ผลของการใช้แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานต่อการรักษาคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อน *Zea mays* L. ระหว่างการเก็บรักษา

นางสาวฉัตรวรุณ พจนการุณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-3827-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF CALCIUM CHLORIDE AND CHITOSAN TREATMENTS ON QUALITY MAINTENANCE OF BABY CORN *Zea mays* L. DURING POSTHARVEST STORAGE

Miss Chatwaroon Pojjanagaroon

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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
Chulalongkorn University
Academic Year 2005

ISBN 974-17-3827-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการใช้แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานต่อการรักษาคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อน *Zea mays* L. ระหว่างการเก็บรักษา
โดย	นางสาวฉัตรวรุณ พจนการุณ
สาขาวิชา	พฤกษศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. กนกวรรณ เสรีภาพ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ นันทนา อังกินันทน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. กนกวรรณ เสรีภาพ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีดา บุญ-หลง)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. รัฐ พิชญางกูร)

.....กรรมการ
(ดร. พันธ์พิมพ์ วอนขอพร)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฉัตรวรุณ พจนการุณ : ผลของการใช้แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานต่อการรักษาคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อน *Zea mays* L. ระหว่างการเก็บรักษา (EFFECTS OF CALCIUM CHLORIDE AND CHITOSAN TREATMENTS ON QUALITY MAINTENANCE OF BABY CORN *Zea mays* L. DURING POSTHARVEST STORAGE) อ. ที่ปรึกษา : อ. ดร. กนกวรรณ เสรีภาพ 105 หน้า. ISBN 974-17-3827-7.

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและการรักษาคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่ในสารละลาย $CaCl_2$ ระดับความเข้มข้น 0 1 2 3 และ 4% เป็นเวลา 2 และ 4 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3°C เป็นเวลา 21 วัน โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของข้าวโพดฝักอ่อนในวันที่ 0 3 6 9 12 15 18 และ 21 วันของการเก็บรักษา พบว่าชุดการทดลองที่ใช้ $CaCl_2$ ความเข้มข้น 4% แช่เป็นเวลา 4 นาที สามารถรักษาความแน่นเนื้อและชะลอการเกิดเส้นใยได้มากที่สุดในข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์ ส่วนการแช่ข้าวโพดฝักอ่อนในสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0 5 10 20 และ 40 ppm เป็นเวลา 2 และ 4 นาที พบว่าชุดการทดลองที่เหมาะสมที่สุดคือชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานความเข้มข้น 5 และ 40 ppm แช่เป็นเวลา 4 นาที โดยชุดการทดลองที่แช่ไคโตซานความเข้มข้น 5 ppm เป็นเวลา 4 นาที ก่อนการเก็บรักษา สามารถรักษาความแน่นเนื้อได้มากที่สุด และการใช้ไคโตซานความเข้มข้น 40 ppm แช่เป็นเวลา 4 นาที สามารถชะลอการเกิดเส้นใยได้มากที่สุดในข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์ ส่วนผลของการเลือกใช้ $CaCl_2$ ความเข้มข้น 4% ร่วมกับไคโตซานความเข้มข้น 5 หรือ 40 ppm แช่เป็นเวลา 4 นาที ในการรักษาคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อน พบว่าข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่ $CaCl_2$ 4% มีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด และการแช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 40 ppm ช่วยลดปริมาณเส้นใยในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ผ่านการแช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm สามารถลดอัตราการหายใจและแอคติวิตีของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ในข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา....พฤกษศาสตร์.....
สาขาวิชา....พฤกษศาสตร์....
ปีการศึกษา.....2548.....

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

4572265423 : MAJOR BOTANY

KEY WORD : CALCIUM CHLORIDE / CHITOSAN / BABY CORN

CHATWAROON POJJANAGAROON : EFFECTS OF CALCIUM CHLORIDE AND CHITOSAN TREATMENTS ON QUALITY MAINTENANCE OF BABY CORN *Zea mays* L. DURING POSTHARVEST STORAGE. THESIS ADVISOR : KANOGWAN SERAYPHEAP, Ph.D, 105 pp. ISBN 974-17-3827-7.

The effectiveness of $CaCl_2$ and chitosan, alone or in combination, to maintain the quality of 'Amazing' and 'Pacific 283' baby corn was investigated. All treatments were applied by postharvest dipping of baby corn for 2 and 4 minutes, air-dried, and then kept at 3ºC. The physiological changes of baby corn were recorded on day 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, and 21 after storage. In single treatment, 4% $CaCl_2$ dipped for 4 minutes significantly maintained firmness and decreased fiber content in both cultivars. In addition, 5 ppm chitosan maintained firmness and 40 ppm chitosan significantly decreased fiber content during postharvest storage. In combination, baby corns were dipped in 4% $CaCl_2$ and 5 or 40 ppm chitosan for 4 minutes. The results shown that 4% $CaCl_2$ significantly decreased weight loss in 'Amazing' baby corn. Combined treatments of 4 % $CaCl_2$ and 40 ppm chitosan significantly decreased fiber content in 'Pacific 283' baby corn, wherease, 4 % $CaCl_2$ and 5 ppm chitosan resulted in significantly reduced respiration rate and polyphenol oxidase activity in both cultivars. Therefore, the result suggested that $CaCl_2$ and chitosan treatments can maintain the postharvest quality of baby corn during storage.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department.....Botany..... Student's signature.....

Field of study.....Botany..... Advisor's signature.....

Academic year.....2005.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. กนกวรรณ เสรีภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ สำหรับคำปรึกษา กำลังใจ และการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ นันทนา อังกินันทน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีดา บุญ-หลง อาจารย์ ดร. รัฐ พิชญางกูร และ ดร. พันธ์พิมพ์ วอนขอพร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษาและตรวจแก้วิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนโครงการวิจัยหรือค้นคว้าเพื่อทำวิทยานิพนธ์ และทุนสนับสนุนวิทยานิพนธ์และกลุ่มวิทยานิพนธ์ ที่มอบทุนสนับสนุนการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. รัฐ พิชญางกูร ที่เอื้อเฟื้อไคโตซานในการวิจัย ตลอดจนคำแนะนำต่างๆ เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คุณอัมพร ขจิตเขม และคุณสุนีย์ นิโกรธา สำหรับคำแนะนำและการช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดหาวัตถุดิบเพื่อการวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่แผนกงานวิจัยพืชผลหลังการเก็บเกี่ยว ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สำหรับความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง Gas chromatography

ขอขอบคุณ คุณฐปนา บางยี่ขัน คุณสหัช จันทนาอรพินท์ คุณศราวุธ สีดี คุณชัชวาล วงค์ชัย คุณสุประวีณ์ นาคภิบาล คุณนิตยา อัมรัตน์ รวมถึงเพื่อน พี่ น้องและบุคลากรภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความช่วยเหลือและกำลังใจที่มีให้เสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณพ่อ แม่ ขอบคุณญาติพี่น้องสำหรับกำลังใจ และความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ญ

สารบัญรูปภาพ.....ฐ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....3

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....4

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร.....5

2.1 ความสำคัญของข้าวโพดฝักอ่อน.....5

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์.....6

2.3 พันธุ์และลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวโพดฝักอ่อนที่มีการปลูกในประเทศไทย.....6

2.4 การเก็บเกี่ยวข้าวโพดฝักอ่อน.....8

2.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดฝักอ่อน.....8

2.6 แนวทางการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดฝักอ่อน.....9

2.7 ความสำคัญของแคลเซียมต่อการรักษาคุณภาพของผลิตผล.....10

2.7.1 บทบาทของแคลเซียมต่อความแข็งแรงของผนังเซลล์.....10

2.7.2 บทบาทของแคลเซียมต่อการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์.....11

2.7.3 บทบาทของแคลเซียมต่ออัตราการหายใจ.....11

2.7.4 บทบาทของแคลเซียมต่อการสูญเสียน้ำหนักสด.....12

2.7.5 บทบาทของแคลเซียมต่อการเกิดโรคระหว่างการเก็บรักษา.....12

2.8 ความสำคัญของไคโตซานต่อการรักษาคุณภาพของผลิตผล.....13

2.8.1 บทบาทของไคโตซานต่อความแน่นเนื้อ.....14

2.8.2 บทบาทของไคโตซานต่ออัตราการหายใจ.....15

2.8.3 บทบาทของไคโตซานต่อการสูญเสียน้ำหนักสด.....15

2.8.4 บทบาทของไคโตซานต่อการเกิดโรคระหว่างการเก็บรักษา.....15

หน้า

2.8.5 บทบาทของไคโตซานต่อการเกิด enzymatic browning.....16
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....18
3.1 วัสดุอุปกรณ์.....18
3.1.1 พืชทดลอง.....18
3.1.2 วัสดุอุปกรณ์.....18
3.2 วิธีการทดลอง.....19
3.2.1 การหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการแช่แคลเซียมคลอไรด์ต่อการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283.....19
3.2.2 การหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการแช่ไคโตซานต่อการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283.....21
3.2.3 การศึกษาผลของการใช้แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานร่วมกันต่อการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283.....22
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....25
4.1 การหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการแช่แคลเซียมคลอไรด์ต่อการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283.....25
4.1.1 การให้คะแนนลักษณะภายนอก.....25
4.1.2 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสด.....27
4.1.3 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ.....27
4.1.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 27
4.1.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใย.....35
4.2 การหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการแช่ไคโตซานต่อการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283.....38
4.2.1 การให้คะแนนลักษณะภายนอก.....38
4.2.2 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสด.....40
4.2.3 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ.....40
4.2.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 40
4.2.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใย.....41

หน้า

4.3 การศึกษาผลของการใช้แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานร่วมกันต่อการเก็บรักษา
และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของข้าวโพดฝักอ่อน
พันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283.....50
4.3.1 การให้คะแนนลักษณะภายนอก.....50
4.3.2 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสด.....50
4.3.3 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ.....56
4.3.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้.....56
4.3.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใย.....56
4.3.6 การวัดอัตราการหายใจโดยเครื่อง gas chromatography.....57
4.3.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาล.....70
4.3.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้ง.....70
4.3.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอล.....79
4.3.10 การเปลี่ยนแปลงแอคติวิตีของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส.....79
บทที่ 5 อภิปรายผลการทดลอง.....84
5.1 การหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการแช่แคลเซียมคลอไรด์
ต่อการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283.....84
5.2 การหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการแช่ไคโตซานต่อการเก็บรักษา
ข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283.....85
5.3 การศึกษาผลของการใช้แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานร่วมกันต่อการเก็บรักษา
และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของข้าวโพดฝักอ่อน
พันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283.....86
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง.....90
รายการอ้างอิง.....92
ภาคผนวก.....101
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....105

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การให้คะแนนลักษณะภายนอกของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ	26
2	การให้คะแนนลักษณะภายนอกของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ	26
3	การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ	29
4	การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ	30
5	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ	31
6	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ	32
7	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ	33
8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ	34
9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ	36
10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ	37
11	การให้คะแนนลักษณะภายนอกของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ	39
12	การให้คะแนนลักษณะภายนอกของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่ในสารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ	39
13	การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ	42
14	การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ	43

ตารางที่ **หน้า**

15 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ.....44
16 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ.....45
17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ.....46
18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ.....47
19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ.....48
20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ.....49
21 การให้คะแนนลักษณะภายนอกของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....51
22 การให้คะแนนลักษณะภายนอกของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....51
23 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....53
24 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....55
25 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....58
26 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....59
27 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....60

ตารางที่ **หน้า**

28 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....61

29 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....63

30 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....65

31 การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....67

32 การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....69

33 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....72

34 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....74

35 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....76

36 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....78

37 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....80

38 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....81

39 การเปลี่ยนแปลงแอคติวิตีของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....82

40 การเปลี่ยนแปลงแอคติวิตีของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที.....83

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1	การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที	52
2	การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที	54
3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที	62
4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที	64
5	การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที	66
6	การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที	68
7	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที	71
8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที	73
9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที	75
10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที	77

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวโพดฝักอ่อน *(Zea mays* L.) หรือ baby corn เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ และมีแนวโน้มการส่งออกสูงขึ้นเรื่อยๆ ทั้งในรูปฝักสดและบรรจุกระป๋อง โดยข้าวโพดฝักอ่อนที่บรรจุภาชนะอัดลมมีปริมาณการส่งออกในปี พ.ศ. 2546 2547 และ 2548 ถึง 62,894 63,473 และ 76,509 ตัน ตามลำดับ คิดเป็นมูลค่า 1,647.59 1,675.03 และ 2,053.04 ล้านบาท ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) นอกจากนี้ข้าวโพดฝักอ่อนยังมีการส่งออกไปหลายประเทศทั้งในทวีปเอเชีย ยุโรป อเมริกา และออสเตรเลีย จากข้อมูลในปี พ.ศ. 2548 พบว่าประเทศไทยส่งข้าวโพดฝักอ่อนไปยังประเทศสหราชอาณาจักรมากที่สุด รองลงมาคือประเทศออสเตรเลีย คิดเป็นมูลค่า 175,315,947 และ 48,030,480 บาท ตามลำดับ (กรมศุลกากร, 2549) ข้าวโพดฝักอ่อนสามารถใช้ปรุงอาหารได้หลากหลาย และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง นอกจากนี้ยังเป็นผักที่มีการตัดแต่งมากที่สุดเมื่อเทียบกับผลิตผลชนิดอื่น เพราะต้องผ่านขั้นตอนการกรีดเอาเปลือกและไหมออกคิดเป็นน้ำหนักมากกว่า 80% ของน้ำหนักฝักทั้งเปลือก ทำให้ผลิตผลมีความบอบบาง เชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่ายและเน่าเสียได้รวดเร็ว นอกจากนี้ยังมีโอกาสเกิดสีน้ำตาลที่ฝักได้เนื่องจากรอยแผลหรือรอยช้ำที่เกิดขึ้นขณะตัดแต่งและบรรจุ มีรายงานว่าการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนในบรรยากาศที่มี CO_2 15% สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่ฝักได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) แต่อย่างไรก็ตามการควบคุมบรรยากาศอาจก่อให้เกิดผลเสียคือเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติเนื่องจากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (ดนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2535) จากการทำ preliminary study พบว่าการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนที่อุณหภูมิต่ำในถุงพลาสติกลักษณะเดียวกับที่วางจำหน่ายโดยทั่วไปนั้น ไม่สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่ฝักข้าวโพดได้เมื่อเวลาผ่านไป 4 วัน และการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสมจะทำให้น้ำตาลในข้าวโพดฝักอ่อนที่มีปริมาณน้อยอยู่แล้วหมดไปอย่างรวดเร็วเนื่องจากถูกใช้เป็นแหล่งอาหารและพลังงาน ทั้งยังเป็นสาเหตุที่ทำให้สูญเสียรสชาติอีกด้วย นอกจากนี้ข้าวโพดฝักอ่อนยังมีอัตราการหายใจสูงสุดที่อุณหภูมิ 25 ºC โดยสูงกว่า 200 mg CO_2/kg.hr และมีการปลดปล่อยความร้อนที่อุณหภูมิ 20 ºC ถึง 60,000 -100,000 บีทียู/ตัน/วัน ซึ่งจัดว่าสูงมากเมื่อเทียบกับผลิตผลชนิดอื่นๆ สำหรับผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาแล้วอาหารสะสมจะมีจำกัด หากถูกใช้หมดไปในการหายใจ ผลิตผลจะเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นอายุการเก็บรักษาและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลจึงขึ้นกับอัตราการหายใจเป็นสำคัญ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) นอกจากนี้ยังพบการเข้าทำลายของเชื้อราและ

การสูญเสียน้ำหนักสดอีกด้วย (Somboonsarn, 1993) จากปัญหาเหล่านี้ทำให้การป้องกันการสูญเสียคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนในระหว่างการเก็บรักษาและขนส่งมีความสำคัญเป็นอย่างมาก

แคลเซียมมีคุณสมบัติในการต้านการสุกและการเสื่อมสภาพในผลิตผล (Ferguson, 1984; Poovaiah, Glenn และ Reddy, 1988) โดยเป็น second messenger ที่สำคัญและมีบทบาทเกี่ยวกับ metabolism ของเซลล์ (Taiz และ Zeiger, 1998) $CaCl_2$ เป็นสารที่หาง่าย ราคาไม่แพง และได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกาว่าสามารถใช้ในผลิตผลเพื่อยืดอายุและรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้ (Yuen, 1994 อ้างถึงใน Saftner และคณะ, 1999) จึงมีการนำ $CaCl_2$ มาใช้ในการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตผลมากมาย เช่น เพชรพนา สงวนวงษ์วิจิตร (2541) รายงานว่าการแช่ผลแคนตาลูปใน $CaCl_2$ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าผลที่ไม่ได้แช่ 5 วัน ส่วนผลแอปเปิ้ลพันธุ์ Golden Delicious ที่แช่ใน $CaCl_2$ ความเข้มข้น 2 และ 4% สามารถลดการเน่าเสียได้ 40 และ 60% ตามลำดับ (Conway และคณะ, 1994) ลดการเกิดอาการสะท้านหนาวในกระเจี๊ยบเขียว (Ilker และ Morris, 1975) ลดอัตราการหายใจใน fresh-cut แคนตาลูป (Luna-Guzman, Cantwell และ Barrett,1999) ลดอาการแตกของผล cherry tomato ทั้งในระยะที่มีสีเขียวอมเหลืองและระยะที่มีสีแดง (Lichter และคณะ, 2002) ลดอัตราการหายใจ การผลิตก๊าซเอทิลีน การเปลี่ยนแปลงสี การเปลี่ยนแปลงน้ำตาล การสูญเสียน้ำหนักสดในฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ (มนตรี กลิ่นระรวย, 2543) ลดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในเปลือกและในเนื้อ และการรั่วไหลของไอออนในเนื้อเยื่อส่วนเปลือกของเงาะพันธุ์โรงเรียน (รุ่งนภา อินทปิ่น, 2547) ลดการเกิด *Botrytis* rot ใน sweet cherry (Ippolito และคณะ, 2005) และเพิ่มความต้านทานของสตรอเบอรี่ต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา (Lara, Garcya และ Vendrell, 2004) นอกจากนี้การฉีดพ่น $CaCl_2$ ก่อนการเก็บเกี่ยวยังช่วยคงความแน่นเนื้อ titratable acid และชะลอการนิ่มของผลกีวีได้ (Gerasopoulos, Chouliaras และ Lionakis, 1996)

นอกจากนี้ยังมีรายงานถึงการนำไคโตซานซึ่งเป็นสารธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย (ภาวดี เมธะคานนท์, 2543) มาใช้ในการยืดอายุผลิตผลทางการเกษตรเช่นกัน ไคโตซานสามารถก่อตัวเป็นแผ่นฟิล์มบาง ใส ปราศจากกลิ่นและสี เหมาะสมในการนำมาเคลือบผักและผลไม้เพื่อลดอัตราการหายใจ การผลิตก๊าซเอทิลีน และทำให้บรรยากาศภายใน รวมทั้งสีของผลิตผลมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง (สถิต พูลทรัพย์, 2642) Pen และ Jiang (2003) พบว่าไคโตซานสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีใน fresh-cut Chinese water chestnut และผลลำไยได้ (Jiang และ Li,

2001) ชะลอการสูญเสียน้ำหนักสดในพริกชี้ฟ้า (สุประวีณ์ นาคภิบาล, 2548) สตรอเบอรี่ และ red raspberry (Han และคณะ, 2004) ลดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในส่วนเปลือก การรั่วไหลของไอออนในเนื้อเยื่อเปลือกของเงาะพันธุ์โรงเรียน (รุ่งนภา อินทปิ่น, 2547) ลดการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานิน ฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอล แอคติวิตีของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase หรือ PPO) และเอนไซม์ peroxidase (POD) ในลิ้นจี่ (Zhang และ Quantick , 1997) ลดการเน่าเสียของ sweet cherry เมื่อใช้ร่วมกับการให้แรงดัน (Romanazzi, Nigro และ Ippolito, 2003) สามารถลดการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ทั้งโดยตรงและโดยการกระตุ้นให้เนื้อเยื่อพืชเกิดความต้านทาน (ภาวดี เมธะคานนท์, 2543) มีรายงานว่าไคโตซานสามารถลดความเสียหายจาก *Botrytis cinerea* ในสตรอเบอรี่ (Reddy และคณะ, 2000) และ พริกหวาน (El Ghaouth และคณะ, 1997) ซึ่งการใช้ไคโตซานในลักษณะของการเป็นสารกระตุ้นพืชนี้จะต้องใช้ไคโตซานที่มีขนาดโมเลกุลเล็กและความเข้มข้นต่ำ (รัฐ พิชญางกูร, 2543) และจากการใช้ $CaCl_2$ ร่วมกับไคโตซานพบว่าสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีขนไปเป็นสีน้ำตาล และลดอัตราการหายใจของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนได้ (รุ่งนภา อินทปิ่น, 2547)

จากคุณสมบัติของ $CaCl_2$ และไคโตซานที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายในผลิตผลและส่งผลให้สามารถรักษาคุณภาพของผักและผลไม้ชนิดต่างๆ ภายหลังการเก็บเกี่ยวได้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการใช้ $CaCl_2$ และไคโตซาน ที่มีต่อคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของข้าวโพดฝักอ่อนในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดฝักอ่อน

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการใช้แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานที่มีต่อคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของข้าวโพดฝักอ่อนระหว่างการเก็บรักษา

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เป็นแนวทางในการส่งเสริมการใช้แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานในการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลทางการเกษตรอื่นๆ ซึ่งนำไปสู่การลดการใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย

1.3.2 เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อพัฒนาวิธีการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์อื่นๆ ต่อไป

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 การหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการแช่แคลเซียมคลอไรด์ต่อการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283

1.4.2 การหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการแช่ไคโตซานต่อการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283

1.4.3 การศึกษาผลของการใช้แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานร่วมกันต่อการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 ความสำคัญของข้าวโพดฝักอ่อน

ข้าวโพดฝักอ่อน (baby corn หรือ young ear corn) หมายถึงข้าวโพดที่ปลูกเพื่อใช้บริโภคฝักอ่อนทั้งฝัก โดยเก็บเกี่ยวขณะฝักเล็กและอายุน้อย (กรมวิชาการเกษตร, 2524) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ นอกจากการทำเงินตราเข้าสู่ประเทศได้ปีละนับพันล้านบาท ยังช่วยลดปัญหาการว่างงานในชนบท โดยเป็นแหล่งจ้างงานแหล่งใหญ่แหล่งหนึ่ง ส่งผลต่อเนื่องต่อระบบเศรษฐกิจในท้องถิ่นให้เจริญก้าวหน้า รัฐบาลจึงได้ตระหนักถึงความสำคัญโดยบรรจุให้ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นพืชในโครงการตามแผนพัฒนาการผลิต การตลาด และการสร้างงาน แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2530-2534) เพื่อเร่งรัดให้เกษตรกรผลิตเพื่อเป็นพืชอุตสาหกรรมของประเทศ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งออกข้าวโพดฝักอ่อนมากเป็นอันดับที่หนึ่งของโลก ทั้งในรูปฝักสดและบรรจุกระป๋อง และมีแนวโน้มการส่งออกสูงขึ้นเรื่อยๆ ในหลายประเทศทั้งทวีปเอเชีย ยุโรป อเมริกา และออสเตรเลีย โดยประเทศที่นำเข้าข้าวโพดฝักอ่อนในรูปฝักสดแช่เย็นที่สำคัญคือ สหราชอาณาจักร ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย ไต้หวัน มาเลเซีย และสิงคโปร์ เป็นต้น (ทิพย์ เลขะกุล, 2544)

ข้าวโพดฝักอ่อนสามารถใช้ปรุงอาหารได้หลากหลาย ในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม ของข้าวโพดฝักอ่อน มีคุณค่าทางโภชนาการดังนี้

พลังงาน	31	กิโลแคลอรี
โปรตีน	2.3	กรัม
ไขมัน	0.3	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	4.7	กรัม
ใยอาหาร	0.6	กรัม
แคลเซียม	4	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	25	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.5	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	22	หน่วยสากล
วิตามินบี 1	0.13	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	1.15	มิลลิกรัม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไนอาซิน	0.4	มิลลิกรัม
วิตามินซี	23	มิลลิกรัม

(ทิพย์ เลขะกุล, 2544)

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ข้าวโพด มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Zea mays* L. จัดอยู่ในวงศ์ Gramineae (เต็ม สมิตินันทน์, 2544) ข้าวโพดมีลำต้นแข็ง ไส้แน่นไม่กลวง สูงตั้งแต่ 60 เซนติเมตรขึ้นไป ข้อของข้าวโพดเป็นที่เกิดของราก ลำต้นใหม่ และฝัก ปล้องที่อยู่ส่วนโคนต้นจะสั้นและหนา ลำต้นไม่แตกกอเลย หรือแตกกอเล็กน้อย ขึ้นกับพันธุ์และความอุดมสมบูรณ์ของดิน มีระบบรากฝอย (fibrous root system) ใบมีลักษณะยาวเรียว ประกอบด้วย แผ่นใบ กาบใบและหูใบ จำนวนใบมีตั้งแต่ 4-48 ใบ พวกที่มีอายุสั้นจะมีจำนวนใบน้อยกว่าพวกที่มีอายุยาว เมื่ออากาศแล้งขอบใบจะม้วนขึ้นด้านบนเพื่อลดการสูญเสียน้ำ มีดอกเพศผู้และดอกเพศเมียแยกกัน แต่อยู่บนต้นเดียวกัน (monoecious plant) โดยที่ดอกเพศผู้อยู่รวมกันเป็นช่อตอนบนสุดของลำต้น เกษตรกรมักเรียกกันว่าดอกหัว การสลัดละอองเรณู จะเริ่มขึ้นก่อนการออกไหมของดอกเพศเมียประมาณ 1-3 วัน ดอกเพศผู้จะบานติดต่อกันหลายวันหลังจากการปรากฏของไหม สภาพอากาศที่ร้อนและแห้งแล้ง หรือลมแรงจะช่วยให้การสลัดละอองเรณูหมดเร็วขึ้น ส่วนช่อดอกเพศเมียมักจะอยู่บริเวณข้อกลางๆ ของลำต้น ดอกเพศเมียแต่ละดอกประกอบด้วยรังไข่และเส้นไหม ซึ่งมีความยาวประมาณ 5-15 เซนติเมตร และจะยื่นปลายโผล่ออกไปรวมกันเป็นกระจุกตรงปลายช่อดอกที่มีเปลือกหุ้มอยู่ และพร้อมที่จะผสมเกสรได้ทันทีที่ไหมยาวพ้นเปลือก เส้นไหมหรือก้านชูเกสรเพศเมียจะมีลักษณะเป็นยางเหนียวนานถึง 2 สัปดาห์ สำหรับคอยรับละอองเรณูที่ปลิวมา หลังการผสมเกสรรังไข่จะเจริญไปเป็นส่วนที่เราเรียกว่าเมล็ดข้าวโพด ช่อดอกเพศเมียจะเจริญเป็นส่วนฝัก และแกนกลางของฝักเรียกว่าซัง (กรมวิชาการเกษตร, 2524)

2.3 พันธุ์และลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวโพดฝักอ่อนที่มีการปลูกในประเทศไทย

ข้าวโพดฝักอ่อนที่มีการปลูกในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ เช่น

พันธุ์รังสิต 1 เป็นพันธุ์ที่ปรับปรุงเพื่อใช้ผลิตข้าวโพดฝักอ่อนโดยตรง ลักษณะประจำพันธุ์คือ ลำต้นสีเขียว สูงประมาณ 160-190 เซนติเมตร ใบเรียวสีเขียวเข้ม เส้นกลางใบสีเขียว ช่อดอกเพศผู้สีเหลืองและม่วง ไหมที่เพิ่งแทงออกจากฝักมีสีเหลืองนวลและเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดงในเวลาต่อมา อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 48 วันหลังปลูก เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ฝักสีเหลืองสวย โคนฝักใหญ่ ขนาดฝักสม่ำเสมอ ต้านทานโรคราน้ำค้าง แต่มีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่สั้น

พันธุ์ไทยดีเอ็มอาร์#6 (Thai DMR#6) อาจเรียกว่า “ข้าวโพดพันธุ์ผสม” เมล็ดมีสีขาว เหลืองอ่อน และเหลืองเข้มปะปนกัน เป็นพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตร แข็งแรง เจริญเติบโตดี สะดวกในการดึงช่อดอกเพศผู้เพราะลำต้นไม่สูงมากนัก ให้ฝักดกและมีขนาดฝักดีตรงตามความต้องการของตลาด อายุเก็บเกี่ยว 45-47 วันหลังปลูก

พันธุ์เชียงใหม่-90 ลำต้นและใบสีเขียวเข้ม เส้นกลางใบสีขาว ความสูงต้น 190-200 เซนติเมตร เกสรเพศผู้สีม่วง ไหมสีเหลืองและเปลี่ยนเป็นสีม่วงเมื่อยาวขึ้น ให้ผลผลิตสูง คุณภาพฝักดี ต้านทานโรคราน้ำค้าง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 43 วันหลังปลูก แต่มีข้อด้อยคือ มีความถดถอยของการผสมสายเลือดชิด (inbreeding depression) ค่อนข้างสูง

พันธุ์สุวรรณ 1 (Suwan#1) เป็นพันธุ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฝักอ่อนเจริญเติบโตเร็วมาก จึงต้องรีบเก็บเกี่ยวเมื่อไหมโผล่จากปลายฝักเพียงเล็กน้อย ให้ผลผลิตสูง ทนต่อโรคราน้ำค้างได้ดีกว่าพันธุ์ไทยดีเอ็มอาร์#6 เมล็ดพันธุ์มีราคาถูก อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 47 วันหลังปลูก

พันธุ์สุวรรณ 2 (Suwan#2) เป็นพันธุ์ข้าวโพดไร่ที่มีการเจริญเติบโตเร็วมาก การเจริญของฝักเป็นไปอย่างรวดเร็ว เส้นผ่าศูนย์กลางของฝักมักไม่เกิน 1.5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่ได้มาตรฐานฝักอ่อนมีความสม่ำเสมอมากกว่าพันธุ์สุวรรณ 1 ให้ผลผลิตสูง ต้านทานต่อโรคราน้ำค้างได้ดี อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 45 วันหลังปลูก

พันธุ์หวานธรรมดา มักเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “ข้าวโพดพันธุ์เกษตร” ให้ฝักดก ลักษณะฝักสวย แต่มีข้อเสียคือไม่ทนแดดและสภาพแวดล้อม เช่น ในฤดูฝนจะมีเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดต่ำมาก การเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร อ่อนแอต่อโรคราน้ำค้าง

พันธุ์หวานพิเศษ (Super sweet corn) เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง สีและรูปร่างของฝักสวย อายุเก็บเกี่ยว 48-50 วันหลังปลูก ข้อดีของพันธุ์นี้คือ แม้ว่าจะเก็บเกี่ยวช้ากว่าดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคือ ไหมโผล่พ้นฝัก 3-4 เซนติเมตร ก็ยังคงให้ลักษณะของฝักที่ดีและขนาดเท่าเดิม

พันธุ์มหัศจรรย์ (Amazing) ลำต้นแข็งแรงมาก ให้ผลผลิตดี คุณภาพฝักดี ฝักมีสีครีม ไหมสีเหลือง ความสม่ำเสมอของฝักดีมาก ต้านทานโรคราน้ำค้าง อายุเก็บเกี่ยว 50-55 วันหลังปลูก (ทิพย์ เลขะกุล, 2544)

พันธุ์แปซิฟิก 283 เป็นพันธุ์ที่ลำต้นแข็งแรง ไหมมีสีแดงม่วง ความสม่ำเสมอของฝักดีมาก ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว 5-7 วัน มีความต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง อายุเก็บเกี่ยว 47-49 วันหลังปลูก

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้ข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่เกสรเพศผู้เป็นหมัน ไม่ต้องดึงช่อดอกเพศผู้ออก และพันธุ์แปซิฟิก 283 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เกสรเพศผู้ไม่เป็นหมันจึงต้องดึงช่อดอกเพศผู้ออกก่อนที่จะเกิดการผสมเกสร หากเกิดการผสมเกสรขึ้นตามปกติจะทำให้รังไข่แต่ละรังไข่ที่เรียงอยู่บนซังของข้าวโพดฝักอ่อนเกิดการบวมพองเนื่องจากการเจริญไปเป็นส่วนของผลที่เรามักเรียกกันว่าเมล็ดข้าวโพด ดังนั้นข้าวโพดฝักอ่อนจึงเป็นส่วนของช่อดอกที่ยังไม่ผ่านการผสมเกสรซึ่งประกอบด้วยรังไข่หลายรังไข่เรียงติดกัน

2.4 การเก็บเกี่ยวข้าวโพดฝักอ่อน

คุณลักษณะต่างๆ ของข้าวโพดฝักอ่อน เช่น ความยาว เส้นผ่าศูนย์กลาง ความอ่อนแก่ของฝัก มีความสัมพันธ์อย่างยิ่งต่อระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวเร็วเกินไปจะได้ฝักขนาดเล็กไม่เหมาะสมกับการส่งเข้าโรงงาน และได้ผลผลิตต่ำ แต่หากเก็บเกี่ยวช้ากว่ากำหนดจะทำให้ได้ฝักโตกว่ามาตรฐาน ดังนั้นข้าวโพดฝักอ่อนจึงมีระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวที่จำกัด (เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ์, 2536) โดยทั่วไปดัชนีการเก็บเกี่ยวข้าวโพดฝักอ่อนคือ นับจำนวนวันหลังปลูกประมาณ 42-60 วัน สังเกตความยาวของไหม ความแน่นของฝัก ซึ่งดัชนีเหล่านี้จะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) การเก็บเกี่ยวข้าวโพดฝักอ่อนใช้วิธีหักออกจากต้น จำเป็นต้องจับที่ก้านฝักแล้วหักให้ติดลำต้น เพราะหากจับที่ปลายฝักจะทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนหักกลางและสูญเสียคุณภาพได้ (เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ์, 2536)

2.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดฝักอ่อน

การกรีดเอาเปลือกและไหมของข้าวโพดฝักอ่อนออก ทำให้ผลิตผลมีความบอบบาง ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคและเน่าเสียได้รวดเร็ว ทั้งนี้เกษตรกรต้องลอกไหมออกให้หมด เพราะไหมที่หลงเหลืออยู่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดูไม่สวยงาม นอกจากนี้สีน้ำตาลที่ฝักยังเกิดจากรอยแผลหรือรอยช้ำที่เกิดขึ้นขณะตัดแต่งและบรรจุ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) และหากความร้อนที่สะสมมาจากแปลงปลูกไม่ได้ถ่ายเทออกไปจะยิ่งทำให้อุณหภูมิของผลิตผลเพิ่มสูงขึ้น (ดนัย บุณยเกียรติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2535) โดยเฉพาะข้าวโพดฝักอ่อนที่มีการปลดปล่อยความร้อนที่อุณหภูมิ 20 °C ถึง 60,000-100,000 บีทียู/ตัน/วัน ซึ่งจัดว่าสูงมาก ดังนั้นการลดอุณหภูมิของข้าวโพดฝักอ่อนรวมถึงผลิตผลชนิดอื่นๆ จึงควรกระทำอย่างรวดเร็วที่สุด เพื่อลดอัตราการหายใจ การสูญเสียน้ำและการเน่าเสีย (อาภาภรณ์ มีนาพันธ์, 2538) อายุการเก็บรักษาและคุณภาพหลัง

การเก็บเกี่ยวของผลิตผลขึ้นกับอัตราการหายใจเป็นสำคัญ เพราะแม้ว่าผลิตผลจะถูกเก็บเกี่ยวมาแล้วแต่ยังมีการหายใจตลอดเวลา อาหารสะสมที่มีอย่างจำกัดจะถูกใช้ไปในการหายใจ ผลิตผลจึงเสื่อมคุณภาพลง และข้าวโพดฝักอ่อนก็เป็นผักที่มีอัตราการหายใจสูงมาก โดยมีอัตราการหายใจสูงสุดที่อุณหภูมิ 25 ºC มากกว่า 200 mg CO_2/kg.hr ดังนั้นหากการเก็บรักษาไม่เหมาะสมจะทำให้น้ำตาลในข้าวโพดฝักอ่อนที่มีปริมาณน้อยอยู่แล้วหมดไปอย่างรวดเร็วเนื่องจากถูกใช้เป็นแหล่งอาหารและพลังงาน จึงทำให้สูญเสียรสชาติ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) นอกจากนี้ยังเกิดการสูญเสียน้ำหนักสด และพบการเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อราหลายชนิด เช่น *Ustilago maydis* ทำให้เกิดโรคราเขม่าดำ หรือโรคสมัท (common smut) *Fusarium moniliforme F. subglutinans Helminthosporium maydis Penicillium* spp. *Aspergillus* spp. และ *Rhizopus* sp. ที่ทำให้เกิดโรคฝักเน่า (ear rot) นอกจากนี้ยังเกิดโรคฝักเน่าจากเชื้อแบคทีเรียด้วย โดยมักจะพบร่วมกับเชื้อราอื่นๆ เช่น *Fusarium* spp. และ *Penicillium* spp. ทำให้ฝักนิ่มเละ และฉ่ำน้ำ (ทิพย์ เลขะกุล, 2544)

2.6 แนวทางการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดฝักอ่อน

การขนส่งจากแปลงปลูกนิยมบรรจุข้าวโพดฝักอ่อนทั้งเปลือกในถุงปุ๋ย เพื่อนำไปยังโรงคัดบรรจุ ปอกเปลือกและลอกไหมออก (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) เมื่อจำเป็นต้องขนส่งระยะทางไกลไม่ควรกองสุมกันมากเกินไป ควรมีปล่องระบายความร้อน หากบรรจุใส่ถุงปุ๋ยควรเจาะรูที่ถุงหรือขนส่งโดยรถที่มีระบบห้องเย็น การลดความร้อนสะสมจากแปลงปลูกเป็นสิ่งที่ควรกระทำอย่างรวดเร็วที่สุด เพื่อลดอัตราการหายใจ การสูญเสียน้ำ การเน่าเสีย (อาภาภรณ์ มีนาพันธ์, 2538) และการสูญเสียความหวาน การลดความร้อนในข้าวโพดฝักอ่อนนิยมใช้วิธีอัดลมเย็น (forced-air cooling) แล้วเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5-7 ºC ความชื้นสัมพัทธ์ 90% มีรายงานว่าการลดอุณหภูมิของข้าวโพดฝักอ่อนจาก 30 ºC เหลือ 7 ºC โดยการอัดลมเย็น ทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนมีคุณภาพดี และเก็บรักษาได้นานขึ้น นอกจากนี้การใช้น้ำแข็งโรยสลับกับข้าวโพดที่บรรจุใส่ภาชนะแล้วก็ยังเป็นที่นิยมเช่นกัน (ทิพย์ เลขะกุล, 2544)

การหลีกเลี่ยงความเสียหายที่จะเกิดขึ้นเป็นวิธีที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพของผลิตผลที่มีการตัดแต่ง อันเป็นการรักษาผลประโยชน์ของทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค (Luna-Guzman, 1999) เนื่องจากอัตราการหายใจของข้าวโพดฝักอ่อนที่มีรอยแผลจะสูงกว่าข้าวโพดฝักอ่อนที่ปราศจากรอยแผล (Somboonsarn ,1993) ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการเกิดบาดแผล และรอยช้ำขณะปอกเปลือก ลอกไหม บรรจุหีบห่อ การเก็บรักษา และการขนส่ง รวมทั้งทำความสะอาดอุปกรณ์ในการปอกเปลือก ภาชนะ โรงเรือน และห้องเก็บรักษาเพื่อลดปริมาณเชื้อรา (ทิพย์ เลขะกุล, 2544)

การบรรจุหีบห่อ เช่น บรรจุในถาดโฟม หรือถาดพีวีซี แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพีวีซี จะทำให้ดูสวยงาม และรักษาคุณภาพได้ดี มักใช้กับข้าวโพดฝักอ่อนที่มีการส่งออกไปยังตลาดแถบยุโรปซึ่งพิถีพิถันในรูปแบบมากกว่า ส่วนการบรรจุในถุงพลาสติกมักใช้กับข้าวโพดฝักอ่อนที่ส่งไปยังตลาดแถบเอเชีย มีรายงานว่าการบรรจุข้าวโพดฝักอ่อนลงในถาดโฟมที่หุ้มด้วยฟิล์มพีวีซีสามารถรักษาคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนได้ดีกว่าการบรรจุในถุงพลาสติก polyethylene และ polypropylene แบบเจาะรู และไม่เจาะรู (ทิพย์ เลขะกุล, 2544) ส่วนข้าวโพดฝักอ่อนที่บรรจุในถุง polyethylene และ polypropylene ที่ไม่เจาะรูจะมีการสูญเสียน้ำหนัก และการเกิดโรคน้อยกว่าถุงที่เจาะรู โดยมีอายุการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ºC (Somboonsarn, 1993)

2.7 ความสำคัญของแคลเซียมต่อการรักษาคุณภาพของผลิตผล

แคลเซียมเป็นโลหะอัลคาไลน์ ไม่พบเป็นธาตุอิสระในธรรมชาติ แต่พบเป็นคาร์บอเนต ซัลเฟตและคลอไรด์ เป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ยาก เมื่ออยู่ในเนื้อเยื่อพืชแล้วจึงไม่ค่อยเคลื่อนย้ายไปส่วนอื่น การให้แคลเซียมจากภายนอกสามารถเพิ่มระดับแคลเซียมในเนื้อเยื่อพืชได้ (Lichter และคณะ, 2002; Saftner และคณะ, 2003) โดยผ่านทางเอพิเดอมิส (epidermis) หากแคลเซียมมีความเข้มข้นมาก ระดับแคลเซียมในเนื้อเยื่อจะมากขึ้นตามไปด้วย (Gerasopoulos และคณะ, 1996) จึงมีการนำแคลเซียมมาใช้ในการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการรักษาคุณภาพของผลิตผลอย่างมากมาย โดยเฉพาะ $CaCl_2$ เป็นที่นิยมมากเนื่องจากหาง่าย ราคาไม่แพง และได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกาว่าสามารถใช้ในผลิตผลเพื่อยืดอายุและรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้ (Yuen, 1994 อ้างถึงใน Saftner และคณะ, 1999)

2.7.1 บทบาทของแคลเซียมต่อความแข็งแรงของผนังเซลล์

แคลเซียมมีบทบาทในการรักษาสภาพโครงสร้างของผนังเซลล์ และ middle lamella (Lara และคณะ, 2004) โดยแคลเซียมที่อยู่ในรูป Ca^{2+} จะทำปฏิกิริยากับกรดเพคติค (pectic acid) เป็น calcium pectate (Fry, 2001; Grant และคณะ, 1973) หากการเกิดพันธะดังกล่าวมีมากจะทำให้อัตราการสลายของเพคตินลดลง (Ferguson, 1984) และทำปฏิกิริยากับ non-methylated uronic acid residue เป็น calcium bridge เชื่อมระหว่าง pectic polymer ที่อยู่ชิดกัน ทำให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรง (Lara และคณะ, 2004) และสามารถยับยั้งการทำงานของ cell wall degradative enzyme ได้ (Dematry, Morgan และ Thellier, 1984) นอกจากนี้ยังสามารถรักษาความเต่งของเซลล์ด้วย (Mignani และคณะ, 1995) การรักษาสภาพของผนังเซลล์สามารถคงความแน่นเนื้อของผลิตผลได้ จึงมีการใช้ $CaCl_2$ เป็นสารคงความแน่นเนื้อทั้งในผลไม้บรรจุกระป๋อง ผักชนิดต่างๆ (Camire และคณะ,

1994) ผลิตผลสดที่ไม่ผ่านการตัดแต่งใดๆ ผลิตผลที่ปอกเปลือกแล้ว (Lester และ Grusak, 1999) รวมถึงฉีดพ่นระหว่างการพัฒนาของผลและก่อนการเก็บเกี่ยว เช่น ในผลกีวีที่ได้รับการฉีดพ่น $CaCl_2$ 1% มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น 13% และยืดอายุการเก็บรักษาได้ด้วย (Gerasopoulos และ Drogoudi, 2005) Luna-Guzman และคณะ (1999) พบว่าการแช่ fresh-cut แคนตาลูป ใน $CaCl_2$ 5% เป็นเวลา 1 นาที มีความแน่นเนื้อมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ชุดที่แช่ $CaCl_2$ 2.5% เป็นเวลา 1 2.5 และ 5 นาที นอกจากนี้ Lichter และคณะ (2002) พบว่าการจุ่มผล cherry tomato ใน $CaCl_2$ ความเข้มข้น 25 mM และเก็บรักษาที่ 12 ºC ช่วยลดอาการแตกของผลในระยะที่มีสีเขียวอมเหลือง (วันที่ 4 หลังการเก็บเกี่ยว) และระยะที่มีสีแดง (วันที่ 13 หลังการเก็บเกี่ยว) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับแคลเซียมที่ส่งผลต่อการรักษาความแน่นเนื้อ

2.7.2 บทบาทของแคลเซียมต่อการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์

Ca^{2+} บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์จะทำปฏิกิริยากับ phospholipids และ carboxylic group ของ membrane protein ที่มีประจุลบเพื่อป้องกันการรั่วไหลของสารภายในเซลล์ (Hanson, 1984) ควบคุมการผ่านเข้าออกของสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ การคงสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์จึงเป็นกุญแจสำคัญในการยืดอายุของผลิตผล (Huang, 2005) รุ่งนภา อินทปิ่น (2547) พบว่าการแช่ผลเงาะพันธุ์โรงเรียนใน $CaCl_2$ 1.0% เป็นเวลา 10 นาที ช่วยลดการรั่วไหลของไอออนในเนื้อเยื่อส่วนเปลือกได้

2.7.3 บทบาทของแคลเซียมต่ออัตราการหายใจ

จากบทบาทของแคลเซียมต่อการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ในการควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆ ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์รวมทั้งสารพวกฟอสเฟต (phosphate) และวัตถุดิบที่ใช้ในการหายใจ เช่น มาเลต (malate) ไม่ให้ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์หรือโทโนพลาสต์ (tonoplast) เข้าไปได้ จึงสามารถลดอัตราการหายใจสูงสุด (climacteric rise) ของผลิตผลได้ (Ferguson, 1984) Faust และ Shear (1972) พบว่านอกจากการรักษาสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์และมีผลต่ออัตราการหายใจที่ลดลงแล้ว แคลเซียมยังสามารถยับยั้งการทำงานของไมโตคอนเดรียซึ่งเป็นแหล่งสำคัญในการเกิดกระบวนการหายใจระดับเซลล์และลดอัตราการแพร่ของออกซิเจนสู่เนื้อเยื่อ ทำให้ออกซิเจนในผลิตผลลดลง จึงเกิดการยับยั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอนจาก NADH (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) ในผลิตผลที่มีการตัดแต่งมาก เช่น ผักและผลไม้ประเภทพร้อมรับประทานรวมถึงข้าวโพดฝักอ่อน การตัดแต่งและการเกิดบาดแผลจะเพิ่มพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับบรรยากาศทำให้ออกซิเจนแพร่เข้าสู่เนื้อเยื่อได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลในการ

เพิ่มอัตราการหายใจและกระบวนการ metabolism ภายในเซลล์ที่เกิดบาดแผล (Zagory, 1995) มีรายงานว่าการใช้ $CaCl_2$ สามารถลดอัตราการหายใจในฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ (มนตรี กลิ่นระรวย, 2543) และใน fresh-cut แคนตาลูปที่แช่ $CaCl_2$ 1-5% เป็นเวลา 1-5 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ºC (Luna-Guzman และคณะ, 1999) แต่หากระดับแคลเซียมที่มีอยู่ตามธรรมชาติมีปริมาณสูงพอที่จะรักษาความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มเซลล์แล้ว การให้แคลเซียมจากภายนอกอาจมีผลเพียงเล็กน้อยต่ออัตราการหายใจ (มนตรี กลิ่นระรวย, 2543)

2.7.4 บทบาทของแคลเซียมต่อการสูญเสียน้ำหนักสด

การสูญเสียน้ำหนักสดเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลต่อการสูญเสียคุณภาพของผลิตผล เนื่องจากความชื้นในผลิตผลมักสูงกว่าความชื้นในบรรยากาศ ดังนั้นน้ำภายในผลิตผลจึงระเหยสู่บรรยากาศ ผลิตผลจะสูญเสียน้ำตลอดระยะเวลาเก็บรักษา (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) จากการที่แคลเซียมมีบทบาทในการควบคุมการผ่านเข้าออกของสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ ดังนั้นจึงมีความสัมพันธ์กับการสูญเสียน้ำในเซลล์ด้วย (Huang, 2005) มีรายงานว่าการแช่ฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ใน $CaCl_2$ สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสดได้ (มนตรี กลิ่นระรวย, 2543) ส่วนการแช่ผลเงาะพันธุ์โรงเรียนใน $CaCl_2$ 0.05% เป็นเวลา 10 นาที สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลเงาะได้ดีที่สุด โดยลดการสูญเสียน้ำหนักสด และการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในเปลือกและในเนื้อเงาะ (รุ่งนภา อินทปิ่น, 2547)

2.7.5 บทบาทของแคลเซียมต่อการเกิดโรคระหว่างการเก็บรักษา

แคลเซียมสามารถลดการเกิดโรคได้โดยตรงจากการยับยั้งการงอกของสปอร์ การยืดของ germ tube และยับยั้งการสร้าง pectinolyic enzyme ในเชื้อโรคหลายชนิด (Wisniewski และคณะ, 1995; Droby และคณะ, 1997) เพิ่มความแข็งแรงให้แก่ผนังเซลล์ของผลิตผลจึงยากต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและแบคทีเรีย (Conway และ Sams, 1984; Bolin และ Huxsoll, 1989) และอาจช่วยส่งเสริมการทำงานของ antagonist ในการควบคุมโรค (Miceli และคณะ, 1999) Conway และคณะ (1994) รายงานว่า ผลแอปเปิ้ลพันธุ์ Golden Delicious ที่แช่ใน $CaCl_2$ ความเข้มข้น 2 และ 4% สามารถลดการเน่าเสียได้ 40 และ 60% ตามลำดับ เพิ่มความต้านทานของสตรอเบอรี่ต่อการเข้าทำลายของเชื้อราโดยไม่ส่งผลเสียต่อลักษณะภายนอกของผลเลย (Lara และคณะ, 2004) และยังลดการเกิด *Botrytis* rot ใน sweet cherry (Ippolito และคณะ, 2005) อีกด้วย

นอกจากนี้ยังชะลอการเปลี่ยนแปลงสี การผลิตเอธิลีน และการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลในฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ (มนตรี กลิ่นระรวย, 2543) และในผลิตผลอื่นๆ อีกหลายชนิด (Ferguson, 1984 และ Conway, 1987) จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้แคลเซียมถูกใช้เป็นสารต้านการสุก (antiripening) และต้านการเสื่อมสภาพ (antisenescence) ในผลิตผลหลากหลายชนิด (Ferguson, 1984 และ Poovaiah และคณะ, 1988) แต่หากความเข้มข้นของแคลเซียมที่ใช้สูงเกินไปอาจก่อให้เกิดบาดแผลบนผลิตผลได้ (Conway และคณะ, 1994)

2.8 ความสำคัญของไคโตซานต่อการรักษาคุณภาพของผลิตผล

ไคติน (chitin) เป็น polysaccharide ชนิดหนึ่ง มีชื่อทางเคมีว่า ß(1-4)-2-acetamido-2-deoxy-D-glucopyranose หรือ N-acetyl-D-glucosamine ซึ่งมีขนาดความยาวของพอลิเมอร์ต่างกันและการที่มีปริมาณของ acetamido group (-NH-CO-CH_3) ต่างกัน จึงมีผลต่อ degree of N-acetylation (%DA) ด้วยลักษณะของโครงสร้างดังกล่าวทำให้ไคตินเป็นพอลิเมอร์ที่ไม่ละลายน้ำและละลายยากในตัวทำละลายทั่วไป การใช้ประโยชน์จากไคตินจึงไม่ค่อยแพร่หลาย (สุวลี จันทร์กระจ่าง, 2546) ไคตินเป็นองค์ประกอบหลักในโครงสร้างของ กุ้ง ปู หมึก แมลง และเห็ดรา ถูกย่อยได้ด้วยเอนไซม์ไคติเนส (chitinase) และ lysozyme ปัจจุบันนิยมผลิตไคตินจากเปลือกกุ้งและกระดองปู (Goosen, 1997)

ไคโตซาน (chitosan) เป็นอนุพันธ์ของไคตินที่ได้จากการทำให้เกิดปฏิกิริยา deacetylation ด้วยด่างเข้มข้น หมู่อะซิติลที่คาร์บอนตำแหน่งที่สองในวงแหวนไพราโนส (pyranose ring) ของไคตินจะถูกเปลี่ยนเป็นหมู่อะมิโน ไคโตซานสามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์ เช่น กรดน้ำส้มสายชู กรดแลกติก หรือกรดซิตริก ซึ่งเป็นสมบัติอย่างหนึ่งที่แตกต่างจากไคตินอันเป็นสารตั้งต้น ทำให้การใช้ประโยชน์จากไคโตซานมีมากกว่า (มนตรี กลิ่นระรวย, 2543) คุณสมบัติที่จะแสดงความเป็นไคโตซานมากน้อยเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับระดับของการเกิดปฏิกิริยา deacetylation (degree of deacetylation หรือ %DD) โดยทั่วไป %DD ของไคโตซานที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา deacetylation ด้วยด่างเข้มข้นจะมีค่าประมาณ 75-85% หากต้องการ %DD ที่สูงกว่าอาจต้องทำให้เกิดปฏิกิริยา deacetylation ซ้ำแทนการทำเพียงครั้งเดียว

ปัจจุบันมีการนำไคโตซานมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น ด้านเทคโนโลยีชีวภาพ ใช้เป็นสารห่อหุ้มเอนไซม์และเซลล์ด้วยเทคนิค immobilization เป็นตัวแยกโดยวิธีโครมาโตกราฟี ใช้ทำขั้วไฟฟ้าทางชีวภาพเพื่อการวิเคราะห์และตรวจสอบสารต่างๆ ใช้เป็นแผ่นเยื่อบางในการแยกโปรตีน และขึ้นรูปจุลินทรีย์เป็นเม็ดเพื่อประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสีย ส่วนด้านอาหาร ใช้เป็นสาร

ปรุงแต่งอาหารเพื่อคงรูปและสี เป็นสารกันบูด เนื่องจากมีประจุบวกจึงสามารถต่อต้านเชื้อราและแบคทีเรียได้ ในด้านการแพทย์และเภสัชกรรม ใช้เป็นพลาสเตอร์ปิดแผล และไหมเย็บแผล ผลิตเป็นผิวหนังเทียมในการรักษาแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก รักษาและเสริมสร้างสุขภาพของกระดูกอ่อน ผลิตเป็นเส้นเลือดเทียม ใช้ควบคุมการปลดปล่อยฤทธิ์ยา และเป็นอาหารเสริมเพื่อลดน้ำหนักและไขมัน นอกจากนี้ไคโตซานยังมีคุณสมบัติอุ้มน้ำ และต่อต้านจุลินทรีย์ จึงใช้เป็นสารเติมแต่งเพื่อให้ความชุ่มชื้น รวมถึงใช้เป็นสารพื้นฐานในเครื่องสำอางหลายประเภท เช่น แป้งแต่งหน้า น้ำหอม ผงขัดเล็บ ยาสีฟัน ครีมหรือโลชั่นบำรุงผิว เป็นต้น (จิราภรณ์ เชาวลิตสุขุมาวาสี, 2544) ส่วนทางด้านการเกษตร มีการใช้ไคโตซานในรูปของสารเร่งการเจริญเติบโตของพืช เคลือบเมล็ดพันธุ์ (seed treatment) เพื่อลดการเข้าทำลายของเชื้อโรคและแมลง และเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด ใช้เป็นปุ๋ยธรรมชาติ เนื่องจากไคโตซานเป็น polysaccharide ซึ่งหลังจากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์แล้วจะปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาอย่างช้าๆ รวมทั้งยังสามารถตรึงไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศและดิน ส่งผลให้พืชได้รับไนโตรเจนอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ไคโตซานยังสามารถใช้รักษาคุณภาพและยืดอายุของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวได้อีกด้วย (สถิต พูลทรัพย์, 2542)

2.8.1 บทบาทของไคโตซานต่อความแน่นเนื้อ

การสูญเสียเนื้อสัมผัสของผลิตผลขึ้นอยู่กับอัตราการสลายของผนังเซลล์และการสูญเสียแรงดันเต่งภายในเซลล์ (turgor pressure) ซึ่งการสลายของผนังเซลล์เป็นกระบวนการที่เกิดจากแอคติวิตีของเอนไซม์ polygalacturonase และ cellulase (Reddy และคณะ, 2000) ในเนื้อเยื่อที่ได้รับไคโตซานจะมีอัตราการสลายของผนังเซลล์ที่น้อยกว่า เนื่องจากการป้องกันการสลายเซลลูโลส และคงสภาพ pectin binding site ทำให้โครงสร้าง 3 มิติ (three-dimensional architecture) ของผนังเซลล์ยังคงอยู่ได้ (El Ghaouth และคณะ, 1997) มีรายงานว่าการฉีดพ่นไคโตซานความเข้มข้น 6 กรัมต่อลิตร ช่วยรักษาความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับไคโตซานความเข้มข้น 2 และ 4 กรัมต่อลิตร และชุดที่ไม่ได้ฉีดพ่นไคโตซาน (Reddy และคณะ, 2000) การเคลือบผลสตรอเบอรี่ มะเขือเทศ และพืช ด้วยไคโตซานสามารถรักษาความแน่นเนื้อไว้ได้เช่นกัน (El Ghaouth, Ponnampalam, และ Boulet, 1991b; Li และ Yu, 2000) นอกจากนี้ยังลดอาการเหี่ยวในพริกและแตงกวา (El Ghaouth, Arul และ Ponnampalam, 1991a) อีกด้วย

2.8.2 บทบาทของไคโตซานต่ออัตราการหายใจ

ไคโตซานสามารถก่อตัวเป็นแผ่นฟิล์มบาง ใส ปราศจากกลิ่นและสี ปลอดภัยต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อม จึงนิยมนำมาเคลือบผักและผลไม้เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุในการเก็บรักษา สามารถลดอัตราการหายใจ (สถิต พูลทรัพย์, 2542) และลดการคายน้ำโดยการเคลือบจัดเป็นการดัดแปลงบรรยากาศภายใน (Bai, Huang และ Jiang, 1988) เพื่อรักษาระดับของออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลีน (El Ghaouth และคณะ, 1991b) และสามารถป้องกันการแพร่ของออกซิเจนจากบรรยากาศสู่เนื้อเยื่อผลิตผล (Zhang และ Quantick, 1997) เมื่อออกซิเจนในผลิตผลน้อยจึงเกิดการยับยั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอนจาก NADH (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) และลดอัตราการหายใจได้ในที่สุด เช่นในมะเขือเทศ แตงกวาและพริกหยวก (El Ghaouth และคณะ, 1991a) มนตรี กลิ่นระรวย (2543) รายงานว่าการเคลือบผิวผลฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ด้วยไคโตซานช่วยลดอัตราการหายใจได้ จึงส่งผลให้สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในกระบวนการหายใจ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544)

2.8.3 บทบาทของไคโตซานต่อการสูญเสียน้ำหนักสด

การเคลือบผิวของผลิตผลด้วยไคโตซานสามารถลดการคายน้ำได้ (Bai และคณะ, 1988) เช่นในมะเขือเทศ แตงกวา และพริกหยวก (El Ghaouth และคณะ, 1991a) แต่มีการทดลองที่แช่ผลิตผลในสารละลายไคโตซานที่มีขนาดโมเลกุลเล็กและมีความเข้มข้นต่ำพบว่าสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสดได้เช่นกัน ดังที่ รุ่งนภา อินทปิ่น (2547) รายงานว่าการแช่ผลเงาะพันธุ์โรงเรียนในไคโตซานความเข้มข้น 20 ppm เป็นเวลา 10 นาที สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในส่วนเปลือก ชะลอการสูญเสียน้ำหนักสดในพริกชี้ฟ้า (สุประวีณ์ นาคภิบาล, 2548) สตรอเบอรี่ และ red raspberry (Han และคณะ, 2004)

2.8.4 บทบาทของไคโตซานต่อการเกิดโรคระหว่างการเก็บรักษา

ไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้โดยตรงโดยการกระตุ้นให้เนื้อเยื่อพืชเกิดความต้านทาน (ภาวดี เมธะคานนท์, 2543) ซึ่งการใช้ไคโตซานในลักษณะของการเป็นสารกระตุ้นพืชนี้จะต้องใช้ไคโตซานที่มีขนาดโมเลกุลเล็กและความเข้มข้นต่ำ (รัฐ พิชญางกูร, 2543) ไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราหลายชนิด เช่น *Alternaria alternata* *Fusarium oxysporum* *Rhizopus stolonifer* และ *Penicillium* spp. (Hirano และ Nagao, 1989; Benhamou, 1992) ลดการเน่าเสียของ sweet cherry เมื่อใช้ร่วมกับ

การให้แรงดัน (Romanazzi และคณะ, 2003) มีรายงานว่าไคโตซานสามารถลดความเสียหายจาก *Botrytis cinerea* ในสตรอเบอรี่ (Reddy และคณะ, 2000) และพริกหวาน (El Ghaouth และคณะ, 1997) จากประโยชน์และคุณสมบัติของไคโตซานทำให้ได้รับการยอมรับที่จะนำมาใช้ทางการค้าเพื่อลดการเกิดโรคในผลิตผลสด แต่การใช้ไคโตซานขนาดโมเลกุลใหญ่จะมีความหนืด ในขณะที่ chitosan hydrolysate ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่า ไม่มีความหนืดและแม้จะใช้ระดับความเข้มข้นที่น้อยกว่าก็ยังสามารถลดการเกิดโรคได้ (Cheah, Page และ Shepherd, 1997) ดังรายงานของ Molloy, Cheah และ Koolaard (2004) พบว่า chitosan hydrolysate 0.2% มีประสิทธิภาพในการลดโรคที่เกิดจาก *Sclerotinia sclerotiorum* มากกว่าไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงในระดับความเข้มข้นที่เท่ากัน

2.8.5 **บทบาทของไคโตซานต่อการเกิด** enzymatic browning

เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส หรือ PPO เป็นเอนไซม์ที่พบทั่วไปในเนื้อเยื่อพืช (Dong, 1990) มีบทบาทสำคัญต่อการเกิดสีน้ำตาลในผลิตผลระหว่างการเก็บรักษา โดยทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอล ได้เป็น *O*-quinone (Jaing, 2000; Sarni-Manchado และคณะ, 2001) และมีออกซิเจนเป็นส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยา (Ju และ Zhu,1988) การเคลือบผิวผลิตผลด้วยไคโตซานสามารถป้องกันการแพร่ของออกซิเจนเข้าสู่เนื้อเยื่อ ระดับของออกซิเจนจึงลดลง ส่งผลให้การเกิดสีน้ำตาลลดลงด้วย เช่นในผลลิ้นจี่ (Zhang และ Quantick, 1997) fresh-cut Chinese water chestnut (Pen และ Jiang, 2003) และลำไย (Jiang และ Li, 2001)

นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลยังอาจเกิดจากเอนไซม์ anthocyanase ทำปฏิกิริยากับ anthocyanin (Zhang และคณะ, 2004) และจากการทำงานของเอนไซม์ peroxidase หรือ POD ที่สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอล กรดแอสคอร์บิค และ glutathione อีกด้วย (Lin และคณะ, 1988) ในผลิตผลที่เกิดการสูญเสียน้ำ เซลล์จะถูกทำลายและเกิด plasmolysis ทำให้เกิดการสัมผัสและทำปฏิกิริยากันระหว่างเอนไซม์ PPO และ POD ที่อยู่ในคลอโรพลาสต์และลิวโคพลาสต์กับสารตั้งต้นคือสารประกอบฟีนอลและแอนโธไซยานินที่อยู่ในแวคิวโอลได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้เกิดสีน้ำตาลที่ผลิตผล (Underhill และ Critchley, 1994) มีรายงานว่าการใช้ไคโตซานสามารถลดการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานิน ฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอล แอคติวิตีของเอนไซม์ PPO และ POD ในลิ้นจี่ (Zhang และ Quantick, 1997) รุ่งนภา อินทปิ่น (2547) รายงานว่าการแช่ผลเงาะพันธุ์โรงเรียนใน

ไคโตซานความเข้มข้น 20 ppm เป็นเวลา 10 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลคงเหลือมากที่สุด

การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้โดยสารเคมี เช่น sulfite อาจก่อให้เกิดความวิตกในเรื่องความปลอดภัยและเกิดการกีดกันทางการค้า (Food & Drug Administration, 1987 อ้างถึงใน Pen และ Jiang, 2003) แต่อย่างไรก็ตามสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่ปลอดภัยและได้รับการยอมรับให้ใส่ในอาหารได้ เช่น ascorbic acid และ sodium erythorbate ก็ไม่อาจป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผักผลไม้ตัดแต่งได้ (Sapers และ Miller,1995; Buta และคณะ, 1999) ดังนั้นการใช้ไคโตซานที่มีทั้งความปลอดภัย (Hirano และคณะ, 1990) และมีประสิทธิภาพจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการลดอาการสีน้ำตาลของผลิตผล

นอกจากคุณสมบัติดังกล่าวแล้วไคโตซานยังเป็นสารธรรมชาติที่ย่อยสลายได้ง่าย (ภาวดี เมธะคานนท์, 2543) และสามารถใช้ยืดอายุผลิตผลได้หลายวิธีทั้งการแช่ การฉีดพ่น รวมถึงการใช้ร่วมกับวิธีอื่นๆ เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Romanazzi และคณะ, 2003) ทำให้ไคโตซานได้รับความนิยม และมีการประยุกต์ใช้ทางการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวอย่างมากมาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 พืชทดลอง

ข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283 อายุการเก็บเกี่ยว 45-48 วันหลังปลูก จากสวนข้าวโพดฝักอ่อนของเกษตรกรตำบลส่วนป่าน อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม การทดลองแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่วันที่ 14 พฤษภาคม-5 มิถุนายน พ.ศ. 2547 ช่วงที่ 2 ตั้งแต่วันที่ 1-23 กันยายน และ 19 พฤศจิกายน-10 ธันวาคม พ.ศ. 2547 และช่วงที่ 3 ตั้งแต่วันที่ 11 สิงหาคม-20 กันยายน พ.ศ. 2548 นำข้าวโพดฝักอ่อนที่เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาดังกล่าวมาปอกเปลือกและไหมออก คัดฝักที่มีขนาด 8-10 เซนติเมตร สภาพฝักสมบูรณ์ไม่มีบาดแผลหรือรอยช้ำ เมล็ดเรียงเป็นระเบียบ สีของฝักสม่ำเสมอ เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

3.1.2 วัสดุอุปกรณ์

อุปกรณ์

ตู้เย็น ตู้แช่แข็ง (deep freezer) อุณหภูมิ -80 ºC ตู้อบ (oven) เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) เครื่อง gas chromatography (Shimadzu รุ่น GC-8A) เครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ (refrigerated centrifuge) เครื่องปั่นเหวี่ยง (microcentrifuge) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 และ 4 ตำแหน่ง เครื่องเขย่าผสมสาร (vortex mixer) แท่นให้ความร้อน (hot plate) เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (hand refractometer ATAGO รุ่น N-1E) เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (fruit hardness tester รุ่น FHR-1) ตะแกรงทองเหลือง Retsch ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่อง 0.180 มิลลิลิตร บีกเกอร์ (beaker) กรวยแก้ว กระบอกตวง ขวดปรับปริมาตร หลอดทดลอง ขวดน้ำกลั่น โกร่งบด ขวดโหลแก้วปริมาตร 2,394 มิลลิลิตร ขวดแก้วปริมาตร 15 มิลลิลิตร พร้อมจุกยาง กระบอกฉีดยาและเข็มฉีดยา (syringe and needle) microtube ปริมาตร 15 มิลลิลิตร กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 centrifuge tube screw cap ขนาด 15 และ 50 มิลลิลิตร ไมโครปิเปตและทิป (micropipette and tips) เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer) desiccator foil และกล้องถ่ายรูป

สารเคมี

calcium chloride ($CaCl_2$) chitosan ที่มี degree of deacetylation 80 % sodium hydroxide (NaOH) sodium chloride (NaCl) 70 80 และ 90 % ethanol anthrone sulfuric acid (H_2SO_4) glucose dimethylsulfoxide (DMSO) hydrochloric acid (HCl) potassium iodide (KI) iodine (I_2) starch from maize Folin-Ciocalteau phenol reagent gallic acid sodium carbonate (Na_2CO_3) dipotassium hydrogenphosphate (K_2HPO_4) potassium dihydrogenphosphate (KH_2PO_4) polyvinylpyrolidone (PVP) pyrocatechol Bio-Rad D_C protein assay reagent B และ bovine serum albumin (BSA)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการแช่แคลเซียมคลอไรด์ต่อการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 25 ฝัก นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

โดยมีชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดควบคุม ข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่ผ่านการแช่สารใดเลย

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0% เป็นเวลา 2 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1% เป็นเวลา 2 นาที

ชุดการทดลองที่ แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% เป็นเวลา 2 นาที

ชุดการทดลองที่ แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 3% เป็นเวลา 2 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 4% เป็นเวลา 2 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0% เป็นเวลา 4 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1% เป็นเวลา 4 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% เป็นเวลา 4 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 3% เป็นเวลา 4 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 4% เป็นเวลา 4 นาที

บรรจุข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และผึ่งจนแห้งในถุงพลาสติกชนิดร้อน และเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 3 ºC บันทึกผลการทดลองในวันที่ 0 3 6 9 12 15 18 และ 21 ของการเก็บรักษา โดยบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการ ดังนี้

- **การให้คะแนนลักษณะภายนอก** ตามเกณฑ์ดังนี้

5 คะแนน ลักษณะฝักสมบูรณ์เหมือนฝักที่เพิ่งปอกเปลือกออก

4 คะแนน เกิดสีน้ำตาลที่ปลายฝักเล็กน้อย

3 คะแนน เกิดสีน้ำตาลที่ปลายฝักมากขึ้น และ/หรือเกิดสีน้ำตาลที่ขั้วฝัก

2 คะแนน เกิดสีน้ำตาลและ/หรืออาการฉ่ำน้ำ 1 ใน 4 ของฝัก

1 คะแนน เกิดสีน้ำตาลและ/หรืออาการฉ่ำน้ำครึ่งฝัก

0 คะแนน เกิดสีน้ำตาลและ/หรืออาการฉ่ำน้ำทั่วทั้งฝัก

โดยคะแนนที่ต่ำกว่า 3 ถือว่าไม่ได้รับการยอมรับทางการค้า

- **การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสด** (มนตรี กลิ่นระรวย, 2543)

ชั่งน้ำหนักข้าวโพดฝักอ่อนในแต่ละชุดการทดลองด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง แล้วนำไปคำนวณหาร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสด ดังสมการ

$$\text{ร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสด} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา})}{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา}} \times 100$$

- **การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ**

วัดความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง fruit hardness tester รุ่น FHR-1 หัววัดทรงกรวย (cone type) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนฐาน 12 มิลลิเมตร สูง 10 มิลลิเมตร โดยวางหัววัดให้ตั้งฉากกับฝักข้าวโพดแล้วแทงให้หัววัดกดทะลุลงไปในเนื้อฝัก นำค่าที่ได้คูณด้วย 9.807 และรายงานผลในหน่วยนิวตัน (N)

- **การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้**
(total soluble solids หรือ TSS)

บดเนื้อฝัก 1 กรัม เติมน้ำในอัตราส่วน 1:1 นำของเหลวที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงจนตกตะกอน จากนั้นนำส่วนใสหยดลงใน refractometer ATAGO รุ่น N-1E นำค่าที่อ่านได้มาคำนวณ ดังสมการ

ปริมาณ TSS ($^{\circ}$Brix) = ค่าที่อ่านได้ x 2

- การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใย (fiber) (ดัดแปลงจาก Gould, 1977 อ้างถึงใน ญาวดี ศรีเมฆ, 2545)

บดเนื้อฝักที่ชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ประมาณ 1.5 กรัม ให้ละเอียดด้วยโกร่ง ล้างเนื้อเยื่อที่ได้ด้วยน้ำเดือด 12 มิลลิลิตร เทใส่บีกเกอร์ไว้ เติม 50% NaOH 1.5 มิลลิลิตร ต้มใน boiling water bath นาน 5 นาที จากนั้นกรองด้วยตะแกรงทองเหลือง Retsch ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่อง 0.180 มิลลิเมตร ล้างด้วยน้ำกลั่นจนเนื้อเยื่อเป็นสีขาว เทเนื้อเยื่อลงในกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ที่ทราบน้ำหนักแล้ว นำกระดาษกรองที่มีเนื้อเยื่อดังกล่าวไปอบที่อุณหภูมิ 60 ºC เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง แล้วคำนวณ ดังสมการ

$$\text{ปริมาณเส้นใย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเส้นใย}}{\text{น้ำหนักสดของตัวอย่างฝัก}} \times 100$$

3.2.2 การหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการแช่ไคโตซานต่อการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283

วางแผนและทำการทดลองเหมือนข้อ 3.2.1 แต่ใช้สารละลายไคโตซาน (oligomer ที่มี degree of deacetylation 80%) แทน

โดยมีชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดควบคุม ข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่ผ่านการแช่สารใดเลย

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายไคโตซาน 0 ppm เป็นเวลา 2 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายไคโตซาน 5 ppm เป็นเวลา 2 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายไคโตซาน 10 ppm เป็นเวลา 2 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายไคโตซาน 20 ppm เป็นเวลา 2 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายไคโตซาน 40 ppm เป็นเวลา 2 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายไคโตซาน 0 ppm เป็นเวลา 4 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายไคโตซาน 5 ppm เป็นเวลา 4 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายไคโตซาน 10 ppm เป็นเวลา 4 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายไคโตซาน 20 ppm เป็นเวลา 4 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายไคโตซาน 40 ppm เป็นเวลา 4 นาที

3.2.3 การศึกษาผลของการใช้แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานร่วมกันต่อการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283

วางแผนและทำการทดลองเหมือนข้อ 3.2.1

โดยมีชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดควบคุม ข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่ผ่านการแช่สารใดเลย

ชุดการทดลองที่แช่น้ำเป็นเวลา 4 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 4 % เป็นเวลา 4 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายไคโตซาน 5 ppm เป็นเวลา 4 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายไคโตซาน 40 ppm เป็นเวลา 4 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายที่เป็นส่วนผสมของแคลเซียมคลอไรด์ 4 % และไคโตซาน 5 ppm เป็นเวลา 4 นาที

ชุดการทดลองที่แช่สารละลายที่เป็นส่วนผสมของแคลเซียมคลอไรด์ 4 % และไคโตซาน 40 ppm เป็นเวลา 4 นาที

บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเหมือนข้อ 3.2.1 และ 3.2.2 โดยเพิ่มการวัดผลการทดลอง ดังนี้

- การวัดอัตราการหายใจโดยเครื่อง gas chromatography

ชั่งน้ำหนักฝักข้าวโพดแล้วนำไปเก็บใส่ขวดโหลแก้วสำหรับเก็บตัวอย่างก๊าซปริมาตร 2,394 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 4 ชั่วโมง ใช้หลอดและเข็มฉีดยาดึงตัวอย่างก๊าซปริมาตร 12 cm^3 จากขวดโหลมาเก็บแทนที่น้ำเกลืออิ่มตัวในขวดแก้วปริมาตร 15 มิลลิลิตร นำไปตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเครื่อง gas chromatography ของบริษัท Shimadsu รุ่น GC-8A ภายในบรรจุคอลัมน์ PORAPACK Q 80/100 mesh Thermal conductivity detector อุณหภูมิคอลัมน์ 60 ºC ณ ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จากนั้นคำนวณอัตราการหายใจดังที่ระบุในภาคผนวก

- การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาล (total soluble sugar) (Irigoyen, Emerich, และ Sanchez-Diaz, 1992)

การสกัดน้ำตาล ใช้ตัวอย่างแห้งที่บดละเอียด 0.05 กรัม ใส่ใน centrifuge tube screw cap ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม ethanol 95% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 9,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เก็บ

ของเหลวส่วนใสไว้ในหลอดทดลอง จากนั้นสกัดเช่นเดิมอีกสองครั้งด้วย ethanol 70% รวบรวมของเหลวส่วนใสที่ได้จากการสกัดทั้งสามครั้งในหลอดทดลองเดียวกัน ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล ใช้ส่วนที่สกัดได้ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาดเล็ก เติม anthrone reagent (anthrone 150 มิลลิกรัม ใน H_2SO_4 72% (w/w) 100 มิลลิลิตร) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer ต้มใน boiling water bath เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นแล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร คำนวณปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของน้ำตาลกลูโคส

- การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้ง (starch)
(ดัดแปลงจาก Magne, Saladin และ Clement, 2005)

ใช้กากที่เหลือจากการสกัดน้ำตาล เติม dimethylsulfoxide (DMSO):8 N HCl (4:1 v/v) ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer incubated ที่อุณหภูมิ 60 ºC เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 9,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ใช้ของเหลวส่วนใสปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมสารละลาย iodine-HCl (KI 6% และ I_2 0.3% ใน 0.05 N HCl) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และน้ำกลั่นปริมาตร 1 มิลลิลิตร incubated ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร คำนวณปริมาณแป้งโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของแป้งข้าวโพด

- การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอล
(phenolic compound) (Javanmardi และคณะ, 2003)

การสกัดสารประกอบฟีนอล บดเนื้อฝักข้าวโพดประมาณ 3 กรัม ในโกร่งแช่เย็น เติม ethanol 80% ที่เย็น 12 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ปั่นเหวี่ยงส่วนผสมที่ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 ºC เป็นเวลา 20 นาที

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล ใช้ส่วนใสจากการปั่นเหวี่ยงที่ผ่านการเจือจาง 10 เท่า ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติม Folin-Ciocalteau phenol reagent ที่เจือจาง 10 เท่า ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และสารละลาย Na_2CO_3 7.5% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน incubated ที่ 45 ºC เป็นเวลา 15 นาที

จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid

- **การเปลี่ยนแปลงแอคติวิตีของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส** (polyphenol oxidase activity)

เก็บตัวอย่างฝักข้าวโพดประมาณ 1.5 กรัม ในไนโตรเจนเหลว รวบรวมไว้ใน deep freezer อุณหภูมิ -80 °C เพื่อทำการวิเคราะห์แอคติวิตีของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสด้วยวิธีของ Montgomery และ Sgarbieri (1975) (วิธีการโดยละเอียดระบุในภาคผนวก)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการแช่แคลเซียมคลอไรด์ต่อการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283

4.1.1 การให้คะแนนลักษณะภายนอก

จากการทดลองพบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มของคะแนนลักษณะภายนอกลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่ $CaCl_2$ ที่ความเข้มข้นต่างๆ และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 3 6 9 และ 12 วัน มีคะแนนลักษณะภายนอกอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในทุกชุดการทดลอง แต่ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 3% เป็นเวลา 2 นาที และ 4% เป็นเวลา 4 นาที มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับ และในวันที่ 18 ของการเก็บรักษาพบชุดการทดลองที่ได้รับคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับ คือ ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 2 3 และ 4% เป็นเวลา 2 นาที และ 2 และ 4% เป็นเวลา 4 นาที ส่วนในวันที่ 21 ของการเก็บรักษาพบชุดการทดลองที่ยังคงผ่านเกณฑ์การยอมรับได้ คือ ชุดควบคุม ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 0 และ 1% เป็นเวลา 2 นาที และ 0% เป็นเวลา 4 นาที (ตารางที่ 1)

ส่วนในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 พบว่าการเก็บรักษาเป็นเวลา 0 3 6 และ 9 วัน มีคะแนนลักษณะภายนอกอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในทุกชุดการทดลอง โดยในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ยังสามารถคงลักษณะที่เหมือนกับเพิ่งปอกเปลือกได้ ส่วนในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา มีเพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่ไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ คือ ชุดที่แช่ $CaCl_2$ 3% เป็นเวลา 2 นาที และเมื่อเวลาในการเก็บรักษาผ่านไปนานขึ้น ทำให้ชุดการทดลองที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับมีน้อยลงตามลำดับ จนวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ไม่พบชุดการทดลองใดที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับเลย (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 การให้คะแนนลักษณะภายนอกของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Overall appearance, score							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	5.00	4.00	4.00	3.75	3.75	3.50	3.25	3.00
$CaCl_2$0% 2 min	5.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.75	3.50	3.00
$CaCl_2$1% 2 min	5.00	4.00	4.00	4.00	3.75	3.75	3.25	3.00
$CaCl_2$2% 2 min	5.00	4.00	4.00	4.00	3.75	3.00	2.50	1.75
$CaCl_2$3% 2 min	5.00	4.00	4.00	3.75	3.25	2.75	2.50	1.75
$CaCl_2$4% 2 min	5.00	4.00	4.00	3.50	3.25	3.00	2.75	1.75
$CaCl_2$0% 4 min	5.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.75	3.25	3.00
$CaCl_2$1% 4 min	5.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.75	3.00	2.50
$CaCl_2$2% 4 min	5.00	4.00	4.00	3.75	3.75	3.25	2.25	2.25
$CaCl_2$3% 4 min	5.00	4.00	4.00	3.50	3.50	3.25	3.00	2.50
$CaCl_2$4% 4 min	5.00	4.00	4.00	3.75	3.50	2.75	2.50	2.50

ตารางที่ 2 การให้คะแนนลักษณะภายนอกของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Overall appearance, score							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	5.00	5.00	4.50	4.00	4.00	3.50	3.50	2.00
$CaCl_2$0% 2 min	5.00	5.00	4.25	4.00	3.75	3.25	1.75	1.50
$CaCl_2$1% 2 min	5.00	5.00	4.25	3.50	3.50	3.25	2.75	1.75
$CaCl_2$2% 2 min	5.00	5.00	4.25	3.75	3.50	3.00	3.00	1.75
$CaCl_2$3% 2 min	5.00	5.00	4.00	3.00	2.75	2.50	1.50	1.00
$CaCl_2$4% 2 min	5.00	5.00	4.50	3.75	3.50	3.50	3.00	1.75
$CaCl_2$0% 4 min	5.00	5.00	4.50	4.25	4.00	4.00	3.25	2.50
$CaCl_2$1% 4 min	5.00	5.00	4.25	3.75	3.50	3.25	2.50	1.00
$CaCl_2$2% 4 min	5.00	5.00	4.25	3.50	3.25	2.75	2.00	1.50
$CaCl_2$3% 4 min	5.00	5.00	4.75	3.25	3.25	3.00	2.25	1.75
$CaCl_2$4% 4 min	5.00	5.00	4.25	3.50	3.25	2.75	2.25	2.00

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสด

ข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283 มีแนวโน้มของการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยตลอดช่วงการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์ ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเลย (ตารางที่ 3 และ 4)

4.1.3 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ

การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างการเก็บรักษา ยกเว้นในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่าชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 2 และ 3% เป็นเวลา 2 นาที และ 3% เป็นเวลา 4 นาที มีความแน่นเนื้อ 7.58 7.62 และ 7.63 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ก็มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเช่นกัน พบชุดการทดลองที่มีความแน่นเนื้อมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 6 และ 15 ของการเก็บรักษา ดังนี้ วันที่ 6 ของการเก็บรักษาคือ ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 0 1 และ 3% เป็นเวลา 2 นาที และ 2% เป็นเวลา 4 นาที มีความแน่นเนื้อ 7.31 7.40 7.21 และ 7.38 นิวตัน ตามลำดับ วันที่ 15 ของการเก็บรักษาคือ ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 1% เป็นเวลา 2 นาที และ 2 และ 4% เป็นเวลา 4 นาที มีความแน่นเนื้อ 7.57 7.58 และ 7.67 นิวตัน ตามลำดับ ส่วนในวันที่ 21 ของการเก็บรักษาพบว่าชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 2% เป็นเวลา 4 นาที มีความแน่นเนื้อน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 6)

4.1.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ปริมาณ TSS ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 6 และ 9 แต่จะเริ่มลดลงในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา และพบว่าในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 2% เป็นเวลา 4 นาที มีปริมาณ TSS เท่ากับ 8.90 ^{o}Brix ซึ่งน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 7)

ส่วนปริมาณ TSS ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน หากแต่ลดลงในวันที่ 6 แล้วเพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 12 จากนั้นจะเริ่มคงที่ พบชุดการทดลองที่มีปริมาณ TSS น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 9 15 และ 18 ของการเก็บรักษา ดังนี้ วันที่ 9 ของการเก็บรักษาคือ ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 3 และ 4% เป็นเวลา 2 นาที และ 0 1 และ 2% เป็นเวลา 4 นาที วันที่ 15 ของการเก็บรักษาคือ ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 2% เป็นเวลา 4 นาที และในวันที่ 18 ของการเก็บรักษาคือ ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% เป็นเวลา 2 นาที และ 2% เป็นเวลา 4 นาที (ตารางที่ 8)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 ร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Fresh weight loss, %±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	0.00±0.00^{aF}	0.51±0.06^{aE}	0.94±0.06^{aD}	1.40±0.10^{aC}	1.49±0.12^{aC}	1.89±0.09^{abcB}	2.15±0.10^{abB}	2.50±0.14^{abA}
$CaCl_2$ 0% 2 min	0.00±0.00^{aG}	0.47±0.02^{aF}	0.89±0.04^{aE}	1.32±0.06^{aD}	1.49±0.04^{aD}	1.84±0.05^{abcC}	2.08±0.07^{abB}	2.51±0.13^{abA}
$CaCl_2$ 1% 2 min	0.00±0.00^{aF}	0.41±0.05^{aE}	0.88±0.07^{aD}	1.29±0.10^{aC}	1.44±0.11^{aC}	1.75±0.10^{abcB}	1.97±0.09^{abB}	2.25±0.06^{bA}
$CaCl_2$ 2% 2 min	0.00±0.00^{aE}	0.46±0.06^{aD}	0.81±0.07^{aD}	1.24±0.10^{aC}	1.37±0.13^{aC}	1.64±0.14^{bcBC}	1.97±0.18^{abAB}	2.33±0.23^{abA}
$CaCl_2$ 3% 2 min	0.00±0.00^{aE}	0.57±0.10^{aD}	1.39±0.45^{aC}	1.47±0.12^{aC}	1.64±0.11^{aC}	1.97±0.06^{abcBC}	2.26±0.14^{abAB}	2.57±0.18^{abA}
$CaCl_2$ 4% 2 min	0.00±0.00^{aF}	0.59±0.14^{aEF}	1.03±0.28^{aDE}	1.44±0.30^{aCD}	1.67±0.20^{aBCD}	2.12±0.25^{aABC}	2.28±0.26^{abAB}	2.56±0.19^{abA}
$CaCl_2$ 0% 4 min	0.00±0.00^{aF}	0.54±0.06^{aE}	0.96±0.06^{aD}	1.43±0.11^{aC}	1.53±0.08^{aC}	1.97±0.06^{abcB}	2.16±0.07^{abB}	2.45±0.13^{abA}
$CaCl_2$ 1% 4 min	0.00±0.00^{aE}	0.48±0.05^{aE}	1.07±0.19^{aD}	1.54±0.22^{aCD}	1.71±0.25^{aC}	2.06±0.18^{abBC}	2.38±0.23^{aAB}	2.83±0.23^{aA}
$CaCl_2$ 2% 4 min	0.00±0.00^{aF}	0.46±0.04^{aE}	0.83±0.11^{aD}	1.30±0.16^{aC}	1.42±0.12^{aC}	1.64±0.14^{bcBC}	1.92±0.17^{abAB}	2.22±0.15^{bA}
$CaCl_2$ 3% 4 min	0.00±0.00^{aF}	0.39±0.06^{aF}	0.81±0.18^{aE}	1.22±0.18^{aDE}	1.40±0.17^{aCD}	1.66±0.16^{bcBC}	1.88±0.14^{abAB}	2.20±0.14^{bA}
$CaCl_2$ 4% 4 min	0.00±0.00^{aG}	0.51±0.11^{aF}	0.85±0.13^{aE}	1.20±0.14^{aD}	1.29±0.14^{aCD}	1.58±0.10^{cBC}	1.85±0.12^{bAB}	2.09±0.12^{bA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Fresh weight loss, %±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	0.00±0.00^{aH}	0.50±0.04^{aG}	0.82±0.03^{aF}	1.17±0.03^{aE}	1.36±0.03^{aD}	1.68±0.06^{aC}	1.85±0.06^{aB}	2.33±0.05^{aA}
$CaCl_2$ 0% 2 min	0.00±0.00^{aF}	0.46±0.06^{aE}	0.77±0.08^{aD}	1.14±0.11^{aC}	1.35±0.14^{aC}	1.64±0.10^{aB}	1.91±0.08^{aB}	2.29±0.09^{aA}
$CaCl_2$ 1% 2 min	0.00±0.00^{aG}	0.53±0.06^{aF}	0.91±0.13^{aE}	1.28±0.13^{aD}	1.44±0.11^{aCD}	1.73±0.11^{aBC}	2.03±0.13^{aB}	2.50±0.13^{aA}
$CaCl_2$ 2% 2 min	0.00±0.00^{aF}	0.54±0.07^{aE}	0.73±0.05^{aE}	1.19±0.07^{aD}	1.38±0.05^{aD}	1.64±0.07^{aC}	1.91±0.12^{aB}	2.38±0.14^{aA}
$CaCl_2$ 3% 2 min	0.00±0.00^{aG}	0.52±0.12^{aF}	0.77±0.08^{aE}	1.12±0.09^{aD}	1.30±0.08^{aD}	1.53±0.08^{aC}	1.81±0.04^{aB}	2.26±0.08^{aA}
$CaCl_2$ 4% 2 min	0.00±0.00^{aH}	0.57±0.08^{aG}	0.85±0.05^{aF}	1.21±0.07^{aE}	1.45±0.05^{aD}	1.71±0.07^{aC}	1.94±0.06^{aB}	2.32±0.07^{aA}
$CaCl_2$ 0% 4 min	0.00±0.00^{aH}	0.61±0.04^{aG}	0.90±0.04^{aF}	1.30±0.05^{aE}	1.49±0.07^{aD}	1.76±0.05^{aC}	2.02±0.05^{aB}	2.49±0.05^{aA}
$CaCl_2$ 1% 4 min	0.00±0.00^{aG}	0.58±0.03^{aF}	0.87±0.05^{aE}	1.22±0.05^{aD}	1.41±0.08^{aCD}	7.67±0.07^{aC}	1.97±0.15^{aB}	2.32±0.18^{aA}
$CaCl_2$ 2% 4 min	0.00±0.00^{aH}	0.58±0.03^{aG}	0.89±0.04^{aF}	1.21±0.04^{aE}	1.37±0.04^{aD}	1.61±0.04^{aC}	1.88±0.06^{aB}	2.37±0.08^{aA}
$CaCl_2$ 3% 4 min	0.00±0.00^{aH}	0.44±0.04^{aG}	0.80±0.07^{aF}	1.11±0.06^{aE}	1.31±0.04^{aD}	1.56±0.04^{aC}	1.77±0.03^{aB}	2.20±0.03^{aA}
$CaCl_2$ 4% 4 min	0.00±0.00^{aF}	0.50±0.07^{aE}	0.85±0.12^{aD}	1.21±0.08^{aC}	1.39±0.11^{aC}	1.64±0.07^{aB}	1.86±0.06^{aB}	2.29±0.07^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Firmness, Newton (N)±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	6.43±0.33^{abC}	7.24±0.20^{aB}	7.14±0.24^{bB}	7.54±0.13^{aAB}	7.73±0.07^{aAB}	7.54±0.23^{aAB}	7.89±0.15^{aA}	7.94±0.14^{aA}
$CaCl_2$ 0% 2 min	6.78±0.22^{abC}	7.37±0.13^{aB}	7.41±0.19^{abB}	7.65±0.14^{aAB}	7.79±0.10^{aAB}	7.69±0.22^{aAB}	7.85±0.09^{aAB}	8.09±0.09^{aA}
$CaCl_2$ 1% 2 min	6.60±0.31^{abB}	7.44±0.05^{aA}	7.54±0.19^{abA}	7.55±0.32^{aA}	7.72±0.16^{aA}	7.75±0.18^{aA}	7.89±0.14^{aA}	8.00±0.08^{aA}
$CaCl_2$ 2% 2 min	6.70±0.18^{abD}	7.34±0.16^{aC}	7.58±0.10^{aBC}	7.83±0.07^{aAB}	7.80±0.05^{aAB}	7.89±0.09^{aAB}	7.97±0.17^{aAB}	8.13±0.07^{aA}
$CaCl_2$ 3% 2 min	6.09±0.17^{bD}	7.21±0.20^{aC}	7.62±0.04^{aB}	7.71±0.09^{aAB}	7.80±0.14^{aAB}	8.07±0.11^{aA}	7.99±0.12^{aAB}	7.96±0.11^{aAB}
$CaCl_2$ 4% 2 min	6.66±0.31^{abC}	7.34±0.23^{aB}	7.40±0.07^{abB}	7.86±0.08^{aAB}	7.69±0.13^{aAB}	8.03±0.13^{aA}	7.90±0.32^{aAB}	8.12±0.05^{aA}
$CaCl_2$ 0% 4 min	7.16±0.10^{aB}	7.14±0.19^{aB}	7.52±0.07^{abAB}	7.63±0.15^{aAB}	7.66±0.24^{aAB}	7.57±0.22^{aAB}	7.88±0.07^{aA}	7.92±0.23^{aA}
$CaCl_2$ 1% 4 min	7.22±0.14^{aB}	7.27±0.15^{aB}	7.32±0.12^{abB}	7.62±0.27^{aAB}	7.71±0.11^{aAB}	7.62±0.19^{aAB}	7.98±0.11^{aA}	7.94±0.17^{aA}
$CaCl_2$ 2% 4 min	6.51±0.29^{abD}	7.22±0.26^{aC}	7.33±0.14^{abBC}	7.60±0.11^{aABC}	7.80±0.15^{aAB}	7.76±0.15^{aABC}	8.07±0.12^{aA}	7.90±0.06^{aA}
$CaCl_2$ 3% 4 min	6.77±0.26^{abC}	7.15±0.24^{aBC}	7.63±0.05^{aAB}	7.85±0.08^{aA}	7.88±0.16^{aA}	7.99±0.14^{aA}	8.07±0.16^{aA}	8.17±0.15^{aA}
$CaCl_2$ 4% 4 min	6.33±0.24^{bC}	7.17±0.13^{aB}	7.35±0.04^{bB}	7.76±0.20^{aA}	8.06±0.10^{aA}	7.85±0.10^{aA}	8.10±0.08^{aA}	8.03±0.07^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Firmness, Newton (N)±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	6.51±0.19^{abAB}	6.82±0.16^{abAB}	6.38±0.37^{bB}	6.91±0.29^{abAB}	7.08±0.24^{aAB}	6.79±0.37^{bAB}	7.34±0.24^{aA}	7.22±0.26^{aAB}
$CaCl_2$ 0% 2 min	6.86±0.21^{abB}	6.91±0.21^{abB}	7.31±0.07^{aAB}	7.00±0.20^{abB}	7.31±0.09^{aAB}	7.35±0.19^{abAB}	7.79±0.15^{aA}	7.31±0.05^{aAB}
$CaCl_2$ 1% 2 min	6.70±0.19^{abC}	7.04±0.18^{aABC}	7.40±0.04^{aAB}	7.45±0.08^{aAB}	7.02±0.30^{aC}	7.57±0.11^{aA}	7.54±0.16^{aAB}	7.54±0.07^{aAB}
$CaCl_2$ 2% 2 min	6.37±0.17^{bC}	6.99±0.13^{aB}	6.95±0.15^{abB}	7.34±0.16^{abAB}	7.52±0.07^{aAB}	7.31±0.21^{abAB}	7.44±0.32^{aAB}	7.62±0.13^{aA}
$CaCl_2$ 3% 2 min	6.67±0.21^{abA}	7.01±0.17^{aA}	7.21±0.09^{aA}	7.52±0.08^{aA}	7.58±0.06^{aA}	7.27±0.27^{abA}	7.67±0.10^{aA}	5.46±1.83^{abA}
$CaCl_2$ 4% 2 min	6.78±0.16^{abD}	7.00±0.12^{aBCD}	6.46±0.36^{bD}	7.35±0.19^{abABC}	7.51±0.20^{aAB}	7.36±0.20^{abABC}	7.53±0.08^{aAB}	7.71±0.10^{aA}
$CaCl_2$ 0% 4 min	7.14±0.19^{aA}	6.96±0.14^{aA}	7.11±0.16^{abA}	7.18±0.26^{abA}	7.40±0.28^{aA}	7.08±0.26^{abA}	7.27±0.19^{aA}	7.63±0.12^{aA}
$CaCl_2$ 1% 4 min	6.40±0.14^{bB}	6.73±0.17^{abAB}	6.91±0.30^{abAB}	6.81±0.13^{bAB}	7.23±0.19^{aA}	7.10±0.34^{abAB}	7.33±0.34^{aA}	7.34±0.12^{aA}
$CaCl_2$ 2% 4 min	6.81±0.18^{abA}	6.78±0.16^{abA}	7.38±0.05^{aA}	7.34±0.13^{abA}	7.40±0.24^{aA}	7.58±0.18^{aA}	7.39±0.27^{aA}	3.87±2.24^{bA}
$CaCl_2$ 3% 4 min	6.28±0.33^{bC}	6.82±0.22^{abB}	6.96±0.21^{abAB}	7.29±0.13^{abAB}	7.32±0.07^{aAB}	7.47±0.03^{abA}	7.55±0.18^{aA}	7.45±0.13^{aA}
$CaCl_2$ 4% 4 min	6.60±0.19^{abCD}	6.36±0.21^{bD}	7.05±0.30^{abBC}	7.33±0.21^{abAB}	7.41±0.17^{aAB}	7.67±0.12^{aA}	7.63±0.08^{aAB}	7.67±0.14^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Total soluble solids (TSS), °Brix±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	8.70±0.10^{aA}	9.20±0.28^{abA}	9.45±0.57^{aA}	9.80±0.24^{aA}	9.45±0.32^{aA}	9.30±0.25^{aA}	8.80±0.16^{abA}	8.70±0.74^{aA}
$CaCl_2$ 0% 2 min	8.20±0.26^{aB}	9.20±0.43^{abAB}	9.40±0.38^{aAB}	9.50±0.41^{abA}	8.90±0.44^{aAB}	8.65±0.22^{aAB}	8.45±0.21^{bAB}	8.70±0.47^{aAB}
$CaCl_2$ 1% 2 min	8.20±0.26^{aC}	8.60±0.26^{bABC}	9.50±0.47^{aA}	9.30±0.10^{abAB}	9.00±0.42^{aABC}	8.70±0.10^{aABC}	8.55±0.10^{abBC}	8.70±0.25^{aABC}
$CaCl_2$ 2% 2 min	8.35±0.24^{aB}	8.90±0.10^{abAB}	9.30±0.41^{aA}	9.15±0.31^{abAB}	8.65±0.19^{aAB}	8.85±0.26^{aAB}	9.05±0.22^{aAB}	8.60±0.14^{aAB}
$CaCl_2$ 3% 2 min	8.40±0.16^{aB}	9.50±0.34^{abA}	9.00±0.35^{aAB}	9.15±0.37^{abAB}	8.75±0.21^{aAB}	8.60±0.26^{aB}	9.00±0.12^{aAB}	8.65±0.25^{aAB}
$CaCl_2$ 4% 2 min	8.20±0.20^{aB}	9.50±0.57^{abA}	9.20±0.59^{aAB}	9.30±0.19^{abAB}	9.05±0.15^{aAB}	9.30±0.25^{aAB}	8.95±0.15^{abAB}	8.65±0.22^{aAB}
$CaCl_2$ 0% 4 min	8.15±0.10^{aC}	9.30±0.30^{abAB}	8.75±0.52^{aBC}	9.60±0.23^{abA}	8.70±0.17^{aBC}	8.75±0.05^{aBC}	8.80±0.00^{abBC}	8.70±0.29^{aBC}
$CaCl_2$ 1% 4 min	8.20±0.12^{aB}	9.30±0.30^{abA}	8.40±0.49^{aAB}	9.30±0.21^{abA}	9.00±0.42^{aAB}	8.55±0.15^{aAB}	8.95±0.15^{abAB}	8.95±0.10^{aAB}
$CaCl_2$ 2% 4 min	8.40±0.28^{aA}	9.30±0.50^{abA}	9.40±0.38^{aA}	8.90±0.10^{bA}	8.65±0.17^{aA}	8.50±0.30^{aA}	8.80±0.14^{abA}	8.55±0.34^{aA}
$CaCl_2$ 3% 4 min	8.70±0.10^{aA}	9.10±0.10^{abA}	9.00±0.53^{aA}	9.20±0.37^{abA}	9.15±0.29^{aA}	8.90±0.26^{aA}	8.55±0.19^{abA}	8.70±0.25^{aA}
$CaCl_2$ 4% 4 min	8.60±0.20^{aB}	9.80±0.35^{aA}	9.40±0.48^{aAB}	9.45±0.15^{abAB}	9.35±0.22^{aAB}	8.85±0.39^{aB}	8.70±0.10^{abB}	8.80±0.16^{aB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Total soluble solids (TSS), °Brix±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	7.40±0.74^{aB}	9.10±0.19^{abA}	8.40±0.37^{aAB}	9.30±0.34^{aA}	8.65±0.25^{aA}	8.65±0.25^{aA}	9.00±0.12^{abA}	8.95±0.15^{aA}
$CaCl_2$ 0% 2 min	8.40±0.23^{aA}	8.90±0.34^{abA}	8.50±0.30^{aA}	8.70±0.45^{abA}	8.45±0.26^{aA}	8.30±0.13^{abA}	8.55±0.15^{bcdA}	8.65±0.28^{aA}
$CaCl_2$ 1% 2 min	7.80±0.20^{aB}	8.50±0.10^{bAB}	8.50±0.60^{aAB}	8.40±0.08^{abAB}	8.25±0.31^{aAB}	8.05±0.21^{abAB}	8.95±0.36^{abcA}	8.15±0.34^{aAB}
$CaCl_2$ 2% 2 min	7.30±0.47^{aB}	8.70±0.34^{bA}	8.55±0.28^{aA}	8.45±0.17^{abA}	8.50±0.50^{aA}	8.35±0.17^{abA}	8.50±0.06^{bcdA}	8.45±0.15^{aA}
$CaCl_2$ 3% 2 min	8.00±0.00^{aAB}	9.07±0.13^{abAB}	8.13±0.58^{aAB}	7.73±0.53^{bAB}	8.53±0.35^{aAB}	8.47±0.18^{abAB}	9.33±0.35^{aA}	8.53±0.37^{aB}
$CaCl_2$ 4% 2 min	7.45±0.41^{aB}	8.90±0.19^{abA}	8.60±0.35^{aA}	8.30±0.30^{bAB}	8.25±0.10^{aAB}	8.40±0.43^{abAB}	8.30±0.19^{cdAB}	8.55±0.38^{aA}
$CaCl_2$ 0% 4 min	8.00±0.82^{aAB}	9.10±0.30^{abA}	7.80±0.26^{aB}	8.15±0.15^{bAB}	8.20±0.12^{aAB}	8.30±0.19^{abAB}	8.65±0.10^{bcAB}	8.55±0.22^{aAB}
$CaCl_2$ 1% 4 min	7.50±0.30^{aC}	8.80±0.16^{abAB}	8.05±0.39^{aBC}	8.30±0.24^{bABC}	8.95±0.25^{aAB}	8.35±0.21^{abABC}	8.90±0.19^{abcAB}	9.00±0.42^{aA}
$CaCl_2$ 2% 4 min	7.60±0.00^{aA}	9.60±0.40^{aA}	7.20±0.40^{aA}	8.10±0.10^{bA}	8.00±0.00^{aA}	7.60±0.40^{bA}	8.00±0.00^{dA}	8.00±0.00^{aB}
$CaCl_2$ 3% 4 min	7.70±0.19^{aB}	9.00±0.26^{abA}	8.15±0.73^{aAB}	8.60±0.26^{abAB}	8.60±0.48^{aAB}	8.40±0.28^{abAB}	8.40±0.14^{bcdAB}	8.35±0.33^{aAB}
$CaCl_2$ 4% 4 min	8.50±0.91^{aA}	9.00±0.20^{abA}	7.80±0.18^{aA}	8.40±0.18^{abA}	8.60±0.38^{aA}	8.50±0.38^{abA}	8.50±0.10^{bcdA}	8.35±0.21^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใย

ปริมาณเส้นใยของข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา แต่ในพันธุ์แปซิฟิก 283 จะมีปริมาณเส้นใยลดลงอย่างชัดเจนกว่าในช่วงปลายของการเก็บรักษา ในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์พบชุดการทดลองที่มีปริมาณเส้นใยน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 6 9 12 15 18 และ 21 ของการเก็บรักษา โดยในวันที่ 3 6 9 12 15 และ 21 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% เป็นเวลา 4 นาที จะมีปริมาณเส้นใยน้อยที่สุดเท่ากับ 1.39 1.62 1.62 1.42 1.97 และ 1.93 ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ส่วนในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 พบชุดการทดลองที่มีปริมาณเส้นใยน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 0 3 6 9 12 15 และ 18 ของการเก็บรักษา โดยในวันที่ 3 และ 6 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% เป็นเวลา 4 นาที จะมีปริมาณเส้นใยน้อยที่สุดเท่ากับ 1.69 และ 1.33% ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Fiber content, %±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	1.99±0.22^{abcB}	2.41±0.33^{abAB}	2.84±0.17^{aA}	2.97±0.25^{aA}	2.78±0.14^{aA}	3.00±0.20^{aA}	2.54±0.09^{abcAB}	2.85±0.05^{aA}
$CaCl_2$ 0% 2 min	1.66±0.21^{bcC}	1.86±0.29^{abcBC}	2.03±0.03^{deABC}	2.41±0.05^{bcA}	2.19±0.19^{cAB}	2.54±0.13^{abcA}	2.19±0.06^{deAB}	2.44±0.12^{bcA}
$CaCl_2$ 1% 2 min	1.84±0.28^{abcC}	2.02±0.24^{abcBC}	2.31±0.07^{bcdABC}	2.36±0.10^{bcAB}	2.30±0.11^{bcABC}	2.64±0.13^{abA}	2.34±0.05^{bcdAB}	2.37±0.09^{cAB}
$CaCl_2$ 2% 2 min	2.17±0.06^{abA}	2.50±0.14^{aAB}	2.45±0.26^{bcAB}	2.73±0.22^{abA}	2.60±0.07^{abAB}	2.78±0.16^{abA}	2.69±0.06^{aA}	2.78±0.13^{aA}
$CaCl_2$ 3% 2 min	2.34±0.15^{aA}	2.37±0.24^{abA}	2.54±0.11^{abA}	2.67±0.12^{abA}	2.80±0.18^{aA}	2.80±0.16^{abA}	2.61±0.05^{abA}	2.68±0.01^{abA}
$CaCl_2$ 4% 2 min	1.97±0.17^{abcA}	2.28±0.16^{abAB}	2.37±0.05^{bcdAB}	2.37±0.18^{bcAB}	2.09±0.05^{cdAB}	2.48±0.16^{bcA}	2.38±0.13^{bcdAB}	2.28±0.08^{cdAB}
$CaCl_2$ 0% 4 min	1.67±0.22^{bcAB}	1.75±0.14^{bcAB}	1.90±0.08^{efAB}	2.01±0.25^{cdAB}	1.48±0.11^{eB}	1.98±0.19^{dAB}	1.94±0.12^{eAB}	2.06±0.10^{deA}
$CaCl_2$ 1% 4 min	2.00±0.09^{abcB}	2.13±0.16^{abAB}	2.27±0.11^{bcdeAB}	2.35±0.08^{bcAB}	2.00±0.10^{cdB}	2.40±0.14^{bcdA}	2.31±0.08^{cdAB}	2.40±0.09^{cA}
$CaCl_2$ 2% 4 min	1.40±0.19^{cB}	2.08±0.19^{abA}	2.16±0.04^{bcdeA}	2.17±0.15^{bcA}	2.06±0.11^{cdA}	2.43±0.15^{bcdA}	2.36±0.14^{bcdA}	2.39±0.07^{cA}
$CaCl_2$ 3% 4 min	1.49±0.13^{cD}	1.73±0.09^{bcCD}	2.08±0.14^{cdeABC}	2.00±0.17^{cdABC}	1.77±0.08^{deBCD}	2.15±0.10^{cdA}	2.11±0.11^{deAB}	2.15±0.10^{cdeA}
$CaCl_2$ 4% 4 min	1.38±0.26^{cB}	1.39±0.13^{cB}	1.62±0.10^{fAB}	1.62±0.21^{dAB}	1.42±0.18^{eB}	1.97±0.11^{dA}	2.01±0.05^{eA}	1.93±0.08^{eA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Fiber content, %±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	2.16±0.21^{aB}	2.51±0.06^{aAB}	2.62±0.06^{aAB}	2.73±0.11^{aAB}	2.64±0.14^{aAB}	2.83±0.14^{aA}	2.43±0.17^{aAB}	2.14±0.38^{aB}
$CaCl_2$ 0% 2 min	1.52±0.06^{bcdB}	1.86±0.10^{bcAB}	2.14±0.05^{bcA}	2.00±0.12^{bcAB}	2.15±0.08^{bcA}	2.26±0.07^{bcdA}	1.90±0.18^{abAB}	1.88±0.45^{aAB}
$CaCl_2$ 1% 2 min	1.61±0.08^{abcdB}	2.22±0.16^{abAB}	2.24±0.10^{abcA}	2.07±0.19^{bcAB}	2.10±0.06^{bcAB}	2.21±0.07^{bcdAB}	2.00±0.18^{abAB}	1.92±0.40^{aAB}
$CaCl_2$ 2% 2 min	2.04±0.17^{abcA}	2.47±0.10^{aA}	2.33±0.15^{abA}	2.37±0.15^{abA}	2.31±0.12^{bA}	2.51±0.10^{bA}	2.08±0.11^{abA}	1.98±0.42^{aA}
$CaCl_2$ 3% 2 min	1.92±0.37^{abcdA}	2.15±0.33^{abcA}	2.30±0.09^{abA}	2.32±0.12^{abA}	2.06±0.05^{bcA}	2.37±0.12^{bA}	2.11±0.19^{abA}	2.40±0.36^{aA}
$CaCl_2$ 4% 2 min	1.78±0.18^{abcdA}	2.03±0.19^{abcA}	1.90±0.11^{bcA}	1.93±0.11^{bcdA}	1.94±0.06^{cdA}	2.24±0.04^{bcdA}	1.98±0.19^{abA}	1.74±0.35^{aA}
$CaCl_2$ 0% 4 min	1.60±0.13^{abcdA}	1.83±0.09^{bcA}	1.83±0.13^{bcA}	1.43±0.19^{dA}	1.44±0.06^{fA}	1.66±0.04^{eA}	1.73±0.24^{bA}	1.64±0.40^{aA}
$CaCl_2$ 1% 4 min	2.10±0.12^{abA}	2.38±0.05^{aA}	2.43±0.20^{aA}	1.97±0.20^{bcA}	1.93±0.04^{cdA}	2.35±0.11^{bcA}	2.08±0.21^{abA}	1.93±0.38^{aA}
$CaCl_2$ 2% 4 min	1.57±0.17^{bcdAB}	2.05±0.18^{abcA}	1.91±0.57^{bcAB}	1.65±0.02^{cdAB}	1.76±0.10^{deAB}	2.32±0.00^{bcA}	1.76±0.02^{bAB}	2.44±0.00^{aB}
$CaCl_2$ 3% 4 min	1.40±0.23^{dAB}	1.76±0.10^{bcA}	1.76±0.13^{dA}	1.65±0.08^{cdAB}	1.53±0.07^{efAB}	1.96±0.10^{dA}	1.82±0.15^{abA}	1.36±0.31^{aB}
$CaCl_2$ 4% 4 min	1.45±0.07^{cdAB}	1.69±0.12^{cAB}	1.33±0.19^{dAB}	1.62±0.22^{cdAB}	1.60±0.16^{efAB}	2.03±0.18^{cdA}	1.79±0.18^{bAB}	1.32±0.47^{aB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 การหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการแช่ไคโตซานต่อการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283

4.2.1 การให้คะแนนลักษณะภายนอก

จากการทดลองพบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มของคะแนนลักษณะภายนอกลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่ไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างๆ และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 3 6 และ 9 วัน มีคะแนนลักษณะภายนอกอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในทุกชุดการทดลอง แต่ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 5 ppm เป็นเวลา 4 นาที มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับ ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา พบชุดการทดลองที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับคือ ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 5 และ 40 ppm เป็นเวลา 2 นาที และ 0 และ 40 ppm เป็นเวลา 4 นาที ส่วนในวันที่ 18 และ 21 ของการเก็บรักษา ไม่พบชุดการทดลองที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับเลย (ตารางที่ 11)

ในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 พบว่าการเก็บรักษาเป็นเวลา 0 และ 3 วัน มีคะแนนลักษณะภายนอกอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในทุกชุดการทดลอง แต่ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่ามีชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 40 ppm เป็นเวลา 2 นาที เท่านั้นที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์การยอมรับ ส่วนในวันที่ 9 12 15 18 และ 21 ของการเก็บรักษา ไม่พบชุดการทดลองที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับเลย (ตารางที่ 12)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 การให้คะแนนลักษณะภายนอกของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Overall appearance, score							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	5.00	4.00	3.75	3.25	3.00	2.00	1.25	1.00
Chi 0 ppm 2 min	5.00	4.00	4.00	3.75	3.25	2.50	1.50	1.00
Chi 5 ppm 2 min	5.00	4.00	4.00	4.00	3.75	3.00	1.50	1.00
Chi 10 ppm 2 min	5.00	4.00	4.00	4.00	3.50	2.50	2.00	1.00
Chi 20 ppm 2 min	5.00	4.00	4.00	3.50	3.00	2.50	1.75	1.75
Chi 40 ppm 2 min	5.00	4.00	4.00	4.00	3.50	3.25	2.00	1.75
Chi 0 ppm 4 min	5.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.75	2.75	1.50
Chi 5 ppm 4 min	5.00	4.00	4.00	3.75	2.25	1.25	0.75	0.50
Chi 10 ppm 4 min	5.00	4.00	4.00	3.75	3.25	1.50	0.75	0.50
Chi 20 ppm 4 min	5.00	4.00	4.00	4.00	3.75	2.50	1.75	1.00
Chi 40 ppm 4 min	5.00	4.00	4.00	4.00	3.50	3.00	2.50	1.00

ตารางที่ 12 การให้คะแนนลักษณะภายนอกของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่ในสารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Overall appearance, score							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	5.00	4.00	2.25	2.00	2.00	1.75	1.25	0.75
Chi 0 ppm 2 min	5.00	4.00	2.25	2.00	1.75	1.75	1.25	1.00
Chi 5 ppm 2 min	5.00	4.00	2.25	2.00	2.00	1.75	1.25	1.00
Chi 10 ppm 2 min	5.00	4.00	2.25	2.00	2.00	2.00	1.00	0.25
Chi 20 ppm 2 min	5.00	4.00	2.25	2.00	2.00	1.75	1.25	0.50
Chi 40 ppm 2 min	5.00	4.00	3.00	2.75	2.00	2.00	1.75	1.50
Chi 0 ppm 4 min	5.00	4.25	2.50	2.00	2.00	2.00	1.25	1.00
Chi 5 ppm 4 min	5.00	4.00	2.25	2.00	2.00	2.00	1.25	1.00
Chi 10 ppm 4 min	5.00	4.00	2.50	2.00	2.00	2.00	1.25	1.00
Chi 20 ppm 4 min	5.00	4.00	2.75	2.00	2.00	1.50	1.25	0.50
Chi 40 ppm 4 min	5.00	4.25	2.75	2.00	1.75	1.75	1.50	1.00

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสด

ข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มของการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์พบความแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา โดยชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 0 ppm เป็นเวลา 2 และ 4 นาที ซึ่งคือการแช่น้ำ มีร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดเท่ากับ 1.68 และ 1.67 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 13)

ส่วนข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 14)

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อในข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์ค่อนข้างคงที่ ในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์พบชุดการทดลองที่มีความแน่นเนื้อมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 6 และ 15 ของการเก็บรักษา ดังนี้ วันที่ 3 ของการเก็บรักษาคือ ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 0 10 และ 40 ppm เป็นเวลา 2 นาที และ 0 5 และ 10 ppm เป็นเวลา 4 นาที วันที่ 6 ของการเก็บรักษาคือ ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 5 และ 40 ppm เป็นเวลา 2 นาที และ 5 10 และ 40 ppm เป็นเวลา 4 นาที ส่วนวันที่ 15 ของการเก็บรักษาคือ ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 5 ppm เป็นเวลา 4 นาที โดยวันที่ 6 และ 15 ของการเก็บรักษาพบว่า ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 5 ppm เป็นเวลา 4 นาที มีความแน่นเนื้อมากที่สุด เท่ากับ 7.83 และ 7.76 นิวตัน ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

ส่วนข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 พบว่าในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซาน 10 ppm เป็นเวลา 4 นาที มีความแน่นเนื้อน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 16)

4.2.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ปริมาณ TSS ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และลดต่ำลงที่สุดในวันที่ 18 จากนั้นจะเพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา พบชุดการทดลองที่มีปริมาณ TSS น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 0 3 15 18 และ 21 ของการเก็บรักษา ดังนี้ วันที่ 0 ของการเก็บรักษาคือ ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 10 และ 20 ppm เป็นเวลา 2 นาที วันที่ 3 ของการเก็บรักษาคือ ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 40 ppm เป็นเวลา 2

นาที และ 0 5 10 20 และ 40 ppm เป็นเวลา 4 นาที วันที่ 15 ของการเก็บรักษาคือ ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 0 5 10 และ 20 ppm เป็นเวลา 2 นาที วันที่ 18 ของการเก็บรักษาคือ ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 10 และ 40 ppm เป็นเวลา 2 นาที และ 0 5 และ 10 ppm เป็นเวลา 4 นาที ส่วนในวันที่ 21 ของการเก็บรักษาคือ ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 10 20 และ 40 ppm เป็นเวลา 2 นาที (ตารางที่ 17)

ส่วนปริมาณ TSS ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 มีแนวโน้มลดลง และพบว่าในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 0 ppm เป็นเวลา 2 และ 4 นาที มีปริมาณ TSS น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 20 ppm เป็นเวลา 2 นาที และ 0 ppm เป็นเวลา 4 นาที มีปริมาณ TSS น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน (ตารางที่ 18)

4.2.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใย

ในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์พบชุดการทดลองที่มีปริมาณเส้นใยน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในทุกวันที่เก็บรักษา โดยวันที่ 6 9 15 และ 21 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 40 ppm เป็นเวลา 4 นาที มีปริมาณเส้นใยน้อยที่สุด (ตารางที่ 19)

ส่วนข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 พบชุดการทดลองที่มีปริมาณเส้นใยน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 6 9 12 15 18 และ 21 ของการเก็บรักษา โดยในวันที่ 6 และ 9 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 40 ppm เป็นเวลา 2 นาที มีปริมาณเส้นใยน้อยที่สุด ส่วนวันที่ 3 15 และ 18 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 40 ppm เป็นเวลา 4 นาที มีปริมาณเส้นใยน้อยที่สุด (ตารางที่ 20)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 13 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Fresh weight loss, %±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	0.00±0.00^{aF}	0.48±0.13^{aEF}	0.89±0.21^{aDE}	1.35±0.29^{abCD}	1.68±0.26^{abBC}	1.79±0.26^{aBCb}	2.03±0.18^{abcAB}	2.57±0.23^{abA}
Chi 0 ppm 2 min	0.00±0.00^{aF}	0.55±0.05^{aE}	0.72±0.06^{aE}	1.25±0.09^{abD}	1.52±0.11^{abC}	1.68±0.11^{bC}	1.94±0.10^{bcB}	2.25±0.09^{bA}
Chi 5 ppm 2 min	0.00±0.00^{aF}	0.53±0.08^{aE}	0.86±0.11^{aE}	1.27±0.15^{abD}	1.43±0.16^{bCD}	1.74±0.12^{abBC}	1.98±0.08^{abcB}	2.36±0.14^{abA}
Chi 10 ppm 2 min	0.00±0.00^{aG}	0.54±0.07^{aF}	1.01±0.10^{aE}	1.23±0.07^{abDE}	1.57±0.10^{abCD}	1.81±0.15^{abBC}	2.01±0.15^{abcB}	2.53±0.18^{abA}
Chi 20 ppm 2 min	0.00±0.00^{aF}	0.50±0.08^{aE}	0.72±0.06^{aE}	1.06±0.16^{bD}	1.39±0.10^{bC}	1.71±0.08^{abB}	1.89±0.04^{cB}	2.37±0.15^{abA}
Chi 40 ppm 2 min	0.00±0.00^{aE}	0.58±0.04^{aD}	0.81±0.06^{aD}	1.33±0.14^{abC}	1.73±0.16^{abB}	1.83±0.13^{abB}	2.14±0.12^{abcB}	2.74±0.24^{abA}
Chi 0 ppm 4 min	0.00±0.00^{aG}	0.45±0.08^{aF}	0.76±0.05^{aE}	1.19±0.14^{abD}	1.38±0.08^{bCD}	1.67±0.06^{bC}	1.96±0.08^{bcB}	2.48±0.19^{abA}
Chi 5 ppm 4 min	0.00±0.00^{aG}	0.53±0.08^{aF}	0.95±0.11^{aE}	1.48±0.11^{abD}	1.76±0.11^{abCD}	1.92±0.11^{abC}	2.23±0.11^{abcB}	2.85±0.15^{aA}
Chi 10 ppm 4 min	0.00±0.00^{aG}	0.63±0.05^{aF}	1.04±0.10^{aE}	1.45±0.15^{abD}	1.79±0.13^{abC}	2.04±0.14^{abBC}	2.32±0.06^{abB}	2.75±0.11^{abA}
Chi 20 ppm 4 min	0.00±0.00^{aE}	0.66±0.07^{aD}	1.04±0.13^{aD}	1.66±0.18^{aC}	1.97±0.21^{aBC}	2.19±0.21^{aB}	2.39±0.19^{aB}	2.89±0.18^{aA}
Chi 40 ppm 4 min	0.00±0.00^{aF}	0.57±0.15^{aE}	0.85±0.08^{aE}	1.29±0.11^{abD}	1.68±0.07^{abC}	1.87±0.13^{abBC}	2.09±0.16^{abcB}	2.69±0.10^{abA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Fresh weight loss, %±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	0.00±0.00^{aF}	0.41±0.08^{abEF}	0.81±0.16^{abDE}	1.25±0.13^{aCD}	1.67±0.19^{aC}	2.33±0.29^{aB}	2.49±0.20^{aAB}	2.96±0.28^{aA}
Chi 0 ppm 2 min	0.00±0.00^{aF}	0.35±0.08^{bEF}	0.63±0.06^{bDE}	1.11±0.15^{aCD}	1.50±0.12^{aC}	2.38±0.20^{aB}	2.69±0.23^{aB}	3.22±0.29^{aA}
Chi 5 ppm 2 min	0.00±0.00^{aF}	0.42±0.03^{abEF}	0.90±0.05^{abDE}	1.22±0.06^{aD}	1.77±0.11^{aC}	2.58±0.27^{aB}	2.85±0.23^{aB}	3.47±0.29^{aA}
Chi 10 ppm 2 min	0.00±0.00^{aG}	0.44±0.09^{abF}	0.86±0.11^{abE}	1.21±0.15^{aD}	1.58±0.08^{aC}	2.23±0.06^{aB}	2.47±0.05^{aB}	3.10±0.09^{aA}
Chi 20 ppm 2 min	0.00±0.00^{aF}	0.38±0.01^{abEF}	0.83±0.07^{abDE}	1.23±0.15^{aD}	1.75±0.18^{aC}	2.36±0.23^{aB}	2.65±0.19^{aB}	3.17±0.26^{aA}
Chi 40 ppm 2 min	0.00±0.00^{aG}	0.58±0.05^{abF}	0.79±0.07^{abEF}	1.11±0.08^{aE}	1.51±0.06^{aD}	2.23±0.11^{aC}	2.67±0.13^{aB}	3.26±0.23^{aA}
Chi 0 ppm 4 min	0.00±0.00^{aG}	0.45±0.04^{abF}	0.84±0.04^{abE}	1.33±0.10^{aD}	1.62±0.06^{aC}	2.46±0.07^{aB}	2.63±0.10^{aB}	3.15±0.14^{aA}
Chi 5 ppm 4 min	0.00±0.00^{aF}	0.52±0.09^{abEF}	0.86±0.17^{abDE}	1.26±0.21^{aCD}	1.63±0.19^{aC}	2.26±0.25^{aB}	2.57±0.27^{aAB}	3.06±0.28^{aA}
Chi 10 ppm 4 min	0.00±0.00^{aF}	0.47±0.06^{abE}	0.73±0.05^{abE}	1.17±0.03^{aD}	1.54±0.07^{aC}	2.39±0.13^{aB}	2.55±0.14^{aB}	3.19±0.20^{aA}
Chi 20 ppm 4 min	0.00±0.00^{aF}	0.59±0.07^{aE}	1.01±0.10^{aD}	1.26±0.06^{aD}	1.71±0.15^{aC}	2.60±0.14^{aB}	2.88±0.12^{aB}	3.55±0.19^{aA}
Chi 40 ppm 4 min	0.00±0.00^{aG}	0.48±0.07^{abF}	0.86±0.03^{abE}	1.28±0.09^{aD}	1.76±0.15^{aC}	2.50±0.20^{aB}	2.75±0.12^{aB}	3.48±0.17^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 15 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Firmness, Newton (N)±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	6.93±0.24^{abB}	6.73±0.08^{cB}	6.91±0.05^{bB}	6.98±0.42^{aB}	7.23±0.33^{aAB}	7.18±0.34^{bAB}	7.54±0.22^{aAB}	7.85±0.11^{aA}
Chi 0 ppm 2 min	7.24±0.24^{abA}	7.41±0.16^{abA}	7.40±0.18^{abA}	7.17±0.49^{aA}	7.11±0.41^{aA}	7.58±0.08^{abA}	7.59±0.17^{aA}	7.76±0.03^{aA}
Chi 5 ppm 2 min	7.45±0.14^{aAB}	7.15±0.18^{bcB}	7.65±0.12^{aA}	7.43±0.09^{aAB}	7.62±0.06^{aA}	7.51±0.16^{abAB}	7.54±0.16^{aAB}	7.55±0.14^{aAB}
Chi 10 ppm 2 min	7.20±0.23^{abA}	7.67±0.13^{aA}	7.43±0.20^{abA}	7.57±0.19^{aA}	7.62±0.22^{aA}	7.60±0.16^{abA}	7.44±0.21^{aA}	7.18±0.60^{aA}
Chi 20 ppm 2 min	7.22±0.23^{abA}	7.13±0.06^{bcA}	7.33±0.16^{abA}	7.11±0.28^{aA}	7.35±0.13^{aA}	7.35±0.25^{abA}	7.46±0.20^{aA}	7.59±0.27^{aA}
Chi 40 ppm 2 min	6.55±0.40^{bB}	7.35±0.13^{abA}	7.59±0.11^{aA}	7.24±0.32^{aA}	7.43±0.12^{aA}	7.49±0.09^{abA}	7.43±0.14^{aA}	7.92±0.12^{aA}
Chi 0 ppm 4 min	7.24±0.19^{abA}	7.30±0.10^{abA}	7.20±0.48^{abA}	7.28±0.14^{aA}	7.59±0.10^{aA}	7.65±0.17^{abA}	7.33±0.15^{aA}	7.70±0.07^{aA}
Chi 5 ppm 4 min	7.42±0.15^{aA}	7.55±0.07^{abA}	7.83±0.09^{aA}	7.48±0.09^{aA}	7.58±0.15^{aA}	7.76±0.05^{aA}	7.42±0.14^{aA}	7.46±0.23^{aA}
Chi 10 ppm 4 min	7.24±0.27^{abA}	7.24±0.10^{abA}	7.64±0.11^{aA}	7.44±0.06^{aA}	7.27±0.20^{aA}	7.34±0.11^{abA}	7.43±0.12^{aA}	7.67±0.06^{aA}
Chi 20 ppm 4 min	7.18±0.21^{abA}	7.22±0.28^{abcA}	7.27±0.08^{abA}	7.44±0.18^{aA}	7.38±0.27^{aA}	7.68±0.07^{abA}	7.58±0.15^{aA}	7.74±0.05^{aA}
Chi 40 ppm 4 min	6.92±0.19^{abB}	7.20±0.24^{abcAB}	7.54±0.08^{aAB}	7.44±0.17^{aA}	7.62±0.17^{aA}	7.54±0.14^{abA}	7.72±0.12^{aA}	7.47±0.19^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 16 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Firmness, Newton (N)±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	7.32±0.12^{aA}	7.15±0.25^{aA}	7.49±0.04^{aA}	7.55±0.14^{aA}	7.22±0.27^{aA}	7.42±0.20^{abA}	7.45±0.09^{aA}	7.49±0.05^{aA}
Chi 0 ppm 2 min	6.80±0.22^{aB}	7.36±0.14^{aA}	7.56±0.10^{aA}	7.40±0.09^{abA}	7.25±0.11^{aA}	7.58±0.08^{abA}	7.29±0.12^{aA}	7.46±0.11^{aA}
Chi 5 ppm 2 min	7.14±0.19^{aA}	7.19±0.18^{aA}	7.31±0.22^{aA}	7.35±0.15^{abA}	7.63±0.17^{aA}	7.67±0.11^{abA}	7.21±0.13^{aA}	7.49±0.08^{aA}
Chi 10 ppm 2 min	7.35±0.06^{aA}	7.14±0.32^{aA}	7.61±0.06^{aA}	7.58±0.13^{aA}	7.50±0.16^{aA}	7.58±0.10^{abA}	7.54±0.19^{aA}	7.38±0.19^{aA}
Chi 20 ppm 2 min	6.86±0.19^{aA}	7.27±0.36^{aA}	7.13±0.51^{aA}	7.47±0.18^{abA}	7.37±0.17^{aA}	7.50±0.12^{abA}	7.48±0.11^{aA}	7.26±0.16^{aA}
Chi 40 ppm 2 min	7.25±0.20^{aA}	7.07±0.33^{aA}	7.07±0.34^{aA}	7.27±0.05^{abA}	7.12±0.23^{aA}	7.58±0.12^{abA}	7.32±0.06^{aA}	7.42±0.23^{aA}
Chi 0 ppm 4 min	7.41±0.19^{aA}	7.28±0.20^{aA}	7.66±0.08^{aA}	7.36±0.13^{abA}	7.53±0.18^{aA}	7.71±0.05^{abA}	7.39±0.20^{aA}	7.22±0.09^{aA}
Chi 5 ppm 4 min	7.25±0.17^{aB}	7.73±0.11^{aA}	7.69±0.15^{aAB}	7.49±0.18^{abAB}	7.52±0.11^{aAB}	7.81±0.11^{aA}	7.49±0.12^{aAB}	7.47±0.14^{aAB}
Chi 10 ppm 4 min	7.22±0.22^{aA}	7.27±0.18^{aA}	7.58±0.11^{aA}	7.09±0.11^{bA}	7.44±0.14^{aA}	7.36±0.18^{bA}	7.28±0.11^{aA}	7.36±0.10^{aA}
Chi 20 ppm 4 min	7.35±0.14^{aAB}	7.22±0.24^{aAB}	7.57±0.22^{aAB}	7.43±0.12^{abAB}	7.60±0.04^{aAB}	7.75±0.14^{abA}	7.14±0.11^{aB}	7.49±0.26^{aAB}
Chi 40 ppm 4 min	7.15±0.22^{aB}	7.22±0.13^{aAB}	7.32±0.21^{aAB}	7.54±0.04^{aAB}	7.54±0.08^{aAB}	7.51±0.11^{abAB}	7.36±0.14^{aAB}	7.63±0.12^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Total soluble solids (TSS), °Brix±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	8.25±0.22^{aAB}	8.75±0.17^{aAB}	8.95±0.41^{aA}	8.65±0.25^{abAB}	8.90±0.34^{aA}	8.00±0.22^{aABC}	7.30±0.10^{aC}	7.85±0.47^{abBC}
Chi 0 ppm 2 min	7.90±0.26^{abAB}	8.25±0.15^{abA}	8.45±0.33^{aA}	8.85±0.21^{aA}	8.50±0.38^{aA}	6.95±0.15^{cBC}	6.65±0.53^{abC}	8.10±0.53^{aA}
Chi 5 ppm 2 min	7.60±0.28^{abAB}	8.30±0.19^{abA}	8.05±0.29^{aA}	8.20±0.42^{abA}	8.45±0.29^{aA}	6.85±0.22^{cB}	6.85±0.52^{abB}	6.90±0.17^{bcB}
Chi 10 ppm 2 min	7.40±0.26^{bB}	8.20±0.12^{abcA}	8.35±0.39^{aA}	8.50±0.25^{abA}	8.40±0.28^{aA}	7.05±0.10^{bcBC}	6.15±0.36^{bD}	6.60±0.12^{cCD}
Chi 20 ppm 2 min	7.45±0.10^{bB}	8.35±0.13^{abA}	8.30±0.17^{aA}	8.55±0.25^{abA}	8.25±0.43^{aA}	7.50±0.10^{abcB}	6.45±0.17^{abC}	6.75±0.39^{cBC}
Chi 40 ppm 2 min	7.60±0.14^{abB}	8.00±0.16^{bcAB}	9.05±0.81^{aA}	8.25±0.15^{abAB}	8.35±0.17^{aAB}	7.55±0.26^{abcB}	6.05±0.13^{bC}	6.55±0.32^{cC}
Chi 0 ppm 4 min	8.00±0.16^{abC}	8.20±0.20^{abcBC}	8.95±0.43^{aA}	8.85±0.24^{aAB}	8.30±0.19^{aABC}	7.30±0.25^{abcD}	6.35±0.05^{bE}	6.90±0.13^{bcDE}
Chi 5 ppm 4 min	8.05±0.05^{abA}	7.80±0.20^{bcA}	8.30±0.60^{aA}	8.10±0.10^{abA}	8.40±0.22^{aA}	7.75±0.19^{abA}	6.00±0.16^{bB}	7.45±0.51^{abcA}
Chi 10 ppm 4 min	7.70±0.19^{abB}	7.65±0.25^{cB}	8.05±0.35^{aAB}	8.20±0.20^{abAB}	8.50±0.19^{aA}	7.55±0.33^{abcBC}	6.20±0.18^{bD}	6.90±0.10^{bcC}
Chi 20 ppm 4 min	7.85±0.17^{abABC}	8.10±0.10^{bcAB}	8.25±0.32^{aA}	8.30±0.26^{abA}	8.50±0.17^{aA}	7.40±0.26^{abcBCD}	6.70±0.19^{abD}	7.15±0.31^{abcCD}
Chi 40 ppm 4 min	7.65±0.24^{abABC}	8.15±0.15^{bcAB}	8.30±0.30^{aA}	8.00±0.16^{bAB}	8.10±0.10^{aAB}	7.55±0.26^{abcBC}	6.60±0.24^{abD}	7.20±0.16^{abcCD}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Total soluble solids (TSS), °Brix±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	7.95±0.26^{aABC}	8.60±0.62^{aA}	8.40±0.16^{aAB}	7.70±0.19^{aABC}	7.85±0.15^{aABC}	7.45±0.10^{abBCD}	7.15±0.19^{abCD}	6.75±0.33^{aD}
Chi 0 ppm 2 min	7.60±0.37^{aAB}	7.45±0.15^{bAB}	7.80±0.12^{abA}	7.50±0.25^{aAB}	7.35±0.17^{aAB}	7.45±0.25^{abAB}	7.60±0.63^{aAB}	6.60±0.12^{aB}
Chi 5 ppm 2 min	7.50±0.19^{aAB}	7.60±0.28^{abAB}	7.75±0.15^{abA}	7.60±0.27^{aAB}	7.20±0.16^{aAB}	7.00±0.32^{bB}	7.00±0.14^{abB}	6.10±0.10^{aC}
Chi 10 ppm 2 min	8.15±0.15^{aA}	7.90±0.10^{abAB}	8.05±0.21^{abA}	7.40±0.14^{aB}	7.80±0.34^{aAB}	7.70±0.19^{abAB}	6.55±0.10^{bC}	6.85±0.05^{aC}
Chi 20 ppm 2 min	7.95±0.10^{aA}	7.90±0.17^{abA}	7.60±0.23^{bAB}	7.25±0.05^{aABC}	7.75±0.32^{aAB}	7.15±0.24^{abABC}	6.95±0.45^{abBC}	6.50±0.34^{aC}
Chi 40 ppm 2 min	8.00±0.08^{aA}	7.65±0.24^{abABC}	7.80±0.20^{abAB}	7.30±0.06^{aBCD}	7.25±0.17^{aBCD}	7.20±0.16^{abCD}	7.00±0.14^{abD}	6.75±0.29^{aD}
Chi 0 ppm 4 min	7.80±0.22^{aA}	7.40±0.26^{bAB}	7.65±0.33^{bAB}	7.10±0.38^{aABC}	7.25±0.29^{aAB}	7.10±0.10^{abABC}	6.90±0.19^{abBC}	6.30±0.30^{aC}
Chi 5 ppm 4 min	7.65±0.29^{aABC}	7.75±0.22^{abAB}	7.95±0.33^{abA}	7.45±0.28^{aABC}	7.60±0.23^{aABC}	7.40±0.48^{abABC}	6.80±0.08^{abC}	6.85±0.13^{aBC}
Chi 10 ppm 4 min	7.75±0.36^{aA}	7.65±0.25^{abAB}	7.70±0.19^{abA}	7.10±0.34^{aAB}	7.55±0.24^{aAB}	7.50±0.40^{abAB}	6.85±0.25^{abAB}	6.75±0.17^{aB}
Chi 20 ppm 4 min	7.60±0.23^{aA}	7.85±0.38^{abA}	7.85±0.10^{abA}	7.20±0.24^{aAB}	7.35±0.19^{aAB}	8.00±0.41^{aA}	6.30±0.19^{bC}	6.55±0.26^{aBC}
Chi 40 ppm 4 min	7.75±0.43^{aA}	8.00±0.29^{abA}	8.25±0.15^{abA}	7.45±0.25^{aAB}	7.95±0.31^{aA}	6.90±0.10^{bB}	7.75±0.30^{aA}	6.65±0.15^{aB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Fiber content, %±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	2.84±0.13^{aA}	2.35±0.09^{abB}	2.45±0.07^{aB}	2.26±0.15^{aB}	2.26±0.10^{aB}	2.33±0.07^{aB}	2.44±0.04^{aB}	2.35±0.07^{aB}
Chi 0 ppm 2 min	2.66±0.14^{abA}	2.25±0.09^{abcB}	2.03±0.06^{abBC}	2.02±0.06^{abBC}	2.05±0.02^{bcdBC}	1.91±0.11^{bcC}	2.18±0.03^{bB}	2.15±0.05^{bBC}
Chi 5 ppm 2 min	2.66±0.20^{abA}	2.18±0.06^{abcdB}	2.13±0.15^{abB}	2.06±0.12^{abB}	1.90±0.06^{cdeB}	1.92±0.06^{bcB}	2.06±0.07^{bcdB}	2.09±0.03^{bcB}
Chi 10 ppm 2 min	2.81±0.08^{aA}	2.47±0.08^{aB}	2.44±0.14^{aB}	2.16±0.07^{abBC}	2.18±0.08^{abBC}	2.16±0.13^{abBC}	2.21±0.12^{bBC}	2.12±0.02^{bcC}
Chi 20 ppm 2 min	2.83±0.16^{aA}	2.43±0.07^{aB}	2.22±0.06^{abB}	2.16±0.08^{abB}	2.20±0.05^{abB}	2.21±0.08^{abB}	2.16±0.08^{bcB}	2.15±0.16^{bcB}
Chi 40 ppm 2 min	2.29±0.22^{abA}	1.91±0.11^{dAB}	1.93±0.17^{bAB}	1.69±0.04^{cdB}	1.80±0.07^{eB}	1.87±0.17^{bcB}	1.82±0.04^{eB}	1.72±0.06^{defB}
Chi 0 ppm 4 min	2.22±0.16^{bAB}	2.01±0.14^{cdAB}	1.97±0.15^{bA}	1.66±0.21^{cdB}	1.86±0.05^{deAB}	1.88±0.17^{bcAB}	1.77±0.12^{eB}	1.69±0.07^{efB}
Chi 5 ppm 4 min	2.66±0.11^{abA}	2.44±0.08^{aAB}	2.21±0.14^{abBC}	1.95±0.06^{abcC}	2.09±0.06^{abcC}	2.10±0.07^{abcC}	1.97±0.01^{cdeC}	2.06±0.04^{bcC}
Chi 10 ppm 4 min	2.51±0.19^{abA}	2.23±0.10^{abcAB}	1.97±0.17^{bB}	1.91±0.10^{bcdB}	1.92±0.07^{cdeB}	1.97±0.07^{bcB}	1.90±0.07^{deB}	1.92±0.04^{cdB}
Chi 20 ppm 4 min	2.36±0.22^{abA}	2.09±0.12^{bcdAB}	1.96±0.19^{bBC}	1.68±0.07^{cdC}	1.83±0.08^{eBC}	1.90±0.08^{bcBC}	1.92±0.06^{deBC}	1.78±0.04^{deBC}
Chi 40 ppm 4 min	2.40±0.17^{abA}	2.06±0.11^{bcdB}	1.78±0.12^{bBC}	1.60±0.11^{dC}	1.81±0.04^{eBC}	1.81±0.10^{cBC}	1.82±0.04^{eBC}	1.54±0.04^{fC}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ

Treatment	Fiber content, %±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	2.62±0.16^{aAB}	2.87±0.27^{aA}	2.56±0.15^{aAB}	2.62±0.11^{aAB}	2.48±0.11^{aAB}	2.32±0.15^{aB}	2.37±0.13^{aAB}	2.45±0.05^{aAB}
Chi 0 ppm 2 min	2.51±0.19^{aAB}	2.63±0.13^{abcA}	2.43±0.12^{abABC}	2.33±0.03^{bcABC}	2.28±0.09^{abcdBC}	2.16±0.09^{abC}	2.31±0.05^{abABC}	2.31±0.03^{abABC}
Chi 5 ppm 2 min	2.51±0.12^{aAB}	2.63±0.16^{abcA}	2.41±0.06^{abABC}	2.33±0.10^{bcABC}	2.43±0.14^{abABC}	2.15±0.10^{abcC}	2.20±0.04^{abcBC}	2.17±0.06^{bcdC}
Chi 10 ppm 2 min	5.62±0.06^{aAB}	2.70±0.16^{abA}	2.50±0.05^{aABC}	2.42±0.06^{abBCD}	2.36±0.11^{abcBCD}	2.20±0.07^{abD}	2.24±0.10^{abcCD}	2.24±0.04^{bCD}
Chi 20 ppm 2 min	2.61±0.13^{aA}	2.72±0.17^{abA}	2.52±0.09^{aAB}	2.23±0.09^{bcBC}	2.17±0.06^{bcdeC}	2.22±0.09^{abBC}	2.24±0.09^{abcBC}	2.21±0.06^{bcBC}
Chi 40 ppm 2 min	2.42±0.08^{aA}	2.27±0.06^{bcAB}	2.05±0.05^{cCD}	2.16±0.07^{cBC}	2.08±0.03^{deC}	1.87±0.06^{cdD}	2.05±0.05^{bcCD}	2.01±0.08^{cdCD}
Chi 0 ppm 4 min	2.22±0.04^{aAB}	2.34±0.09^{bcA}	2.19±0.06^{bcAB}	2.19±0.06^{bcAB}	2.07±0.06^{deBC}	1.87±0.10^{cdC}	2.02±0.10^{cBC}	2.11±0.04^{bcdAB}
Chi 5 ppm 4 min	2.64±0.10^{aA}	2.34±0.03^{bcB}	2.28±0.09^{abcB}	2.25±0.04^{bcB}	2.22±0.04^{abcdeBC}	2.01±0.05^{bcC}	2.12±0.05^{abcBC}	2.21±0.11^{bcBC}
Chi 10 ppm 4 min	2.71±0.19^{aA}	2.33±0.07^{bcB}	2.29±0.08^{abcB}	2.23±0.06^{bcBC}	2.08±0.12^{deBC}	1.94±0.09^{bcdC}	2.07±0.07^{bcBC}	2.01±0.03^{cdBC}
Chi 20 ppm 4 min	2.62±0.17^{aA}	2.34±0.06^{bcB}	2.19±0.09^{bcBC}	2.18±0.09^{bcBC}	1.95±0.06^{eC}	2.06±0.05^{abcBC}	2.00±0.12^{cC}	2.00±0.02^{dC}
Chi 40 ppm 4 min	2.25±0.26^{aA}	2.24±0.12^{cA}	2.16±0.12^{bcA}	2.20±0.07^{bcA}	2.13±0.06^{cdeA}	1.71±0.05^{dB}	1.98±0.09^{cAB}	2.01±0.09^{cdAB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การศึกษาผลของการใช้แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานร่วมกันต่อการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283

4.3.1 การให้คะแนนลักษณะภายนอก

จากการทดลองพบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มของคะแนนลักษณะภายนอกลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 3 และ 6 วัน มีคะแนนลักษณะภายนอกอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในทุกชุดการทดลอง และในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลองมีคะแนนผ่านเกณฑ์การยอมรับ ยกเว้นชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 40 ppm ส่วนในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ไม่พบชุดการทดลองใดที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับเลย (ตารางที่ 21)

ส่วนข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 3 6 และ 9 วัน มีคะแนนลักษณะภายนอกอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในทุกชุดการทดลอง และในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา มีเพียงชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 และ 40 ppm ที่มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา พบว่าชุดการทดลองที่ยอมรับได้คือ ชุดการทดลองที่แช่น้ำ และชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 40 ppm ส่วนในวันที่ 18 และ 21 ของการเก็บรักษา ไม่พบชุดการทดลองใดที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับเลย (ตารางที่ 22)

4.3.2 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสด

ข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มของการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น (รูปที่ 1 และ 2) ในวันที่ 3 9 12 15 และ 21 ของการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์พบว่า ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% มีร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด และแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 23)

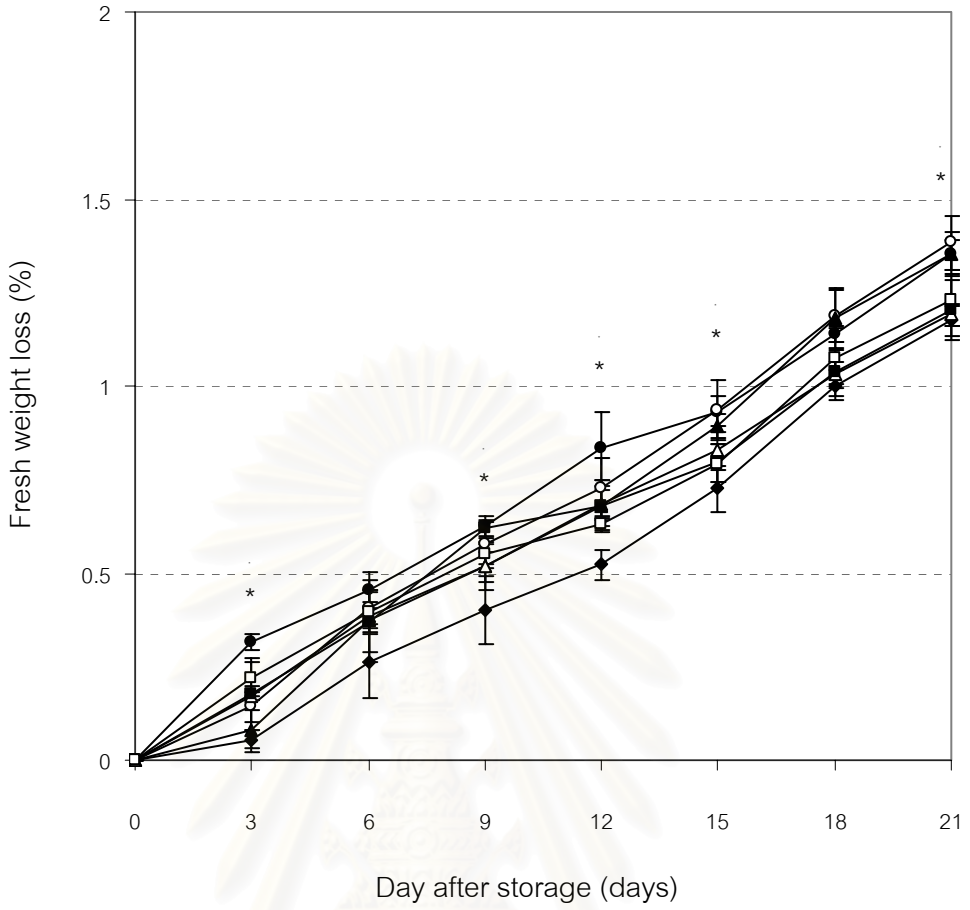
ส่วนในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 พบว่าในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่น้ำ มีร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 21 การให้คะแนนลักษณะภายนอกของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Overall appearance, score							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	5.00	4.00	4.00	3.75	3.25	3.00	3.00	1.75
water	5.00	4.00	4.00	3.75	3.00	2.75	2.00	1.25
$CaCl_2$ 4%	5.00	4.00	3.75	3.00	2.00	2.00	1.25	0.50
Chi 5 ppm	5.00	4.00	4.00	3.50	2.25	1.50	1.00	0.75
Chi 40 ppm	5.00	4.00	4.00	3.75	2.50	2.25	1.75	1.00
$CaCl_2$ 4%+Chi 5 ppm	5.00	4.00	3.75	3.00	1.50	1.25	0.50	0.00
$CaCl_2$ 4%+Chi 40 ppm	5.00	4.00	3.75	2.00	1.50	1.00	0.50	0.00

ตารางที่ 22 การให้คะแนนลักษณะภายนอกของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Overall appearance, score							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	5.00	4.00	4.00	3.75	3.25	2.75	2.50	2.00
water	5.00	4.00	4.00	4.00	3.25	3.00	2.75	1.75
$CaCl_2$ 4%	5.00	4.00	4.00	4.00	3.25	2.25	2.25	1.50
Chi 5 ppm	5.00	4.00	4.00	4.00	3.25	2.75	2.50	2.25
Chi 40 ppm	5.00	4.00	4.00	4.00	3.25	3.00	2.50	2.00
$CaCl_2$ 4%+Chi 5 ppm	5.00	4.00	4.00	4.00	2.25	1.50	1.75	1.00
$CaCl_2$ 4%+Chi 40 ppm	5.00	4.00	4.00	4.00	2.50	2.50	2.00	2.00



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

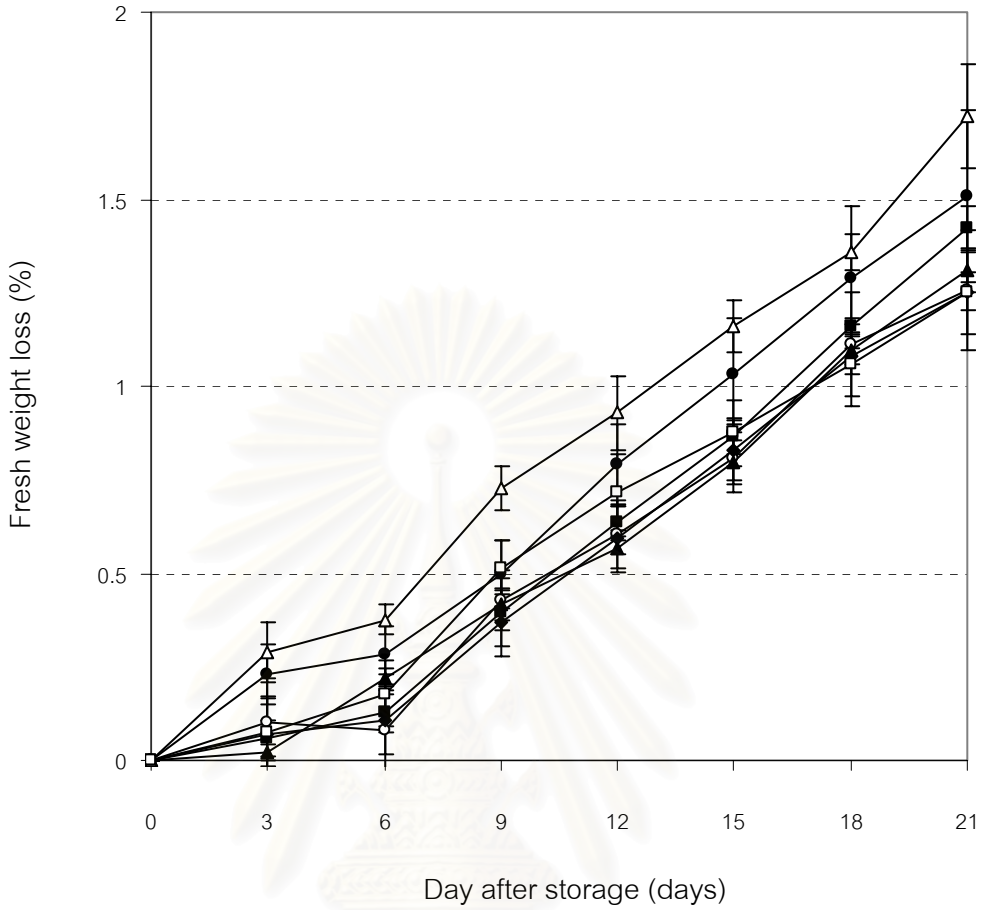
ตารางที่ 23 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Fresh weight loss, %±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	0.00±0.00^{aF}	0.31±0.02^{aE}	0.45±0.05^{aD}	0.62±0.03^{aD}	0.83±0.10^{aC}	0.93±0.04^{aC}	1.14±0.02^{aB}	1.35±0.04^{abA}
water	0.00±0.00^{aE}	0.14±0.04^{bcDE}	0.41±0.05^{aD}	0.58±0.06^{aC}	0.73±0.08^{abBC}	0.93±0.08^{aB}	1.19±0.07^{aA}	1.38±0.07^{aA}
$CaCl_2$4%	0.00±0.00^{aE}	0.05±0.03^{cE}	0.26±0.10^{aDE}	0.40±0.09^{bCD}	0.52±0.04^{bBC}	0.73±0.06^{bB}	1.00±0.04^{aA}	1.18±0.04^{bA}
Chi 5 ppm	0.00±0.00^{aF}	0.08±0.05^{bcF}	0.37±0.11^{aE}	0.52±0.06^{abD}	0.68±0.07^{abD}	0.89±0.03^{abC}	1.18±0.08^{aB}	1.35±0.06^{abA}
Chi 40 ppm	0.00±0.00^{aE}	0.17±0.09^{abcE}	0.38±0.04^{aD}	0.52±0.04^{abCD}	0.69±0.06^{abBC}	0.83±0.05^{abB}	1.03±0.03^{aA}	1.19±0.03^{bA}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	0.00±0.00^{aE}	0.18±0.02^{abcDE}	0.37±0.08^{aD}	0.62±0.02^{aC}	0.68±0.04^{abC}	0.80±0.05^{abBC}	1.03±0.06^{aAB}	1.20±0.08^{abA}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	0.00±0.00^{aD}	0.22±0.05^{cbC}	0.40±0.06^{aC}	0.55±0.03^{abB}	0.63±0.02^{abB}	0.79±0.05^{abB}	1.08±0.08^{aA}	1.23±0.07^{abA}

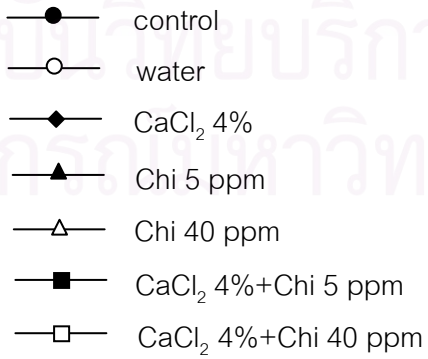
*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดในข้าวโพดฝักอ่อน
พันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 24 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Fresh weight loss, %±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	0.00±0.00^{aF}	0.23±0.08^{aEF}	0.28±0.08^{aEF}	0.50±0.09^{abDE}	0.79±0.11^{abCD}	1.03±0.15^{abBC}	1.29±0.19^{aAB}	1.51±0.23^{abA}
water	0.00±0.00^{aF}	0.10±0.12^{aEF}	0.08±0.15^{bF}	0.43±0.08^{bDE}	0.60±0.09^{bCD}	0.81±0.09^{bBC}	1.11±0.14^{aAB}	1.26±0.16^{bA}
$CaCl_2$4%	0.00±0.00^{aE}	0.07±0.10^{aE}	0.11±0.09^{abE}	0.37±0.09^{bD}	0.59±0.09^{bC}	0.83±0.08^{bB}	1.08±0.05^{aA}	1.25±0.05^{bA}
Chi 5 ppm	0.00±0.00^{aG}	0.02±0.02^{aG}	0.22±0.03^{abF}	0.42±0.04^{bE}	0.57±0.02^{bD}	0.80±0.06^{bC}	1.10±0.04^{aB}	1.31±0.06^{abA}
Chi 40 ppm	0.00±0.00^{aE}	0.29±0.08^{aD}	0.38±0.04^{aD}	0.73±0.06^{aC}	0.93±0.10^{aC}	1.16±0.07^{bB}	1.36±0.05^{aB}	1.72±0.14^{aA}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	0.00±0.00^{aF}	0.06±0.05^{aF}	0.13±0.05^{abF}	0.39±0.09^{bE}	0.64±0.04^{bD}	0.87±0.05^{bC}	1.16±0.02^{aB}	1.42±0.06^{abA}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	0.00±0.00^{aE}	0.08±0.09^{aE}	0.18±0.09^{abE}	0.52±0.07^{abD}	0.72±0.10^{abCD}	0.87±0.09^{bBC}	1.06±0.11^{aAB}	1.25±0.11^{bA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.3 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงกลางของการเก็บรักษา จากนั้นจะลดลง ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์พบว่า ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 40 ppm มีความแน่นเนื้อเท่ากับ 7.85 นิวตัน ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 25)

ส่วนในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ตลอดระยะเวลาเก็บรักษาไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมเลย (ตารางที่ 26)

4.3.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มของปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นในช่วงต้นของการเก็บรักษา จากนั้นจะเริ่มลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการเก็บรักษานาน 3 วัน พบว่าทุกชุดการทดลองมีปริมาณ TSS น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 40 ppm (ตารางที่ 27)

ส่วนข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 พบชุดการทดลองที่มีปริมาณ TSS น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 0 6 และ 15 ของการเก็บรักษา ดังนี้ วันที่ 0 ของการเก็บรักษาคือ ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 40 ppm มีปริมาณ TSS เท่ากับ 7.75 ^{o}Brix วันที่ 6 ของการเก็บรักษาคือ ชุดการทดลองที่แช่น้ำ มีปริมาณ TSS เท่ากับ 7.40 ^{o}Brix และในวันที่ 15 ของการเก็บรักษาคือ ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 5 ppm และชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm โดยมีปริมาณ TSS เท่ากับ 7.25 และ 7.35 ^{o}Brix ตามลำดับ (ตารางที่ 28)

4.3.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใย

ในวันที่ 3 9 18 และ 21 ของการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์พบว่าชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 40 ppm มีปริมาณเส้นใยน้อยที่สุด แม้จะไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 3 และตารางที่ 29)

ส่วนข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ในวันที่ 6 9 และ 12 ของการเก็บรักษา พบว่าชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 40 ppm มีปริมาณเส้นใยน้อยที่สุด และแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 40 ppm มีปริมาณเส้นใยน้อยที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4%

ร่วมกับไคโตซาน 40 ppm ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน (รูปที่ 4 และตารางที่ 30)

4.3.6 การวัดอัตราการหายใจโดยเครื่อง gas chromatography

อัตราการหายใจของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและค่อยๆ ลดลงในช่วงปลายของการเก็บรักษา ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 และ 40 ppm มีอัตราการหายใจมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนวันที่ 18 ของการเก็บรักษา พบว่าชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm มีอัตราการหายใจน้อยที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% โดยมีอัตราการหายใจเท่ากับ 157.93 และ 218.02 $mgCO_2/kg.hr$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับวันที่ 21 ของการเก็บรักษา พบชุดการทดลองที่มีอัตราการหายใจน้อยที่สุดคือ ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm โดยมีอัตราการหายใจเท่ากับ 124.17 และ 131.80 $mgCO_2/kg.hr$ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน (รูปที่ 5 และตารางที่ 31)

ส่วนอัตราการหายใจของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 จะเพิ่มสูงที่สุดในช่วงปลายของการเก็บรักษา พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 0 18 และ 21 ของการเก็บรักษา โดยวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 5 ppm มีอัตราการหายใจน้อยที่สุดและแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ วันที่ 18 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 5 และ 40 ppm และชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm มีอัตราการหายใจน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm มีอัตราการหายใจน้อยที่สุด เท่ากับ 197.30 $mgCO_2/kg.hr$ ส่วนวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm ก็มีอัตราการหายใจน้อยที่สุดเช่นกัน คือ 199.68 $mgCO_2/kg.hr$ และแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 6 และตารางที่ 32)

ตารางที่ 25 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Firmness, Newton (N)±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	7.40±0.25^{aA}	7.39±0.07^{aA}	7.34±0.11^{bA}	7.52±0.06^{aA}	7.42±0.11^{aA}	7.54±0.18^{aA}	7.46±0.12^{aA}	7.43±0.16^{aA}
water	7.39±0.10^{aAB}	7.66±0.12^{aA}	7.68±0.14^{abA}	7.57±0.10^{aAB}	7.27±0.12^{aABC}	7.17±0.02^{aBC}	6.90±0.27^{aC}	7.35±0.08^{aAB}
$CaCl_2$4%	7.47±.021^{aA}	7.54±0.11^{aA}	7.66±0.11^{abA}	7.70±0.10^{aA}	7.53±0.13^{aA}	7.34±0.21^{aAB}	7.12±0.25^{aAB}	6.88±0.26^{aB}
Chi 5 ppm	7.61±0.07^{aA}	7.59±0.10^{aA}	7.65±0.15^{abA}	7.49±0.12^{aAB}	7.41±0.25^{aAB}	7.02±0.23^{aABC}	6.72±0.26^{aC}	6.88±0.34^{aBC}
Chi 40 ppm	7.49±0.18^{aA}	7.62±0.10^{aA}	7.54±0.10^{abA}	7.59±0.16^{aA}	7.36±0.20^{aA}	7.20±0.30^{aA}	7.31±0.20^{aA}	7.22±0.20^{aA}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	7.38±0.08^{aBC}	7.69±0.10^{aAB}	7.85±0.05^{aA}	7.35±0.05^{aBC}	7.25±0.09^{aBC}	7.24±0.12^{aBC}	6.92±0.30^{aC}	7.04±0.17^{aC}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	7.22±0.08^{aA}	7.61±0.15^{aA}	7.40±0.13^{bA}	7.47±0.18^{aA}	7.40±0.19^{aA}	7.40±0.21^{aA}	7.13±0.26^{aA}	7.08±0.19^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 26 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Firmness, Newton (N)±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	7.15±0.11^{aA}	7.02±0.30^{aA}	7.00±0.19^{aA}	7.31±0.10^{aA}	7.35±0.04^{aA}	7.37±0.11^{aA}	7.30±0.12^{aA}	7.04±0.13^{aA}
water	7.17±0.10^{aAB}	7.53±0.19^{aA}	7.22±0.08^{aAB}	7.41±0.10^{aAB}	7.29±0.08^{aAB}	7.28±0.09^{aAB}	7.18±0.10^{aAB}	7.14±0.13^{aB}
$CaCl_2$4%	7.13±0.17^{aA}	6.97±0.20^{aA}	7.18±0.13^{aA}	7.34±0.03^{aA}	7.27±0.15^{aA}	7.25±0.05^{aA}	7.12±0.12^{aA}	7.07±0.32^{aA}
Chi 5 ppm	7.09±0.10^{aA}	7.27±0.17^{aA}	7.28±0.13^{aA}	7.29±0.07^{aA}	7.31±0.10^{aA}	7.42±0.16^{aA}	7.16±0.12^{aA}	7.20±0.12^{aA}
Chi 40 ppm	7.26±0.08^{aA}	7.00±0.27^{aA}	7.36±0.18^{aA}	7.36±0.02^{aA}	7.19±0.11^{aA}	7.29±0.06^{aA}	7.23±0.05^{aA}	7.33±0.14^{aA}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	6.91±0.11^{aA}	7.25±0.17^{aA}	7.22±0.15^{aA}	7.40±0.22^{aA}	7.42±0.16^{aA}	7.13±0.21^{aA}	7.03±0.13^{aA}	6.93±0.21^{aA}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	7.00±0.11^{aB}	7.26±0.10^{aAB}	7.37±0.07^{aAB}	7.49±0.15^{aA}	7.18±0.04^{aAB}	7.40±0.11^{aAB}	7.34±0.18^{aAB}	7.01±0.25^{aB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 27 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Total soluble solids, °Brix±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	8.60±0.53^{abAB}	9.00±0.26^{aAB}	9.45±0.34^{aA}	8.00±0.29^{aB}	8.30±0.44^{abAB}	8.30±0.61^{aAB}	8.40±0.16^{aAB}	9.00±0.50^{aAB}
water	8.80±0.37^{abAB}	7.80±0.39^{bcBC}	9.00±0.35^{aA}	7.75±0.38^{aBC}	8.00±0.33^{abABC}	6.95±0.32^{bC}	7.65±0.40^{aBC}	8.10±0.34^{aABC}
$CaCl_2$4%	7.60±0.23^{bA}	8.10±0.37^{bcA}	8.85±0.35^{aA}	8.05±0.43^{aA}	7.70±0.44^{abA}	8.35±0.33^{aA}	8.15±0.32^{aA}	8.55±0.49^{aA}
Chi 5 ppm	7.70±0.19^{bAB}	7.90±0.25^{bcAB}	8.40±0.40^{aAB}	8.00±0.33^{aAB}	8.10±0.38^{abAB}	7.60±0.37^{abB}	8.85±0.60^{aA}	7.90±0.30^{aAB}
Chi 40 ppm	9.00±0.48^{aA}	8.60±0.26^{abAB}	8.90±0.19^{aA}	7.20±0.28^{aC}	7.40±0.35^{bC}	7.30±0.57^{abC}	8.15±0.30^{aABC}	7.80±0.12^{aBC}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	8.15±0.32^{abABC}	7.90±0.10^{bcBC}	8.45±0.48^{aAB}	7.30±0.19^{aC}	8.65±0.36^{aAB}	7.85±0.15^{abBC}	8.40±0.23^{aAB}	9.00±0.42^{aA}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	8.00±0.42^{abAB}	7.60±0.08^{cB}	8.25±0.36^{aAB}	7.70±0.30^{aB}	8.20±0.20^{abAB}	7.70±0.30^{abB}	8.55±0.36^{aAB}	8.80±0.33^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

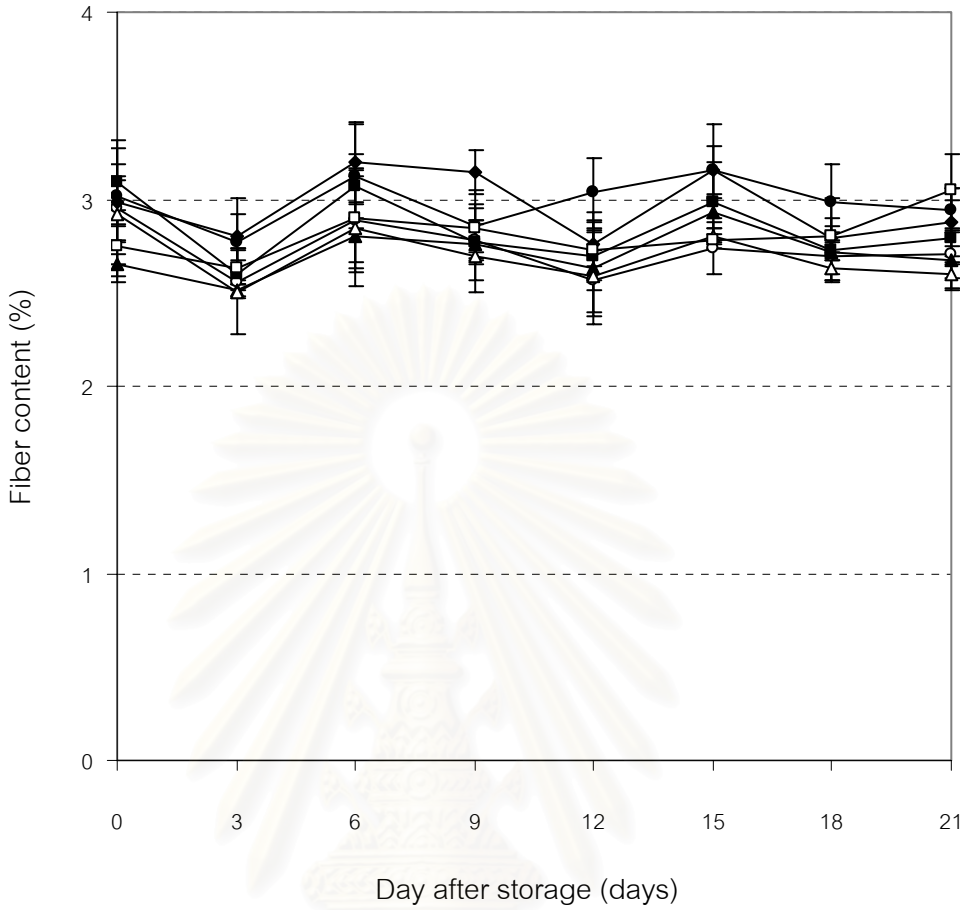
ตารางที่ 28 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Total soluble solids, °Brix±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	8.30±0.19^{aAB}	8.40±0.16^{aA}	8.00±0.16^{abAB}	7.80±0.26^{aABC}	7.80±0.20^{aABC}	8.15±0.38^{aAB}	7.60±0.22^{aBC}	7.20±0.28^{aC}
water	7.90±0.10^{abAB}	8.10±0.10^{aA}	7.40±0.12^{cBC}	7.50±0.19^{aAB}	7.55±0.17^{aAB}	7.50±0.30^{abAB}	7.30±0.31^{aBC}	6.80±0.22^{aC}
$CaCl_2$4%	8.15±0.10^{abAB}	8.40±0.16^{aA}	7.95±0.13^{abcABC}	7.65±0.21^{aBC}	7.90±0.25^{aABC}	7.55±0.17^{abC}	7.65±0.21^{aBC}	7.00±0.12^{aD}
Chi 5 ppm	8.00±0.22^{abAB}	8.45±0.17^{aA}	7.60±0.23^{bcBC}	7.30±0.25^{aBC}	7.85±0.22^{aAB}	7.25±0.21^{bBC}	7.70±0.44^{aABC}	6.95±0.22^{aC}
Chi 40 ppm	7.80±0.20^{abB}	8.40±0.16^{aA}	7.60±0.23^{bcB}	7.30±0.10^{aBC}	7.60±0.23^{aB}	7.40±0.20^{abBC}	7.85±0.17^{aB}	6.90±0.10^{aC}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	8.00±0.00^{abAB}	8,50±0.30^{aA}	7.50±0.13^{bcBC}	7.55±0.29^{aBC}	7.50±0.37^{aBC}	7.35±0.25^{bBC}	7.65±0.33^{aB}	6.80±0.16^{aC}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	7.75±0.15^{bBCD}	8.50±0.10^{aA}	8.30±0.19^{aAB}	7.60±0.23^{aCDE}	7.50±0.19^{aCDE}	7.40±0.00^{abDE}	8.10±0.29^{aABC}	7.05±0.30^{aE}

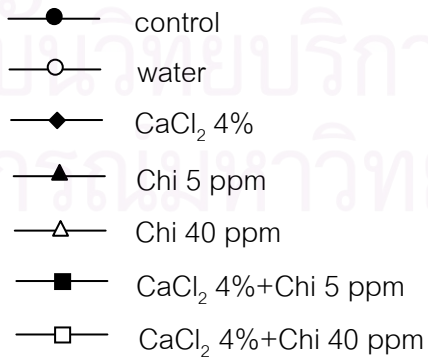
*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

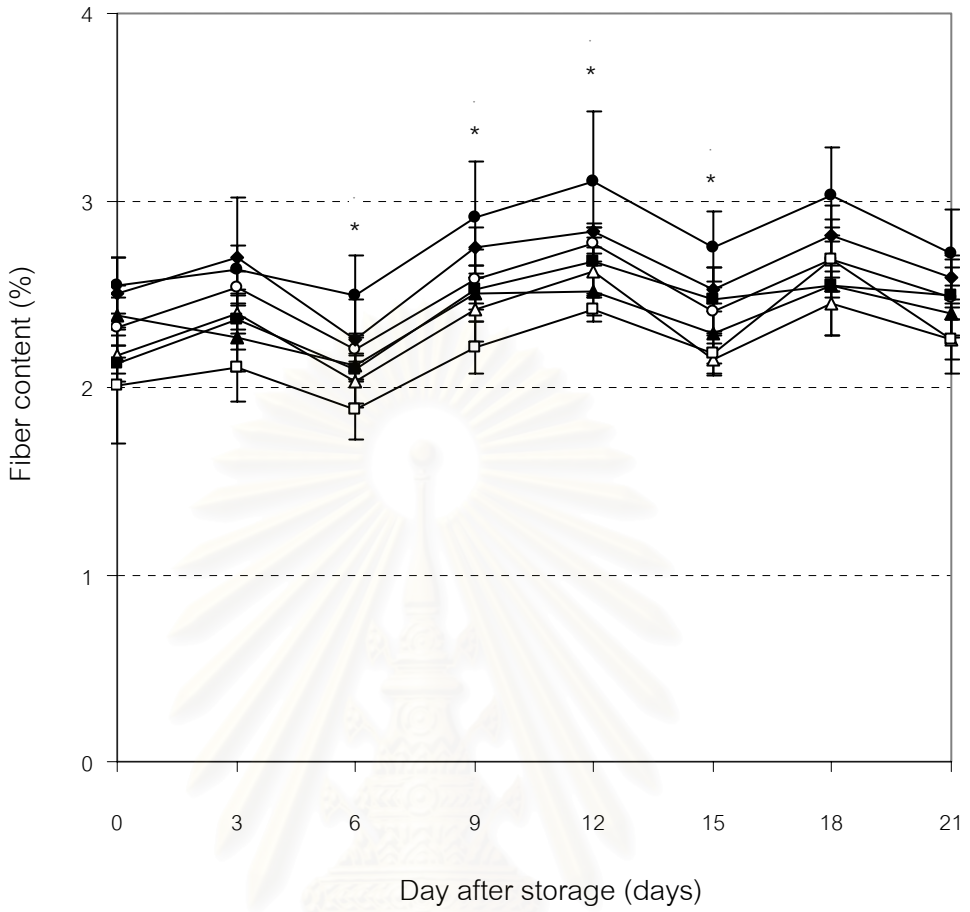
ตารางที่ 29 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Fiber content, %±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	3.02±0.25^{aA}	2.77±0.23^{aA}	3.12±0.28^{aA}	2.86±0.19^{aA}	3.03±0.19^{aA}	3.15±0.25^{aA}	2.98±0.20^{aA}	2.94±0.12^{aA}
water	2.95±0.17^{aA}	2.55±0.01^{aA}	2.89±0.28^{aA}	2.78±0.09^{aA}	2.56±0.17^{aA}	2.73±0.14^{aA}	2.70±0.13^{aA}	2.70±0.05^{aA}
$CaCl_2$4%	2.98±0.12^{aA}	2.80±0.12^{aA}	3.19±0.22^{aA}	3.14±0.12^{aA}	2.76±0.12^{aA}	3.15±0.13^{aA}	2.79±0.11^{aA}	2.88±0.18^{aA}
Chi 5 ppm	2.65±0.06^{aA}	2.52±0.03^{aA}	2.81±0.18^{aA}	2.76±0.19^{aA}	2.63±0.26^{aA}	2.93±0.08^{aA}	2.71±0.14^{aA}	2.68±0.16^{aA}
Chi 40 ppm	2.92±0.27^{aA}	2.50±0.23^{aA}	2.85±0.31^{aA}	2.69±0.19^{aA}	2.58±0.25^{aA}	2.81±0.04^{aA}	2.63±0.08^{aA}	2.59±0.07^{aA}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	3.09±0.24^{aA}	2.60±0.13^{aA}	3.07±0.17^{aA}	2.77±0.12^{aA}	2.70±0.13^{aA}	2.98±0.22^{aA}	2.72±0.05^{aA}	2.79±0.21^{aA}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	2.75±0.19^{aA}	2.63±0.11^{aA}	2.89±0.23^{aA}	2.84±0.13^{aA}	2.72±0.21^{aA}	2.78±0.04^{aA}	2.80±0.20^{aA}	3.04±0.20^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

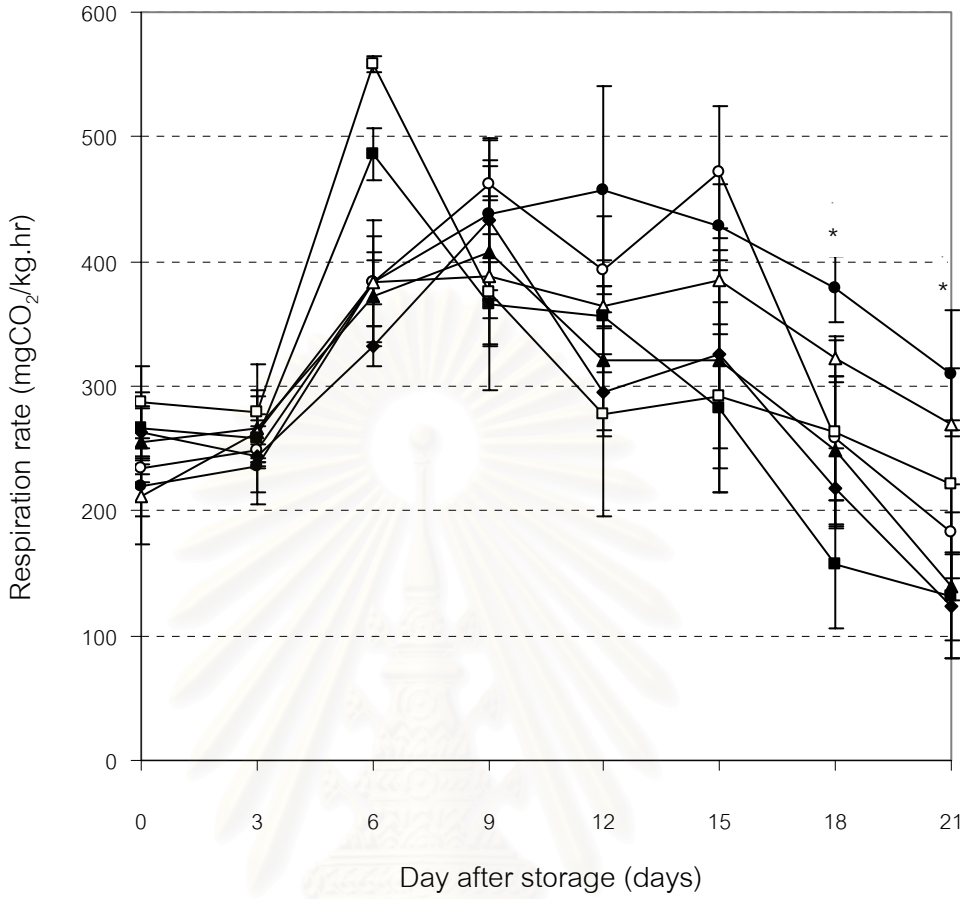
ตารางที่ 30 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Fiber content, %±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	2.55±0.15^{aA}	2.63±0.13^{aA}	2.49±0.22^{aA}	2.91±0.30^{aA}	3.10±0.38^{aA}	2.75±0.19^{aA}	3.03±0.25^{aA}	2.72±0.24^{aA}
water	2.32±0.16^{aAB}	2.53±0.09^{aAB}	2.21±0.07^{abB}	2.58±0.16^{abAB}	2.77±0.10^{abA}	2.41±0.13^{abAB}	2.69±0.17^{aA}	2.48±0.20^{aAB}
$CaCl_2$4%	2.50±0.19^{aAB}	2.69±0.32^{aAB}	2.25±0.22^{abB}	2.75±0.10^{abAB}	2.83±0.03^{abA}	2.53±0.12^{abAB}	2.82±0.16^{aAB}	2.59±0.05^{aAB}
Chi 5 ppm	2.38±0.16^{aAB}	2.27±0.18^{aAB}	2.11±0.07^{abB}	2.50±0.15^{abAB}	2.52±0.13^{abAB}	2.29±0.16^{abAB}	2.55±0.04^{aA}	2.40±0.03^{aAB}
Chi 40 ppm	2.17±0.10^{aA}	2.40±0.09^{aAB}	2.04±0.14^{abB}	2.42±0.17^{abAB}	2.63±0.12^{abA}	2.15±0.09^{bB}	2.45±0.18^{aAB}	2.26±0.11^{aAB}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	2.13±0.10^{aA}	2.36±0.16^{aA}	2.10±0.19^{abA}	2.52±0.07^{abA}	2.67±0.19^{abA}	2.47±0.17^{abA}	2.54±0.27^{aA}	2.49±0.22^{aA}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	2.01±0.31^{aB}	2.11±0.18^{aAB}	1.88±0.16^{bB}	2.21±0.14^{bAB}	2.42±0.07^{bAB}	2.18±0.11^{bAB}	2.69±0.21^{aA}	2.26±0.19^{aAB}

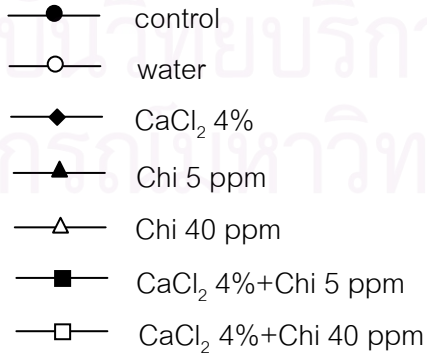
*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

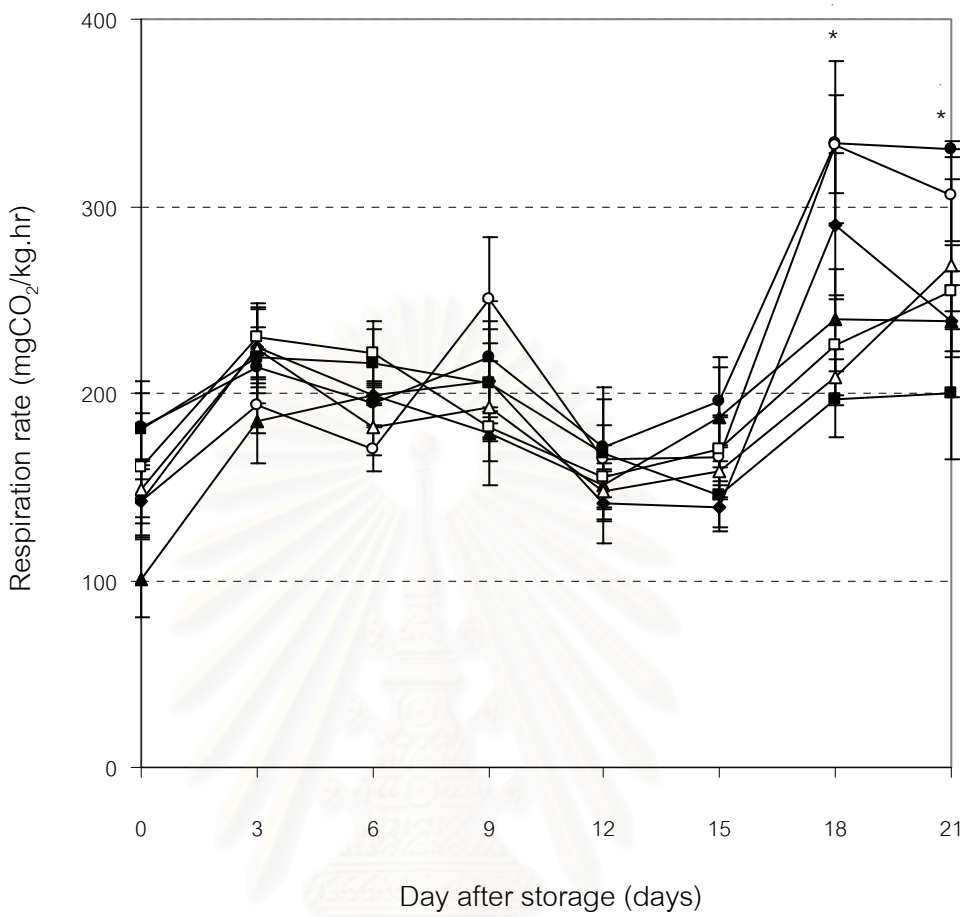
ตารางที่ 31 การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Respiration rate, $mgCO_2/kg.hr \pm SE$*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	219.23±23.68^{aB}	236.49±31.45^{aB}	383.75±17.56^{bA}	437.76±61.51^{aA}	457.26±82.89^{aA}	427.85±34.95^{aA}	378.15±26.66^{aA}	310.15±50.95^{aAB}
water	233.57±10.28^{aB}	247.97±5.37^{aB}	383.98±36.47^{bA}	462.51±13.61^{aA}	392.65±43.78^{aA}	471.16±52.86^{aA}	258.49±49.33^{abcB}	183.37±37.65^{abB}
$CaCl_2$4%	262.63±21.34^{aB}	243.97±28.60^{aC}	332.36±16.56^{bAB}	433.18±63.51^{aA}	294.82±30.32^{aB}	326.17±75.47^{aAB}	218.02±32.57^{bcBC}	124.17±41.63^{bC}
Chi 5 ppm	255.85±25.96^{aAB}	265.60±31.38^{aAB}	371.67±35.60^{bA}	408.18±73.83^{aA}	320.72±60.17^{aAB}	321.52±87.69^{aAB}	248.26±60.31^{abcAB}	140.34±59.15^{abB}
Chi 40 ppm	212.25±38.24^{aC}	263.87±28.19^{aBC}	383.40±50.53^{bA}	388.10±34.35^{aA}	363.62±16.93^{aAB}	384.62±42.28^{aA}	322.40±18.49^{abAB}	268.74±4.62^{abAB}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	266.18±28.54^{aBC}	257.99±19.27^{aBC}	485.42±20.79^{aA}	365.63±33.84^{aB}	356.09±44.56^{aB}	282.86±67.60^{aBC}	157.93±51.29^{cB}	131.80±35.53^{bB}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	287.06±29.47^{aB}	278.39±39.28^{aB}	557.84±6.31^{aA}	374.77±78.30^{aAB}	277.81±81.65^{aB}	291.28±75.94^{aB}	263.32±74.36^{abcB}	221.34±93.36^{abB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 32 การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Respiration rate, $mgCO_2/kg.hr \pm SE$*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	181.83±17.72^{aB}	213.53±7.67^{aB}	194.76±11.43^{abB}	219.69±29.73^{aB}	171.37±11.64^{aB}	195.32±24.46^{aB}	334.04±43.31^{aA}	330.78±4.05^{aA}
water	141.78±17.18^{abD}	193.67±14.89^{aCD}	169.89±11.52^{bD}	250.42±33.08^{aBC}	164.34±32.81^{aD}	165.81±22.55^{aD}	332.87±26.08^{aA}	305.53±24.77^{aAB}
$CaCl_2$4%	142.19±19.32^{abC}	224.79±21.57^{aABC}	199.24±6.15^{abBC}	206.07±32.07^{aABC}	140.95±21.22^{aC}	138.50±12.56^{aC}	289.39±38.96^{abA}	238.66±40.85^{abAB}
Chi 5 ppm	100.99±21.08^{bC}	185.32±22.65^{aAB}	199.14±4.47^{abAB}	178.10±14.89^{aAB}	151.29±6.96^{aBC}	187.39±26.49^{aAB}	239.10±26.83^{bA}	238.48±19.44^{abA}
Chi 40 ppm	149.15±15.33^{abB}	223.90±24.11^{aAB}	181.99±15.21^{abB}	192.55±41.41^{aAB}	147.90±8.50^{aB}	158.28±14.21^{aB}	208.16±15.05^{bAB}	268.23±45.74^{abA}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	180.28±26.44^{aA}	219.65±25.15^{aA}	216.32±17.69^{aA}	205.57±21.15^{aA}	167.50±35.25^{aA}	145.94±17.35^{aA}	197.30±21.36^{bA}	199.68±35.05^{bA}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	160.02±29.75^{abD}	229.51±5.51^{aAB}	221.33±16.74^{aABC}	181.83±5.60^{aBCD}	154.87±16.80^{aD}	170.40±16.94^{aCD}	226.00±26.74b^{ABC}	254.58±11.15^{abA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาล

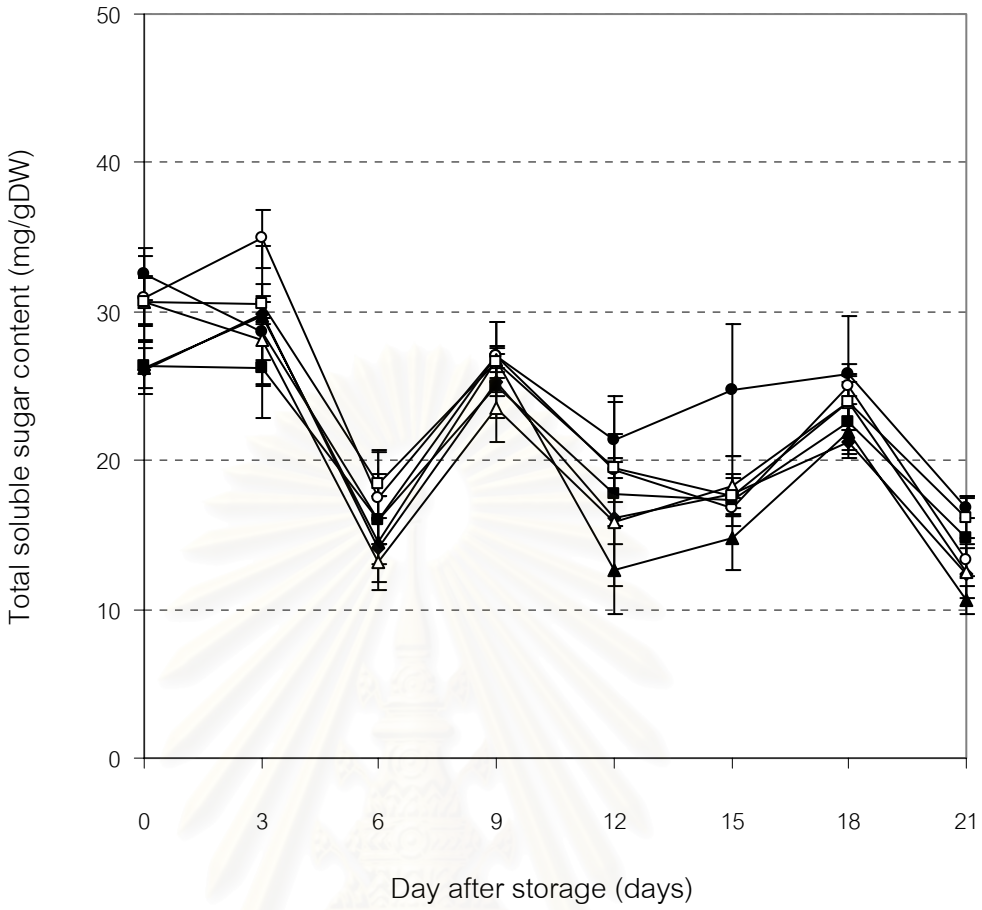
การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์มีแนวโน้มโดยรวมลดลง แม้บางช่วงของการเก็บรักษาจะมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาก็ตาม โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 15 และ 21 ของการเก็บรักษา โดยในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่น้ำ และชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 5 ppm มีปริมาณน้ำตาลน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในวันที่ 21 ของการเก็บรักษาชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 5 ppm มีปริมาณน้ำตาลน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน (รูปที่ 7 และตารางที่ 33)

ส่วนในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยในวันที่ 9 ของการเก็บรักษามีปริมาณน้ำตาลสูงที่สุด พบชุดการทดลองที่มีปริมาณน้ำตาลน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 0 6 9 และ 15 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 8 และตารางที่ 34)

4.3.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้ง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์มีแนวโน้มลดลงและเพิ่มสูงขึ้นสลับกันตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 6 และ 12 ของการเก็บรักษา โดยในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซานความเข้มข้น 5 ppm มีปริมาณแป้งมากที่สุด และแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซานความเข้มข้น 40 ppm มีปริมาณแป้งมากที่สุด และแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน (รูปที่ 9 และตารางที่ 35)

ส่วนข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดตลอดระยะเวลาเก็บรักษา และไม่พบความแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเลย (รูปที่ 10 และตารางที่ 36)



รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

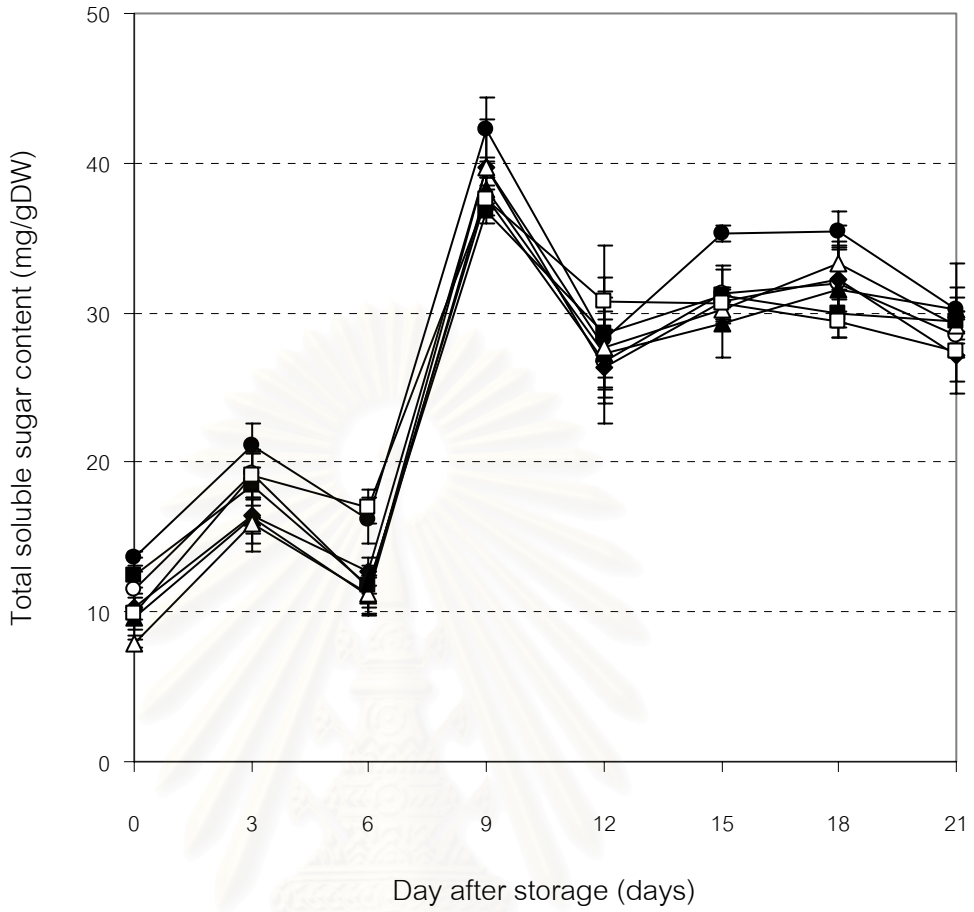
ตารางที่ 33 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Total soluble sugar content, mg/gDW±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	32.55±1.74^{aA}	28.69±1.98^{aAB}	15.94±4.71^{aD}	26.97±0.73^{aAB}	21.31±2.55^{aCD}	24.78±4.43^{aABC}	25.82±0.59^{aAB}	16.86±0.75^{aCD}
water	30.86±2.88^{aAB}	34.88±1.93^{aA}	17.48±3.08^{aCDE}	26.99±2.37^{aABC}	19.37±4.95^{aCDE}	16.85±0.58^{bDE}	25.02±4.64^{aBCD}	13.26±1.07^{abE}
$CaCl_2$4%	26.13±1.37^{aAB}	29.85±4.72^{aA}	14.09±1.55^{aDE}	25.31±2.54^{aABC}	16.15±2.94^{aDE}	17.78±2.05^{abCDE}	21.20±1.84^{aBCD}	12.32±0.93^{abE}
Chi 5 ppm	26.19±2.95^{aAB}	29.66±1.74^{aA}	14.52±2.16^{aC}	26.80±2.77^{aAB}	12.67±1.79^{aC}	14.74±2.29^{bC}	21.95±2.55^{aB}	10.63±1.27^{bC}
Chi 40 ppm	30.69±1.68^{aA}	28.09±2.98^{aA}	13.11±1.30^{aC}	23.57±2.34^{aAB}	15.85±4.26^{aC}	18.31±1.94^{abBC}	23.90±1.91^{aAB}	12.44±1.70^{abC}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	26.28±1.87^{aA}	26.20±3.35^{aA}	15.94±1.62^{aBC}	24.97±2.15^{aA}	17.70±2.14^{aBC}	17.36±1.76^{abBC}	22.54±1.78^{aB}	14.84±2.65^{abC}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	30.69±1.59^{aA}	30.53±1.37^{aA}	18.36±0.69^{aC}	26.56±1.03^{aAB}	19.49±2.24^{aC}	17.56±1.24^{abC}	23.86±1.79^{aB}	16.14±1.41^{aC}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

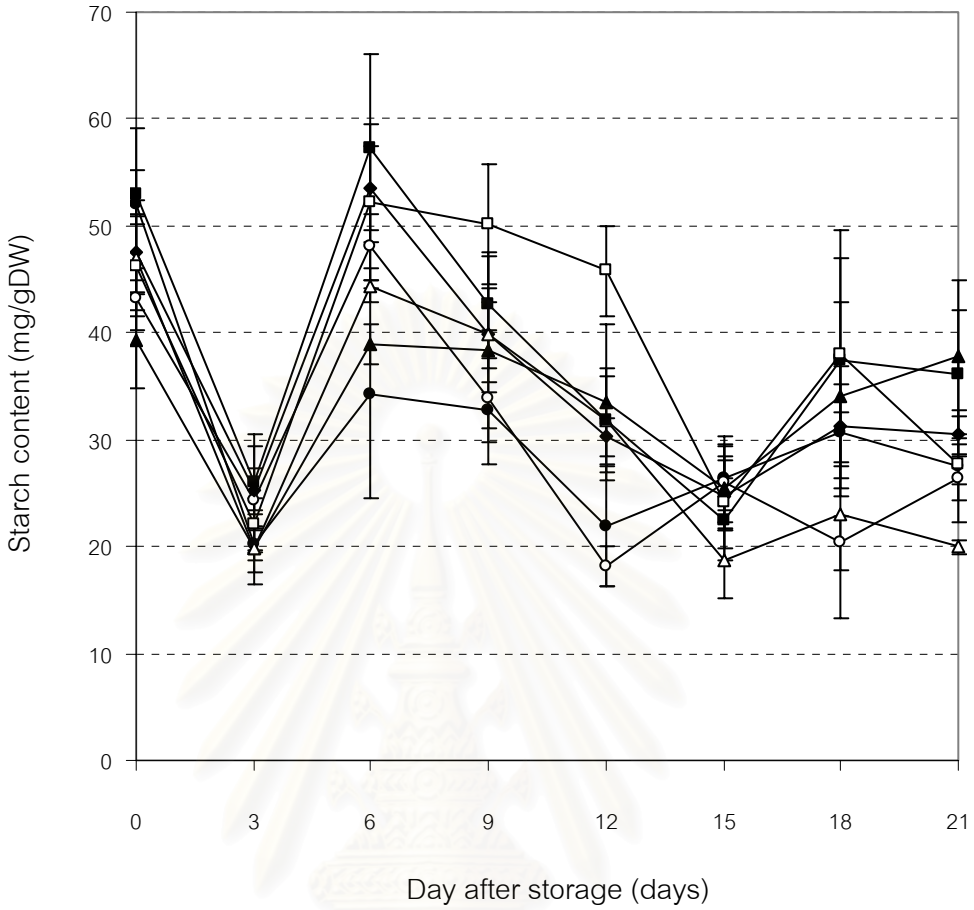
ตารางที่ 34 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Total soluble sugar content, mg/gDW±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	13.60±0.45^{aE}	21.09±1.47^{aD}	16.13±1.53^{abDE}	42.27±2.18^{aA}	28.19±3.20^{aC}	35.30±0.55^{aB}	35.47±1.27^{aB}	30.22±1.43^{aBC}
water	11.50±1.22^{abD}	19.24±1.63^{aC}	11.67±1.41^{cD}	37.74±0.73^{abA}	26.76±4.20^{aB}	31.34±1.84^{abAB}	31.90±2.57^{aAB}	28.52±1.54^{aB}
$CaCl_2$4%	10.23±1.43^{bcD}	16.44±1.14^{aC}	12.68±0.96^{bcCD}	39.67±3.22^{abA}	26.38±2.51^{aB}	30.73±0.42^{bB}	32.20±2.15^{aB}	27.09±2.53^{aB}
Chi 5 ppm	9.67±1.30^{bcC}	16.37±2.32^{aC}	11.11±1.38^{cC}	38.17±0.92^{abA}	27.22±2.87^{aB}	29.28±2.28^{bB}	31.58±3.21^{aAB}	30.21±3.11^{aB}
Chi 40 ppm	7.88±0.21^{cE}	15.89±1.29^{aD}	11.20±1.28^{cE}	39.67±0.67^{abA}	27.64±1.94^{aC}	30.24±0.92^{bBC}	33.30±2.47^{aB}	29.19±0.94^{aBC}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	12.40±1.21^{abD}	18.51±2.23^{aC}	11.78±0.53^{cD}	36.78±0.77^{bA}	28.59±3.74^{aB}	31.20±1.67^{abAB}	29.93±1.63^{aB}	29.45±1.57^{aB}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	9.84±0.32^{bcD}	19.10±1.52^{aC}	17.03±1.10^{aC}	37.60±0.70^{abA}	30.81±3.66^{aB}	30.56±1.16^{bB}	29.44±0.45^{aB}	27.45±2.08^{aB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

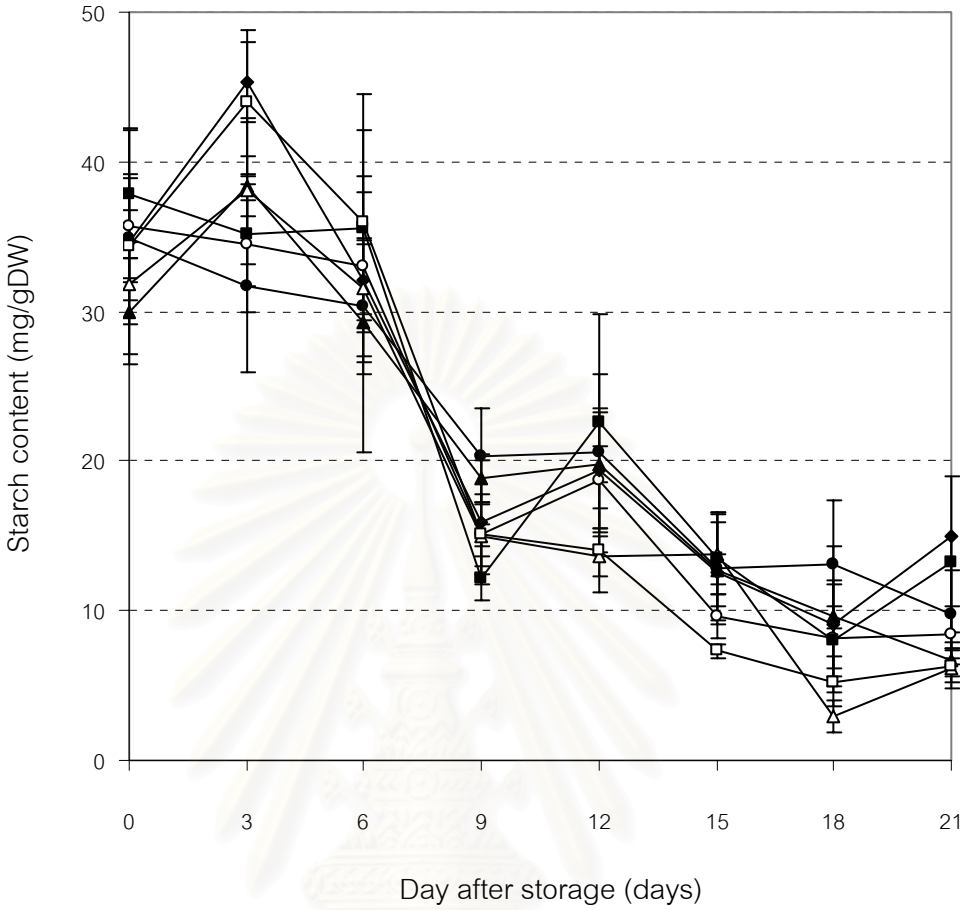
ตารางที่ 35 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Starch content, mg/gDW±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	52.00±7.07^{aA}	20.22±1.47^{aB}	34.34±9.76^{bB}	32.79±1.72^{aB}	21.97±5.65^{bB}	26.41±3.02^{aB}	30.75±6.06^{aB}	27.56±5.27^{abB}
water	43.15±2.97^{aAB}	24.39±4.94^{aCD}	48.01±3.09^{abA}	33.92±6.24^{aBC}	18.20±1.86^{bD}	25.97±4.31^{aCD}	20.32±2.55^{aD}	26.43±2.10^{abCD}
$CaCl_2$4%	47.46±3.73^{aAB}	25.34±1.92^{aD}	53.46±3.95^{abA}	39.81±4.37^{aBC}	30.23±1.83^{bCD}	24.78±3.26^{aD}	31.28±3.83^{aCD}	30.46±1.74^{abCD}
Chi 5 ppm	39.22±4.38^{aA}	19.76±2.22^{aA}	38.90±1.92^{abA}	38.44±8.67^{aA}	33.47±7.31^{abA}	25.48±4.05^{aA}	34.10±8.69^{aA}	37.73±7.15^{aA}
Chi 40 ppm	46.93±5.45^{aB}	19.81±3.29^{aC}	44.37±1.59^{abAB}	39.84±3.08^{aAB}	31.81±4.84^{abBC}	18.70±3.57^{aC}	22.95±9.61^{aC}	20.00±0.68^{bC}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	53.05±2.12^{aAB}	26.01±4.45^{aCD}	57.31±8.83^{aA}	42.60±4.95^{aABC}	31.75±4.15^{abCD}	22.53±3.83^{aD}	37.50±9.56^{aBCD}	36.13±6.06^{aBCD}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	46.16±4.04^{aAB}	22.03±2.43^{aC}	52.21±7.29^{abA}	50.16±5.58^{aA}	45.80±4.23^{aAB}	24.11±4.29^{aC}	37.99±11.54^{aABC}	27.67±1.85^{abBC}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานเป็นเวลา 4 นาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 36 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Starch content, mg/gDW±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	34.84±4.09^{aA}	31.65±5.76^{aAB}	30.37±4.52^{aAB}	20.33±3.24^{aBC}	20.63±5.17^{aBC}	12.89±3.74^{aC}	13.07±4.29^{aC}	9.82±2.94^{aC}
water	35.73±3.46^{aA}	34.47±4.59^{aA}	33.02±6.05^{aA}	15.16±2.67^{aB}	18.73±4.83^{aB}	9.67±1.49^{aB}	8.17±3.57^{aB}	8.38±1.98^{aB}
$CaCl_2$4%	34.63±7.47^{aA}	45.31±2.63^{aA}	32.09±2.73^{aAB}	15.95±4.16^{aC}	19.39±3.85^{aBC}	12.63±3.22^{aC}	9.11±2.97^{aC}	15.01±6.41^{aC}
Chi 5 ppm	29.98±3.57^{aAB}	38.38±2.04^{aA}	29.34±8.69^{aAB}	18.85±1.64^{aCD}	19.82±1.21^{aBCD}	12.75±1.04^{aCD}	9.61±4.66^{aCD}	6.71±1.15^{aD}
Chi 40 ppm	31.86±2.74^{aA}	38.04±4.90^{aA}	31.52±2.95^{aA}	15.01±0.71^{aB}	13.62±1.29^{aBC}	13.83±2.68^{aBC}	2.95±1.11^{aD}	6.16±1.36^{aCD}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	37.90±4.37^{aA}	35.13±3.38^{aA}	35.56±8.95^{aA}	12.14±1.44^{aB}	22.55±7.24^{aAB}	13.47±3.17^{aB}	8.00±2.32^{aB}	13.29±5.74^{aB}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	34.37±2.44^{aA}	44.00±4.80^{aA}	35.95±6.20^{aA}	15.09±2.14^{aB}	14.01±2.79^{aB}	7.30±0.50^{aB}	5.28±1.66^{aB}	6.28±1.06^{aB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอล

ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ ชุดการทดลองที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลมากที่สุดและแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญคือ ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 40 ppm โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลเท่ากับ 42.44 µg/gFW (ตารางที่ 37)

ส่วนข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 พบว่า ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm มีปริมาณสารประกอบฟีนอลมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 40 ppm และในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 40 ppm ก็มีปริมาณสารประกอบฟีนอลมากที่สุดและแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน (ตารางที่ 38)

4.3.10 การเปลี่ยนแปลงแอคติวิตีของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์พบว่า ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 5 ppm และชุดทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm มีแอคติวิตีของ PPO น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยชุดทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm มีแอคติวิตีของ PPO น้อยที่สุด (ตารางที่ 39)

ส่วนในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 พบชุดการทดลองที่มีแอคติวิตีของ PPO น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในวันที่ 0 3 9 และ 21 ของการเก็บรักษา ดังนี้ วันที่ 0 ของการเก็บรักษา คือ ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 40 ppm วันที่ 3 ของการเก็บรักษา คือ ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% และชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm วันที่ 9 ของการเก็บรักษา คือ ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm ซึ่งมีแอคติวิตีของ PPO น้อยที่สุดด้วย ส่วนวันที่ 21 ของการเก็บรักษา คือ ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 40 ppm (ตารางที่ 40)

ตารางที่ 37 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Phenolics content, µg/gFW±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	23.08±3.39^{abB}	36.87±6.62^{aA}	17.58±1.65^{aB}	20.64±2.65^{aB}	18.29±4.01^{aB}	17.36±1.71^{bB}	22.40±0.62^{abB}	22.28±1.35^{aB}
water	29.84±6.09^{aAB}	39.30±12.04^{aA}	24.30±11.69^{aAB}	24.85±0.58^{aAB}	12.17±3.49^{abB}	21.09±3.08^{abAB}	14.66±1.09^{bB}	20.29±2.34^{aAB}
$CaCl_2$4%	10.04±2.68^{abBC}	26.76±6.51^{aA}	11.44±0.91^{aBC}	19.38±3.52^{aABC}	7.58±1.16^{bC}	9.26±2.05^{bBC}	21.90±4.57^{abAB}	18.13±7.66^{abABC}
Chi 5 ppm	6.74±1.32^{bB}	36.59±15.41^{aA}	12.88±2.47^{aB}	23.96±1.47^{aAB}	10.63±0.97^{abB}	14.48±3.17^{bB}	34.08±7.06^{aA}	8.48±2.91^{bcB}
Chi 40 ppm	21.20±6.79^{abABC}	45.13±14.91^{aA}	14.23±1.35^{aBC}	23.45±2.27^{aABC}	11.03±3.04^{abC}	42.44±18.34^{aAB}	29.76±2.36^{aABC}	11.92±1.19^{abcC}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	24.18±11.59^{abA}	21.87±3.32^{aA}	13.70±2.45^{aAB}	20.07±2.91^{aAB}	10.49±1.01^{abAB}	11.76±0.89^{bAB}	22.39±7.57^{abA}	4.53±1.28^{cB}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	17.60±5.79^{abABC}	23.82±2.31^{aA}	13.71±3.76^{aABC}	18.60±3.15^{aAB}	8.85±2.93^{bBC}	18.27±3.42^{bAB}	12.38±1.35^{bBC}	7.07±2.48^{cC}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 38 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Phenolics content, µg/gFW±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	25.64±2.74^{abB}	44.86±10.93^{abA}	30.61±3.52^{abAB}	31.51±1.47^{bAB}	27.88±1.65^{aB}	28.95±1.69^{bcB}	35.06±3.43^{abAB}	44.39±1.82^{abA}
water	35.73±4.47^{abAB}	64.36±28.23^{aA}	28.70±3.37^{bB}	29.35±3.29^{bB}	28.47±1.47^{aB}	30.51±2.37^{bcB}	35.57±2.47^{abAB}	49.25±2.08^{abAB}
$CaCl_2$4%	21.67±3.54^{bB}	21.75±3.00^{bB}	32.38±4.78^{abB}	25.41±3.50^{bB}	26.52±0.86^{aB}	23.01±4.36^{cB}	33.36±4.86^{abB}	67.47±18.40^{bA}
Chi 5 ppm	34.10±11.12^{abBC}	17.81±0.93^{bC}	45.67±2.81^{aB}	30.65±3.53^{bBC}	28.05±0.85^{aC}	29.82±0.82^{bcBC}	28.46±0.48^{bC}	62.79±8.60^{abA}
Chi 40 ppm	38.04±8.78^{abAB}	20.60±4.61^{bC}	28.15±2.59^{bBC}	33.75±2.01^{bABC}	25.57±1.37^{aBC}	37.65±0.40^{bAB}	39.02±2.01^{aAB}	48.48±8.21^{abA}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	47.17±7.31^{aAB}	9.19±1.83^{bD}	43.14±5.44^{abAB}	53.46±5.73^{aA}	25.49±2.58^{aC}	36.64±2.00^{bBC}	26.84±3.54^{bC}	41.51±3.21^{abAB}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	45.04±8.77^{abABC}	16.47±0.48^{bE}	43.42±7.80^{abBCD}	53.11±4.60^{aA}	28.32±1.07^{aE}	51.28±4.87^{aAB}	34.31±3.24^{abCD}	36.75±2.74^{bBCD}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 39 การเปลี่ยนแปลงแอคติวิตีของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Polyphenol oxidase activity, units/mg.protein±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	5.59±1.27^{abA}	6.17±0.93^{aA}	6.68±0.48^{aA}	9.02±2.97^{abA}	19.05±10.45^{aA}	19.36±5.07^{aA}	13.06±2.17^{aA}	10.42±1.04^{aA}
water	6.76±1.23^{abA}	6.14±1.46^{aA}	6.26±0.76^{aA}	16.18±4.06^{abA}	13.87±8.85^{aA}	12.69±1.46^{abA}	12.86±2.38^{aA}	11.56±1.49^{aA}
$CaCl_2$4%	9.73±3.63^{aA}	5.54±0.22^{aA}	10.64±5.42^{aA}	9.53±2.60^{abA}	9.04±3.73^{aA}	11.75±2.07^{abA}	10.89±0.84^{aA}	15.67±3.03^{aA}
Chi 5 ppm	6.17±1.50^{abBC}	4.34±0.29^{aC}	5.02±0.71^{aC}	9.94±2.52^{abABC}	9.77±2.12^{aABC}	10.29±0.28^{bABC}	11.98±2.34^{aAB}	14.92±3.03^{aA}
Chi 40 ppm	3.77±0.77^{bB}	4.85±0.88^{aB}	8.58±2.06^{aAB}	19.58±7.24^{aA}	9.85±2.38^{aAB}	11.51±3.43^{abAB}	13.19±3.30^{aAB}	11.44±2.20^{aAB}
$CaCl_2$4%+Chi 5 ppm	4.60±1.08^{abC}	3.84±0.29^{aC}	10.26±1.88^{aBC}	6.25±1.20^{bC}	6.45±2.29^{aC}	10.14±0.74^{bBC}	13.16±2.31^{aB}	20.64±3.76^{aA}
$CaCl_2$4%+Chi 40 ppm	3.96±0.91^{bD}	5.48±1.30^{aCD}	7.04±0.64^{aBCD}	6.60±1.33^{bBCD}	6.17±1.29^{aBCD}	11.27±0.94^{abBC}	12.73±1.39^{aAB}	18.71±5.18^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 40 การเปลี่ยนแปลงแอคติวิตีของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที

Treatment	Polyphenol oxidase activity, units/mg.protein±SE*							
	Day after storage (days)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
control	22.03±2.61^{abABC}	18.59±1.42^{abBC}	18.69±1.61^{aBC}	20.50±3.90^{aABC}	27.31±6.60^{aABC}	16.25±1.43^{aC}	32.70±1.76^{abA}	32.30±8.31^{abAB}
water	16.81±3.00^{abcB}	21.04±1.89^{aB}	21.88±3.70^{aB}	17.40±2.96^{abB}	16.13±2.31^{aB}	16.22±2.12^{aB}	31.96±5.22^{abA}	39.13±1.23^{aA}
$CaCl_2$ 4%	15.54±2.51^{abcBCD}	12.79±1.22^{bD}	21.90±3.10^{aABC}	13.92±0.74^{abCD}	20.65±2.86^{aBCD}	14.85±0.90^{aCD}	23.49±4.33^{abAB}	25.13±2.52^{abcA}
Chi 5 ppm	14.01±1.65^{bcB}	22.60±1.54^{aB}	17.96±1.73^{aB}	17.08±1.81^{abB}	24.25±1.72^{aB}	16.24±2.13^{aB}	36.19±7.92^{aA}	24.43±0.49^{bcB}
Chi 40 ppm	13.42±2.28^{cC}	16.43±2.81^{abC}	22.22±3.23^{aBC}	16.19±2.10^{abC}	17.72±2.49^{aC}	16.39±6.56^{aC}	30.47±4.02^{abAB}	38.99±5.65^{aA}
$CaCl_2$ 4%+Chi 5 ppm	22.69±3.26^{aAB}	13.38±2.16^{bBC}	18.25±3.58^{aABC}	12.85±1.62^{bC}	17.93±3.10^{aABC}	12.30±0.62^{aC}	19.26±3.42^{bABC}	25.03±4.24^{abcA}
$CaCl_2$ 4%+Chi 40 ppm	16.31±2.38^{abcAB}	22.56±2.22^{aA}	20.30±1.82^{aAB}	13.97±0.52^{ab}	17.24±3.79^{aAB}	15.46±1.24^{aAB}	18.98±1.83^{bAB}	15.75±2.30^{cAB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความเหมือนหรือแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในแนวนอนเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

อภิปรายผลการทดลอง

5.1 การหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการแช่แคลเซียมคลอไรด์ต่อการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283

ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นส่วนของรังไข่ที่กำลังเจริญอย่างรวดเร็ว เมื่อลอกเปลือกและไหมออกแล้ว ผลิตผลจะมีการเปลี่ยนแปลงและเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว มีการสูญเสียน้ำหนักมากเมื่อเทียบกับผลิตผลชนิดอื่น (สุนันทา สมพงษ์, 2536) จากการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283 ทั้งชุดควบคุมและชุดที่ผ่านการแช่ในสารละลาย $CaCl_2$ ความเข้มข้นต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3°C พบการสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง และมีร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุดในวันที่ 21 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา เนื่องจากข้าวโพดฝักอ่อนมีขนาดเล็กและมีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก เพราะเป็นส่วนของช่อดอกและมีรังไข่เรียงติดกันมากมาย หรืออีกนัยหนึ่งคือมีอัตราส่วนของพื้นที่ต่อปริมาตรสูงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักมาก คล้ายกับการสูญเสียน้ำหนักของเงาะพันธุ์โรงเรียนที่มีขนมากมายบริเวณเปลือก (รุ่งนภา อินทปิ่น, 2547) นอกจากนี้จากการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ยังพบ trichome จำนวนมากทั้งในส่วนของรังไข่และซอกระหว่างรังไข่แต่ละรังไข่ จึงน่าจะเป็นส่วนที่ทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผล

การแช่ $CaCl_2$ สามารถเพิ่มความแน่นเนื้อในข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม สอดคล้องกับรายงานของ Luna-Guzman และคณะ (1999) ที่พบว่าการแช่ fresh-cut แคนตาลูป ใน $CaCl_2$ 5% เป็นเวลา 1 นาที สามารถคงความแน่นเนื้อไว้ได้ เนื่องจากแคลเซียมมีบทบาทในการรักษาสภาพโครงสร้างของผนังเซลล์ และ middle lamella (Lara และคณะ, 2004) โดยแคลเซียมที่อยู่ในรูป Ca^{2+} จะทำปฏิกิริยากับ pectic acid เป็น calcium pectate (Fry, 2001; Grant และคณะ, 1973) หากพันธะดังกล่าวเกิดมากจะทำให้อัตราการสลายของ pectin ลดลง (Ferguson, 1984) และทำปฏิกิริยากับ non-methylated uronic acid residue เป็น calcium bridge เชื่อมระหว่าง pectic polymer ที่อยู่ชิดกัน ทำให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรง (Lara และคณะ, 2004) นอกจากนี้แคลเซียมยังสามารถยับยั้งการทำงานของ cell wall degradative enzyme ได้ (Dematry และคณะ, 1984) และสามารถรักษาความเต่งของเซลล์ด้วย (Mignani และคณะ, 1995) การให้แคลเซียมจากภายนอกทั้งการแช่ การฉีดพ่น รวมถึงการล้างจะสามารถเพิ่มระดับแคลเซียมภายในเนื้อเยื่อได้ (Gerasopoulos และ Drogoudi, 2005) ดังนั้นจึงสามารถรักษาความแน่นเนื้อ

ของผลิตผลไว้ได้ โดยการแช่ $CaCl_2$ 4% เป็นเวลา 4 นาที เป็นชุดการทดลองที่ใช้ $CaCl_2$ ความเข้มข้นสูงที่สุด สามารถคงความแน่นเนื้อไว้ได้มากที่สุด เนื่องจากเมื่อผลิตผลยิ่งได้รับแคลเซียมความเข้มข้นสูงจากภายนอกจะส่งผลให้ระดับแคลเซียมภายในเนื้อเยื่อของผลิตผลเพิ่มขึ้นด้วย (Gerasopoulos, 1996) นอกจากนี้ชุดการทดลองดังกล่าวยังสามารถลดการเกิดเส้นใยได้มากที่สุดในข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์ ปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้นเป็นสาเหตุสำคัญของความเหนียวในผักหลายชนิด แม้ว่าปริมาณเส้นใยของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา แต่ความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนก็ลดลงในช่วงปลายของการทดลองเช่นกัน ดังนั้นความแน่นเนื้อในผลิตผลจึงไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณเส้นใยเพียงอย่างเดียว แต่มีความสัมพันธ์กับอัตราการสลายตัวหรืออ่อนตัวของผนังเซลล์ การเปลี่ยนแป้งที่สะสมไว้เป็นน้ำตาล และจากการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผล (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) เนื่องจากการหายใจและการคายน้ำ (Bourne, 1983) จากผลการทดลองดังกล่าวจึงเลือก $CaCl_2$ ความเข้มข้น 4% แช่เป็นเวลา 4 นาที เพื่อทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป

5.2 การหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการแช่ไคโตซานต่อการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283

อัตราการสูญเสียน้ำหนักของข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษาเช่นเดียวกับตอนที่ 1 และพบว่าข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่แช่ไคโตซาน 0 ppm เป็นเวลา 2 และ 4 นาที มีร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 13) อาจเนื่องจากน้ำที่สามารถซึมผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อของผลิตผลได้ส่งผลให้ระดับน้ำภายในเนื้อเยื่อเพิ่มมากขึ้น

ไคโตซานสามารถคงความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนได้ในทั้งสองพันธุ์ โดยวันที่ 6 และ 15 ของการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์พบว่า ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 5 ppm เป็นเวลา 4 นาที มีความแน่นเนื้อมากที่สุด เนื่องจากไคโตซานมีบทบาทในการคงสภาพ pectin binding site ทำให้โครงสร้าง 3 มิติ (three-dimensional architecture) ของผนังเซลล์ยังคงอยู่ได้ (El Ghaouth และคณะ, 1997) และสามารถป้องกันการสลายเซลลูโลส เนื้อเยื่อที่ได้รับไคโตซานจึงมีอัตราการสลายของผนังเซลล์ที่น้อยกว่า สอดคล้องกับหลายรายงานที่พบว่าการใช้ไคโตซานกับผลิตผลสามารถรักษาความแน่นเนื้อไว้ได้ เช่น การฉีดพ่นผลสตรอเบอรี่ด้วยไคโตซานความเข้มข้น 6 กรัมต่อลิตร (Reddy และคณะ, 2000) หรือการเคลือบผลสตรอเบอรี่ มะเขือเทศ และพีช ด้วยไคโตซาน (El Ghaouth และคณะ, 1991b; Li และ Yu, 2000) จากผลการทดลองดังกล่าวจึงเลือกไคโตซานความเข้มข้น 5 และ 40 ppm แช่เป็นเวลา 4 นาที เพื่อทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป

5.3 การศึกษาผลของการใช้แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานร่วมกันต่อการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283

จากการแช่ข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์ในสารละลาย $CaCl_2$ ความเข้มข้น 4% ร่วมกับไคโตซานความเข้มข้น 5 และ 40 ppm เป็นเวลา 4 นาที โดยมีชุดที่ไม่ผ่านการแช่สารใดเลยเป็นชุดควบคุม อย่างไรก็ตามพบว่าข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ $CaCl_2$ 4% เพียงอย่างเดียวมีร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด ในวันที่ 3 9 12 15 และ 21 ของการเก็บรักษา ทั้งนี้การสูญเสียน้ำหนักในข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษาเช่นเดียวกับตอนที่ 1 และ 2 อัตราการสูญเสียน้ำหนักส่วนใหญ่เป็นผลสืบเนื่องจากการสูญเสียน้ำ ซึ่งอัตราการสูญเสียน้ำเป็นกุญแจสำคัญในการเกิดสีน้ำตาล (enzymatic browning) (Scott และคณะ, 1982; Underhill และ Simsons, 1993) เนื่องจากเมื่อผลิตผลสูญเสียน้ำ เซลล์เหี่ยว (plasmolysis) และถูกทำลาย ส่งผลให้เอนไซม์ PPO และเอนไซม์ POD ที่อยู่ในคลอโรพลาสต์ และลิวโคพลาสต์มีโอกาสสัมผัสกับแอนโธไซยานินและสารประกอบฟีนอลอันเป็นสารตั้งต้นที่อยู่ในแวคิวโอล และทำปฏิกิริยากันจนเกิดเป็นสีน้ำตาลในที่สุด (Underhill และ Critchley, 1994) ดังนั้นเมื่อการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นการเกิดสีน้ำตาลจึงเพิ่มขึ้นด้วยสอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าคะแนนลักษณะภายนอกของข้าวโพดฝักอ่อนที่ใช้พื้นที่ของการเกิดสีน้ำตาลเป็นเกณฑ์นั้นลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยการเกิดสีน้ำตาลมักเริ่มจากส่วนที่ยื่นออกมาภายนอกของชั้นเอพิเดอมิส (epidermis) แล้วตามด้วยส่วนที่อยู่ภายใน (Underhill และ Critchley, 1995) สอดคล้องกับการศึกษาภายใต้กล้องสเตอริโอและกล้องจุลทรรศน์ที่พบว่าข้าวโพดฝักอ่อนมี trichome เป็นจำนวนมาก และมีเส้นไหมยื่นออกมาซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศ ทำให้บริเวณดังกล่าวเกิดการสูญเสียน้ำมากคล้ายกับการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็วของผลิตผลที่มีส่วนที่ยื่นออกมาภายนอก ดังเช่นการมีขนจำนวนมากที่เปลือกเงาะ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) หรือหนามที่เปลือกทุเรียน (Ketsa และ Pangkool, 1994) ส่งผลให้เซลล์เหี่ยวและเกิดสีน้ำตาลในที่สุด โดยการเกิดสีน้ำตาลจะเริ่มเกิดในส่วนของไหมที่หลงเหลืออยู่ก่อนตามด้วยส่วนบนของรังไข่ที่เรียงอยู่บนฝัก ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์ที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm มีแอคติวิตีของ PPO น้อยที่สุดด้วย แม้ชุดการทดลองดังกล่าวจะไม่ได้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลคงเหลือมากที่สุดก็ตาม ซึ่งกลไกในการลดแอคติวิตีของ PPO เกิดจากการรักษาระดับสารประกอบฟีนอลอันเป็นสารตั้งต้น และควบคุมปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ เช่น ความเป็นกรด-เบส อุณหภูมิ การเกิดบาดแผล และการสูญเสียน้ำ (Underhill และคณะ, 1992)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลในข้าวโพดฝักอ่อนทั้งพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283 มีแนวโน้มลดลงสอดคล้องกับรายงานของ อาภาภรณ์ มีนาพันธ์ (2538) ที่พบว่าปริมาณน้ำตาล

ของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ซีพี 45 และพันธุ์จี 5406 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 5 7 และ 9 °C มีแนวโน้มลดลง ส่วน Somboonsarn (1993) รายงานว่าปริมาณน้ำตาลของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ super sweet DMR ที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น 5 °C เป็นเวลา 30 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C มีปริมาณน้ำตาลลดลงเช่นกัน แม้ว่าบางช่วงของการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์จะมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาก็ตาม แต่ก็สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งที่ลดลงเมื่อมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น และในขณะที่ปริมาณน้ำตาลลดลง การคงอยู่ของแป้งจะมีมาก โดยในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบว่าการแช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm มีปริมาณแป้งและความแน่นเนื้อมากที่สุดด้วย เนื่องจากการคงอยู่ของแป้งที่มีมากจะส่งผลต่อการเพิ่มความแน่นเนื้อของผลิตผล ส่วนข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 พบว่าปริมาณน้ำตาลมีแนวโน้มโดยรวมเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาพบการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของน้ำตาลสัมพันธ์กับการลดลงอย่างรวดเร็วของปริมาณแป้งในช่วงเวลาเดียวกัน (รูปที่ 7-10 และตารางที่ 33-36) โดยปกติผลิตผลซึ่งมีการหายใจตลอดเวลาจะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารหรือพลังงานเป็นส่วนใหญ่ ทำให้น้ำตาลที่สะสมอยู่ลดน้อยลง นอกจากนี้น้ำตาลอาจถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปอื่นอีก เช่น เปลี่ยนเป็นแป้งในข้าวโพดหวาน (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกับปริมาณน้ำตาลอาจเนื่องจากปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เป็นการวิเคราะห์ในส่วนของน้ำที่คั้นได้จากฝักข้าวโพดซึ่งมีสารอื่นปนอยู่ด้วยไม่ใช่น้ำตาลเพียงอย่างเดียว

ข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์ที่แช่ $CaCl_2$ 4% เพียงอย่างเดียว และที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm เป็นเวลา 4 นาที สามารถลดอัตราการหายใจได้ในวันที่ 18 และ 21 ของการเก็บรักษา ส่วนพันธุ์แปซิฟิก 283 ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm สามารถลดอัตราการหายใจได้ในวันที่ 18 และ 21 ของการเก็บรักษาเช่นกัน โดยมีอัตราการหายใจที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกชุดการทดลอง สอดคล้องกับรายงานของ มนตรี กลิ่นระรวย (2543) ที่พบว่าการแช่ผลฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ใน $CaCl_2$ สามารถลดอัตราการหายใจได้ และในผลิตผลตัดแต่ง เช่น fresh-cut แคนตาลูป การแช่ใน $CaCl_2$ 1-5% เป็นเวลา 1-5 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C ก็พบว่าสามารถลดอัตราการหายใจได้เช่นกัน (Luna-Guzman และคณะ, 1999) เนื่องจากแคลเซียมมีบทบาทต่อการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ โดย Ca^{2+} ที่บริเวณดังกล่าวจะทำปฏิกิริยากับ phospholipids และ carboxylic group ของ membrane protein ที่มีประจุลบเพื่อป้องกันการรั่วไหลของสารภายในเซลล์ (Hanson, 1984) และควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆ ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์รวมทั้งสารพวกฟอสเฟต และวัตถุดิบที่ใช้ในการหายใจ เช่น มาเลต ไม่ให้

ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์หรือโทโนพลาสต์เข้าไปได้ จึงสามารถลดอัตราการหายใจสูงสุด (climacteric rise) ของผลิตผลได้ (Ferguson, 1984) Faust และ Shear (1972) พบว่านอกจากการรักษาสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์และมีผลต่ออัตราการหายใจที่ลดลงแล้ว แคลเซียมยังสามารถยับยั้งการทำงานของไมโตคอนเดรียซึ่งเป็นแหล่งสำคัญในการเกิดกระบวนการหายใจระดับเซลล์ และลดอัตราการแพร่ของออกซิเจนสู่เนื้อเยื่อ ทำให้ออกซิเจนในผลิตผลลดลงจึงเกิดการยับยั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอนจาก NADH (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544)

การสูญเสียคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนภายหลังการเก็บเกี่ยวมาจากสาเหตุสำคัญและเป็นจุดเริ่มต้นของปัญหาอื่นๆ ที่ตามมาภายหลังคือการเกิดบาดแผลและรอยช้ำขณะตัดแต่งและบรรจุ เนื่องจากข้าวโพดฝักอ่อนเป็นผักที่ต้องผ่านการตัดแต่งมาก ผลิตผลจึงมีความบอบบาง ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคและเน่าเสียได้รวดเร็ว (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) การตัดแต่งซึ่งเป็นการทำให้เกิดบาดแผลอย่างหนึ่ง เป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลที่รอยแผลดังกล่าวส่งผลต่อการเสื่อมคุณภาพและลดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับบรรยากาศทำให้ออกซิเจนแพร่สู่เนื้อเยื่ออย่างรวดเร็ว เพิ่มอัตรา metabolism ในเซลล์ที่เกิดบาดแผล (Zagory, 1995) และเพิ่มอัตราการหายใจของผลิตผลในที่สุด (Rolle และ Chism, 1987) Somboonsarn (1993) พบว่าอัตราการหายใจของข้าวโพดฝักอ่อนที่มีรอยแผลจากการปอกจะสูงกว่าข้าวโพดฝักอ่อนที่ปราศจากรอยแผล การบรรจุถุงจัดเป็นวิธีการดัดแปลงบรรยากาศชนิดหนึ่ง (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) ทำให้ปริมาณออกซิเจนน้อยลง อัตราการเกิดสีน้ำตาลในผักผลไม้จึงลดลงได้เนื่องจากออกซิเจนมีบทบาทร่วมในการทำงานของเอนไซม์ PPO (Gorny, 1997)

การวัดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเกิดขึ้นระหว่างชุดควบคุมกับชุดการทดลองต่างๆ หรือระหว่างชุดการทดลองด้วยกัน อาจเนื่องมาจากข้าวโพดฝักอ่อนที่นำมาทดลองจำเป็นต้องผ่านกระบวนการต่างๆ ทั้งการปอกเปลือก ลอกไหม คัดขนาดฝัก ผึ่งให้แห้งหลังจากการแช่ $CaCl_2$ หรือไคโตซาน บรรจุถุง รวมถึงขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลอง ทั้งหมดนี้ใช้เวลานานหลายชั่วโมง เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาตั้งแต่ช่วงเวลาดังกล่าว

ในทุกการทดลองพบว่าลักษณะภายนอกของข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์ระหว่างการเก็บรักษา มีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน โดยข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์จะเกิดอาการฉ่ำน้ำและเกิดสีน้ำตาลในช่วงปลายของการเก็บรักษาที่ชัดเจนกว่า ส่วนพันธุ์แปซิฟิก 283 จะมีลักษณะแห้งและเกิดอาการเหี่ยวหรือฝ่อของรังไข่ในส่วนขั้วฝัก นอกจากนี้ยังพบการบวมของรังไข่ซึ่งเกิดจากการ

ผสมระหว่างเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมีย และอาการดังกล่าวจะเกิดชัดเจนขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้นด้วย เนื่องจากข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์แปซิฟิก 283 เป็นพันธุ์ที่เกสรเพศผู้ไม่เป็นหมัน จำเป็นต้องดึงช่อดอกเพศผู้ออกก่อนที่จะเกิดการผสมเกสร ในขณะที่ข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์เป็นพันธุ์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้เกสรเพศผู้เป็นหมัน จึงไม่ต้องดึงช่อดอกเพศผู้ออก ส่งผลให้อาการบวมของรังไข่ในระหว่างการเก็บรักษาไม่เกิดขึ้น ส่วนอัตราการเกิดสีน้ำตาลที่ฝักนั้นไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อเปรียบเทียบกันในแต่ละชุดการทดลอง และจากการให้คะแนนลักษณะภายนอกพบว่าการใช้ $CaCl_2$ และไคโตซานสามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด 12 และ 9 วัน ตามลำดับ โดยมีคะแนนลักษณะภายนอกผ่านเกณฑ์การยอมรับในทุกชุดการทดลอง นอกจากนี้จากการหลีกเลี่ยงการเกิดบาดแผลและรอยช้ำขณะปอกเปลือก ลอกไหม บรรจุถุง และเก็บรักษา รวมถึงการรักษาความสะอาดของอุปกรณ์ในการปอกเปลือก ภาชนะที่บรรจุ และสถานที่เก็บรักษา ส่งผลให้สามารถลดการสะสมของเชื้อโรคได้ (ทิพย์ เลขะกุล, 2544) ดังนั้นจึงไม่พบความเสียหายจากการเกิดโรคของข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษาเลย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการใช้ $CaCl_2$ และไคโตซานต่อการรักษาคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนระหว่างการเก็บรักษา สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

6.1 การหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการแช่แคลเซียมคลอไรด์ต่อการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283

ชุดการทดลองที่เหมาะสมที่สุดคือชุดการทดลองที่ใช้ $CaCl_2$ ความเข้มข้น 4% แช่เป็นเวลา 4 นาที โดยสามารถรักษาความแน่นเนื้อ และชะลอการเกิดเส้นใยได้มากที่สุดในข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์

6.1 การหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการแช่ไคโตซานต่อการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283

ชุดการทดลองที่เหมาะสมที่สุดคือชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานความเข้มข้น 5 และ 40 ppm แช่เป็นเวลา 4 นาที โดยไคโตซานความเข้มข้น 5 ppm แช่เป็นเวลา 4 นาที สามารถรักษาความแน่นเนื้อได้มากที่สุด ส่วนไคโตซานความเข้มข้น 40 ppm แช่เป็นเวลา 4 นาที ชะลอการเกิดเส้นใยได้มากที่สุดในข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์

6.2 การศึกษาผลของการใช้แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานร่วมกันต่อการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์และพันธุ์แปซิฟิก 283

ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% อย่างเดียวสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสดได้มากที่สุดในข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์มหัศจรรย์

ชุดการทดลองที่แช่ไคโตซาน 40 ppm และชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 40 ppm สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของเส้นใยในข้าวโพดฝักอ่อนได้

ชุดการทดลองที่แช่ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm สามารถลดอัตราการหายใจและแอคติวิตีของ PPO ได้ในข้าวโพดฝักอ่อนทั้งสองพันธุ์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการแช่ข้าวโพดฝักอ่อนในสารละลาย $CaCl_2$ หรือไคโตซานที่ลดอุณหภูมิให้ต่ำลงแทนการ precooling ด้วยน้ำเพียงอย่างเดียว

2. ควรมีการคำนวณด้านต้นทุนของการใช้สารละลาย $CaCl_2$ และไคโตซานในการรักษาคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนว่ามีความคุ้มค่าเพียงใด

3. ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้สารละลายทั้งสองชนิดร่วมกับวิธีปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวอื่นๆ เพื่อให้ได้วิธีที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงศึกษาผลของสารดังกล่าวต่อข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์อื่นด้วย

4. ในการศึกษาครั้งนี้อาจแนะนำให้เกษตรกรเลือกใช้สารละลาย $CaCl_2$ ความเข้มข้น 4% แช่เป็นเวลา 4 นาที หรือใช้ $CaCl_2$ 4% ร่วมกับไคโตซาน 5 ppm แช่เป็นเวลา 4 นาที เพื่อรักษาคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนระหว่างการเก็บรักษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมวิชาการเกษตร. 2524. **ข้าวโพด**. งานทะเบียนและประมวลสถิติ กองแผนงาน. กรุงเทพฯ: ธนประดิษฐ์การพิมพ์.

กรมศุลกากร. [Online]. แหล่งที่มา http://www.customs.go.th/Statistic/StatisticIndex.jsp [16 กุมภาพันธ์ 2549].

เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ์. 2536. **ข้าวโพดฝักอ่อน**. พิมพ์ครั้งที่ 4. นนทบุรี: สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิราภรณ์ เชาวลิตสุขุมาวาสี. 2544. ไคติน-ไคโตซาน สารมหัศจรรย์จากธรรมชาติ. LAB TODAY. 1,2:12-30.

ดนัย บุณยเกียรติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2535. **การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

เต็ม สมิตินันทน์. 2544. **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

ทิพย์ เลขะกุล. 2544. **การปลูกข้าวโพดฝักอ่อนเพื่ออุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

เพชรพนา สงวนวงษ์วิจิตร. 2541. **ผลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลแตงแคนตาลูปพันธุ์ซันเลดี้ในระหว่างการเก็บรักษา**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ภาวดี เมธะคานนท์. 2543. การใช้ไคติน/ไคโตซานในทางการเกษตร. **ในรายงานการประชุมสัมมนาพร้อมนิทรรศการเรื่องเกษตรยุคใหม่กับไคติน-ไคโตซาน**. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติและชมรมไคติน-ไคโตซาน.

มนตรี กลิ่นระรวย. 2543. **ผลของสารเคลือบผิวและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพการเก็บรักษาของฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

รัฐ พิชญางกูร. 2543. คุณสมบัติและกลไกการทำงานของสารไคติน-ไคโตซานที่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร. **การประชุมสัมมนาพร้อมนิทรรศการเรื่องเกษตรยุคใหม่กับไคติน-ไคโตซาน**. หน้า 5-13 18 กุมภาพันธ์ 2543 ณ ห้องสุธรรมอารีกุล อาคาร 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน.

รุ่งนภา อินทปิ่น. 2547. **การใช้แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลเงาะพันธุ์โรงเรียน** *Nephelium lappaceum* L. cv. RONGRAIN. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถิต พูลทรัพย์. 2542. อนุพันธ์ไคติน-ไคโตซาน. Newsletter **สาระความรู้ ชมรมไคติน-ไคโตซาน** 1:1-3.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. **ข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุภาชนะอัดลม: ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน**. [Online]. แหล่งที่มา http://www.oae.go.th/oae_go_th/statIm_Ex.php [16 กุมภาพันธ์ 2549].

สุนันทา สมพงษ์. 2536. การปลูกข้าวโพดฝักอ่อนเพื่ออุตสาหกรรม. **เอกสารประกอบการสัมมนาการผลิตข้าวโพดเพื่ออุตสาหกรรม**. 28-29 มกราคม 2536. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

สุประวีณ์ นาคภิบาล. 2548. **ผลของน้ำมันกานพลูและไคโตซานต่อการเกิดโรคแอนแทรคโนสและอายุการเก็บรักษาพริกชี้ฟ้า** *Capsicum annuum* L. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวลี จันทร์กระจ่าง. 2546. ผลิตภัณฑ์จากไคติน-ไคโตซานและการประยุกต์ใช้ในประเทศ. **เอกสารประกอบการประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย** 17-18 กรกฎาคม 2546 ณ อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.

อาภาภรณ์ มีนาพันธ์. 2538. **การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลและการเน่าเสียของข้าวโพดฝักอ่อนหลังการเก็บเกี่ยว**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

Bai, R.K., Huang, M.Y., and Jiang, Y.Y. 1988. Selective permeabilities of chitosan-acetic acid complex membrane and chitosan-polymer complex membrane for oxygen and carbon dioxide. **Polym. Bull**. 20: 83-86.

Benhamou, N. 1992. Ultrastructural and cytochemical aspects of chitosan of *Fusarium oxysporum* f. sp. Radicis-lycopersici, agent of tomato crown and rot root . **Phytopathology**. 82: 1185-1193.

Bolin, H.R., and Huxsoll, C.C. 1989. Storge stability of minimally processed fruit. **J. Food Process. Preserv**. 13: 281-292.

Bourne, M.C. 1983. Physical properties and structure of horticultural crops. In: Peleg, M., Bagley, E.B. (Eds.), **Physical Properties of Foods**. AVI Publishing Co, Westport, CT, pp. 207–228.

Buta, G.J., Moline, H.E., Spaulding, D.W., and Wang, C.Y. 1999. Extending storage life of fresh-cut apples using natural products and their derivatives. **J. Agric. Food. Chem**. 47: 1-6.

Camire, E.M., Ismail, S., Work, T.M., Bushway, A.A., and Halteman, W.A. 1994. Improvements in canned lowbush blueberry quality. **J. Food Sci**. 59: 394-398.

Cheah, L.H., Page, B.B.C., and Shepherd, R. 1997. Chitosan coating for inhibition of sclerotinia rot in carrots. **N.Z. J. Crop Hort. Sci**. 25: 89–92.

Conway, W.S. 1987. The effects of postharvest infiltration of calcium, magnesium, or strodium on decay, firmness, respiration, and ethylene production in apples **J. Am. Soc. Hort. Sci**. 112: 300–303.

Conway, W.S., Sams, C.E., Wang, C.Y., and Abbott, J.A.1994. Additive effects of postharvest calcium and heat treatment on reducing decay and maintening quality in apples. **J. Amer. Soc. Hort. Sci**. 119: 49-53.

Dematry, M., Morgan, C., and Thellier, M. 1984. Calcium and the cell wall. **Plant Cell Environ**. 7: 441–448.

Dong, J.H. 1990. The browning of several tropical fruit and their polyphenol oxidases.**Tropic. Crops Res**. 2: 92-99.

Droby, S., Wisniewski, M.E., Cohen, L., Weiss, B., Touitou, D., Eilam, Y., and Chalutz, E. 1997. Influence of $CaCl_2$ on *Penicillium digitatum*, grapefruit peel tissue, and biocontrol activity of *Pichia guilliermondii*. **Phytopathology**. 87: 310–315.

El Ghaouth, A., Arul, J., and Ponnampalam, R. 1991a. Use of chitosan coating to reduce weight loss and maintain quality of cucumbers and bell pepper fruits. **J. Food Process Pres.**15: 359–368.

El Ghaouth, J., Ponnampalam, R., and Boulet, M. 1991b. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. **J. Food Sci**. 56: 1618-1620.

El Ghaouth, A., Arul, J., Wilson, C., and Benhamou, N. 1997. Biochemical and cytochemical aspects of the interactions of chitosan and *Botrytis cinerea* in bell pepper fruit. **Postharvest Biol. Technol**. 12: 183-194.

Faust, M. and Shear, C.B. 1972. The effect of calcium on respiration of apples. **J. Am. Sot. Hortic. Sci.**, 97: 437-439.

Ferguson, I.B. 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. **Plant Cell Environ**. 7: 477–489.

Food & Drug Administration. 1987. **Chemical preservatives**. Code of Federal Regulation. title 21 part 182. Washington, DC: US GPO. Cited in Pen, L.T., and Jiang, Y.M. 2003. Effects of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut Chinese water chestnut. **Lebensm.-Wiss. U.-Technol**. 36: 359-364.

Fry, S.C. 2001. Plant cell walls. In: **Nature Encyclopedia of Life Sciences**. Nature Publishing Group, London, http://www.els.net/.

Gerasopoulos, D., Chouliaras, V., and Lionakis, S. 1996. Effects of preharvest calcium chloride sprays on maturity and storability of Hayward kiwifruit. **Postharvest Biol. Technol**. 7: 65-72.

Gerasopoulos, D., and Drogoudi, P.D. 2005. Summer-pruning and preharvest calcium chloride sprays affect storability and low temperature breakdown incidence in kiwifruit. **Postharvest Biol. Technol**. 36: 303–308.

Goosen, M.F.A. 1997. **Applications of chitin and chitoan**. United States of America: Technomic Publishing Company.

Gorny, J.R. 1997. Summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh-cut fruits and vegetables. In: J. R. Gorny (Ed), **CA 97 Proceedings: Fresh cutfruits and vegetables and MAP**, Vol. 5 (pp. 30-33). Davis, CA: University of California.

Gould, W.A. 1997. **Food quality assurance**. Westport, Conn., US: The AVI อ้างถึงใน ญาวดี ศรีเมฆ. 2545. **ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะฝัก การเปลี่ยนแปลงคุณภาพกับการใช้ฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ ในการเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียว *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Grant, G.T., Morris, E.R., Rees, D.A., Smith, P.J.C., and Thom, D. 1973. Biological interactions between polysaccharides and divalent cations: the egg-box model. **FEBS Lett**. 32: 195-198.

Han, C., Zhaoa, Y., Leonard, S.W., and Traber, M.G. 2004. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria* × *ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). **Postharvest Biol. Technol**. 33: 67–78.

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

Hirano, A., and Nagao, N. 1989. Effects of chitosan, pectic acid, lysozyme, and chitinase on the growth of several phytopathogens. **Agric. Biol. Chem**. 11: 3065-3066.

Hirano, S., Itakura, C., Swino, H., Akiyama, Y., Nonata, I., Kanbara, N., and Kawahami, T. 1990. Chitosan as and ingredient for domestic animal feeds. **J. Agric. Food Chem**. 36: 1214-1217.

Huang, X.M., Wang, H.C., Yuan, W.Q., Lu, J.M., Yin, J.H., Lou, S., and Huang, H.B. 2005. A study of rapid senescence of detached litchi: roles of water loss and calcium. **Postharvest Biol. Technol**. 36: 177-189.

Ilker, Y., and Morris, L.L. 1975. Alleviation of chilling injury of okra. **Hort. Sci**. 10: 324.

Ippolito, A ., Schena, L., Pentimone, I., and Nigro, F. 2005. Control of postharvest rots of sweet cherries by pre- and postharvest applications of *Aureobasidium pullulans* in combination with calcium chloride or sodium bicarbonate. **Postharvest Biol. Technol**. 36: 245–252.

Irigoyen J.J., Emerich, D.W., and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa *Medicago sativa* plants. **Physiol Plant**, 84: 55-60.

Javanmardi, J., Stushno, C., Lockeb, E., and Vivancob, J.M. 2003. Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. **Food Chem**. 83: 547–550.

Jiang, Y.M. 2000. Role of anthocyanins, polyphenol oxidase and phenols in lychee pericarp browning. **J. Sci. Food Agric**. 80: 305–310.

Jiang, Y.M., and Li, Y.B. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. **Food Chem**. 73: 139-143.

Ju, Z.G., and Zhu, G.L. 1988. Research on tissue browning of fruits during storage. **Plant Physiol. Commun**. 4: 46-48.

Ketsa, S., and Pangkool, S. 1994. The effect of humidity on ripening of durians. **Postharvest Biol. Technol**. 4: 159-165.

Lara, I., Garcya, P., and Vendrell, M. 2004. Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) fruit. **Postharvest Biol. Technol**. 34: 331–339.

Lester, G.E., and Grusak, M.A. 1999. Postharvest application of calcium and magnesium to honeydew and netted muskmelons: effects on tissue ion concentrations, quality, and senescence. **J. Am. Soc. Hort. Sci**. 124: 545-552.

Li, H., and Yu, T. 2000. Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit. **J. Sci. Food Agric**. 81: 269-274.

Lichter, A., Dvir, O., Fallik, E., Cohen, S., Golan, R., Shemer, Z., and Sagi, M. 2002. Cracking of cherry tomatoes in solution. **Postharvest Biol. Technol**. 26: 305–312.

Lin, Z.F., Li, S.S., Zhang, D.L., Liu, Y.B., Lin, G.Z., and Chen, M.D. 1988. The changes of oxidation and peroxidation in postharvest litchi fruit. **Acta Bot. Sin**. 30: 382-387.

Luna-Guzman, I., Cantwell, M., and Barrett, D.M. 1999. Fresh-cut cantaloupe: effects of $CaCl_2$ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. **Postharvest Biol. Technol**. 17: 201–213.

Magne, C., Saladin, G., and Clement, C. 2006. Transient effect of the herbicide flazasulfuron on carbohydrate physiology in *Vitis vinifera* L.. **Chemosphere**. 62: 650-657.

Miceli, A., Ippolito, A., Linsalata, V., and Nigro, F. 1999. Effect of preharvest calcium treatment on decay and biochemical changes of table grape during storage. **Phytopathol. Medit.** 38: 47–53.

Mignani, I., Greve, L.C., Ben-Arie, R., Stotz, H.U., Li, C., Shackel, K.A., and Labavitch, J.M. 1995. The effects of GA3 and divalent cations on aspects of pectin metabolism and tissue softening in ripening tomato pericarp. **Physiol. Plant**. 93: 108-115.

Molloy, C., Cheah, L.H., and Koolaard, J.P. 2004. Induced resistance against *Sclerotinia sclerotiorum* in carrots treated with enzymatically hydrolysed chitosan. **Postharvest Biol. Technol**. 33: 61–65.

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

Pen, L.T., and Jiang, Y.M. 2003. Effects of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut Chinese water chestnut. **Lebensm.-Wiss. U.-Technol**. 36: 359-364.

Poovaiah, B.W., Glenn, G.M., and Reddy, A.S.N. 1988. Calcium and fruit softening: Physiology and Biochemistry. **Hort. Rev**. 10: 107-153.

Reddy, M.V.B., Belkacemi, K., Corcuff, R., Castaigne, F., and Arul, J. 2000. Effect of pre-harvest chitosan sprays on post-harvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit. **Postharvest Biol. Technol**. 20: 39–51.

Rolle, R.S., and Chism, I.G.W. 1987. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **J. Food Qual**. 10: 157–177.

Romanazzi, G., Nigro, F., and Ippolito, A. 2003. Short hypobaric treatments potentiate the effect of chitosan in reducing storage decay of sweet cherries. **Postharvest Biol. Technol**. 29: 73-80.

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

Sapers, G.M., and Miller, R.L. 1995. Heats ascorbic/citric acid solution as browning inhibitor for prepeeled potatoes. **J. Food Sci**. 60: 762-766.

Sarni-Manchado, P., Le Roux, E., Le Guerneve, C., Lozano, Y., and Cheynier, V. 2000. Phenolic composition of litchi fruit pericarp. **J. Agric. Food Chem**. 48: 5995–6002.

Scott, K.J., Brown, B.I., Chaplin, G.R., Wilcox, M.E., and Bain, J.M. 1982. The control of rotting and browning of litchi fruit by hot benomyl and plastic films. **Sci. Hort**. 16: 253–262.

Somboonsarn, N. 1993. **Harvesting indices, storage and postharvest physiology of baby corn**. Doctoral dissertation. Department of Horticulture, Graduate School, Kasetsart University.

Taiz, L., and Zeiger, E., 1998. **Plant physiology**. 2nd ed. The Benjamin/Cummings Publishing Company.

Underhill, S.J.R., Bagshaw, J., Prasad, A., Zauberman, G., Ronen, R., and Fuchs, Y. 1992. The control of litchi postharvest skin browning using sulphur dioxide and low pH. **Acta Hort**. 321: 732–741.

Underhill, S.J.R., and Simsons, D.H. 1993. Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp desiccation and the importance of postharvest micro-cracking. **Sci. Hort**. 54: 287–294.

Underhill, S.J.R., and Critchley, C. 1994. Anthocyanin decolorisation and its role in lychee pericarp browning. **Aust. J. Exp. Agric**. 34: 115–122.

Underhill, S.J.R., and Critchley, C. 1995. Cellular localisation of polyphenol oxidase and peroxydase activity in *Litchi chinensis* Sonn. **Aust. J. Plant Physiol**. 22: 627–632.

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

Yuen, C.M.C. 1994. Calcium and fruit storage potential. **Austral. Centre Intl. Agr.** Res. 50: 218-227. Cited in Saftner, R.N., Conway, W.S., and Sams, C.E. 1999. Postharvest calcium infiltration alone and combined with surface coating treatments influence volatile levels, respiration, ethylene production, and internal atmospheres of 'Golden Delicious' apples. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 124: 553-558.

Zagory, D. 1995. Controlled and modified atmospheres for fresh-cut products: film technology and selection. University of California Davis. **Perishables Handling Newsletter**. 81: 20–22.

Zhang, D., and Quantick, P.C. 1997. Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. **Postharvest Biol. Technol.** 12: 195-202.

Zhang, Z., Pang, X., Yang, C., Ji, Z., and Jiang, Y. 2004. Purification and structural analysis of anthocyanins from litchi pericarp. **Food Chem.** 84: 601–604.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณอัตราการหายใจ

จากการวิเคราะห์ปริมาณ CO_2 ด้วยเครื่อง gas chromatography ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น %

สมมติค่า CO_2 ที่อ่านได้มีค่าเป็น X %

แสดงว่าในอากาศ 100 ส่วน มี CO_2 X ส่วน

ถ้าขวดโหลที่ใช้เก็บก๊าซมีปริมาตร 2,394 มิลลิลิตร จะมี CO_2 23.94*X มิลลิลิตร

ข้าวโพดฝักอ่อนที่นำมาวัดอัตราการหายใจ มีน้ำหนัก W กิโลกรัม

แสดงว่าข้าวโพดฝักอ่อนน้ำหนัก W กิโลกรัม ผลิต CO_2 ได้ 23.94*X มิลลิลิตร

ถ้าข้าวโพดฝักอ่อนน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ผลิต CO_2 ได้ $\frac{23.94*X}{W}$ ml.CO_2/kg

เวลาที่ใช้ในการวัดอัตราการหายใจ คือ 240 นาที

แสดงว่าข้าวโพดฝักอ่อนหายใจนาน 240 นาที ผลิต CO_2 ได้ $\frac{23.94*X}{W}$ ml.CO_2/kg

ถ้าข้าวโพดฝักอ่อนหายใจนาน 60 นาที ผลิต CO_2 ได้ $\frac{5.985*X}{W}$ ml.CO_2/kg.hr

<u>การเปลี่ยนหน่วยจากมิลลิลิตรเป็นมิลลิกรัมโดยเทียบจากกฎของบอยส์</u>

กฎของบอยส์ PV = nRT

เมื่อ P = ความดันบรรยากาศ ณ อุณหภูมินั้น (1 atm)

n = จำนวนโมล

R = ค่าคงที่ 0.08206

T = อุณหภูมิองศาเคลวิน

V = ปริมาตรของอากาศ หน่วยเป็นลิตร

$V = \frac{nRT}{P}$,ที่อุณหภูมิ 25 ° C

$= \frac{1x0.08206x298}{1}$

= 24.45388 ลิตร (24,453.88 มิลลิลิตร)

ที่อุณหภูมิ 25 ° C CO_2 1 โมล มีปริมาตร 24,453.88 มิลลิลิตร ในขณะที่ CO_2 1 โมล หนัก 44,000 มิลลิกรัม ดังนั้น CO_2 1 โมล มีปริมาตร 24,453.88 มิลลิลิตร มีน้ำหนัก 44,000 มิลลิกรัม

ถ้า CO_2 มีปริมาตร $\frac{5.985*X}{W}$ ml.CO_2/kg.hr มิลลิลิตร จะมีน้ำหนัก $\frac{10.77*X}{W}$ ml.CO_2/kg.hr

สรุป อัตราการหายใจของข้าวโพดฝักอ่อน = $\frac{10.77*X}{W}$ ml.CO_2/kg.hr

เมื่อ W = น้ำหนักสดของข้าวโพดฝักอ่อน หน่วยเป็นกิโลกรัม

X = % CO_2 ที่อ่านได้จากเครื่อง gas chromatography

การวิเคราะห์ปริมาณ PPO (ดัดแปลงจาก Mongomery และ Sgarbiery, 1975)

บดตัวอย่างข้าวโพดที่แช่แข็งไว้ในไนโตรเจนเหลว เติม extraction buffer 6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียว จากนั้นเทตัวอย่างลงในหลอด centrifuge screw cap ขนาด 15 มิลลิลิตร ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 ºC เป็นเวลา 10 นาที นำสารส่วนใสมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร โดยทำการวัดแบบไคเนติกทุกๆ 15 วินาที ระหว่าง 0-60 วินาที เทียบระหว่าง Reference cuvette และ Sample cuvette โดยในแต่ละ cuvette มีส่วนประกอบดังนี้

Reference cuvette	2.9 ml 0.05 M KPi buffer pH 7
	0.1 ml สารละลายเอนไซม์
Sample cuvette	2.9 ml 0.2 M KPi buffer pH 7
	10 mM pyrocatechol
	0.1 ml สารละลายเอนไซม์

การวิเคราะห์ปริมาณ total protein

ปริมาณโปรตีนสามารถหาได้จาก reaction mixture ที่ประกอบด้วย

สารละลายตัวอย่าง (ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเอนไซม์) 50 µl

สารตรวจสอบโปรตีน Bio-Rad D_C protein assay Reagent B 50 µl

ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร เทียบกับค่าของสารละลายโปรตีนมาตรฐานที่ใช้ bovine serum albumin (BSA)

การเตรียมสารที่ใช้ในการวิเคราะห์แอคติวิตีของ PPO

1. การเตรียม 0.05M potassium phosphate buffer pH 7 ที่อุณหภูมิ 25ºC

ผสมสารระหว่าง 1M K_2HPO_4 ปริมาตร 30.75 มิลลิลิตร และ 1M KH_2PO_4 ปริมาตร 19.25 มิลลิลิตร ให้เข้ากันแล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

2. การเตรียม 0.2M potassium phosphate buffer pH 7 ที่อุณหภูมิ 25ºC

ผสมสารระหว่าง 1M K_2HPO_4 ปริมาตร 61.5 มิลลิลิตร และ 1M KH_2PO_4 ปริมาตร 38.5 มิลลิลิตร ให้เข้ากันแล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 500 มิลลิลิตร

3. การเตรียม extraction buffer

ใช้ PVP 6.25 กรัม แขวนลอยใน 0.05M potassium phosphate buffer pH 7 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ควรเตรียม extraction buffer ใหม่ทุกครั้งที่ทำการสกัดเอนไซม์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวฉัตรวรุณ พจนการุณ เกิดวันที่ 16 กันยายน พ.ศ. 2523 ที่จังหวัดเพชรบูรณ์ สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในปีการศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2545

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย