ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาพืชสวน

เรื่อง

อิทธิพลของสัดส่วน CO_2 : O_2 ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลแตงกวาในถุง Laminate

Effect of Proportion of CO_2 : O_2 on Quality and Storage Life of Cucumber (*Cucumis sativus*) in Laminate Bag

โดย

นางสาวฐานิสา สกุลมานนท์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

....

(รศ.ดร.สมชาย กล้าหาญ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่...๔...**เดือน**...มี.ค....**พ.ศ.**...๔๒...

ภาควิชารับรองแล้ว

....

(รศ.สมภพ ฐิตะวสันต์)

หัวหน้าภาควิชาพืชสวน

วันที่...๔...**เดือน**...มี.ค....**พ.ศ.**...๔๒...

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาพืชสวน

เรื่อง

อิทธิพลของสัดส่วน $CO_2 : O_2$ ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลแตงกวาในถุง laminate

Effect of Proportion of $CO_2 : O_2$ on Quality and Storage Life of Cucumber (*Cucumis sativus*) in Laminate Bag

โดย

นางสาวฐานิสา สกุลมานนท์

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.สมชาย กล้าหาญ

ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(เกษตรศาสตร์)

พุทธศักราช 2546

ชื่อเรื่อง : อิทธิพลของสัดส่วน CO_2 : O_2 ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลแตงกวาในถุง laminate

โดย : นางสาวฐานิสา สกุลมานนท์

สาขาวิชา : พืชสวน

ภาควิชา : พืชสวน

คณะ : เทคโนโลยีการเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สมชาย กล้าหาญ

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของสัดส่วน CO_2 : O_2 ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลแตงกวาในถุง laminate โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ประกอบด้วย 16 วิธีการๆละ 3 ซ้ำ โดยใช้สัดส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน ดังนี้ 0 : 0 , 5 : 0 , 10 : 0 , 15 : 0 , 0 : 2 , 5 : 2 , 10 : 2 , 15 : 2 , 0 : 4 , 5 : 4 , 10 : 4 , 15 : 4 , 0 : 6 , 5 : 6 , 10 : 6 และ15 : 6 (PSI) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่าแตงกวามีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน แตงกวามีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดอยู่ระหว่าง 0.39 – 1.61 เปอร์เซ็นต์ แตงกวาที่เก็บในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 5 : 4 PSI มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 1.61 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ TSS ของแตงกวาภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 0.75 – 3.05 brix และปริมาณ TA ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 0.02 – 0.10 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 0 : 0 PSI, 0 : 2 PSI, 5 : 2 PSI, 0 : 4 PSI, 5 : 4 PSI, 10 : 4 PSI, 0 : 6 PSI และ10 : 6 PSI มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด คือ 9 วัน ส่วนแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 5 : 0 PSI, 10 : 0 PSI, 15 : 0 PSI, 10 : 2 PSI, 15 :2 PSI, 15 : 4 PSI, 5 : 6 PSI และ15 : 6 PSI มีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุดคือ 6 วัน

Title : Effect of Proportion of CO_2 : O_2 on Quality and Storage Life of Cucumber (*Cucumis sativus*) in Laminate Bag

By : Miss Thanisa Sakulmanont

Major : Horticulture

Department : Horticulture

Faculty : Agricultural Technology

Advisor : Assoc. Prof.Dr. Somchai Glahan

Abstract

Study on influence of CO_2 and O_2 proportion on quality after storage of cucumber (*Cucumis sativus*) in laminate bag. The statistical model was completely randomized design (CRD), comprised of 16 treatment and 3 replications, CO_2 and O_2 levels as 0 : 0 , 5 : 0 , 10 : 0 , 15 : 0 , 0 : 2 , 5 : 2 , 10 : 2 , 15 : 2 , 0 : 4 , 5 : 4 , 10 : 4 , 15 : 4 , 0 : 6 , 5 : 6 , 10 : 6 and 15 : 6 pound per square inches (PSI) respectively then stored at 14 °C. The result showed that fresh weight loss of cucumber increased according to storage time increased. After 9 days storage fresh weight loss of cucumber range of 0.39 – 1.61 percent. Total soluble solid (TSS) content after 9 days storage had a range of 0.75 – 3.05 brix and titratable acidity (TA) 0.02 – 0.10 percent respectively and showed none significantly difference. Cucumber stored in CO_2 : O_2 0 : 0 PSI, 0 : 2 PSI, 5 : 2 PSI, 0 : 4 PSI, 5 : 4 PSI, 10 : 4 PSI, 0 : 6 PSI and10 : 6 PSI gave the longest storage life of 9 days while cucumber stored in CO_2 : O_2 5 : 0 PSI, 10 : 0 PSI, 15 : 0 PSI, 10 : 2 PSI, 15 : 2 PSI, 15 : 4 PSI, 5 : 6 PSI and15 : 6 PSI had the shortest storage life of 6 days.

คำนิยม

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. สมชาย กล้าหาญ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ พร้อมทั้งช่วยเหลือในด้านวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ และตรวจทานแก้ไขปัญหาพิเศษจนสำเร็จลุล่วงลงได้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ รวมถึงประสบการณ์ต่างๆ แก่ข้าพเจ้าอย่างเต็มความสามารถ

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้โอกาสข้าพเจ้าได้เข้ามาศึกษาต่อจนประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ บิดามารดาที่เลี้ยงดูและให้โอกาสทางการศึกษาจนกระทั่งข้าพเจ้าสามารถบรรลุในสิ่งที่มุ่งหวังไว้

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ คณะเทคโนโลยีการเกษตรทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ฐานิสา สกุลมานนท์

พฤศจิกายน 2546

สารบัญ

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวกที่ **หน้า**

สารบัญตารางผนวก

คำนำ

แตงกวา (*Cucumis sativus*) เป็นพืชล้มลุกเจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิด มีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย ทั่วทุกภาคของประเทศ ราคาย่อมเยา และคุณภาพดีชนิดหนึ่ง เป็นพืชที่อุดมไปด้วยน้ำ ช่วยในการขับปัสสาวะ และให้ความสดชื่นแก่ผิว

ในปัจจุบันเครื่องสำอางหลายยี่ห้อ จำพวกโฟมล้างหน้า หรือในครีมบำรุงผิว หรือในแชมพูก็มักมีส่วนผสมที่สกัดมาจากน้ำและผลแตงกวา เพราะในทางวิทยาศาสตร์พบว่า ผลแตงกวามีกลูโคส ฟรีอะมิโนแอซิด และกรดบางชนิด รวมทั้งมีวิตามินบีสอง วิตามินซี และน้ำมันหอมระเหยเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย อีกทั้งในเมล็ดแตงกวายังมีไขมันของพืชที่เรียกว่า โอเลอิกแอซิด และไลโนเลอิคแอซิด ซึ่งสารต่างๆเหล่านี้ล้วนมีประโยชน์ต่อผิวพรรณ และยังมีกลิ่นหอมเย็นๆอีกด้วย นอกจากนี้แตงกวายังมีเส้นใยชนิดอ่อน ช่วยในการขับถ่าย และเชื่อว่าช่วยลดคลอเรสเตอรอลได้

ภายหลังการเก็บเกี่ยวแตงกวาจะมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น คือประมาณ 6 – 7 วัน การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาแตงกวาจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อที่จะรักษาความสดของผลแตงกวาไว้ให้นานที่สุด การทดลองนี้ได้นำวิธีการเก็บรักษาแบบสภาพบรรยากาศดัดแปลงมาใช้ โดยใช้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยมุ่งหวังว่าการทดลองครั้งนี้จะสามารถหาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาแตงกวาให้ยาวนานขึ้นกว่าการเก็บรักษาแบบธรรมดาได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของสัดส่วน CO_2 : O_2 ต่ออายุการเก็บรักษาของผลแตงกวา
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของสัดส่วน CO_2 : O_2 ต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บรักษาของผลแตงกวาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (MA-storage)
3. เพื่อศึกษาอิทธิพลของถุง laminate ในการเก็บรักษาผลแตงกวา
4. เพื่อศึกษาหาวิธีการเก็บรักษาผลแตงกวาที่เหมาะสมต่อการขนส่งระยะไกล และการเก็บรักษาให้ยาวนานยิ่งขึ้น ก่อนออกจำหน่าย

ตรวจเอกสาร

แตงกวามีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบเอเชียและอัฟริกา ปลูกกันมานานกว่า 100 ปีมาแล้ว เข้าสู่ประเทศจีนราวปี ค.ศ. 100 แล้วแพร่ขยายไปยังประเทศต่างๆในเอเชีย ฝรั่งเศสรู้จักแตงกวาในศตวรรษที่ 9 อเมริกาปลูกครั้งแรกที่รัฐฟลอริดา ในปี ค.ศ. 1539 แตงกวาอยู่ใน Genus cucumis ซึ่งที่พบมีประมาณ 30 ชนิด ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในเขตเอเชียและอัฟริกา ที่รู้จักแพร่หลายมี 2 ชนิด คือ

- *Cucumis sativus*
- *Cucumis melo*

แตงกวาเป็นพืชสวนครัวมีเถาเลื้อย มีมือเกาะพยุงลำต้น ผลเป็นแบบ simple fruit แบบ pepo มีเปลือกแข็ง เมล็ดและเนื้อผลไม้สังเกตได้ชัดเจน (ฐิติ, 2511)

แตงกวาแบ่งได้ 4 กลุ่ม คือ

1. Field cucumber หมายถึง แตงกวาทั่วๆไป มีหนามสีขาวหรือสีดำ
2. Forcing cucumber เป็นแตงกวาที่มีผลยาวผิวเกลี้ยง หนามน้อย ไม่ค่อยมีเมล็ด
3. Skim cucumber เป็นแตงกวาที่มีผลสีน้ำตาลแดง
4. Pickling cucumber แตงกวาผลเล็กมี 2 ชนิด คือ พวกชอบอากาศร้อน มีผลคล้ายไข่ และพวกที่ปลูกได้ดีในฤดูฝน มักมีผลยาว (สุเทวี, 2522)

สิ่งที่ทำให้แตงกวามีลักษณะไม่ดี คือ ความเหลืองซึ่งถูกกระตุ้นโดยอุณหภูมิที่สูงและเอทธิลีน การเก็บที่อุณหภูมิ 4 – 10 องศาเซลเซียสจะช่วยทำให้อาการเหลืองเกิดช้าลง ไม่ควรเก็บแตงกวาหรือแตงร้านรวมกับผักที่ผลิตเอทธิลีนได้มากเช่น บรอคโคลี ควรรักษาความเขียว และความเต่งไว้อย่าให้เหี่ยว (กนกมณฑล, 2526)

Pantastico et al. ได้แนะนำว่าควรเก็บรักษาแตงกวาไว้ที่อุณหภูมิ 10 – 11.7 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 92 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาแตงกวาได้นานถึง 2 สัปดาห์ (Salunkhe and Desai, 1984)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

แตงกวามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cucumis sativus* L. อยู่ในสกุล Cucurbitaceae แตงกวาเป็นพืชล้มลุก Bailey (1942) และ Whitaker and Divis (1962) ได้บรรยายถึงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของแตงกวาไว้ดังนี้

1. ราก (roots)

แตงกวามีระบบรากแบบ tap root system โดยมีรากแก้วเป็น primary root มีรากแขนงเป็น secondary roots แตกออกจำนวนมากรอบๆรากแก้ว และมีรากฝอยจำนวนมากแตกออกจากรากแขนงอีกทีหนึ่ง ระบบรากขึ้นอยู่ต่ำกว่าผิวดินเพียงเล็กน้อย

2. ลำต้น (stem)

มีลักษณะเป็นเถาเลื้อยมีสีเขียวอ่อน และลำต้นเป็นสี่เหลี่ยมมีขนปกคลุมอยู่ทั่วไปและมีลักษณะเป็นข้อๆ มีกิ่งแขนงแตกออกจากลำต้น แขนงรากมักมีขนาดใหญ่

3. ใบ (leaf)

ใบเป็นแบบ simple leaf มีก้านใบ (petiole) ยาว เส้นใบเป็นแบบร่างแห (palmate vernation) บนใบมีขนเล็กๆปกคลุมอยู่ทั่วไป ส่วนด้านล่างใบมีขนเฉพาะส่วนเส้นกลางใบ ใบจะมีแฉก 3 – 5 แฉก

4. มือ (tendrials)

เกิดตรงมุมใบ (axils of the leaves) มีลักษณะสีเขียวอ่อน ปลาย tendril ม้วนงอเพื่อสำหรับเกี่ยวหรือเพื่อยึดเกาะ

5. ดอก (flowers)

ดอกของแตงกวาเป็นแบบ monoecious มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่บนต้นเดียวกัน ดอกตัวผู้จะเกิดเป็นกลุ่ม 3 – 5 ดอก มีการถ่ายละอองเกสรแบบผสมข้าม (cross pollination) โดยอาศัยแมลงเป็นตัวผสม

ก. ดอกตัวผู้ (staminate flowers)

กลีบดอก (corolla) มีสีเหลืองติดกันแบบ campanulate ปลายกลีบดอกแยกออกเป็น 5 lobes โคนของกลีบดอกเป็นฐานของ filament ปลาย filament แต่ละอันมีเกสรตัวผู้ (anther) ดอกเกิดระหว่างมุมของก้านใบกับลำต้น (leaf axils) มีก้านดอก และกลีบเลี้ยงมีขน (hair) เล็กคลุมอยู่ทั่ว

ข. ดอกตัวเมีย (pistil late flowers)

มีรังไข่ติดอยู่ใต้ calyx tube เห็นได้ชัดเจนคือเป็น inferior ovary โคนของดอกเชื่อมติดกันเป็นหลอดกลม (sympetelous) ปลายกลีบแยกเป็น 5 lobes style มีลักษณะอ้วนสั้น ตอนปลายมี stigma กลมมน 3 อัน ดอกตัวเมียมักเกิดระหว่างตอนปลายของเถาในมุม (axil) ของลำต้นกับกิ่งแขนง (lateral branch) หรือระหว่างใบกับลำต้น ดอกตัวเมียบานได้นาน 1 – 2 วัน

6. ผล (fruits)

ผลเป็นแบบ simple fruit ลักษณะผลเป็น pepo มีรูปร่างเรียวยาว (oblong) ผลอ่อนมีสีเขียว ต่อมาจะมีสีเขียวปนขาว แล้วมาเขียวปนเหลือง จนผลแก่เต็มที่จึงมีสีเหลือง เมื่อผ่าผลแตงกวาออกมาตามขวาง (cross section) ปรากฏว่าในแต่ละ carpel มี placenta ต่ออยู่กับผนัง ovary แตงกวามี 3 capals เนื้อเป็น mesocarp ผลแตงกวาผลหนึ่งมีเมล็ดจำนวนมากและผลอ่อนของแตงกวาจะมีหนามสีขาวและดำ แต่แตงกวาที่มีหนามสีดำจะเก็บได้นานประมาณ 3 – 4 วัน ส่วนใหญ่แล้วแตงกวาที่ปลูกในประเทศไทยมักเป็นแตงกวาที่มีหนามสีดำ (ทศพร, 2531)

แตงกวาพันธุ์พื้นเมืองที่นิยมปลูกในประเทศไทยมี 2 ประเภท

1. แตงกวาหรือแตงไร่ เป็นแตงกวาผลเล็ก ความยาวของผล 4 – 10 เซนติเมตร ความกว้างของผล 2.2 – 2.6 เซนติเมตร ไส้ใหญ่ เนื้อบาง สีผลสีขาว – สีเขียวอ่อน มีหนามดำหรือขาว นิยมปลูกแบบเลื้อย
2. แตงร้าน เป็นแตงกวาผลใหญ่ ความยาวของผล 12 – 25 เซนติเมตร ความกว้างของผล 3 – 5 เซนติเมตร ไส้เล็ก เนื้อหนา สีผลสีเขียว – เขียวเข้ม นิยมปลูกแบบขึ้นค้าง

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว

การสูญเสียคลอโรฟิลล์

ปกติแตงกวาจะเก็บเกี่ยวและบริโภคในขณะที่ผลยังอ่อนอยู่ จะเก็บเกี่ยวเมื่ออายุประมาณ 30 – 40 วันหลังการปลูก ผลอ่อนจะมีสีเขียว ผลแก่เริ่มมีสีเหลือง (ฐิติ, 2511) แตงกวาที่มีคุณภาพดีควรมีสีเขียว ผิวไม่มีสีเหลืองปนอยู่เลย มีเนื้อแน่นผิวไม่เหี่ยวย่น ผิวแตงกวาจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองได้ง่ายในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 15 องศาเซลเซียส (Nonnecke, 1989) ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนการที่ผิวของแตงกวาจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองจึงเกิดขึ้นได้ง่าย

เอทธิลีนเป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่ทำให้คลอโรฟิลล์ในแตงกวาเสื่อมสลายไป มีผู้พบว่าการผลิตเอทธิลีนในแตงกวา (processing cucumber) จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับขนาดของผลแตงกวา ผลเล็กจะผลิตเอทธิลีนสูงกว่าแตงกวาผลใหญ่ (Salunkhe et al, 1984) แตงกวาที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักรจะมีการผลิตเอทธิลีนมากกว่าแตงกวาที่เก็บเกี่ยวด้วยมือ 2 – 3 เท่า ซึ่งอาจเนื่องมาจากบาดแผลในแตงกวาที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักรมีมากกว่า กระตุ้นให้มีการสร้างสารเอทธิลีนมากขึ้น (Weichmann, 1987) เพราะฉะนั้นในการเก็บรักษาแตงกวาจึงควรมีการระบายอากาศให้ดี เพื่อลดการสะสมเอทธิลีน

การเหี่ยว

ผลผลิตที่ขณะยังอยู่บนต้นเดิมมักจะไม่ค่อยแสดงอาการเหี่ยวให้เห็น เพราะขณะที่อยู่บนต้นนั้นจะได้รับน้ำจากดิน โดยการดูดทางรากแล้วส่งผ่านลำต้น เพื่อทดแทนน้ำส่วนที่สูญเสียไปเนื่องจากการคายน้ำ แต่หลังจากที่ผลิตผลถูกตัดจากต้นจะถูกตัดจากการส่งน้ำในดินด้วย ทำให้ผลผลิตเกิดการเหี่ยว ถ้าอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น บรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ อุณหภูมิสูง การเหี่ยวของผลผลิตจะเกิดขึ้นเร็วและรุนแรงระดับใดนั้นจะเกี่ยวข้องกับความสมดุลของน้ำภายในผลผลิตเป็นหลักใหญ่ ผลผลิตที่เหี่ยวทำให้คุณภาพการบริโภคเลวลง (จิรา, 2531) ในแตงกวาจะมีปริมาตรน้ำ 90 – 97 เปอร์เซ็นต์ ถ้ามีการสูญเสียน้ำเกินกว่า 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแตงกวาจะอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสมสำหรับการจำหน่าย (Weichmann, 1987)

การเก็บรักษาแตงกวา

การใช้อุณหภูมิเย็น

แตงกวาเป็นพืชที่ไม่ทนต่ออุณหภูมิเย็น จะเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิต่ำกว่านี้ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 15 องศาเซลเซียส ผิวจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (yellowing) อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาแตงกวาจึงค่อนข้างจำกัด อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 12.2 – 12.8 องศาเซลเซียส แต่ถ้าต้องการเก็บแตงกวาเป็นระยะเวลาสั้นๆ นิยมใช้อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมากกว่าเพราะที่อุณหภูมินี้อาการ yellowing จะไม่เกิดขึ้น

การใช้ Control Atmosphere Storage (CA)

การใช้ CA ก็เป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ในแตงกวา การใช้ CO_2 5 เปอร์เซ็นต์ หรือออกซิเจน 5 เปอร์เซ็นต์ จะยับยั้งการเกิด yellowing ได้ แต่การใช้ CO_2 ร่วมกับ O_2 จะทำให้ผลดีกว่า ส่วนการใช้ CO_2 สูงกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ หรือการใช้ O_2 ต่ำกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เกิดผลเสียต่อแตงกวาได้ ถึงแม้ว่าจะเก็บในอุณหภูมิที่เหมาะสม (Salunkhe, 1984)

การเก็บรักษาผลผลิตในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

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

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

1. การเปลี่ยนแปลงสี (color change) ในสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณ O_2 น้อยกว่าและ CO_2 มากจะช่วยลดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และลดการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์และแอนโทไซยานิน ซึ่งรงควัตถุ 2 ชนิดนี้จะทำให้เกิดสีเหลือง – 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_2มีผลต่อการอ่อนนิ่มของผลไม้มากกว่า O_2 แต่กลไกการเกิดปรากฏการณ์นี้ยังไม่เป็นที่แน่ชัด ตัวอย่างเช่น ปริมาณ CO_2 ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถป้องกันมิให้เนื้อของบรอคโคลีเหนียวแต่กลับอ่อนนุ่มพอดี (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_2และ CO_2 มีความเข้มข้นในช่วงที่พืชทนทานไม่ได้ จะเกิดกลิ่นรสผิดปกติ เนื่องจากการสะสมแอลกอฮอล์และอัลดีไฮล์ที่ได้จากขบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน

4. การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางอาหาร (nutritional change) โดยทั่วไป MAP จะช่วยรักษาปริมาณแอสคอร์บิก (ascorbic acid) หรือวิตามิน C ในผักและผลไม้นั้นได้ดีกว่าการเก็บรักษาในบรรยากาศปกติ 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 กระบวนการต่างๆทางสรีระวิทยาจะเกิดขึ้นในอัตราที่ช้าลง อายุการเก็บรักษาผลผลิตจะนานขึ้น (นิภา, 2540) (Kader, 1983) (Parry, 1993)

ความเข้มข้นของก๊าซที่มีผลต่อคุณภาพของผักและผลไม้ คือ O_2 และ CO_2 เพราะในการหายใจของผลผลิตสดจะให้ O_2 และ CO_2 จะต้องมีระดับที่เหมาะสม สามารถทำให้อัตราการหายใจ

ของผลผลิตต่ำลงมากที่สุด โดยไม่เกิดการเสื่อมสภาพของผลผลิตสดนั้น (Zagory and Kader, 1998)

บทบาทที่สำคัญของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

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

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

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

บทบาทที่สำคัญของก๊าซออกซิเจน

O_2 ในบรรยากาศมีปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อขบวนการหายใจ การสร้างเอทธิลีน และกระบวนการออกซิเดชั่นอื่นๆ การลดปริมาณ O_2 จะมีผลทำให้อัตราการหายใจลดลง ถ้าปริมาณ O_2 ลดลงถึง 5 เปอร์เซ็นต์ จะไม่เพียงพอกับการหายใจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (สมบุญ, 2538) มีบทบาทต่อการทำงานของเอทธิลีนในพืช ความเข้มข้นของ O_2 ระหว่าง 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอความสุกของผลไม้หลายชนิด (ดนัย และนิธิยา, 2535)

การหมัก (fermentation) เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งสังเกตได้จากกลิ่นแอลกอฮอล์ที่สะสมขึ้น มีการผลิตอัตราที่สูงขึ้น เพื่อให้ปริมาณ O_2 ได้ตามระดับที่ต้องการนั้นอาจทำได้โดยการปล่อยให้ผลผลิตหายใจ ใช้ออกซิเจนให้ลดลงอยู่ในระดับที่ต้องการก่อน เมื่อได้ O_2 ที่ต้องการแล้ว ปริมาณ O_2 จะลดลงอีก ดังนั้นจะต้องคอยวัดและเพิ่มเติม O_2 จากภายนอกโดยใช้ O_2 จากถังก๊าซหรือใช้วิธีดูก๊าซเนื่องจากมีการหายใจ (จริงแท้, 2541)

บทบาทของเอทิธิลีน

เอทธิลีน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดไม่อิ่มตัวที่มีสถานะเป็นก๊าซที่มีอุณหภูมิปกติ มีสูตรโมเลกุล คือ C_2H_4 และมีน้ำหนักโมเลกุล 28 เอทธิลีนจัดเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ตั้งแต่การเจริญเติบโต การพัฒนา การแก่ การสุก และการเสื่อมสภาพในผลไม้ ขณะการเจริญเติบโตในช่วงของการแบ่งเซลล์จะมีอัตราการสังเคราะห์เอทธิลีนสูงมาก การให้เอทธิลีนจากภายนอกแก่ผลไม้จะทำให้การเปลี่ยนแปลงเกิดได้เร็วขึ้นทั้งการเปลี่ยนสีผิว และการอ่อนตัวของผลไม้ (softening) เมื่อผลไม้มีระยะแก่เต็มที่จะมีอัตราการสังเคราะห์เอทธิลีนเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง และเนื้อเยื่อของผลไม้มีความไวในการตอบสนองต่อเอทธิลีนเปลี่ยนไป ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการกระตุ้นของเอทธิลีน เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าเป็นการสุกของผลไม้ และเอทธิลีนทำหน้าที่เป็นฮอร์โมนที่ทำให้เกิดกระบวนการสุกผลไม้

การสังเคราะห์เอทธิลีนในเซลล์พืชมีสารเริ่มต้นจากกรดอะมิโนเมทไธโอนีน (methionine) และอาจมีการสังเคราะห์เอทธิลีนเพียงเล็กน้อย จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดลิโนเลอิค เมทไธโอนีนเป็นสารเริ่มต้นในปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอทธิลีน ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นเอทธิลีนได้อย่างรวดเร็ว และต้องการออกซิเจนในการสังเคราะห์ด้วย (ดนัย, 2540)

การผลิตเอทธิลีน เนื้อเยื่อพืชทุกชนิดสร้างเอทธิลีนได้ โดยปกติปริมาณการผลิตเอทธิลีนจะมีน้อย แต่เมื่อผลิตผลสุกหรือเมื่อผลิตผลถูกกระทบกระเทือนด้วยอะไรก็ตามจะมีการสร้างเอทธิลีนเกิดขึ้นเป็นอันมาก และเอทธิลีนจะไปกระตุ้นกระบวนการต่างๆให้เกิดขึ้นได้ เช่น กระบวนการสุก การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เอทธิลีนอาจเกิดจากแหล่งอื่นๆอีก เช่น จากเชื้อรา จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ เอทธิลีนจากภายนอกสามารถกระตุ้นให้ผลไม้ผลิตเอทธิลีนในปริมาณที่สูงขึ้นได้หากให้เอทธิลีนก่อนกระบวนการสุกจะเริ่มขึ้น (จริงแท้, 2541)

ประโยชน์ของการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

นอกจากจะชะลอกระบวนการทางชีวะเคมีต่างๆภายในผลผลิตทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้แล้ว ยังมีประโยชน์ในแง่อื่นๆ ดังนี้

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

3. ลดการเหม็นหืน (rancidity) ในการเก็บรักษาที่มีไขมันมาก เช่นพวกเมล็ดเคี้ยวมัน ได้แก่มะม่วงหิมพานต์ รวมทั้งเมล็ดถั่วชนิดต่างๆ ทั้งนี้เพราะการเหม็นหืนเกิดจากการออกซิไดซ์กรดไขมันที่อิ่มตัวโดยออกซิเจน
4. ลดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาต่างๆที่เกิดขึ้นได้ระหว่างการเก็บรักษา เช่น อาการสะท้านหนาว (chilling injury)ในเซลล์ องค์ประกอบต่างๆที่เคยอยู่ใน compartment แยกต่างหากจะเล็ดลอดออกมาโดยเฉพาะสารประกอบฟีนอล ทำให้ถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนและทำให้เกิดอาการผิดปกติสีน้ำตาลขึ้น
5. ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เพราะจุลินทรีย์ที่เจริญได้บนผักผลไม้ส่วนใหญ่เป็น aerobic microorganism เมื่อมีออกซิเจนต่ำทำให้การเจริญเติบโตของผลผลิตลดลงด้วย
6. ลดการเจริญเติบโตของแมลงที่ติดมากับผลิตผลในทำนองเดียวกับเชื้อจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามความเข้มข้นที่จะควบคุมแมลงได้ผล มักเป็นอันตรายต่อผักและผลไม้
7. เพิ่มคุณภาพของผลิตผล ผลิตผลบางอย่างมีการเจริญเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น หน่อไม้ฝรั่ง ปริมาณเส้นใยเพิ่มสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษา สภาพบรรยากาศดัดแปลงช่วยชะลอการสร้างเส้นใยในหน่อไม้ฝรั่งได้ (จริงแท้, 2541)

ภาชนะบรรจุ

ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ภาชนะบรรจุเป็นสิ่งสำคัญประการหนึ่งในการเก็บรักษาเพื่อให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีอายุการเก็บยาวนานขึ้น packaging material ที่นิยมใช้ได้แก่

polyethylene (PE) เป็นพลาสติกชนิด thermoplastic ที่ประกอบด้วยโมโนเมอร์ของ ethylene จัดเรียงตัวแบบต่างๆกัน ทำให้ได้พลาสติกที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งได้เป็นชนิดต่างๆ คือ low density film (มีความหนาแน่นตั้งแต่ 0.914 - 0.925 g/cm^3) medium density film (ความหนาแน่น 0.9.3 – 0.94 g/cm^3) และhigh density film (0.95 – 0.96 g/cm^3) ซึ่งฟิล์มเหล่านี้มีคุณสมบัติแตกต่างกัน (คุณสมบัติในการยอมให้น้ำก๊าซซึมผ่าน, tensile strength ตลอดจนอุณหภูมิที่ใช้ในการปิดผนึกและอื่นๆ) ดังตารางที่ 1 (Tungcharoenchai, 1980)

และเนื่องจาก low density film มีคุณสมบัติเด่นในด้านการป้องกันความชื้นได้ดี และการดูดซึมไอน้ำได้ต่ำมากจึงนำมาใช้ในการบรรจุอาหารโดยอยู่ในรูปของแผ่นฟิล์ม หรือนำมาลามิเนทกับวัสดุชนิดอื่น การลามิเนท (lamination) หมายถึงการนำวัสดุชนิดหนึ่งมาทาบติดกับวัสดุอีกชนิดหนึ่งด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้โครงสร้างใหม่ที่มีประโยชน์ในการใช้งาน โดยจะประสานข้อดีของวัสดุทั้งสองเข้าด้วยกัน ตัวอย่างเช่น การใช้ aluminum foil มาลามิเนทกับสิ่งทอหรือฟิล์มพลาสติก สามารถจะรักษาสภาพความชื้นต่ำ และ high germination ของเมล็ดถั่วเหลืองในการเก็บได้ถึง 2 ปี

