. **สวนผัก**. กลุ่มหนังสือเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า 30-35.

สมชาย กล้าหาญ.2545. **วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน**.คณะเทคโนโลยีการเกษตร.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.กรุงเทพฯ

สายชล เกตุษา.2528. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 122.

สุนทร เรืองเกษม. 2539. **คู่มือการปลูกผัก**. C.B. BOOK. กรุงเทพฯ.

อรุณรักษ์ พ่วงผล. 2543. **พืชผักสวนครัวเสริมรายได้**. บริษัท ตะวันพับลิชชิ่ง จำกัด. กรุงเทพฯ.

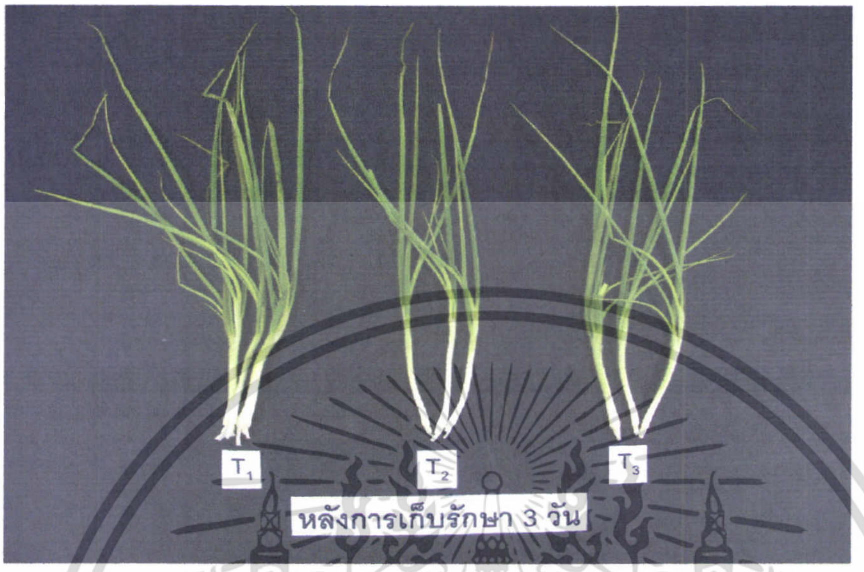
อุดม โกสัยสุก.2529. **การปลูกผักกินใบ**. หจก.อักษรบัณฑิต. กรุงเทพฯ.

Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological basic for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technology. 99 p.

Salunkhe D.K. and Desai B.B. , 1984, Post harvest biotechnology of vegetables. Vol. II, CRC press, Florida, 194 p.

ภาคผนวก

ภาพผนวกที่ 1 แสดงลักษณะของต้นหอมก่อนการเก็บรักษา



ภาพผนวกที่ 2 แสดงลักษณะของต้นหอมภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน