การใช้พอลิเอมีนและพอลิเอมีนที่สกัดจากไซยาโนแบคทีเรียเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลกล้วยหอมทอง

นายอรรคพล สันติวิภานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

UTILIZATION OF POLYAMINES AND POLYAMINES EXTRACTED FROM CYANOBACTERIA TO PROLONG STORAGE LIFE OF “HOM THONG” BANANA FRUIT

Mr. Akapon Santivipanond

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Botany

Department of Botany

Faculty of Science

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้พอลิเอมีนและพอลิเอมีนที่สกัดจากไซยาโนแบคทีเรียเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลกล้วยหอมทอง
โดย	นายอรรคพล สันติวิภานนท์
สาขาวิชา	พฤกษศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวรัตน์ จันทะโร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล คุณวาสี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวรัตน์ จันทะโร)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ธีรดา หวังสมบูรณ์ดี)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรดี อุทัยรัตนกิจ)

อรรคพล สันติวิภานนท์ : การใช้พอลิเอมีนและพอลิเอมีนที่สกัดจากไซยาโนแบคทีเรียเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลกล้วยหอมทอง

(UTILIZATION OF POLYAMINES AND POLYAMINES EXTRACTED FROM CYANOBACTERIA TO PROLONG STORAGE LIFE OF “HOM THONG” BANANA FRUIT) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร. กนกวรรณ เสรีภาพ , อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ผศ.ดร. เสาวรัตน์ จันทะโร, 123 หน้า.

การศึกษาผลของการใช้พอลิเอมีนและพอลิเอมีนที่สกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย ก่อนการเก็บรักษาต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทอง (*Musa acuminata*, AAA group, Gros Michel subgroup, cultivar “HOM THONG”) โดยจุ่มผลกล้วยในสารละลายพอลิเอมีนชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0.1, 1 และ 10 ppm เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน พบว่าการจุ่ม กล้วยหอมทองใน สารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 1 ppm สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ส่วนการจุ่มสารละลาย spermine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm พบว่า สามารถช่วยชะลอ การเปลี่ยนแปลงของ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ สำหรับการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm มีแนวโน้มว่าสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ความสว่างของสีเปลือก ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของกล้วยหอมทองได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ส่วนการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ นอกจากนี้พบว่า สารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรีย ความเข้มข้น 10 ppm สามารถป้องกันการเกิด chilling injury ของกล้วยหอมทองได้ดีที่สุด เมื่อเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน โดยการจุ่มสารละลายดังกล่าวสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก การเกิดสีดำของเปลือก เปอร์เซนต์การรั่วไหลไอออน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก แอกทิวิตีของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและการลดลงของปริมาณพอลิเอมีนชนิดที่เป็นโมเลกุลอิสระในกล้วยหอมทอง

ภาควิชา พฤกษศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา พฤกษศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2554 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5272688223 : MAJOR BOTANY

KEYWORDS : PUTRESCINE / SPERMINE / SPERMIDINE / CYANOBACTERIA / "HOM THONG" BANANA

AKAPON SANTIVIPANOND : UTILIZATION OF POLYAMINES AND POLYAMINES EXTRACTED FROM CYANOBACTERIA TO PROLONG STORAGE LIFE OF "HOM THONG" BANANA FRUIT. ADVISOR : ASSIST. PROF. KANOGWAN SERAYPHEAP, Ph.D., CO-ADVISOR : ASSIST. PROF. SAOWARATH JANTARO, Ph.D., 123 pp.

The effects of polyamines and polyamines extracted from cyanobacteria treatments before storage on quality and shelf life of "HOM THONG" bananas (*Musa acuminata*, AAA group, Gros Michel subgroup, cultivar "HOM THONG") were studied. Concentrations of 0.1, 1 and 10 ppm of each polyamine were applied to bananas compared to control treatment (treatment with distilled water) and then stored at 25 °C for 13 days. The result showed that 1 ppm putrescine could delay changes in peel color, firmness and total soluble solids of banana fruits. Treatment of spermine at 0.1 ppm could maintain the amount of total soluble solids. Dipping banana fruit in 0.1 ppm spermidine likely delayed the loss of fresh weight, firmness, total soluble solids, and color changes. Treatment of 10 ppm polyamines extracted from cyanobacteria, could delay weight loss, changes in peel color, firmness and total soluble solids. In addition, 10 ppm polyamines extracted from cyanobacteria could prevent chilling injury of bananas stored at 4 °C for 8 days and also delay changes in peel color, peel blackening, ion leakage, phenolic compound content, activity of polyphenol oxidase and free form polyamine content.

Department : Botany	Student's Signature .....
Field of Study : Botany	Advisor's Signature .....
Academic Year : 2011	Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.เสาวรัตน์ จันทะโร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเป็นอย่างสูง สำหรับแรงกระตุ้นกำลังใจและคำแนะนำต่างๆ ตลอดการทำงานวิจัย รวมทั้งตรวจแก้วิทยานิพนธ์ให้เสร็จสมบูรณ์ยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชุมพล คุณวาสี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อ.ดร.ธีรดา หวังสมบูรณ์ดี และ ผศ.ดร.อภิรดี อุทัยรัตนกิจ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้วิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณทุนวิทยบัณฑิต ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนการศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบคุณ ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง HPLC ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ คุณฐปนา บางยี่ขัน สำหรับความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ ในการใช้เครื่องมือและการทำวิจัย

ขอขอบคุณ ดร.วิภาวี แบบประเสริฐ สำหรับการช่วยเหลือ และ คำแนะนำในการวิเคราะห์สารประกอบพอลิเอมีน

ขอขอบคุณ คุณนิตยา อัมรัตน์ คุณไพบูลย์ หมุ่ยมาศ คุณภูมิพงศ์ ชูช่วยสกุล และทุกท่านในภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับการช่วยเหลือ คำแนะนำ กำลังใจ และมิตรภาพที่ดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณสุพจน์ สันติวิภานนท์ (บิดา) คุณสิรีมาสธิดา สันติวิภานนท์ (มารดา) คุณพีรพัฒน์ สันติวิภานนท์ (น้องชาย) และทุกคนในครอบครัว สำหรับแรงบันดาลใจ กำลังใจ การสนับสนุน รวมทั้งความช่วยเหลือที่ดีที่สุดในทุกๆ ด้านตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ...ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ...จ
กิตติกรรมประกาศ..... ....ฉ
สารบัญ..... .....ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญรูปภาพ..... .....ด

บทที่

1. บทนำ..... 1
2. การตรวจเอกสาร..... 5
3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... 20
    1. พืชทดลอง..... 20
    2. วัสดุอุปกรณ์..... 20
    3. วิธีการทดลอง..... 22
4. ผลการทดลอง..... 26

1. ผลของสารละลาย putrescine ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C..... 26
    1.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด..... 26
    1.2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก..... 26
    1.3 ความแน่นเนื้อ..... 27
    1.4 ปริมาณ TSS..... 27

2. ผลของสารละลาย spermine ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C..... 31
    2.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด..... 31
    2.2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก..... 31
    2.3 ความแน่นเนื้อ..... 31
    2.4 ปริมาณ TSS..... 32

บทที่ หน้า

3. ผลของสารละลาย spermidine ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา
กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C..... 36
3.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด..... 36
3.2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก..... 36
3.3 ความแน่นเนื้อ..... 37
3.4 ปริมาณ TSS..... 37
4. ผลของสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่อคุณภาพ
และอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C..... 42
4.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด..... 42
4.2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก..... 42
4.3 ความแน่นเนื้อ..... 43
4.4 ปริมาณ TSS..... 43
5. ผลของสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่อการลด
การเกิด chilling injury ของกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 4 °C..... 48
5.1 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก..... 48
5.2 การเกิด peel blackening บนเปลือกกล้วย..... 48
5.3 เปอร์เซนต์การรั่วไหลของไอออน..... 49
5.4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก..... 49
5.5 แอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO..... 49
5.6 ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของพอลิเอมีน..... 50
5. อภิปรายผลการทดลอง..... 57
1. ผลของสารละลาย putrescine spermine spermidine และ สารละลาย
พอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา
กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C..... 57
2. ผลของสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่อการลดการเกิด
chilling injury ของกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 4 °C..... 62

บทที่ หน้า

6. สรุปผลการทดลอง..... 65

1. ผลของสารละลาย putrescine ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C..... 65

2. ผลของสารละลาย spermine ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C..... 65

3. ผลของสารละลาย spermidine ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C..... 65

4. ผลของสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่อคุณภาพ และอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C..... 66

5. ผลของสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่อการลดการเกิด chilling injury ของกล้วยหอมทองได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 4 °C..... 66

ข้อเสนอแนะ..... 66

รายการอ้างอิง..... 67

ภาคผนวก..... 83

ภาคผนวก ก..... 80

ภาคผนวก ข..... 87

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 123

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน..... 88

2 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....88

3 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....88

4 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....89

5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 13 วัน..... 89

6 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน..... 90

7 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....90

8 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน..... 90

9 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....91

10 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 13 วัน..91

11 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน..... 92

ตารางที่ หน้า

12 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน……..92

13 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน…….92

14 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน…… 93

15 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน(control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 13 วัน……..93

16 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน…….. 94

17 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน…… 94

18 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน……..94

19 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน……..... 95

20 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 13 วัน…… 95

21 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน……..96

ตารางที่ หน้า

22 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน..... 96

23 ค่าการเกิดสีดำของเปลือก (peel blackening) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....97

24 เปอร์เซนต์การรั่วไหล (electrolyte leakage) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....97

25 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน..... 98

26 แอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....98

27 ปริมาณ free putrescine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....99

28 ปริมาณ bound putrescine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....99

29 ปริมาณ free spermidine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....100

30 ปริมาณ bound spermidine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน..... 100

ตารางที่ หน้า

31 ANOVA ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....101
32 ANOVA ของความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.101
33 ANOVA ของการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....102
34 ANOVA ของความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....102
35 ANOVA ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา13 วัน..... 103
36 ANOVA ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....104
37 ANOVA ของความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน... 104
38 ANOVA ของการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.. 105
39 ANOVA ของความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.. 105
40 ANOVA ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 13 วัน..... 106
41 ANOVA ของการแปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....107

ตารางที่ หน้า

42 ANOVA ของความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน……..107

43 ANOVA ของการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน……..108

44 ANOVA ของความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน……..108

45 ANOVA ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 13 วัน……... 109

46 ANOVA ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน……110

47 ANOVA ของความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน……110

48 ANOVA ของการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน……111

49 ANOVA ของความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน……111

50 ANOVA ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 13 วัน……... 112

ตารางที่ หน้า

51 t-test ของความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน..... 113

52 t-test ของการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน..... 114

53 t-test ของการเกิดสีดำของเปลือก (peel blackening) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน..... 115

54 t-test ของเปอร์เซนต์การรั่วไหล (electrolyte leakage) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน..... 116

55 t-test ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน... 117

56 t-test ของแอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน..... 118

57 t-test ของปริมาณ free putrescine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน..... 119

58 t-test ของปริมาณ bound putrescine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน..... 120

59 t-test ของปริมาณ free spermidine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน..... 121

ตารางที่ หน้า

60 t-test ของปริมาณ bound spermidine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน..... 122

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1 ขั้นตอนการเกิดสีน้ำตาลในเนื้อเยื่อของพืช..... 14
2 สารประกอบพอลิเอมีนชนิดต่างๆ..... ... 15
3 กระบวนการสังเคราะห์สารประกอบพอลิเอมีน 17
4 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน..28
5 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....28
6 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....29
7 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....29
8 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน...30
9 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....33
10 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....33
11 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน..... 34
12 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....34
13 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.... 35
14 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน..... 38

ภาพที่ หน้า

15 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 13 วัน..... 38
16 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน..... 39
17 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 13 วัน.....39
18 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.. 40
19 ชุดของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน..... 41
20 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน 44
21 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน..... 44
22 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน..... 45
23 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน..... 45
24 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน..... 46
25 ชุดของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน.....47

ภาพที่ หน้า

26 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....51
27 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....51
28 ค่าการเกิดสีดำของเปลือก (peel blackening) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....52
29 เปอร์เซนต์การรั่วไหล (electrolyte leakage) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนชนิดที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....52
30 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนชนิดที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....53
31 แอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....53
32 ปริมาณ free putrescine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....54
33 ปริมาณ bound putrescine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....54
34 ปริมาณ free spermidine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....55

ภาพที่ หน้า

35 ปริมาณ bound spermidine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....55

36 ชุดของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน.....56

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กล้วยเป็นผลไม้เขตร้อนที่คนไทยรู้จักกันเป็นอย่างดีและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากใช้เป็นอาหารและมีประโยชน์ใช้สอยมากมาย (เบญจมาศ ศิลาย้อย , 2545) รวมทั้งกล้วยยังสามารถปลูกและมีการเจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคของประเทศ กล้วยมีจำหน่ายทั้งภายในประเทศและส่งออกไปขายยังต่างประเทศ ทำรายได้แก่ผู้ผลิตในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก แต่ในการส่งออกนั้นจะมีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพของกล้วยหอมทอง ดังนั้นจึงมีกล้วยที่ไม่ได้มาตรฐานถูกคัดแยกออกมา เมื่อปริมาณการส่งออกสูงขึ้นกล้วยที่ไม่ได้มาตรฐานก็มีจำนวนมากขึ้นด้วย ซึ่งกล้วยส่วนนี้จะมีราคาต่ำ มีรายงานว่าปริมาณผลไม้ที่ใช้บริโภคภายในประเทศร้อยละ 85 เป็นการบริโภคสดร้อยละ 50 และแปรรูปเป็นวัตถุดิบเพื่อป้อนโรงงานอุตสาหกรรมร้อยละ 35 ส่วนปริมาณการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศร้อยละ 15 แต่มีส่วนที่ไม่ได้มาตรฐานอยู่ถึงร้อยละ 14 ของปริมาณกล้วยหอมทองที่ส่งออก (สุคันธรส ธาดากิตติสาร , 2550) โดยตลาดที่สำคัญที่ประเทศไทยทำการส่งออกได้แก่ มาเลเซีย ฮ่องกง ญี่ปุ่น สิงคโปร์ สหรัฐอเมริกา และกลุ่มประเทศในสหภาพยุโรป (สณทรรศน์ นันทะไชย, 2541)

ปัญหาสภาพการแข่งขันทางเศรษฐกิจในตลาดโลก เป็นปัจจัยหนึ่งที่กระตุ้นให้ผู้ผลิตพยายามคิดหาวิธีการที่จะเพิ่มผลผลิตทั้งด้านปริมาณและคุณภาพบนพื้นฐานของต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุดเพื่อประโยชน์ในด้านการกำหนดราคา ในตลาดการส่งออกกล้วยหอมของประเทศไทยในปัจจุบันยังคงประสบปัญหาในหลายๆ ด้าน อาทิ การเก็บรักษา การขนส่ง การบรรจุหีบห่อ รวมทั้งประเทศไทยยังขาดความรู้ทางด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวหรือการยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตท้องถิ่น เพราะในการส่งออกนั้นต้องใช้เวลาในการขนส่งและวางจำหน่าย และกล้วยหอมเป็นผลไม้เมืองร้อนชนิดหนึ่งที่มีปัญหาในการเก็บรักษา โดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำพบว่ากล้วยหอมจะเกิดความเสียหายได้ง่าย เนื่องจากการเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ซึ่งหากผลผลิตไม่สามารถคงสภาพอยู่ได้ในสภาพที่ดีก็ย่อมไม่สามารถดึงดูดผู้บริโภคได้ (จริงแท้ ศิริพานิช , 2546) ดังนั้นนอกจากการมีผลผลิตที่มีคุณภาพและปริมาณตามความต้องการของตลาดแล้ว ยังต้องให้ความสำคัญในด้านการคงสภาพผลผลิตให้ได้นานจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภคด้วย

การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของผลไม้ที่กำลังสุก คือ การสูญเสียน้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก การเปลี่ยนแปลงรสชาติ การสูญเสียความแน่นเนื้อ (fruit firmness) ซึ่ง

ส่งผลให้ผลไม้เกิดการอ่อนนิ่มลง (fruit softening) เป็นปัญหาที่สำคัญทั้งต่อคุณภาพของผลผลิต อายุการเก็บรักษา การขนส่ง รวมทั้งการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค (Ali, Chin and Lazan, 2004) การอ่อนนิ่มของผลผลิตมีสาเหตุมาจากการสลายของผนังเซลล์ (cell wall) หรือสารที่เชื่อมผนังเซลล์เข้าด้วยกัน เช่น สารประกอบเพกติน (pectin) แอกติวิตีของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง และองค์ประกอบของผนังเซลล์ เช่น เอนไซม์ polygalacturonase (PG) เอนไซม์ pectin methylesterase (PME) เร่งปฏิกิริยาการสลาย pectin ในผนังเซลล์ให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้เพิ่มมากขึ้น (Lizada et al., 1990) และการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกกล้วยหอมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) (Lurie, 1998) นอกจากนี้ได้มีรายงานว่าการลดลงของปริมาณแป้งซึ่งมีมากในเนื้อเยื่อและเปลือกกล้วยดิบ จะมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับการเกิดลักษณะการอ่อนนิ่มของเนื้อเยื่อ (Smith, Tucker and Jeger, 1989) กล่าวคือ เมื่อปริมาณแป้งลดลงการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อจะเพิ่มขึ้น (ประสาร ฉลาดคิด , 2536) หลังจากนั้นจะทำให้เกิดการสะสมน้ำตาลมากขึ้น ซึ่งปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นจะเกิดควบคู่ไปกับกลิ่นที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของ volatile compounds และการที่สารประกอบฟีนอลิกเกิดการรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ที่ไม่ละลายน้ำทำให้ความฝาดในผลกล้วยลดลง สิ่งต่างๆเหล่านี้ทำให้ผลกล้วยมีรสชาติดีขึ้น ในขณะเดียวกันปริมาณของ dopamine และ ascorbic acid ซึ่งเป็นสารสำคัญที่ช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจะลดลง ทำให้ผลกล้วยเกิดสีน้ำตาลได้ง่ายขึ้น (Palmer, 1971; Weaver and Charley, 1990 อ้างถึงใน Turner, 1997) ทั้งนี้กล้วยหอมเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่เกิดการอ่อนนิ่มอย่างมากภายหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งมีผลทำให้กล้วยหอมมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง และเกิดความเสียหายได้ง่าย การเก็บรักษากล้วยหอมสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม (controlled atmosphere, CA) การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere, MA) การใช้สารดูดซับเอทิลีน นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาเพื่อหาวิธีการเก็บรักษาผลไม้ในรูปแบบต่างๆ เช่น การใช้รังสี การใช้สารเคมียับยั้งการทำงานของเอทิลีน และอีกวิธีหนึ่งที่มีการศึกษาวิจัยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ คือ การใช้สารในกลุ่มพอลิเอมีน (polyamine treatment) ก่อนการเก็บเกี่ยว

สารในกลุ่ม พอลิเอมีน (polyamines) เป็นสารประกอบตามธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตและกระบวนการพัฒนาต่างๆ ภายในเซลล์สิ่งมีชีวิต สารกลุ่มนี้ที่พบตามธรรมชาติ ได้แก่ putrescine spermine และ spermidine ซึ่งมีอยู่มากในอาหารจำพวกผักและผลไม้ (Bardocz et al., 1995) เช่น มะนาว และ องุ่น เป็นต้น (McDonald and Kushad, 1986) โดยทั่วไปแล้วสาร พอลิเอมีนจะสะสมอยู่ตามบริเวณผนังเซลล์พืช ซึ่งสามารถช่วยปรับเปลี่ยนให้พืชผลมีความคงทนต่อการเกิดความเสียหายที่เกิดจากแรงกล (mechanical damage) รวมถึงการ

ช่วยป้องกันการเกิดภาวะการเสื่อมสภาพของพืช (Kramer, Wang and Conway, 1991) เช่น ลดการเน่าเสีย ยับยั้งการเปลี่ยนแปลงของสี ชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อ ชะลอการสร้างแก๊สเอทิลีน และลดอัตราการหายใจ รวมทั้งสามารถชักจูงให้เกิดความต้านทานต่อการเกิด chilling injury (Valero et al., 1999)

การเก็บรักษา zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.) ที่อุณหภูมิ 2 ถึง 10°C เป็นเวลา 12 วัน พบว่าที่อุณหภูมิ 10°C สามารถลดการเกิด chilling injury ได้ โดยที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2°C การใช้ spermidine ระดับความเข้มข้น 0.05 mM สามารถลดการเกิด chilling injury ของผล zucchini squash ได้ถึง 80% (Martinez-Tellez et al., 2002) และยังมีการทดลองใช้พอลิเอมีนกับลูกพลัม (*Prunus salicina* Lindl.) พบว่าการใช้ putrescine ที่อุณหภูมิ 10°C สามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อและลดการสร้างแก๊สเอทิลีนได้ อีกทั้งที่สำคัญยังสามารถลดการเกิดความเสียหายที่เกิดจากแรงกล ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของการขนส่งเพื่อไปยังตลาดการค้า (Perez-Vicente et al., 2002) นอกจากนี้ยังได้มีการทดลองในพริกโดยการนำพริกไปแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 53°C เป็นเวลา 4 นาที แล้วไปเก็บที่อุณหภูมิ 8°C เป็นเวลานาน 28 วัน เพื่อชักนำให้มีการสร้าง พอลิเอมีน ขึ้นในเซลล์ พบว่าสามารถลดการสร้างแก๊สเอทิลีนและลดการหายใจ รวมทั้งยังสามารถลดการเกิด chilling injury ได้ (Gonzalez-Aguilar et al., 2000) ส่วนการศึกษาทดลองในผลทับทิม (*Punica granatum* L.) เพื่อลดการเกิด chilling injury โดยทำการแช่ผลทับทิมในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 4 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2°C เป็นเวลา 90 วัน เพื่อชักนำให้เกิดสารกลุ่มพอลิเอมีนและพบว่าสามารถลดการเกิดรอยช้ำสีน้ำตาลที่เกิดจากอาการ chilling injury ได้ (Mirdehghan et al., 2007)

ในปัจจุบันนี้ ได้มีการผลิตพอลิเอมีนชีวภาพจากเซลล์ของไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) ซึ่งนอกจากจะสามารถผลิตพอลิเอมีนหลักได้ทั้ง 3 ชนิด คือ putrescine spermine และ spermidine แล้ว ในเซลล์ของไซยาโนแบคทีเรียยังสามารถสังเคราะห์พอลิเอมีนที่มีสายยาว คือ มีจำนวนหมู่เอมีนมากกว่า 4 หมู่ได้ นอกจากนี้ได้มีรายงานว่า การใช้สารสกัดพอลิเอมีน จากไซยาโนแบคทีเรียที่มีความเข้มข้น 0.5-2.0 mM ช่วยลดปัญหาการตกค้างของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมซึ่งจะเหนี่ยวนำให้พืชและสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศประสบกับภาวะเครียดเนื่องจากภาวะ oxidative stress (Kalac and Krausova, 2005) อีกทั้ง ความเข้มข้นดังกล่าวยังสามารถช่วยลดการเกิด chilling injury ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองด้วยสารพอลิเอมีนสังเคราะห์และสารพอลิเอมีนจากไซยาโนแบคทีเรียหลังการเก็บเกี่ยว รวมทั้งศึกษาผลของการลด

การเกิด chilling injury ของกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิต่ำโดยใช้สารพอลิเอมีนจากไซยาโนแบคทีเรีย เพื่อจะได้ข้อมูลพื้นฐานที่มีประโยชน์ต่อการศึกษาและพัฒนาความรู้ทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วยหอมทองต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาผลของสารละลายพอลิเอมีนสังเคราะห์และพอลิเอมีนจากไซยาโนแบคทีเรียต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการของผลกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C และผลของสารละลายพอลิเอมีนบางชนิดต่อการลดการเกิด chilling injury ในระหว่างการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 4 °C

3. แผนการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย

1. การศึกษาผลของสารละลาย putrescine, spermine, spermidine และ สารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 25 °C
2. การศึกษาผลของสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียและสารละลายพอลิเอมีนชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นที่ป้องกันการเกิด chilling injury ของกล้วยหอมทองได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 4 °C

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

1. ประวัติและความสำคัญของกล้วย

กล้วยเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว จัดอยู่ในวงศ์ Musaceae ลำดับ Scitaminaceae สกุล *Musa* กล้วยเป็นพืชที่ชอบอากาศร้อน มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่บริเวณแคว้นอัสสัมของประเทศอินเดียและประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คือ ประเทศพม่า ไทย ลาว และ มาเลเซีย สำหรับประเทศไทยจะพบกล้วยป่า *Musa acuminata* และกล้วยปลูกที่กลายพันธุ์จาก *Musa acuminata* รวมทั้งกล้วยปลูกพื้นเมืองขึ้นอยู่ทั่วไป ต่อมาในราวปี พ.ศ. 500 ได้มีการอพยพประชากรครั้งใหญ่จากตอนใต้ของประเทศจีน มุ่งสู่แหลมอินโดจีนและหมู่เกาะต่างๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิก ในการอพยพนี้มีการนำพันธุ์พืชต่างๆ ไปด้วย จึงพบว่าแถบหมู่เกาะฮาวาย ฟิลิปปินส์ และ สุมาตรา ซึ่งมีประชากรอพยพมาจากแผ่นดินใหญ่มีการปลูกกล้วยอยู่ทั่วไป (สมรรถชัย ฉัตราคม , 2541) ในตอนต้นศตรรวษที่ 19 มีการนำกล้วยพันธุ์หอมทอง (Gros Michel) และกล้วยพันธุ์หอมค่อม (Dwarf Cavendish) ไปปลูกยังหมู่เกาะคาริบเบียน และพันธุ์อื่นๆ จากสวน Kew ไปรวบรวมไว้ที่โดมินิกันเมื่อปี พ.ศ. 2445 ในเขตร้อนมีการปลูกกล้วยหลายๆ พันธุ์เพื่อใช้เป็นอาหาร กล้วยที่มีการปลูกเพื่อการค้าแต่ดั้งเดิมคือกล้วยหอมทอง ซึ่งมีความต้านทานต่อโรคต่ำ (ชำนาญ ทองกลัด และ ธำรง ช่วยเจริญ, 2541)

การปลูกกล้วยในประเทศไทยมีตั้งแต่การปลูกเป็นกอเล็กๆ ในสวนหลังบ้าน ริมรั้วหน้าบ้าน ปลูกแซมในสวนผลไม้ หรือปลูกเป็นพืชเดียวขนาดแปลงตั้งแต่ 5-30 ไร่ โดยมีพื้นที่ปลูกกล้วยรวมทั้งประเทศประมาณ 820,000 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกกล้วยไข่ประมาณ 90,000 ไร่ และเป็นพื้นที่ปลูกกล้วยหอมประมาณ 65,000 ไร่ ที่เหลือเป็นพื้นที่ปลูกกล้วยชนิดอื่นๆ กล้วยส่วนใหญ่จะบริโภคในท้องถิ่น มีเพียง 10% ของผลผลิตทั้งหมดที่จำหน่ายและทำรายได้ในรูปสินค้าต่างๆ จำหน่ายภายในและส่งออกไปยังต่างประเทศ (สณทรรศน์ นันทะไชย, 2541)

คุณสมบัติเด่นที่ทำให้กล้วยเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย คือ กล้วยเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ในทุกพื้นที่ของประเทศ เจริญเติบโตเร็ว และมีผลผลิตออกสู่ตลาดได้ตลอดทั้งปี นอกจากนี้กล้วยยังสามารถรับประทานได้หลายรูปแบบ เช่น ผลสด ปรุงเป็นอาหาร หรือ แปรรูปได้ตามต้องการ (สณทรรศน์ นันทะไชย, 2541)

ปริมาณการส่งออกกล้วยของประเทศมีน้อยเมื่อเทียบกับผลผลิตกล้วยทั้งหมดในประเทศ เนื่องจากมีข้อจำกัดที่เป็นอุปสรรคสำคัญสำหรับการส่งออก คือ

1) พันธุ์ กล้วยของไทยมีลักษณะเปลือกบาง ช้ำง่าย ขั้วผลไม่แข็งแรง หักง่าย ทำให้ขนส่งลำบาก และเก็บรักษาได้ไม่นาน

2) การผลิต เนื่องจากผู้ปลูกกล้วยเป็นเกษตรกรรายย่อย ผลผลิตจึงแตกต่างกันมาก ทำให้ยากต่อการกำหนดคุณภาพและปริมาณตามความต้องการของตลาด

3) คุณภาพ ตลาดผู้นำเข้าจะเน้นเรื่อง ผิวสวย เปลือกหนา เก็บรักษาได้นาน ส่วนการบรรจุหีบห่อ และรสชาติถือเป็นเรื่องรองลงมา

4) ราคา จากระบบการผลิต การขนส่ง และการขาย ทำให้กล้วยในประเทศไทยมีราคาสูงกว่าประเทศคู่แข่ง

5) ความนิยม ปัจจุบันกล้วยเป็นผลไม้ที่มีการวางขายในตลาดตลอดทั้งปีเช่นเดียวกับแอปเปิ้ลหรือส้ม ดังนั้น ความรู้สึกว่ากล้วยเป็นของแปลกใหม่ที่หายาก (exotic) ความตื่นเต้น อยากลอง จึงลดลง