ในขณะที่ถ้าเก็บเมล็ดไว้ในถุงกระดาษเพียง 6 เดือน เมล็ดจะตาย ตัวอย่างของการลามิเนทชนิดอื่น เช่น paper/aluminum foil/ polyethylene. polyester/polyvinyl film

polypropylene (PP) เป็น thermoplastic ที่ประกอบด้วยโมโนเมอร์ของ propylene เป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักเบาอีกชนิดหนึ่ง มีความหนาแน่น 0.905 g/cm^3 มีคุณสมบัติในการยอมให้ก๊าซและไอน้ำผ่านต่ำมาก และไม่ยอมให้น้ำมันและไขมันซึมผ่าน PP ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมี 2 ชนิดคือ CPP (cast polypropylene) และ OPP (oriented polypropylene) ซึ่ง OPP นั้นในการเชื่อมปิดด้วยความร้อนทำได้ยากต้องใช้ร่วมกับพลาสติกอื่นๆ

Aluminum เป็นโลหะที่สามารถนำมารีดเป็นแผ่นบางๆ ในรูปของ aluminum foil ใช้ในการหีบห่อหรือลามิเนทกับพลาสติกอื่นๆ จะสามารถอุดรูพรุน (pinholes) ที่เกิดขึ้นในแผ่น aluminum foil ได้ดีสามารถป้องกันการซึมผ่านของไขมันและน้ำมันได้ดีทนต่อแรงดึงได้สูง

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ตาราง Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

ระยะเวลาในการดำเนินงาน

เริ่มทำการทดลองตั้งแต่ วันที่ 19 พฤศจิกายน 2546

สิ้นสุดการทดลอง วันที่ 28 ธันวาคม 2546

รวมระยะเวลาที่ทำการทดลองทั้งสิ้น 39 วัน

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการพืชสวน ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

อุปกรณ์การทดลอง

1. แตงกวา
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. เครื่องมือ hand refractometer
4. ถุงพลาสติก laminate
5. ปิเปต
6. สาร NaOH 0.1% (โซเดียมไฮดรอกไซด์)
7. สาร phenolphthalein 1%
8. บีกเกอร์
9. สารดูดซับเอทธิลีน (ethylene absorbent : EA)
10. สารดูดความชื้น
11. แผ่นเทียบสี royal horticultural society
12. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
13. ก๊าซออกซิเจน
14. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ
15. เครื่องผนึกสุญญากาศ (vacuum sealer)
16. บิวเรตต์
17. label

วิธีการทดลอง

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 4 x 4 factorial in completely randomized design (CRD) ประกอบด้วย 16 treatment แต่ละtreatment มี 3 replication แต่ละreplication มี 2 ถุง ถุงละ 3 ผล

วิธีการทดลอง

1. ทำการคัดเลือกผลแตงกวาที่มีขนาดเท่าๆกัน สีใกล้เคียงกัน และปราศจากบาดแผล โรคและแมลงจำนวนทั้งสิ้น 960 ผล
2. ชั่งน้ำหนักผลแตงกวา ครั้งละ 2 ผล
3. นำผลแตงกวาบรรจุใส่ถุงพลาสติก laminate ถุงละ 2 ผล พร้อมบรรจุสารดูดความชื้น 1 แผ่น (ขนาด 6×8 cm.) และสารดูดซับเอทธิลีน 3 %ของปริมาตรแตงกวาที่บรรจุในแต่ละถุง
4. เขียนป้ายบอกปริมาณน้ำหนัก และtreatment ไว้ที่ถุง
5. นำเข้าเครื่องผนึกสุญญากาศ และทำการเติม CO_2 และ O_2 ดังนี้ โดยกำหนดให้

   ปัจจัย A คือ ปริมาณ CO_2 4 ระดับ คือ

   a1 = 0 ปอนด์/ตารางนิ้ว

   a2 = 5 ปอนด์/ตารางนิ้ว

   a3 = 10 ปอนด์/ตารางนิ้ว

   a4 = 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

   ปัจจัย B คือ ปริมาณ O_2 4 ระดับ คือ

   b1 = 0 ปอนด์/ตารางนิ้ว

   b2 = 2 ปอนด์/ตารางนิ้ว

   b3 = 4 ปอนด์/ตารางนิ้ว

   b4 = 6 ปอนด์/ตารางนิ้ว
6. นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิเฉลี่ย 14 องศาเซลเซียส

7. ทำการตรวจสอบและวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงทุก 3 วัน โดยการประเมินการสูญเสียน้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงสีผิว สีเนื้อ สีเมล็ด ปริมาณ total soluble solid (TSS) ปริมาณกรด (TA) และคุณภาพการรับประทาน

การบันทึกและการวิเคราะห์ข้อมูล

การบันทึกข้อมูล

ก่อนการเก็บรักษาได้ทำการบันทึกข้อมูลดังนี้

1. น้ำหนักสดของผลแตงกวา (กรัม)
2. ลักษณะสีเปลือก
3. ลักษณะสีเนื้อ
4. ลักษณะสีเมล็ด
5. ปริมาณ total soluble solid (TSS)
6. ปริมาณกรด (TA)
7. คุณภาพการรับประทาน

ระหว่างการเก็บรักษา ทุก 3 วัน

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด
2. ลักษณะสีเปลือก
3. ลักษณะสีเนื้อ
4. ลักษณะสีเมล็ด
5. ปริมาณ total soluble solid (TSS)
6. ปริมาณกรด (TA)
7. คุณภาพการรับประทาน
8. อายุการเก็บรักษาผลผลิต

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด โดยการนำผลแตงกวามาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า และทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้สูตร

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

2. การวัดคุณภาพสี โดยการเทียบกับแผ่นสีมาตรฐานของ R.H.S. (Royal Horticultural Society)
3. การวิเคราะห์หาค่า total soluble solid (TSS) โดยนำน้ำคั้นจากเนื้อแตงกวาหยดลงบน hand refractometer แล้วอ่านค่า TSS หน่วยเป็น brix
4. ปริมาณกรดที่ไตเตรดได้ titratable acidity (TA) โดยนำน้ำคั้นจากเนื้อแตงกวาปริมาตร 5 ml เติมสาร phenolphthalein เข้มข้น 1% เป็นตัว indicator 4 หยด จากนั้นนำไปไตเตรดด้วยสารละลาย ด่างมาตรฐาน (NaOH ความเข้มข้น 0.1 %) จนกระทั่งถึง end point (น้ำคั้นเปลี่ยนจากใสเป็นสีชมพู) บันทึกปริมาตรของสารละลายด่างที่ใช้ไป เพื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดซิตริก ดังนี้

$$\%\text{กรดแอสคอร์บิก} = \frac{\text{N base x ml base x meq.wt ของกรดแอสคอร์บิก}}{\text{ml ของน้ำคั้นที่ใช้}} \times 100$$

N base = normality ของ NaOH (0.1)

Ml base = จำนวนมิลิลิตรของ NaOH ที่ใช้ในการไตเตรด

meq.wt ของกรดแอสคอร์บิก = 0.0680

5. อายุการเก็บรักษาผลผลิต โดยดูจากคุณภาพที่ดีในการรับประทาน และสภาพภายนอกซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ นับอายุเป็นวัน

ผลการทดลอง

จากการศึกษา อิทธิพลของสัดส่วนก๊าซ CO_2 และ O_2 ต่อคุณภาพหลังการเก็บรักษาผลแตงกวาในถุง laminate ผลปรากฏดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด

จากการทดลองพบว่า ภายหลังการเก็บรักษาแตงกวา มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยพบว่า

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 15 : 6 PSI มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 1.62 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 0 : 0 PSI, CO_2 : O_2 0 : 2 PSI, CO_2 : O_2 15 : 4 PSI, CO_2 : O_2 5 : 0 PSI, CO_2 : O_2 15 : 2 PSI, CO_2 : O_2 0 : 4 PSI, CO_2 : O_2 15 : 0 PSI, CO_2 : O_2 10 : 4 PSI, CO_2 : O_2 0 : 6 PSI, CO_2 : O_2 10 : 0 PSI, CO_2 : O_2 5 : 6 PSI, CO_2 : O_2 10 : 6 PSI, CO_2 : O_2 5 : 2 PSI, CO_2 : O_2 5 : 4 PSI ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด 1.37, 1.29, 1.24, 1.18, 1.13, 1.13, 1.10, 1.09, 1.04, 1.01, 0.97, 0.93, 0.91, 0.91 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 10 : 2 PSI มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด คือ 0.74 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของแตงกวาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1, ภาพที่1)

ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 15 : 6 PSI มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 2.35 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 0 : 4 PSI, CO_2 : O_2 0 : 6 PSI, CO_2 : O_2 5 : 6 PSI, CO_2 : O_2 15 : 4 PSI, CO_2 : O_2 0 : 2 PSI, CO_2 : O_2 0 : 0 PSI, CO_2 : O_2 10 : 2 PSI, CO_2 : O_2 5 : 4 PSI, CO_2 : O_2 10 : 6 PSI, CO_2 : O_2 5 : 0 PSI, CO_2 : O_2 10 : 4 PSI, CO_2 : O_2 15 : 0 PSI, CO_2 : O_2 15 : 2 PSI, CO_2 : O_2 10 : 0 PSI ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด 2.02, 2.01, 1.82, 1.76, 1.55, 1.45, 1.41, 1.39, 1.35, 1.31, 1.27, 1.26, 1.18, 1.15 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 5 : 2 PSI มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด คือ 1.00 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของแตงกวาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1, ภาพที่ 1)

