ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาพืชสวน

เรื่อง

ผลของ $KMnO_4$ ต่อการสร้างก๊าซเอทธิลีนและการเปลี่ยนแปลง Total Soluble Solid ในระหว่างการเก็บรักษาข้าวโพดหวาน

Effect of $KMnO_4$ on Ethylene Performing and Total Soluble Solid Changing during Storage of Sweet Corn

โดย

นางสาว ศิรประภา บุราณ

ได้รับการพิจารณาจาก

.....

(ผศ.ดร. สมชาย กล้าหาญ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่ 12 เดือน มิ.ย. พ.ศ. ๒๕๔๙

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รศ. สมภพ ฐิตะวสันต์)

หัวหน้าภาควิชาพืชสวน

วันที่ 12 เดือน ..... พ.ศ. ๒๕๔๙

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาพืชสวน

เรื่อง

ผลของ $KMnO_4$ ต่อการสร้างก๊าซเอทธิลีนและการเปลี่ยนแปลง Total Soluble Solid ในระหว่างการเก็บรักษาข้าวโพดหวาน

Effect of $KMnO_4$ on Ethylene Performing and Total Soluble Solid Changing during Storage of Sweet Corn

โดย

นางสาว ศิรประภา บุราณ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. สมชาย กล้าหาญ

วพ.
ร439ผ
2544
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 41705
วัน, เดือน, ปี 27 ก.ค. 2545

.b.....
.i.....

เสนอ

ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชสวน)

พ.ศ. 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b11178 152

ชื่อเรื่อง : ผลของ $KMnO_4$ ต่อการสร้างก๊าซเอทธิลีนและการเปลี่ยนแปลง Total Soluble Solid ในระหว่างการเก็บรักษาข้าวโพดหวาน

Effects of $KMnO_4$ on Ethylene Performing and Total Soluble Solid Changing during Storage of Sweet Corn

โดย : น.ส. ศิรประภา บุราณ

สาขา : พืชสวน

ภาควิชา : พืชสวน

คณะ : เทคโนโลยีการเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. สมชาย กล้าหาญ

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของ $KMnO_4$ ต่อการสร้างก๊าซเอทธิลีนและการเปลี่ยนแปลง Total Soluble Solid ในระหว่างการเก็บรักษาข้าวโพดหวาน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วย 6 วิธีการ คือ การใช้สารดูดซับก๊าซเอทธิลีน (EA) 6 ระดับคือ 0 (control),1,3,5,7 และ 9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก บรรจุข้าวโพดหวานในถุงพลาสติก (PE) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่า ภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาโดยไม่ใส่ EA (control) มีการสร้างก๊าซเอทธิลีนสูงสุดคือ 3.19 ppm ส่วนข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาร่วมกับการใช้ EA 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักมีการสร้างก๊าซเอทธิลีนต่ำสุดคือ 0.2 ppm และการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติปรากฏว่า การเก็บรักษาข้าวโพดหวานโดยไม่ใส่ EA มีการสร้างเอทธิลีนแตกต่างกับวิธีการใช้ EA ทุกวิธีการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณ TSS และ TA ภายหลังการเก็บรักษาจะลดลงเรื่อย ๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	: Effect of $KMnO_4$ on Ethylene Performing and Total Soluble Solid Changing during Storage of Sweet Corn
By	: Miss. Siraprapa Buran
Major	: Horticulture
Department	: Horticulture
Faculty	: Agricultural Technology
Advisor	: Assist. Prof. Dr. Somchai Glahan

Abstract

Study on effect of $KMnO_4$ on ethylene performing and total soluble solid changing during storage of sweet corn , the statistical model was randomized complete block design (RCBD) consists of 6 treatments as 6 levels of EA used 0 (control),1,3,5,7 and 9 percent by weight , sweet corn 's ears were packed in PE , subsequently stored at 10 °c . The result showed that after 3 days storage sweet corn stored without EA (control) had the most ethylene performed 3.19 ppm on the other had sweet corn stored with EA 5 percent by weight showed the lowest ethylene 0.2 ppm . The statistical analysis showed that sweet corn stored without EA showed significantly difference in ethylene performed with another treatments. TSS and TA would decreased as storage time increased

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยดีเพราะความเมตตาและอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.สมชาย กล้าหาญ อาจารย์ที่ปรึกษาประจำปัญหาพิเศษนี้ได้กรุณาด้านคำแนะนำต่างๆ ทั้งทางด้านวิชาการและคำปรึกษาในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลอง ตลอดจนทำให้ปัญหาพิเศษเล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ จึงขอขอบคุณอย่างสูงไว้ ณ. ที่นี้

นอกจากนี้ก็ขอขอบคุณพี่ ๆ นักศึกษาปริญญาโทของภาควิชาพืชสวนทุกคน โดยเฉพาะคุณยุพัตสา คำดี กับความช่วยเหลือและคำปรึกษาตลอดการทดลองทุกอย่าง ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือในการทดลองครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอบคุณครอบครัวที่ให้การอบรมสั่งสอน สนับสนุนด้านการศึกษาและเป็นกำลังใจที่ดีมากตลอดมา.

ศิรประภา บุราณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญตาราง	ก
สารบัญภาพ	ข
สารบัญภาคผนวก	ค
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	18
ผลการทดลอง	21
วิจารณ์ผลการทดลอง	30
สรุปผล	32
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงค่า Total Soluble Solid (TSS) ของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาในถุงพลาสติกที่อายุการเก็บรักษา 3,6,9,12 และ 15 วัน	22
2	แสดงค่า Tritrable Acidity (TA) ของข้าวโพดหวาน ภายหลังการเก็บรักษาในถุงพลาสติกที่อายุการเก็บรักษา 3,6,9,12 และ 15 วัน	24
3	แสดงปริมาณก๊าซเอทธิลีนของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาในถุงพลาสติกที่อายุการเก็บรักษา 3,6,9,12 และ 15 วัน	26
4	คะแนนแสดงลักษณะภายนอกของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาในถุงพลาสติกอายุการเก็บรักษา 3,6,9,12 และ 15 วัน	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงค่าเฉลี่ย Total Soluble Solid (TSS) ของข้าวโพดหวานในระหว่างการเก็บรักษา	22
2	แสดงค่าเฉลี่ย Tritrable Acidity (TA) ของข้าวโพดหวาน ในระหว่างการเก็บรักษา	24
3	แสดงปริมาณเอทธิลีนของข้าวโพดในระหว่างการเก็บรักษา	26
4	ข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน	28
5	ข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	วิเคราะห์ผลทางสถิติ Total Soluble Solid ของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน	37
2	วิเคราะห์ผลทางสถิติ Total Soluble Solid ของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน	37
3	วิเคราะห์ผลทางสถิติ Total Soluble Solid ของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วัน	38
4	วิเคราะห์ผลทางสถิติ Total Soluble Solid ของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน	38
5	วิเคราะห์ผลทางสถิติ Total Soluble Solid ของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน	39
6	วิเคราะห์ผลทางสถิติ Tritrable Acidity ของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน	39
7	วิเคราะห์ผลทางสถิติ Tritrable Acidity ของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน	40
8	วิเคราะห์ผลทางสถิติ Tritrable Acidity ของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วัน	40
9	วิเคราะห์ผลทางสถิติ Tritrable Acidity ของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน	41
10	วิเคราะห์ผลทางสถิติ Tritrable Acidity ของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน	41
11	วิเคราะห์ผลทางสถิติการผลิตก๊าซเอทธิลีนของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน	42
12	วิเคราะห์ผลทางสถิติการผลิตก๊าซเอทธิลีนของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน	42
13	วิเคราะห์ผลทางสถิติการผลิตก๊าซเอทธิลีนของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วัน	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
14 วิเคราะห์ผลทางสถิติการผลิตก๊าซเอทธิลีนของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน	43
15 วิเคราะห์ผลทางสถิติการผลิตก๊าซเอทธิลีนของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ข้าวโพดหวานนับเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งในปัจจุบันเนื่องจากเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ดีในพื้นที่ทั่วไปของประเทศไทย ปลูกได้ตลอดปี ผลผลิตต่อไร่สูง และได้ราคาดี แต่ข้าวโพดหวานจะมีการสูญเสียคุณภาพในการบริโภคได้ง่าย เนื่องจากการเปลี่ยนน้ำตาลในเมล็ดไปเป็นแป้ง ในอัตราที่รวดเร็ว ภายหลังการเก็บเกี่ยวปัจจัยภายนอกหลังการเก็บเกี่ยว การสุก การผลิตก๊าซเอทธิลีน การเก็บรักษาและระยะเวลาในการเก็บรักษา ล้วนแต่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งนั้น โดยเฉพาะการผลิตก๊าซเอทธิลีน ซึ่งมีผลต่อความเสียหายของผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยวมาก ดังนั้นในการเก็บรักษาข้าวโพดหวานจึงต้องมีการกำจัดเอทธิลีนออกให้มากที่สุด ในการทดลองนี้เราใช้ $KMnO_4$ มาเป็นตัวดูดซับเอทธิลีน และเก็บรักษาแบบดัดแปลงบรรยากาศ ซึ่งเป็นวิธีการรักษาคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวอีกวิธีหนึ่ง ทำให้ข้าวโพดหวานมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น

ข้าพเจ้าหวังว่าปัญหาพิเศษฉบับนี้ จะมีประโยชน์แก่วงการเกษตรตลอดจนการศึกษาทางด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวตามโอกาสอันควร.

ศิรประภา บุราณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของ $KMnO_4$ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเอทธิลีนของข้าวโพดหวานในระหว่างการเก็บรักษา
2. เพื่อศึกษาผลของ $KMnO_4$ ต่อการเปลี่ยนแปลงของข้าวโพดหวานในระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

การจัดลำดับทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพดหวาน

ชื่อวิทยาศาสตร์ : Zea mays saccharata

ชื่อสามัญ : Sweet corn

วงศ์ : Gramineae

สกุล : Zea

ชนิด : mays var. saccharata Bailey (spp.)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

รากเมื่อนำเมล็ดข้าวโพดไปเพาะจะพบว่ารากจะงอกออกมาก่อนส่วนอื่นๆจากจุดกำเนิดของเมล็ดหรือที่เรียกว่า "คัพภะ" (embryo) และต่อไปหน่อหรือลำต้นจะงอกขึ้นมาในด้านตรงกันข้ามกับราก และในระหว่างนี้ก็จะมีรากที่สองที่สามตามออกมาตามลำดับ รากดังกล่าวนี้เป็นรากชั่วคราว หรือรากขั้นต้น (primary or seminal root) หลังจากข้าวโพดเจริญเติบโตได้หนึ่งสัปดาห์ถึง 10 วัน รากถาวร (adventitious root หรือ permanent root) ก็จะงอกขึ้นรอบๆ ข้อ ในระดับใต้พื้นดินประมาณ 3-5 เซนติเมตร ข้าวโพดหวานมีรากอากาศ (aerial or brace roots) ซึ่งจัดรวมอยู่ในพวกถาวรนี้ด้วย

รากถาวรดังกล่าวนี้ เมื่อโตเต็มที่จะเจริญแผ่ออกไปโดยรอบประมาณ 100 เซนติเมตร แต่จะแทงลึกลงไปในแนวดิ่งยาวมาก บางทีอาจยาวถึง 300 เซนติเมตร ในระยะแรกๆ การเจริญเติบโตแผ่ขยายของรากถาวรจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว เคยมีการทดลองพบว่า ภายใน 28 วันรากจะงอกออกไปได้ถึง 62 เซนติเมตร แต่ข้าวโพดเริ่มออกดอกและติดฝัก รากก็จะค่อยๆ ลดการขยายตัวและเจริญเติบโตเป็นลำดับ และจะหยุดเมื่อฝักเริ่มแก่ การแทงรากจะไปไกลมากน้อยเพียงใดย่อมแล้วแต่ชนิดของดิน ความชุ่มชื้นภายในดินและระดับน้ำใต้ดินเป็นปัจจัยสำคัญรากของข้าวโพดมีระบบที่เรียก ระบบรากฝอย (fibrous root system) ซึ่งแบ่งออกเป็นหลายชนิด เช่น รากขั้วต้น (primary root) รากยึดเหนี่ยว (brace root) รากด้านข้าง (lateral root) และรากฝอย (root hair) แต่ไม่มีรากแก้ว (tap root) รากขั้นต้นที่งอกมาครั้งแรกจะมีจำนวน 20-30 ราก ส่วนรากยึดเหนี่ยวมีจำนวนไม่จำกัดและอาจจะแยกออกเป็นรากยึดเหนี่ยวย่อยๆอีกเป็นจำนวนมากถึง 100 ราก และยาว 30 – 60 เซนติเมตร ส่วนรากฝอยนั้นมีขนาดเล็กมากและมีอายุหรือความเป็นอยู่เพียงชั่วคราว เคยมีผู้ค้นหาน้ำหนักของราก พบว่ามีน้ำหนักประมาณร้อยละ 12 - 15 ของน้ำหนักทั้งหมด ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของรากข้าวโพดแต่ละต้นแต่ละพันธุ์ จะมีมากน้อยต่างกันไปแล้วแต่ลักษณะทางกรรมพันธุ์ และสิ่งแวดล้อมที่ปลูกข้าวโพดที่มีรากมากก็ย่อมมีความแข็งแรง และการยึดเหนี่ยวในดินดี จึงมีจำนวนต้นล้มน้อยกว่าพวกที่มีปริมาณรากน้อย

ลำต้นข้าวโพดหวานพิเศษลำต้นมีสีเขียวแข็งแรง สูง 100 - 150 ซม. มีจำนวนข้อปล้องประมาณ 8 - 20 ปล้อง ซึ่งข้องของข้าวโพดนอกจากจะมีความสำคัญในแง่ที่เป็นข้อต่อของปล้องแล้วยังเป็นที่เกิดของราก ลำต้นใหม่ และฝักอีกด้วย ปล้องที่โคนต้นจะสั้นและหนาแต่จะค่อยๆ ยาวขึ้นไปทางด้านปลาย ปล้องเหนือพื้นดินจะมีจำนวนตั้งแต่ 8 - 20 ปล้อง เมื่อผ่าลำต้นตามขวางจะเห็นเปลือกอยู่เป็นวงรอบนอก ซึ่งด้านนอกประกอบไปด้วยเซลล์ที่กันน้ำได้ ส่วนด้านในหมู่เซลล์แข็งของพวกท่อน้ำและท่ออาหาร ปัจจุบันมีผู้พบความหนาของเปลือกส่วนนี้ของต้นข้าวโพดมีความสัมพันธุ์โดยตรงกับจำนวนต้นล้มภายในเปลือกเป็นหมู่เซลล์สีขาวของไส้ (pith) และมีท่อน้ำอาหาร (vascular bundles) กระจายอยู่ทั่วไป