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และกรมวิชาการเกษตรเป็นหน่วยงานหลักในการพัฒนาความสำเร็จของการผลิตกล้วยในประเทศไทยในหลายๆ ด้าน (เดช วัฒนชัยยิ่งเจริญ , 2541) ซึ่งส่วนใหญ่การสนับสนุนจะมีมากตามกระแสความต้องการของโลก ทั้งนี้การแข่งขันกับประเทศคู่แข่งอื่นๆ จะต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสำเร็จรูปครบวงจร รวมทั้งมีการปรับแผนงานการวิจัยและการพัฒนาของประเทศในหลายๆ ด้าน เช่น การปรับปรุงพันธุ์กล้วยในประเทศไทยที่มีศักยภาพในการส่งออก ได้แก่ กล้วยหอมทอง กล้วยเล็บมือนาง กล้วยไข่ ให้ได้พันธุ์ที่มีจำนวนหวีต่อเครือมากขึ้น การเรียงตัวของหวีเป็นระเบียบ การมีขั้วเหนียวไม่หลุดง่าย การทนทานต่อโรค และการพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เพื่อการส่งออกกล้วย (เดช วัฒนชัยยิ่งเจริญ , 2541)

2. พันธุ์กล้วยเมืองไทย

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2498 ได้เริ่มมีการจำแนกชนิดกล้วยตามลักษณะทางพันธุกรรม โดยใช้จีโนม (genome) ของกล้วยเป็นตัวกำหนดในการแยกชนิด โดยกล้วยที่รับประทานกันอยู่ในปัจจุบันนี้จัดอยู่ใน section Eumusa ซึ่งถือกำเนิดมาจากกล้วยป่า 2 สายพันธุ์ คือ *Musa acuminata* และ *Musa balbisiana* กล้วยป่าทั้ง 2 ชนิดนี้มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบ Indo-Malayan กล้วยที่มีต้นกำเนิดมาจาก *Musa acuminata* มี genome ทางพันธุกรรมเป็น AA ส่วนจาก *Musa balbisiana* มี genome เป็น BB และกล้วยที่ได้จากลูกผสมของกล้วยทั้ง 2 ชนิดมี genome เป็น AB ABB AAB ABBB (Simmonds, 1966 อ้างถึงในนิตยา อัมรัตน์ , 2548) โดยในปี พ.ศ. 2523 – 2526 เบญจมาศ ศิลาย้อย และ ฉลองชัย แบบประเสริฐ แห่งภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ทำการสำรวจและรวบรวมพันธุ์กล้วยที่สถานีวิจัยปากช่องได้ทั้งหมด 323 สายพันธุ์ และเมื่อจำแนกชนิดแล้วพบว่ามีอยู่ 59 สายพันธุ์ (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2541)

กล้วยที่นิยมปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันมีดังนี้ (ฉลองชัย แบบประเสริฐ, 2541)

1) กล้วยจีโนม BB เช่น กล้วยตานี
2) กล้วยจีโนม AA เช่น กล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนาง
3) กล้วยจีโนม AAA เช่น กล้วยหอมทอง กล้วยหอมไต้หวัน

   กล้วยในกลุ่มไจแอนด์คาเวนดิช เช่น กล้วยหอมเขียว เขียวคอหัก หอมเขียวค่อม กล้วยหมูสี แกรนด์เนน วิลเลี่ยม กล้วยครั่งหรือกล้วยนาก และกล้วยไข่พระตะบองหรือไข่บอง
4) กล้วยจีโนม AAB เช่น กล้วยไข่ชุมแพ กล้วยร้อยหวี
5) กล้วยจีโนม ABB เช่น กล้วยน้ำว้าเหลือง กล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง กล้วยน้ำว้าขาว กล้วยน้ำว้าแดง กล้วยน้ำว้าค่อม กล้วยหักมุก กล้วยส้ม กล้วยตีบ
6) กล้วยจีโนม ABBB เช่น กล้วยเทพรส สังกิโว ปลีหาย พาโล

กล้วยหอมทอง *(Musa acuminata*, AAA group, Gros Michel subgroup, cultivar 'Hom Thong') มีลักษณะลำต้นสูงใหญ่แข็งแรง เครือใหญ่ ผลใหญ่ ลำต้นสูงประมาณ 2.5–3.5 เมตร เครือหนึ่งมี 4-6 หวี หวีละ 12-16 ผล ผลใหญ่ ปลายผลมีจุกชัดเจน เปลือกบาง เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีทอง แต่ที่ปลายจุกจะเปลี่ยนสีภายหลัง เนื้อสีเหลืองเข้ม กลิ่นหอม รสหวาน (สมรรถชัย ฉัตราคม, 2541)

3. การสุกของผลกล้วย

ผลกล้วยมีการเจริญเติบโตโดยมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ขนาด และน้ำหนัก รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ จนกระทั่งถึงระยะแก่ (maturation) ความแก่ของผลมีทั้งความแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturation) ซึ่งเป็นระยะที่ผลมีการเจริญเติบโตสูงสุดแล้วหลังจากระยะนี้ผลจะมีการเปลี่ยนแปลงต่อไปสู่การเสื่อมสภาพ (senescence) และความแก่ทางการค้า (commercial maturation) เป็นระยะการเจริญเติบโตของผลถึงระยะใดระยะหนึ่งก็ตามที่ตลาดนั้นต้องการ ซึ่งอาจเป็นระยะผลยังอ่อน ระยะที่แก่พอดี ระยะแก่จัดเกือบสุก ระยะผลสุก หรือระยะเสื่อมสภาพ ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการแก่และการสุกโดยเป็นการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ชักนำให้เกิดการเสื่อมสภาพของพืช ที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ (จริงแท้ ศิริพานิช , 2546) ส่วนการสุกเป็นระยะที่เกิดขึ้นภายหลังผลมีการพัฒนาเต็มที่และมีคุณภาพเหมาะสำหรับในการบริโภคโดยในระหว่างการสุก ผลจะมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีหลายอย่าง ได้แก่ การเปลี่ยนสีของเปลือก เนื่องจากการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll breakdown) และมีการสร้างแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ขึ้น อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของเอทิลีนภายในผลและการผลิตเอทิลีนมากขึ้น การนิ่มลงของผล (fruit softening) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของผนังเซลล์ เช่น สารประกอบพวกเพกทิน (pectin) โมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตเปลี่ยนแปลงไป เช่น แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาล อัตราส่วนของน้ำตาลกับกรดเพิ่มมากขึ้น การผลิตสารระเหย (volatiles) การเปลี่ยนแปลงของเยื่อหุ้มเซลล์ การเปลี่ยนแปลงของรสชาติ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ภายในผล (Seymour, Taylor and Tucker, 1993)

จากรายงานการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าในผลไม้หลายชนิดเกิดการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อหรือการอ่อนนิ่มของผล เมื่อผลเริ่มเข้าสู่ระยะการสุก แอกทิวิตีของเอนไซม์ เช่น pectin methylesterrase (PME) และ polygalacturonase (PG) จะเพิ่มสูงขึ้นสัมพันธ์กับการลดลงของความแน่นเนื้อของผล และการเพิ่มขึ้นของปริมาณเพกทินที่ละลายน้ำได้ ซึ่งในผลกล้วยพบว่า ช่วงระหว่างที่เกิดกระบวนการสุก เอนไซม์ที่ย่อยสลายผนังเซลล์ (cell wall degrading enzymes) หลายชนิด จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ได้แก่ PG, cellulose และ xylanase (Srivastava and Dwivedi, 2000) และการนิ่มลงของเนื้อกล้วยเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผนังเซลล์ เนื่องจากเอนไซม์ PG และ PME เร่งปฏิกิริยาการสลายเพกทินในผนังเซลล์ให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้เพิ่มมากขึ้น (Lizada et al., 1990) และเกี่ยวข้องกับการสลายแป้งในเปลือกและผลกล้วยควบคู่กันไป (John and Marchal, 1995) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การลดลงของปริมาณแป้งซึ่งมีมากในเนื้อเยื่อและเปลือกกล้วยดิบในกล้วยหลายพันธุ์ มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับการเกิด

ลักษณะการอ่อนนิ่มของเนื้อเยื่อ กล่าวคือ เมื่อปริมาณแป้งลดลงการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อจะเพิ่มขึ้น (ประสาร ฉลาดคิด, 2536)

การสลายตัวของแป้งทำให้เกิดการสะสมของปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำและน้ำตาล (Loesecke, 1950) การสะสมน้ำตาลนี้เกิดขึ้นในเนื้อกล้วยมากกว่าในเปลือกกล้วยอย่างมาก เป็นผลให้ค่า osmotic potential ระหว่างเนื้อกล้วยและเปลือกกล้วยมีความแตกต่างกัน ทำให้มีการแพร่ของน้ำจากเปลือกกล้วยไปยังเนื้อกล้วย อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยรวมลดลงประมาณ 2-5% ระหว่างการสุก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการใช้น้ำตาลไปในกระบวนการหายใจ กระบวนการหายใจนี้ยังได้น้ำเป็นผลผลิตชนิดหนึ่ง ซึ่งเมื่อหักล้างกับการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำและกระบวนการย่อยสลายแป้งแล้วพบว่า ระหว่างการสุกของผลกล้วยมีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น (Palmer, 1971)

นอกจากนี้ผลของการสุกของกล้วยหอมอาจมีผลให้เกิดความเสียหายอื่นๆ อีก เช่น การเกิดโรค การรบกวนของแมลง เพื่อที่จะขจัดปัญหาเหล่านี้ จึงมีการคิดค้นวิธีการที่จะชะลอการสุกของผลกล้วยหอมทองขึ้นมา ได้แก่ การให้ความร้อนแก่กล้วยหอมทอง

การให้ความร้อนอาจมีผลยับยั้งปฏิกิริยาบางปฏิกิริยา ในการสุกของผลกล้วยหอมทอง สังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการ เช่น การอ่อนนิ่มลงของเนื้อผล การเพิ่มอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลกับกรด การเปลี่ยนสีของเปลือก การเพิ่มอัตราการหายใจและการสังเคราะห์เอทิลีน อาจถูกชะลอการเปลี่ยนแปลงดังที่ได้กล่าวมา ซึ่งเมื่อไม่นานมานี้ได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการยับยั้งการสุกโดยความร้อนซึ่งเกิดจากผลกระทบต่อเอทิลีน โดยพบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C สามารถชะลอการนุ่มลงของผลกล้วยหอมทองและยับยั้งการผลิตเอทิลีนของกล้วยหอมทองได้ (นวลกมล อำนวยสิน, 2550)

4. การเก็บเกี่ยว การบรรจุและการขนส่งผลกล้วยเพื่อการส่งออก

การเก็บเกี่ยวกล้วยมักนิยมทำเมื่อกล้วยอายุ 3-4 เดือนหลังจากออกดอก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของกล้วยด้วย (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545) โดยพิจารณาจากรูปร่างของกล้วยเป็นหลักโดยความแก่ของผลกล้วยจะมีความสัมพันธ์กับเหลี่ยมของผลกล้วยที่ลดลง ตลาดที่จะนำไปขายเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงเนื่องจากเกี่ยวข้องกับอายุการเก็บรักษาของผลกล้วย เช่น การส่งกล้วยไปขายยังต่างประเทศ ควรตัดผลกล้วยที่มีความแก่ประมาณ 70% ซึ่งอ่อนกว่ากล้วยที่ตัดขายในประเทศ นอกจากการสังเกตจากเหลี่ยมผลแล้ว ยังอาจจะอาศัยหลักเกณฑ์อื่นๆ ได้อีก เช่น การนับวันตั้งแต่กล้วยแทงช่อดอก การนับจากวันที่เริ่มเห็นหวีตีนเต่า อาการแห้งของขอบใบธง

อาการแห้งของดอกที่ติดปลายผล หรือความยาวผลกลางของหวีที่ 1 หรือ 2 (วิจิตร วังใน, 2530) แต่การนับวันเพียงอย่างเดียวอาจไม่แน่นอน เพราะอายุการเก็บเกี่ยวกล้วยในฤดูหนาว และฤดูร้อนไม่เท่ากัน ดังนั้นการเก็บเกี่ยวกล้วยควรพิจารณาจากหลายๆ อย่างประกอบกัน เพื่อจะช่วยควบคุมกล้วยให้มีความแก่ตามที่ตลาดต้องการได้ดียิ่งขึ้น

สำหรับการบรรจุกล้วยสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ในหมู่เกาะคานารีจะบรรจุในหีบห่อหรือกล่องกระดาษทรงสูง ทางฝั่งตะวันออกของแอฟริกานิยมห่อกล้วยเป็นเครือแยกจากกัน ใช้หญ้ากรุเพื่อป้องกันการกระทบแล้วหุ้มด้วยกระดาษมัดอย่างหนาแน่น ทางใต้ของแปซิฟิกจะบรรจุผลกล้วยเดี่ยวๆ ลงในกล่อง แต่ละกล่องหนักประมาณ 25-30 กิโลกรัม ในประเทศออสเตรเลียจะบรรจุลงในลังไม้หนัก 25 กิโลกรัม ในแต่ละลังจะเป็นกล้วยชนิดเดียวกัน ขนาดเดียวกัน ในลังกรุด้วยกระดาษให้มีช่องว่างอากาศระหว่างแผ่นไม้ แถบตะวันตกและแถบทะเลแคริบเบียนจะส่งกล้วยออกต่างประเทศโดยตัดออกเป็นหวีๆ แล้วบรรจุลงในกล่องกระดาษแข็งหรือหีบไม้น้ำหนักประมาณ 12.5 กิโลกรัม ซึ่งนับเป็นการบรรจุหีบห่อที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน การบรรจุกล้วยเป็นหวีๆ จะมีข้อเสีย คือ กล้วยจะสุกไม่สม่ำเสมอกัน อาจแก้ไขโดยการตัดหวีกล้วยดิบที่มีขนาดและอายุสม่ำเสมอกัน ส่วนข้อดี คือ ทำให้มีโอกาสเลือกกล้วยหวีดีๆ จากเครือขนาดเล็กซึ่งจัดว่าไม่ได้มาตรฐานสำหรับการส่งออกเป็นเครือ และช่วยลดน้ำหนักบรรทุกลง รวมทั้งไม่เปลืองเนื้อที่ (สณทรรศน์ นันทะไชย, 2541) อุณหภูมิที่ใช้ในการขนส่งจะอยู่ประมาณ 13-14 °C และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 85-90% (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545)

5. การยืดอายุการเก็บรักษาของกล้วย

เมื่อผลไม้กำลังเข้าสู่ระยะพัฒนาการขั้นสุดท้าย ผลจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาต่างๆ มากมาย เช่น สี กลิ่น รสชาติ น้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ การเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ทั้งนี้ การเจริญเติบโตจนถึงระยะสุดท้ายของผลชนิด climacteric จะขึ้นอยู่กับกระบวนการหายใจและกระบวนการสร้างเอทีลีน (Gionannoni, 2001) ซึ่งเอทีลีนนั้นจะมีบทบาทสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายโครงสร้างของเซลล์ มีผลให้เกิดการสูญสลายของคลอโรฟิลล์และโปรตีน เกิดกระบวนการ lipid peroxidation รวมทั้งเกิดการรั่วไหลของไอออนออกนอกเซลล์ด้วย (Gionannoni, 2001; Lelievre et al., 1997; Pandey et al., 2000)

กล้วยเป็นผลไม้ที่มีการหายใจแบบ climacteric เมื่อผลกล้วยเข้าสู่กระบวนการสุก จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีต่างๆ มากมาย และมีปัจจัยทั้งภายนอกและภายในที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้น รัชนิกุล วงศ์สุรไกร (2525) ได้ศึกษาผลของ ethephon ที่มีต่อการสุกของผลกล้วยหอม พบว่า ภายใน 3 วัน หลังจากการจุ่มสารละลาย ethephon ผลกล้วยหอมสุกพร้อมที่จะรับประทานได้ และมีเปอร์เซ็นต์ total soluble solids (TSS) เพิ่มขึ้น ส่วนความแน่นเนื้อ ปริมาณแป้ง ปริมาณ tannin และปริมาณคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ลดน้อยลง ขณะที่ในชุดการทดลองควบคุมผลกล้วยยังคงดิบอยู่ เนื่องจาก ethephon เป็นสารที่สามารถปลดปล่อยแก๊สเอทิลีน ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชที่เร่งการสุกของผลไม้ทำให้ผลกล้วยสุกได้เร็วขึ้น

การเก็บรักษากล้วยที่อุณหภูมิต่ำสามารถยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วยได้ แต่อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษากล้วยที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานอาจส่งผลต่อคุณภาพผลกล้วยได้ เช่น ในการศึกษาของพูนสุข ไชยตระกูลทรัพย์ (2525) พบว่า กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ กล้วยหอม และกล้วยหักมุกชนิดผิวเขียว เริ่มเกิดอาการ chilling injury (CI) ที่อุณหภูมิ 15 °C เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 7-9 วัน ที่อุณหภูมิ 10 °C จะเกิดอาการ CI เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 3-7 วัน ส่วนที่อุณหภูมิ 5 °C จะเกิดอาการ CI เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 2-3 วัน ส่วนกล้วยผิวเหลืองที่อุณหภูมิ 15 °C จะเกิดอาการ CI เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 2-4 วัน ที่อุณหภูมิ 10 °C เริ่มเกิดอาการ CI เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 2-3 วัน และที่อุณหภูมิ 5 °C จะเกิดอาการ CI เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 1-2 วัน โดยอาการ CI ที่เกิดขึ้นกับกล้วยชนิดต่างๆ ได้แก่ ผิวหม่นขาว ผิวสีคล้ำหรือน้ำตาลคล้ำ ผิวมีจุดบุ๋ม ผิวเป็นสีน้ำตาลเป็นทางยาวและเป็นเส้นสีน้ำตาล เนื้อกล้วยเป็นไตแข็งและสุกไม่เป็นปกติ เนื้อช้ำ และไส้กลางผลแข็ง เมื่อเก็บรักษาไว้นานการสูญเสียน้ำจะเพิ่มขึ้น และในผลกล้วยที่เกิดอาการ CI รุนแรงจะมีเปอร์เซ็นต์ TSS ต่ำมาก จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลกล้วยไข่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (จิตรา ตระกูลน่าเลื่อมใส, 2541) พบว่า การตกกระของผลกล้วยไข่เกิดขึ้นในระยะสุดท้ายของการสุก ซึ่งระยะนี้ปริมาณ total phenolic compound ปริมาณ chlorogenic acid การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล การสร้างเอทิลีน การหายใจ การอ่อนนุ่มของผล การพัฒนาของสีเปลือก รวมทั้งแอกทิวิตีของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) เพิ่มขึ้น ส่วนการเก็บผลกล้วยไข่สุกที่ยังไม่เกิดการตกกระที่อุณหภูมิ 12-18 °C ระยะเวลา 8 วัน หรืออุณหภูมิ 12 °C ระยะเวลา 4 วัน แล้วย้ายมายังอุณหภูมิห้อง สามารถลดหรือชะลอการตกกระของผลกล้วยไข่ได้ โดยเฉพาะผลกล้วยไข่สุกที่ได้รับอุณหภูมิ 12 °C สามารถชะลอการตกกระได้อย่างน้อย 8 วัน ส่วนผลกล้วยไข่ที่ได้รับอุณหภูมิ 12 °C ภายหลังการตกกระเกิดขึ้นแล้ว ไม่สามารถชะลอการตกกระต่อไปได้ ผลกล้วยไข่ที่ได้รับอุณหภูมิต่ำมีปริมาณ total phenolic compound และ ปริมาณ chlorogenic acid ต่ำ การเปลี่ยน

แป้งเป็นน้ำตาล การสร้างเอทิลีน การหายใจ การอ่อนนุ่มของผล และการพัฒนาของสีเปลือกเกิดขึ้นช้า ในขณะแอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้น

ปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อพัฒนาการการสุกของกล้วยคือ สารควบคุมการเจริญ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของผลกล้วยเมื่อสุก จากการศึกษาของ Desai and Deshapande (1978) (อ้างถึงใน สุวณิช ปัทมโยธิน , 2525) พบว่า การใช้ abscissic acid (ABA) และ indole acetic acid (IAA) สามารถเร่งการสุกของผลกล้วยได้ ในขณะที่ gibberellic acid (GA) มีแนวโน้มชะลอการสุกของผลกล้วย แต่ในการศึกษาของสุวณิช ปัทมโยธิน (2525) พบว่า การจุ่มผลกล้วยหอมทองในสารละลาย GA ที่มีความเข้มข้นต่างๆ ก่อนเก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วนำออกวางไว้ที่อุณหภูมิ 28 °C อีก 2 สัปดาห์ พบว่า การใช้ GA ไม่มีผลต่อช่วงเวลาการสุก ปริมาณ TSS และการสูญเสียน้ำหนักสด เมื่อเทียบกับชุดการทดลองควบคุม ส่วนการใช้สารละลาย NAA ที่มีความเข้มข้น 600 ppm และ 1,200 ppm จะเร่งให้ผลกล้วยหอมทองสุกในเวลาเฉลี่ย 13.7 วัน ภายหลังการให้ NAA ขณะที่กล้วยปกติที่ไม่ได้รับ NAA จะสุกในเวลาเฉลี่ย 15.4 วัน สุภาพรรณ ธรรมสุวรรณ (2539) ศึกษาผลของ GA ต่อความแข็งแรงของขั้วและคุณภาพในด้านอื่นๆ ของผลกล้วยหอมทองพันธุ์แกรนด์แนน พบว่า ผลกล้วยที่ทาขั้วผลด้วย GA มีขั้วผลที่แข็งแรงขึ้นและสีเขียวเข้มกว่าพวกที่ไม่ได้ทา GA โดยกล้วยหอมทองที่ทาขั้วผลด้วย GA ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm มีขั้วผลที่แข็งแรงมากที่สุด และไม่พบผลของ GA ที่มีต่อคุณภาพของกล้วยหอมทองในด้านอื่นๆ

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการสุกและการหลุดร่วง ของผลกล้วย (finger drop) ของกล้วยในระหว่างการเก็บรักษา โดย อภิวรา ประยูรวงศ์ (2542) พบว่า กล้วยไข่ที่วางให้สุกที่อุณหภูมิ 25 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 90% มีคุณภาพการสุกที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผลกล้วยไข่ที่วางไว้ที่อุณหภูมิ 22 °C และ 28 °C โดยพิจารณาจากสีเปลือก การชิมและกลิ่นผิดปกติ และปริมาณ total sugar ปริมาณ TSS ของเนื้อผลกล้วย และกล้วยไข่ที่วางไว้ให้สุกที่อุณหภูมิสูงมีการเกิด finger drop มากกว่ากล้วยไข่ที่วางไว้ให้สุกที่อุณหภูมิต่ำ

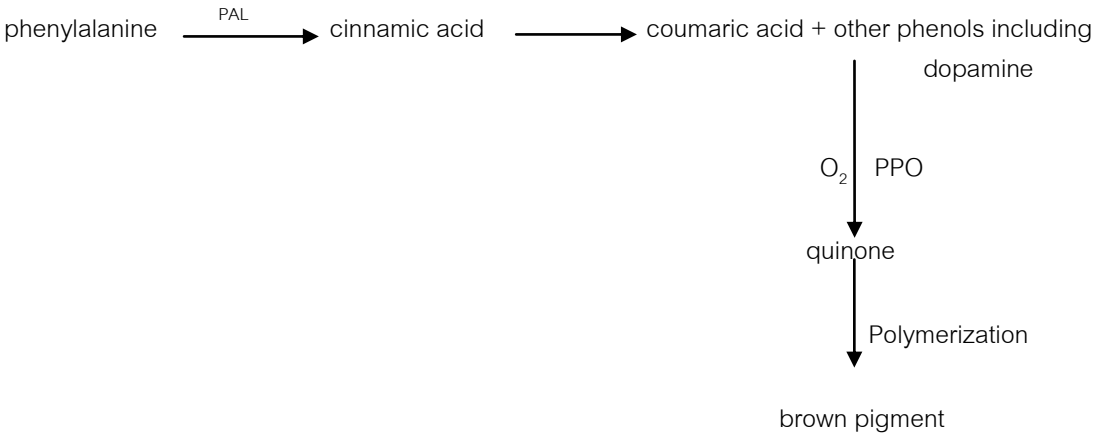
นอกจากนี้ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ก็มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของกล้วยเช่นกัน ดุษณี กู้ประสงค์ (2527) ได้ศึกษาผลของพลาสติกอย่างหนาและอย่างบาง และสารดูดแก๊สเอทิลีน (ด่างทับทิม) ที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลกล้วยหอมทอง ซึ่งมีความแก่ประมาณ 90% โดยเก็บรักษากล้วยที่อุณหภูมิห้อง พบว่า กล้วยที่บรรจุในถุงพลาสติกอย่างหนาประมาณ 0.045 มิลลิเมตร โดยมีด่างทับทิมอยู่ด้วย สามารถยืดอายุการเก็บรักษากล้วยได้นานที่สุด 15 วัน และสามารถสุกเป็นปกติเมื่อนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง ขณะที่ผลกล้วยในชุดการทดลองควบคุม มีอายุการเก็บ

รักษาเพียง 7 วัน ส่วนกล้วยที่บรรจุในถุงพลาสติกอย่างบางประมาณ 0.039 มิลลิเมตร ทั้งที่มีด่างทับทิมและไม่มีด่างทับทิม และกล้วยที่บรรจุในถุงพลาสติกอย่างหนาให้ผลใกล้เคียงกัน คือ มีอายุการเก็บรักษา 12 วัน และเมื่อนำออกมาจากถุง มีการสุกผิดปกติ คือ มีสีเขียวอมเหลือง คล้ำ ช้ำ และเน่าดำในที่สุด เป็นผลให้ไม่สามารถนำไปใช้เพื่อการบริโภคได้ในที่สุด

6. การเกิดอาการสะท้านหนาวของผลกล้วย

Chilling injury (CI) หรือความเสียหายจากอุณหภูมิต่ำที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว มีสาเหตุมาจากการเก็บรักษาผลผลิตไว้ที่อุณหภูมิต่ำแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง ผลกล้วยจะเกิดความเสียหายจากอุณหภูมิต่ำได้ง่าย อาการที่พบได้แก่ เปลือกเกิดรอยสีน้ำตาลหรือสีดำคล้ำ ซึ่งเกิดจากการเกิด oxidation ของสารประกอบฟีนอลิกในท่อลำเลียง (John and Marchal, 1995) และอาจเกิดรอยบุ๋มบริเวณเปลือกด้วยเนื่องจากการตายของเซลล์ หรือมีการสุกผิดปกติ เช่น การชะลอระยะ climacteric (Murata, 1969) การลดการผลิต volatiles (Mattei and Pailiard, 1973 อ้างถึงใน Turner, 1997) ปริมาณ TSS ต่ำ (พูนสุข ไชยตระกูลทรัพย์ , 2525) เนื้อแข็งและฝาด (Olorunda et al., 1978 อ้างถึงใน John and Marchal, 1995) ไส้กลางผลแข็งเนื่องจากการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลช้าลง (Barnel, 1945 อ้างถึงใน เบญจมาศ ศิลาย้อย , 2534) และปริมาณ tannins เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ของผลกล้วยปกติ

สำหรับการเกิดสีน้ำตาลในเนื้อเยื่อพืชทั่วไปในขณะที่เกิด CI เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ที่สำคัญ 3 ชนิด คือ phenylalanine ammonia lyase (PAL) ที่สามารถทำปฏิกิริยาดึงเอาหมู่อะมิโนออกจาก phenylalanine ซึ่งเป็นโมเลกุลของสารตั้งต้น (precursor) ในการสร้างสารประกอบฟีนอลิกอื่นๆ ได้เป็น cinnamic acid แล้วจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบฟีนอลอื่นๆ เช่น coumaric acid chlorogenic acid และ caffeic acid เป็นต้น (Vickery and Brain, 1981 อ้างถึงใน รุจิรา เชื้อหอม , 2541) จากนั้นเอนไซม์ PPO และ peroxidase (POD) จะเปลี่ยนโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลเป็นสาร quinone ซึ่งเป็นสารที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ สาร quinone จะรวมตัวเป็นโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในที่สุด (melanins) (จริงแท้ ศิริพานิช , 2546)



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเกิดสีน้ำตาลในเนื้อเยื่อของพืช

(ดัดแปลงจาก จินตนา จันทร์เจริญฤทธิ์, 2545)

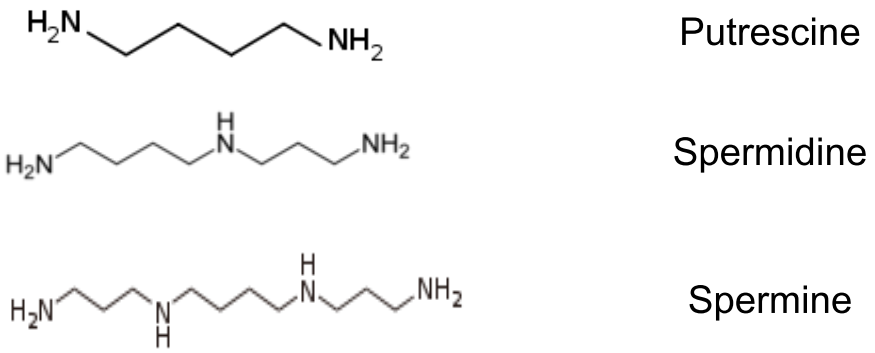
ในพืช เอนไซม์ PPO จะถูกสร้างขึ้นในนิวเคลียส และถูกส่งไปยังไซโตพลาสซึม จากนั้นจะถูกส่งต่อไปยังคลอโรพลาสต์ (Martinez and Whitaker, 1995 อ้างถึงใน รุจิรา เชื้อหอม , 2541) โดยพบใน thylakoid membrane ของคลอโรพลาสต์ และส่วนอื่นๆ ใน non-green plastid รวมทั้งในบางครั้งอาจพบในไมโทคอนเดรีย ไมโครบอดี หรือที่ผนังเซลล์ (Marques et al., 1995 อ้างถึงใน รุจิรา เชื้อหอม , 2541) การยับยั้งไม่ให้เกิดสารสีน้ำตาลทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงแอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO ได้แก่ การลดปริมาณ O_2 และการใช้ reducing agent เช่น ascorbic acid เป็นต้น

สาเหตุของการเกิดอาการสะท้านหนาวนั้น เนื่องจากองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง ทำให้การทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์นั้นผิดปกติไป การควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆ นั้นเสื่อมลง ทำให้ substrate มีโอกาสสัมผัสกับเอนไซม์ได้โดยขาดการควบคุมการทำงาน (จริงแท้ ศิริพานิช , 2546) นั่นคือ O_2 และเอนไซม์ PPO สามารถแพร่ผ่านเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลิกทำให้เกิดสารสีน้ำตาลขึ้น (ภาพที่ 1) ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกดังกล่าวส่วนใหญ่คือ dopamine (3,4-dihydroxy phenylethyl amine) นอกจากนี้ยังพบอีกว่าในกล้วยที่เกิด CI มีการสังเคราะห์ chlorogenic acid และ D-catechin เพิ่มขึ้น ซึ่งสารฟีนอลทั้งสองชนิดนี้จะถูก oxidize เป็นสีน้ำตาลโดยเอนไซม์ PPO เช่นกัน (Pantastico et al., 1990)

7. พอลิเอมีน

พอลิเอมีน (polyamines) เป็นสารประกอบตามธรรมชาติที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ มีความสำคัญในกระบวนการเจริญเติบโตและพัฒนาการของสิ่งมีชีวิต สารประกอบพอลิเอมีนมีอยู่

หลายชนิดด้วยกัน แต่มีอยู่ 3 ชนิดที่พบเป็นจำนวนมาก ได้แก่ putrescine spermine และ spermidine (ภาพที่ 2) ซึ่งสิ่งมีชีวิตต่างๆ มีความจำเป็นต้องบริโภคอาหารที่มีสารประกอบพอลิเอมีนเหล่านี้ putrescine พบมากในผัก ผลไม้ spermine พบมากในผักใบเขียว ส่วน spermidine พบมากในเนื้อสัตว์ (Bardocz et al., 1995) นอกจากนี้สารประกอบพวกพอลิเอมีนยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของนม ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของทารกเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต (Loser, 2000) นอกจากนี้ ในประเทศอังกฤษ ได้มีการศึกษาถึงความต้องการปริมาณพอลิเอมีนต่อการเจริญเติบโตของมนุษย์ พบว่ามนุษย์ต้องการพอลิเอมีนจากอาหารอย่างน้อย 350-500 ไมโครโมลต่อคนต่อวัน (Valero, Martinaz-Romero and Serrano, 2002)



ภาพที่ 2 สารประกอบพอลิเอมีนชนิดต่างๆ

ในอดีตที่ผ่านมาได้มีการศึกษาถึงกระบวนการทำงานของสารประกอบพอลิเอมีนชนิดต่างๆ และพบว่าสารประกอบพอลิเอมีนมีความเกี่ยวข้องในการป้องกันการเกิดความเครียด (stress) ของสิ่งมีชีวิตได้ ในผลไม้พบว่าสารประกอบพอลิเอมีนสามารถป้องกันการเกิด senescense ได้ ซึ่งสารประกอบพอลิเอมีนช่วยชะลอการเปลี่ยนสี (color change) เพิ่มความแน่นเนื้อ (fruit firmness) ชะลอการสร้างเอทิลีนและลดการหายใจ เช่น ใน olive (Rugini and Mencuccini, 1985) แอปเปิ้ล (Costa, Biasi and Bagni, 1986) และ ลิ้นจี่ (Stern and Gazit, 2000) นอกจากนี้ สารประกอบพอลิเอมีนสามารถลดการเกิด CI ในผลไม้ด้วย (Valero et al., 1999) นอกจากนี้ สารประกอบพอลิเอมีนยังมีบทบาทในการป้องกันการเกิดความเครียดที่เกิดจากภาวะแวดล้อมต่างๆ ในส่วนอื่นของพืชได้อีก เช่น ความเครียดจากความเค็ม (Chattopadahayay et al., 2002) เป็นต้น

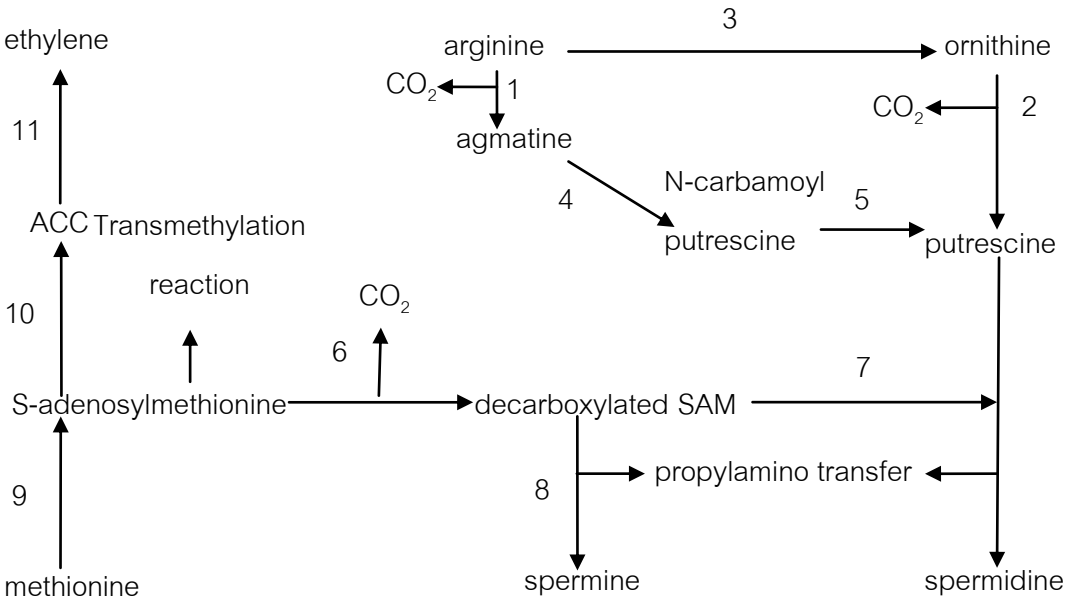
การเกิด CI ในผลไม้สามารถชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ membrane โดยทำให้ membrane permeability เปลี่ยนแปลงไป ถ้าผลไม้เกิดอาการ CI จะตอบสนองโดยการสร้างสารประกอบพอลิเอมีนชนิดต่างๆ ขึ้น (Boucherdeau et al., 1999) ซึ่งที่ผ่านมาได้มีการศึกษา

และพบว่า putrescine สามารถป้องกันการเกิด CI ในมะเขือเทศ (Kim et al., 2002) ในขณะที่ spermidine สามารถป้องกันการเกิด CI ในแตงกวา (Shen, Nada and Tachibana , 2000) และ zucchini (Martinez-Tellez et al., 2002)

8. การสังเคราะห์พอลิเอมีน

ในพืชชั้นสูงและแบคทีเรียสามารถสังเคราะห์สารประกอบพอลิเอมีนชนิดต่างๆ ได้ โดย putrescine จะถูกสังเคราะห์จากสารตั้งต้น 2 ชนิด ได้แก่ ornithine โดยเอนไซม์ ornithine decarboxylase (ODC) และจาก arginine โดยเอนไซม์ arginine decarboxylase (ADC) ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและราจะสามารถสังเคราะห์ putrescine ได้จาก ornithine โดย ODC เพียงอย่างเดียว (Walters, 2000) นอกจากนี้ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าในพืชและสัตว์ ODC จะอยู่ในไซโตพลาสซึมและนิวเคลียส (Voigt, Deinert and Bohley, 2000) ส่วน ADC จะพบแต่ในพืชบริเวณ thylakoid membrane (Borrell et al., 1995)

การสังเคราะห์ spermidine และ spermine จะถูกสังเคราะห์โดยเอนไซม์ aminopropyltransferase, spermidine synthase และ spermine synthase ตามลำดับ (ภาพที่ 3) ซึ่งหมู่ aminopropyl จะถูกสังเคราะห์โดยกระบวนการ decarboxylation ของ S-adenosylmethionine (SAM) โดยการเร่งปฏิกิริยาจากเอนไซม์ AdoMet decarboxylase (AdoMetDC) (Walters, 2003)



รูปที่ 3 กระบวนการสังเคราะห์สารประกอบพอลิเอมีน

1, arginine decarboxylase (ADC); 2, ornithine decarboxylase (ODC); 3, arginase;
4, agmatine iminohydrolase; 5, N-carbamoyl putrescine amidohydrolase;
6, SAM decarboxylase (SAM DC); 7, spermidine synthase; 8, spermine synthase;
9, SAM synthase; 10, ACC synthase; 11, ACC oxidase
(ดัดแปลงมาจาก Boucherdeau et al., 1999)

ในการสังเคราะห์พอลิเอมีนในเซลล์พืชและสัตว์นั้น มีผลในการชะลอการเกิดการเสื่อมถอยของพืช (senescence) ได้ เนื่องจากในการสังเคราะห์ spermidine และ spermine จะมี SAM เป็นตัวให้หมู่ aminopropyl และถูกเร่งปฏิกิริยาจากเอนไซม์ AdoMetDC (Walters, 2003) ซึ่งเมื่อมีการให้สารพอลิเอมีนเข้าไปเพื่อกระตุ้นการสังเคราะห์ spermidine และ spermine แล้วจะทำให้ SAM เร่งในการให้หมู่ aminopropyl เพื่อสังเคราะห์สารพอลิเอมีนดังกล่าวมากขึ้น ในขณะเดียวกัน SAM ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารตัวกลาง (intermediate) ในกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีนก็จะถูกยับยั้งในการเปลี่ยนเป็น 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) โดยพอลิเอมีนจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ACC synthase จนสุดท้ายในการสังเคราะห์เอทิลีนก็จะถูกยับยั้งลงในที่สุด (Yahia, Contreras-Padilla and Gonzalez-Aguilar, 2001)

ปัจจุบันมีความตื่นตัวในการวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตพอลิเอมีนในไซยาโนแบคทีเรียมากขึ้น ซึ่งทำให้มีการเพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรีย ในเชิงพาณิชย์และเชิงอุตสาหกรรม เป็นปริมาณมาก

(Spolaore et al, 2006) และราคาถูก การวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมที่เลี้ยง เช่น โภชนาการหรือสารอาหาร (Geny et al, 1997) ออสโมซิส ความเค็ม (Jantaro et al, 2003) ความแห้งแล้ง (Boucherdeau et al, 1999) และความร้อน (Roy and Ghosh, 1996) ในสาหร่ายสีเขียว *Ulva fasviata* พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงไปในอาหารเลี้ยงเซลล์ 5% จะสามารถเพิ่มการสะสมพอลิเอมีนภายในเซลล์ถึงประมาณ 3 เท่า (Lee and Chen, 1998) เป็นต้น

สำหรับในประเทศไทย มีรายงานการศึกษาพอลิเอมีนในไซยาโนแบคทีเรียอย่างต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 ซึ่งมีรายงานการค้นพบ spermine ในไซยาโนแบคทีเรียที่เจริญภายใต้สภาวะเครียดเนื่องจากเกลือและน้ำตาลเป็นครั้งแรกโดย Jantaro et al (2003) ซึ่งศึกษาติดตามผลของยีนที่เข้ารหัสเอนไซม์ ADC ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในวิถีการสังเคราะห์พอลิเอมีนตัวแรกและปริมาณเอนไซม์ ADC ที่เปลี่ยนไปเมื่อเซลล์อยู่ภายใต้ภาวะกดดันดังกล่าว จากนั้นได้ศึกษาผลกระทบของภาวะกดดันของสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนไปต่อการสังเคราะห์พอลิเอมีน (Jantaro et al, 2005; Incharoensakdi et al, 2010) รวมทั้งการศึกษาโมเดลโครงสร้างของ ADC (Jantaro et al, 2006) ซึ่งพอลิเอมีนที่ผลิตได้จากไซยาโนแบคทีเรียนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในทางการเกษตรได้เช่นเดียวกับพอลิเอมีนสังเคราะห์ เช่น การนำมาประยุกต์ใช้ในการยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของพืชผัก ผลไม้ และการเพิ่มประสิทธิภาพเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Abed, Dobretsov and Sudesh, 2009)

9. บทบาทของพอลิเอมีนในการสุกของผลไม้

พอลิเอมีนมีบทบาทสำคัญในการช่วยชะลอกระบวนการสุกของพืชผลที่เกิดจากการสังเคราะห์เอทิลีนได้ (Pandey et al., 2000) โดยพอลิเอมีนจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ACC synthase ที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลง SAM จนได้เป็นเอทิลีนซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ตัวสุดท้ายของปฏิกิริยา (Yahia et al., 2001) มีการศึกษา พบว่ามะเขือเทศสามารถสร้างสารประกอบพอลิเอมีนได้ในปริมาณสูง ซึ่งจะมีผลให้มีการสังเคราะห์เอทิลีนได้ในปริมาณต่ำและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น (Dibble, Davies and Mutschler, 1988) นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการเพิ่มปริมาณของ putrescine และ spermine สามารถชะลอการสังเคราะห์เอทิลีนจากการเกิดบาดแผลในลูกพลัมได้ (Perez-Vicente et al., 2002) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาใน damsom plum พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณ putrescine และ spermidine เข้าไปใน damson plum จะสามารถลดการสังเคราะห์ของเอทิลีนได้ (Dios, Matilla and Gallardo, 2006) ในขณะที่การเพิ่ม

ปริมาณ spermidine จากการเกิดบาดแผลในมะนาวสามารถชะลอการสังเคราะห์เอทิลีนได้เช่นกัน (Martinez-Romeo et al., 1999) ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าสารประกอบพอลิเอมีนสามารถช่วยชะลอการสังเคราะห์เอทิลีน นอกจากนี้ การศึกษาในผลแครอท พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณ putrescine เข้าไปในผลของแครอท ซึ่ง putrescine จะสามารถลดการสังเคราะห์เอทิลีนให้น้อยลงได้ (Andersen, Bastola and Minocha, 1998) อย่างไรก็ตามมีผลไม้บางชนิด เช่น cherimoya (Escribano and Merodio, 1994) และ melon (Martinez-Madrid, Flores and Romojaro, 2002) พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณ putrescine เข้าไปในผลไม้ดังกล่าว อาจไม่สามารถช่วยชะลอการสังเคราะห์เอทิลีนได้ ทั้งนี้คาดว่าอาจต้องใช้สารประกอบพอลิเอมีนชนิดอื่นๆ เข้าไปด้วยถึงสามารถชะลอการสังเคราะห์เอทิลีน (Dios et al., 2006) ซึ่งเอทิลีนเป็นฮอร์โมนที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาการสุกของพืชผลชนิดต่างๆ จากการที่พืชได้รับความเครียดจากภายนอกได้ ทั้งนี้การที่พอลิเอมีนชนิดต่างๆ สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาต่างๆ ดังที่กล่าวมาสามารถอธิบายได้ว่าเมื่อโครงสร้างของเซลล์เกิดการย่อยสลาย สารประกอบพอลิเอมีนซึ่งมีประจุเป็นบวก (Messiaen, Cambier and Van Cutsem, 1997) สามารถไปจับกับหมู่คาร์บอกซิลของ pectic substances บนผนังเซลล์ได้ จากนั้นจะทำให้โครงสร้างของเซลล์แข็งแรงขึ้น พวกเอนไซม์ชนิดต่างๆ เช่น pectinmethylesterase (PME) pectinesterase (PE) และ polygalacturonase (PG) ไม่สามารถเข้าไปย่อยสลายได้ (Valero et al., 1999) นอกจากนี้ สารประกอบพอลิเอมีนสามารถทำให้โครงสร้างเซลล์แข็งแรงขึ้น และช่วยให้พืชชนิดต่างๆ สามารถปรับปรุงกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ดีอีกด้วย (Lester, 2000 อ้างถึงใน Bouchereau et al., 1999)

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. พืชทดลอง

ผลกล้วยหอมทอง (*Musa acuminata*, AAA group, Gros Michel subgroup, cultivar 'Hom Thong') ที่มีอายุ 60 วันหลังการตัดปลีจากสวนกล้วยหอมทองของเกษตรกรจังหวัดปทุมธานี

2. วัสดุอุปกรณ์

2.1 อุปกรณ์

เครื่องวัดการดูดกลืนแสง รุ่น 8453E (Agilent, Germany)

เครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ รุ่น UNIVERSAL 32R (Hettich, Germany)

เครื่องวัดความนำไฟฟ้า รุ่น 09-328 (Fisher Scientific, USA)

เครื่อง autoclave รุ่น TC-459 (Ta Chang, Taiwan)

ตู้เย็นอุณหภูมิ -80 °C

ตู้ทำความเย็น

อ่างน้ำ

เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง

เครื่องวัดค่าความแน่นเนื้อ รุ่น FHR-1 (Nippon, Japan)

เครื่องเขย่าผสมสาร (vortex mixer)

เครื่องวัดปริมาณ total soluble solids รุ่น N-1E (Atago, Japan)

เครื่องวัดสี รุ่น CR-10 (Konica Minolta, Japan)

เครื่องเขย่าสาร (shaker)

เครื่อง HPLC รุ่น CTO-10AS VP (Shimadzu, Japan)

ขวดแก้วขนาด 25 และ 50 มิลลิลิตร (volumetric flask)

cork border

กระบอกฉีดยา ขนาด 3 มิลลิลิตร (syringe)

แผ่นกรองสาร (nylon membrane) เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 ไมครอน

ไมโครปิเปตและทิป (micropipette and tip)

หลอด eppendorf ขนาด 1.5 มิลลิลิตร

ถุงพลาสติกพอลิพรอพิลีนขนาด 7”x11”

มีดและเขียง

เทอร์โมมิเตอร์

นาฬิกาจับเวลา

อลูมิเนียมฟอยล์ (aluminium foil)

โกร่งบด

บีกเกอร์ (beaker)

หลอดทดลอง

2.2 **สารเคมี**

สารละลายพอลิเอมีนชนิดต่างๆ (putrescine spermine spermidine และ พอลิเอมีนจาก cyanobacteria สายพันธุ์ *Scytonema bohneri*)

สารวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (ภาคผนวก ก)

enzyme extraction buffer (ภาคผนวก ก)

สารวิเคราะห์แอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO (ภาคผนวก ก)

สารวิเคราะห์ปริมาณพอลิเอมีน (ภาคผนวก ก)

ไนโตรเจนเหลวสำหรับแช่แข็งและบดตัวอย่าง

3. วิธีการทดลอง

3.1 **ศึกษาผลของการจุ่มสารละลาย** putrescine spermine spermidine **และสารละลายพอลิเอมีนที่ได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ** 25 °C

3.1.1 คัดเลือกกล้วยหอมทองนำผลกล้วยหอมทองที่มีอายุ 60 วันหลังการตัดปลี โดยคัดผลให้มีขนาดเท่ากัน และสีเปลือกมีความสม่ำเสมอ นำมาตัดแบ่งออกเป็นแต่ละผล วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 6 ผล ซึ่งมีชุดการทดลองดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 จุ่มในน้ำกลั่น (ชุดการทดลองควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2 จุ่มในสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm
ชุดการทดลองที่ 3 จุ่มในสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 1 ppm
ชุดการทดลองที่ 4 จุ่มในสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 10 ppm

นำผลกล้วยไปจุ่มในสารละลายเป็นเวลา 5 นาที ทิ้งผลกล้วยให้แห้งและนำผลกล้วยในแต่ละการทดลองใส่ในถุงพลาสติกพอลิพรอพิลีนขนาด 7”x11” ที่ทำการเจาะรูไว้แล้ว จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C บันทึกผลการทดลองในวันที่ 0 และ 13 (หรือจนหมดอายุการเก็บรักษา)

3.1.2 วัดอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดโดยชั่งน้ำหนักผลกล้วยในแต่ละชุดการทดลองด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ซึ่งแสดงผลสัมพัทธ์กับน้ำหนักสดในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา โดยให้น้ำหนักในวันที่ 0 เป็น 100%

3.1.3 วัดการเปลี่ยนสีของเปลือกกล้วยด้วยเครื่องวัดสีเพื่อวัดค่าความสว่าง (L value) และค่าการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลือง (hue value) (รายละเอียดการเปรียบเทียบค่าระบุในภาคผนวก ก)

3.1.4 วัดความแน่นเนื้อ (firmness) ของผลกล้วยด้วยเครื่อง penetrometer โดยกดลงบนผลกล้วย จำนวน 3 ครั้งต่อผลในตำแหน่ง หัว กลาง และปลายของผล แปลงค่าความแน่นเนื้อที่ได้จากกิโลกรัมเป็นนิวตัน โดยคูณด้วย 9.807 (Kader, 1982 อ้างถึงใน จินตนา จันทร์เจริญฤทธิ์, 2545)

3.1.5 วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids; TSS) ในผลกล้วยหอมทอง โดยนำเนื้อกล้วยที่ปอกเปลือกออกมาบดด้วยโกร่ง และเติมน้ำกลั่นในอัตราส่วนเนื้อกล้วยกับน้ำกลั่น 1 : 1 แล้วนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่อง microcentrifuge ความเร็ว 8,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที นำสารละลายส่วนใสมาหยดลงบน refractometer แล้วอ่านค่าที่ได้เป็นองศา (°Brix)

ปริมาณ TSS = °Brix ที่อ่านได้ * 2 (dilution factor)

3.1.6 วิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS for windows (version 19) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.1.7 ทำการทดลองเหมือนในข้อ 3.1.1-3.1.6 แต่เปลี่ยนจากสารละลาย putrescine เป็น spermine spermidine และสารละลายพอลิเอมีนที่ได้จากไซยาโนแบคทีเรียตามลำดับ

3.1.8 คัดเลือกชุดการทดลองที่สามารถรักษาคุณภาพกล้วยหอมทองได้ดีที่สุดจากข้อ 3.1.7 เพื่อไปทำการศึกษาในหัวข้อถัดไป

3.2 ศึกษาผลของการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดจากไซยาโนแบคทีเรียต่อการลดการเกิด chilling injury ของกล้วยหอมทองได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 4 °C

3.2.1 ทำการคัดเลือกเช่นเดียวกับการทดลองในข้อ 3.1.1

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 6 ผล ซึ่งมีชุดการทดลองดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 จุ่มในน้ำกลั่น (ชุดการทดลองควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 จุ่มในสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดจากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้นที่สามารถรักษาคุณภาพผลกล้วยหอมทองได้ดีที่สุด

จากข้อ 3.1. 7

นำผลกล้วยไปจุ่มในสารละลายเป็นเวลา 5 นาที ทิ้งผลกล้วยให้แห้งและนำผลกล้วยในแต่ละการทดลองใส่ในถุงพลาสติกพอลิพรอพิลีนที่ทำการเจาะรูไว้แล้ว จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน บันทึกผลการทดลองในวันที่ 0 4 และ 8 (หรือจนหมดอายุการเก็บรักษา)

3.2.2 วัดการเปลี่ยนสีของเปลือกกล้วยเช่นเดียวกับการทดลองในข้อ 3.1.3

3.2.3 วัดการเกิด peel blackening บนเปลือกกล้วยโดยสังเกตการเกิดสีน้ำตาลหรือดำคล้ำบนเปลือกกล้วย แล้วให้คะแนนการเกิด CI ตามเกณฑ์ ดังนี้

1 คะแนน ไม่เกิดสีน้ำตาล หรือดำคล้ำของอาการ CI

2 คะแนน เกิดสีน้ำตาล หรือดำคล้ำของอาการ CI ประมาณ 1-20%

3 คะแนน เกิดสีน้ำตาล หรือดำคล้ำของอาการ CI ประมาณ 21-50%

4 คะแนน เกิดสีน้ำตาล หรือดำคล้ำของอาการ CI ประมาณ 51-80%

5 คะแนน เกิดสีน้ำตาล หรือดำคล้ำของอาการ CI ประมาณ 81-100%

(Promyou, Ketsa and Van Doorn, 2008)

3.2.4 วัดปริมาณการรั่วไหลของไอออนโดยชั่งเปลือกกล้วย 5 กรัม นำมาตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ด้วย cork border ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร แล้วนำเปลือกกล้วยไปใส่ลงในขวดแก้วที่ทำการใส่น้ำกลั่นลงไปแล้วจากนั้นนำขวดแก้วไปเขย่าโดยใช้เครื่องเขย่าสารที่ความเร็ว 100 ต่อนาที บันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงของไอออนที่รั่วไหลออกมาในช่วง 1 นาที (C_1) และ 60 นาที (C_{60}) ด้วยเครื่องวัดความนำไฟฟ้า (dS/m) จากนั้นนำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 121 °C ที่เครื่อง autoclave เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (C_T) แล้วคำนวณจากสูตร

เปอร์เซนต์การรั่วไหลของไอออน $= (C_{60}-C_1) / C_T *100$ (Fan and Sokorai, 2005)

3.2.5 วัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยชั่งเปลือกกล้วย 2 กรัม นำไปแช่ลงในไนโตรเจนเหลวทันทีและรวบรวมตัวอย่างเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -80 °C ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (Choi et al., 2006) (วิธีการวิเคราะห์โดยละเอียดระบุในภาคผนวก ก)

3.2.6 วัดแอกทิวิตีของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) โดยชั่งเปลือกกล้วย 1.5 กรัม นำไปแช่ลงในไนโตรเจนเหลวทันทีและรวบรวมตัวอย่างเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -80 °C ทำการวิเคราะห์แอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ Montgomery and Sgarbieri (1975) (วิธีการวิเคราะห์โดยละเอียดระบุในภาคผนวก ก)

3.2.7 วัดปริมาณการเปลี่ยนแปลงของพอลิเอมีนโดยชั่งเปลือกกล้วย 2 กรัม นำไปแช่ลงในไนโตรเจนเหลวทันทีและรวบรวมตัวอย่างเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -80 °C ทำการวิเคราะห์ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของพอลิเอมีนด้วยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ High Performance

Liquid Chromatography (HPLC) ของ Flores and Galston (1982) (วิธีการวิเคราะห์โดยละเอียดระบุในภาคผนวก ก)

3.2.8 วิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี independent t-test ด้วยโปรแกรม SPSS for windows (version 19) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

หมายเหตุ

1. การทดลองข้อ 3.1 ทำการทดลองในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 – พฤษภาคม พ.ศ. 2554
2. การทดลองข้อ 3.2 ทำการทดลองในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2554 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555
3. การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 23 – 27 °C
4. การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 2 - 6 °C

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. ผลของสารละลาย putrescine ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C

1.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด

จากการทดลองพบว่า ผลกล้วยในชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm 1 ppm และ 10 ppm เป็นเวลา 5 นาที มีเปอร์เซนต์น้ำหนักสดลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 4 และ ตารางที่ 1 ภาคผนวก) โดยในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 13 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C ไม่พบความแตกต่างทางนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

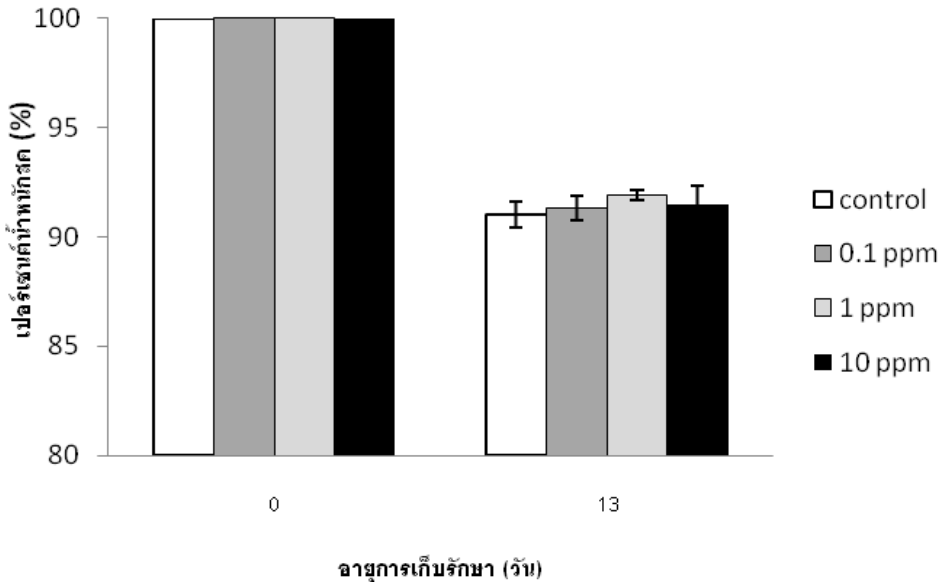
จากการทดลองพบว่า ค่าความสว่างของผลกล้วยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 13 ของการเก็บรักษาไม่พบความแตกต่างของความสว่าง (L value) (ภาพที่ 5 และ ตารางที่ 2 ภาคผนวก) ส่วนค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของผลกล้วยมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 6 และ ตารางที่ 3 ภาคผนวก) โดยผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 1 ppm ก่อนการเก็บรักษามีค่าการเปลี่ยนสีเปลือกลดลงน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่จุ่มสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 10 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นคือ ผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 1 ppm มีการพัฒนาเข้าสู่ช่วงของการสุกช้ากว่าชุดการทดลองอื่นๆ ที่อุณหภูมิ 25 °C