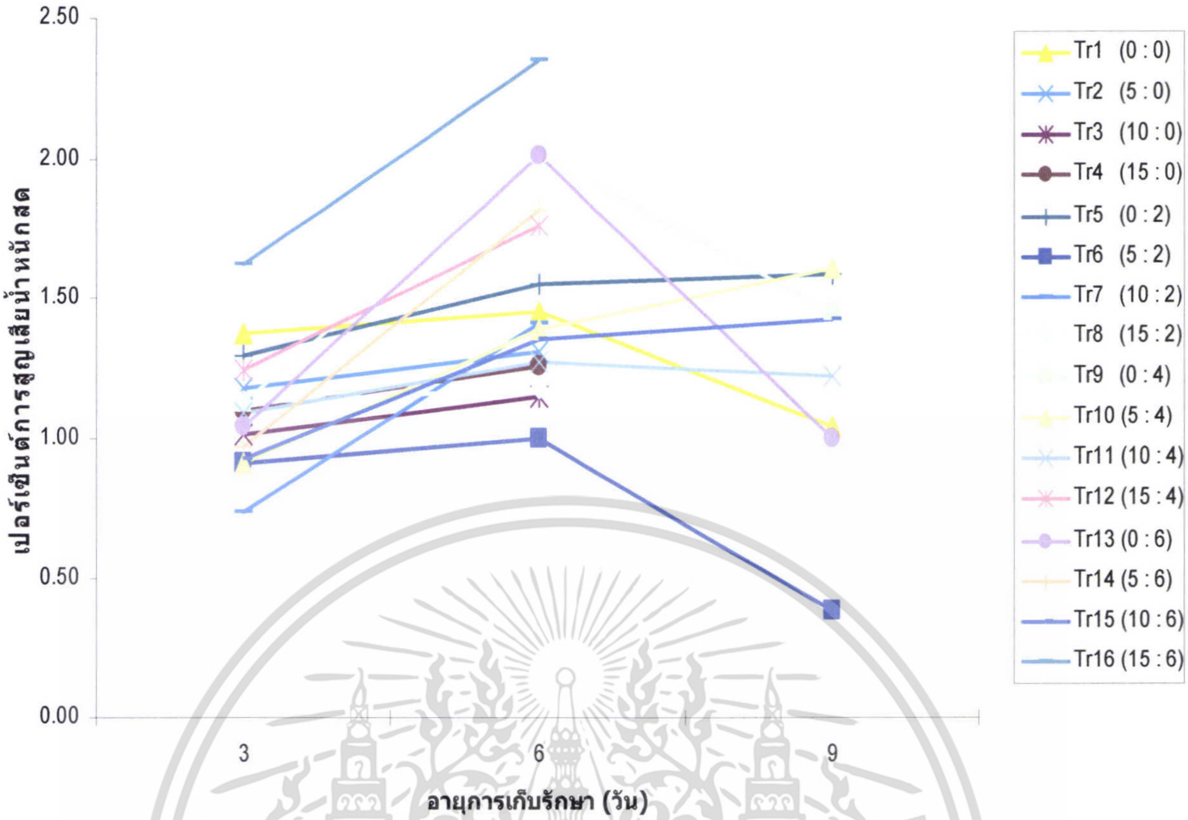
ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 5 : 4 PSI มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 1.61 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ แตงกวาที่เก็บรักษาใน

ถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 0 : 2 PSI, CO_2 : O_2 0 : 4 PSI, CO_2 : O_2 10 : 6 PSI, CO_2 : O_2 10 : 4 PSI, CO_2 : O_2 0 : 0 PSI, CO_2 : O_2 0 : 6 PSI ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด 1.59, 1.45, 1.42, 1.22, 1.04, 1.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 5 : 2 PSI มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ 0.39 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 5 : 4 PSI, CO_2 : O_2 0 : 2 PSI มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2: O_2 5 : 2 PSI (ตารางที่ 1, ภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของแตงกวา ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6 และ9 วัน

Treatment Combination $CO_2 : O_2$ (PSI)	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดภายหลังการเก็บรักษา (วัน)		
	3	6	9
Tr_1 (0 : 0)	1.37[1/]	1.45[1/]	1.04abc[1/]
Tr_2 (5 : 0)	1.18	1.31	
Tr_3 (10 : 0)	1.01	1.15	
Tr_4 (15 : 0)	1.10	1.26	
Tr_5 (0 : 2)	1.29	1.55	1.59a
Tr_6 (5 : 2)	0.91	1.00	0.39bc
Tr_7 (10 : 2)	0.74	1.41	
Tr_8 (15 : 2)	1.13	1.18	
Tr_9 (0 : 4)	1.13	2.02	1.45ab
Tr_{10} (5 : 4)	0.91	1.39	1.61a
Tr_{11} (10 : 4)	1.09	1.27	1.22ab
Tr_{12} (15 : 4)	1.24	1.76	
Tr_{13} (0 : 6)	1.04	2.01	1.00abc
Tr_{14} (5 : 6)	0.97	1.82	
Tr_{15} (10 : 6)	0.93	1.35	1.42ab
Tr_{16} (15 : 6)	1.62	2.35	

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ DNMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 1 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของแตงกวา ภายหลังการเก็บรักษา 3, 6 และ9 วัน

2. ปริมาณ Total Soluble Solid (TSS)

จากการทดลองพบว่า ภายหลังการเก็บรักษาแตงกวามีแนวโน้ม การเปลี่ยนแปลง TSS ลดลงเล็กน้อยตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ดังนี้

ก่อนเก็บรักษา แตงกวามีปริมาณ TSS เฉลี่ยที่ 3.26 brix

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 0 : 2 PSI มีปริมาณ TSS มากที่สุด คือ 3.27 brix ส่วนแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 10 : 6 PSI และCO_2 : O_2 15 : 6 PSI มีปริมาณ TSS น้อยที่สุด คือ 2.90 brix จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณ TSS ของแตงกวาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2, ภาพที่ 2)

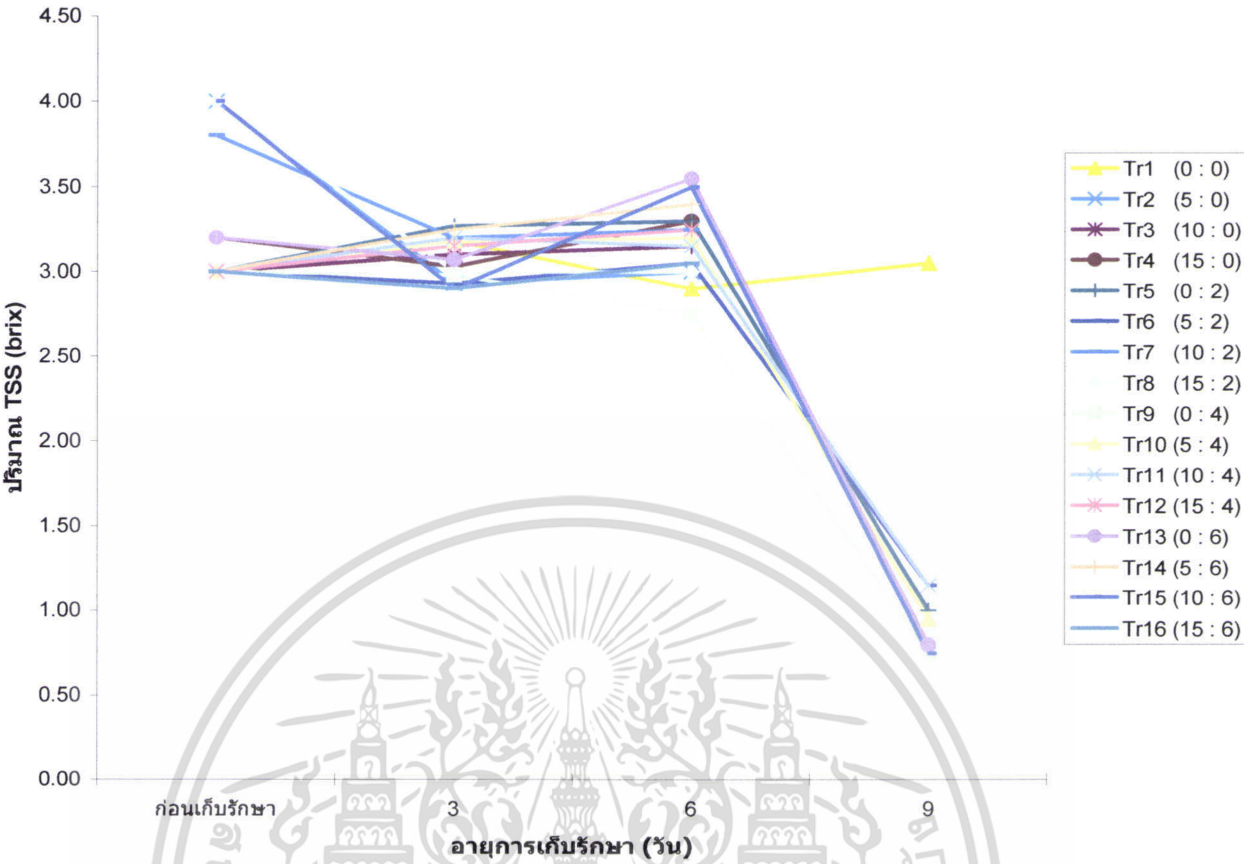
ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 0 : 6 PSI มีปริมาณ TSS มากที่สุด คือ 3.55 brix ส่วนแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 0 : 4 PSI มีปริมาณ TSS น้อยที่สุด คือ 2.75 brix จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณ TSS ของแตงกวาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2, ภาพที่ 2)

ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 0 : 0 PSI มีปริมาณ TSS มากที่สุด คือ 3.05 brix ส่วนแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 0 : 4 PSI และCO_2 : O_2 10 : 6 PSI มีปริมาณ TSS น้อยที่สุด คือ 0.75 brix จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณ TSS ของแตงกวาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2, ภาพที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณ TSS (brix) ของแตงกวาก่อนเก็บรักษา และภายหลังการเก็บรักษา 3, 6 และ9 วัน

Treatment Combination $CO_2 : O_2$ (PSI)	ก่อนเก็บรักษา	ปริมาณ TSS ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)		
		3	6	9
Tr_1 (0 : 0)	3.00[1/]	3.18[1/]	2.90[1/]	3.05[1/]
Tr_2 (5 : 0)	4.00	2.93	3.00	
Tr_3 (10 : 0)	3.00	3.10	3.15	
Tr_4 (15 : 0)	3.20	3.03	3.30	
Tr_5 (0 : 2)	3.00	3.27	3.30	1.00
Tr_6 (5 : 2)	3.00	2.93	3.05	1.15
Tr_7 (10 : 2)	3.80	3.20	3.25	
Tr_8 (15 : 2)	4.00	3.00	3.00	
Tr_9 (0 : 4)	3.00	2.98	2.75	0.75
Tr_{10} (5 : 4)	3.00	3.18	3.20	0.95
Tr_{11} (10 : 4)	3.00	3.20	3.15	1.15
Tr_{12} (15 : 4)	3.00	3.15	3.25	
Tr_{13} (0 : 6)	3.20	3.07	3.55	0.80
Tr_{14} (5 : 6)	3.00	3.25	3.40	
Tr_{15} (10 : 6)	4.00	2.90	3.50	0.75
Tr_{16} (15 : 6)	3.00	2.90	3.05	

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ DNMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณ TSS ของแตงกวาก่อนเก็บรักษา และภายหลังการเก็บรักษา 3, 6 และ 9วัน

3. ปริมาณ Titratable acidity (TA)

จากการทดลองพบว่า ภายหลังการเก็บรักษาแตงกวามีปริมาณ TA เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นดังนี้

ก่อนเก็บรักษาแตงกวามีปริมาณ TA เฉลี่ยเท่ากับ 0.10 เปอร์เซ็นต์

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 10 : 0 PSI, CO_2 : O_2 15 : 0 PSI, CO_2 : O_2 5 : 2 PSI และCO_2 : O_2 10 : 4 PSI มีเปอร์เซ็นต์ TA มากที่สุด คือ 0.10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 15 : 4 PSI มีเปอร์เซ็นต์ TA น้อยที่สุด คือ 0.07 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณ TA ของแตงกวาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3, ภาพที่ 3)

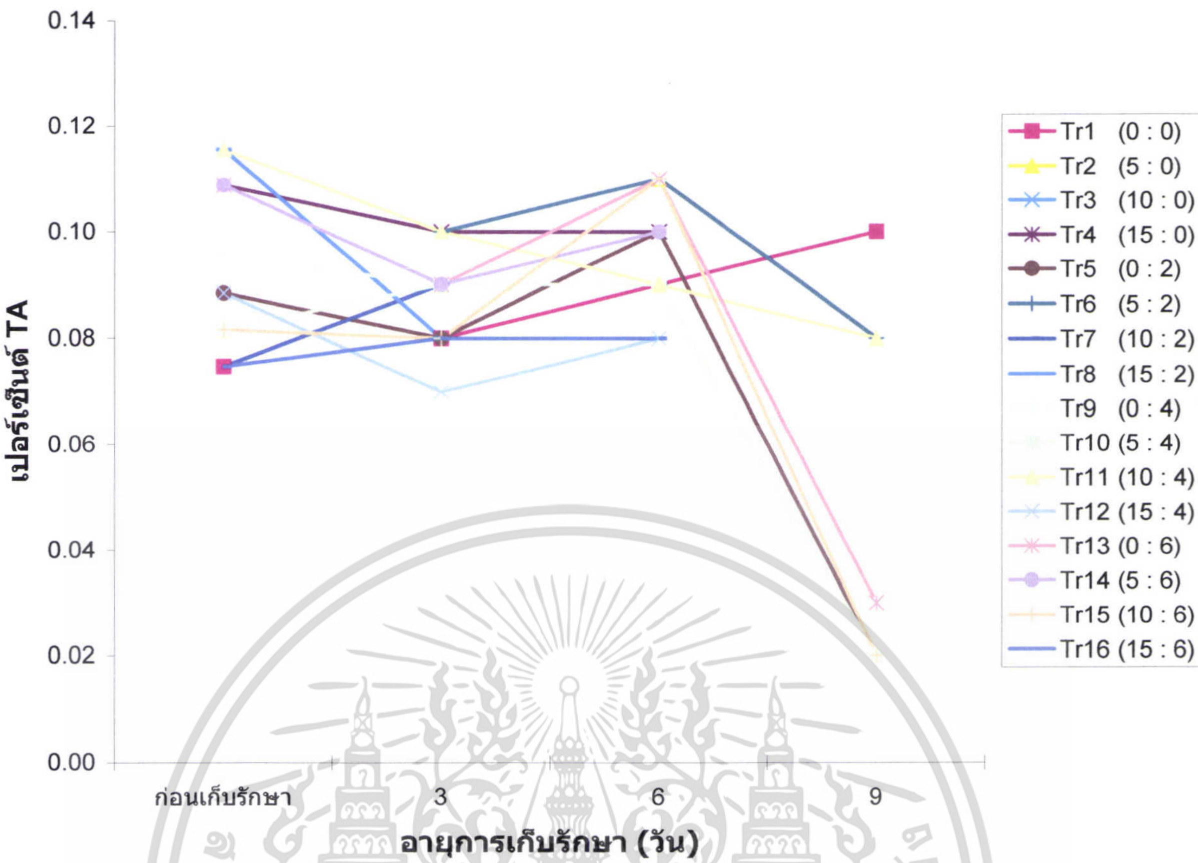
ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 5 : 0 PSI, CO_2 : O_2 5 : 2 PSI, CO_2 : O_2 0 : 4 PSI, CO_2 : O_2 0 : 6 PSI และCO_2 : O_2 10 : 6 PSI มีเปอร์เซ็นต์ TA มากที่สุด คือ 0.11 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 15 : 2 PSI, CO_2 : O_2 15 : 4 PSI และCO_2 : O_2 15 : 6 PSI มีเปอร์เซ็นต์ TA น้อยที่สุด คือ 0.08 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณ TA ของแตงกวาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3, ภาพที่ 3)

ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 0 : 0 PSI มีเปอร์เซ็นต์ TA มากที่สุด คือ 0.10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 0: 2 PSI, CO_2 : O_2 5 : 4 PSI และCO_2 : O_2 10 : 6 PSI มีเปอร์เซ็นต์ TA น้อยที่สุด คือ 0.02 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณ TA ของแตงกวาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่3, ภาพที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ TA ของแตงกวาก่อนเก็บรักษา และภายหลังการเก็บรักษา 3, 6 และ9 วัน

Treatment Combination $CO_2 : O_2$ (PSI)	ก่อนเก็บรักษา	ปริมาณ TA ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)		
		3	6	9
Tr_1 (0 : 0)	0.07[1/]	0.08[1/]	0.09[1/]	0.10[1/]
Tr_2 (5 : 0)	0.08	0.09	0.11	
Tr_3 (10 : 0)	0.11	0.10	0.10	
Tr_4 (15 : 0)	0.11	0.10	0.10	
Tr_5 (0 : 2)	0.09	0.08	0.10	0.02
Tr_6 (5 : 2)	0.12	0.10	0.11	0.08
Tr_7 (10 : 2)	0.07	0.09	0.09	
Tr_8 (15 : 2)	0.12	0.08	0.08	
Tr_9 (0 : 4)	0.10	0.09	0.11	0.03
Tr_{10} (5 : 4)	0.08	0.09	0.09	0.02
Tr_{11} (10 : 4)	0.12	0.10	0.09	0.08
Tr_{12} (15 : 4)	0.09	0.07	0.08	
Tr_{13} (0 : 6)	0.11	0.09	0.11	0.03
Tr_{14} (5 : 6)	0.11	0.09	0.10	
Tr_{15} (10 : 6)	0.08	0.08	0.11	0.02
Tr_{16} (15 : 6)	0.07	0.08	0.08	

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการเปรียบเทียบแบบ DNMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ TA ของแตงกวาก่อนเก็บรักษา และภายหลังการเก็บรักษา 3, 6 และ9 วัน

4. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกด้านนอกผลของแตงกวา

ก่อนเก็บรักษาพบว่า แตงกวามีเปลือกด้านนอกสีเขียว จัดอยู่ในกลุ่ม Yellow – Green Group 145A (YGG 145A) (ตารางที่ 4) ภายหลังการเก็บรักษาพบว่า แตงกวามีลักษณะสีเปลือกเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาโดยพบว่า

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 และO_2 มีสีเปลือกผลด้านนอกจัดอยู่ในกลุ่ม Yellow – Green Group 144A (YGG 144A) (ตารางที่ 4)

ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 และO_2 มีสีเปลือกผลด้านนอกจัดอยู่ในกลุ่ม Yellow – Green Group 145B (YGG 145B) (ตารางที่ 4)

ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 และO_2 มีสีเปลือกผลด้านนอกจัดอยู่ในกลุ่ม Yellow – Green Group 145C (YGG 145C) (ตารางที่ 4)

5. การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของแตงกวา

ก่อนเก็บรักษา และภายหลังการเก็บรักษา 3, 6 และ9 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 และO_2 มีสีเนื้อจัดอยู่ในกลุ่ม Yellow – Green Group 145D (YGG 145D)

ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 และO_2 บางระดับมีสีเนื้อจัดอยู่ในกลุ่ม Yellow – Green Group 145C (YGG 145C) (ตารางที่ 5)

6. การเปลี่ยนแปลงสีเมล็ดของแตงกวา

ก่อนเก็บรักษา และภายหลังการเก็บรักษา 3, 6 และ9 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 และO_2 มีสีเมล็ดจัดอยู่ในกลุ่ม Yellow – Green Group 145C (YGG 145C) (ตารางที่ 5)

7. คุณภาพการรับประทานของผลแตงกวา

ก่อนเก็บรักษาพบว่า แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 และO_2 มีคุณภาพการรับประทานอยู่ในเกณฑ์ดีที่สุดคือมีระดับคะแนน 5.0 คะแนน (ตารางที่ 7) ภายหลังการเก็บรักษาพบว่า แตงกวามีคุณภาพการรับประทานลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นดังนี้

ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 และO_2 มีคุณภาพการรับประทานอยู่ในเกณฑ์ดีคือ 3.7 – 4.8 คะแนน (ตารางที่ 7)

ภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 และO_2 มีคุณภาพการรับประทานพอใช้คือ 1.3 – 2.8 คะแนน (ตารางที่ 7)

ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 และO_2 ส่วนใหญ่มีคุณภาพการรับประทานที่ใกล้จะหมดคุณค่าทางการบริโภคคือ 1.5 คะแนน (ตารางที่ 7)