การแตกกอของต้นข้าวโพด ข้าวโพดแตกกอไม่มากนักหรือไม่แตกกอเลยก็ได้ทั้งนี้แล้วแต่ชนิดพันธุ์และความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยปกติข้าวโพดประเภทหัวแข็ง (flint) หรือข้าวโพดหวานมักแตกกอได้ง่ายกว่าข้าวโพดหัวบุบ (dent) และมักพบการแตกกอในข้าวโพดหวานพิเศษพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศเมื่อนำมาปลูกในประเทศไทย ต้นที่แตกออกมาใหม่นั้นอาจจะมีจำนวน 3-4 ต้นก็ได้ จะมีลักษณะไม่แตกต่างจากต้นแม่เลย และทุกต้นอาจให้ฝักที่สมบูรณ์ได้ด้วย

ใบใบข้าวโพดมีสีเขียว มีลักษณะคล้ายพืชตระกูลหญ้าทั่วไป ประกอบด้วย ตัวใบ กาบใบ และหูใบ (ligule) มีจำนวนใบประมาณ 8-48 ใบ พวกที่มีอายุสั้นจะมีใบน้อยกว่าพวกที่มีอายุยาว ใบทำหน้าที่ปรุงอาหารและเป็นที่ระเหยของน้ำ ความยาวใบ 30 - 150 เซนติเมตร

ดอก ดอกของต้นข้าวโพดจะมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่คนละดอกแต่อยู่ในต้นเดียวกัน (monoecious) ดอกตัวผู้รวมกันเป็นช่อเรียกว่า ช่อดอกตัวผู้ (tassel) และอยู่ตอนบนสุดของลำต้น ดอกตัวผู้ดอกหนึ่งจะมีอับเกสร (anther) 3 อับ แต่ละอับยาวประมาณ 6 มิลลิเมตร และมีเรณูเกสร (pollen grain) ประมาณอับละ 2,500 อัน ส่วนดอกตัวเมียจะรวมกันเป็นช่อหรือฝักตอนข้อกลางๆ ของลำต้น ดอกตัวเมียแต่ละดอกประกอบด้วยรังไข่ (ovary) และเส้นไหม (silk) ซึ่งยาวประมาณ 5-15 เซนติเมตร ยื่นปลายโผล่ออกมารวมกันเป็นกระจุกอยู่ตรงปลายช่อดอก ซึ่งมีเปลือกหุ้มอยู่ ช่อดอกเป็นแบบ spike เส้นไหมนี้มีลักษณะเป็นยางเหนียวคอยรับละอองเกสรที่ปลิวมาสัมผัสเพื่อเข้าผสมกับไข่ ช่อดอกตัวที่ได้รับการผสมแล้วเรียกว่าฝัก (ear) แกนกลางของฝักเรียกว่าซัง (cob)

การบานของดอกตัวผู้ จะบานและปล่อยละอองก่อนไหมโผล่พ้นปลายฝักหรือก่อนเกสรตัวเมียยอมรับการผสมประมาณ 1-3 วัน จะบานจากช่อตรงกลางค่อนไปตรงปลายบานขึ้นแล้วบาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงไล่ลงมาที่ละแขนงจากปลายมาทางโคน จะเริ่มปล่อยละอองเกสรตอนดวงอาทิตย์ขึ้น ปล่อยหมดภายใน 2-3 ชั่วโมง ดอกบนของแต่ละคู่จะบานก่อนดอกล่าง การปล่อยละอองเกสรจึงมีลักษณะเป็น 2 ชุด ช่อดอกปล่อยละอองเกสรอย่างต่อเนื่องในช่วง 2-14 วัน ปกติประมาณ 5-8 วัน แต่อากาศร้อนและแห้งแล้งจะปล่อยหมดภายใน 3-5 วัน ละอองเกสรถูกปล่อยมากที่สุดในวันที่ 3 ละอองเกสรมีชีวิตอยู่ได้นาน 24 ชั่วโมง แต่อายุสั้นลงในสภาพที่มีอากาศร้อนและแห้ง

เส้นไหมจะโผล่พ้นปลายฝัก 1-3 วัน หลังจากเริ่มถ่ายละอองเกสร และจะอยู่ได้ประมาณ 3-6 วัน ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น อากาศร้อน แห้ง ขาดน้ำ หรือมีอากาศหนาวเย็นมาก ในช่วงออกดอก ไหมจะงอกมาช้า และดอกตัวผู้จะปล่อยละอองเกสรหมดก่อน เมื่อถูกผสมแล้ว เส้นไหมจะแห้งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและดำในที่สุด

การผสมเกสร ข้าวโพดเป็นพืชที่ผสมข้ามพันธุ์กันตามธรรมชาติ มีการผสมตัวเองเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (5 เปอร์เซ็นต์) ละอองเกสรจะปลิวไปตามกระแสลมหรือตามแรงดึงดูดของโลก เมื่อ เส้นไหมได้รับละอองเกสร ก็จะขยายตัวทันทีโดยส่งท่อ (tube) ไปตามเส้นไหมจนถึงรังไข่ซึ่งอยู่ปลายสุดของเส้นไหมเพื่อทำการผสมหลังจากผสมแล้ว 20-40 วัน รังไข่จะเจริญเติบโตเป็นเมล็ดที่แก่จัด

เมล็ด เมล็ด (kernel) จัดเป็นผลแบบ caryopsis ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้คือ เปลือกหุ้มเมล็ดที่เรียกว่า pericarp ซึ่งเป็นส่วนนอกสุดซึ่งจะหนาหรือบางขึ้นอยู่กับพันธุ์ หุ้มส่วนของคัพภะ (embryo) ที่เกิดจากการผสมกันระหว่างไข่ (egg) กับเชื้อตัวผู้ 1 ตัว (geberative nucleus) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่จะเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ และส่วนของเอ็นโดสเปอร์ม (endosperm) ที่เป็นส่วนที่สะสมอาหารสำหรับการงอกซึ่งเกิดจากการผสมระหว่าง geberative nucleus 1 ตัว กับ polar nucleus 2 ตัว โดยส่วนที่หุ้ม endosperm อยู่นั้น จะเป็นเซลล์ชั้นเดียว ซึ่งจะมีได้หลายสี เช่น เหลือง ส้ม ขาว ดำ ม่วง เป็นต้น ทำให้เมล็ดมีสีหลายสี ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ (กมล, 2530)

การเปลี่ยนแปลงหลังเก็บเกี่ยวของผลิตผลเกษตรสด

หลังจากเก็บเกี่ยวแล้วผลไม้จะมีการเปลี่ยนแปลงในเรื่องต่อไปนี้

การหายใจ หลังเก็บเกี่ยวผลไม้สดจะมีการหายใจตลอดเวลา เช่นเดียวกับเซลล์ที่มีชีวิตอยู่บนต้นไม้ การหายใจเป็นการเผาผลาญอาหารที่สะสมไว้ระหว่างการเจริญเติบโต ซึ่งจะทำให้อาหารในผลลดลงเรื่อยๆ จนในที่สุดหมดลง ทำให้เกิดผลเสีย

การคายน้ำ ผลไม้จะสูญเสียน้ำในรูปของการระเหย หลังจากเก็บเกี่ยวมาแล้วถ้าไม่มีการควบคุมผลจะสูญเสียน้ำทำให้เหี่ยวย่น น้ำหนักและคุณภาพจะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดการสุกผลไม้พวก climacteric ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล การลดกรด การสุกแดดถึงความเหมาะสมในการบริโภคของผลไม้ประเภท climacteric

การสร้างสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ (กลิ่นและรส) ในผลไม้แต่ละชนิดมีกลิ่นไม่เหมือนกัน มีการสร้างกลิ่นไม่เท่ากัน และยังทำให้ผลไม้มีรสชาติต่างกันด้วย

การสร้างแก๊สเอทธิลีน ในผลไม้ประเภท Climacteric จะมีการสร้างแก๊สเอทธิลีนจากขบวนการสุก และยังมีการสร้างแก๊สเอทธิลีนจากการกระตุ้นของบาดแผล แก๊สเอทธิลีนจะเป็นตัวส่งเสริมให้ผลไม้สุกและเน่าเสียเร็วขึ้น

การสุกของผลไม้

การสุกของผลไม้เป็นกระบวนการที่น่าสนใจ เพราะนอกจากจะเกิดขึ้นได้หลังจากเก็บเกี่ยวจากต้นและสามารถเร่งให้เกิดเร็วขึ้นได้ด้วยเอทธิลีนแล้ว ยังประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงหลายๆ อย่างเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน หรือไล่เลี่ยกัน การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นสามารถรวบรวมได้ดังนี้

- การหายใจเพิ่มมากขึ้นแล้วลดลง
- ความเข้มข้นของเอทธิลีนภายในผลและการผลิตเอทธิลีนมากขึ้น
- ตอบสนองต่อเอทธิลีนได้ง่ายขึ้น
- องค์ประกอบของผนังเซลล์ เช่น สารประกอบพวกเพกทินเปลี่ยนไปทำให้ผลไม้อ่อนตัว
- การควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆ ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ลดน้อยลง
- โปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่างๆ ถูกสร้างขึ้น
- RNA และ DNA เปลี่ยนไปจากเดิม
- คลอโรฟิลล์เสื่อมสลาย
- แอนโทไซยานินและแคโรทีนอยด์ถูกสร้างขึ้น
- โมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตเปลี่ยนแปลงไป เช่น แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาล หรือน้ำตาลชนิดหนึ่งเปลี่ยนไปเป็นอีกชนิดหนึ่ง
- กรดอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบเปลี่ยนไป
- สารระเหยที่ให้กลิ่นและรสถูกสร้างขึ้นมา
- สารพวกแทนนินรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ (polymerization) ทำให้ความฝาดลดลง
- เกิดการสะสมของไขบนผิวของผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมล็ดพัฒนาเข้าสู่ความบริบูรณ์
- เกิดการหลุดร่วง (abscission)

จะเห็นได้ว่าในการสุกของผลไม้นี้มีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เกิดขึ้นมาก แม้เราจะทราบว่าการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้สามารถเร่งให้เกิดขึ้นได้ด้วยการใช้เอทธิลีนหรือใช้ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการผลิตและการทำงานของเอทธิลีนเพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ได้ก็ตาม กลไกในการควบคุมการสุกและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการสุกของผลไม้ก็ยังไม่เป็นที่กระจ่างของนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

อิทธิพลแบบต่างๆ ของเอทธิลีนต่อผลิตผลหลังเก็บเกี่ยว

นอกจากอิทธิพลในการควบคุมการสุกของผลไม้แล้ว เอทธิลีนยังมีผลต่อการพัฒนาพืชในลักษณะอื่นๆ อีกมากทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ อายุทางสรีรวิทยาของผลิตผล ความเข้มข้นของเอทธิลีน และระยะเวลาที่สัมผัสกับเอทธิลีนด้วย โดยทั่วไปแล้วเอทธิลีนมักเร่งให้การชราสภาพเกิดเร็วขึ้น ดังจะเห็นได้จากตัวอย่าง ต่อไปนี้

- **การสูญเสียสีเขียว** เอทธิลีนกระตุ้นให้เกิดการเสื่อมสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และทำให้ผลิตผลหลายๆ อย่างเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอย่างรวดเร็วโดยที่ไม่มีการสร้างสารสี (pigment) สีเหลืองเพิ่มขึ้นเลย เช่น ในผลส้ม ในผักรับประทานใบ ในผลอ่อนที่ใช้รับประทานเป็นผัก รวมทั้งในใบไม้ประดับด้วย
- **การร่วงของส่วนต่างๆ** ผักหลายชนิดที่มีลักษณะเป็นยอดหรือช่อเมื่อสัมผัสกับ เอทธิลีนจะทำให้ใบ ดอก ขั้ว หลุดออกง่าย เพราะเอทธิลีนไปกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นใน abscissionzone เช่น ในผักกาดขาวปลี กะหล่ำดอก บรอดโคลี ดอกไม้หลายชนิด รวมทั้งผลมะเขือด้วย
- **เนื้อสัมผัส (texture)**ในแตงโมมีรายงานว่าเอทธิลีนไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายอย่าง เช่น pectinase และ cellulase เป็นผลให้เนื้อภายในไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในมันเทศ เอทธิลีนจะทำให้เนื้อของมันเทศอ่อนนุ่มหลังจากทำให้สุก (cook) แล้ว แต่สีและรสชาติจะเปลี่ยนไป หน่อไม้ฝรั่งมีเส้นใยหรือเสี้ยนมากขึ้นเพราะเอทธิลีนไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ peroxidase ทำให้มีการสร้างลิกนินมากขึ้น
- **รสชาติ** ในผลไม้เอทธิลีนช่วยกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล การลดลงของปริมาณกรด ทำให้รสของผลไม้ดีขึ้น แต่ในแครอทและกะหล่ำปลีเอทธิลีนจะกระตุ้นให้มีการสร้างสารพวกฟีนอลทำให้เกิดรสขม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การงอก** เอทธิลีนทำลายการพักตัวของหัวมันฝรั่ง ทำให้เกิดการงอกขึ้น แต่ในขณะเดียวกันก็จะทำให้ยอดที่งอกมาใหม่นั้นมีการยืดตัวได้น้อยกว่าปกติ

- **การเกิดอาการผิดปกติ** ผักกาดหอมห่อจะมีอาการเป็นแผลสีน้ำตาลตามบริเวณก้านใบหรือเส้นใบที่มีสีขาวเมื่อสัมผัสกับเอทธิลีน เข้าใจว่าใบผักกาดขาวปลีที่มีลักษณะจุดสีน้ำตาลตามบริเวณก้านใบเป็นผลมาจากเอทธิลีนเหมือนกัน

- **การชราภาพของดอกไม้** ดอกไม้หลายชนิดเมื่ออยู่ในบรรยากาศที่มีเอทธิลีนจะแสดงอาการต่างๆ เช่น กลีบดอกม้วนตัวเข้าด้านใน เหี่ยว สีซีดลง และหลุดร่วง ในคาร์เนชันเอทธิลีนจะทำให้ดอกไม่บานซึ่งเรียกอาการนี้ว่า sleepiness

- **การผลิตเอทธิลีน** จะส่งผลให้อาการผิดปกติทางสรีรวิทยาอย่างอื่นรุนแรงมากขึ้นหรือลดน้อยลงก็ได้ เช่น อาการสะท้านหนาวในมันเทศ เอทธิลีนจะลดความรุนแรงของอาการลงได้แม้ว่าปริมาณการเกิดอาการสะท้านหนาวจะไม่ลดน้อยลงก็ตาม

- **การเกิดโรคหลังเก็บเกี่ยว** ผลของเอทธิลีนกับโรคต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนผลิตผลไม่ค่อยแน่นอน เช่น พบว่าเอทธิลีนจะทำให้การเกิดโรค stem rot จากเชื้อ Diplodia natalensis ในส้ม และการเจริญเติบโตของ Botrytis cinerea ในสตรอเบอร์รีมีมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเอทธิลีนไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อรา และทำให้เนื้อเยื่อของผลไม้อ่อนแอ ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรค

ปัจจัยควบคุมการสุกของผลไม้

ผลไม้หลายชนิดเมื่อแก่แล้วจะสุกอย่างรวดเร็ว และบางชนิดยังเน่าเสียอย่างรวดเร็วหลังจากสุกแล้วด้วย การเร่งหรือการชะลอการสุกของผลไม้จึงมีประโยชน์อย่างมากสำหรับกสิกรผู้ปลูก ผู้จัดจำหน่ายหรือผู้บริโภค ปัจจัยที่ควบคุมการสุกของผลไม้มีหลายประการ คือ

1. ปริมาณของแก๊สเอทธิลีน การใช้แก๊สเอทธิลีนเพียงความเข้มข้นต่ำ ๆ (1 PPM.) กับผลไม้สามารถทำให้ผลไม้นั้นมีอัตราหายใจเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการชักนำให้เกิดการสุกจะขึ้นกับอุณหภูมิ ความแก่อ่อนของผลไม้ ความเข้มข้นของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศขณะบ่ม ถ้าความเข้มข้นของแก๊สเอทธิลีนภายในเนื้อเยื่อของผลไม้อยู่ในระดับพอที่จะทำให้ผลไม้นั้นสุกได้ การให้แก๊สเอทธิลีนจากภายนอกกับผลไม้นั้นก็ไม่จำเป็น เพราะไม่สามารถกระตุ้นให้สุกได้เร็วไปกว่านั้นอีกแล้ว เอทีลีนเป็นฮอร์โมนพืชชนิดเดียวที่อยู่ในรูปแก๊ส และมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างมาก เอทีลีนเป็นแก๊สที่ระเหยได้เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารที่มีคาร์บอนมาก เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ฯลฯ หรือจากควันท่อไอเสียรถยนต์จากโรงงาน อุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มีผู้สังเกตเห็นว่าแก๊สที่ให้แสงสว่างหรือที่รั่วจากท่อสามารถทำให้การเจริญของพืชผิดปกติไป เช่น ทำให้ใบร่วง ใบบิดเบี้ยวและหงิกงอสีของกลีบดอกจางลง ลำต้นบวมป้องสั้นรากไม่เจริญ ซึ่งอาการเหล่านี้เป็นผลมาจากเอทีลีนที่มีความเข้มข้นสูงภายในบรรยากาศ

2. ปริมาณออกซิเจน ความเข้มข้นของออกซิเจน 1-5% จะชะลอการสุกของผลไม้ได้หลายชนิด บทบาทของออกซิเจนต่อการชะลอการสุกจะเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์และการทำงานของแก๊สเอทธิลีน

3. ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ การเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศรอบๆ ผลไม้จาก 0.03% เป็น 3-10% สามารถยับยั้งหรือชะลอการสุกของผลไม้ได้ในผลไม้บางชนิดถ้ามีคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่านี้จะเกิดการสุกที่มีลักษณะผิดปกติทางสรีระ

4. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่ทำให้ผลไม้สุกมีคุณภาพดี จะอยู่ในช่วงที่แคบ ผลไม้ส่วนมากจะสุก และมีคุณภาพดีที่อุณหภูมิ 20° ซ แม้ว่าผลไม้หลายชนิดจะสามารถสุกได้นอกเหนือไปจากอุณหภูมิในช่วงนี้ แต่จะมีคุณภาพไม่ดีนัก อุณหภูมิต่ำมากๆ เหนือจุดเยือกแข็ง จะทำให้ผลไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อน เช่น กล้วย มะม่วง ฯลฯ เกิดอาการผิดปกติทางสรีระที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (chilling Injury) ลักษณะผิดปกติที่เห็นเด่นชัดคือการสุกที่ผิดปกติ เช่นสีไม่สม่ำเสมอ รสชาติไม่ดี เน่าเสียง่ายเป็นต้น การที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำมากๆ ซึ่งทำให้ผลไม้สุกอาจจะเกี่ยวข้องกับการยับยั้งการสร้างแก๊สเอทธิลีนอุณหภูมิสูงและต่ำจะมีผลต่อกระบวนการสุกของผลไม้ เนื่องจากเอนไซม์ (enzyme) ที่เกี่ยวข้องกับการสุกของผลไม้จะมีความสามารถลดลงในที่อุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส และไม่สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ดังนั้นการบ่มผลไม้ในเขตร้อนและกึ่งร้อนจึงต้องคำนึงถึงอุณหภูมิในขณะบ่มด้วย ผลกล้วยสุกที่อุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส พบว่าสีเหลืองของผลกล้วยสุกไม่ได้พัฒนาถึงขั้นสมบูรณ์ คือกล้วยที่สุกยังมีสีเขียวอยู่บ้างเนื้อผลอ่อนนุ่มมีน้ำมาก ผลกล้วยต้องการเวลาเพียง 15 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สำหรับสิ้นสุดกระบวนการสุกและผลกล้วยสุกมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับในขณะที่ผลกล้วยสุกที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 36 ชั่วโมง สำหรับสิ้นสุดกระบวนการสุก แต่ผลกล้วยจะสูญเสียคุณภาพและไม่เป็นที่ยอมรับ

5. ความดันของบรรยากาศ ความดันของบรรยากาศต่ำรอบๆ ผลไม้ขณะที่ความเข้มข้นของออกซิเจนยังคงเป็นปกติ (21%) ผลไม้ที่อยู่ในสภาพเช่นนี้จะไม่สุก เพราะการลดความดันของบรรยากาศทำให้มีการเพิ่มการถ่ายเทของแก๊สจากภายในผลไม้ออกสู่ข้างนอก ทำให้แก๊ส เอทธิลีนที่พืชสังเคราะห์ขึ้นภายในเคลื่อนที่ออกมาจากภายนอกพืชอย่างรวดเร็ว ความเข้มข้นของแก๊ส เอทธิลีนภายในผลไม้จึงต่ำ ทำให้ผลไม้ไม่สุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การชะลอการสุกของผลไม้

การบ่มผลไม้โดยใช้สารที่ปลดปล่อยแก๊สเอทธิลีนเป็นการกระตุ้นให้สุกเร็วขึ้น แต่ในบางกรณีมีความจำเป็นต้องชะลอการสุกของผลไม้ก็จะสามารถใช้สารและวิธีการดังต่อไปนี้

1. การใช้สารจิบเบอเรลลิน

จากการทดลองของ สมบูรณ์, (2531) พบว่าสารจิบเบอเรลลิน 100 ppm. สามารถชะลอการสุกและยังลดการแตกของผลทุเรียนได้ และทางหน่วยวิจัยพืชผลหลังเก็บเกี่ยวและภาควิชาพืชสวนได้ทดลองน้ำพบว่าจิบเบอเรลลินเพียง 40 ppm. ก็เพียงพอที่จะยับยั้งการแตกของผลทุเรียนได้ถึง 8 วัน แต่อาจเร็วกว่านี้ถ้าผลทุเรียนแก่มากแล้ว แนะนำให้ใช้ความ เข้มข้น 50 ppm. (จิบเบอเรลลิน 1 หลอดต่อน้ำ 1 ลิตร)

2. การเคลือบผิว

สารเคลือบผิวผลไม้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะของผลไม้ คือชนิดที่ใช้กับพวก non-climacteric เช่นผลไม้สกุลส้ม ผลไม้พวกนี้เมื่อแก่แล้วไม่มีกระบวนการสุกเกิดขึ้นชัดเจน การใช้สารเคลือบผิวจึงเน้นเฉพาะการป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากผลและความเป็นเงางามของผลมากกว่าส่วนผลไม้พวก climacteric เช่น กล้วย มะม่วง ทุเรียน จะมีการสุกเกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจะต้องใช้สารเคลือบผิงที่ป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดี และยังต้องการการควบคุมการถ่ายเถอากาศที่ดีอีกด้วยเพื่อปรับสภาพบรรยากาศภายในให้พอเหมาะ ซึ่งจะช่วยชะลอการสุกได้ดี ส่วนเรื่องความเป็นเงาสวยงามนั้นไม่จำเป็นนัก จากการทดลองเคลือบผิวชะลอการสุกของผลทุเรียนด้วยสารเซม-เพอเฟรช (Sempler Fresh) ของออสเตรเรีย 1% และ FMC 7055 ของสหรัฐอเมริกา 10% ฉีดด้วยกระบอกฉีดน้ำรีดผ้าจะช่วยยืดอายุของทุเรียนพันธุ์ชะนีได้เกือบเท่าตัว แต่ทั้งนี้จะขึ้นกับอายุของผลทุเรียนด้วยถ้าทุเรียนแก่มากอายุการเก็บรักษาจะสั้นลง

3. ด่างทับทิม (Potassium permanganate : $KMnO_4$)

ด่างทับทิมสามารถทำลายแก๊สเอทธิลีนที่ผลิตผลปล่อยออกมา โดยทำปฏิกริยากับแก๊สเอทธิลีนได้สาร ethylene glycol และ dioxide ดังนั้น ถ้ามีด่างทับทิมอยู่ในภาชนะบรรจุ ผลไม้ จะทำให้ผลไม้สุกช้าลง ปัจจุบันได้มีการเตรียมด่างทับทิมเพื่อชะลอการสุกของผลไม้โดยใช้สารเฉื่อยบางชนิด เช่น vermiculite,silica gel. alumino pellest ดูดซับด่างทับทิม 2 กรัม/ผลไม้ 1 กก. ซึ่งละลายน้ำให้อิ่มตัวแล้วนำไปไว้ในภาชนะที่บรรจุผลไม้นั้นเพื่อดูดแก๊สเอทธิลีนที่พืชปลดปล่อยมา จากการทดลองของ (นุโลม,2532) พบว่าด่างทับทิมจะยืดอายุการสุกของกล้วยไข่ 3 วัน กล้วยหอม 8 วัน กล้วยน้ำว้า 6 วัน และน้อยหน่า 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สที่มีผลในทางตรงกันข้ามกับแก๊สเอทธิลีน โดยมีผลยับยั้งหรือขัดขวางการทำงานของแก๊สเอทธิลีน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มีสูตรโครงสร้างคล้ายคลึงกับแก๊สเอทธิลีน แต่ไม่อาจกระตุ้นให้ผลไม้สุกได้ เนื่องจากขาดคุณสมบัติบางประการที่จะเข้าทำงานที่แทนแก๊สเอทธิลีน ดังนั้นจึงมีผลยับยั้งแก๊สเอทธิลีนในลักษณะที่เข้าไปแก่แย่งกับแก๊สเอทธิลีน ทำให้แก๊สเอทธิลีนเข้าไปกระตุ้นการสุกไม่ได้ การใส่ผลไม้ในภาชนะปิดสนิท จะทำให้มีการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจ จนกระทั่งสูงพอที่จะยับยั้งการสุกได้ แต่ถ้าผลไม้อยู่ในสภาพที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงเป็นเวลานานจะเกิดผลดีผลเสียขึ้น เช่น รสชาติของผลไม้เปลี่ยนไป เนื่องจากเกิดการหายใจโดยไม่ใช้แก๊สออกซิเจน (Fermentation) เป็นต้น

5. $CaCo_3$,$CaNo_3$ และสารอื่นๆ

$CaCo_3$,$CaNo_3$ และสารอื่นๆ ที่สามารถยับยั้งการสร้างหรือการทำงานของเอทธิโฟน (ethephon)

6. อุณหภูมิต่ำ

การเก็บรักษาผลไม้ไว้ในที่มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้กระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ (metabolism) ภายในผลไม้เกิดช้าลง จึงชะลอการสุกของผลไม้ได้

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

ปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการเก็บรักษาได้แก่ อุณหภูมิ เมื่อทำการลดอุณหภูมิให้กับผลิตผล กระบวนการต่างๆ ทางสรีรวิทยาจะเกิดขึ้นในอัตราที่ช้าลง ทำให้อายุการเก็บรักษานานขึ้น สำหรับปัจจัยอื่นๆ มีผลชะลอกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายหลังจากเก็บเกี่ยวเช่นเดียวกัน ปริมาณ O_2 ในอากาศมีผลต่อการหายใจ การสร้างเอทธิลีน และกระบวนการออกซิเดชันอื่นๆ เช่น การออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลจนได้สารสี (pigment) สีน้ำตาล ปริมาณ CO_2 ซึ่งเป็นของเสียจากการหายใจ ถ้ามีปริมาณมากสามารถยับยั้งบางขั้นตอนของกระบวนการหายใจได้นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติขัดขวางการทำงานของเอทธิลีนด้วย โดยเชื่อกันว่า CO_2 ไปแย่งที่ activesite ของเอทธิลีน ดังนั้นการปริมาณ O_2 และเพิ่ม CO_2 ซึ่งจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลออกไปได้ การเก็บรักษาในสภาพที่มีออกซิเจนน้อย และ/หรือมี CO_2 มากกว่าปกติเรียกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere, MA)

โดยปกติอากาศมี O_2 ประมาณ 20% CO_2 0.03%ที่เหลือเป็น N_2 สภาพแวดล้อมผลิตผลที่มีปริมาณ O_2 ลดลงและ CO_2 เพิ่มสูงขึ้นนั้น เกิดขึ้นได้เมื่อการถ่ายเทอากาศรอบๆ ผลิตผลไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น เมื่อบรรจุผลิตผลในภาชนะชนิดต่างๆ ถ้าบรรจุในเข่งซึ่งตัวเข่งมีช่องว่างมากปริมาณแก๊สชนิดต่างๆ อาจเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ในขณะที่การบรรจุในถุงพลาสติกอาจทำให้ O_2 ลดต่ำลงมาก และ CO_2 เพิ่มสูงขึ้นมากจนทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนขึ้นได้ ดังนั้นการบรรจุหีบห่อจึงเป็นการดัดแปลงบรรยากาศรอบๆ ผลิตผลด้วย และการเก็บรักษาผลิตผลภายในภาชนะบรรจุจึงเป็นการเก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลงรูปแบบหนึ่ง

ปริมาณแก๊สต่างๆ ในการเก็บรักษาภานใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลงนี้ไม่สามารถควบคุมให้คงที่อยู่ได้ เพราะขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจและกระบวนการต่างๆ ภายในผลิตผลซึ่งผันแปรตามอุณหภูมิ องค์ประกอบของบรรยากาศ อายุเก็บเกี่ยว อายุการเก็บรักษา สภาพความเครียด ฯลฯ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอัตราการถ่ายเทอากาศระหว่างสถานที่เก็บรักษากับบรรยากาศข้างนอกด้วย ถ้าการถ่ายเทอากาศดี ความเข้มข้นของแก๊สต่างๆ ในสถานที่เก็บจะใกล้เคียงกับสภาพบรรยากาศปกติ ถ้าการถ่ายเทอากาศไม่ดี ความเข้มข้นของแก๊สต่างๆ ก็จะต่างไปจากปกติ ทั้งนี้รวมถึงเอทธิลีนที่ผลิตผลสร้างขึ้นอาจมีปริมาณมากขึ้นจนมีผลทำให้การสุกหรือการชราภาพเกิดเร็วขึ้นกว่าปกติด้วย ดังนั้นถ้าต้องการเก็บรักษาผลิตผลให้อยู่ได้นาน จำเป็นต้องมีการควบคุมให้ความเข้มข้นของแก๊สชนิดต่างๆ คงที่อยู่ในระดับที่สามารถชะลอกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ภายในผลิตผลให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงจะต้องคำนึงถึง

ก. ชนิดของผลิตผล ผลิตผลต่างชนิดกันมีอัตราการหายใจและกระบวนการต่างๆ ไม่เท่ากัน ส่งผลให้ปริมาณการใช้ O_2 การปลดปล่อย CO_2 และเอทธิลีนไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลต่อสภาพบรรยากาศรอบๆ ผลิตผลภายในภาชนะบรรจุ นอกจากนั้นคุณสมบัติในการยอมให้แก๊สชนิดต่างๆ ภายในผลิตผลผ่านเข้าออกจากเปลือกหรือผิวไปสู่อากาศย่อมส่งผลถึงความเข้มข้นของแก๊สภายในผลิตผลเองด้วย

ข. วัยและความบริบูรณ์ผลิตผล ผลิตผลที่มีวัยต่างกันอัตราการหายใจการสร้างเอทธิลีนและเมทบอลิซึมต่างๆ ไม่เท่ากัน ผลิตผลที่ยังอ่อนอยู่มักมีอัตราดังกล่าวต่ำ ผลไม้ที่ว่าไม่สุกมีอัตราต่ำเมื่อเทียบกับผลไม้ที่กำลังสุก ส่งผลให้สภาพบรรยากาศดัดแปลงเกิดขึ้นไม่เหมือนกันทั่ว ๆ ที่การบรรจุและเก็บรักษาเป็นแบบเดียวกัน

ค. อุณหภูมิในการเก็บรักษา อุณหภูมิยิ่งสูงอัตราปฏิกิริยาต่างๆ ยิ่งสูงขึ้น มีผลต่อการใช้และการผลิตแก๊สชนิดต่างๆ ของผลิตผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. ปริมาณของผลิตผลในภาชนะบรรจุในปริมาณที่เท่ากันถ้ามีผลิตผลบรรจุอยู่มากย่อมใช้ CO_2 ให้หมดไป และสะสม CO_2 ให้มากขึ้นได้เร็วกว่าการบรรจุผลิตผลแต่น้อย

จ. คุณสมบัติในการยอมให้แก๊สต่างๆ ผ่านเข้าออกภาชนะบรรจุภาชนะบรรจุที่ยอมให้แก๊สต่างๆ ผ่านเข้าออกได้ง่าย ทำให้องค์ประกอบของแก๊สภายในใกล้เคียงกับบรรยากาศปกติมากกว่าภาชนะบรรจุที่ยอมให้แก๊สต่างๆ ผ่านเข้าได้น้อย

ผลไม้บางชนิดจะไม่เหมาะต่อการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ (CA) เช่น องุ่น ส้ม สาลี่ เพราะว่ากระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีระต่างๆ ไม่สามารถจะถูกยับยั้งให้ช้าลงได้ในกรณีพืชผลบางชนิดจะมีตลอดทั้งปี เช่น มะเขือเทศ กล้วยหอม และผักชนิดต่างๆ จะไม่คุ้มทุนสำหรับการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ (CA) มะเขือเทศที่ต้องการขนส่งไกลๆ จะเก็บในระยะผลเขียวขนส่งในอุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ออกซิเจน 3% จะเก็บหรือขนส่งได้นาน 6 สัปดาห์ นำเอามาบ่มให้สุกได้ตามปกติ เพราะว่ามะเขือเทศที่เก็บในสภาพอุณหภูมิต่ำใกล้จุดเยือกแข็งจะเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ผลไม้อีกชนิดหนึ่งคือกล้วยหอมนิยมบรรจุกล้วยลงในถุงพลาสติกหนา 1.5 mil (1mil = 1/10 นิ้ว) แล้วดูดเอาอากาศออกก่อนที่จะขนส่งกล้วย เมื่อกล้วยหายใจจะทำให้แก๊สออกซิเจนในถุงลดน้อยลง เก็บที่อุณหภูมิ 60 องศาฟาเรนไฮต์ จะเก็บได้นานถึง 1 เดือน มีการสูญเสีย คุณภาพและเน่าเสียน้อยที่สุดหลังจากนำเอากล้วยออกจากถุงแล้วปล่อยให้สุกในบรรยากาศ สำหรับพืชหัวเช่นมันเทศและมันฝรั่งไม่ควรเก็บรักษาแบบ CA เพราะว่าจะทำให้ไม่เกิดการรักษาแผลมีผลทำให้จุลินทรีย์เจริญได้เร็ว ในบางครั้งอาจมีการใส่ $KMno_4$ เพื่อดูดแก๊สเอทธิลีนร่วมด้วยเพื่อชะลอการสุกของกล้วย จะชะลอการสุกได้ประมาณ 3 สัปดาห์ ดังตารางข้างล่างนี้ (สายชล, 2528) อย่างไรก็ตามมีข้อควรระวัง คือ ผลไม้ที่อยู่ในสภาพ MA นานเกินไป เมื่อนำออกมาจากถุงพลาสติกอาจจะไม่สุกเป็นปกติได้

ลดการเน่าเสียของผลิตผล ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาในสภาพแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงซึ่งทนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงถึง 20% ผลไม้อ่อนตัว เน่าเสียน้อยลงและรสชาติไม่เปลี่ยนแปลง พืชบางชนิดเก็บในสภาพมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงจะเกิดอาการผิดปกติมีอาการบางอย่าง เช่น ผักกาดหอมจะเกิดอาการสีน้ำตาลแดงในบริเวณเส้นกลางใบซึ่งไม่ทราบสาเหตุ จะเกิดได้ระหว่างการขนส่ง หรือเก็บในตู้เย็นอากาศจะลดน้อยลงถ้าเก็บในที่มีออกซิเจน 2-6% ถ้าออกซิเจนน้อยกว่า 1% จะเกิดอันตรายได้ ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์มากไม่สามารถป้องกันอาการนี้ได้ และมักจะเกิดความผิดปกติอื่นๆ อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

ประโยชน์ของการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงนอกจากจะชะลอกระบวนการทางชีวเคมีต่างๆ ภายในผลิตผลทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้แล้ว ยังมีประโยชน์ในแง่อื่นๆ ดังนี้

ก. ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวผลิตผลที่มีความบริบูรณ์มาก มีรสชาติ คุณภาพในการบริโภคดีกว่าผลิตผลที่มีความบริบูรณ์น้อย แต่มักเก็บรักษาไม่ได้นาน ขนส่งไปไม่ได้ไกล การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงช่วยแก้ปัญหานี้ได้

ข. ลดสภาพไว (sensitivity) ของผลิตผลต่อเอทธิลีน ทำให้การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่กระตุ้นโดยเอทธิลีนเกิดขึ้นได้ช้าลง ทั้งนี้เพราะ CO_2 มีโครงสร้างทางเคมีใกล้เคียงกับเอทธิลีน สามารถไปแย่งที่ active site ของเอทธิลีนได้

ค. ลดการเหม็นหืน (rancidity) ในการเก็บรักษาผลิตผลที่มีไขมันมาก เช่น พวกเมล็ดเดี้ยวมัน ได้แก่ มะม่วงหิมพานต์ รวมทั้งเมล็ดถั่วชนิดต่างๆ ทั้งนี้เพราะการเหม็นหืนเกิดจากการออกซิไดซ์กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวโดย O_2

ง. ลดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ระหว่างการเก็บรักษา เช่น อาการสะท้านหนาว (chilling injury) เพราะหลังจากเกิด primary injury ขึ้นในเซลล์ องค์ประกอบต่างๆ ที่เคยอยู่ใน compartment แยกต่างหากจะเล็ดลอดออกมา โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอล ทำให้ถูกออกซิไดซ์ด้วย O_2 และทำให้เกิดอาการผิดปกติสีน้ำตาลขึ้น

จ. ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เพราะจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้บนผักและไม้ผลส่วนใหญ่เป็น aerobic microorganism เมื่อมี O_2 ต่ำทำให้การเจริญเติบโตบนผลิตผลลดลงด้วย

ฉ. ลดการเจริญเติบโตของแมลงที่ติดมากับผลิตผลในทำนองเดียวกับเชื้อจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามความเข้มข้นที่จะใช้ควบคุมแมลงได้ผลมักเป็นอันตรายต่อผักและผลไม้

ช. เพิ่มคุณภาพของผลิตผล ผลิตผลบางอย่างมีการเจริญเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น หน่อไม้ฝรั่ง ปริมาณเส้นใยเพิ่มสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษา สภาพบรรยากาศดัดแปลงช่วยชะลอการสร้างเส้นใยในหน่อไม้ฝรั่งได้

โทษของการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมที่ได้รับการทดสอบแล้วมักปลอดภัยต่อผลิตผล สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ แต่สำหรับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่ไม่ได้รับการควบคุมให้มีองค์ประกอบต่างๆ คงที่นั้น บ่อยครั้งที่ปริมาณแก๊สบางชนิดมีอยู่สูงหรือต่ำเกินไปจนทำให้เกิดอันตรายขึ้นกับผลิตผลได้ อาการผิดปกติของผลิตผลเมื่อเก็บรักษาไว้ภายใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรยากาศดัดแปลงมีหลายรูปแบบด้วยกัน ลักษณะที่พบมากได้แก่ อาการที่ส่วนผิวของผลิตผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ายถูกน้ำร้อนลวก ผลิตผลมีรสชาติและกลิ่นผิดปกติ และสำหรับผลไม้มักมีกระบวนการสุกที่ผิดปกติไป หรือ ไม่สุกเอาเลย

องค์ประกอบของอากาศในห้องเก็บรักษา

ถึงแม้ว่าผลิตผลที่เก็บรักษาไว้ในห้องเย็นยังคงมีการหายใจใช้ O_2 และปลดปล่อย CO_2 ออกมา สัดส่วนของ O_2 และ CO_2 ในอากาศก็มิได้เปลี่ยนไปมากจนทำให้เกิดอันตรายกับผลิตผลได้ ทั้งนี้เพราะห้องเย็นมักมีช่องว่างที่อากาศจะเล็ดลอดผ่านออกไปได้ เช่น ที่ช่องระบายความดัน และบริเวณขอบประตู นอกจากนั้นในที่ที่อุณหภูมิต่ำผักและผลไม้ก็มีอัตราการหายใจต่ำอยู่แล้วด้วย

อย่างไรก็ตามองค์ประกอบของอากาศที่อาจก่อให้เกิดปัญหาขึ้นได้คือ เอทธิลีนซึ่งผลิตผลสร้างขึ้นเอง หรืออาจเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์บนผลิตผล หรือเอทธิลีนที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงของพาหนะที่อาจมีใช้ในห้องเย็น เช่น รถยก (fork lift) และเอทธิลีนจากแบลลัสต์ (ballast) ของหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ เอทธิลีนที่มีสะสมในห้องเก็บรักษาจะกระตุ้นให้เกิดกระบวนการและการชราภาพของผักและผลไม้ ทำให้ไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน การป้องกันและควบคุม มิให้เอทธิลีนสะสมภายในห้องเก็บรักษาอาจทำได้โดย

กำจัดแหล่งกำเนิดของเอทธิลีน

ผลไม้ที่เริ่มสุกหรือที่มีบาดแผลไม่ควรนำเข้ามาเก็บรักษา ควรแยกเก็บรักษาจากผลไม้ที่ยังไม่สุกและมีสภาพดี ผลไม้ที่สุกแล้วหรือตกค้างอยู่ภายในห้องเก็บรักษา ต้องนำออกไปทิ้งโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลไม้ที่เน่าเสีย เพราะนอกจากจะสร้างเอทธิลีนได้แล้วยังเป็นแหล่งแพร่กระจายของเชื้อโรคด้วย ห้องเก็บรักษา รวมทั้งภาชนะบรรจุต้องได้รับการทำความสะอาด มิให้เป็นแหล่งสะสมเชื้อโรคที่อาจสร้างเอทธิลีนขึ้นได้ และระมัดระวังในการเลือกใช้อุปกรณ์ที่อาจสร้างเอทธิลีนขึ้นได้ เช่น รถยก ก็ควรเลือกใช้ชนิดที่ใช้แบตเตอรีแทนที่จะใช้น้ำมันหรือแก๊สเชื้อเพลิง และควรป้องกันมิให้ไอเสียรถยนต์ที่ใช้ในการขนถ่ายผลิตผลเล็ดลอดเข้าไปในห้องเก็บรักษา

การกำจัดเอทธิลีน การกำจัดเอทธิลีนสามารถทำได้หลายวิธี เช่น

1. การระบายอากาศ วิธีที่ง่ายที่สุดได้แก่ การจัดให้มีการระบายอากาศออกจากห้องเก็บรักษา การระบายอากาศออกจากห้องในปริมาตรเท่ากับ 1 ห้อง ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ช่วยลดปริมาณเอทธิลีนลงได้เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การใช้ด่างทับทิม $KmnO_4$ สามารถทำปฏิกิริยากับเอทธิลีนได้ manganese dioxide ซึ่งมีสีน้ำตาล และคาร์บอนไดออกไซด์ ตามสมการข้างล่าง

$$KMnO_4 + C_2H_4 \longrightarrow MnO_2 + KOH + CO_2 + H_2O$$

วิธีการใช้ด่างทับทิมสามารถทำได้โดยเตรียมสารละลายด่างทับทิมอิ่มตัว (ใช้ด่างทับทิมประมาณ 15 กรัมต่อน้ำอุ่น 100 มล.) แล้วใช้ซอล์กหักเป็นท่อนเล็กๆ จุ่มสาร ผึ่งให้แห้งพอหมาดๆ ก็นำไปใช้ได้ โดยบรรจุในถุงพลาสติกเจาะรูเล็กๆ วางในภาชนะบรรจุผักและผลไม้ การเตรียมสารละลายด่างทับทิมควรระวังมิให้ด่างทับทิมสัมผัสกับมือผู้ปฏิบัติหรืออินทรีย์วัตถุอื่นๆ เช่น กระดาษ หรือตัวผลิตผล เพราะด่างทับทิมเป็นตัวออกซิไดซ์อย่างแรง จะออกซิไดซ์อินทรีย์วัตถุทำให้ผิวหนัง ผิวผลิตผล ฯลฯ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้

หลักสำคัญในการใช้ด่างทับทิมคือ วัสดุที่ใช้เป็นที่เกาะของด่างทับทิมต้องมีพื้นผิวมาก ดังนั้นวัสดุที่เหมาะสมได้แก่ ซอล์ก, celite, vermiculite, perlite หรือก้อนอิฐทุบเป็นก้อนเล็กๆ ก็ได้ ส่วนที่มีขายในทางการค้านั้นใช้ activated alumina นอกจากนั้นการใช้ด่างทับทิมให้ได้ผลจำเป็นต้องจัดให้มีด่างทับทิมกระจายอยู่ในภาชนะบรรจุผลิตผลให้มากเท่าที่จะทำได้ ส่วนในกรณีห้องเก็บรักษานั้นอาจใช้วิธีดูดอากาศในห้องให้ผ่านไปยังวัสดุที่เคลือบด้วยด่างทับทิมจึงจะเห็นผลชัดเจน

ปัญหาสำคัญในการใช้ด่างทับทิมก็คือ ปัญหาวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณมาก ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัด และอาจก่อให้เกิดมลพิษขึ้นได้จากแมงกานีสที่เป็นโลหะหนักอย่างหนึ่ง

3. การใช้ถ่านกัมมันต์ (activated charcoal) สามารถใช้ดูดซับเอทธิลีนได้ดีพอสมควร และถ้าใช้โบรมีน (bromine) เคลือบด้วยจะทำงานได้ดีขึ้น แต่ค่าใช้จ่ายสำหรับวิธีนี้แพงกว่าการใช้ $KMnO_4$ จึงไม่เป็นที่นิยมมากนัก

4. การใช้สารโอโซน โอโซน (CO_3) สามารถออกซิไดซ์เอทธิลีนได้น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ สมการ $C_2H_4 + O_3 \longrightarrow CO_2 + H_2O$ โดยปราศจากมลพิษใดๆ จึงเป็นวิธีที่ค่อนข้างสะอาด สำหรับโอโซนนั้นอาจสร้างขึ้นได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเลตกระตุ้นโมเลกุลของออกซิเจนในบรรยากาศให้เปลี่ยนเป็นโอโซน แต่โอโซนเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตรวมทั้งผักและผลไม้ จึงต้องถูกจำกัดส่วนที่เหลือจากการใช้ออกซิไดซ์เอทธิลีนออกก่อนปล่อยสู่บรรยากาศหรือปล่อยกลับเข้าไปในห้องเก็บรักษา สำหรับการกำจัดโอโซนนั้นอาจทำให้โดยการใช้แสงอัลตราไวโอเลต

5. การใช้ตัวออกซิไดซ์ ในระบบนี้อากาศที่มีเอทธิลีนจะถูกผ่านไปยังตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น platinized asbestos ที่อุณหภูมิสูง เอทธิลีนจะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนได้เป็นน้ำและ CO_2 แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีนี้มีข้อเสียคือ จะต้องเปลืองพลังงานในการลดอุณหภูมิของอากาศหลังจากการกำจัดเอทธิลีนแล้ว แต่สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้โดยใช้ระบบ swingthem

การเก็บรักษาผักสดต่างๆ

1. **กะหล่ำดอก** ปกติจะไม่เก็บในห้องเย็น ถ้ามีมากเกินไปอาจเก็บได้ในระยะสั้นๆ ประมาณ 2-4 สัปดาห์ที่ 32 องศาฟาเรนไฮต์ในรูปบรรจุถุง cellophane เจาะรูหรือห่อแล้วบรรจุในกล่องกระดาษอีกที ในกรณีที่ต้องเก็บไว้นอกห้องเย็นควรจะเก็บไว้กับน้ำแข็งป่น ดอกที่ยังไม่แก่จัดจะเก็บได้ดีกว่าดอกที่แก่จัด

2. **ข้าวโพดหวาน** คุณภาพความหวานจะลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษาและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น จะลดลงเร็วมากที่อุณหภูมิปกติและลดลงช้าที่จุดเยือกแข็ง ที่อุณหภูมิ 50 องศาฟาเรนไฮต์จะสูญเสียน้ำตาลเร็วเป็น 4 เท่าของข้าวโพดหวานที่ 32 องศาฟาเรนไฮต์ ควรจะทำให้ข้าวโพดหวานเย็นทันทีด้วยน้ำเย็นหรือน้ำแข็งหลังจากเก็บเกี่ยว ในระหว่างรอการขนส่งควรมีน้ำแข็งอยู่บนเสมอ โดยทั่วไปไม่ควรเก็บนานเกิน 4-8 วัน

3. **แตงกวา** อาจเก็บได้นาน 10-14 วัน ที่ 45-50 องศาฟาเรนไฮต์และมีความชื้นสัมพันธ์สูง 90-95% ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 45 องศาฟาเรนไฮต์ เกิน 2 วัน จะเกิดอาการสะท้านหนาวถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาฟาเรนไฮต์ แตงกวาจะสุกเร็วเปลี่ยนสีเขียวเป็นสีเหลือง และถ้าเก็บรวมกับผลไม้จะสุกเร็วขึ้นด้วย

4. **แตงโม** อุณหภูมิที่พอเหมาะคือ 40-50 องศาฟาเรนไฮต์เก็บได้นาน 2-3 สัปดาห์ โดยทั่วไปการเก็บไว้ในอุณหภูมิปกตินาน 1 สัปดาห์หลังเก็บเกี่ยวสีแดงจะลดลง แต่รสชาติจะดีขึ้น

5. **มะเขือเทศแก่** เก็บไว้ที่ 55 องศาฟาเรนไฮต์ เกิน 2 สัปดาห์ เมื่อนำมาทำให้สุกจะไม่สุกเหมือนปกติและเกิดการเน่าเสียได้ง่ายสีไม่แดงเข้ม อุณหภูมิที่เหมาะต่อการเก็บคือ 57 - 60 องศาฟาเรนไฮต์ เก็บได้นาน 7 - 14 วัน ส่วนมะเขือเทศสุกที่มีสี 50 – 70 % จะเก็บไว้ที่ 45-50 องศาฟาเรนไฮต์ เก็บได้นานประมาณ 1 สัปดาห์ ถ้าเก็บไว้นานกว่านี้ จะทำให้อายุการเก็บรักษาโดยเฉพาะในช่วงจำหน่ายลดลง การเก็บไว้ที่ 40 องศาฟาเรนไฮต์ หรือต่ำกว่านานๆ จะทำให้สีหายไปความแน่นและแข็งตัวลดลงด้วย การเก็บมะเขือเทศสุกควรจะปล่อยให้เปลี่ยนสีให้หมด เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 32-35 องศาฟาเรนไฮต์ เก็บได้นานถึง 3 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

41705

อุปกรณ์

1. ฝักข้าวโพดอายุ 22 วัน หลังจากออกไหม
2. ป้าย (Tag)
3. กรรไกรตัดแต่ง
4. สารดูดซับเอทธิลีน Potassium per manganate ($KMnO_4$)
5. ถุงพลาสติก Polyethylene
6. ก๊าซ CO_2 , O_2
7. เทปกาว
8. เข็มฉีดยา
9. ผ้าขาวบาง
10. เครื่องชั่ง
11. เครื่อง centrifuge
12. hand refractometer
13. Gas Chromatograph
14. Micropipet
15. Beaker
16. Burette
17. Dropper
18. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ
19. อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล : ดินสอ ปากกา สมุด กล้อง ฟิล์มสี กระดาษ ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบ Randomed Complete Block Design (RCBD) โดยประกอบด้วย 6 วิธีการทดลอง (Treatment) จำนวน 4 ซ้ำ (Replication) ซ้ำละ 20 ฝัก โดยแต่ละ treatment มีวิธีการในการปฏิบัติดังนี้

treatment 1 (control) บรรจุในถุงพลาสติก (PE) ไม่ใส่ EA

treatment 2 บรรจุในถุงพลาสติก (PE) + EA 1% ของน้ำหนักข้าวโพด

treatment 3 บรรจุในถุงพลาสติก (PE) + EA 3% ของน้ำหนักข้าวโพด

treatment 4 บรรจุในถุงพลาสติก (PE) + EA 5% ของน้ำหนักข้าวโพด

treatment 5 บรรจุในถุงพลาสติก (PE) + EA 7% ของน้ำหนักข้าวโพด

treatment 6 บรรจุในถุงพลาสติก (PE) + EA 9% ของน้ำหนักข้าวโพด

ในการทดลองนี้แบ่งขั้นตอนการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

<u>ขั้นตอนที่1</u>

1. ทำการปลูกข้าวโพดหวาน ณ. แปลงภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. เมื่อข้าวโพดเริ่มแทงไหมทำการ tag ไว้เพื่อให้ได้ข้าวโพดที่มีอายุการเก็บเกี่ยวเท่าๆ กัน
3. ทำการเก็บข้าวโพด เมื่ออายุ 22 วัน มาทำการทดลองต่อในขั้นตอนที่2

<u>ขั้นตอนที่2</u>

1. ทำการคัดข้าวโพดหวานที่อยู่ในสภาพที่ดีมีขนาดและน้ำหนักเท่าๆ กัน
2. ทำความสะอาดเปลือกโดยเช็ดพวกฝุ่นหรือเชื้อราที่ติดมาด้วย
3. ชั่งน้ำหนักแต่ละฝักใส่ในถุงพลาสติกและชั่งน้ำหนัก $KMnO_4$ใส่ถุงพลาสติกเล็กตามที่กำหนดไว้ในแต่ละวิธีการ แล้วใส่ $KMnO_4$ลงในถุงเดียวกันกับข้าวโพด
4. ดูดอากาศภายในถุงออกให้หมดแล้วปิดผนึกโดยเครื่อง centrifuge
5. จากนั้นใช้เข็มฉีดยา ดูดก๊าซ CO_2และ O_2 อัตราส่วน 2:5 แล้วฉีดเข้าไปในถุงพลาสติก แล้วใช้เทปกาวปิดรูเข็มฉีดยา
6. นำไปรักษาไว้ที่ อุณหภูมิ 10 °C
7. จากนั้นทำการวัดผลการทดลองทุกๆ 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่า Total Soluble Solid (น้ำตาล) : ค่า Total Soluble Solid (TSS) ของข้าวโพดหวาน ทำการคั้นน้ำและนำไปเข้าเครื่อง centrifuge นำน้ำที่ได้มาวัดด้วยเครื่องวัดความหวาน (Hand refrectometer) นำมาหาค่าเฉลี่ย Total Soluble Solid นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

2. ค่า Tritrable Acidity (กรด) : โดยการ Tritrate โดยการนำน้ำคั้นจากเมล็ดข้าวโพดหวานปริมาตร 5 มิลลิเมตรมาเติมสารละลาย phenolphthein ความเข้มข้น 1% จำนวน 1-2 หยด เพื่อใช้เป็น indecator จากนั้นนำไปไตเตรตด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน (NaoH) ความเข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งถึง end point (น้ำคั้นเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างถาวร) บันทึกปริมาตรด่างที่ใช้ในการคำนวนหาเปอร์เซ็นต์กรดซิตริกจากสูตร

$$\% \text{ กรดซิตริก} = \frac{\text{N base x มล. Base x meq.wt.ของกรดซิตริก x 100}}{\text{มล. ของน้ำคั้นที่ใช้}}$$

โดย N base = normality ของ NaOH

มล. Base = จำนวนมิลลิตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรต

meq.wt = ของกรดซิตริก = 0.06404

3. การผลิตก๊าซเอทธิลีน

การวัดก๊าซเอทธิลีน โดยการนำเข็มฉีดยาดูดก๊าซในถุงพลาสติกที่ทำการเก็บรักษาข้าวโพดหวานแต่ละถุงให้ได้ปริมาตร 5 ซีซี จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph (Gas) ที่ใช้ Flam Ionization Detector (FID) ซึ่งมี Column เป็นเหล็กไว้กันสนิมที่มีความยาว 2 เมตร ภายในบรรจุด้วย parapak N 80/100 โดยใช้ เอทธิลีน 5 ppm เป็น Standard

4. ลักษณะผิดปกติอื่นๆ

สภาพของข้าวโพดหวานในระหว่างการเก็บรักษา โดยการให้คะแนนตามสภาพของข้าวโพดหวานดังนี้ คือ

5 = ดีมาก คือ ข้าวโพดหวานยังอยู่ในสภาพคล้ายกับที่เพิ่งเก็บเกี่ยวมาจากแปลงปลูกหรือก่อนการทดลอง

3 = ดี คือ สภาพโดยทั่วไปของข้าวโพดหวานยังอยู่ในสภาพดี แต่เมล็ดข้าวโพดเริ่มยุบตัวบ้างเล็กน้อย

1 = พอใช้ คือ เมล็ดข้าวโพดเริ่มยุบตัวบางส่วน

0 = เสื่อมสภาพคือไม่สามารถนำมาซื้อขายได้เมล็ดข้าวโพดแห้งเหี่ยว ลีบ เป็น จำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของ $KMnO_4$ ต่อการสร้างก๊าซเอทธิลีนและการเปลี่ยนแปลง Total Soluble Solid ในระหว่างการเก็บรักษาข้าวโพดหวาน ผลปรากฏว่า

1. ค่า Total Soluble Solid (TSS)

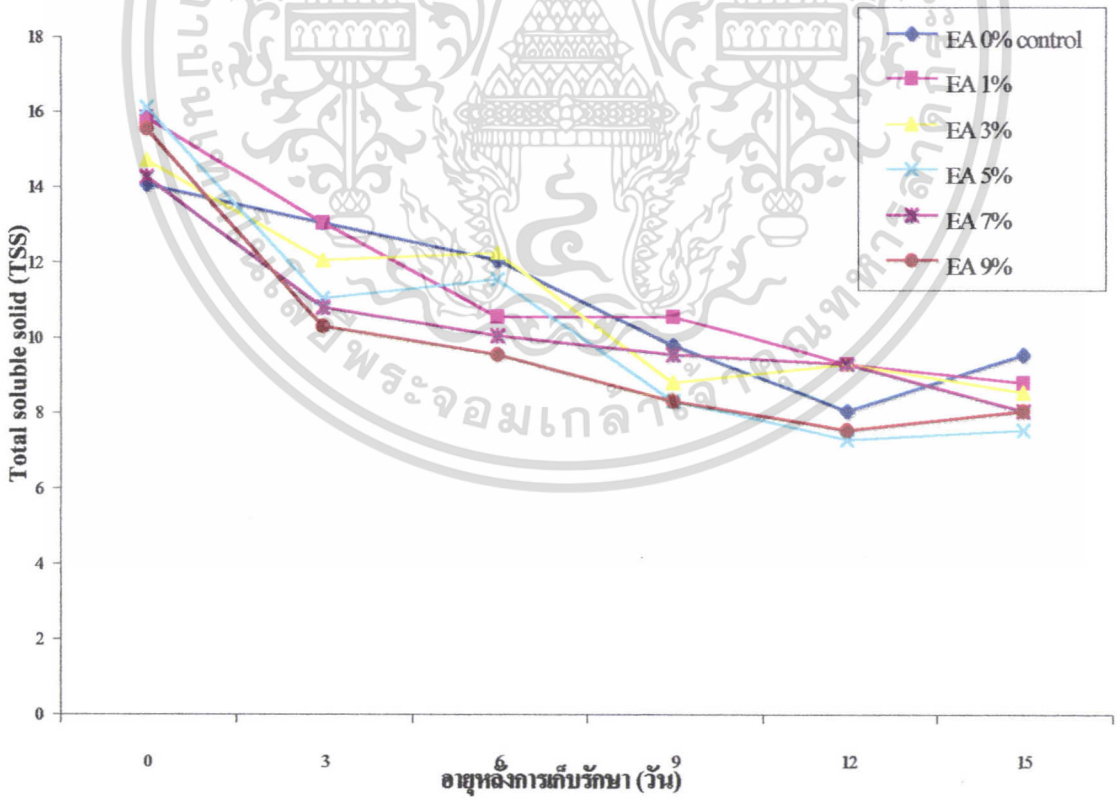
ก่อนการเก็บรักษาข้าวโพดหวานจะมีค่า TSS อยู่ระหว่าง14.02-16.08 °Brix และพบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณ TSS ของข้าวโพดหวานจะลดลงเรื่อย ๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 1) ภายหลังการทดลอง 3 วัน พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บในถุงพลาสติกที่ ไม่ใส่ EA (control) และ EA 1 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าเฉลี่ย TSS สูงที่สุดคือ 13 °Brix และ ที่ระดับ EA 9 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าเฉลี่ย TSS ต่ำที่สุดคือ 10.25 °Brix จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าค่า TSS ของข้าวโพดหวานภายหลังการทดลอง 3 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกวิธีการ ภายหลังการทดลอง 6 วัน พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก ที่ระดับ EA 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย TSS สูงที่สุดคือ 10.25 °Brix และที่ระดับ EA 9 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย TSS ต่ำที่สุดคือ 9.5 °Brix จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าค่า TSS ของข้าวโพดหวานภายหลังการทดลอง 6 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกวิธีการ ภายหลังการทดลอง 9 วัน พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ระดับ EA 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย TSS สูงที่สุดคือ 10.5 °Brix และที่ระดับ EA 5 เปอร์เซ็นต์และ 9 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย TSS ต่ำที่สุด คือ 8.25 °Brix จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าค่า TSS ของข้าวโพดหวานภายหลังการทดลอง 9 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกวิธีการ ภายหลังการทดลอง 12 วัน พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ระดับ EA 1, 3 และ 7 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย TSS สูงที่สุดคือ 9.25 °Brix และที่ระดับ EA 5 เปอร์เซ็นต์และ มีค่าเฉลี่ย TSS ต่ำที่สุด คือ 7.25 °Brix จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าค่า TSS ของข้าวโพดหวานภายหลังจากทดลอง 12 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในทุกวิธีการและภายหลังการทดลอง 15 วัน พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ระดับ EA 0 เปอร์เซ็นต์ (Control) มีค่าเฉลี่ย TSS สูงที่สุดคือ 9.5 °Brix ส่วนข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่ระดับ EA 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย TSS ต่ำที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.5 °Brix และจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าค่า TSS ของข้าวโพดหวานภายหลังจากทดลอง 15 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในทุกวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงค่า Total Soluble Solid ของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3,6,9,12 และ 15 วัน

วิธีการ	ก่อนการเก็บรักษา	ระยะเวลาหลังการเก็บรักษา (วัน)				
		3	6	9	12	15
EA 0% (Control)	14.02 [1/]	13 [1/] a	12 [1/] ab	9.75 [1/] a	8 [1/] a	9.5 [1/] a
EA 1%	15.80	13 a	10.5 ab	10.5 a	9.25 a	8.75 ab
EA 3%	14.66	12 ab	12.2 a	8.75 a	9.25 a	8.5 ab
EA 5%	16.08	11 ab	11.5 ab	8.25 a	7.25 a	7.5 ab
EA 7%	14.22	10.75 ab	10 ab	9.5 a	9.25 a	8 ab
EA 9%	15.52	10.25 b	9.5 b	8.25 a	7.5 a	8 b

[1/] ตัวเลขที่ตามหลังตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยการเปรียบเทียบแบบ DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST ในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %



ภาพที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย Total Soluble Solid (TSS) ของข้าวโพดหวานในระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่า Tritable Acidity (TA)

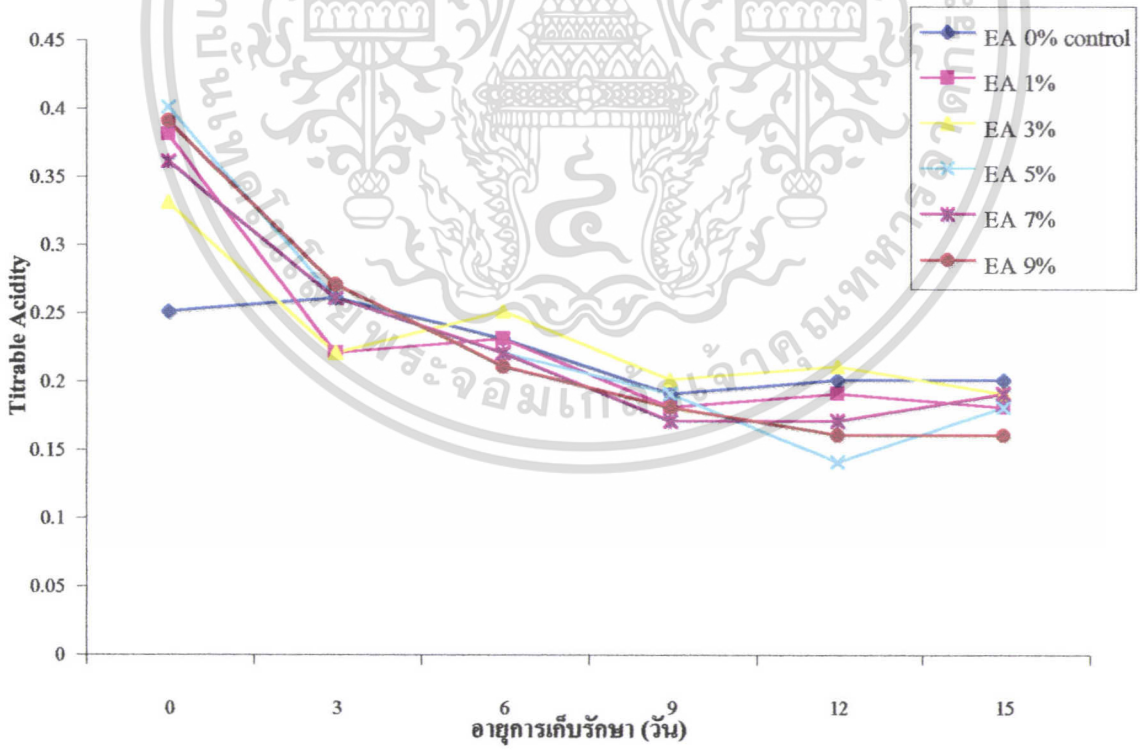
ก่อนการเก็บรักษาข้าวโพดหวานจะมีค่า TA อยู่ระหว่าง 0.25 – 0.39 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณ TA ของข้าวโพดหวานจะลดลงเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2) ภายหลังการทดลอง 3 วัน พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บในถุงพลาสติกที่ระดับ EA 9 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย TA สูงที่สุดคือ 0.27 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ EA 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย TA ต่ำที่สุดคือ 0.22 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าค่า TA ของข้าวโพดหวานภายหลังการทดลอง 3 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกวิธีการ ภายหลังการทดลอง 6 วัน พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก ที่ระดับ EA 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย TA สูงที่สุดคือ 0.25 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ EA 9 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย TA ต่ำที่สุดคือ 0.21 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าค่า TA ของข้าวโพดหวานภายหลังการทดลอง 6 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกวิธีการ ภายหลังการทดลอง 9 วัน พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ระดับ EA 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย TA สูงที่สุดคือ 0.20 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ EA 7 เปอร์เซ็นต์มีค่าเฉลี่ย TA ต่ำที่สุด คือ 0.17 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าค่า TA ของข้าวโพดหวานภายหลังการทดลอง 9 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกวิธีการ ภายหลังการทดลอง 12 วัน พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ระดับ EA 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย TA สูงที่สุดคือ 0.21 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ EA 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย TA ต่ำที่สุด คือ 0.14 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าค่า TA ของข้าวโพดหวานภายหลังจากทดลอง 12 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกวิธีการ และภายหลังการทดลอง 15 วัน พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ระดับ EA 0 เปอร์เซ็นต์ (Control) มีค่าเฉลี่ย TA สูงที่สุดคือ 0.20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่ระดับ EA 9 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย TA ต่ำที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.16 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าค่า TA ของข้าวโพดหวานภายหลังจากทดลอง 15 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในทุกวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงค่า Tritable Acidity (TA) ของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3,6,9,12 และ 15 วัน

วิธีการ	ก่อนการเก็บรักษา	ระยะเวลาหลังการเก็บรักษา (วัน)				
		3	6	9	12	15
EA 0% (Control)	0.25	0.26 a [1/]	0.23 ab [1/]	0.19 a [1/]	0.20 ab [1/]	0.20 a [1/]
EA 1%	0.38	0.22 c	0.23 b	0.18 a	0.19 ab	0.18 a
EA 3%	0.33	0.22 bc	0.25 a	0.20 a	0.21 a	0.19 a
EA 5%	0.40	0.26 ab	0.22 b	0.19 a	0.14 c	0.18 a
EA 7%	0.36	0.26 a	0.22 b	0.17 a	0.17 bc	0.19 a
EA 9%	0.39	0.27 a	0.21 b	0.18 a	0.16 ab	0.16 a

[1/] ตัวเลขที่ตามหลังตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยการเปรียบเทียบแบบ DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST ในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %



ภาพที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย Titrable Acidity (TA) ของข้าวโพดหวานในระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การผลิตก๊าซเอทธิลีน

ในขณะเก็บรักษาฝักข้าวโพดหวานในการทดลองครั้งนี้พบว่าข้าวโพดหวานมีการเปลี่ยนแปลงเอทธิลีนในระหว่างการเก็บรักษาโดยพบว่าภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่ระดับ EA 0 เปอร์เซ็นต์ (control) มีการสร้างเอทธิลีนสูงที่สุดคือ 3.19 ppm และที่ระดับ EA 3 เปอร์เซ็นต์มีการสร้างเอลธิลีนต่ำที่สุด คือ 0.18 ppm จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าการสร้างเอลธิลีนของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษา 3 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทุกวิธีการ ภายหลังการทดลอง 6 วัน พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก ที่ระดับ EA 1 เปอร์เซ็นต์ มีการสร้างเอทธิลีนสูงที่สุด คือ 1.51 ppm และที่ระดับ EA 7 เปอร์เซ็นต์ และ 9 เปอร์เซ็นต์ มีการสร้างเอทธิลีนต่ำที่สุด คือ 0.07 ppm จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าการสร้างเอทธิลีนของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกวิธีการ ภายหลังการทดลอง 9 วัน พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ระดับ EA 0 เปอร์เซ็นต์ (Control) มีการสร้างเอทธิลีนสูงที่สุด คือ 0.27 ppm และที่ระดับ EA 7 เปอร์เซ็นต์ และ 9 เปอร์เซ็นต์ มีการสร้างเอทธิลีนต่ำที่สุด คือ 0.07 ppm จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่ามีการสร้างเอทธิลีน ของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษา 9 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกวิธีการ ภายหลังการทดลอง 12 วัน พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ระดับ EA 3 เปอร์เซ็นต์ มีการสร้างเอทธิลีนสูงที่สุด คือ 0.42 ppm และที่ระดับ EA 7 เปอร์เซ็นต์และ 9 เปอร์เซ็นต์ มีการสร้างเอทธิลีนต่ำที่สุด คือ 0.04 ppm จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่ามีการสร้างเอทธิลีนของข้าวโพดหวานภายหลังจากทดลอง 12 วัน มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกวิธีการ และ ภายหลังการทดลอง 15 วัน พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ระดับ EA 5 เปอร์เซ็นต์ มีการสร้างเอทธิลีนสูงที่สุด คือ 0.21 ppm ส่วนที่ระดับ EA 3 เปอร์เซ็นต์ มีการสร้างเอทธิลีนต่ำที่สุด คือ 0.04 ppm และจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าการสร้างเอทธิลีนภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในทุกวิธีการ

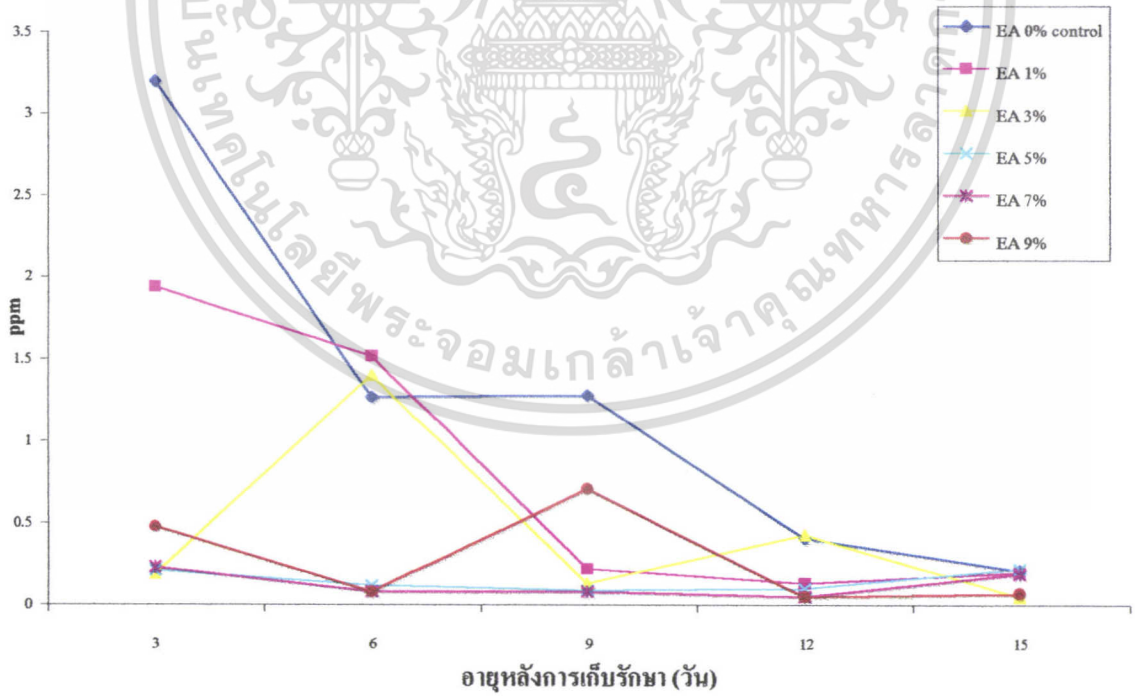
ภายหลังการทดลอง 6 วัน การผลิตก๊าซเอทธิลีนของข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่ระดับ EA 0,1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ การผลิตเอทธิลีน จะมีลักษณะคล้ายคลึงกันคือ มีอัตราการผล เอทธิลีน ลดลงในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา จากนั้นการผลิตก๊าซเอทธิลีนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่ระดับ EA 0,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ และการผลิตก๊าซเอทธิลีนลดลงอีกเล็กน้อยในข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในระดับ EA 1,7 และ 9 เปอร์เซ็นต์ และภายหลังการเก็บรักษา 15 วัน ซึ่งเป็นวันสุดท้าย พบว่าการผลิตก๊าซเอทธิลีนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่ระดับ EA 1,5 , 7 และ 9 เปอร์เซ็นต์ และการผลิตก๊าซเอทธิลีนลดลงอีกเล็กน้อย ในข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่ระดับ EA 0 และ 3 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณก๊าซเอทธิลีนของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3,6, 9,12 และ 15 วัน

วิธีการ	ระยะเวลาหลังการเก็บรักษา (วัน)				
	3	6	9	12	15
EA 0% (Control)	3.19 [1/] a	1.26 [1/] a	1.27 [1/] a	0.4 [1/] a	0.2 [1/] a
EA 1%	1.93 a	1.51 a	0.21 ab	0.12 b	0.19 a
EA 3%	0.18 b	1.39 a	0.12 ab	0.42 a	0.04 a
EA 5%	0.2 b	0.11 a	0.08 b	0.09 b	0.21 a
EA 7%	0.22 b	0.07 a	0.07 b	0.04 b	0.18 a
EA 9%	0.47 b	0.07 a	0.7 b	0.04 b	0.06 a

[1/] ตัวเลขที่ตามหลังตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยการเปรียบเทียบแบบ DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TESTในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %



ภาพที่ 3 แสดงปริมาณเอทธิลีนของข้าวโพดหวานในระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ลักษณะผิดปกติภายนอก

ภายหลังการทดลอง 15 วัน พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาโดยไม่ใส่ EA (control) , 1 และ 5 เปอร์เซ็นต์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกและให้ค่าคะแนนเฉลี่ย 3.25 , 3.75 3.75 ตามลำดับซึ่งถือว่าสภาพโดยทั่วไปของข้าวโพดหวานยังอยู่ในสภาพดีแต่เมล็ดเริ่มยุบตัวบางเล็กน้อย (ภาพที่ 4,5) ซึ่งในการเก็บรักษาข้าวโพดหวานโดยไม่ใส่ EA จะเห็นการยุบตัวของเมล็ดมากที่สุด ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ระดับ EA 3,7 และ 9 เปอร์เซ็นต์ เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกน้อยมากจนเกือบมองไม่เห็น คือสภาพโดยทั่วไปยังสดดีใหล้เคียงก่อนการเก็บรักษาแต่มีเมล็ดเหี่ยวบางเล็กน้อย (ตาราง 4)

ตารางที่ 4 คะแนนแสดงลักษณะภายนอกของข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3,6,9,12 และ 15 วัน

วิธีการ	ก่อนการเก็บรักษา	ระยะเวลาหลังการเก็บรักษา (วัน)				
		3	6	9	12	15
EA 0% (Control)	5	5	4.75	3.5	3.5	3.25
EA 1%	5	5	4.25	3.75	3.75	3.75
EA 3%	5	5	4.5	4	4	4
EA 5%	5	5	4.5	3.75	3.75	3.75
EA 7%	5	5	4.75	4	4	4
EA 9%	5	5	4.5	4	4	4

หมายเหตุ :

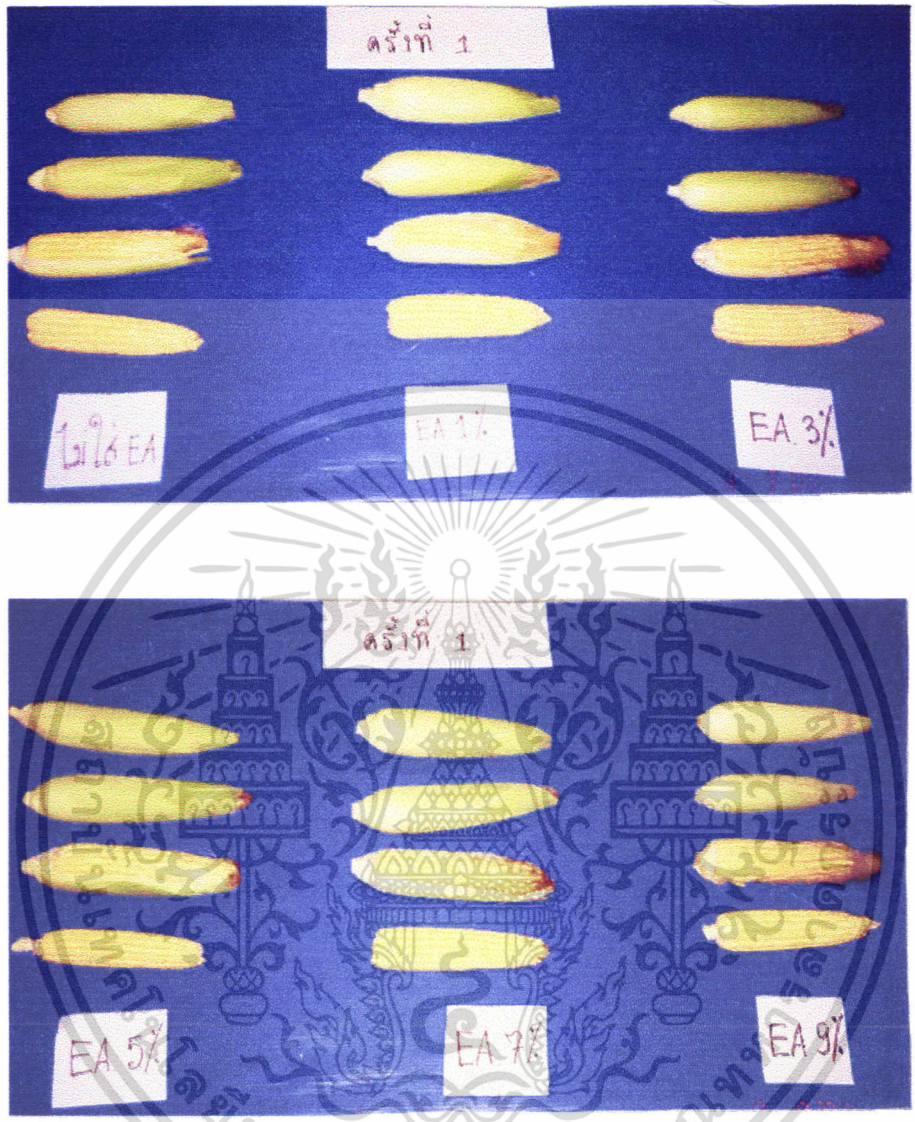
5 = ดีมาก คือ ข้าวโพดหวานยังอยู่ในสภาพคล้ายกับที่เพิ่งเก็บเกี่ยวมาจากแปลงปลูกหรือก่อนการทดลอง

3 = ดี คือ สภาพโดยทั่วไปของข้าวโพดหวานยังอยู่ในสภาพดี แต่เมล็ดข้าวโพดเริ่มยุบตัวบ้างเล็กน้อย

1 = พอใช้ คือ เมล็ดข้าวโพดเริ่มยุบตัวบางส่วน

0 = เสื่อมสภาพคือไม่สามาถนำมาซื้อขายได้ เมล็ดข้าวโพดแห้งเหี่ยวและลีบเป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 ข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5 ข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บรักษาข้าวโพดหวานในระดับ EA ต่างๆกันและเก็บรักษาแบบ Modified atmosphere (MA) พบว่าข้าวโพดหวานมีค่าความหวานลดลงเรื่อยๆตามอายุการเก็บรักษา โดยข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่ระดับ EA 0% (control) มีความหวานสูงที่สุดหลังจากเก็บรักษาได้ 15 วัน โดยมีค่าเฉลี่ย Total Soluble Solid 9.5 °Brix ในขณะที่การเก็บรักษาที่ระดับ EA อื่นๆ มีค่าความหวานลดลงไม่ต่างกันมาก โดยความหวานลดลงต่ำที่สุดที่ระดับ EA 5% คือ 7.5 ° Brix ซึ่งหลังจากทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานในเวลาไม่นานน้ำตาลจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแป้งทำให้รสหวานของข้าวโพดหมดไปเนื่องจากการทำงานของเอนไซน์ ดังสมการ

โดยเอนไซน์ ADPG pyrephosphorylase เป็นเอนไซน์ที่ควบคุมการเกิดปฏิกิริยาทั้งหมด(regulatory enzyme) การชะลอการทำงานของเอนไซน์ มีด้วยกันหลายวิธีซึ่งการเก็บรักษาในที่ที่มี O_2 ต่ำ และหรือ CO_2 สูง ก็เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ได้ผล (จริงแท้ , 2541)

เอทธิลีนสามารถกระตุ้นให้ผักและผลไม้ประเภท non crimateric เกิดการหายใจเพิ่มขึ้นเมื่อใดก็ได้ การหายใจที่เพิ่มขึ้นจะเกิดขึ้นทันทีหลังจากที่ได้รับเอทธิลีน ยิ่งความเข้มข้นของเอทธิลีนมาก อัตราการหายใจยิ่งเพิ่มมากขึ้น เพราะฉะนั้นถ้าเราสามารถยับยั้งการหายใจที่เพิ่มขึ้นทำให้อายุการเก็บรักษานานขึ้น (สายชล ,2528) สำหรับวิธีกำจัดเอทธิลีนคือ การเพิ่มระดับ $KMnO_4$ โดย $KMnO_4$ สามารถทำปฏิกิริยากับเอทธิลีนได้ manganese dioxide ซึ่งมีสีน้ำตาลและคาร์บอนไดออกไซน์ ตามสมการ

โดยด่างทับทิม ($KMnO_4$) สามารถทำลายแก๊สเอทธิลีนที่ผลิตผลปล่อยออกมา ดังนั้นถ้ามี $KMnO_4$ อยู่ในภาชนะบรรจุผลไม้จะทำให้ผลไม้สุกช้าลง (จริงแท้ ,2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายหลังการทดลอง 15 วัน พบว่าการผลิตแก๊สเอทธิลีนในข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาโดยใส่ $KMnO_4$ ลงไปด้วย มีการผลิตแก๊สเอทธิลีนลดลงจากวันแรกที่เก็บรักษา โดยข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่ระดับ EA 3 % มีการผลิตแก๊สเอทธิลีนต่ำที่สุดคือ 0.04 ppm ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใส่ $KMnO_4$ ลงไปในระหว่างการเก็บรักษา $KMnO_4$ สามารถดูดซับแก๊สเอทธิลีนได้

ภายหลังการทดลอง 15 วัน ปรากฏว่าปริมาณกรดในข้าวโพดหวานลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาจะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอินทรีย์และการเปลี่ยนแปลงจะผันแปรไปตามความแก่ และอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา ซึ่งข้าวโพดหวานที่เรานำมาเก็บรักษาก็แก่ขึ้นเรื่อยๆ จึงมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอินทรีย์บ้าง ผลการทดลองส่วนมากพบว่า การเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศซึ่งมีปริมาณก๊าซ CO_2 สูงกว่าปกติ จะชะลอการลดลงของกรดอินทรีย์ เช่น การเก็บรักษาแครอท 3 วัน ในบรรยากาศที่มีก๊าซ CO_2 10% ที่อุณหภูมิ 20°C จะมีการเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์เพียงเล็กน้อย (ดนัย ,2535)

จากการทดลองพบว่าในสภาพการเก็บรักษาแบบ MA ข้าวโพดหวานทุกระดับ EA ข้าวโพดหวานไม่มีอาการ chilling injury เนื่องจากสภาพบรรยากาศแบบ MA ที่เหมาะสมในระหว่างการเก็บรักษา สามารถลดความรุนแรงของอาการ chilling injury ในผลมะม่วงได้ (Chaplin,1986)

ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ไม่ได้ใส่ EA เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกมากที่สุดคือ เกิดการยุบตัวของเมล็ด ซึ่งเกิดจากการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อเนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ ผนังเซลล์ของพืชประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ ตัวเชื่อมผนังเซลล์ระหว่างเซลล์ (Intercellular cement หรือ middle lamella) ผนังเซลล์ชั้นที่หนึ่ง (Secondary cell wall) ตัวเชื่อมผนังเซลล์มีลักษณะเป็นเจลสร้างขึ้นระหว่างเซลล์ที่มีการแบ่งตัวของเซลล์ สารตัวสำคัญที่อยู่ในตัวเชื่อมระหว่างผนังเซลล์กับผนังเซลล์ คือ เพคติน (pectin) ระหว่างโมเลกุลของเพคตินมีแคลเซียม (Ca)เป็นตัวเชื่อมกลายเป็นสารประกอบตัวเชื่อม (protopectin) โปรโตเพคตินจะเปลี่ยนเป็นสารที่ละลายน้ำได้โดยการทำงานของเอนไซน์ในระหว่างผลสุกทำให้ได้เพคตินในรูปละลายน้ำ เซลล์ที่เคยเกาะตัวกันแน่นเริ่มเกาะกันอย่างหลวมๆและหลุดออกจากกัน โครงสร้างของผนังเซลล์หลวมตัวและเพิ่มการยอมให้สารผ่านมากขึ้นก่อให้เกิดการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อทำให้ผลนิ่ม (จิรา,2531)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษา $KMnO_4$ ต่อการผลิตก๊าซเอทธิลีนในระหว่างการเก็บรักษาข้าวโพดหวาน

- ค่า Total Soluble Solid (TSS) พบว่าข้าวโพดที่เก็บรักษามีปริมาณ TSS ลดลงเรื่อย ๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่ระดับ EA 0 เปอร์เซ็นต์ (Control) ภายหลังการทดลอง 15 วัน จะมีค่าเฉลี่ย TSS สูงที่สุดคือ 9.5° Brix ส่วนข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่ EA 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 7.5° Brix

- ค่า Tritable Acidity (TA) พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บรักษามีปริมาณ TA ลดลงเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่ระดับ EA 0 เปอร์เซ็นต์ (Control) ภายหลังการทดลอง 15 วัน จะมีค่าเฉลี่ย TA สูงที่สุดคือ 0.20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่ระดับ EA 9 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย TA ต่ำที่สุดคือ 0.16 เปอร์เซ็นต์

- การผลิตก๊าซเอทธิลีนพบว่าข้าวโพดหวานจะมีอัตราการผลิตก๊ัซเอลธิลีนสูงสุดภายหลังการเก็บรักษาได้ 3 วัน โดยข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่ระดับ EA 0 เปอร์เซ็นต์ จะมีอัตราการผลิตก๊าซเอทธิลีน 3.19 ppm และพบว่าข้าวโพดหวานจะมีอัตราการผลิตก๊าซเอทธิลีนต่ำที่สุด ภายหลังการเก็บรักษาได้ 12 และ 15 วัน โดยข้าวโพดหวาน ที่เก็บรักษาที่ระดับ EA 3, 7และ 9 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการผลิตก๊าซเอทธิลีน 0.04 ppm

- ลักษณะผิดปกติภายนอก พบว่าข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่ระดับ EA 3,7 และ 9 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการทดลอง 15 วันจะให้ค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือเกือบดีมาก ซึ่งมีลักษณะโดยทั่วๆ ไปดี เกือบจะคล้ายกับที่เพิ่งเก็บเกี่ยวมาจากแปลงปลูกหรือก่อนการทดลอง ส่วนข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่ระดับ EA 0,1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ มีสภาพดีอยู่ ซึ่งมีลักษณะทั่วไปดีแต่เมล็ดข้าวโพดเริ่มยุบตัวบ้างเล็กน้อย

- $KMnO_4$ ทำให้ข้าวโพดหวานมีการสร้างเอทธิลีนต่ำลงในระหว่างการเก็บรักษาช่วงแรกคือ ตั้งแต่ 0 – 12 วัน หลังการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

- ก่อนการบรรจุข้าวโพดหวานลงถุงพลาสติกควรทำความสะอาดข้าวโพดก่อน โดยการเช็ดน้ำยาฆ่าเชื้อ และผึ่งให้แห้งก่อนการบรรจุ เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายเนื่องจากเชื้อโรคปนเปื้อน

- การวัดปริมาณแก๊สเอทธิลีนที่สร้างขึ้นควรศึกษาวิธีใช้เครื่องให้เข้าใจเสียก่อน เช่น การตัดพื้นที่ใต้กราฟไม่ควรตัดมากเกินไปเพราะจะทำให้ได้ปริมาณแก๊สที่เกิดมากเกินความเป็นจริง และในการดูดแก๊สเอทธิลีนจากถุงมาเก็บรักษาในขวดน้ำเกลือไม่ควรเก็บไว้นานจนเกินไป เพราะแก๊สจะเกิดการสูญเสียทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดได้ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ต้องเก็บแก๊สไว้ในขวดน้ำเกลือค่อนข้างนานเพื่อรอจนกว่าเครื่องวัดจะพร้อมจึงอาจเกิดความผิดพลาดเนื่องจากการสูญเสียแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2524. **ข้าวโพด.** เอกสารวิชาการ เล่มที่ 4 . กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 185 น.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2531. **การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานและฝักอ่อน.** น. 4 - 6. เอกสารวิชาการฉบับพิเศษ ลำดับที่ 1 โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวฟ่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. **สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. น. 301 - 315.

จิรา ฉ.หนองคาย.**เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผัก ผลไม้และดอกไม้.** สำนักพิมพ์แมสพับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. น.72 – 95.

ดนัย บุญยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2535. **การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์

ทวีศักดิ์ ภู่หล่ำ. 2540. **ข้าวโพดหวาน.** การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. น. 9 – 14.

สมบุญ เตชะภัญญาวัฒน์. 2535. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.น.183-187

สายชล เกตุษา. 2528. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. 347 น.

สายชล เกตุษา และ อรษา แก้วเกษตรภรณ์. 2534. **ผลกระทบต่อสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา.**น.253 . ในรายงานค้นคว้าวิจัยประจำปี 2534 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Brash D.W. *et al.* 1992. **Controlled atmosphere Storage of Honey 'n' Peal 'Sweet corn.** Proceedings Annual Conference Agronomy Society of New Zeland. 22 : 35 – 40.

Chaplin ,G.R. *et al.* 1986. **Reduction of chilling injury in mango fruit by storage in polyethylene bags.** ASEAN Food J. 2 : 139-142.

Kader, A.A. 1992. **Postharvest Technology of Horticultural Crops.** The regents of the University of Califfornia Divition of Agriculture and Natural Resources. U.S.A. p. 85-92.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Salunkhe, D.K. and Desai, B.B..1984. **Postharvest Biotechnology of Vegetable Volume II.** CRC. Press. USA. p. 107-115.

Thompson, A.K. 1996. **Postharvest Technology of Fruit and Vegetable.** Blackwell Science, Inc.Cambridge,U.S.A. 327 p.

Thompson, A.K. 1998. **Controlled atmosphere storage of fruit and vegetable.** CAB International. London , U.K. p. 213.

Weichman, J. 1987. **Postharvest Physiology of Vegetables.** Marcel Dekker , Inc. New York, U.S.A. 578 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 วิเคราะห์ผลทางสถิติ Total Soluble Solid ของข้าวโพดหวานหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน

ANOVA TAB

Source of variation	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Block	3	0.667	0.222	0.102 $^{n.s}$	3.29	5.42
Treatment	5	27.833	5.567	2.543 *	2.90	4.56
Ex.Error	15	32.833	2.189			
Total	23	61.333	2.667			

GRAND MEAN = 11.67

CV = 12.68 %

LSD .05 = 2.23

LSD .01 = 3.08

ตารางภาคผนวกที่ 2 วิเคราะห์ผลทางสถิติ Total Soluble Solid ของข้าวโพดหวานหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน

ANOVA TAB

Source of variation	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Block	3	6.792	2.264	0.872 $^{n.s}$	3.29	5.42
Treatment	5	25.208	5.042	1.941 $^{n.s}$	2.90	4.56
Ex.Error	15	38.958	2.597			
Total	23	70.958	3.085			

GRAND MEAN = 10.96

CV = 14.71 %

LSD .05 = 2.43

LSD .01 = 3.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 วิเคราะห์ผลทางสถิติ Total Soluble Solid ของข้าวโพดหวานหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วัน

ANOVA TAB

Source of variation	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Block	3	1.00	0.333	0.114 $^{n.s}$	3.29	5.42
Treatment	5	16.333	3.267	1.114 $^{n.s}$	2.90	4.56
Ex.Error	15	44.000	2.933			
Total	23	61.333	2.667			

GRAND MEAN = 9.1667

CV = 18.68 %

LSD .05 = 2.58

LSD .01 = 3.57

ตารางภาคผนวกที่ 4 วิเคราะห์ผลทางสถิติ Total Soluble Solid ของข้าวโพดหวานหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน

ANOVA TAB

Source of variation	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Block	3	0.833	0.278	0.143 $^{n.s}$	3.29	5.42
Treatment	5	17.833	3.567	1.834 $^{n.s}$	2.90	4.56
Ex.Error	15	29.167	1.944			
Total	23	47.833	2.080			

GRAND MEAN = 8.42

CV = 16.57 %

LSD .05 = 2.10

LSD .01 = 2.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 วิเคราะห์ผลทางสถิติ Total Soluble Solid ของข้าวโพดหวานหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน

ANOVA TAB

Source of variation	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Block	3	3.000	1.000	1.429 ^{ns}	3.29	5.42
Treatment	5	5.833	1.167	1.667 ^{ns}	2.90	4.56
Ex.Error	15	10.500	0.700			
Total	23	19.333	0.841			

GRAND MEAN = 8.67

CV = 9.65 %

LSD .05 = 1.26

LSD .01 = 1.74

ตารางภาคผนวกที่ 6 วิเคราะห์ผลทางสถิติ Tritable Acidity ของข้าวโพดหวานหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน

ANOVA TAB

Source of variation	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Block	3	0.312	0.104	3.530 *	3.29	5.42
Treatment	5	0.554	0.111	3.763 *	2.90	4.56
Ex.Error	15	0.442	0.029			
Total	23	1.308	0.057			

GRAND MEAN = 1.92

CV = 8.92

LSD .05 = 0.26

LSD .01 = 0.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 วิเคราะห์ผลทางสถิติ Tritable Acidity ของข้าวโพดหวานหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน

ANOVA TAB

Source of variation	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Block	3	0.222	0.074	3.463 *	3.29	5.42
Treatment	5	0.251	0.050	2.346 n.s	2.90	4.56
Ex.Error	15	0.321	0.021			
Total	23	0.795	0.035			

GRAND MEAN = 1.77

CV = 8.24 %

LSD .05 = 0.22

LSD .01 = 0.30

ตารางภาคผนวกที่ 8 วิเคราะห์ผลทางสถิติ Tritable Acidity ของข้าวโพดหวานหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วัน

ANOVA TAB

Source of variation	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Block	3	0.009	0.003	0.171 n.s	3.29	5.42
Treatment	5	0.030	0.006	0.321 n.s	2.90	4.56
Ex.Error	15	0.277	0.018			
Total	23	0.317	0.014			

GRAND MEAN = 1.51

CV = 9.03 %

LSD .05 = 0.20

LSD .01 = 0.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 9 วิเคราะห์ผลทางสถิติ Tritable Acidity ของข้าวโพดหวานหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน

ANOVA TAB

Source of variation	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Block	3	0.025	0.008	0.400 $^{n.s}$	3.29	5.42
Treatment	5	0.885	0.177	8.384 **	2.90	4.56
Ex.Error	15	0.317	0.021			
Total	23	1.227	0.053			

GRAND MEAN = 1.46

CV = 10.33 %

LSD .05 = 0.21

LSD .01 = 0.30

ตารางภาคผนวกที่ 10 วิเคราะห์ผลทางสถิติ Tritable Acidity ของข้าวโพดหวานหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน

ANOVA TAB

Source of variation	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Block	3	0.112	0.037	0.581 $^{n.s}$	3.29	5.42
Treatment	5	0.440	0.088	1.369 $^{n.s}$	2.90	4.56
Ex.Error	15	0.964	0.064			
Total	23	1.516	0.066			

GRAND MEAN = 1.46

CV = 17.34 %

LSD .05 = 0.38

LSD .01 = 0.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 11 วิเคราะห์ผลทางสถิติการผลิตก๊าซเอทธิลีนของข้าวโพดหวานหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน

ANOVA TAB

Source of variation	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Block	3	0.159	0.053	0.129 ^{ns}	3.29	5.42
Treatment	5	13.081	2.616	6.363 **	2.90	4.56
Ex.Error	15	6.167	0.411			
Total	23	19.407	0.844			

GRAND MEAN = 0.78

CV = 81.81 %

LSD .05 = 0.97

LSD .01 = 1.34

ตารางภาคผนวกที่ 12 วิเคราะห์ผลทางสถิติการผลิตก๊าซเอทธิลีนของข้าวโพดหวานหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน

ANOVA TAB

Source of variation	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Block	3	7.061	2.354	1.709 ^{ns}	3.29	5.42
Treatment	5	12.097	2.419	1.756 ^{ns}	2.90	4.56
Ex.Error	15	20.661	1.377			
Total	23	39.819	1.731			

GRAND MEAN = 0.78

CV = 150.63 %

LSD .05 = 1.77

LSD .01 = 2.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 13 วิเคราะห์ผลทางสถิติการผลิตก๊าซเอทธิลีนของข้าวโพดหวานหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วัน

ANOVA TAB

Source of variation	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Block	3	0.014	0.005	0.366 $^{n.s}$	3.29	5.42
Treatment	5	0.146	0.029	2.324 $^{n.s}$	2.90	4.56
Ex.Error	15	0.188	0.013			
Total	23	0.347	0.015			

GRAND MEAN = 0.14

CV = 80.89 %

LSD .05 = 0.17

LSD .01 = 0.23

ตารางภาคผนวกที่ 14 วิเคราะห์ผลทางสถิติการผลิตก๊าซเอทธิลีนของข้าวโพดหวานหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน

ANOVA TAB

Source of variation	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Block	3	0.099	0.033	1.051 $^{n.s}$	3.29	5.42
Treatment	5	0.642	0.128	4.088 *	2.90	4.56
Ex.Error	15	0.471	0.031			
Total	23	1.212	0.053			

GRAND MEAN = 0.19

CV = 94.29 %

LSD .05 = 0.27

LSD .01 = 0.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 15 วิเคราะห์ผลทางสถิติการผลิตก๊าซเอทธิลีนของข้าวโพดหวานหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน

ANOVA TAB

Source of variation	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Block	3	0.023	0.008	0.619 $^{n.s}$	3.29	5.42
Treatment	5	0.102	0.020	1.661 $^{n.s}$	2.90	4.56
Ex.Error	15	0.184	0.012			
Total	23	0.309	0.013			

GRAND MEAN = 0.14

CV = 79.54 %

LSD .05 = 0.17

LSD .01 = 0.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้