1.3 **ความแน่นเนื้อ**

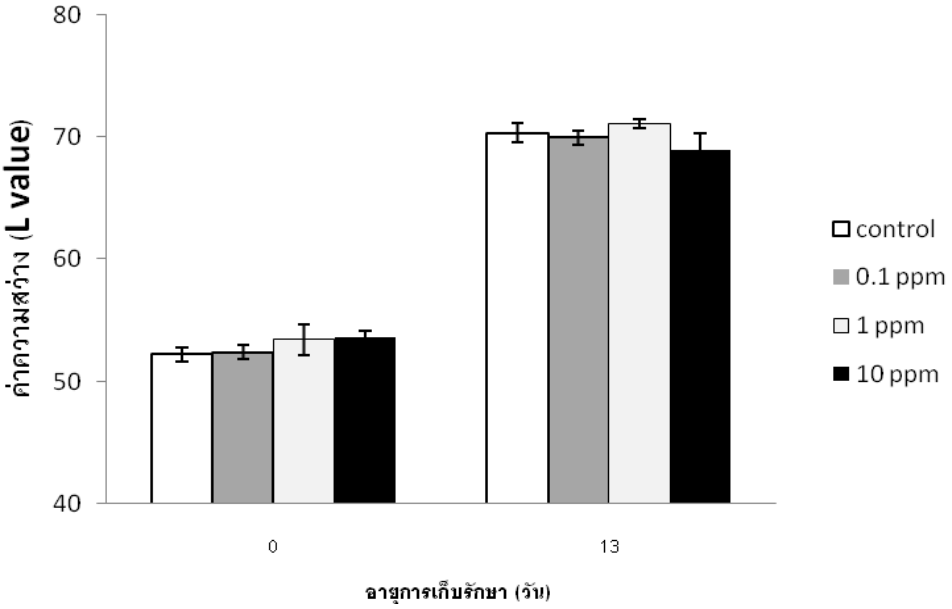
จากการทดลองพบว่า ผลกล้วยหอมทองมีการสูญเสียความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ที่อุณหภูมิ 25 °C (ภาพที่ 7 และ ตารางที่ 4 ภาคผนวก) โดยตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 13 ของการเก็บรักษา ผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 1 ppm ก่อนการเก็บรักษามีการสูญเสียความแน่นเนื้อน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่จุ่มสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 10 ppm ตลอดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.4 **ปริมาณ** TSS

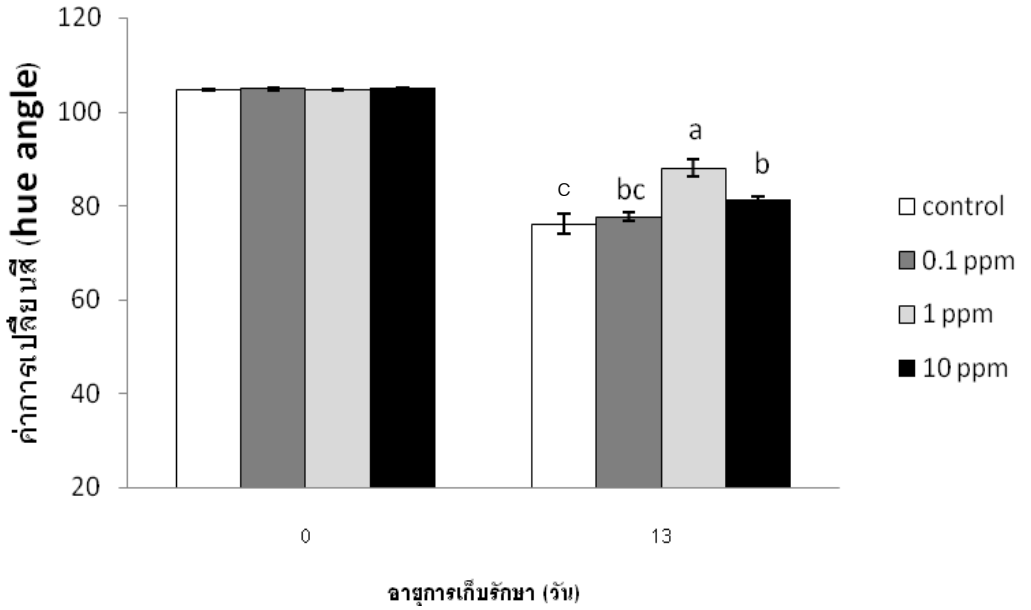
จากการทดลองพบว่า ผลกล้วยหอมทองมีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 8 และ ตารางที่ 5 ภาคผนวก) โดยในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 13 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C ผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 1 ppm ก่อนการเก็บรักษามีค่าปริมาณ TSS น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่จุ่มสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 10 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นคือ กล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 1 ppm สุกช้ากว่าชุดการทดลองอื่น



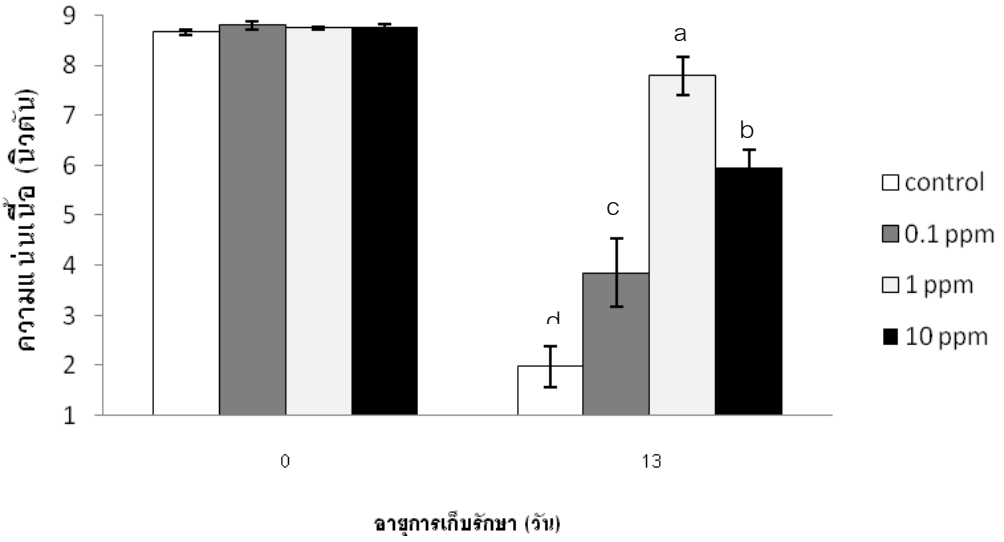
ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน



ภาพที่ 5 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

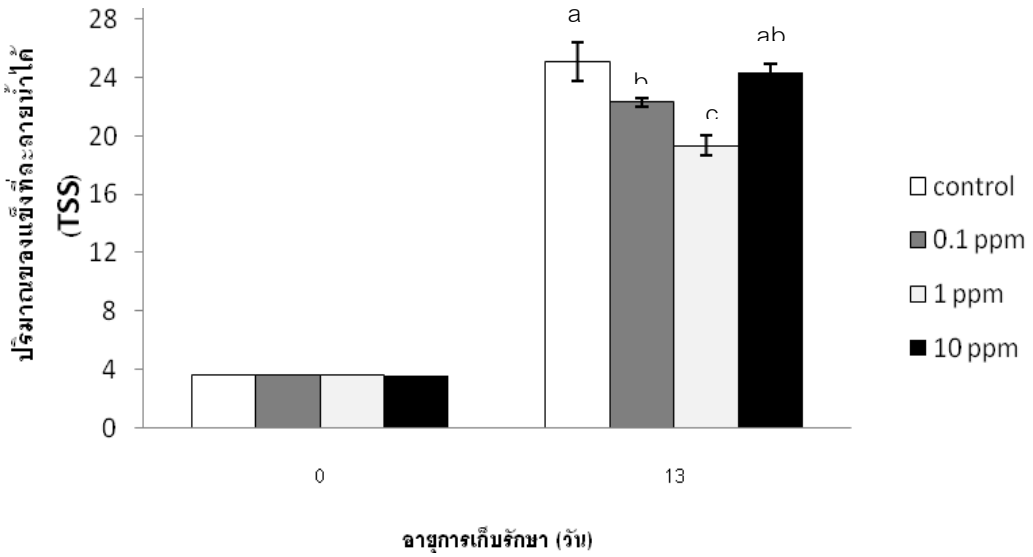


ภาพที่ 6 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน



ภาพที่ 7 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษเหนือแท่งกราฟแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 8 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษเหนือแท่งกราฟแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. ผลของสารละลาย spermine ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 25 °C

2.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด

จากการทดลองพบว่า ผลกล้วยในชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm 1 ppm และ 10 ppm เป็นเวลา 5 นาที มีเปอร์เซนต์น้ำหนักสดลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 9 และ ตารางที่ 6 ภาคผนวก) โดยผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ที่ทุกๆ ความเข้มข้นก่อนการเก็บรักษามีเปอร์เซนต์น้ำหนักสดมากกว่าชุดการทดลองควบคุมตลอดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นคือ ผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermine มีการสูญเสียน้ำหนักสดระหว่างการเก็บรักษาที่ 25 °C น้อยกว่ากล้วยหอมทองที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermine

2.2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

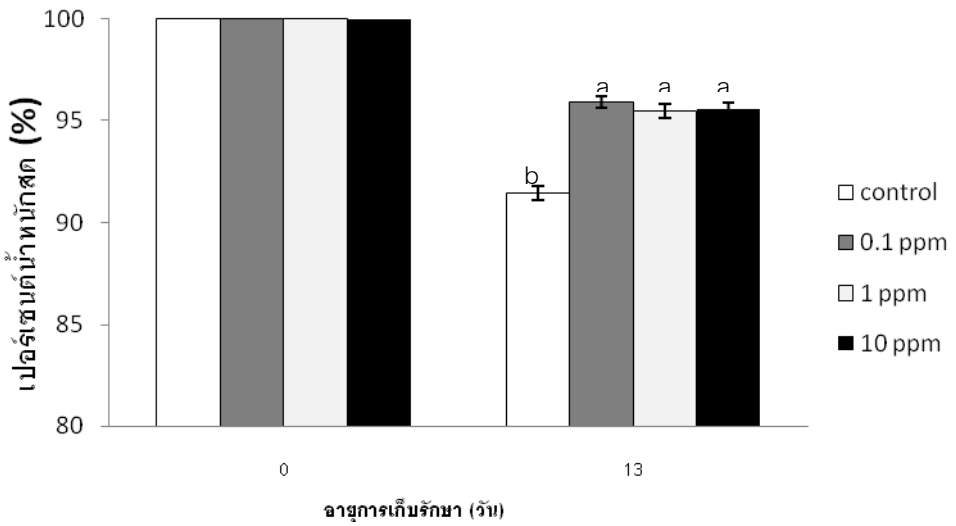
จากการทดลองพบว่า ในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 13 ค่าความสว่าง (L value) ของผลกล้วยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 10 และ ตารางที่ 7 ภาคผนวก) ส่วนค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของผลกล้วยมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 11 และ ตารางที่ 8 ภาคผนวก) โดยผลกล้วยชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermine และชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ที่ความเข้มข้นต่างๆ มีค่าความสว่างและค่าการเปลี่ยนสีไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.3 ความแน่นเนื้อ

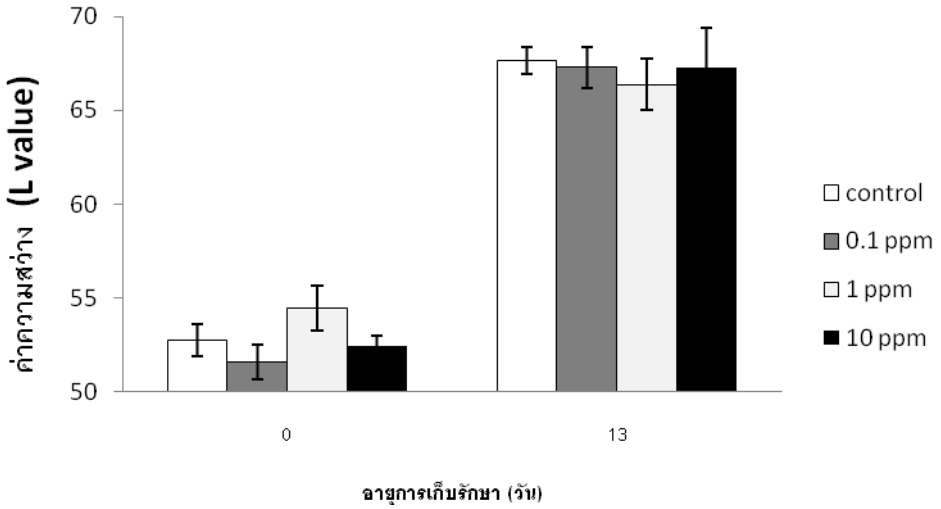
จากการทดลองพบว่า ผลกล้วยหอมทองมีการสูญเสียความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ที่อุณหภูมิ 25 °C (ภาพที่ 12 และ ตารางที่ 9 ภาคผนวก) โดยตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 13 ของการเก็บรักษา ผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ทุกๆ ความเข้มข้นก่อนการเก็บรักษามีการสูญเสียความแน่นเนื้อน้อยกว่ากว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ตลอดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.4 ปริมาณ TSS

จากการทดลองพบว่า ผลกล้วยหอมทองมีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 13 และ ตารางที่ 10 ภาคผนวก) โดยในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 13 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C ชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 1 ppm มีปริมาณ TSS น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ที่ความเข้มข้น 10 ppm ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับชุดการทดลองควบคุม

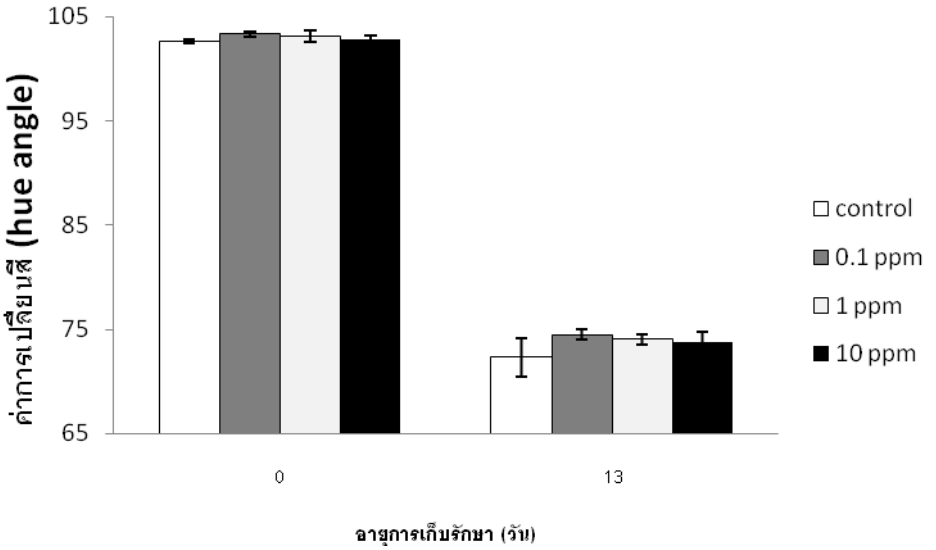


ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

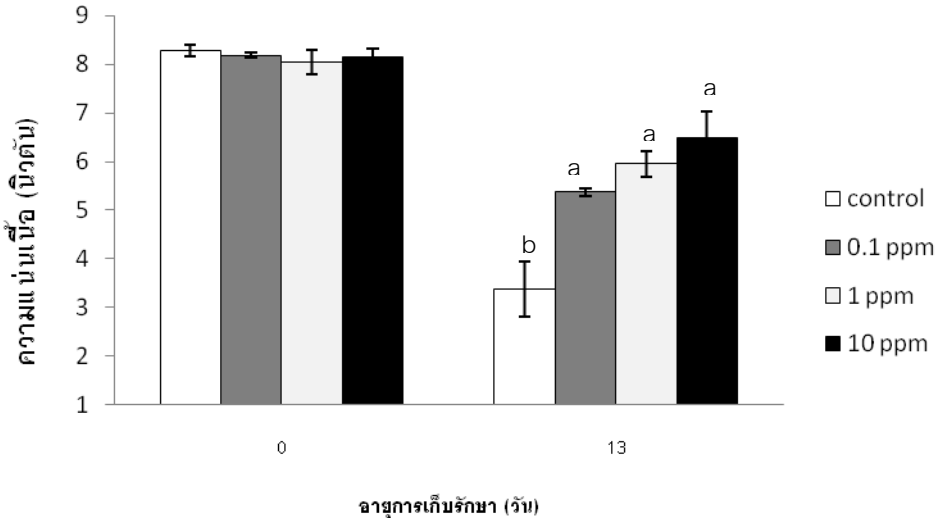


ภาพที่ 10 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษเหนือแท่งกราฟแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

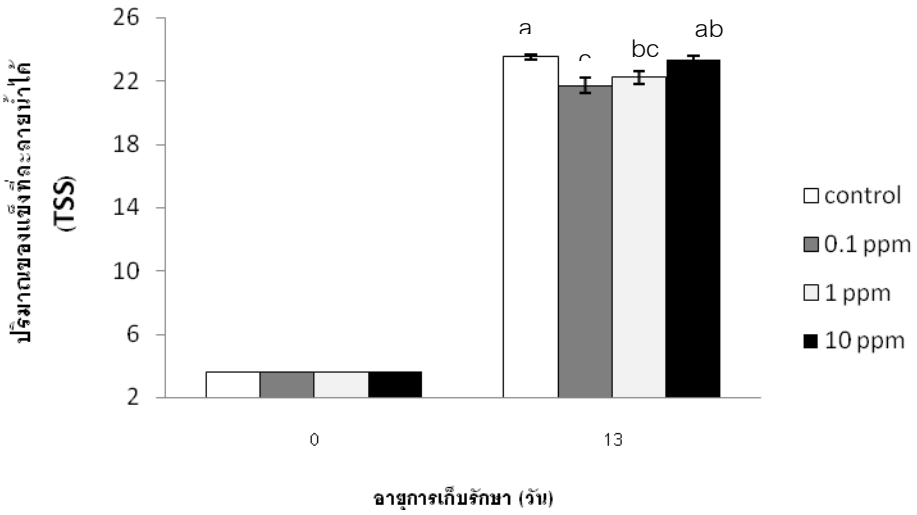


ภาพที่ 11 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน



ภาพที่ 12 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษเหนือแท่งกราฟแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 13 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษเหนือแท่งกราฟแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ผลของสารละลาย spermidine ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C

3.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด

จากการทดลองพบว่า ผลกล้วยในชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm 1 ppm และ 10 ppm เป็นเวลา 5 นาที มีเปอร์เซนต์น้ำหนักสดลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 14 และ ตารางที่ 11 ภาคผนวก) โดยผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 1 ppm ก่อนการเก็บรักษามีเปอร์เซนต์น้ำหนักสดมากกว่าชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 10 ppm ตลอดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

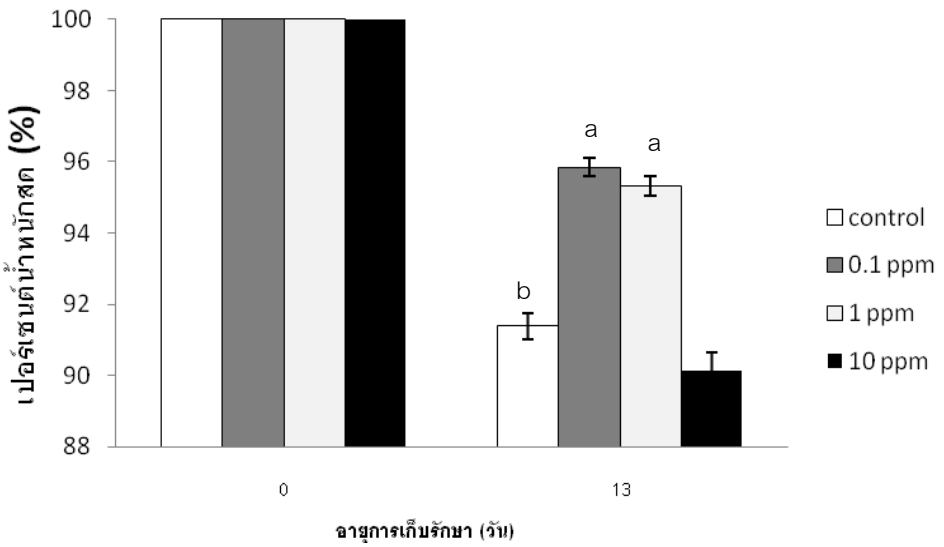
จากการทดลองพบว่า ในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 13 ค่าความสว่าง (L value) ของผลกล้วยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 15 และ ตารางที่ 12 ภาคผนวก) ส่วนค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของผลกล้วยมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 16 และ ตารางที่ 13 ภาคผนวก) โดยผลกล้วยชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine และชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 10 ppm มีค่าความสว่างของสีเปลือกมากกว่าผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 1ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และค่าการเปลี่ยนสีของผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm มีค่าการเปลี่ยนสีเปลือกลดลงน้อยกว่าชุดทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 1ppm และ 10 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นคือ ผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm มีการเข้าสู่ช่วงสุกของผลกล้วยช้ากว่ากล้วยหอมทองในชุดการทดลองอื่นๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่ 25 °C

3.3 **ความแน่นเนื้อ**

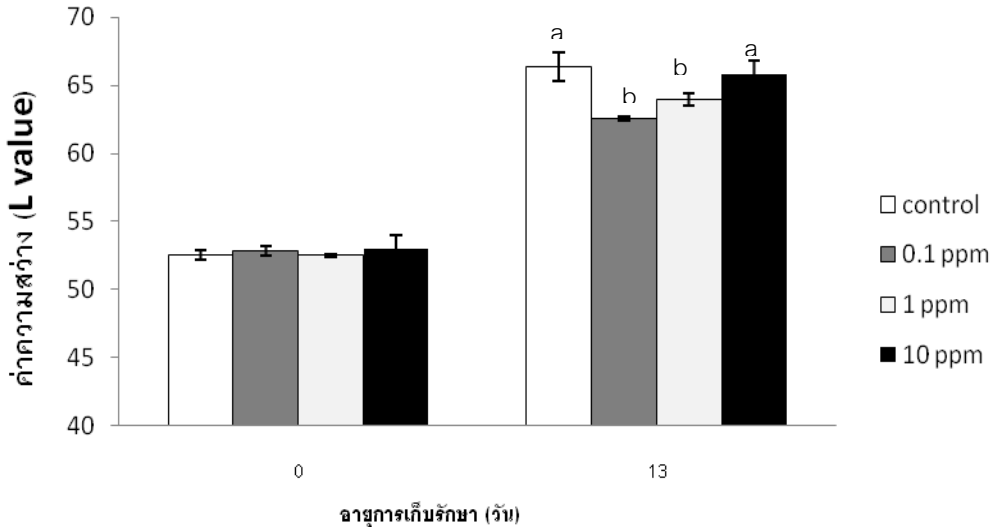
จากการทดลองพบว่า ผลกล้วยหอมทองมีการสูญเสียความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ที่อุณหภูมิ 25 °C (ภาพที่ 17 และ ตารางที่ 14 ภาคผนวก) ผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm ก่อนการเก็บรักษามีการสูญเสียความแน่นเนื้อน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine และชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 1 ppm และ 10 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.4 **ปริมาณ** TSS

จากการทดลองพบว่า ผลกล้วยหอมทองมีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 18 และ ตารางที่ 15 ภาคผนวก) โดยในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 13 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C ผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm ก่อนการเก็บรักษามีค่าปริมาณ TSS น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่จุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 1 ppm และ 10 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นคือ กล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm สุกช้ากว่าชุดการทดลองอื่นๆ

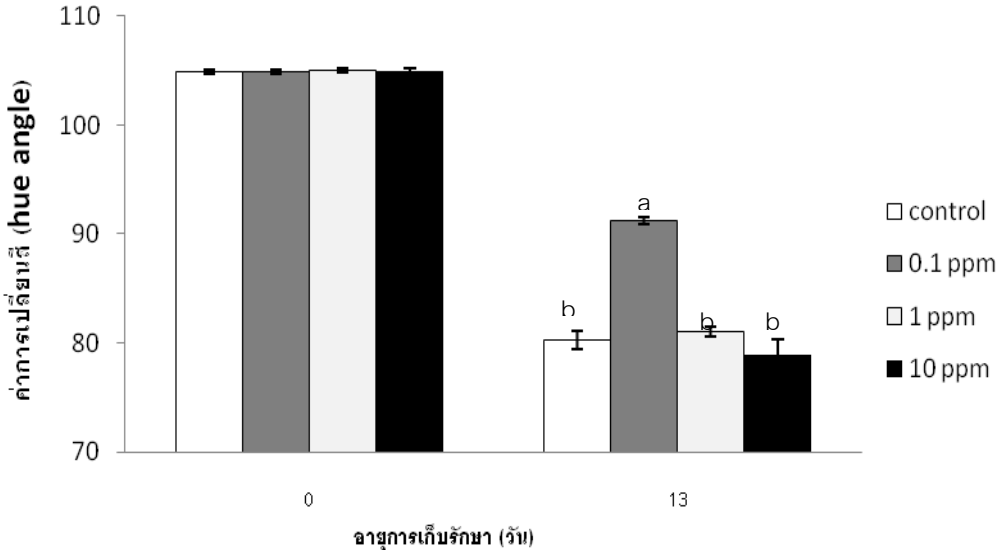


ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

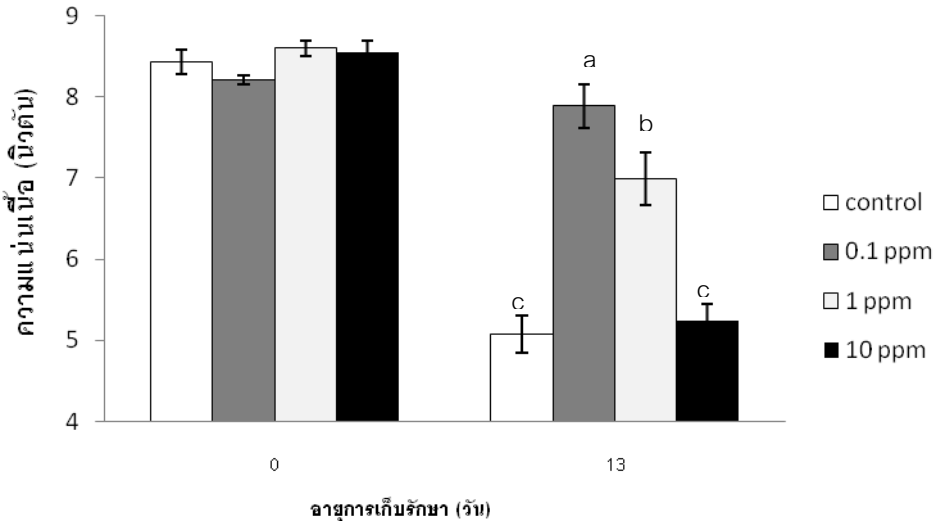


ภาพที่ 15 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษเหนือแท่งกราฟแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

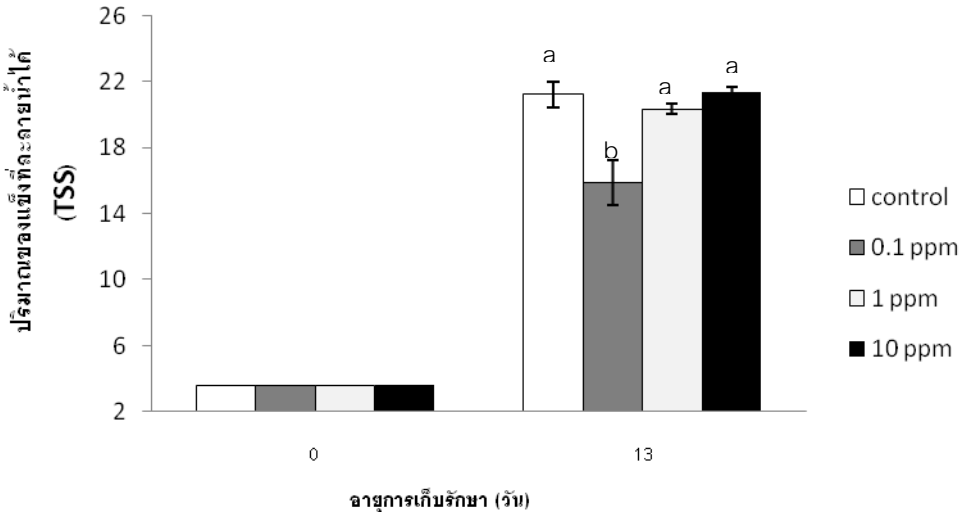


ภาพที่ 16 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน



ภาพที่ 17 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษเหนือแท่งกราฟแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 18 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษเหนือแท่งกราฟแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ภาพที่ 19 ชุดของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

4. ผลของสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 25 °C

4.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด

จากการทดลองพบว่า ผลกล้วยในชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 0.1 ppm 1 ppm และ 10 ppm เป็นเวลา 5 นาที มีเปอร์เซนต์น้ำหนักสดลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 20 และตารางที่ 16 ภาคผนวก) โดยผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษามีเปอร์เซนต์น้ำหนักสดมากกว่าชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 1 ppm ตลอดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

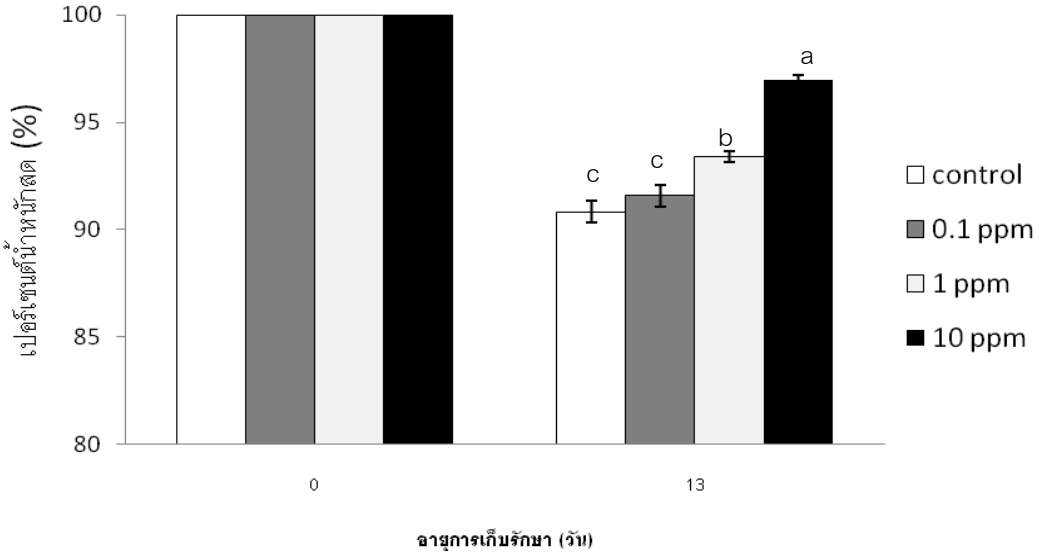
จากการทดลองพบว่า ในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 13 ค่าความสว่าง (L value) ของผลกล้วยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 21 และ ตารางที่ 17 ภาคผนวก) ส่วนค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของผลกล้วยมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 22 และ ตารางที่ 18 ภาคผนวก) โดยผลกล้วยชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียและชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่ความเข้มข้น 0.1 ppm มีค่าความสว่างของสีเปลือกมากกว่าผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่ความเข้มข้น 1 ppm และ 10 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และค่าการเปลี่ยนสีของผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมันที่ความเข้มข้น 10 ppm มีค่าการเปลี่ยนสีเปลือกลดลงน้อยกว่าชุดทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 1 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3 **ความแน่นเนื้อ**

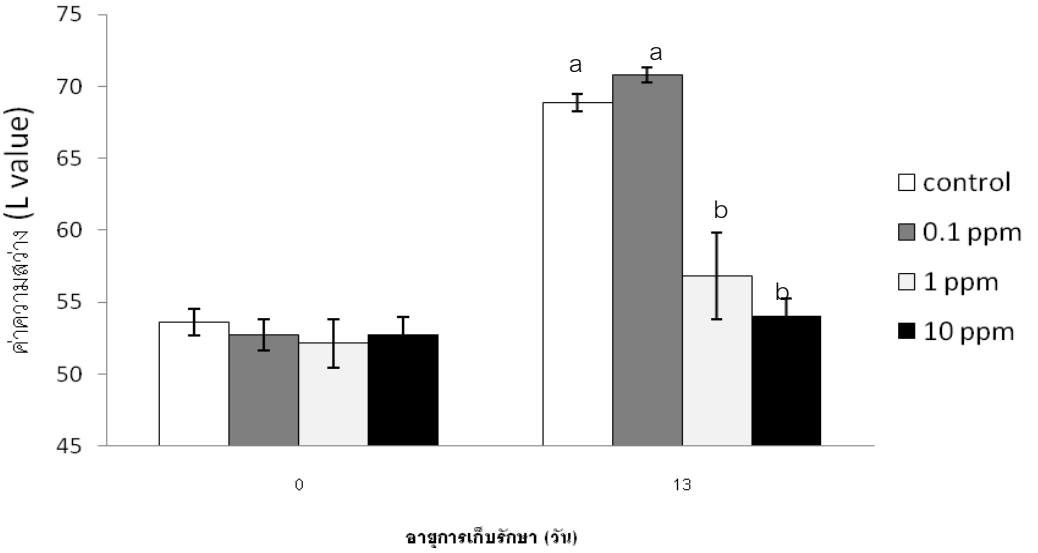
จากการทดลองพบว่า ผลกล้วยหอมทองมีการสูญเสียความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ที่อุณหภูมิ 25 °C (ภาพที่ 23 และ ตารางที่ 19 ภาคผนวก) ผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษามีการสูญเสียความแน่นเนื้อน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนและชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 1 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4 **ปริมาณ** TSS

จากการทดลองพบว่า ผลกล้วยหอมทองมีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 24 และ ตารางที่ 20 ภาคผนวก) โดยในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 13 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C ผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษามีค่าปริมาณ TSS น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่จุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 1 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นคือ กล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่ความเข้มข้น 10 ppm สุกช้ากว่าชุดการทดลองอื่นๆ

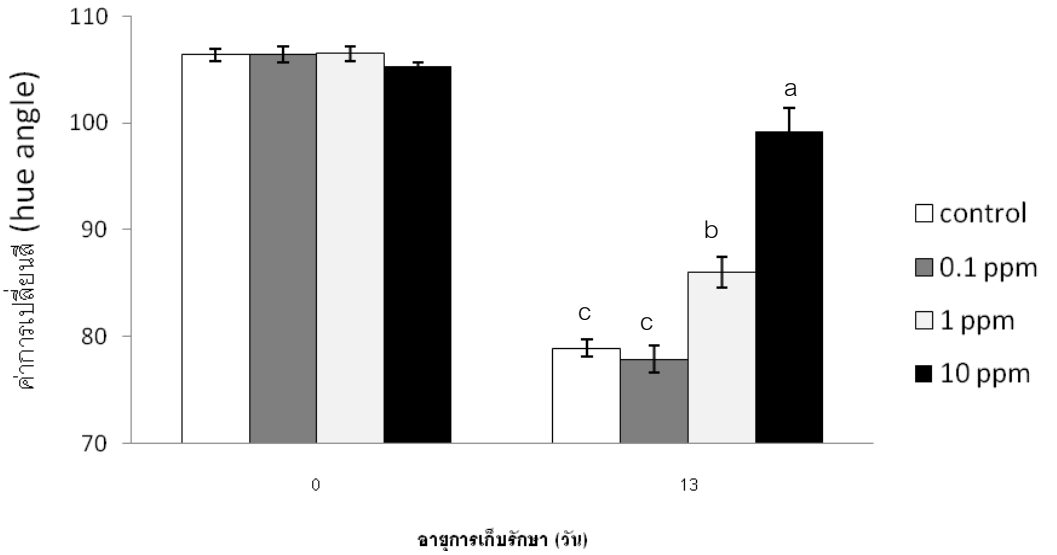


ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

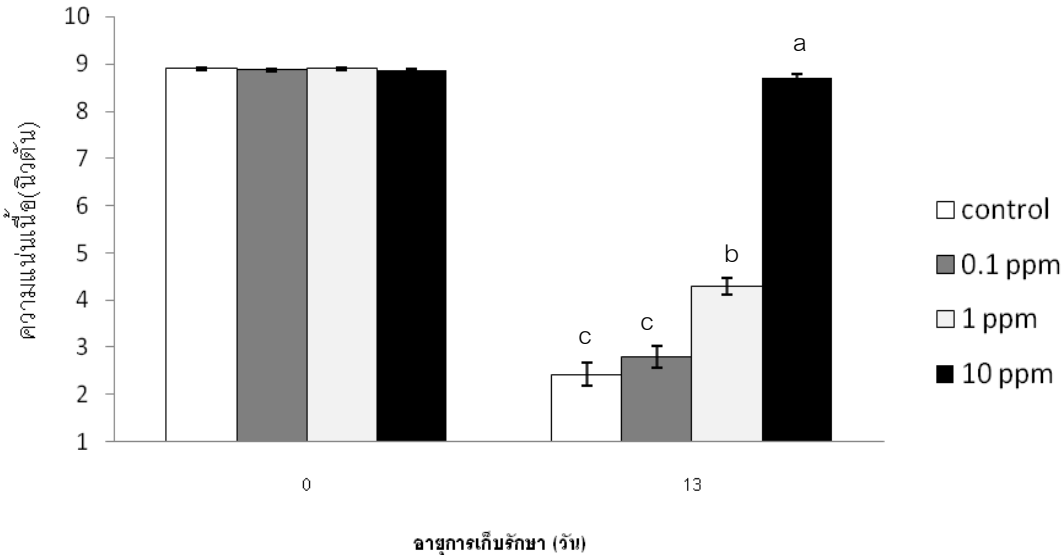


ภาพที่ 21 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษเหนือแท่งกราฟแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

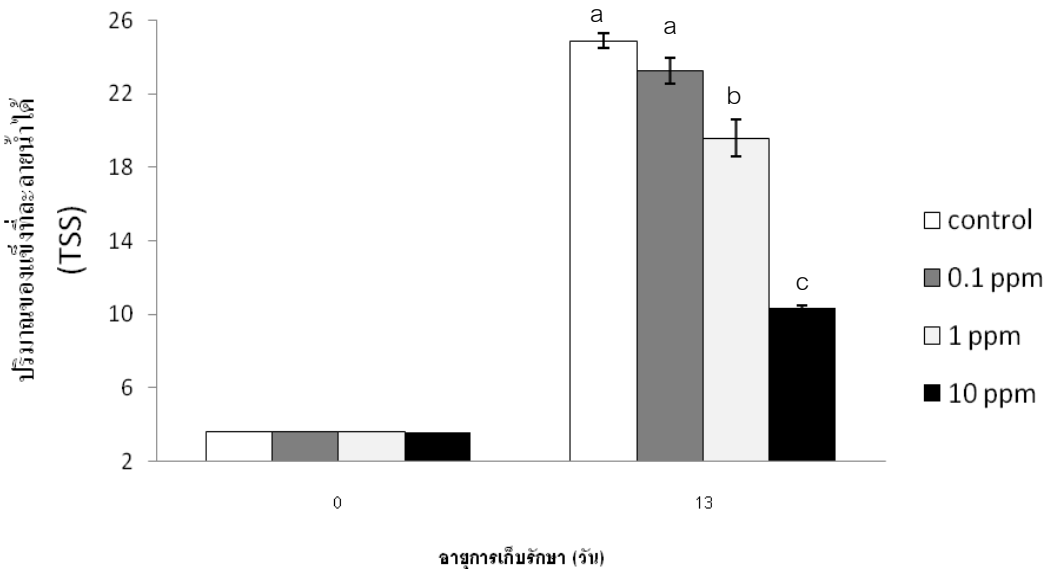


ภาพที่ 22 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน



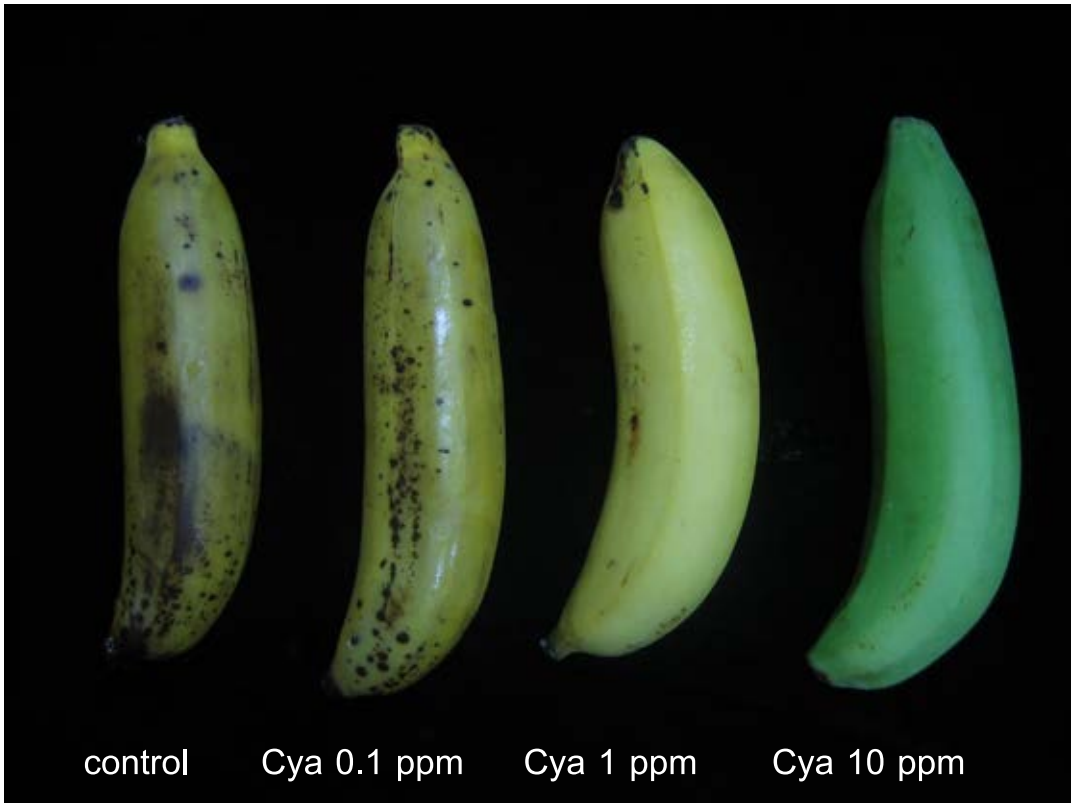
ภาพที่ 23 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษเหนือแท่งกราฟแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 24 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษเหนือแท่งกราฟแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 25 ชุดของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

5. ผลของสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่อการลดการเกิด chilling injury ของกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 4 °C

5.1 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

จากการทดลองพบว่า ในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 8 ค่าความสว่าง (L value) ของผลกล้วยมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 26 และ ตารางที่ 21 ภาคผนวก) แต่ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา พบว่าผลกล้วยชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนชนิดใดๆ มีค่าความสว่างของสีเปลือกน้อยกว่าผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นคือ ผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm สามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลดำหรือสีดำบนเปลือกกล้วยจากการเกิด chilling injury ได้ดีกว่าชุดการทดลองควบคุมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ส่วนค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของผลกล้วยมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 27 และ ตารางที่ 22 ภาคผนวก) โดยในช่วงวันที่ 4 และ 8 พบว่าผลกล้วยที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm มีการเปลี่ยนสีช้ากว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.2 การเกิด peel blackening บนเปลือกกล้วย

จากการทดลองพบว่า ในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 8 การเกิด peel blackening ของเปลือกมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 28 และ ตารางที่ 23 ภาคผนวก) เมื่อเข้าสู่ช่วงวันที่ 4 จนถึงวันที่ 8 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm มีการเกิดสีน้ำตาลดำหรือสีดำจากการเกิด chilling injury น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นคือ ชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm สามารถชะลอการเกิด chilling injury ของกล้วยหอมทองได้มากกว่าชุดการทดลองควบคุม

5.3 เปอร์เซนต์การรั่วไหลของไอออน

จากการทดลองพบว่า ผลกล้วยหอมทองมีเปอร์เซนต์การรั่วไหลของไอออนมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 29 และ ตารางที่ 24 ภาคผนวก) โดยในช่วงวันที่ 4 และ 8 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษามีเปอร์เซนต์การรั่วไหลของไอออนน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นคือ สารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm สามารถรักษาสภาพของ membrane ไม่ให้เกิดการเสียสภาพได้มากกว่าชุดการทดลองควบคุม

5.4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

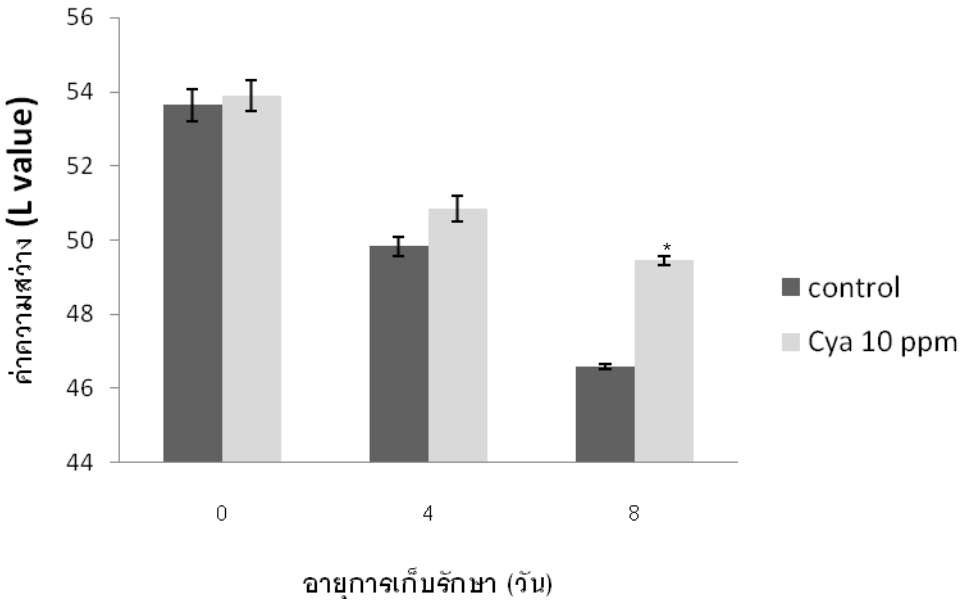
จากการทดลองพบว่า ผลกล้วยหอมทองมีการสร้างสารประกอบฟีนอลิกมากขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 30 และ ตารางที่ 25 ภาคผนวก) โดยในช่วงวันที่ 8 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm มีการสร้างสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นคือ สารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm สามารถสร้างฟีนอลิกในกล้วยหอมทองได้มากกว่าชุดการทดลองควบคุม

5.5 แอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO

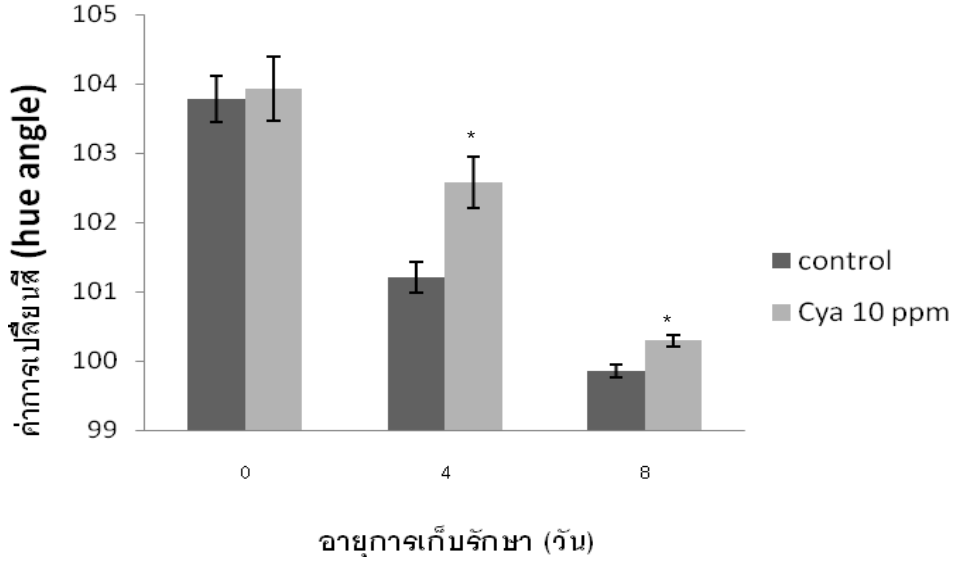
จากการทดลองพบว่า ผลกล้วยหอมทองเกิดแอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO มากขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 31 และ ตารางที่ 26 ภาคผนวก) โดยในช่วงวันที่ 4 และ 8 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm เกิดแอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นคือ สารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm สามารถชะลอการเกิดแอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO ได้มากกว่าชุดการทดลองควบคุม

5.6 ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของพอลิเอมีน

จากการทดลองพบว่า หลังจากจุ่มสารละลายพอลิเอมีนผลกล้วยหอมทองมีปริมาณของ free putrescine (ภาพที่ 32 และ ตารางที่ 27 ภาคผนวก) bound putrescine (ภาพที่ 33 และ ตารางที่ 28 ภาคผนวก) free spermidine (ภาพที่ 34 และ ตารางที่ 29 ภาคผนวก) และ bound spermidine (ภาพที่ 35 และ ตารางที่ 30 ภาคผนวก) เปลี่ยนแปลงไป โดยในช่วงวันที่ 0 ถึง 8 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ชุดการทดลองควบคุมมีแนวโน้มของปริมาณสารพอลิเอมีนดังกล่าวลดลงตลอดการทดลอง ส่วนชุดการทดลองที่ ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารพอลิเอมีนมากขึ้นในวันที่ 4 แต่จะมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ซึ่งในวันที่ 4 และ 8 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm มีปริมาณของสารพอลิเอมีนในรูปแบบโมเลกุลอิสระ (free form) มากกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

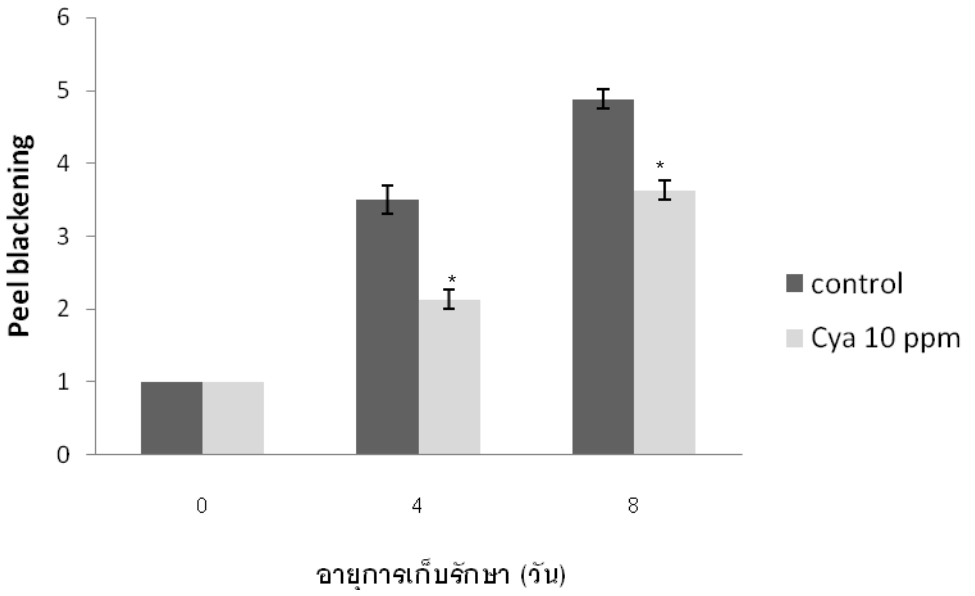


ภาพที่ 26 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

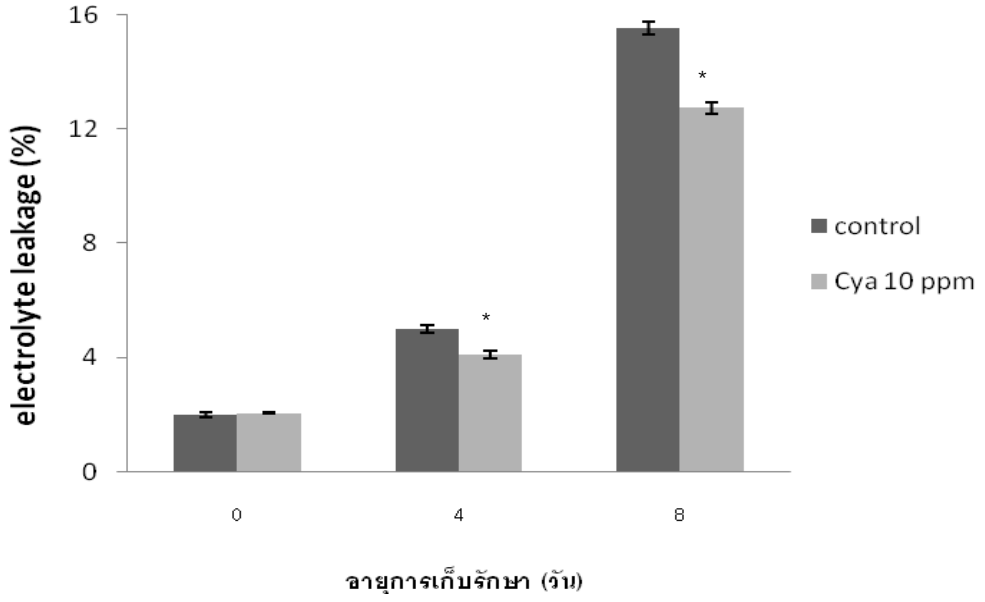


ภาพที่ 27 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

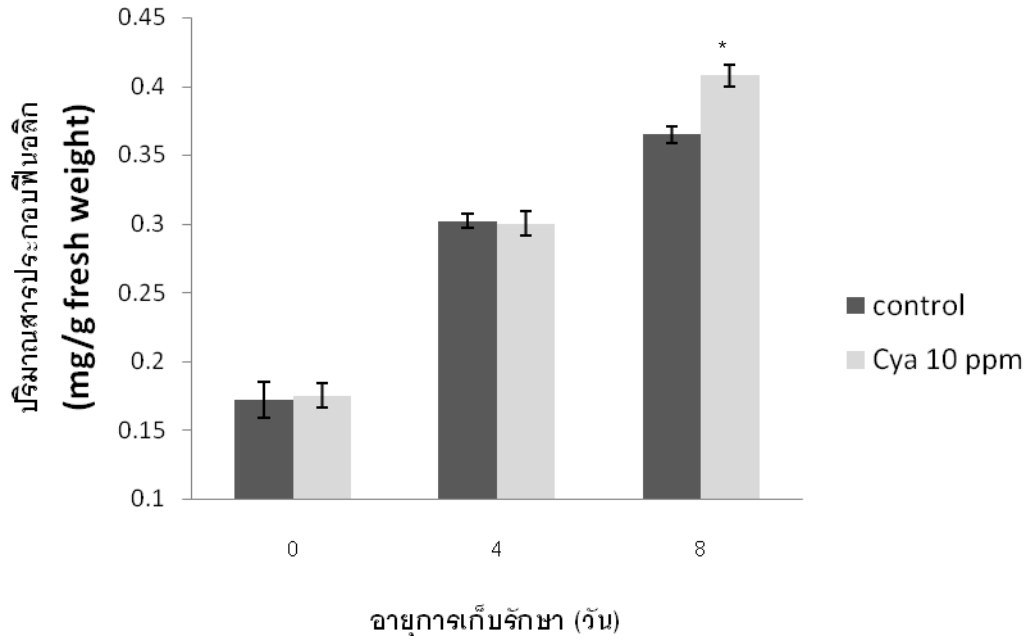


ภาพที่ 28 ค่าการเกิดสีดำของเปลือก (peel blackening) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรีย ความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

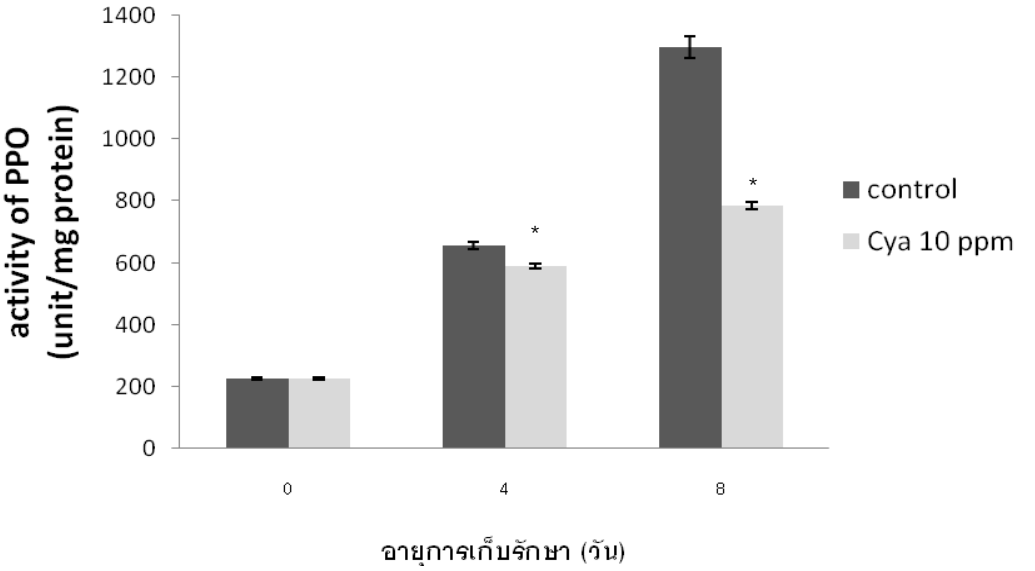


ภาพที่ 29 เปอร์เซนต์การรั่วไหล (electrolyte leakage) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรีย ความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