8. อายุการเก็บรักษา

การพิจารณาระยะเวลาในการเก็บรักษาแตงกวาโดยใช้ผลการประเมิน จากลักษณะของสีเปลือกภายนอกผล ภายหลังการทดลองพบว่าแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ $CO_2 : O_2$ 0 : 0 PSI, $CO_2 : O_2$ 0 : 2 PSI, $CO_2 : O_2$ 5 : 2 PSI, $CO_2 : O_2$ 0 : 4 PSI, $CO_2 : O_2$ 5 : 4 PSI, $CO_2 : O_2$ 10 : 4 PSI, $CO_2 : O_2$ 0 : 6 PSI และ$CO_2 : O_2$ 10 : 6 PSI มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 9 วัน คือยังคงมีสีเปลือกด้านนอกอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ $CO_2 : O_2$ 5 : 0 PSI, $CO_2 : O_2$ 10 : 0 PSI, $CO_2 : O_2$ 15 : 0 PSI, $CO_2 : O_2$ 10 : 2 PSI, $CO_2 : O_2$ 15 : 2 PSI, $CO_2 : O_2$ 15 : 4 PSI, $CO_2 : O_2$ 5 : 6 PSI และ$CO_2 : O_2$ 15 : 6 PSI มีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุดคือ 6 วัน คือมีลักษณะของสีเปลือกด้านนอกไม่เป็นที่ยอมรับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะสีเปลือกด้านนอกของผลแตงกวาก่อนเก็บรักษา และภายหลังการเก็บรักษา 3, 6 และ9 วัน

Treatment Combination $CO_2 : O_2$ (PSI)	ก่อนเก็บรักษา	สีเปลือกด้านนอกของผลแตงกวา ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)		
		3	6	9
Tr_1 (0 : 0)	YGG 145A	YGG 145A	YGG 145A	YGG 144A
Tr_2 (5 : 0)	YGG 145B	YGG 145A	YGG 145B	
Tr_3 (10 : 0)	YGG 144B	YGG 144B	YGG 145B	
Tr_4 (15 : 0)	YGG 144B	YGG 144B	YGG 145B	
Tr_5 (0 : 2)	YGG 145A	YGG 144A	YGG 145B	YGG 145C
Tr_6 (5 : 2)	YGG 144B	YGG 144A	YGG 145B	YGG 145C
Tr_7 (10 : 2)	YGG 144A	YGG 144A	YGG 145A	
Tr_8 (15 : 2)	YGG 144A	YGG 144A	YGG 145B	
Tr_9 (0 : 4)	YGG 145A	YGG 144A	YGG 145A	YGG 145B
Tr_{10} (5 : 4)	YGG 145A	YGG 144A	YGG 145B	YGG 145C
Tr_{11} (10 : 4)	YGG 144B	YGG 144A	YGG 145B	YGG 145B
Tr_{12} (15 : 4)	YGG 145A	YGG 145A	YGG 145A	
Tr_{13} (0 : 6)	YGG 144B	YGG 144B	YGG 145A	YGG 145C
Tr_{14} (5 : 6)	YGG 144B	YGG 144B	YGG 145B	
Tr_{15} (10 : 6)	YGG 145B	YGG 144B	YGG 145B	YGG 145C
Tr_{16} (15 : 6)	YGG 145A	YGG 144A	YGG 145B	

หมายเหตุ : YGG = Yellow – Green Group

ตารางที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะสีเนื้อของผลแตงกวา ก่อนเก็บรักษา และภายหลังการเก็บรักษา 3, 6 และ9 วัน

Treatment Combination $CO_2 : O_2$ (PSI)	ก่อนเก็บรักษา	สีเนื้อของผลแตงกวา ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)		
		3	6	9
Tr_1 (0 : 0)	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D
Tr_2 (5 : 0)	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D	
Tr_3 (10 : 0)	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D	
Tr_4 (15 : 0)	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D	
Tr_5 (0 : 2)	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D
Tr_6 (5 : 2)	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D
Tr_7 (10 : 2)	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D	
Tr_8 (15 : 2)	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D	
Tr_9 (0 : 4)	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145C
Tr_{10} (5 : 4)	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D
Tr_{11} (10 : 4)	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145C
Tr_{12} (15 : 4)	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D	
Tr_{13} (0 : 6)	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D
Tr_{14} (5 : 6)	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D	
Tr_{15} (10 : 6)	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D
Tr_{16} (15 : 6)	YGG 145D	YGG 145D	YGG 145D	

หมายเหตุ : YGG = Yellow – Green Group

ตารางที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะสีเมล็ดของผลแตงกวา ก่อนเก็บรักษา และภายหลังการเก็บรักษา 3, 6 และ9 วัน

Treatment Combination $CO_2 : O_2$ (PSI)	ก่อนเก็บรักษา	สีเมล็ดของผลแตงกวา ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)		
		3	6	9
Tr_1 (0 : 0)	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C
Tr_2 (5 : 0)	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C	
Tr_3 (10 : 0)	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C	
Tr_4 (15 : 0)	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C	
Tr_5 (0 : 2)	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C
Tr_6 (5 : 2)	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C
Tr_7 (10 : 2)	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C	
Tr_8 (15 : 2)	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C	
Tr_9 (0 : 4)	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C
Tr_{10} (5 : 4)	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C
Tr_{11} (10 : 4)	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C
Tr_{12} (15 : 4)	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C	
Tr_{13} (0 : 6)	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C
Tr_{14} (5 : 6)	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C	
Tr_{15} (10 : 6)	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C
Tr_{16} (15 : 6)	YGG 145C	YGG 145C	YGG 145C	

หมายเหตุ : YGG = Yellow – Green Group

ตารางที่ 7 แสดงคุณภาพการรับประทานของผลแตงกวาโดยเปรียบเทียบเป็นคะแนน ก่อนเก็บรักษา และภายหลังการเก็บรักษา 3, 6 และ9 วัน

Treatment Combination $CO_2 : O_2$ (PSI)	ก่อนเก็บรักษา	ภายหลังการเก็บรักษา (วัน)		
		3	6	9
Tr_1 (0 : 0)	5	4.7	2.7	2.0
Tr_2 (5 : 0)	5	3.7	1.3	
Tr_3 (10 : 0)	5	3.8	1.7	
Tr_4 (15 : 0)	5	4.3	1.7	
Tr_5 (0 : 2)	5	4.8	2.8	2.0
Tr_6 (5 : 2)	5	4.7	1.7	1.5
Tr_7 (10 : 2)	5	3.7	1.5	
Tr_8 (15 : 2)	5	3.8	1.5	
Tr_9 (0 : 4)	5	4.7	2.3	2.0
Tr_{10} (5 : 4)	5	4.5	1.7	1.5
Tr_{11} (10 : 4)	5	4.2	1.7	1.5
Tr_{12} (15 : 4)	5	3.7	1.8	
Tr_{13} (0 : 6)	5	4.7	2.0	1.5
Tr_{14} (5 : 6)	5	4.8	2.0	
Tr_{15} (10 : 6)	5	4.7	2.0	1.5
Tr_{16} (15 : 6)	5	4.5	1.3	

หมายเหตุ : 5 = **รสชาติดีมาก**

4 = **รสชาติดี**

3 = **รสชาติปานกลาง**

2 = **รสชาติพอใช้**

1 = **หมดคุณค่าทางการบริโภค**

ตารางที่ 8 แสดงอายุการเก็บรักษาของผลแตงกวาภายในแต่ละวิธีการ

Treatment (CO_2 : O_2 ; PSI)	อายุการเก็บรักษา (วัน)
Tr_1 (0 : 0)	9
Tr_2 (5 : 0)	6
Tr_3 (10 : 0)	6
Tr_4 (15 : 0)	6
Tr_5 (0 : 2)	9
Tr_6 (5 : 2)	9
Tr_7 (10 : 2)	6
Tr_8 (15 : 2)	6
Tr_9 (0 : 4)	9
Tr_{10} (5 : 4)	9
Tr_{11} (10 : 4)	9
Tr_{12} (15 : 4)	6
Tr_{13} (0 : 6)	9
Tr_{14} (5 : 6)	6
Tr_{15} (10 : 6)	9
Tr_{16} (15 : 6)	6

สรุปผลการทดลอง

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด

ระหว่างการเก็บรักษา แตงกวามีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 5 : 4 PSI มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 1.61 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 5 : 2 PSI มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด คือ 0.39 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าวิธีการที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของแตงกวา

2. ปริมาณ Total Soluble Solid (TSS) ของแตงกวา

เมื่อทำการเก็บรักษาแตงกวาตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น แตงกวามีปริมาณ TSS เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 0 : 0 PSI มีปริมาณ TSS มากที่สุด คือ 3.05 brix ส่วนแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 0 : 4 PSI, CO_2 : O_2 10 : 6 PSI มีปริมาณ TSS น้อยที่สุด คือ 0.75 brix จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณ TSS ของแตงกวาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าวิธีการที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณ TSS ของแตงกวา

3. ปริมาณ Titrable acidity (TA)

ระหว่างการเก็บรักษา แตงกวามีปริมาณ TA เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เมื่อเก็บรักษาแตงกวา 9 วันพบว่า แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 0 : 0 PSI มีเปอร์เซ็นต์ TA มากที่สุด คือ 0.10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 0 : 2 PSI, CO_2 : O_2 5 : 4 PSI และCO_2 : O_2 10 : 6 PSI มีเปอร์เซ็นต์ TA น้อยที่สุด คือ 0.02 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณ TA ของแตงกวาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าวิธีการที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณเปอร์เซ็นต์ TA ของแตงกวา

4. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกด้านนอกของผลแตงกวา

ก่อนเก็บรักษาผลแตงกวามีสีเปลือกด้านนอกจัดอยู่ในกลุ่ม Yellow – Green Group 145A (YGG 145A) และภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน ผลแตงกวามีสีเปลือกด้านนอกอยู่ในกลุ่ม Yellow – Green Group 145C (YGG 145C)

5. การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของผลแตงกวา

ก่อนเก็บรักษาผลแตงกวามีสีเนื้อจัดอยู่ในกลุ่ม Yellow – Green Group 145D (YGG 145D) และภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน สีเนื้อของผลแตงกวาจัดอยู่ในกลุ่มเดิม คือ Yellow – Green Group 145D (YGG 145D)

6. การเปลี่ยนแปลงสีเมล็ดของผลแตงกวา

ก่อนเก็บรักษาผลแตงกวามีสีเมล็ดจัดอยู่ในกลุ่ม Yellow – Green Group 145C (YGG 145C) และภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน สีเมล็ดของผลแตงกวาจัดอยู่ในกลุ่มเดิม คือ Yellow – Green Group 145C (YGG 145C)

7. อายุการเก็บรักษา

จากการเก็บรักษาผลแตงกวาพบว่า แตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ $CO_2 : O_2$ 5 : 2 PSI, $CO_2 : O_2$ 0 : 4 PSI, $CO_2 : O_2$ 5 : 4 PSI, $CO_2 : O_2$ 10 : 4 PSI, $CO_2 : O_2$ 0 : 6 PSI และ $CO_2 : O_2$ 10 : 6 PSI มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 9 วัน คือยังคงมีสีเปลือกด้านนอกและสีเนื้ออยู่ในเกณฑ์ดีเป็นที่ยอมรับได้และมีสภาพใกล้เคียงปกติมากที่สุด

วิจารณ์ผลการทดลอง

ในการศึกษาอิทธิพลของสัดส่วน CO_2 : O_2 ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลแตงกวาในถุง laminate ที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาพการเก็บรักษาแบบ modified atmosphere (MA) พบว่าสามารถยืดอายุการเก็บรักษาแตงกวาได้นาน 6 – 9 วัน โดยแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 5 : 2 PSI, CO_2 : O_2 0 : 4 PSI, CO_2 : O_2 5 : 4 PSI, CO_2 : O_2 10 : 4 PSI, CO_2 : O_2 0 : 6 PSI และCO_2 : O_2 10 : 6 PSI จะเก็บรักษาได้นานที่สุด ซึ่งถ้าสัดส่วนของก๊าซ O_2 สูงจะทำให้เกิดการสังเคราะห์เอทธิลีน เพราะลำดับสุดท้ายของการสังเคราะห์เอทธิลีนของพืชจะต้องใช้ O_2 การลดปริมาณ O_2 ลงจะยับยั้งหรือลดการผลิตเอทธิลีนลง (งามทิพย์, 2538) แต่ถ้า O_2 น้อยเกินไปก็อาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic) และทำให้ผลผลิตเสียหายได้ (งามทิพย์, 2538) จากการประเมินผลแตงกวาที่มีอายุการเก็บรักษา 9 วัน สามารถสรุปได้ว่าแตงกวาที่เก็บรักษาในถุง laminate ร่วมกับ CO_2 : O_2 5 : 2 PSI มีคุณภาพหลังการเก็บรักษาดีที่สุด เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด คือ 0.39 เปอร์เซ็นต์ และมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS, ปริมาณ TA, สีเปลือกด้านนอก, สีเนื้อ และสีเมล็ดอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ภายหลังการเก็บรักษาแตงกวา ในทุกวิธีการจะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากขึ้น เนื่องจากผลผลิตยังมีชีวิตและยังมีการหายใจอยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดกระบวนการเผาผลาญอาหารสะสม อีกทั้งยังมีการคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ ทำให้การเก็บรักษาสั้นลง ดังนั้นเราจึงควรลดการสูญเสียน้ำหนักสดของผลผลิตให้ได้มากที่สุด จึงจะทำให้ผลผลิตสูญเสียคุณภาพช้าลงและเก็บรักษาผลผลิตได้นานยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. ก๊าซกับการบรรจุภัณฑ์อาหาร. ลินคอร์นโปรโมชั่น. กรุงเทพฯ. หน้า 5 – 24.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ฐิติ สินธุนาคา. 2511. การใช้สารจิบเบอเรลิน แอสิค ช่วยในการเปลี่ยนอัตราส่วนเพศของดอกและการเจริญเติบโตของแตงกวา. กรุงเทพฯ. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2535. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โอ. เอ. พริ้นติ้งเฮ้าส์. กรุงเทพฯ.

ทศพร แจ้งจรัส. 2531. ผักฤดูร้อน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 163 หน้า

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 122.

สุเทวี ศุขปราการ. 2522. แตงกวา วารสารพืชสวน. 14(2) : 56 – 60.

Bailey. L.K. 1942. The standard cyclopedia of horticulture. New York : The Macmillan Company. Col.1 1200 p.

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

Nonnecke. I.L. 1989,Vegetable production, Van No strand Reinhold, New York, P 524.

Robertson. G. 1978. An Introduction to Packaging for Food Technologist. Massey University, Palmerston North, 158pp. cited by Tungcharoenchai, W. 1990

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

Tungjaroenchai, W. 1980. The use of an oxygen absorber in soybean (*Glycine max* (L) Merrill) packaging., post grad. Diploma. Thesis, Massey Univ., Palmers ton North New Zealand.

Weichmann J., 1987, Post harvest physiology of vegetables, Mareel Dekker Inc, New York and Basel, P. 81, 257, 266, 528 – 529.

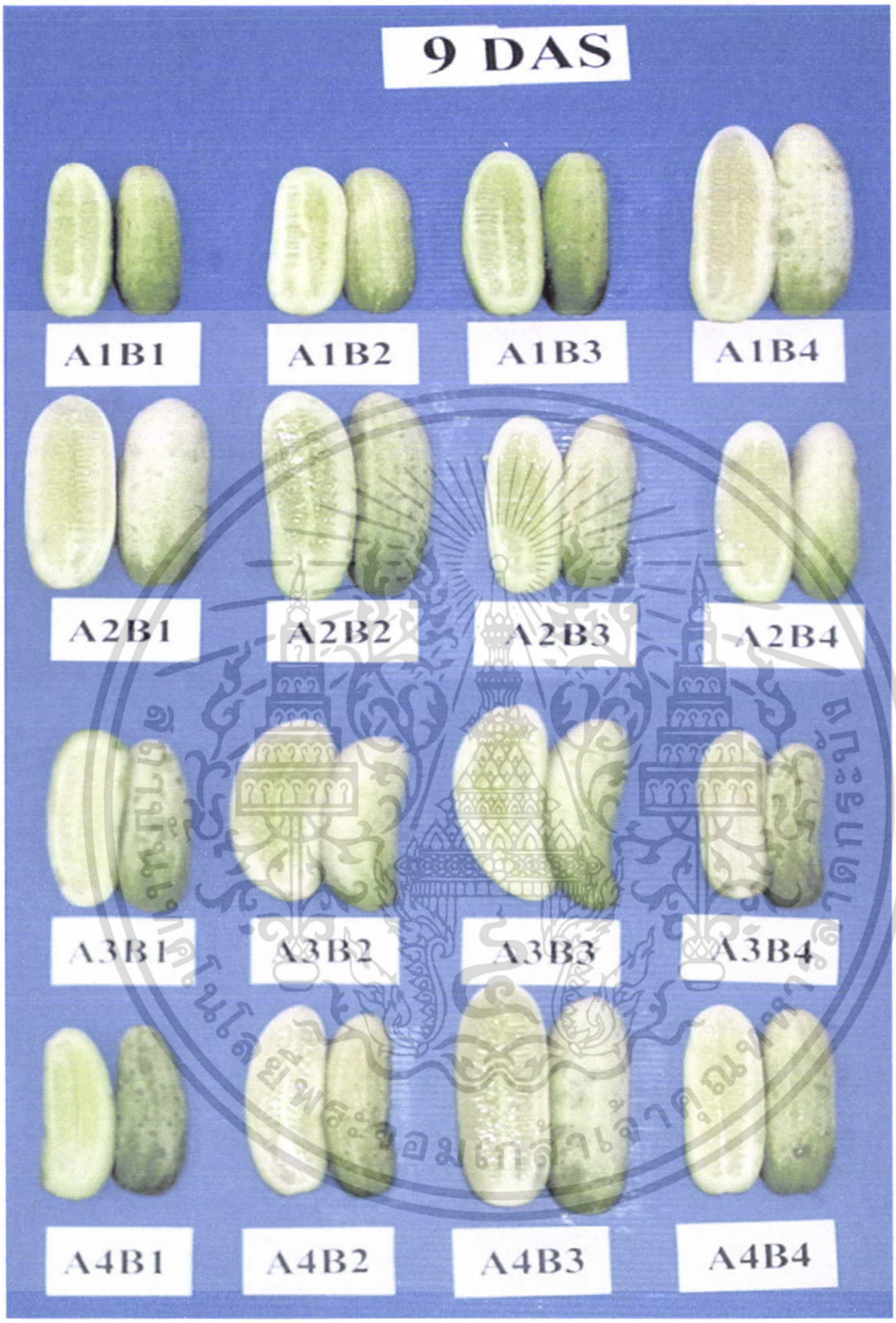
Whitaker, T.W. and Glen N. Davis. 1962. Cucurbits. New York : Interscience Publishers Inc. 250 p.

ภาคผนวก

ภาพผนวกที่ 1 แสดงลักษณะผลแตงกวาก่อนเก็บรักษา

ภาพผนวกที่ 2 แสดงลักษณะผลแตงกวาภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน

ภาพผนวกที่ 3 แสดงลักษณะผลแตงกวาภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน



ภาพผนวกที่ 4 แสดงลักษณะผลแตงกวาภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน

ตารางภาคผนวกที่ 1 องค์ประกอบทางเคมี

คุณค่าทางโภชนาการของแตงกวา	ปริมาณต่อ 100 กรัม
น้ำ (%)	95
พลังงาน (Cal.)	15
โปรตีน (g)	0.9
ไขมัน (g)	0.1
คาร์โบไฮเดรต (g)	3.4
แคลเซียม (mg)	25
ฟอสฟอรัส (mg)	27
เหล็ก (mg)	1.1
โซเดียม (mg)	6
โปแตสเซียม (mg)	160
วิตามิน A (IV)	250
ไธอะมีน (mg)	0.03
ไรโบฟลาวิน (mg)	0.04
ไนอะซีน (mg)	0.2
วิตามิน C (mg)	11

ที่มา : กลุ่มรักเกษตร (2531)

ตารางผนวกที่ 2 Basic properties of the various polyethylenes (PE)

Type of PE	Moisture vapor Transmission (1)	Gas Transmission (2)		Tensile Strength	Heat Sealing Range (3)
		O_2	CO_2		
Low Density	1.4	500	1350	17	120 -180
Medium Density	0.6	225	500	25	120 – 180
High Density	0.3	125	350	40	135 – 180

(1) g/100 in^2/d/atmos. At 38 C, 90% RH for 1 mil film

(2) ml/100 in^2/d at 25 C for 1 ml film

(3) 100 psi

ที่มา : Robertson (1987)