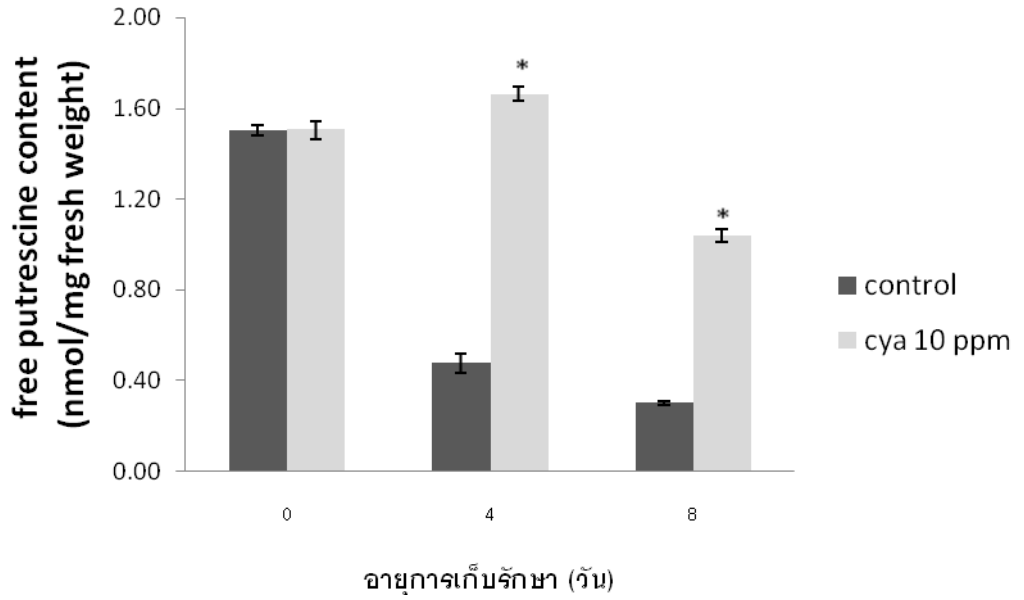


ภาพที่ 30 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

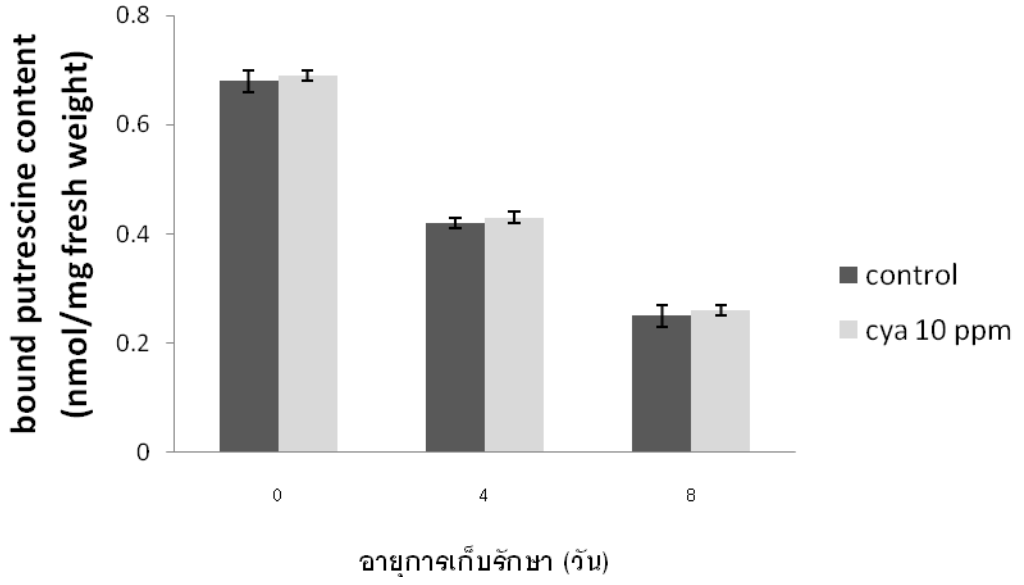


ภาพที่ 31 แอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

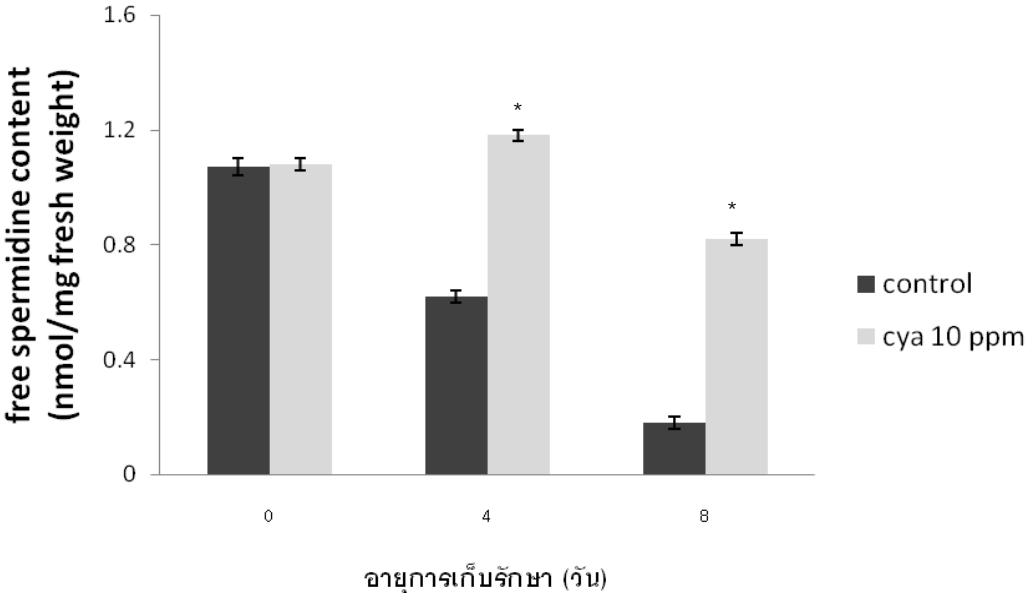


ภาพที่ 32 ปริมาณ free putrescine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

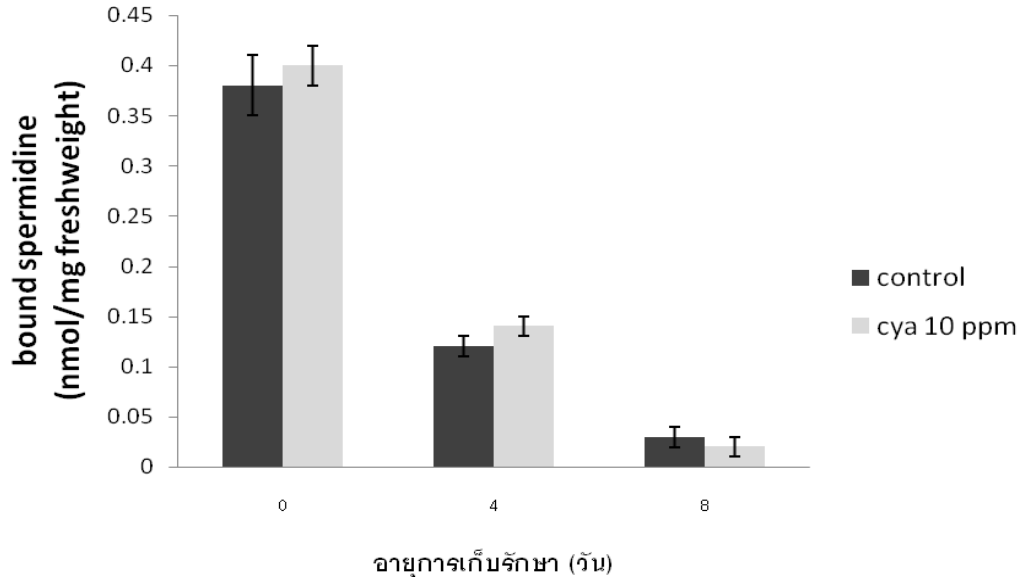


ภาพที่ 33 ปริมาณ bound putrescine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

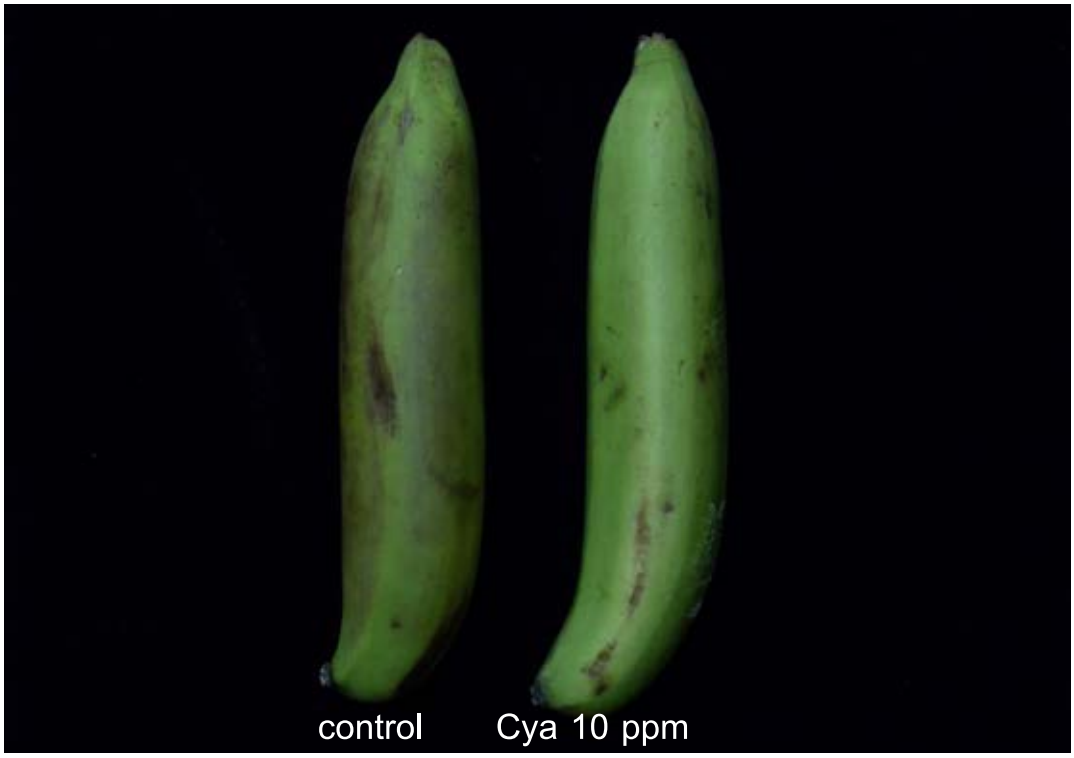


ภาพที่ 34 ปริมาณ free spermidine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน



ภาพที่ 35 ปริมาณ bound spermidine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโน แบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 36 ชุดของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

บทที่ 5
อภิปรายผลการทดลอง

1. ผลของสารละลาย putrescine spermine spermidine และ สารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 25 °C

การจุ่มผลกล้วยหอมทองในสารละลาย putrescine spermine spermidine และสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรีย ก่อนการเก็บรักษาสามารถยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิห้องได้ โดยการจุ่มสารละลายดังกล่าวเป็นเวลา 5 นาที สามารถยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองได้นาน 13 วัน ซึ่งสารละลาย putrescine ความเข้มข้น 1 ppm (0.011 mM) spermine ความเข้มข้น 0.1 ppm (0.0005 mM) spermidine ความเข้มข้น 0.1 ppm (0.0007 mM) และ สารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีที่สุด

การจุ่มสารละลาย putrescine spermine spermidine และ สารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรีย ก่อนการเก็บรักษาผลกล้วยหอมทองสามารถชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาการสุกระหว่างการเก็บรักษา โดยผลกล้วยที่ผ่านการจุ่มสารละลายดังกล่าวก่อนการเก็บรักษามีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าผลกล้วยที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนชนิดต่างๆ ตลอดการทดลอง โดยเปอร์เซนต์น้ำหนักสดของกล้วยหอมทองในชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ความเข้มข้น 1 ppm เป็นเวลา 5 นาที มีค่ามากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ผ่านการจุ่มสาระลาย putrescine และชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ความเข้มข้น 0.1 ppm (0.0011 mM) และ 10 ppm (0.11 mM) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Mirdehghan et al. (2007) ที่พบว่าเปอร์เซนต์น้ำหนักสดของผลทับทิมเมื่อทำการให้สารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 1 mM ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine เป็นไปได้ว่าอาจเกี่ยวข้องถึงอัตราการคายน้ำส่งผลให้เปอร์เซนต์น้ำหนักสดไม่มีความแตกต่างกัน (Woods, 1990) ส่วนการจุ่มสารละลาย spermine เปอร์เซนต์น้ำหนักสดของกล้วยหอมทองในทุกๆ ชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับชุดการทดลองควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Perez-Vicente et al. (2002) ที่ให้ spermine ในพลัมแล้ว

สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสดของพลัมได้ นอกจากนี้ ในการจุ่มกล้วยหอมทองลงในสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 1 ppm (0.007 mM) มีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวอาจสามารถไปช่วยในการชะลอการเสื่อมสลายของเซลล์ที่กำลังเข้าสู่ระยะ senescence (Saftner and Baldi, 1990) ส่วนการใช้สารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 10 ppm (0.07 mM) ทำให้กล้วยหอมทองมีการสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด ซึ่งเป็นไปได้ว่าการใช้สารละลาย spermidine ในปริมาณที่มากเกินอาจทำให้ไปเร่งการสูญสลายของเซลล์พืชมากยิ่งขึ้น อีกทั้งในการจุ่มกล้วยหอมทองลงในสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 1 ppm และ 10 ppm มีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าผลกล้วยที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้งนี้การที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวสามารถชะลอการเสื่อมสลายของเซลล์ได้นั้น อาจเป็นไปได้ว่าสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียมีส่วนประกอบของสารพอลิเอมีนที่สำคัญอยู่ 2 ชนิด คือ putrescine และ spermidine (Stanier et al., 1971) จากการวิเคราะห์ปริมาณของพอลิเอมีนชนิดต่างๆ ในไซยาโนแบคทีเรีย พบว่า มี putrescine ในปริมาณที่ต่ำ และพบ spermidine ในปริมาณที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของ putrescine แต่ไม่พบ spermine ในเซลล์ของไซยาโนแบคทีเรีย (Guarino and Cohan, 1979) ซึ่งผลที่ได้นั้นสอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้นในกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 1 ppm สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสดได้ ดังนั้นสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียมีอาจปริมาณของ spermidine ในปริมาณสูงจึงสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักสดของกล้วยหอมทองได้

การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกกล้วยจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการสลายของคลอโรฟิลล์ที่เปลือก ทำให้เห็นสีเหลืองของแคโรทีนอยด์ชัดเจนขึ้น โดยค่าความสว่าง (L value) ของผลกล้วยหอมทองเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความสว่างของผลกล้วยหอมทองในชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ชนิดต่างๆ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในขณะที่ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของผลกล้วยหอมทองมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 1 ppm มีการชะลอการเปลี่ยนสีมากที่สุด รองลงมาคือ ผลกล้วยที่ผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 10 ppm และ 0.1 ppm รวมทั้งชุดควบคุมการทดลองตามลำดับ แสดงว่าการจุ่มสารละลาย putrescine สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกกล้วยได้ เช่นเดียวกับการศึกษา

ของ Perez-Vicente et al. (2002) ที่พบว่า putrescine สามารถช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ ซึ่งเป็นผลจากการยับยั้งแอกทิวิตีของเอนไซม์ chlorophyll oxidase (Blackbourn, John and Jeger,1989) และเอนไซม์ peroxidase (Ma-Jun, et al., 1996) ส่วนกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermine โดยค่าความสว่างของผลกล้วยหอมทองเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความสว่างของผลกล้วยหอมทองในชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ชนิดต่างๆ และค่าการเปลี่ยนสีเปลือกของผลกล้วยหอมทองมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งผลการทดลองค่าความสว่างและการเปลี่ยนสีเปลือกของกล้วยหอมทองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากคุณสมบัติของ spermine สามารถช่วยในการเพิ่มปริมาณของแคโรทีนอยด์ ซึ่ง Mitra and Sanyal (1990) ได้ทำการศึกษาในมะเขือเทศพบว่า เมื่อให้สาร spermine แก่มะเขือเทศ จะทำให้มะเขือเทศมีการสะสมไลโคพีนและแคโรทีนอยด์มากขึ้น ทั้งนี้อาจทำให้มะเขือเทศเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาการสุกได้เร็วขึ้น (Mehta et al., 2002) นอกจากนี้ กล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 1 ppm มีแนวโน้มชะลอการเปลี่ยนแปลงความสว่างสีเปลือกได้ดีกว่าชุดการทดลองควบคุม ส่วนค่าการเปลี่ยนสีเปลือก พบว่า ชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm เท่านั้น มีแนวโน้มชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกได้ดีกว่าชุดการทดลองควบคุม เนื่องจาก spermidine ที่ความเข้มข้นดังกล่าวอาจสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงการสุก (Martinez-Madrid et al., 1999) ของผลกล้วยหอมทอง จากผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Malik and Singh (2005) ที่ใช้สารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.5 mM สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกในมะม่วงได้ นอกจากนี้ยังพบว่าสารละลาย spermidine ก็ยังชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกในผลทับทิมได้อีกด้วย (Defilippi et al., 2006) อีกทั้ง ค่าความสว่างของผลกล้วยหอมทองในชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 1 ppm และ 10 ppm มีแนวโน้มชะลอการเปลี่ยนแปลงความสว่างสีเปลือกได้ดีกว่าชุดการทดลองควบคุม ส่วนค่าการเปลี่ยนสีเปลือกมีชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 1 ppm และ 10 ppm มีแนวโน้มชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกได้ดีกว่าชุดการทดลองควบคุม ซึ่งจากการผลการทดลองดังกล่าวให้ผลสอดคล้องตรงกับผลการทดลองในการจุ่มสารละลาย putrescine และ spermidine ซึ่งเป็นพอลิเอมีนที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้

การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเปลือกกล้วยหอมทองมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C โดยการจุ่มสารละลาย putrescine spermine spermidine และ

สารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรีย ส่งผลให้กล้วยหอมทองมีการสูญเสียความแน่นเนื้อของเปลือกน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยหอมทองชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนชนิดต่างๆ จากผลการทดลองพบว่ากล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm, 1ppm และ 10 ppm สามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อได้ดีกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในพลัม (Perez-Vicente et al., 2002) มะเขือเทศ (Dibble et al., 1988) และ แอปเปิ้ล (Kramer et al., 1991) ที่พบว่าการให้สารละลาย putrescine สามารถช่วยชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อของผล ทำให้ผลที่ผ่านการให้สารละลาย putrescine มีการสูญเสียความแน่นเนื้อน้อยกว่าผลกล้วยที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ส่วนสารละลาย spermine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm, 1 ppm และ 10 ppm สามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อได้ดีกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาผลของ spermine ต่อการเปลี่ยนแปลงในมะม่วง พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป การให้ spermine จะทำให้การสูญเสียความแน่นเนื้อของมะม่วงที่ผ่านการฉีดพ่นสารละลาย spermine น้อยกว่ามะม่วงที่ไม่ได้ผ่านการฉีดพ่นสารละลาย spermine (Malik and Singh, 2006) นอกจากนี้ยังสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อในมะเขือเทศ (Law, Davies and Mutschler, 1991) สตอเบอรี่ (Ponappa, Scheerens and Miller, 1993) มะนาว (Martinez-Romeo et al., 1999) และ สาลี่ (Bregoli et al., 2002) เป็นต้น นอกจากนี้สารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 1 ppm สามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อของผลกล้วยหอมทองได้น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยหอมทองชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ทั้งนี้ได้มีรายงานการใช้สารละลาย spermidine เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อในแตงกวา (Shen et al., 2000) Zuchini (Martinez-Tellez et al., 2002) มะเขือเทศ (Hong and Lee, 1996) และ Apricot (Paksasorn et al., 1995) อีกทั้งในการใช้สารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 1 ppm และ 10 ppm สามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อได้น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยหอมทองชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรีย ทั้งนี้พอลิเอมีนซึ่งเป็นองค์ประกอบของไซยาโนแบคทีเรียมีคุณสมบัติเป็นเบสและเป็นประจุบวก (Messiaen et al., 1997) ซึ่งสามารถเข้าไปจับกับหมู่คาร์บอกซิล ($-COO^-$) ของ pectic substances บนผนังเซลล์ได้ จะทำให้พวก hydrolytic enzymes ต่างๆ เช่น PME PG เป็นต้น ไม่สามารถเข้าไปย่อยสลายผนังเซลล์ได้ (Valero et al., 1999) จากผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองในกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine และ spermidine ที่สามารถ

ชะลอการนิ่มลงของผลกล้วยหอมทองได้ มีการถูกชะลอสูญเสียความแน่นเนื้อได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุม

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS ในกล้วยหอมทองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C โดยผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 1 ppm สารละลาย spermine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm สารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากผลการทดลองพบว่าผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนและความเข้มข้นดังกล่าว สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS ได้ เนื่องจากว่าสารละลายพอลิเอมีนสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนจากแป้งเป็นน้ำตาล กล่าวคือ โดยปกติแล้วพวกผลไม้ในกลุ่ม climacteric fruit สามารถลดปริมาณแป้งเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาล (Lima,Chitarra and Chitarra, 2001) ดังนั้น สารละลายพอลิเอมีนจึงไปยับยั้งแอกทิวิตีของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ sucrose metabolism เช่น sucrose phosphate synthase (SPS) ที่ทำหน้าที่ในการเร่งปฏิกิริยาในการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาล (Lima et al., 2001) ซึ่งให้ผลสอดคล้องเดียวกับการศึกษาในมะม่วงของ Malik and Singh (2006) พบว่า เมื่อมีการใช้สารละลาย spermidine ทำให้ปริมาณน้ำตาลซูโครส ซึ่งเป็นน้ำตาลองค์ประกอบหลักในมะม่วง (Selvaraj, Kumar and Pal, 1989) ลดลงประมาณ 20% เมื่อเทียบกับชุดการทดลองควบคุม

2. ผลของสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่อการลดการเกิด chilling injury ของกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 4 °C

การจุ่มกล้วยหอมทองในสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียเป็นเวลา 5 นาที ก่อนการเก็บรักษาสามารถยืดอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ได้นาน 8 วัน ซึ่งสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm สามารถป้องกันการเกิด chilling injury

การจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาผลกล้วยหอมทองสามารถชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาบางประการได้ โดยผลกล้วยที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm มีแนวโน้มชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของกล้วยหอมทอง ทั้งนี้ในการเก็บรักษากล้วยหอมทองเป็นเวลานาน 8 วัน พบว่าค่าความสว่าง (L value) ของผลกล้วยหอมทองลดลง เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่าชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm สามารถชะลอการลดลงของค่าความสว่างได้ดีกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กล่าวคือ เมื่อทำการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนดังกล่าว สามารถชะลอการเกิดสีดำจากการเกิด chiiling injury ที่อุณหภูมิ 4 °C ได้ดีกว่าชุดการทดลองควบคุม ส่วนค่าการเปลี่ยนสีเปลือก (hue angle) พบว่าในวันที่ 4 และ 8 ของการเก็บรักษาชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm มีแนวโน้มชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกได้ดีกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในลิ้นจี่ พบว่าเมื่อทำการจุ่มสารละลาย putrescine และ spermidine สามารถชะลอค่า L value และ hue angle จากการเกิด chiling injury ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Jiang and Chen, 1995)

การเกิดสีดำของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน ซึ่งพบว่าในวันที่ 4 และ 8 ของการเก็บรักษา เมื่อทำการจุ่มสารละลายที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm สามารถชะลอการเกิดสีดำของเปลือกกล้วยหอมทองได้ดีกว่าชุดการทดลองควบคุมได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในลิ้นจี่ เมื่อทำการให้สารละลาย putrescine และ spermidine สามาถลดการเกิดสีดำของเปลือกลิ้นจี่ได้ (Jiang and Chen, 1995) และเมื่อไม่นานมานี้ยังพบอีกว่ากล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนที่

อุณหภูมิ 42 °C และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C พบว่าสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ (Promyou et al., 2008)

การรั่วไหลของไอออนของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน พบว่าเมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้น เปอร์เซนต์การรั่วไหลของไอออนในกล้วยหอมทองก็มากขึ้น แต่ในวันที่ 4 และ 8 ของการเก็บรักษา พบว่าเมื่อทำการจุ่มสารละลายที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm สามารถลดการรั่วไหลของไอออนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งโดยปกติแล้วการเพิ่มขึ้นของ membrane permeability ทำให้มีการรั่วไหลของไอออนมากขึ้น ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับการเกิด chilling injury (Saltveit, 2002) ทั้งนี้ในการศึกษาจะมีผลสอดคล้องเช่นเดียวกับการศึกษาของ Hirose (1985) ที่พบว่า เมื่อทำการจุ่มแตงกวาลงในน้ำร้อนสามารถชะลอการเกิด chilling injury และการเกิดการรั่วไหลของไอออนในแตงกวาได้ นอกจากนี้ได้มีการศึกษาในผลทับทิม พบว่า เมื่อทำการจุ่มน้ำร้อนจะสามารถชะลอการรั่วไหลของไอออน ซึ่งการที่สามารถชะลอการรั่วไหลของไอออนได้นั้นมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของสารละลายพอลิเอมีน (Mirdehghan et al., 2007)

จากผลของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน พบว่าเมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกก็มากขึ้น แต่ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา พบว่าเมื่อทำการจุ่มสารละลายที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm สามารถสร้างสารประกอบฟีนอลิกได้มากกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาในพลัม (Luo, Chen and Xie, 2011) ที่ทำการจุ่มพลัมลงในกรดซาลิไซลิก แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 °C เป็นเวลา 60 วัน สามารถเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและยังสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ putrescine ได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุม

นอกจากนี้ การจุ่มกล้วยหอมทองในสารละลายที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm มีแนวโน้มชะลอการเพิ่มขึ้นของแอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุมในวันที่ 4 และ 8 ของการเก็บรักษา ทั้งนี้การเกิดสีน้ำตาลในเปลือกกล้วยเนื่องจากสาเหตุต่างๆ รวมทั้งการเกิดสีน้ำตาลจาก chilling injury เกิดขึ้นจากการ oxidation ของ dopamine โดยเอนไซม์ PPO (Griffith, 1959) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองในลูกพลัม (Luo et al., 2011) พบว่าเมื่อทำการจุ่มลูกพลัมลงในกรดซาลิไซลิก แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 °C เป็นเวลา 60 วัน สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของ

แอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO รวมทั้งยังสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ putrescine ได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุม

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบพอลิเอมีนของกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน พบว่า เมื่อทำการจุ่มสารละลายที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm มีแนวโน้มทำให้ปริมาณ putrescine และ spermidine ในรูป free form เพิ่มมากขึ้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พอเข้าสู่วันที่ 8 ของการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณ putrescine และ spermidine ในรูป free form มีแนวโน้มลดลง แต่ยังมีปริมาณที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ปริมาณ putrescine และ spermidine ในรูป bound form มีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาผ่านไปทั้งชุดการทดลองที่ทำการจุ่มสารละลายที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm และชุดการทดลองควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในมัสตาร์ดในสภาวะที่ทำให้เกิด chilling injury พบว่าเมื่อทำการให้สารพอลิเอมีนที่มี putrescine และ spermidine เป็นองค์ประกอบหลักสามารถช่วยชะลอการเกิด chilling injury ได้ (Mo and Pua, 2002) และการใช้สารพอลิเอมีนที่มี putrescine และ spermidine ก็ยังสามารถลดการเปลี่ยนสีเปลือก ความแน่นเนื้อ รวมทั้งการสูญเสียน้ำหนักสดได้ดี (Mirdehghan et al., 2007) นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการจุ่มน้ำร้อนของพริกเป็นการกระตุ้นให้พริกสร้างสารพอลิเอมีนบางชนิดขึ้นมา โดยการเก็บรักษาพริกเป็นเวลา 14 วัน และ 28 วันที่อุณหภูมิ 8 °C สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสด และการเกิดสีน้ำตาลในที่อุณหภูมิต่ำได้ ซึ่งสารพอลิเอมีนที่สร้างขึ้นมามีองค์ประกอบ putrescine และ spermidine อยู่เป็นองค์ประกอบหลัก (Gonzalez-Aguilar et al., 2000) ส่วนปริมาณของ spermine นั้นไม่พบในการศึกษากล้วยหอมทองครั้งนี้ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า เอนไซม์ spermine synthase ที่ทำหน้าที่สังเคราะห์ spermine โดยใช้ S-adenosylmethionine (SAM) เป็นตัวให้หมู่ aminopropyl ไม่สามารถสังเคราะห์ได้ จึงทำให้ไม่มีปริมาณ spermine จากการศึกษา (Tiburcio et al., 1997)

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนสังเคราะห์และพอลิเอมีนจากไซยาโนแบคทีเรียเป็นเวลา 5 นาที ต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการของผลกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C รวมถึงการทำงานของสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียในการลดการเกิด chilling injury ในระหว่างการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 4 °C

1. ผลของสารละลาย putrescine ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 25 °C

การจุ่มกล้วยหอมทองในสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 1 ppm ก่อนการเก็บรักษาสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ความแน่นเนื้อ ปริมาณ TSS ได้ดีกว่าชุดการทดลองควบคุม และชุดการทดลองที่จุ่มสารละลาย putrescine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 10 ppm

2. ผลของสารละลาย spermine ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 25 °C

การจุ่มกล้วยหอมทองในสารละลาย spemine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm 1 ppm และ 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดและความแน่นเนื้อ ได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับชุดการทดลองควบคุม ส่วนชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm มีแนวโน้มช่วยชะลอปริมาณ TSS ได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ

3. ผลของสารละลาย spermidine ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C

การจุ่มกล้วยหอมทองในสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm ก่อนการเก็บรักษาสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ความแน่นเนื้อ และ ปริมาณ TSS ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 1 ppm และ 10 ppm ส่วนชุดการทดลองที่ใช้สารละลาย spermidine ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 1 ppm มีแนวโน้มช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดและความสว่างสีเปลือกได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ

4. **ผลของสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ** 25 °C

การจุ่มกล้วยหอมทองในสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ความแน่นเนื้อ และ ปริมาณ TSS ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 0.1 ppm และ 1 ppm ส่วนชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 1 ppm และ 10 ppm มีแนวโน้มช่วยชะลอความสว่าง สีเปลือกได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ

5. **ผลของสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียต่อการลดการเกิด** chilling injury **ของกล้วยหอมทองได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ** 4 °C

การจุ่มกล้วยหอมทองในสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก การเกิดสีดำบนเปลือก การรั่วไหลของไอออน แอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO และเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิก อีกทั้งยังสามารถช่วยเพิ่มปริมาณพอลิเอมีนของกล้วยหอมทองได้จนถึงวันที่ 4 ของการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุม

ข้อเสนอแนะ

อาจมีการทำการทดลองซ้ำโดยใช้กล้วยทั้งหวี เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้เพื่อการค้า

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จริงแท้ ศิริพานิช. 2546. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้** . พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิตรา ตระกูลน่าเลื่อมใส. 2541. **ผลของอุณหภูมิต่อการตกกระของผลกล้วยไข่** . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จินตนา จันทร์เจริญฤทธิ์. 2545. **ผลของการแช่น้ำร้อนกล้วยหอมทองก่อนการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและความเสียหายจากอุณหภูมิต่ำหลังการเก็บรักษา** . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต , ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฉลองชัย แบบประเสริฐ. 2541. เทคโนโลยีการผลิตกล้วย. ใน **การสัมมนาและนิทรรศการกล้วยครบวงจร** (วันที่ 15-17 มกราคม 2541 ณ สำนักพิพิธภัณฑ์และวัฒนธรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) , หน้า 7. กรุงเทพฯ: อักษรการพิมพ์.

ชำนาญ ทองกลัด และ ธำรง ช่วยเจริญ. 2541. ประวัติกล้วยและการดูแลรักษา. ใน พานิชย์ ยศปัญญา (บรรณาธิการ), **กล้วยในเมืองไทย**, หน้า 39-56. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มติชน.

ดุษณี กู้กุลประสงค์. 2527. **ผลของถุงพลาสติกและสารดูดแก๊สเอธิลีนในการประวิงเวลาการสุกของกล้วยหอมทอง** . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต , ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เดช วัฒนชัยยิ่งเจริญ. 2541. ยุทธศาสตร์การพัฒนากล้วยไทย. ใน พานิชย์ ยศปัญญา (บรรณาธิการ) , **กล้วยในเมืองไทย**, หน้า 131-146. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มติชน.

นวลกมล อำนวยสิน. 2550. **เพกทินและแอกทิวิตีของเอนไซม์ที่ย่อยสลายเพกทินในกล้วยที่ผ่านการแช่น้ำร้อนหลังการเก็บเกี่ยว** . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต , ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิตยา อัมรัตน์. 2548. **แอกทิวิตีของเอนไซม์แอนติออกซิแดนท์ของผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนในระหว่างการเก็บรักษา** . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต , ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2534. **กล้วย** . กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2541. พันธุ์กล้วยเมืองไทย. ใน **การสัมมนาและนิทรรศการกล้วยครบวงจร** (วันที่ 15-17 มกราคม 2541 ณ สำนักพิพิธภัณฑ์และวัฒนธรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) , หน้า 4. กรุงเทพฯ: อักษรการพิมพ์.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545. **กล้วย** . พิมพ์ครั้งที่ 3.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

ประสาร ฉลาดคิด. 2536. **อิทธิพลของเอนไซม์หลังการเก็บเกี่ยวต่อการหลุดจากก้านผลของกล้วยหอมทอง** *Musa* (AAA GROUP, GROS MICHEL). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต , หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิจิตร วังใน. 2530. **กล้วย** . ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ. 339 น.

พูนสุข ไชยตระกูลทรัพย์. 2525. **การศึกษาความเสียหายของผลกล้วย** (*Musa* sp.) **ซึ่งเกิดจากอุณหภูมิต่ำ** . วิทยานิพนธ์ปริญญมหาบัณฑิต , ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุจิรา เชื้อหอม. 2541. **ผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีต่อการตกกระของกล้วยไข่** . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต , ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัชนิกุล วงศ์สุไกร. 2525. **ผลของ Ethephon ต่อการสุกของผลกล้วยพันธุ์หอมทอง** . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต , ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สณทรรศน์ นันทไชย. 2541. งานวิจัยพัฒนากล้วย. ใน **การสัมนาและนิทรรศการกล้วยครบวงจร** (วันที่ 15-17 มกราคม 2541 ณ สำนักพิพิธภัณฑ์และวัฒนธรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์), หน้า 13-15. กรุงเทพฯ: อักษรการพิมพ์.

สมรรถชัย ฉัตราคม. 2541. พันธุ์กล้วยในเมืองไทย. ใน พานิชย์ ยศปัญญา (บรรณาธิการ), **กล้วยเมืองไทย**, หน้า 17-22. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มติชน.

สุคันธรส ธาดากิตติสาร. 2550. **การพัฒนากระบวนการผลิตไซรัปจากกล้วยหอมทองที่ไม่ได้มาตรฐานการส่งออก** . วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต , ภาควิชาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตศาสตร์.

สุภาพรรณ ธรรมสุวรรณ. 2539. **ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลกล้วยหอมพันธุ์แกรนด์แนน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต , ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวณิช ปัทมโยธิน. 2325. **ผลของ GA และ NAA ที่มีต่อการสุกของผลกล้วยหอมทอง** . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต , ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภิวรา ประยูรวงศ์. 2542. **ผลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อการสุกและการหลุดร่วงของกล้วยไข่** . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต , ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

Abed, R. M., Dobretsov, S. And Sudesh, K. 2009. Applications of cyanobacteria in biotechnology. **Journal of Applied Microbiology** 106: 1-12.

Ali, Z. M., Chin, L. H. and Lazan, H. 2004. A comparative study on wall degrading enzyme, pectin modifications and softening during ripening of selected tropical fruits. **Plant Science** 167: 317-327.

Andersen, S. E., Bastora, D. R. and Minocha, S. C. 1998. Metabolism of polyamines in transgenic cells of carrot expressing a mouse ornithine decarboxylase cDNA. **Journal of Plant Physiology** 116: 299–307.

Bardocz, S., Duguid, T. J., Brown, D. S., Grant, G., Pusztai, A., White, A. and Ralph, A. 1995. The importance of dietary polyamines in cell regeneration and growth. **British Journal of Nutrition** 73: 819-828.

Blackbourn, H., John, P. and Jeger, M. 1989. The effect of high temperature on degreening in ripening bananas. **Acta Horticulturae** 258: 271-278.

Borrell, A., Culianez-Macia, F. A., Altabella, T., Besford, R. T., Flores, D. and Tiburcio, A. F. 1995. Arginine decarboxylase is localized in chloroplasts. **Journal of Plant Physiology** 109: 771-776.

Boucherdeau, A., Aziz, A., Larher, F. and Martin-Tanguy, J. 1999. Polyamines and environmental challenges: recent development. **Plant Science** 140: 103-125.

Bregoli, A. M., Scaramagli, S., Costa, G., Sabatini, E., Ziosi, V., Biondi, S. and Torrigiani, P. 2002. Peach (*Prunus persica*) fruit ripening: aminoetoxyvinil-glycine (AVG) and exogenous polyamines affect ethylene emission and flesh firmness. **Physiologia Plantarum** 114: 472-481.

Chattopadahayay, M. K., Tiwari, B. S., Chattopadahyay, G., Bose, A., Sengupta, D. N. and Ghosh, B. 2002. Protective role of exogenous polyamines on salinity-stressed rice (*Oryza sativa*) plants. **Journal of Plant Physiology** 116: 192-199.

Choi, Y., Lee, S. M., Chun, J., Lee, H. B., and Lee, J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. **Food Chemistry** 99: 381-387.

Costa, G., Biasi, R. and Bagni, N. 1986. Effect of putrescine on fruiting performance on apple (cv. Hi Early). **Acta Horticulturae** 149: 189-195.

Defilippi, B. G., Whitaker, B. D., Hess-Pierce, B. M. and Kader, A. A. 2006. Development and control of scald on wonderful pomegranates during long-term storage. **Postharvest Biology and Technology** 41: 234-243.

Desai, B. B. and Deshpande, P. B. 1978. Hydrolytic and oxidative enzymes during banana ripening. **Scientia Horticulturae** 9: 147-153.

Dibble, A. R. G., Davies, P. J. and Mutschler, M. A. 1988. Polyamine levels in cherimoya (*Annona cherimola* Mill) fruit ripening. **Journal of Plant Physiology** 143: 207-212.

Dios, D. D., Matilla, A. J. and Gallardo, M. 2006. Flower fertilization and fruit development prompt changes in free polyamines and ethylene in damson plum (*Prunus insititia* L.). **Journal of Plant Physiology** 163: 86-97.

Escribano, M. I. and Merodio, C. 1994. Relevance of polyamine levels in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruit ripening. **Journal of Plant Physiology** 73: 201–205.

Fan, X. and Sokorai, K. J. B. 2005. Assessment of radiation sensitivity of fresh-cut vegetables using electrolyte leakage measurement. **Postharvest Biology and Technology** 36: 191-197.

Flores, H. E. and Galston, A. W. 1982. Analysis of polyamines in higher plants by high performance liquid chromatography. **Journal of Plant Physiology** 69: 701-706.

Geny, L., Broquedis, M., Martin-Tanguy, J., Soyer, J. P. and Bouard, J. 1997. Effects of potassium nutrition on polyamine content of various organs of fruiting cuttings of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. **Journal of Plant Physiology** 48: 85-91.

Giovannoni, J. 2001. Molecular biology of fruit maturation and ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology** 52: 725-749.

Gonzalez-Aguilar, G. A., Gayosso, L., Cruz, R., Fortiz, J., Baez, R. and Wang, C. Y. 2000. Polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit. **Postharvest Biology and Technology** 18: 19-26.

Griffith, L. A. 1959. Detection and identification of the polyphenol oxidase substrate of the banana. **Nature** 184: 58-59.

Guarino, L. A. and Cohen, S. S. 1979. Uptake and accumulation of putrescine and its lethality in *Anacystis nidulans*. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA** 76: 3660-3664.

Hirose, T. 1985. Effect of pre- and interposed warming on chilling injury, respiratory rate and membrane permeability of cucumber fruits during cold storage. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science** 53: 459-466.

Hong, S. J. and Lee, S. K. 1996. Changes in endogenous putrescine and the relationship to the ripening of tomato fruits. **Journal of the Korean Society for Horticultural Science** 36: 369-373

Incharoensakdi. A., Jantaro, S., Raksajit, W. and Mäenpää, P. 2010. Polyamines in cyanobacteria: biosynthesis, transport and abiotic stress response. In: Méndez-Vilas A. (ed.), **Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology**, 134-139. Spain: Formatex.

Jantaro, S., Incharoensakdi, A., Jansén, T., Mulo, P. and Mäenpää, P. 2005. Effects of long-term ionic and osmotic stress conditions on photosynthesis in the cyanobacterium *Synechocystis* sp. PCC 6803. **Function of Plant Biology** 32: 807-815.

Jantaro, S., Kidron, H., Chesnel, D., Salminen, T., Incharoensakdi, A., Mulo, P. and Mäenpää, P. 2006. Structural modeling and environmental regulation of arginine decarboxylase in *Synechocystis* sp. PCC 6803. **Architectural Microbiology** 184: 397-406.

Jantaro, S., Mäenpää, P., Mulo, P. and Incharoensakdi, A. 2003. Content and biosynthesis of polyamines in salt and osmotically-stressed cells of *Synechocystis* sp. PCC 6803. **FEMS Microbiology Letters** 228: 129-135.

Jiang, Y. M. and Chen, F. 1995. A study on polyamine change and browning of fruit during cold storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn). **Postharvest Biology and Technology** 5: 245-250.

John, P. and Marchal, J. 1995. Ripening and biochemistry of the fruit. In S. Gowen (Eds.), **Bananas and Platains**, 434-467. London: Chapman and Hall.

Kalac, P. and Krausova, P. 2005. A review of dietary polyamines: Formation and implications for growth and health and occurrence in foods. **Food Chemistry** 90: 219-230.

Kim, T. E., Kim, S. K., Han, T. J., Lee, J. S. and Chang, S. C. 2002. ABA and polyamines act independently in primary leaves of cold-stressed tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Journal of Plant Physiology** 115: 370-376.

Kramer, G. F., Wang, C. Y. and Conway, W. S. 1991. Inhibition of softening by polyamine application in 'Golden Delicious' and 'McIntosh' apples. **Scientia Horticulturae** 116: 813-817.

Law, D. M., Davies, P. J. and Mutschler, M. A. 1991. Polyamine induced prolongation of storage in tomato fruits. **Plant Growth Regulation** 10: 283-290.

Lee, T. M. and Chen, M. H. 1998. Hyposaline effect on polyamine accumulation in *Ulva fasciata* (Ulvales, Chlorophyta). **Journal of Plant Physiology** 39: 167-174.

Lester, G. E. 2000. Polyamines and their cellular anti-senescence properties in honey dew muskmelon fruit. **Plant Science** 160: 105-112.

Lima, L. d. O., Chitarra, A. B. and Chitarra, M. I. F. 2001. Changes in amylase activity, starch and sugar contents in mango fruit pulp of cv. Tommy Atkins with spongy tissue. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 44: 59-62.

Lizada, M. C. C., Pantastico, E. B., Shukor, A. R. A. and Sabari, S. D. 1990. Ripening of banana. In A. Hassan and E. B. Pantastico (Eds.), **Banana**, 65-84. Kuala Lampur: ASEAN Food Handling Bureau.

Loesecke, H. W. V. 1950. **Bananas**. New York: Interscience Publishers, inc.

Loser, C. 2000. Polyamines in human and animal milk. **British Journal of Nutrition** 84: 555-558.

Luo, Z., Chen, C. and Xie, J. 2011. Effect of salicylic acid treatment on alleviating postharvest chilling injury of 'Qingnai' plum fruit. **Postharvest Biology and Technology** 62: 115-120.

Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatment. **Postharvest Biology and Technology** 14: 257-269.

Ma-Jun, Y., Zhou, R., Cheng-Bing, S., Ma, J. Y., Zhou, R. and Cheng, B. S. 1996. Effect of spermine on the peroxidase activity of detached wheat leaves. **Journal of Shandong Agricultural University** 27: 176-180.

Malik, A. U. and Singh, Z. 2005. Pre-storage application of polyamines improves shelf-life and fruit quality of mango. **Journal of HortScience and Biotechnology** 80: 363-369

Malik, A. U. and Singh, Z. 2006. Improved fruit retention, yield and fruit quality in mango with exogenous application of polyamines. **Journal of HortScience and Biotechnology** 110: 167-174.

Martinez-Madrid, M. C., Flores F. and Romojaro, F. 2002. Behaviour of abscisic acid and polyamines in antisense ACC oxidase melon (*Cucumis melo*) during ripening. **Function of Plant Biology** 29: 865–872.

Martinez-Madrid, M. C., Martinez, G. Pretel, M. T., Serrano, M. and Romojaro, F. 1999. Role of ethylene and abscisic acid in physicochemical modifications during melon ripening. **Journal of Agriculture and Food Chemistry** 47: 5285-5290.

Martinez-Romeo, D., Valero, D. Serrano, M. and Riquelme, F. 1999. Effect of postharvest putrescine and calcium treatments on reducing mechanical damage and polyamines and ABA levels during lemon storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 79: 1589-1595.

Martinez-Tellez, M. A., Ramos-Clamont, M. G., Gardea, A. A. and Vargus- Arispuro, I. 2002. Effect of infiltrated polyamines on polygalacturonase activity and chilling injury responses in zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.). **Biochemical and Biophysical Research Communications** 295: 98-101.

McDonald, R. E. and Kushad, M. M. 1986. Accumulation of putrescine during chilling injury of fruits. **Journal of Plant Physiology** 82: 324-326.

Mehta, R. A., Cassol, T., Li, N., Ali, N., Handa, A. K. and Mattoo, A. K. 2002. Engineered polyamine accumulation in tomato enhances phytonutrient content, juice quality, and vine life. **Nation Biotechnology** 20: 613-618.

Messiaen, J., Cambier, P. and Van Cutsem, P. 1997. Polyamines and pectins ion exchange and selectivity. **Journal of Plant Physiology** 113: 387-395.

Mirdehghan, S. H., Rahemi, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Valverde, J. M., Zapata, P. J., Serrano, M. and Valero, D. 2007. Reduction of pomegranate chilling injury during storage after heat treatment: Role of polyamines. **Postharvest Biology and Technology** 44: 19-25.

Mitra, S. K. and Sanyal, D. 1990. Effect of putrescine on fruit set and fruit quality of litchi. **Gartenbauwissenschaft** 55: 83-84.

Mo, H. and Pua, E. C. 2002. Up-regulation of arginine decarboxylase gene expression and accumulation of polyamines in mustard (*Brassica juncea*). **Journal of Plant Physiology** 1114: 439-449.

Montgomery, M. W. and Sgarbieri, V. C. 1975. Isoenzyme of banana polyphenol oxidase. **Biochemistry** 14: 1245-1249.

Murata, T. 1969. Physiological and biochemical studies of chilling injury in bananas. **Physiologia Plantarum** 22: 401-411.

Paksasorn, A., Hayasaka, T., Matsui, H., Ohara, H. and Hirata, N. 1995. Relationship of polyamine content to ACC content and ethylene evolution in Japanese apricot fruit. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science** 63: 761-776.

Palmer, J. K. 1971. The Banana. In A. C. Hulm (Eds.), **The Biochemistry of Fruits and their Products**, 65-105. London: Academic Press.

Pandey, S., Ranade, S. A., Nager, P. K. and Kumer, N. 2000. Role of polyamines and ethylene as modulators of plant senescence. **Journal of Bioscience** 25: 291-299.

Pantastico, E. B., Azizan, M., Ali, A. H., Acedo, A. L., Dasuki, I. M. and Kosiyachinda, S. 1990. Physiological disorders of banana fruit. In Hassan, A. and E. B. Pantastico (Eds.), **Banana**, 85-103. Kuala Lumpur: ASEAN Food Handling Bureau.

Perez-Vicente, A., Martinez-Romero, D., Carbonell, A., Serrano, M., Riquelme, F., Guillen, F. and Valero, D. 2002. Role of polyamines in extending shelf life and the reduction of mechanical damage during plum (*Prunus salicina* Lindl.) storage. **Postharvest Biology and Technology** 25: 25-32.

Ponappa, T., Scheerens, J. C. and Miller, A. R. 1993. Vacuum infiltration of polyamines increases firmness of strawberry slices under various storage conditions. **Journal of Food Science** 58: 361-364.

Promyou, S., Ketsa, S. and Van Doorn, W.G. 2008. Hot water treatments delay cold-induced banana peel blackening. **Postharvest Biology and Technology** 48: 132-138.

Roy, M. and Ghosh, B. 1996. Polyamines, both common and uncommon, under heat stress in rice (*Oryza sativa*) callus. **Journal of Plant Physiology** 98: 196-200.

Rugini, E. and Mencuccini, M. 1985. Increased yield in olives with putrescine treatment. **HortScience** 20: 102-103.

Saftner, R. A. and Baldini, B. G. 1990. Polyamine levels and tomato fruit development: possible interaction with ethylene. **Journal of Plant Physiology** 92: 547-550.

Saltveit, M. E. 2002. The rate of ion leakage from chilling-sensitive tissue does not immediately increase upon exposure to chilling temperatures. **Postharvest Biology and Technology** 26: 295-304.

Selvaraj, Y., Kumar, R. and Pal, D. K. 1989. Changes in sugars organic acids, amino acids, lipid constituentsand aroma characteristics of ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. **Journal of Food Science and Technology** 26: 308-313.

Seymour, G. B., Taylor, J. E. and Tucker, G. A. 1993. **Biochemistry of Fruit Ripening Chapman & Hall**, London. 454 p.

Shen, W., Nada, K. and Tachibana, S. 2000. Involvement of polyamines in the chilling tolerance of cucumber cultivars. **Journal of Plant Physiology** 124: 431-439.

Smith, N. J. S., Tucker, G. A. and Jeger, J. 1989. Softening and cell wall changes in bananas and plantains. **Aspects of Applied Biology** 20: 57–65.

Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E. and Isambert, A. 2006. Commercial applications of microalgae. **Journal of Bioscience and Bioengineering** 101: 87-96.

Srivastava, M. K. and Dwivedi, U. N. 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. **Plant Science** 158: 87-96.

Stanier, R. Y., Kunisawa, R., Mandel, M. and Cohen-Bazire, G. 1971. The 2.3-A resolution structure of the maltose- or maltodextrin-binding protein, a primary receptor of bacterial active transport and chemotaxis. **Bacteriol Rev Journal** 266: 5202-5219

Stern, R. A. and Gazit, S. 2000. Application of the polyamine putrescine increased yield of “Mauritius” litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology** 75: 612-614.

Tiburcio, A. F., Altabella, T., Borrell, A. and Masgrau, C. 1997. Polyamine metabolism and regulation. **Journal of Plant Physiology** 100: 664-674.

Turner, D. W. 1997. Bananas and plantains. In S.K. Mitra (Eds.), **Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits**, 47-83. CAB INTERNATIONAL.

Valero, D., Martinaz-Romero, D., Serrano, M. and Riquelme, F. 1999. Polyamine roles on the post-harvest of fruits: A review. In S. Pandalai (Eds.), **Recent Research Developments in Agricultural and Food chemistry**, 39-45. Trivandrum, India: Research Signpost.

Valero, D., Martinaz-Romero, D. and Serrano, M. 2002. The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit. **Trends in Food Science and Technology** 13: 228-234.

Voigt, J., Deinert, B. and Bohley, P. 2000. Subcellular localization and light-dark control of ornithine decarboxylase in the unicellular green alga *Chlamydomonas reinhardtii*. **Physiological Plant Pathology** 108: 353-360.

Walters, D. R. 2000. Polyamines in plant-microbe interactions. **Physiological and Molecular Plant Pathology** 57: 137-146.

Walters, D. R. 2003. Polyamines and plant disease. **Phytochemistry** 64: 97-107.

Woods, J. L. 1990. Moisture loss from fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology** 1: 195-199.

Yahia, E. H., Contreras-Padilla, M. and Gonzalez-Aguilar, G. 2001. Ascorbic acid content in relation to ascorbic acid oxidase activity and polyamine content in tomato and bell pepper fruits during development, maturation and senescence. **Lebensmittel-Wisselschaftund-Technologie** 34: 452-457.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. ระบบการวัดสี L a b color space

ระบบการวัดสี L a b color space นี้ เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการวัดสีผลผลิต เช่น ผัก ผลไม้ และ ดอกไม้ โดยมีค่า L เป็นค่าความสว่าง ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 – 100 (0 เท่ากับสีดำ และ 100 เท่ากับสีขาว) นั่นคือ ค่า L ที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงค่าความสว่างของผลผลิตเพิ่มขึ้น ค่า a แสดงถึงปริมาณสีแดงและสีเขียว ถ้า a เป็นค่าบวกแสดงว่ามีสีแดงผสมอยู่ และถ้าค่าเป็นบวกมากแสดงว่ามีสีแดงผสมอยู่มาก แต่ถ้าค่า a เป็นลบแสดงว่ามีสีเขียวผสมอยู่ และถ้าค่าเป็นลบมากแสดงว่ามีสีเขียวผสมอยู่มาก ส่วน b แสดงถึงปริมาณของสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน ถ้าค่า b เป็นบวกแสดงว่ามีสีเหลืองผสมอยู่ แต่ถ้า b เป็นลบแสดงว่ามีสีน้ำเงินผสมอยู่

จากค่า a และ b สามารถนำมาพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกกล้วยได้ จากสีเขียวเป็นสีเหลือง โดยพิจารณาจากค่า hue (hue = arc tan (a/b)) ที่เปลี่ยนจากลบเป็นบวก (งานวิจัยพืชผลหลังการเก็บเกี่ยว, 2544 อ้างถึงใน จินตนา จันทร์เจริญฤทธิ์, 2545) ในการวิจัยครั้งนี้ การวัดสีเปลือกกล้วยหอมทองโดยเครื่องวัดสี ค่า hue ที่ได้สามารถบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกคือ ค่า hue จะลดลงเรื่อยๆ เมื่อกล้วยเริ่มเข้าสู่พัฒนาการการสุก นั่นคือ ค่า hue จะลดลงเมื่อผลผลิตมีสีเขียวลดลง

2. วิธีการสกัดและวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก (Choi et al., 2006)

2.1 สารเคมีที่ใช้ในการสกัดและการวิเคราะห์

1) 80% Ethanol
2) 50% Folin – Ciocalteu' s phenol reagent
3) 2% Na_2CO_3

2.2 การสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากตัวอย่างกล้วย

1) นำตัวอย่างกล้วยมา 2 กรัม ใส่ในโกร่งที่มี liquid nitrogen
2) บดตัวอย่างให้ละเอียด และเติม 80% Ethanol ปริมาตร 10 มิลลิลิตร
3) บดตัวอย่างกล้วยและ 80% Ethanol ให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วเทใส่หลอด centrifuge screw cap ขนาด 15 มิลลิลิตร เขย่าประมาณ 1 นาที ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง
4) นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 9,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ

25 °C เป็นเวลา 5 นาที

5) แยกสารละลายส่วนใส (supernatant) ใส่ใน eppendorf เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกต่อไป

2.3 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกด้วยวิธี spectrophotometric assay

1) นำสารละลายส่วนใสที่สกัดได้ปริมาตร 30 ไมโครลิตร ผสมกับ 50% Folin – Ciocalteu' s phenol reagent 25 ไมโครลิตร กับ 2% Na_2CO_3 500 ไมโครลิตร

2) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

3) ทำ standard curve โดยใช้ gallic acid เพื่อวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก

4) วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร

5) คำนวณหาค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยเทียบเป็น mg/g fresh weight ของกล้วย

3. วิธีการสกัดและวิเคราะห์อัตราการทำงานของเอนไซม์ PPO (Montgomery and Sgarbieri, 1975)

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการสกัดและการวิเคราะห์

1) *Extraction buffer ประกอบด้วย 6.25 กรัมของ PVPP

100 มิลลิลิตรของ 0.05 M potassium phosphate buffer pH7

2) 0.05 M potassium phosphate buffer pH7 ประกอบด้วย

30.75 มิลลิลิตรของ 1 M K_2HPO_4

19.25 มิลลิลิตรของ 1 M KH_2PO_4

3) 0.2 M potassium phosphate buffer pH7 ประกอบด้วย

61.5 มิลลิลิตรของ 1 M K_2HPO_4

38.5 มิลลิลิตรของ 1 M KH_2PO_4

4) *1 M pyrocatechol ประกอบด้วย pyrocatechol 0.1011 กรัมละลายใน 1 มิลลิลิตรของ 0.2 M potassium phosphate buffer pH7

5) Bio-Rad D_c protein assay reagent B

*ควรเตรียมสารใหม่ทุกครั้งที่ทำการสกัด

3.2 การสกัดเอนไซม์ PPO จากตัวอย่างกล้วย

1) นำตัวอย่างกล้วยน้ำหนัก 1.5 กรัม ใส่ในโกร่งที่มี liquid nitrogen

2) บดตัวอย่างจนละเอียดคล้ายผงแป้งแล้วเติม extraction buffer ปริมาตร 6 มิลลิลิตร

3) เทใส่หลอด centrifuge screw cap ขนาด 15 มิลลิลิตรแล้วนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 9,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 ° C เป็นเวลา 15 นาที

4) เก็บสารละลายส่วนใส (supernatant) ไว้ใน eppendorf แบ่งไว้ 50 ไมโครลิตรสำหรับตรวจสอบปริมาณ total protein นำส่วนที่เหลือไปวิเคราะห์อัตราการทำงานของเอนไซม์

3.3 การวิเคราะห์อัตราการทำงานของเอนไซม์ PPO

วิเคราะห์อัตราการทำงานของเอนไซม์ด้วยเครื่อง spectrophotometer แบบไคเนติกทุกๆ 15 วินาทีเป็นเวลาทั้งหมด 3 นาทีที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตรที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เทียบระหว่าง reference และ sample โดย

Reference cuvette ประกอบด้วย 2.9 มิลลิลิตรของ 0.05 KPi pH7
100ไมโครลิตรของสารละลายเอนไซม์

Sample cuvette ประกอบด้วย 2.87 มิลลิลิตรของ 0.05 KPi pH7
100ไมโครลิตรของสารละลายเอนไซม์
30 ไมโครลิตรของ 1 M pyrocatechol

*ควรบ่มเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสก่อนเป็นเวลา 5 นาที และในหลอด sample ควรใส่ pyrocatechol เป็นอันดับสุดท้าย

3.4 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณ total protein (อ้างถึงในจินตนา จันทร์เจริญฤทธิ์, 2545)

1) วัดปริมาณโปรตีนจากหลอดที่แบ่งสารละลายเอนไซม์ไว้ 50 ไมโครลิตร โดยใส่สารตรวจสอบโปรตีน Bio-Rad D_c protein assay reagent B ปริมาตร 50

ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาทีก่อนวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 595 นาโนเมตร

2) คำนวณอัตราการทำงานของเอนไซม์โดย เอนไซม์ 1 ยูนิตคือปริมาณเอนไซม์ที่สามารถเพิ่มค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตรได้ 0.001 ใน 1 นาทีต่อ 1 มิลลิกรัมโปรตีน

4. วิธีการสกัดและวิเคราะห์ปริมาณพอลิเอมีน (Flores and Galston, 1982)

4.1 สารเคมีที่ใช้ในการสกัดและการวิเคราะห์

1) 5% $HClO_4$
2) 1,6-hexanediamine
3) 2 M NaOH
4) Benzoyl chloride
5) Saturated NaCl
6) Diethyl ether
7) Methanol (HPLC grade)
8) แผ่นกรองสาร (filter membrane)

4.2 การสกัดพอลิเอมีนจากตัวอย่างกล้วย

1) นำตัวอย่างกล้วยน้ำหนัก 2 กรัม ใส่ในโกร่งที่มี liquid nitrogen
2) บดตัวอย่างจนละเอียดคล้ายผงแป้งแล้วใส่ลงในหลอด centrifuge screw cap ขนาด 50 มิลลิลิตร ซึ่งแช่ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำอยู่ก่อนแล้ว
3) เติม 5% $HClO_4$ 20 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4) นำไปเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 20 นาที
5) ทำการแยกส่วนสารละลายใส (free form) และส่วนที่เป็นตะกอน (bound form) ออกจากกัน
6) เติม 5% $HClO_4$ 20 มิลลิลิตร เฉพาะส่วนที่เป็น bound form เขย่าให้เข้ากัน
7) เติม 0.5 mM 1,6-hexanediamine 50 ไมโครลิตร 2 M NaOH 40 มิลลิลิตร และ Benzoyl chloride 800 ไมโครลิตร ทั้งส่วนที่เป็น free form และ bound form เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที

8) จากนั้นเติม NaCl ที่อิ่มตัว 80 มิลลิลิตร และ diethyl ether 80 มิลลิลิตร

9) นำสารละลายใสชั้นบนใส่ในบีกเกอร์ เพื่อทำการระเหยสารละลายออก ตั้งทิ้งให้ระเหยไว้เป็นเวลา 1 คืน

10) ละลายตะกอนของพอลิเอมีนที่ได้จากการระเหยโดยใช้ methanol 100% ปริมาตร 3 มิลลิลิตร

11) จากนั้นกรองสารละลาย methanol โดยใช้หลอดฉีดยาขนาด 2 มิลลิลิตรฉีดผ่าน filter membrane ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 ไมครอน เพื่อทำการวิเคราะห์ HPLC ต่อไป

4.3 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณพอลิเอมีนด้วยวิธี HPLC

1) นำสารละลายพอลิเอมีนที่ได้จากการละลายด้วย methanol มาทำการวัดปริมาณพอลิเอมีน โดยใช้อัตราการไหลของ methanol 60% ซึ่งเป็นเฟสเคลื่อนที่ที่ 1 มิลลิลิตรต่อนาที ทำการวัดที่อุณหภูมิ 40 °C ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร เป็นเวลา 45 นาที

2) ทำการสร้างกราฟมาตรฐานของสาระลายมาตรฐาน putrescine spermine spermidine และ 1,6-hexanediamine เพื่อหาสมการมาตรฐาน รวมทั้งเพื่อคำนวณหาค่าปริมาณพอลิเอมีนโดยเทียบเป็น nmol/mg fresh weight

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

อายุการเก็บรักษา	เปอร์เซนต์น้ำหนักสด, % ± SE			
	control	Put 0.1 ppm	Put 1 ppm	Put 10 ppm
วันที่ 0	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00
วันที่ 13	91.00 ± 0.58^{ns}	91.31 ± 0.58^{ns}	91.90 ± 0.25^{ns}	91.46 ± 0.88^{ns}

ตารางที่ 2 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

อายุการเก็บรักษา	ค่าความสว่าง, L value ± SE			
	control	Put 0.1 ppm	Put 1 ppm	Put 10 ppm
วันที่ 0	52.22 ± 0.61^{ns}	52.38 ± 0.58^{ns}	53.45 ± 1.25^{ns}	53.63 ± 0.51^{ns}
วันที่ 13	70.35 ± 0.80^{ns}	69.98 ± 0.59^{ns}	71.10 ± 0.41^{ns}	69.00 ± 1.36^{ns}

ตารางที่ 3 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

อายุการเก็บรักษา	ค่าการเปลี่ยนสี, hue angle ± SE			
	control	Put 0.1 ppm	Put 1 ppm	Put 10 ppm
วันที่ 0	104.68 ± 0.28^{ns}	104.95 ± 0.34^{ns}	104.75 ± 0.24^{ns}	105.02± 0.19^{ns}
วันที่ 13	76.12 ± 2.10^{c}	77.63 ± 0.87^{bc}	88.00 ± 1.80^{a}	81.30 ± 0.58^{b}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา13 วัน

อายุการเก็บรักษา	ความแน่นเนื้อ, Newton ± SE			
	control	Put 0.1 ppm	Put 1 ppm	Put 10 ppm
วันที่ 0	8.67 ± 0.05^{ns}	8.80 ± 0.08^{ns}	8.75 ± 0.03^{ns}	8.77 ± 0.05^{ns}
วันที่ 13	1.98 ± 0.41^{d}	3.85 ± 0.68^{c}	7.79 ± 0.39^{a}	5.96 ± 0.35^{b}

ตารางที่ 5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา13 วัน

อายุการเก็บรักษา	ปริมาณ TSS, °Brix ± SE			
	control	Put 0.1 ppm	Put 1 ppm	Put 10 ppm
วันที่ 0	3.60 ± 0.00^{ns}	3.60 ± 0.00^{ns}	3.60 ± 0.00^{ns}	3.60 ± 0.00^{ns}
วันที่ 13	25.10 ± 1.31^{a}	22.30 ± 0.30^{b}	19.35 ± 0.65^{c}	24.40 ± 0.54^{ab}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

อายุการเก็บรักษา	เปอร์เซนต์น้ำหนักสด, % ± SE			
	control	Spm 0.1 ppm	Spm 1 ppm	Spm 10 ppm
วันที่ 0	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00
วันที่ 13	91.44 ± 0.34[b]	95.91 ± 0.28[a]	95.46 ± 0.34[a]	95.58 ± 0.29[a]

ตารางที่ 7 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

อายุการเก็บรักษา	ค่าความสว่าง, L value ± SE			
	control	Spm 0.1 ppm	Spm 1 ppm	Spm 10 ppm
วันที่ 0	52.78 ± 0.87[ns]	51.60 ± 0.90[ns]	54.45 ± 1.20[ns]	52.48 ± 0.52[ns]
วันที่ 13	67.65 ± 0.71[ns]	67.30 ± 1.10[ns]	66.38 ± 1.38[ns]	67.28 ± 2.09[ns]

ตารางที่ 8 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

อายุการเก็บรักษา	ค่าการเปลี่ยนสี, hue angle ± SE			
	control	Spm 0.1 ppm	Spm 1 ppm	Spm 10 ppm
วันที่ 0	102.65 ± 0.20[ns]	103.35 ± 0.24[ns]	103.15 ± 0.53[ns]	102.83 ± 0.36[ns]
วันที่ 13	72.33 ± 1.83[ns]	74.50 ± 0.45[ns]	74.05 ± 0.51[ns]	73.80 ± 0.93[ns]

ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[ns] ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 9 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา13 วัน

อายุการเก็บรักษา	ความแน่นเนื้อ, Newton ± SE			
	control	Spm 0.1 ppm	Spm 1 ppm	Spm 10 ppm
วันที่ 0	8.28 ± 0.13^{ns}	8.18 ± 0.05^{ns}	8.04 ± 0.24^{ns}	8.16 ± 0.17^{ns}
วันที่ 13	3.39 ± 0.57^{b}	5.37 ± 0.09^{a}	5.95 ± 0.26^{a}	6.50 ± 0.52^{a}

ตารางที่ 10 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา13 วัน

อายุการเก็บรักษา	ปริมาณ TSS, °Brix ± SE			
	control	Spm 0.1 ppm	Spm 1 ppm	Spm 10 ppm
วันที่ 0	3.60 ± 0.00^{ns}	3.60 ± 0.00^{ns}	3.60 ± 0.00^{ns}	3.60 ± 0.00^{ns}
วันที่ 13	23.50 ± 0.19^{a}	21.70 ± 0.47^{c}	22.20 ± 0.42^{bc}	23.30 ± 0.30^{ab}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 11 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

อายุการเก็บรักษา	เปอร์เซนต์น้ำหนักสด, % ± SE			
	control	Spd 0.1 ppm	Spd 1 ppm	Spd 10 ppm
วันที่ 0	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00
วันที่ 13	91.38 ± 0.35^{b}	95.85 ± 0.27^{a}	95.33 ± 0.28^{a}	90.15 ± 0.51^{c}

ตารางที่ 12 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

อายุการเก็บรักษา	ค่าความสว่าง, L value ± SE			
	control	Spd 0.1 ppm	Spd 1 ppm	Spd 10 ppm
วันที่ 0	52.50 ± 0.35^{ns}	52.85 ± 0.33^{ns}	52.53 ± 0.09^{ns}	53.00 ± 0.15^{ns}
วันที่ 13	66.35 ± 1.06^{a}	62.53 ± 0.17^{b}	63.98 ± 0.45^{b}	65.85 ± 0.28^{a}

ตารางที่ 13 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

อายุการเก็บรักษา	ค่าการเปลี่ยนสี, hue angle ± SE			
	control	Spd 0.1 ppm	Spd 1 ppm	Spd 10 ppm
วันที่ 0	104.90 ± 0.17^{ns}	104.85 ± 0.22^{ns}	104.98 ± 0.20^{ns}	105.00 ± 0.23^{ns}
วันที่ 13	80.28 ± 0.88^{b}	91.18 ± 0.34^{a}	81.08 ± 0.47^{b}	78.90 ± 1.46^{b}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 14 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

อายุการเก็บรักษา	ความแน่นเนื้อ, Newton ± SE			
	control	Spd 0.1 ppm	Spd 1 ppm	Spd 10 ppm
วันที่ 0	8.43 ± 0.15^{ns}	8.21 ± 0.06^{ns}	8.60 ± 0.09^{ns}	8.55 ± 0.14^{ns}
วันที่ 13	5.07 ± 0.23^{c}	7.89 ± 0.27^{a}	6.99 ± 0.33^{b}	5.24 ± 0.21^{c}

ตารางที่ 15 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 13 วัน

อายุการเก็บรักษา	ปริมาณ TSS, °Brix ± SE			
	control	Spd 0.1 ppm	Spd 1 ppm	Spd 10 ppm
วันที่ 0	3.60 ± 0.00^{ns}	3.60 ± 0.00^{ns}	3.60 ± 0.00^{ns}	3.60 ± 0.00^{ns}
วันที่ 13	21.21 ± 0.81^{a}	15.90 ± 1.37^{b}	20.35 ± 0.33^{a}	21.35 ± 0.34^{a}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 16 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

อายุการเก็บรักษา	เปอร์เซนต์น้ำหนักสด, % ± SE			
	control	Cya 0.1 ppm	Cya 1 ppm	Cya 10 ppm
วันที่ 0	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00
วันที่ 13	90.84 ± 0.52^{c}	91.58 ± 0.53^{c}	93.40 ± 0.26^{b}	96.97 ± 0.26^{a}

ตารางที่ 17 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

อายุการเก็บรักษา	ค่าความสว่าง, L value ± SE			
	control	Cya 0.1 ppm	Cya 1 ppm	Cya 10 ppm
วันที่ 0	53.65 ± 0.92^{ns}	52.73 ± 1.06^{ns}	52.15 ± 1.69^{ns}	52.78 ± 1.18^{ns}
วันที่ 13	68.90 ± 0.59^{a}	70.83 ± 0.53^{a}	56.80 ± 3.02^{b}	54.05 ± 1.21^{b}

ตารางที่ 18 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

อายุการเก็บรักษา	ค่าการเปลี่ยนสี, hue angle ± SE			
	control	Cya 0.1 ppm	Cya 1 ppm	Cya 10 ppm
วันที่ 0	106.38 ± 0.55^{ns}	106.43 ± 0.77^{ns}	106.50 ± 0.67^{ns}	105.35 ± 0.30^{ns}
วันที่ 13	78.93 ± 0.77^{c}	77.90 ± 1.22^{c}	86.03 ± 1.40^{b}	99.25 ± 2.19^{a}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 19 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

อายุการเก็บรักษา	ความแน่นเนื้อ, Newton ± SE			
	control	Cya 0.1 ppm	Cya 1 ppm	Cya 10 ppm
วันที่ 0	8.90 ± 0.03^{ns}	8.87 ± 0.03^{ns}	8.90 ± 0.03^{ns}	8.87 ± 0.03^{ns}
วันที่ 13	2.43 ± 0.24^{c}	2.80 ± 0.23^{c}	4.30 ± 0.18^{b}	8.70 ± 0.08^{a}

ตารางที่ 20 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 13 วัน

อายุการเก็บรักษา	ปริมาณ TSS, °Brix ± SE			
	control	Cya 0.1 ppm	Cya 1 ppm	Cya 10 ppm
วันที่ 0	3.60 ± 0.00^{ns}	3.60 ± 0.00^{ns}	3.60 ± 0.00^{ns}	3.60 ± 0.00^{ns}
วันที่ 13	24.90 ± 0.39^{a}	23.25 ± 0.68^{a}	19.60 ± 1.00^{b}	10.35 ± 0.15^{c}

ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 21 ค่าความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

อายุการเก็บรักษา	ค่าความสว่าง, L value ± SE	
	control	Cya 10 ppm
วันที่ 0	53.64 ± 0.43	53.89 ± 0.41
วันที่ 4	49.82 ± 0.25	50.86 ± 0.35
วันที่ 8	46.58 ± 0.07	49.45 ± 0.12*

ตารางที่ 22 ค่าการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

อายุการเก็บรักษา	ค่าการเปลี่ยนสี, hue angle ± SE	
	control	Cya 10 ppm
วันที่ 0	103.78 ± 0.33	103.92 ± 0.46
วันที่ 4	101.20 ± 0.22	102.58 ± 0.37*
วันที่ 8	99.86 ± 0.09	100.29 ± 0.08*

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 23 ค่าการเกิดสีดำของเปลือก (peel blackening) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

อายุการเก็บรักษา	ค่าการเกิดสีดำของเปลือก, score of peel blackening ± SE	
	control	Cya 10 ppm
วันที่ 0	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
วันที่ 4	3.50 ± 0.20	2.12 ± 0.12*
วันที่ 8	4.88 ± 0.12	3.62 ± 0.12*

ตารางที่ 24 เปอร์เซนต์การรั่วไหล (electrolyte leakage) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

อายุการเก็บรักษา	เปอร์เซนต์การรั่วไหล, elecrolyte leakage (%) ± SE	
	control	Cya 10 ppm
วันที่ 0	2.00 ± 0.09	2.06 ± 0.08
วันที่ 4	5.00 ± 0.12	4.10 ± 0.13*
วันที่ 8	15.53 ± 0.21	12.74 ± 0.20*

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 25 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

อายุการเก็บรักษา	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก, phenolic compounds ± SE	
	control	Cya 10 ppm
วันที่ 0	0.17 ± 0.01	0.18 ± 0.01
วันที่ 4	0.30 ± 0.01	0.30 ± 0.01
วันที่ 8	0.37 ± 0.01	0.41 ± 0.01*

ตารางที่ 26 แอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

อายุการเก็บรักษา	แอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO, unit/mg protien ± SE	
	control	Cya 10 ppm
วันที่ 0	226.46 ± 4.47	226.35 ± 4.09
วันที่ 4	656.82 ± 12.72	590.42± 7.91*
วันที่ 8	1296.73 ± 33.51	784.21 ± 11.11*

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 27 ปริมาณ free putrescine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 8 วัน

อายุการเก็บรักษา	ปริมาณ free putrescine, nmol/mg fresh weight ± SE	
	control	Cya 10 ppm
วันที่ 0	1.50 ± 0.02	1.51 ± 0.04
วันที่ 4	0.48 ± 0.04	1.66 ± 0.03*
วันที่ 8	0.30 ± 0.01	1.04 ± 0.03*

ตารางที่ 28 ปริมาณ bound putrescine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

อายุการเก็บรักษา	ปริมาณ bound putrescine, nmol/mg fresh weight ± SE	
	control	Cya 10 ppm
วันที่ 0	0.68 ± 0.02	0.69 ± 0.01
วันที่ 4	0.42 ± 0.01	0.43 ± 0.01
วันที่ 8	0.25 ± 0.02	0.26 ± 0.01

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 29 ปริมาณ free spermidine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

อายุการเก็บรักษา	ปริมาณ free spermidine, nmol/mg fresh weight ± SE	
	control	Cya 10 ppm
วันที่ 0	1.07 ± 0.03	1.08 ± 0.02
วันที่ 4	0.62 ± 0.02	1.18 ± 0.02*
วันที่ 8	0.18 ± 0.02	0.82 ± 0.02*

ตารางที่ 30 ปริมาณ bound spermidine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

อายุการเก็บรักษา	ปริมาณ bound spermidine, nmol/mg fresh weight ± SE	
	control	Cya 10 ppm
วันที่ 0	0.38 ± 0.03	0.40 ± 0.02
วันที่ 4	0.12 ± 0.01	0.14 ± 0.01
วันที่ 8	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.01

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 31 ANOVA ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	0.000	3	0.000	.	.
	Within Groups	0.000	12	0.000		
	Total	0.000	15			
DAY_13	Between Groups	1.689	3	0.563	0.370	0.776
	Within Groups	18.272	12	1.523		
	Total	19.961	15			

ตารางที่ 32 ANOVA ของความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	6.232	3	2.077	0.825	0.505
	Within Groups	30.213	12	2.518		
	Total	36.444	15			
DAY_13	Between Groups	9.152	3	3.051	1.016	0.420
	Within Groups	36.037	12	3.003		
	Total	45.189	15			

ตารางที่ 33 ANOVA ของการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	0.325	3	0.108	0.376	0.772
	Within Groups	3.455	12	0.288		
	Total	3.780	15			
DAY_13	Between Groups	336.083	3	112.028	12.799	0.000*
	Within Groups	105.035	12	8.753		
	Total	441.118	15			

ตารางที่ 34 ANOVA ของความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	0.034	3	0.011	1.015	0.420
	Within Groups	0.132	12	0.011		
	Total	0.166	15			
DAY_13	Between Groups	76.423	3	25.474	27.997	0.000*
	Within Groups	10.919	12	0.910		
	Total	87.342	15			

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 35 ANOVA ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย putrescine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	0.000	3	0.000	0.000	1.000
	Within Groups	0.000	12	0.000		
	Total	0.000	15			
DAY_13	Between Groups	80.008	3	26.669	10.573	0.001*
	Within Groups	30.270	12	2.523		
	Total	110.278	15			

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 36 ANOVA ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	0.000	3	0.000	.	.
	Within Groups	0.000	12	0.000		
	Total	0.000	15			
DAY_13	Between Groups	53.596	3	17.865	45.718	0.000*
	Within Groups	4.689	12	0.391		
	Total	58.285	15			

ตารางที่ 37 ANOVA ของความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	17.065	3	5.688	1.738	0.212
	Within Groups	39.285	12	3.274		
	Total	56.350	15			
DAY_13	Between Groups	3.555	3	1.185	0.148	0.929
	Within Groups	96.085	12	8.007		
	Total	99.640	15			

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 38 ANOVA ของการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	1.192	3	0.397	0.784	0.525
	Within Groups	6.078	12	0.506		
	Total	7.269	15			
DAY_13	Between Groups	10.637	3	3.546	0.755	0.540
	Within Groups	56.317	12	4.693		
	Total	66.954	15			

ตารางที่ 39 ANOVA ของความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	0.122	3	0.041	0.380	0.769
	Within Groups	1.280	12	0.107		
	Total	1.402	15			
DAY_13	Between Groups	22.127	3	7.376	11.015	0.001*
	Within Groups	8.035	12	0.670		
	Total	30.162	15			

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 40 ANOVA ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	0.000	3	0.000	0.000	1.000
	Within Groups	0.000	12	0.000		
	Total	0.000	15			
DAY_13	Between Groups	8.990	3	2.997	5.654	0.012*
	Within Groups	6.360	12	0.530		
	Total	15.350	15			

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 41 ANOVA ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	0.000	3	0.000	.	.
	Within Groups	0.000	12	0.000		
	Total	0.000	15			
DAY_13	Between Groups	96.815	3	32.272	60.606	0.000*
	Within Groups	6.390	12	0.532		
	Total	103.204	15			

ตารางที่ 42 ANOVA ของความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	0.727	3	0.242	0.921	0.460
	Within Groups	3.157	12	0.263		
	Total	3.884	15			
DAY_13	Between Groups	37.195	3	12.398	8.673	0.002*
	Within Groups	17.155	12	1.430		
	Total	54.350	15			

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 43 ANOVA ของการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	0.057	3	0.019	0.112	0.952
	Within Groups	2.037	12	0.170		
	Total	2.094	15			
DAY_13	Between Groups	378.757	3	126.252	38.805	0.000*
	Within Groups	39.042	12	3.254		
	Total	417.799	15			

ตารางที่ 44 ANOVA ของความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	0.363	3	0.121	2.177	0.144
	Within Groups	0.667	12	0.056		
	Total	1.030	15			
DAY_13	Between Groups	22.611	3	7.537	26.767	0.000*
	Within Groups	3.379	12	0.282		
	Total	25.990	15			

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 45 ANOVA ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลาย spermidine ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	0.000	3	0.000	0.000	1.000
	Within Groups	0.000	12	0.000		
	Total	0.000	15			
DAY_13	Between Groups	79.490	3	26.497	9.594	0.002*
	Within Groups	33.142	12	2.762		
	Total	112.632	15			

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 46 ANOVA ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (%) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	0.000	3	0.000	.	.
	Within Groups	0.000	12	0.000		
	Total	0.000	15			
DAY_13	Between Groups	89.796	3	29.932	43.585	0.000*
	Within Groups	8.241	12	0.687		
	Total	98.037	15			

ตารางที่ 47 ANOVA ของความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	4.595	3	1.532	0.246	0.863
	Within Groups	74.735	12	6.228		
	Total	79.330	15			
DAY_13	Between Groups	856.302	3	285.434	25.429	0.000*
	Within Groups	134.698	12	11.225		
	Total	990.999	15			

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 48 ANOVA ของการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	3.553	3	1.184	0.821	0.507
	Within Groups	17.305	12	1.442		
	Total	20.858	15			
DAY_13	Between Groups	1161.305	3	387.102	43.846	0.000*
	Within Groups	105.945	12	8.829		
	Total	1267.250	15			

ตารางที่ 49 ANOVA ของความแน่นเนื้อ (firmness) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	0.002	3	0.001	0.286	0.835
	Within Groups	0.035	12	0.003		
	Total	0.037	15			
DAY_13	Between Groups	99.359	3	33.120	216.818	0.000*
	Within Groups	1.833	12	0.153		
	Total	101.192	15			

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 50 ANOVA ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 13 วัน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
DAY_0	Between Groups	0.000	3	0.000	0.000	1.000
	Within Groups	0.000	12	0.000		
	Total	0.000	15			
DAY_13	Between Groups	507.810	3	169.270	102.692	0.000*
	Within Groups	19.780	12	1.648		
	Total	527.590	15			

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 51 t-test ของความสว่าง (L value) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

storage time (days)		Levene's Test for Equality of variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)
DAY_0	Equal variances assumed	0.002	0.969	-0.417	6	0.691
	Equal variances not assumed			-0.417	5.986	0.691
DAY_4	Equal variances assumed	1.884	0.219	-2.404	6	0.053
	Equal variances not assumed			-2.404	5.408	0.058
DAY_8	Equal variances assumed	5.333	0.06	-21.114	6	0.000*
	Equal variances not assumed			-21.114	4.692	0.000*

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 52 t-test ของการเปลี่ยนสี (hue angle) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

storage time (days)		Levene's Test for Equality of variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)
DAY_0	Equal variances assumed	4.286	0.084	-0.262	6	0.802
	Equal variances not assumed			-0.262	5.445	0.803
DAY_4	Equal variances assumed	2.556	0.161	-3.199	6	0.019*
	Equal variances not assumed			-3.199	4.802	0.025*
DAY_8	Equal variances assumed	0.000	1.000	-3.532	6	0.012*
	Equal variances not assumed			-3.532	5.922	0.013*

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 53 t-test ของการเกิดสีดำของเปลือก (peel blackening) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

storage time (days)		Levene's Test for Equality of variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)
DAY_0	Equal variances assumed	-	-	-	-	-
	Equal variances not assumed			-	-	-
DAY_4	Equal variances assumed	0.158	0.705	5.745	6	0.001*
	Equal variances not assumed			5.745	4.973	0.002*
DAY_8	Equal variances assumed	0.000	1.000	7.071	6	0.000*
	Equal variances not assumed			7.071	6.000	0.000*

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 54 t-test ของเปอร์เซนต์การรั่วไหล (electrolyte leakage) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

storage time (days)		Levene's Test for Equality of variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)
DAY_0	Equal variances assumed	0.000	1.000	-0.496	6	0.656
	Equal variances not assumed			-0.496	5.890	0.656
DAY_4	Equal variances assumed	0.348	0.577	5.048	6	0.002*
	Equal variances not assumed			5.048	5.937	0.002*
DAY_8	Equal variances assumed	0.002	0.970	9.602	6	0.000*
	Equal variances not assumed			9.602	5.981	0.000*

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 55 t-test ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรีย ความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

storage time (days)		Levene's Test for Equality of variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)
DAY_0	Equal variances assumed	0.497	0.507	-0.159	6	0.879
	Equal variances not assumed			-0.159	5.190	0.880
DAY_4	Equal variances assumed	4.500	0.078	0.243	6	0.816
	Equal variances not assumed			0.243	4.534	0.819
DAY_8	Equal variances assumed	0.214	0.660	-3.9 70	6	0.007*
	Equal variances not assumed			-3.970	5.585	0.009*

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 56 t-test ของแอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

storage time (days)		Levene's Test for Equality of variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)
DAY_0	Equal variances assumed	0.218	0.657	0.018	6	0.986
	Equal variances not assumed			0.018	5.953	0.986
DAY_4	Equal variances assumed	0.544	0.488	4.433	6	0.004*
	Equal variances not assumed			4.433	5.018	0.007*
DAY_8	Equal variances assumed	8.282	0.028	14.516	6	0.000*
	Equal variances not assumed			14.516	3.652	0.000*

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 57 t-test ของปริมาณ free putrescine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

storage time (days)		Levene's Test for Equality of variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)
DAY_0	Equal variances assumed	3.196	0.124	-0.057	6	0.956
	Equal variances not assumed			-0.057	5.479	0.956
DAY_4	Equal variances assumed	0.838	0.395	-23.224	6	0.000*
	Equal variances not assumed			-23.224	5.403	0.000*
DAY_8	Equal variances assumed	2.135	0.194	-20.947	6	0.000*
	Equal variances not assumed			-20.947	4.216	0.000*

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 58 t-test ของปริมาณ bound putrescine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

storage time (days)		Levene's Test for Equality of variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)
DAY_0	Equal variances assumed	5.400	0.059	-0.490	6	0.642
	Equal variances not assumed			-0.490	4.412	0.648
DAY_4	Equal variances assumed	0.214	0.660	-0.154	6	0.883
	Equal variances not assumed			-0.154	5.970	0.883
DAY_8	Equal variances assumed	0.401	0.550	-0.365	6	0.728
	Equal variances not assumed			-0.365	5.807	0.728

ตารางที่ 59 t-test ของปริมาณ free spermidine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

storage time (days)		Levene's Test for Equality of variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)
DAY_0	Equal variances assumed	0.426	0.538	-0.225	6	0.829
	Equal variances not assumed			-0.225	5.605	0.830
DAY_4	Equal variances assumed	0.038	0.851	-16.630	6	0.000*
	Equal variances not assumed			-16.630	5.999	0.000*
DAY_8	Equal variances assumed	0.196	0.674	-20.544	6	0.000*
	Equal variances not assumed			-20.544	5.739	0.000*

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 60 t-test ของปริมาณ bound spermidine ของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่าน (control) หรือผ่านการจุ่มสารละลายพอลิเอมีนที่สกัดได้จากไซยาโนแบคทีเรียความเข้มข้น 10 ppm ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 วัน

storage time (days)		Levene's Test for Equality of variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)
DAY_0	Equal variances assumed	0.480	0.514	-0.417	6	0.691
	Equal variances not assumed			-0.417	5.643	0.692
DAY_4	Equal variances assumed	0.000	1.000	-0.980	6	0.365
	Equal variances not assumed			-0.980	6.000	0.365
DAY_8	Equal variances assumed	0.600	0.468	0.566	6	0.592
	Equal variances not assumed			0.566	5.739	0.593

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอรรคพล สันติวิภานนท์ เกิดเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2528 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีการเกษตร จากภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร เมื่อปี พ.ศ. 2552 โดยระหว่างการศึกษาปริญญามหาบัณฑิตได้รับการสนับสนุนจากทุนวิทยบัณฑิต ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย