ผลของ 1-MCP และการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออาการสะท้านหนาวของผลลองกอง

The Effect of 1-MCP and Modified Atmosphere Packaging on Chilling Injury in Longkong Fruit

กุลวัชร วัฒนเชาวน์พิสุทธิ์

Kulawat Wattanachoavapisut

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Plant Science
Prince of Songkhla University
2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของ 1-MCP และการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออาการสะท้านหนาวของผลลองกอง

ผู้เขียน นายกุลวัชร วัฒนเชาวน์พิสุทธิ์

สาขาวิชา พืชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ดร.อดิเรก รักคง)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลดาวัลย์ เลิศเลอวงศ์)

.....กรรมการ

(ดร.อดิเรก รักคง)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมัคร แก้วสุกแสง)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....
(ดร.อดิเรก รักคง)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นายกุลวัชร วัฒนเชาวน์พิสุทธิ์)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกนำไปในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นายกุลวัชร วัฒนเชาวน์พิสุทธิ์)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของ 1-MCP และการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออาการสะท้านหนาวของผลลองกอง

ผู้เขียน นายกุลวัชร วัฒนเชาวน์พิสุทธิ์

สาขาวิชา พืชศาสตร์

ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

ผลของการใช้สาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ร่วมกับการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ (MAP) เพื่อลดการเกิดอาการสะท้านหนาวของผลลองกอง โดยทำการรมด้วย 1-MCP ที่ความเข้มข้น 0 1 และ 2 ไมโครลิตรต่อลิตรเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ร่วมกับการบรรจุใน ถุงโพลีเอทิลีน (PE) และถุงยืดอายุผักและผลไม้ (MAP) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้สาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP ช่วยชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาว อาการเกิดสีน้ำตาล และการร่วงของผลลองกองได้ จึงได้ทำการศึกษาผลการใช้สาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและกิจกรรมของเอนไซม์ของลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แบ่งออกเป็น 4 ทรีทเมนต์คือ ทรีทเมนต์ที่ 1 ไม่รม 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ทรีทเมนต์ที่ 2 ไม่รม 1-MCP ทรีทเมนต์ที่ 3 ไม่รม 1-MCP บรรจุในใส่ถุง MAP และทรีทเมนต์ที่ 4 รมการใช้สาร 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตรเป็นเวลา 12 ชั่วโมงแล้วนำมาบรรจุใส่ถุง MAP โดยทรีทเมนต์ที่ 2-4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 9 และ 12 วันและย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน โดยตรวจสอบระดับการเกิดอาการสะท้านหนาว การเกิดสีน้ำตาล การร่วงของผล การรั่วไหลของประจุ ปริมาณ malondialdehyde (MDA) กิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase (LOX) เอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) เอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) และ peroxidase (POD) พบว่าลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP เริ่มแสดงอาการสะท้านหนาวตั้งแต่วันที่ 9 ของการเก็บรักษา ส่วนลองกองที่บรรจุในถุง MAP ทั้งลองกองที่ผ่านการรมและไม่ได้รมด้วย 1-MCP เริ่มแสดงอาการสะท้านหนาวในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา แต่พบว่าลองกองที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP มีการเกิดอาการสะท้านหนาวและค่าการรั่วไหลของประจุน้อยกว่าลองกองที่ไม่ได้รมด้วย 1-MCP รวมทั้งยังชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกลองกองเมื่อนำไปวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วันได้ นอกจากนี้การรมซ่อลองกองด้วย 1-MCP ก่อนนำไปบรรจุในถุง MAP สามารถช่วยลดการหลุดร่วงของผลลองกองได้ การรมลองกองด้วยสาร 1-MCP แล้วบรรจุในถุง MAP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสมีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX และปริมาณ MDA ลดลงในวันที่ 9 และ 12 ของการเก็บรักษา ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าลองกองที่ไม่รมและรม 1-MCP บรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL เอนไซม์ POD และเอนไซม์ PPO น้อยกว่าลองกองที่ไม่บรรจุในถุง MAP ดังนั้นการรมสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตรเป็นเวลา 12 ชั่วโมงร่วมกับบรรจุในถุง MAP เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวและการหลุดร่วงของผลลองกองในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสได้

Thesis Title	The Effect of 1-MCP and Modified Atmosphere Packaging on Chilling Injury in Longkong Fruit
Author	Mr. Kulawat Wattanachoavapisut
Major Program	Plant Science
Academic Year	2015

Abstract

The effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) combined with modified atmosphere packaging (MAP) on reduction of chilling injury in longkong fruit were investigated. Longkong bunches were treated with 0 1 and 2 µl/l 1-MCP for 12 hr, then packed in PE bag and MAP bag, and stored at 12°C. It was found that the longkong treated with 2 µl/l 1-MCP or packed in the MAP bag showed delaying of fruit drop, pericarp browning and chilling injury symptom. Therefore, this treatment was chosen to study of its effect on physiological changes and activity of enzymes involved with chilling injury in longlong fruit. There were 4 treatments in this experiment including: (1) untreated fruits stored at 18°C, (2) untreated fruits stored at 12°C, (3) untreated fruit packed in the MAP bag and stored at 12°C, and (4) fruits treated with 1-MCP, packed in the MAP bag, and stored at 12°C. Cold stored fruits were evaluated for chilling injury index, pericarp browning, fruit drop, electrolyte leakage, malondialdehyde (MDA) content, and the activity of the following enzymes: lipoxygenase (LOX), phenylalanine ammonia-lyase (PAL), polyphenol oxidase (PPO), and peroxidase (POD) activities, after 9 and 12 day of cold storage, and 2 days after transferring these fruits to ambient temperature. The results showed that untreated fruit that stored at 12°C exhibited a chilling injury symptom after 9 days of cold storage, while the fruits, both untreated and treated with 1-MCP, were packed in MAP bag showed the symptom after 12 days of cold storage. However, the 1-MCP treated fruits showed lower chilling injury index and electrolyte leakage than untreated fruits during cold storage, and lower in pericarp browning after transferring to the ambient temperature for 2 days. 1-MCP treatment decreased fruit drop in longkong bunches packed in MAP bag. Lipoxygenase (LOX) activity and malondialdehyde (MDA) content decreased on day 9 and day 12 of cold storage. The levels of PAL POD and PPO activity were lower in both treated and non-treated fruits packed in MAP bag. The results

of this study showed that using the 2 µl/l 1-MCP for 12 hours combined with modified atmosphere packaging (MAP) decreased chilling injury symptom and fruit drop of longkong during storage at t 12^{o}C.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์ของ ดร.อดิเรก รักคง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ คำสั่งสอน ทั้งด้านการเรียน การวิจัย ด้านคุณธรรมจริยธรรมและสอนทักษะในด้านต่าง ๆ ทั้งการวางแผน การทดลอง การดำเนินการวิจัย ตั้งแต่เริ่มทำวิทยานิพนธ์ ตรวจทานและปรับปรุงแก้ไขในข้อผิดพลาด ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่งจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลดาวัลย์ เลิศเลอวงศ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมัคร แก้วสุกแสง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนในการทำวิจัยจากสถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรกรและทรัพยากรธรรมชาติ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2556-2557 และทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอขอบคุณความอนุเคราะห์ในการทำวิจัยจากทุกห้องปฏิบัติการในภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา เป็นอย่างสูง ที่คอยเป็นแรงผลักดัน คอยให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งทุนในการศึกษาตลอดมา

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาพืชศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความรู้ ขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาพืชศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ จนกระทั่งสำเร็จการศึกษา ขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่สนับสนุนและเป็นกำลังใจในการทำวิจัยตลอดการศึกษาจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

กุลวัชร วัฒนเชาวน์พิสุทธิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(8)
สารบัญ	(9)
รายการภาพประกอบ	(10)
ลักษณะคำย่อและตัวย่อ	(14)
หนังสือตอบรับ	(15)
บทที่ 1 บทนำต้นเรื่อง	1
บทที่ 2 ผลการทดลอง	5
การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้น 1-MCP และชนิดของถุงพลาสติก ที่ใช้บรรจุต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวของผลลองกอง	5
การทดลองที่ 2 ผลของ 1-MCP และถุงพลาสติกที่ใช้ในบรรจุต่อการ เปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและกิจกรรมของเอนไซม์ของลองกอง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ	34
บทที่ 3 สรุปผลการทดลอง	77
เอกสารอ้างอิง	80
ผลงานที่ตีพิมพ์	83
ประวัติผู้เขียน	88

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	การเกิดอาการสะท้านหนาวของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วัน	11
2	ลักษณะอาการสะท้านหนาวของลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วัน	13
3	ลักษณะการเกิดสีน้ำตาลของลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วันแล้วย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน	15
4	การเกิดสีน้ำตาลของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 10 และ 15 วันแล้วย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน (ก) และ 2 วัน (ข)	16
5	ค่ามุมสีของเปลือกลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วัน	18
6	ค่ามุมสีของเปลือกลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 และ 15 วันแล้วย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน (ก) และ 2 วัน (ข)	19
7	เปอร์เซ็นต์ผลร่วงของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วัน (ก) และวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	21
8	เปอร์เซ็นต์ผลเน่าของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วัน (ก) และวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	23
9	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	25

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
10	ความแน่นเนื้อของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วัน (ก) และวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	27
11	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 และ 15 วัน (ก) และวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	28
12	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วัน (ก) และวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	30
13	ลักษณะอาการสะท้านหนาวของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน	39
14	การเกิดอาการสะท้านหนาวของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน	40
15	ลักษณะอาการสะท้านหนาวของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วันแล้วย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน	42
16	การเกิดสีน้ำตาลของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน (ก) และ 2 วัน (ข)	43
17	ค่ามุมสีของเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9และ 12 วัน	44
18	ค่ามุมสีของเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน แล้วย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน	45

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
19	เปอร์เซ็นต์ผลร่วงของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	47
20	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุของผลลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน	48
21	ปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุของผลลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน	49
22	ปริมาณเอทิลีนในภาชนะบรรจุของผลลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน	50
23	เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุจากเปลือกลองกองที่ผ่านเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	52
24	ปริมาณ MDA ที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	54
25	กิจกรรมของเอนไซม์ LOX จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	56
26	ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	58
27	กิจกรรมของเอนไซม์ POD ที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	60
28	กิจกรรมของเอนไซม์ PAL ที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	62

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
29	กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	64
30	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	66
31	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน แล้ว วางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	67
32	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 9 และ 12 วันแล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	68
33	เปอร์เซ็นต์ผลเน่าของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	69
34	ความแน่นเนื้อของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	70

ลักษณะคำย่อและตัวย่อ

1-MCP = 1-methylcyclopropene

MAP = Modified Atmosphere Packaging

PE = Polyethylene

MDA = Malondialdehyde

LOX = Lipoxygenase

PAL = Phenylalanine ammonia-lyase

PPO = Polyphenol oxidase

POD = Peroxidase

หนังสือตอบรับตีพิมพ์

แจ้งผลการพิจารณาบทความเพื่อการตีพิมพ์

Postharvest Technology Innovation Center Thailand

1/10/2013

เรียน ท่านผู้เสนอผลงาน

ตามที่นายกุลวัชร วัฒนเชาวน์พิสุทธิ์ได้ส่งบทความวิจัยซึ่งนำเสนอในงานสัมมนาวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติครั้งที่ 11 เพื่อการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ฉบับพิเศษ ของสมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ทางคณะผู้จัดขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

บัดนี้ผลงานของท่านได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการวิชาการพิจารณาบทความวิจัย และทางคณะกรรมการได้มีข้อเสนอแนะการแก้ไขปรับปรุงบทความวิจัยตามเอกสารแนบ

ขอให้ท่านโปรดส่งบทความวิจัยที่แก้ไขแล้วเสร็จกลับคืนมายังศูนย์ฯ ในรูปแบบไฟล์ MS-word ผ่านทาง e-mail นี้ ภายในวันจันทร์ที่ 14 ตค. 2556 จักขอบคุณยิ่ง หากเกินระยะเวลาที่กำหนดจะถือว่าท่านสละสิทธิ์ในการตีพิมพ์ผลงาน

ขอแสดงความนับถือ

ปุณิกา จินดาสุ่น

ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

053-941448

บทที่ 1
บทนำต้นเรื่อง

บทนำต้นเรื่อง

ลองกองเป็นไม้ผลเมืองร้อนอยู่ในตระกูล Meliaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aglaia dookoo* Griff. เป็นไม้ผลที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ ทั้งนี้เพราะลองกองมีรสชาติดี กลิ่นหอม รสหวาน มีเมล็ดและยางน้อย (นิพนธ์, 2554) ลองกองเป็นไม้ผลที่มีรสชาติหอมหวาน เป็นแหล่งสำคัญของวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ ที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย และสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรค่อนข้างสูง เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย โดยเฉพาะพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง จากข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี 2552-2557 พบว่า ประเทศไทยมีพื้นที่ให้ผลผลิตลองกองอยู่ระหว่าง 353,239-391,682 ไร่ และผลผลิตรวมอยู่ระหว่าง 87,294-177,978 ตัน และในปี 2556 พบว่าภาคใต้ให้ผลผลิตสูงถึง 89,901 ตัน หรือคิดเป็นผลผลิตต่อไร่ 355 กิโลกรัมต่อไร่ ข้อมูลการส่งออกของลองกอง พบว่าในปี 2550 มีการส่งออก ปริมาณ 1,480 ตัน คิดเป็นมูลค่า 23 ล้านบาท ไปยังประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา เวียดนาม จีน สาธารณรัฐเยอรมัน อินโดนีเซีย และสิงคโปร์ และในปี 2552-2557 มีปริมาณการส่งออกอยู่ระหว่าง 695-4,931 ตัน มีมูลค่าอยู่ระหว่าง 15-100 ล้านบาท และมีราคาส่งออก 11,894-22,505 บาท/ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) คุณภาพของลองกองขั้นต่ำต้องมีคุณภาพดังต่อไปนี้ เป็นลองกองทั้งผล ผลมีขั้วติดอยู่ ลักษณะตรงตามพันธุ์ คุณภาพดีไม่เน่าเสียหรือผลเสื่อมซึ่งไม่เหมาะแก่การบริโภค สะอาด ไม่มีศัตรูพืช ไม่มีความเสียหายของผลิตผลเนื่องจากศัตรูพืช ไม่มีรอยช้ำ ไม่มีความผิดปกติของความชื้นภายนอกโดยไม่รวมถึงหยดน้ำที่เกิดจากการนำผลิตผลออกจากห้องเย็น ไม่มีความเสียหายอันเนื่องมาจากอุณหภูมิต่ำหรืออุณหภูมิสูง ไม่มีกลิ่นแปลกปลอมหรือรสชาติผิดปกติ และกรณีที่เป็นลองกองช่ออนุญาตให้มีช่อที่มีผลร่วงไม่เกิน 30% (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549) เนื่องจากลองกองเป็นผลไม้ประเภทนอนไคลแมคเทอริค (non-climacteric) ซึ่งไม่สามารถนำมาบ่มได้ การเก็บเกี่ยวจะต้องเก็บลองกองเมื่อเข้าสู่ระยะสุก และหลังการเก็บเกี่ยวจะเกิดการเน่าง่าย ผลมีความสดลดลง เปลือกเหี่ยวและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (มุทิตา และคณะ, 2547) หลังจากเก็บเกี่ยวลองกอง 4-6 วันเกิดการร่วงของผล ทำให้เกิดการสูญเสียระหว่างจำหน่าย (ศรินณา, 2553) จึงไม่เป็นที่ดึงดูดใจของผู้บริโภค โดยทั่วไปลองกองสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาลองกองอยู่ในช่วง 15-18 องศาเซลเซียส จากการทดลองของ Piyasaengthong และคณะ (1997) พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ผลลองกองมีอายุการเก็บรักษานาน 21 วัน และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 14 องศาเซลเซียสสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเกิดสีน้ำตาล และลดการเน่าเสียของผลลองกองได้ (ศรินณา, 2553; วาสนา และคณะ, 2550) ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตผลจะมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพของผลิตผล เนื่องจากเอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่มีบทบาทสำคัญในการเสื่อมสภาพของผลิตผล (จริงแท้, 2544) ซึ่งสาร

1-MCP มีคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีนในผลิตผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถแย่งจับกับตัวรับเอทิลีนได้มากกว่าเอทิลีนถึง 100 เท่า เอทิลีนจึงไม่สามารถทำงานได้ (Blankenship and Dole, 2003) แต่การเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำทำให้เกิดความเสียหายจากอาการผิดปกติที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (Chilling injury) อาการสะท้านหนาวนี้มักเกิดขึ้นกับพืชที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อนที่ได้รับอุณหภูมิต่ำกว่า 10-13 องศาเซลเซียส (สายชล, 2528) การเกิดอาการสะท้านหนาวมีสาเหตุมาจากการที่พืชได้รับอุณหภูมิต่ำกว่าจุดวิกฤติซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตผล แนวทางในการลดอาการสะท้านหนาวโดยการใช้ บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อปรับสัดส่วนบรรยากาศ เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่นิยมใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกอง โดยช่วยชะลออัตราการหายใจ ลดความผิดปกติที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และป้องกันการสูญเสียคุณภาพผลผลิต ซึ่งในการเก็บลองกองในถุงโพลีเอทิลีน โดยบรรจุแบบสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ช่วยรักษาคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสได้ (กีรติ และประดิษฐ์, 2544) ผลจากการใช้การปรับเปลี่ยนสภาพบรรยากาศจะช่วยลดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา เช่นอาการบาดเจ็บของเซลล์ที่เกิดจากความเย็น การเกิดจุดสีน้ำตาล โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลที่ถูกออกซิไดส์ด้วยออกซิเจน (จริงแท้, 2544)

ประพิณพร และจริงแท้ (2552) ศึกษาการใช้สาร 1-MCP ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรรมช่อลองกองเป็นเวลา 12 ชั่วโมง สามารถลดการหลุดร่วงของผลลองกองที่เก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน ได้ประมาณ 50% แต่หลังจากนั้นไม่สามารถช่วยลดการหลุดร่วงได้ เวศน์ทิวา (2549) ศึกษาการเก็บรักษาผลลองกองในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยการหุ้มด้วยฟิล์มโพลีเอทิลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า การหุ้มผลลองกองด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีเอทิลีนช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและชะลอการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ PPO ในเปลือกได้จึงช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลและสามารถเก็บรักษาผลลองกองได้สูงถึง 15 วัน สาเหตุที่ใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์เพื่อลดอาการสะท้านหนาว เนื่องจากการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์เกิดการร่วงของผลลองกองสูง จึงใช้สาร 1-MCP ที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้ ซึ่งช่วยลดการหลุดร่วงในผลลองกองได้ ดังนั้นการใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ สามารถช่วยลดอาการสะท้านหนาว ลดการร่วงของผล ชะลอการหายใจ และปฏิกิริยาทางเคมีต่าง ๆ ภายในผลิตผลให้ช้าลง

วัตถุประสงค์

ศึกษาผลของสาร 1-MCP และการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของลองกอง และเพื่อศึกษาผลของสาร 1-MCP และการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวของลองกอง

บทที่ 2

การทดลองที่ 1
ผลของความเข้มข้น 1-MCP และชนิดของถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวของผลลองกอง

บทนำ

อุณหภูมิต่ำเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตทางพืชสวนให้มีอายุการวางขายได้นานขึ้น เพราะอุณหภูมิต่ำช่วยลดกระบวนการเมตาโบลิซึมต่าง ๆ ของผลิตผลลง ทำให้ยังคงคุณภาพอยู่ได้ แต่การได้รับอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมเป็นเวลานานอาจจะทำให้อายุการวางขายในตลาดสั้นลงได้ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำเกินไป ทำให้เกิดความเสียหายโดยแสดงอาการผิดปกติที่เรียกว่าการสะท้านหนาว จากแนวคิดที่ว่าอาการสะท้านหนาวแบ่งออกเป็น 2 เหตุการณ์ ได้แก่ เหตุการณ์แรก เมื่อพืชได้รับอุณหภูมิต่ำทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นภายในผลิตผล ทำให้กระบวนการทางชีวเคมีภายในพืชผิดปกติไป เช่น การหายใจ การสังเคราะห์แสง การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ การไหลเวียนของไซโทพลาสซึม และการสังเคราะห์เอทิลีน เป็นต้น และเหตุการณ์ที่สอง เป็นผลมาจากความผิดปกติจากกระบวนการทางชีวเคมีต่าง ๆ จากเหตุการณ์แรกก่อให้เกิดความเสียหายกับเซลล์หรือเนื้อเยื่อก่อให้เกิดอาการที่สังเกตได้ (Raison and Orr, 1990) อาการสะท้านหนาวทำให้อัตราการเกิดสีน้ำตาลของสีเปลือกเร็วขึ้นและการสะสมของแอลกอฮอล์ในเนื้อทำให้รสชาติผิดปกติไป (จริงแท้, 2544) ซึ่งการเกิดอาการสะท้านหนาวจะสังเกตได้ชัดเจนขึ้น เมื่อนำมาวางที่อุณหภูมิที่ไม่ก่อให้เกิดอาการสะท้านหนาว โดยการเก็บรักษาลองกองที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่ามีการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกสูงกว่าโดยมีค่าความสว่างต่ำกว่าการเก็บรักษาลองกองที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส (เย็นจิตต์ และคณะ, 2540)

การเก็บรักษาโดยวิธีดัดแปลงสภาพบรรยากาศ โดยลดปริมาณก๊าซ O_2 และเพิ่มปริมาณก๊าซ CO_2 จะช่วยทำให้คุณภาพของผลไม้สดและผลไม้พร้อมบริโภคมีการสูญเสียลดลงทั้งทางด้านปริมาณและด้านคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา ปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษาผลไม้ภายใต้บรรยากาศดัดแปลง ได้แก่ ชนิดของผลไม้ อุณหภูมิ ปริมาณของผลไม้ในภาชนะบรรจุ เป็นต้น (จริงแท้, 2544) ศรินญา และคณะ (2553) รายงานว่า การเก็บรักษาช่อลองกองในถุงชนิด Nylon/LLDPE (linear low-density polyethylene) ร่วมกับกล่องกระดาษเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 วัน สามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลสีผิวเปลือกได้ดีกว่าการบรรจุช่อลองกองในกล่องกระดาษเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาช่อลองกองในถุงชนิด Nylon/LLDPE ร่วมกับกล่องกระดาษนั้นมีการหลุดร่วงของผลลองกองต่อช่อสูงถึง 20% แม้ว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงมีผลทำให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษานานกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติแต่หากต้องขนส่งผลิตผลไปในระยะทางไกล วิธีการนี้อาจมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ จึงมีการนำการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงมาประยุกต์ใช้ร่วมกับ 1-MCP เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ จริงแท้ (2553) รายงานว่า การบรรจุช่อลองกองในถุงพลาสติกสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำออกจากผลได้แต่ก็ทำให้มีการสะสมของเอทิลีนภายในถุงส่งผลให้เกิดหลุดร่วงของผลลองกอง โดยพบว่า ช่อลองกองที่บรรจุถุง

high–OTR (high – oxygen transmission rate) หลังจากเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน ผลลองกองหลุดออกจากช่อหมด และการรม 1-MCP ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ก่อนบรรจุช่อลองกองในถุง high-OTR มีผลลองกองลักษณะดีที่ยังคงรูปเป็นช่ออยู่ 0.93% จะเห็นได้ว่าการรม 1-MCP ก่อนบรรจุช่อลองกองใส่ถุงยังมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอในการลดการหลุดร่วง ดังนั้นการรม 1-MCP ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ก่อนบรรจุในถุง high–OTR ควรใส่โปแตสเซียมเปอมังกาเนตลงไปในถุงด้วยเพื่อดูดซับเอทิลีนออกจากภาชนะบรรจุจึงช่วยลดการสะสมของเอทิลีนและลดการหลุดร่วงของผลลองกองได้โดยพบว่ามีลองกองยังคงรูปเป็นช่อ 58.13%

ดังนั้นการผสมผสานวิธีระหว่างการใช้สารยับยั้งการทำงานของเอทิลีนร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อปรับสภาพบรรยากาศ จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการลดอาการสะท้านหนาวในลองกองที่เกิดหลังจากการเก็บเกี่ยว ทั้งระหว่างการเก็บรักษาและขนส่งเพื่อยืดอายุลองกองให้ยาวนานขึ้นและยังคงคุณภาพไว้ งานวิจัยนี้จึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของลองกอง ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส โดยคัดเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมของสาร 1-MCP เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดอาการสะท้านหนาวของลองกองที่เก็บรักษาแบบดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งใช้บรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด ถุงยืดอายุผักและผลไม้ (MAP) และถุงโพลีเอทิลีน (PE) โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดอาการสะท้านหนาว

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วิธีดำเนินการ

เก็บเกี่ยวลองกองที่อายุ 13 สัปดาห์หลังดอกบาน บรรจุลงในตะกร้าพลาสติก แล้วขนส่งมายังห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ใช้ระยะเวลาขนส่งประมาณ 1 ชั่วโมง ทำความสะอาดช่อลองกองด้วยการใช้ลมเป่าเพื่อไล่แมลงและสิ่งแปลกปลอมทันที คัดเลือกช่อลองกองที่มีความสม่ำเสมอและคัดผลเสียภายในช่อทิ้ง

วิธีการทดลอง

ศึกษาผลของความเข้มข้นของ 1-MCP และชนิดของถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุผลลองกอง วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 1 ช่อ

นำช่อลองกองมารมด้วย 1-MCP ในภาชนะที่มีฝาปิด ในระดับความเข้มข้น 0 1 และ 2 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำช่อลองกองมาบรรจุในถุงตาข่าย ถุงพลาสติก PE และถุงยืดอายุผักและผลไม้ Fresh®&Fresh (เมื่ออากาศภายในถุงเข้าสู่สมดุลจะมีปริมาณออกซิเจน 5-10% และคาร์บอนไดออกไซด์ 5-15%) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12±0.5 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 78±2% นำลองกองออกจากถุงพลาสติกแล้วนำมาวางที่อุณหภูมิห้อง (26±0.8 องศาเซลเซียส)เป็นเวลา 2 วัน ตรวจสอบคุณภาพในวันที่เริ่มต้นการทดลองหลังจากครบกำหนดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และหลังจากนำมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 และ 2 วัน โดยบันทึกผลการทดลองดังนี้

1. การสูญเสียน้ำหนัก

โดยการชั่งน้ำหนักช่อลองกองในวันเริ่มต้นการทดลองและวันที่ทำการตรวจสอบคุณภาพ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น-น้ำหนักที่ชั่งได้})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

2. การเกิดอาการสะท้านหนาว

ให้คะแนนอาการสะท้านหนาวของผิวเปลือกลองกองตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

คะแนน	ลักษณะการเกิดอาการสะท้านหนาวของผิวลองกอง
1	ไม่เกิดอาการสะท้านหนาว
2	เกิดอาการสะท้านหนาวเล็กน้อยเป็นจุด ๆ
3	เกิดอาการสะท้านหนาวน้อยกว่า 25% ของพื้นที่ผิว
4	เกิดอาการสะท้านหนาว 25-50% ของพื้นที่ผิว
5	เกิดอาการสะท้านหนาวมากกว่า 50% ของพื้นที่ผิว

3. การเกิดสีน้ำตาล

ให้คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของผิวเปลือกลองกองตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

คะแนน	ลักษณะการเกิดสีน้ำตาลของผิวลองกอง
1	ไม่เกิดสีน้ำตาล
2	เกิดสีน้ำตาลเล็กน้อยเป็นจุด ๆ
3	เกิดสีน้ำตาลน้อยกว่า 25% ของพื้นที่ผิว
4	เกิดสีน้ำตาล 25-50% ของพื้นที่ผิว
5	เกิดสีน้ำตาลมากกว่า 50% ของพื้นที่ผิว

4. สีของผิวเปลือกลองกอง

สุ่มผลลองกองจากแต่ละซ้ำมา 5 ผล นำมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Konica Minolta CR 400 โดยวัดบริเวณส่วนกลางผลตรงข้ามกัน 3 จุด บันทึกค่าสี Hue angle

ค่า Hue angle (h^{o}) เป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของโทนสีในระดับต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปตามค่ามุมสี

5. การหลุดร่วงของผล

นับจำนวนผลที่หลุดร่วงและคำนวณเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงของผลจากจำนวนผลทั้งหมด

6. การเน่าเสียของผล

นับจำนวนผลที่เน่าเสีย และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของผลที่เน่าเสียเทียบกับจำนวนผลทั้งหมด

7. ความแน่นเนื้อผล

ปอกเปลือกผลลองกองเพื่อนำมาวัดความแน่นเนื้อตรงบริเวณกลางผลตรงข้ามกัน 2 ด้านด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อโดยใช้หัววัดขนาด 0.8 เซนติเมตร บันทึกผลเป็นนิวตัน

8. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

นำน้ำคั้นที่กรองผ่านผ้าขาวบางมา 5 มิลลิลิตร มาทำการไทเทรตด้วย 0.1 N NaOH โดยใช้ phenolphthalein ความเข้มข้น 1% ประมาณ 1-2 หยด เป็น indicator

จากนั้นนำปริมาณของ NaOH ที่ใช้มาคำนวณปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก จากสูตร

$$\% \text{ กรดซิตริก} = \frac{(\text{N NaOH} \times \text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้ (มล.)} \times \text{meq.wt.ของกรดซิตริก} \times 100)}{\text{ปริมาณน้ำคั้นของตัวอย่าง (มล.)}}$$

* meq.wt.ของกรดซิตริก = 0.064 (A.O.A.C., 2000)

9. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ทำการคั้นน้ำจากเนื้อลองกองซ้ำละ 5 ผล ผ่านผ้าขาวบาง จากนั้นนำน้ำคั้นที่ได้มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้โดยใช้เครื่อง Hand refractometer บันทึกผลเป็นองศาบริกซ์

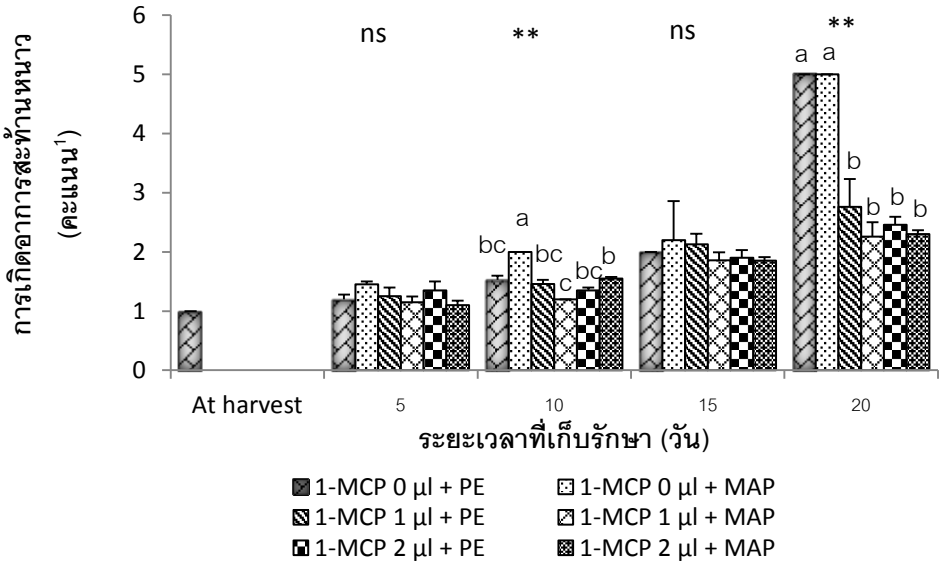
วิธีการรมสาร 1-MCP

นำช่อลองกองใส่ในกล่องโฟมที่มีฝาปิดสนิทปริมาตร 60.45 ลิตร (ในภาชนะมีการติดตั้งพัดลมเพื่อให้อากาศภายในกล่องหมุนเวียน) แล้วชั่งสาร 1-MCP ให้ได้จำนวนที่ปลดปล่อยก๊าซออกมาในความเข้มข้น 0 1 และ 2 ไมโครลิตรต่อลิตร จากนั้นบรรจุสารผสมกับน้ำนำมาใส่ในหลอดแก้วขนาดเล็กแล้ววางในกล่องปิดฝากล่องให้สนิท รมสาร 1-MCP เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

ผลการทดลอง

1.1 การเกิดอาการสะท้านหนาว

ลองกองที่เก็บรักษาเป็นเวลา 5 และ 15 วัน คะแนนอาการสะท้านหนาวไม่แตกต่างกัน ส่วนลองกองที่เก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน เริ่มเกิดอาการสะท้านหนาว หลังจากที่เก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน ลองกองเกิดอาการสะท้านหนาวมากขึ้น โดยการเก็บรักษาในถุง PE และ ถุง MAP เกิดอาการสะท้านหนาวครอบคลุมมากกว่า 50% ของพื้นที่เปลือก ลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP มีการเกิดอาการสะท้านหนาวสูงกว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ซึ่งลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP และบรรจุในถุงพบว่าแต่ละทรีทเมนต์ที่เก็บรักษา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 1 และ 2)



ภาพที่ 1 การเกิดอาการสะท้านหนาวของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วัน

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

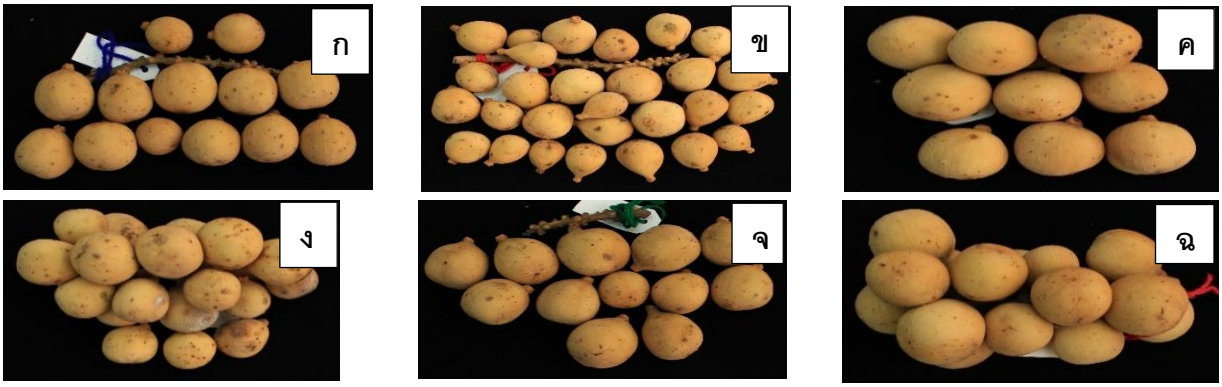
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 4 ซ้ำ

[1]ระดับการเกิดอาการสะท้านหนาว (1 = ไม่เกิดอาการสะท้านหนาว 2 = เกิดอาการสะท้านหนาวเล็กน้อยเป็นจุด ๆ 3 = อาการสะท้านหนาวครอบคลุม < 25% ของพื้นที่เปลือกผล 4 = อาการสะท้านหนาวครอบคลุม 25-50% ของพื้นที่เปลือกผล 5 = อาการสะท้านหนาวครอบคลุม < 50% ของพื้นที่เปลือกผล)

หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน

หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน



หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน

ภาพที่ 2 ลักษณะอาการสะท้านหนาวของลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วัน

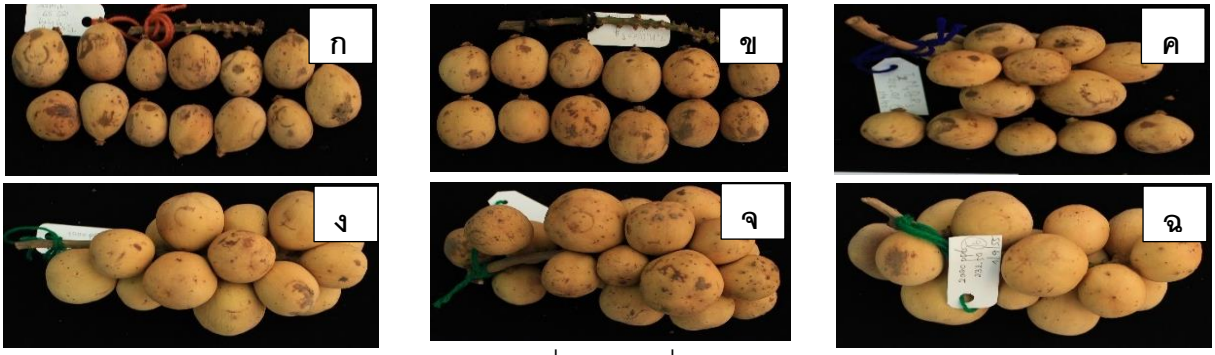
ก. รม 1-MCP 0 µl/l ร่วมกับบรรจุในถุง PE ข. รม 1-MCP 0 µl/l ร่วมกับบรรจุในถุง MAP

ค. รม 1-MCP 1 µl/l ร่วมกับบรรจุในถุง PE ง. รม 1-MCP 1 µl/l ร่วมกับบรรจุในถุง MAP

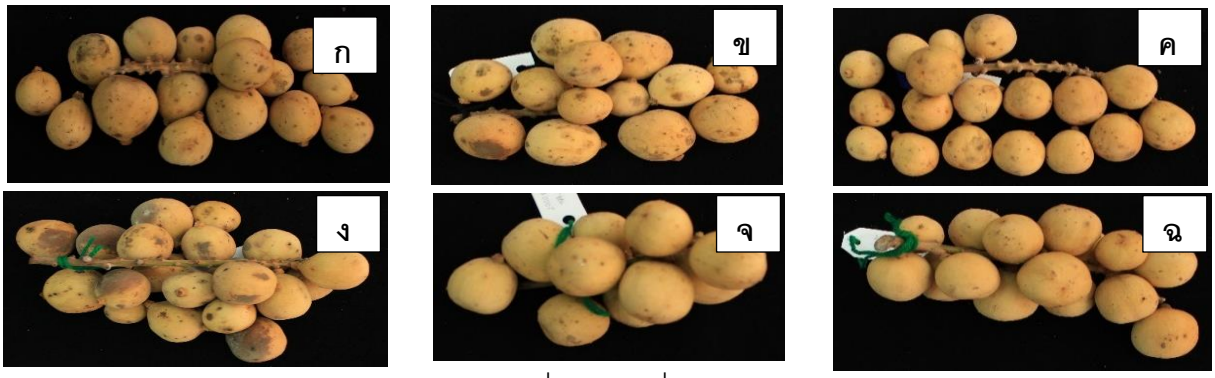
จ. รม 1-MCP 2 µl/l ร่วมกับบรรจุในถุง PE ฉ. รม 1-MCP 2 µl/l ร่วมกับบรรจุในถุง MAP

1.2 การเกิดสีน้ำตาล

การย้ายลองกองที่ผ่านการเก็บอุณหภูมิต่ำมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของลองกองที่บรรจุในถุง PE และในถุง MAP ไม่มีความแตกต่างกันเช่นเดียวกับลองกองที่ไม่ได้ผ่านการรม 1-MCP และผ่านการรม 1-MCP เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 10 และ15 วัน (ภาพที่ 4 ก) เมื่อนำลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำแล้วมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน พบว่าระดับการเกิดสีน้ำตาลสูงขึ้นกว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงระดับที่ 5 คือเกิดสีน้ำตาลครอบคลุมมากกว่า 50% ของพื้นที่เปลือก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 15 วัน โดยการเก็บรักษาในถุง PE เกิดสีน้ำตาลมีค่าสูงที่สุด ส่วนทรีทเมนต์อื่นเกิดสีน้ำตาลครอบคลุมมากกว่า 25% ของพื้นที่เปลือก ส่วนลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 5 วัน ลองกองที่ไม่ได้ผ่านการรม 1-MCP มีการเกิดสีน้ำตาลมากกว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 3 และ 4 ข) ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลาเวลา 20 วัน แล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 วัน ไม่สามารถเช็คคุณภาพได้ เนื่องจากลองกองมีการเน่าเสียอย่างรุนแรง (ภาพที่ 8 ก)

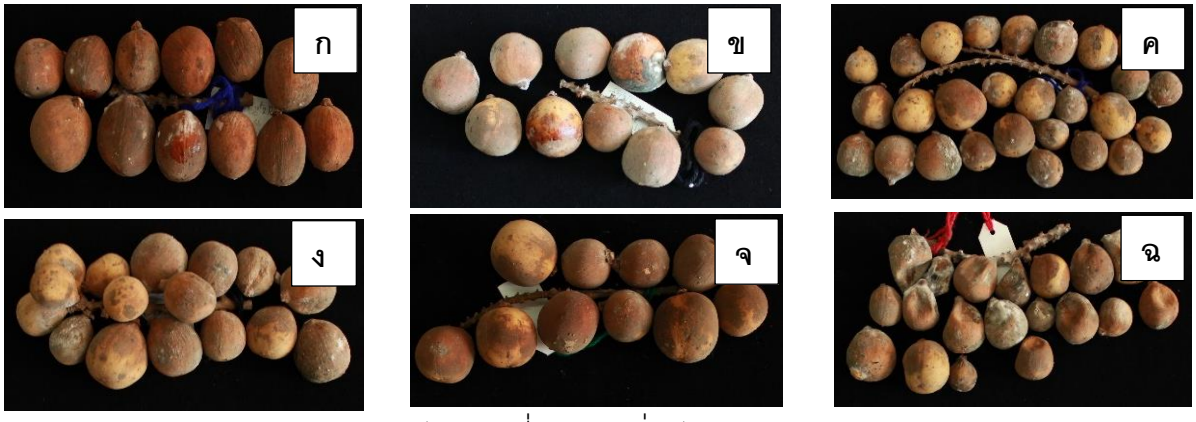


หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 5 วัน



หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 10 วัน

หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 15 วัน



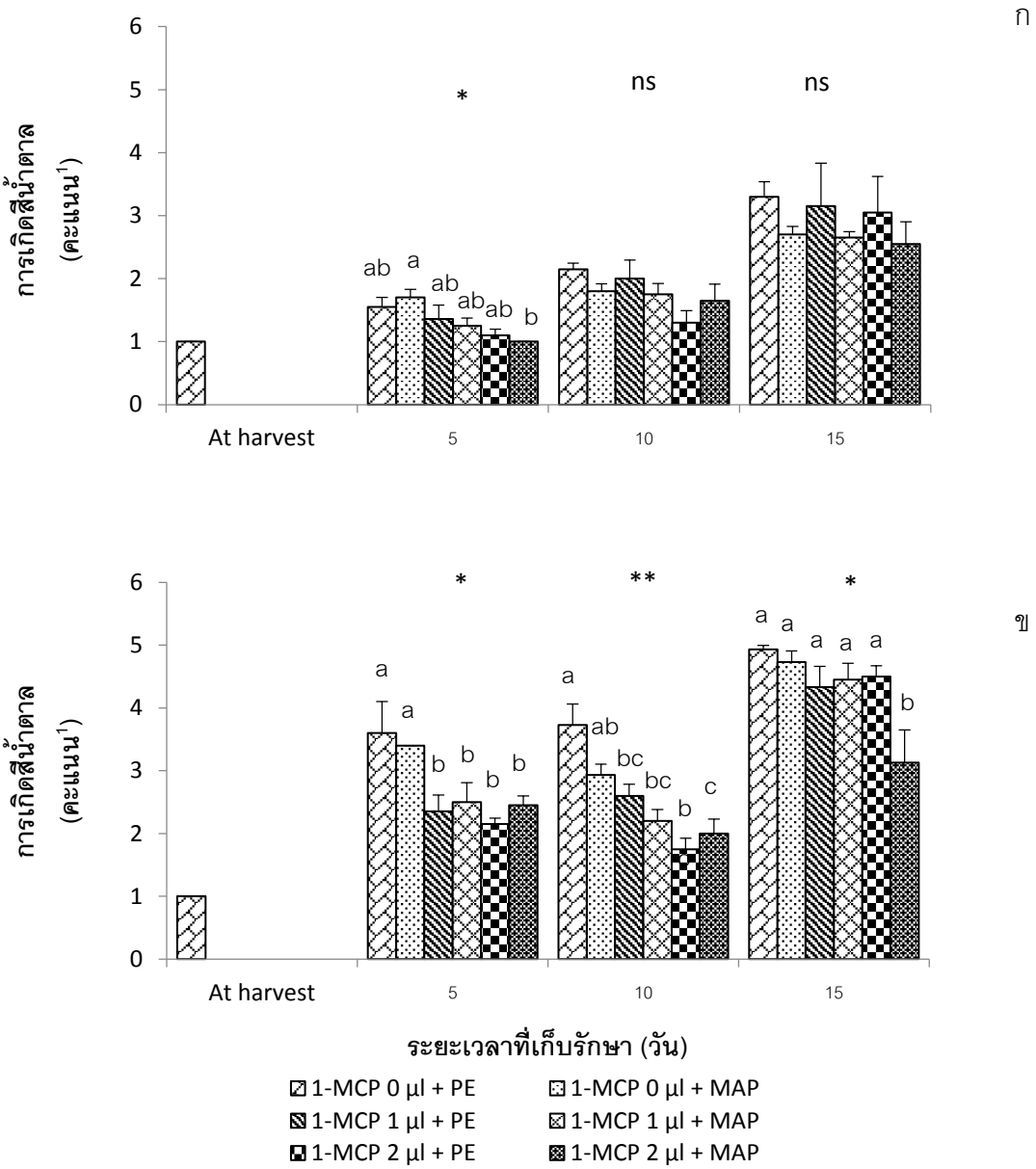
หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 20 วัน

ภาพที่ 3 ลักษณะการเกิดสีน้ำตาลของลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วันแล้วย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน

ก. รม 1-MCP 0 µl/l ร่วมกับบรรจุในถุง PE ข. รม 1-MCP 0 µl/l ร่วมกับบรรจุในถุง MAP

ค. รม 1-MCP 1 µl/l ร่วมกับบรรจุในถุง PE ง. รม 1-MCP 1 µl/l ร่วมกับบรรจุในถุง MAP

จ. รม 1-MCP 2 µl/l ร่วมกับบรรจุในถุง PE ฉ. รม 1-MCP 2 µl/l ร่วมกับบรรจุในถุง MAP



ภาพที่ 4 การเกิดสีน้ำตาลของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 10 และ 15 วันแล้วย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน (ก) และ 2 วัน (ข)

* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 95% ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

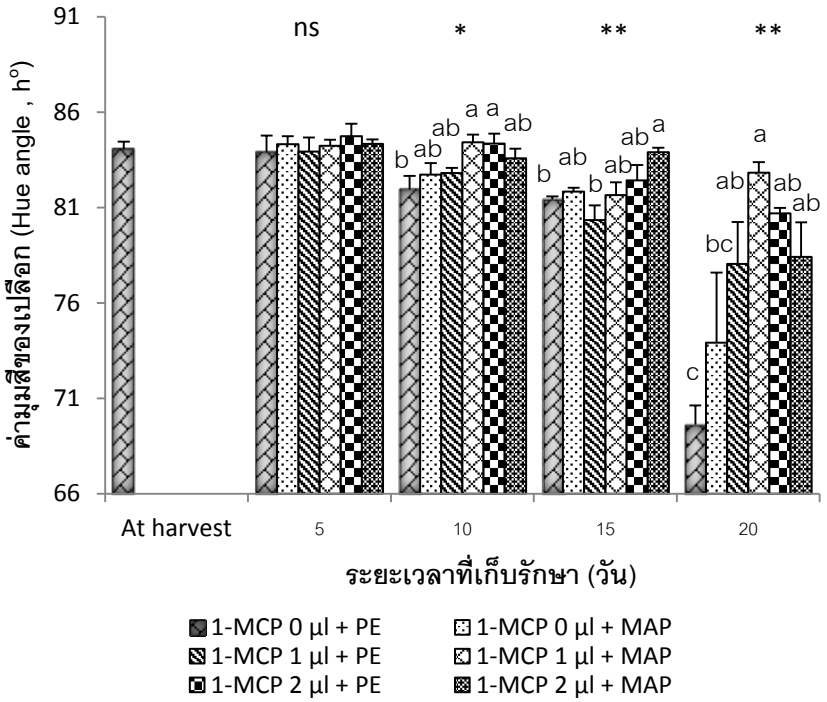
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 4 ซ้ำ

[1]ระดับการเกิดอาการสะท้านหนาว (1 = ไม่เกิดสีน้ำตาล 2 = เกิดจุดสีน้ำตาลเล็กน้อยเป็นจุด ๆ 3 = เกิดสีน้ำตาลครอบคลุม < 25% ของพื้นที่เปลือกผล 4 = เกิดสีน้ำตาล ครอบคลุม 25-50% ของพื้นที่เปลือกผล 5 = เกิดสีน้ำตาลครอบคลุม < 50% ของพื้นที่ เปลือกผล)

1.3 ค่ามุมสีของเปลือก

ค่ามุมสีของเปลือกลองกองลดลงหลังจากที่เก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดย ค่ามุมสีของลองกองเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และลองกองที่เก็บรักษาที่เป็นเวลา 5 วัน ไม่มีความแตกต่างกัน แต่หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วันค่ามุมสีมีแนวโน้มลดลง ซึ่งการเก็บรักษาลองกองในถุง PE มีค่ามุมสีลดลงตลอดระยะเวลาที่การเก็บรักษา และลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 20 วันมีค่ามุมสีต่ำที่สุดของการเก็บรักษา ลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ค่ามุมสีมีค่ามากกว่าลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP ส่วนการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตร ที่บรรจุในถุง MAP ค่ามุมสีมีค่ามากกว่าการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตร ที่บรรจุในถุง PE (ภาพที่ 5)

การย้ายลองกองออกมาวางที่อุณหภูมิห้องส่งผลให้ค่ามุมสีลดลง โดยการนำมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วันมีค่ามุมสีลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ละทรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 5 และ 10 วัน ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 15 วัน ค่ามุมสีมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 6 ก) ส่วนการนำลองกองมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 5 วัน ลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP และลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเก็บรักษาในถุง PE และ ถุง MAP ที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP มีค่ามุมสีต่ำกว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP เช่นเดียวกับลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 10 วัน แต่ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 15 วัน ลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP และบรรจุในถุง PE มีค่ามุมสีต่ำกว่าลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP และบรรจุในถุง MAP (ภาพที่ 6 ข)



ภาพที่ 5 ค่ามุมสีของเปลือกลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วัน

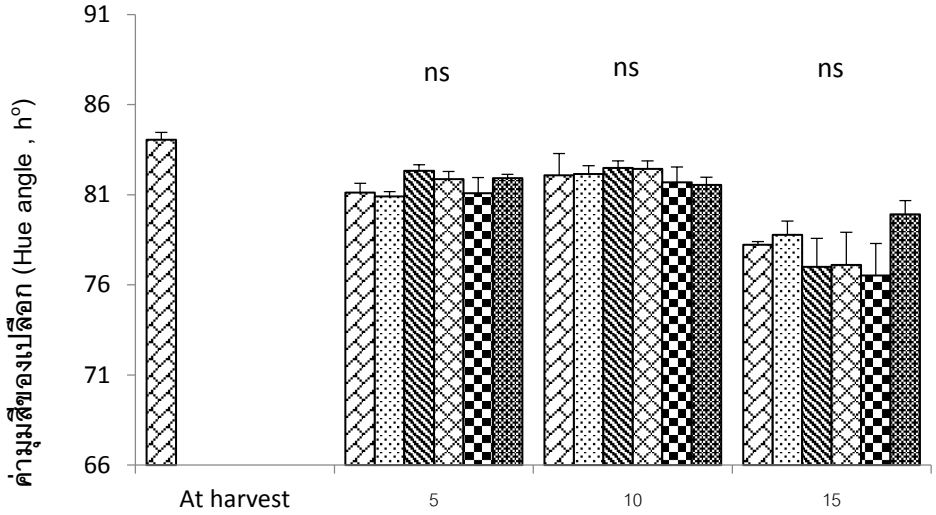
* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 95%

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

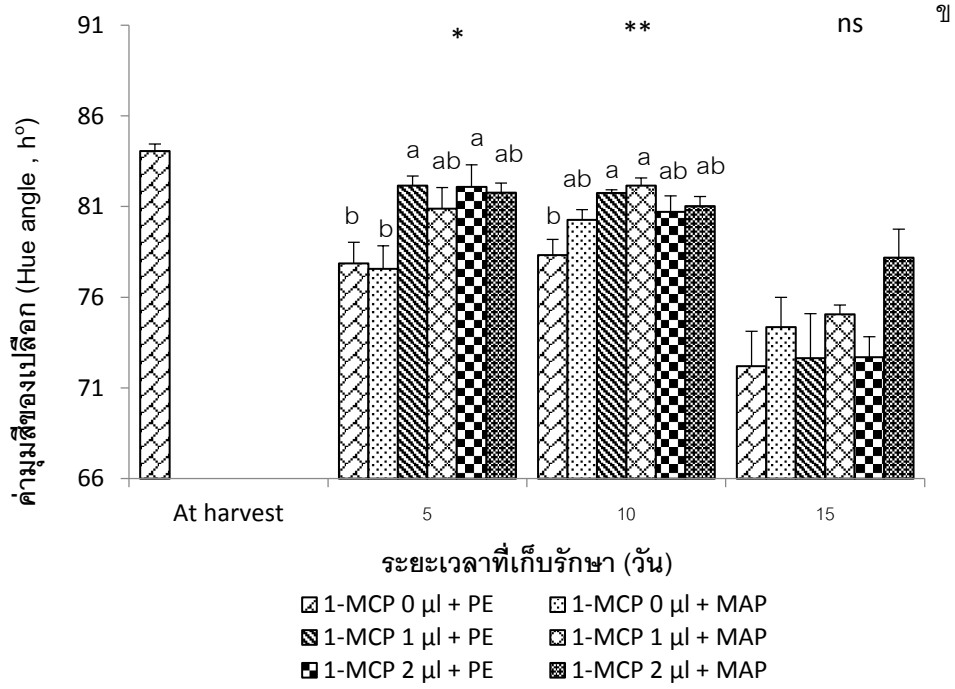
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 4 ซ้ำ

ก



ข



ภาพที่ 6 ค่ามุมสีของเปลือกลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 และ 15 วันแล้วย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน (ก) และ 2 วัน (ข)

* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 95%

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

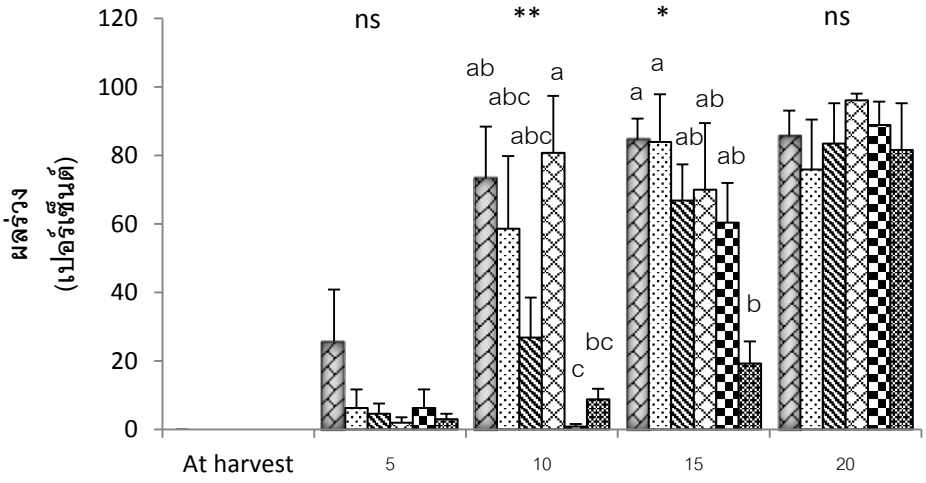
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 4 ซ้ำ

1.4 การร่วงของผล

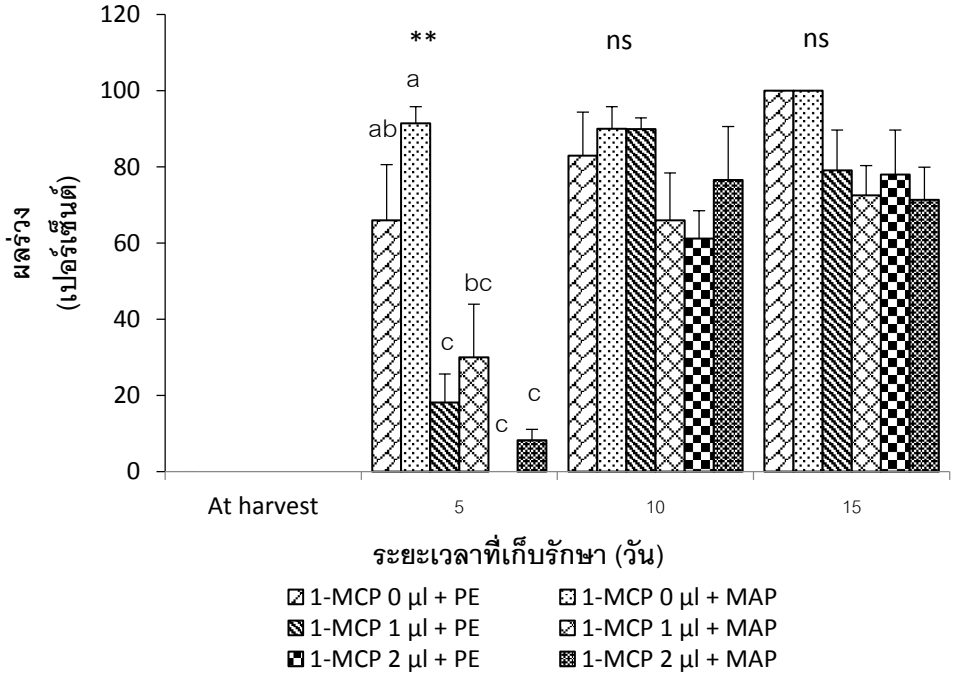
หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วันพบว่าทรีทเมนต์ที่เก็บรักษาในถุง PE มีเปอร์เซ็นต์ผลร่วงมากที่สุด หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วันเปอร์เซ็นต์ผลร่วงสูงขึ้น และหากดูเปอร์เซ็นต์ผลร่วงของลองกองที่มีผลร่วงเกิน 30% ซึ่งไม่ผ่านคุณภาพที่ มกอช. กำหนด ได้แก่ การเก็บรักษาในถุง PE ถุง MAP และ การเก็บลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP ส่วนทรีทเมนต์อื่นต่ำกว่าคุณภาพที่ มกอช. กำหนด โดยลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์ผลร่วงมีค่าต่ำที่สุด ส่วนการเก็บรักษาในวันที่ 15 เปอร์เซ็นต์ผลร่วงไม่ผ่านคุณภาพที่ มกอช. กำหนด ยกเว้นการเก็บลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาในวันที่ 20 ไม่มีทรีทเมนต์ไหนผ่านคุณภาพที่ มกอช. กำหนด (ภาพที่ 7 ก)

หลังจากนำมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน การเก็บลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง PE ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 5 วันไม่มีการร่วงของผลลองกอง แต่การเก็บรักษาในถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์ผลร่วงสูงที่สุด ซึ่งลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP มีเปอร์เซ็นต์ผลร่วงสูงกว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ส่วนลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 10 และ 15 วันเปอร์เซ็นต์ผลร่วงของลองกองมีผลร่วงเกิน 30% ซึ่งไม่ผ่านคุณภาพที่ มกอช. กำหนด (ภาพที่ 7 ข)

ก



ข



ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์ผลร่วงของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วัน (ก) และวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 95%

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

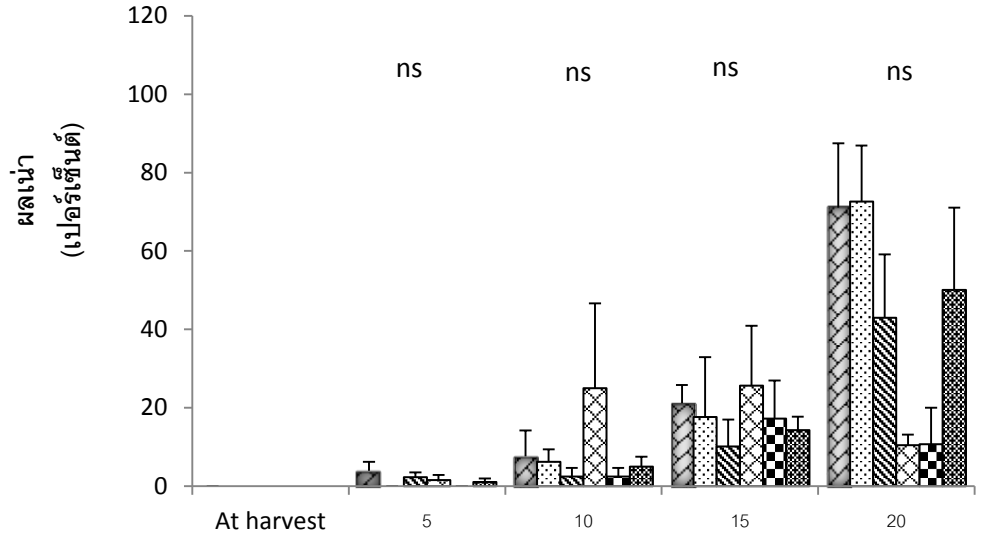
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 4 ซ้ำ

1.5 การเน่าของผล

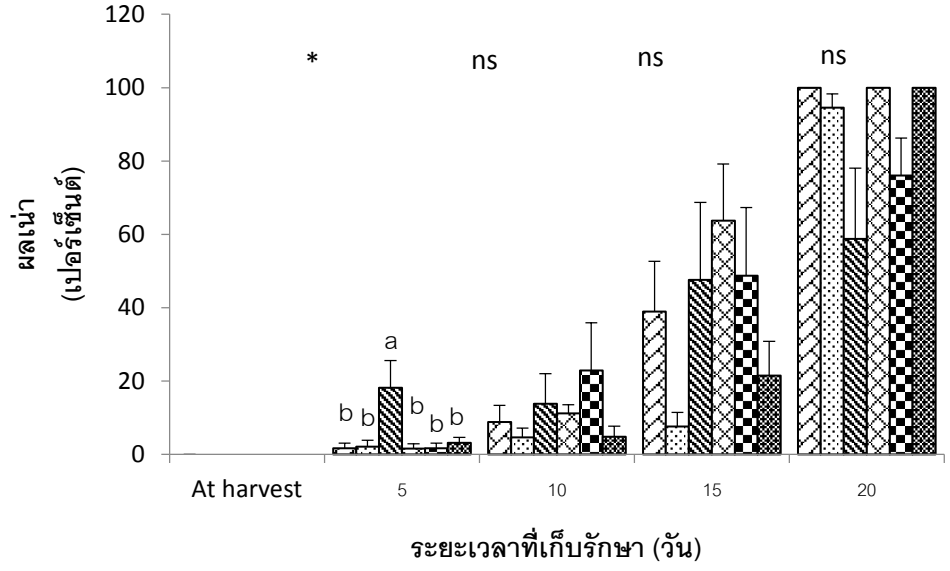
เปอร์เซ็นต์ผลเน่ามีอัตราการเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษาเปอร์เซ็นต์ผลเน่ามีค่าไม่ถึง 10% แต่หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน เปอร์เซ็นต์ผลเน่าสูงขึ้นประมาณ 15% ซึ่งการเก็บลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP เปอร์เซ็นต์ผลเน่าสูงที่สุดคือ 25% หลังจากที่เก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน การเก็บรักษาในถุง PE และ ถุง MAP เปอร์เซ็นต์ผลเน่าสูงที่สุดถึง 70% (ภาพที่ 8 ก)

การย้ายลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำแล้วนำมาวางที่อุณหภูมิห้องส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ผลเน่าเกิดขึ้นเร็วกว่าการเก็บในอุณหภูมิต่ำ โดยดูจากระยะเวลาที่เก็บรักษามีอัตราเปอร์เซ็นต์ผลเน่าเพิ่มขึ้น ซึ่งลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 5 วันการเก็บลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง PE เปอร์เซ็นต์ผลเน่าสูงที่สุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับทรีทเมนต์อื่น ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 10 วัน ลองกองที่บรรจุในถุง PE มีเปอร์เซ็นต์ผลเน่าสูงกว่าลองกองที่บรรจุในถุง MAP ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 20 วันมีเปอร์เซ็นต์ผลเน่าของทุกทรีทเมนต์มีค่าสูงกว่า 60% (ภาพที่ 8 ข)

ก



ข



ภาพที่ 8 เปอร์เซ็นต์ผลเน่าของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วัน (ก) และวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 95%

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

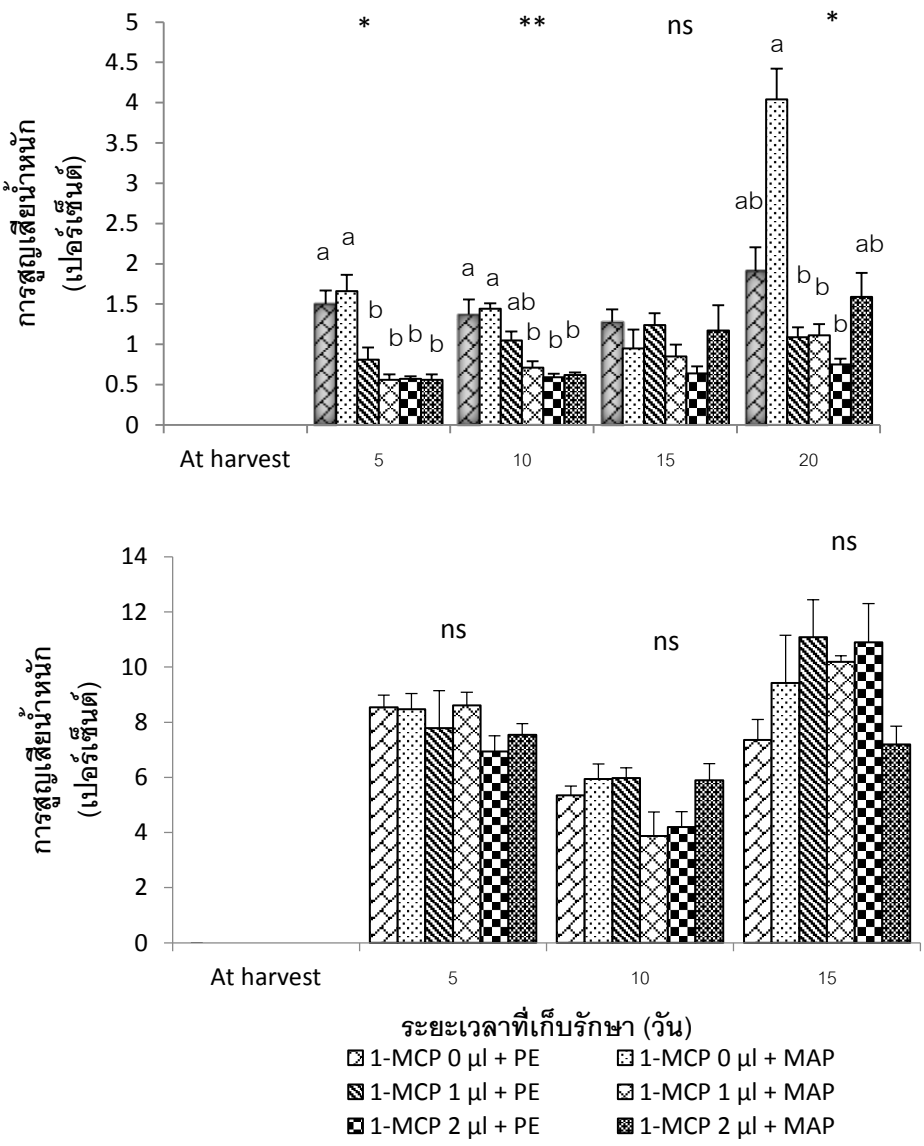
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 4 ซ้ำ

1.6 การสูญเสียน้ำหนัก

จากการเก็บรักษาลองกองที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน พบว่าการสูญเสียน้ำหนักของลองกองที่บรรจุในถุง PE และถุง MAP ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา ลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าลองกองที่ไม่ได้ผ่านการรม 1-MCP ในวันที่ 5 และ 10 ของการเก็บรักษา ส่วนวันที่ 15 ของการเก็บรักษาการสูญเสียน้ำหนักของลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับลองกองที่ไม่ได้ผ่านการรม 1-MCP ส่วนการเก็บรักษาในวันที่ 20 ลองกองทุกทรีทเมนต์มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น ผลการทดลองเห็นชัดว่าลองกองที่ไม่ได้ผ่านการรม 1-MCP มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าที่ผ่านการรม 1-MCP ส่วนลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 ไมโครลิตรต่อลิตร มีการสูญเสียน้ำหนักไม่ต่างกัน (ภาพที่ 9 ก)

เมื่อดูจากภาพที่ 9 ข จะเห็นได้ว่าการย้ายลองกองจากอุณหภูมิต่ำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องทำให้การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น แต่ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 5 10 และ 15 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ก



ข

ภาพที่ 9 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 95%

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

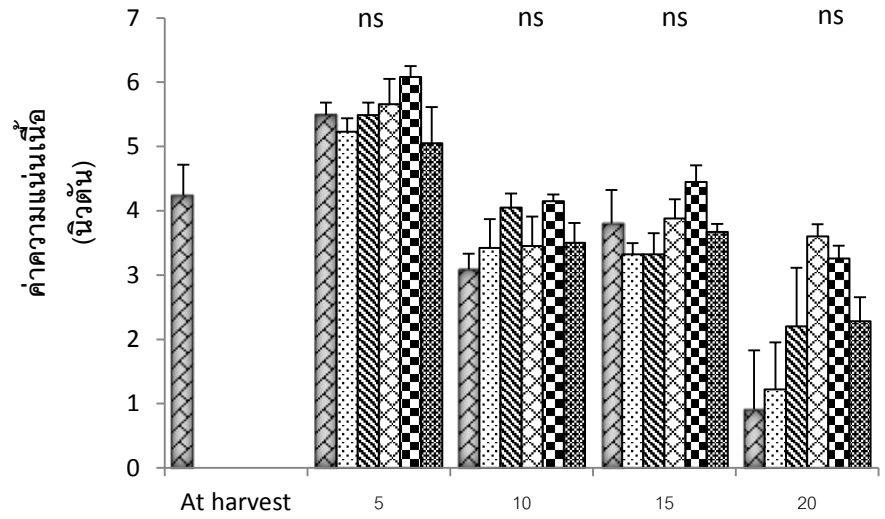
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 4 ซ้ำ

1.7 ความแน่นเนื้อของผล

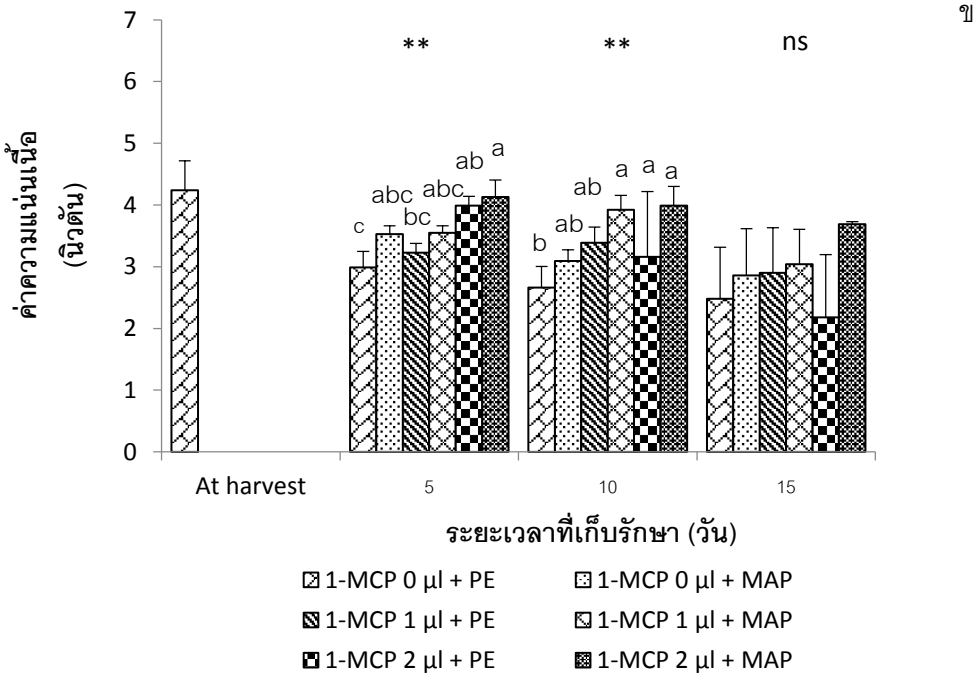
หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษา แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างทรีทเมนต์ที่เก็บรักษาในวันที่ 5 อย่างไรก็ตามหลังจากระยะเวลาที่เก็บรักษาเพิ่มขึ้นเห็นได้ว่าความแน่นเนื้อลดลงจากการเก็บรักษาในวันที่ 5 โดยการเก็บรักษาในวันที่ 20 ค่าความแน่นเนื้อลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP มีความแน่นเนื้อของผลน้อยกว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP (ภาพที่ 10 ก)

หลังจากที่ย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน เห็นได้ว่าความแน่นเนื้อลดลงจากวันแรกที่เก็บรักษา การเก็บในถุง PE เป็นเวลา 5 วัน ค่าความแน่นเนื้อต่ำสุด ส่วนการเก็บลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP ความแน่นเนื้อสูงสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกับลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 10 วันซึ่งลองกองที่บรรจุในถุง PE มีค่าความแน่นเนื้อของผลต่ำกว่าลองกองที่บรรจุในถุง MAP ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 15 วันลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีค่าความแน่นเนื้อของผลสูงสุด (ภาพที่ 10 ข)

ก



ข



ภาพที่ 10 ความแน่นเนื้อของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วัน (ก) และวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

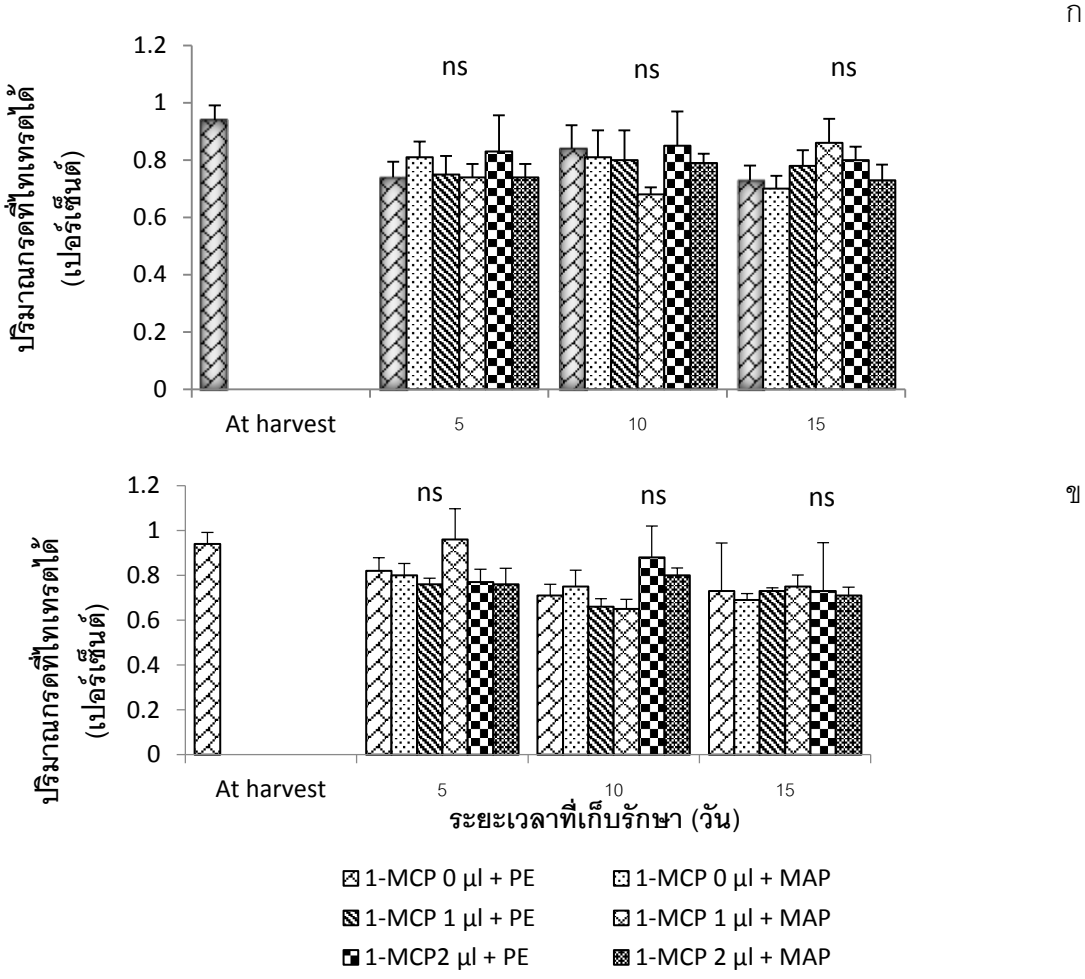
** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 4 ซ้ำ

1.8 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 10 และ 15 วัน ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ลดลงจากการเก็บรักษาวันแรกเล็กน้อย เมื่อเทียบแต่ละทรีทเมนต์ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ภาพที่ 11 ก)

การย้ายลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 5 10 และ 15 วัน แล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน พบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 11 ข)

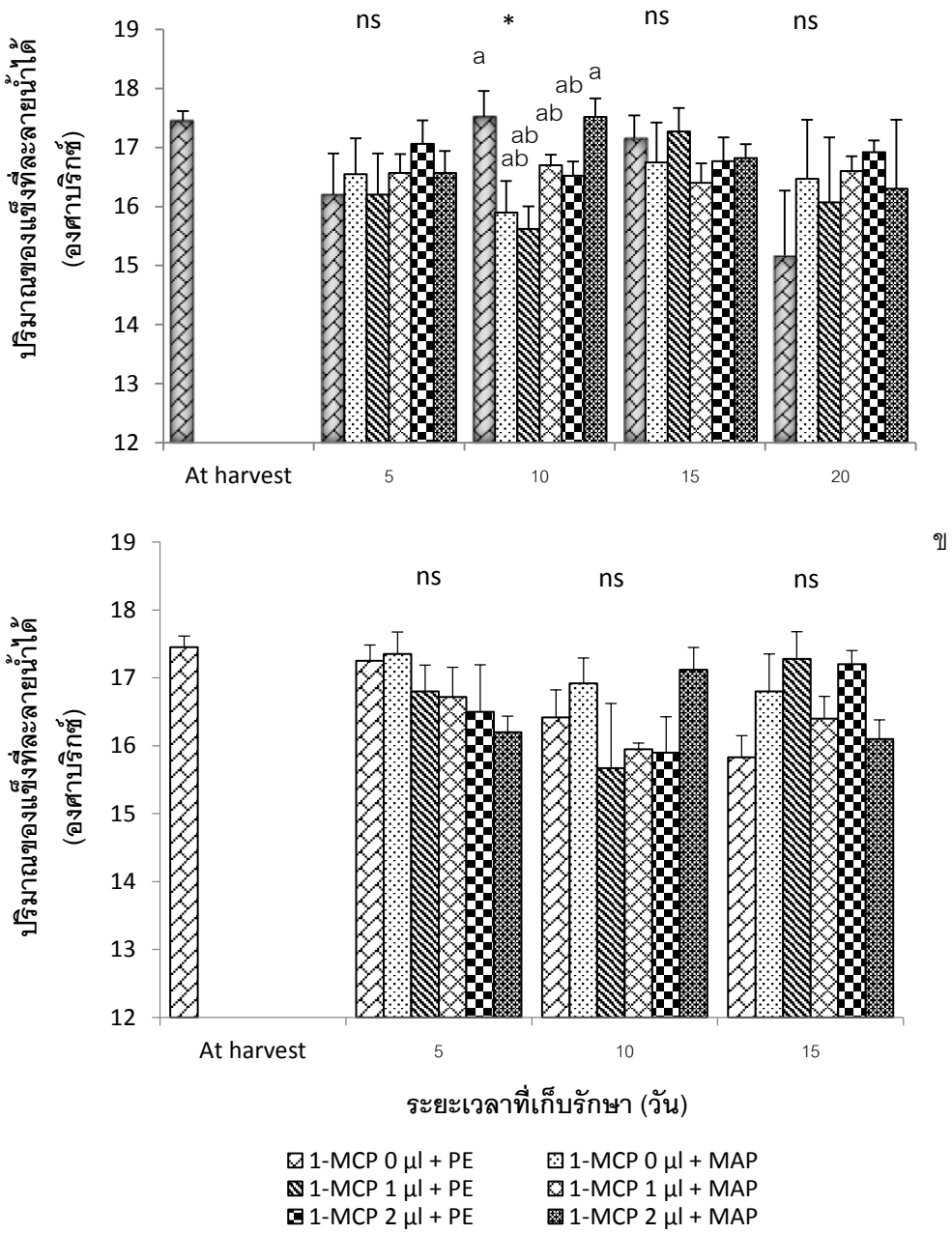


ภาพที่ 11 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 และ 15 วัน (ก) และวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 4 ซ้ำ

1.9 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

เมื่อดูจากการเก็บรักษาลองกองในวันแรกของการเก็บรักษา ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของลองกองมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งการเก็บรักษาในวันที่ 5 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่การเก็บรักษาในวันที่ 10 ลองกองที่เก็บรักษาในถุง MAP และลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง PE มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าน้อยที่สุด ส่วนการเก็บรักษาในถุง PE และลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าสูงที่สุด (ภาพที่ 12 ก)

การย้ายลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 5 10 และ 15 วัน แล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 12 ข)



ภาพที่ 12 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 วัน (ก) และวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 95%

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 4 ซ้ำ

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ได้ศึกษาผลของสาร 1-MCP และชนิดของถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวของผลลองกอง โดยนำช่อลองกองมารมสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 0 1 และ 2 ไมโครลิตรต่อลิตร แล้วนำลองกองมาบรรจุในถุง PE และถุง MAP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0 5 10 15 และ 20 วัน หลังจากนั้นย้ายออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน ลักษณะอาการสะท้านหนาวของผลิตผลโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้ 2 แบบคือ แบบที่สังเกตได้ เช่น การเกิดรอยบุ๋ม แผลฉ่ำน้ำ และการเกิดสีน้ำตาล แบบที่ไม่สามารถสังเกตได้ เช่น การสุกที่ผิดปกติ และการอ่อนแอต่อเชื้อโรค สรยา (2557) รายงานว่าการเก็บรักษาลองกองที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 วัน เริ่มเกิดอาการสะท้านหนาว โดยมีลักษณะอาการเริ่มต้นเกิดเป็นรอยบุ๋มสีน้ำตาลเข้มขนาดเล็กบนเปลือก และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นจุดสีน้ำตาลเข้มมีจำนวนเพิ่มขึ้นและขยายใหญ่ขึ้นกลายเป็นแผ่นสีน้ำตาลเข้มที่เปลือกยุบตัวลง แต่จากการทดลองพบว่าในแต่ละทรีทเมนต์เริ่มปรากฏอาการสะท้านหนาวในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา แสดงว่าการดัดแปลงบรรยากาศด้วยบรรจุภัณฑ์สามารถชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ โดยพบว่าลองกองที่บรรจุในถุง MAP อย่างเดียวแสดงอาการสะท้านหนาวรุนแรงที่สุด ส่วนลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีระดับการเกิดอาการสะท้านหนาวน้อยที่สุด การเก็บรักษาผลลองกองในอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานานขึ้นส่งผลให้ลองกองในทุกทรีทเมนต์มีระดับการเกิดอาการสะท้านหนาวเพิ่มขึ้น โดยพบว่าลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP แล้วนำไปบรรจุในถุง PE และถุง MAP มีการเกิดอาการสะท้านหนาวรุนแรงกว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุถุงในถุง MAP จริงแท้ (2549) กล่าวว่าอาการสะท้านหนาวจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลาที่พืชสัมผัสกับอุณหภูมิต่ำ ซึ่งหากได้รับอุณหภูมิต่ำมากและสัมผัสอยู่นานอาการก็จะเกิดขึ้นมาก เบญจมาศและคณะ (2552) กล่าวว่า การเก็บรักษาผลมังคุดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ส่งผลให้มังคุดเกิดอาการสะท้านหนาว (เปลือกมังคุดมีลักษณะแข็ง) แต่หากบรรจุมังคุดในถุง PE และนำไปเก็บที่อุณหภูมิ10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จากการทดลองในวันที่ 20 ของการเก็บรักษาลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP มีอาการสะท้านหนาวรุนแรงกว่าลองกองที่ผ่านการรม1-MCP เป็นผลมาจากการเน่าของผล ซึ่งทรีทเมนต์ที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP มีการเน่าของผลสูงกว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ขณะที่การเน่าของผลอาจจะมีสาเหตุมาความผิดปกติของอาการสะท้านหนาว เพราะอาการสะท้านหนาวอาจจะส่งผลทำให้การสุกผิดปกติไป การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่ผิดปกติ ส่งผลต่อลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานทำให้เกิดการเน่าของผลสูง

เมื่อย้ายลองกองมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน ลองกองเริ่มเกิดสีน้ำตาลตั้งแต่วันที่ 5 ของการเก็บรักษา ลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP มีการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด ซึ่งลองกองที่ผ่าน

การรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุด และเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 วันอาการจะรุนแรงขึ้น แต่พบว่าลองกองที่ผ่านการรมสาร 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุงสามารถช่วยลดความรุนแรงจากการเกิดสีน้ำตาลได้ โดยผลลองกองที่ผ่านการรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 15 วันและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 วันมีระดับการเกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุด ส่วนทรีทเมนต์อื่นมีระดับการเกิดสีน้ำตาลสูง เพราะว่าอาการสะท้านหนาวจะสังเกตได้ชัดขึ้นเมื่อนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิที่ไม่ก่อให้เกิดอาการสะท้านหนาว สรยา (2557) กล่าวว่าการแยกระหว่างการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากอาการสะท้านหนาวกับการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากอุณหภูมิที่ไม่ก่อให้เกิดอาการสะท้านหนาวค่อนข้างลำบาก จึงประเมินอาการอาการสะท้านหนาวหลังจากนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นความรุนแรงของการเกิดสีน้ำตาล โดยค่ามุมสีมีความสัมพันธ์กับการเกิดอาการสะท้านหนาวและการเกิดสีน้ำตาล จากผลการทดลองพบว่าลองกองที่เก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน ทรีทเมนต์ที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP มีค่ามุมสีต่ำกว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ซึ่งลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP เกิดอาการสะท้านหนาวสูงกว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP แสดงว่าคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาวสูงยิ่งส่งผลให้ค่ามุมสีมีค่าลดลง

จากการทดลองพบว่าลองกองที่ไม่ผ่านการรมสาร 1-MCP และบรรจุในถุง PE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วันมีเปอร์เซ็นต์การร่วงสูงกว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นพบว่าเปอร์เซ็นต์การร่วงเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตามการรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์การร่วงต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับทรีทเมนต์อื่น จริงแท้และจารุวัฒน์ (2547) รายงานว่าการรมลองกองด้วย 1-MCP ที่มีความเข้มข้น 0.5 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวโดยมีเปอร์เซ็นต์การร่วงของลองกองน้อยที่สุดในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาสอดคล้องกับการทดลองของ มาระตรีและอุษณา (2550) ใช้สาร 1-MCP รมลองกองสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ลดการหลุดร่วงของผลลองกอง ชะลอการเปลี่ยนแปลงสี และลดการเกิดโรคของผลลองกองได้ แสดงว่าการรม 1-MCP สามารถช่วยลดการหลุดร่วงของผลลองกองได้ระยะหนึ่งของการเก็บรักษาขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสาร 1-MCP

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำหลังจากนั้นย้ายมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 วัน พบว่าในทุกทรีทเมนต์มีเปอร์เซ็นต์ผลร่วงเพิ่มขึ้น โดยลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 5 วัน ที่ไม่ได้ผ่านการรมสาร 1-MCP มีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงสูงกว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP การรมสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตรร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์ผลร่วงน้อยที่สุด ประพิณพรและจริงแท้ (2552) รายงานว่าการใช้สาร 1-MCP ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อ

ลิตร รมช่อลองกองเป็นเวลา 12 ชั่วโมง สามารถลดการหลุดร่วงของผลลองกองที่เก็บรักษาได้เป็นเวลา 5 วัน แต่หลังจากนั้นไม่สามารถลดการหลุดร่วงได้ เนื่องจากผลไม้ต่าง ๆ สามารถสร้างตัวรับเอทิลีนขึ้นมาได้เรื่อย ๆ ในระหว่างการสุก ดังนั้นลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP เมื่อเวลาผ่านไปลองกองก็สามารถตอบสนองต่อเอทิลีนได้ (จริงแท้, 2549) ดังเช่นลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 10 และ 15 วัน แล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 วัน ทุกทรีทเมนต์มีเปอร์เซ็นต์ผลร่วงเกิน 30 ซึ่งไม่ผ่านคุณภาพที่ มกอช.กำหนด (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2549) อย่างไรก็ตามลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP มีความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตรร่วมกับบรรจุในถุง MAP สามารถช่วยชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาว การเกิดสีน้ำตาลของผลลองกอง และช่วยลดเปอร์เซ็นต์ผลร่วงได้ดีกว่า ทรีทเมนต์อื่น ทั้งนี้การรมสาร 1-MCP ก่อนการเก็บรักษาช่วยยับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้ ซึ่งเอทิลีนเป็นฮอร์โมนที่มีบทบาทสำคัญในการเสื่อมสภาพของผลิตผลนอกจากนี้การบรรจุผลิตผลในถุง MAP สามารถช่วยลดการสูญเสียทางด้านคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาได้ (จริงแท้, 2544)

ลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP มีค่าการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP เมื่อย้ายมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องส่งผลให้มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าลองกองเกิดการสูญเสียน้ำสูงขึ้นเพราะวางที่อุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนค่าความแน่นเนื้อของผลลดลงตลอดการเก็บรักษา เนื่องจากลองกองเกิดการเน่า ขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มีปริมาณลดลงจากวันแรกของการเก็บรักษาอาจนำไปใช้ในกระบวนการหายใจของผลิตผล

การประเมินอายุการเก็บรักษาลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ หลังจากนั้นนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ผลลองกองเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลในระดับไม่เกิน 25% ของพื้นที่เปลือกหลังจากนำมาวางที่อุณหภูมิห้อง) พบว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 1 และ 2 ไมโครลิตรต่อลิตรร่วมกับบรรจุในถุง PE และถุง MAP มีอายุเก็บรักษาประมาณ 10 วัน แต่หากใช้เปอร์เซ็นต์การร่วงของผลเป็นตัวตัดสินพบว่ามีอายุเก็บรักษาประมาณ 5 วัน

การทดลองที่ 2
ผลของ 1-MCP และถุงพลาสติกที่ใช้ในบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและกิจกรรมของเอนไซม์ของลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

บทนำ

การตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำของผลิตผล สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระยะ โดยระยะแรกเป็นผลกระทบที่ผลิตผลสัมผัสกับอุณหภูมิต่ำ แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในผลิตผล โดยการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นทันที ทำให้กระบวนการต่าง ๆ ทางชีวเคมีผิดปกติ หากได้รับเป็นระยะเวลาสั้นผลิตผลสามารถกลับสู่สภาพเดิมได้ ส่วนระยะที่สองเป็นผลของความผิดปกติจากขั้นตอนแรก ซึ่งเกิดจากการได้รับอุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลานาน จะก่อให้เกิดความเสียหายกับเซลล์ และนำไปสู่อาการที่สังเกตเห็นได้ เช่น การกระตุ้นการผลิตเอทิลีน การเพิ่มของอัตราการหายใจ หรือการรั่วไหลของสารต่าง ๆ เป็นต้น (จริงแท้, 2549) การเกิดการสะท้านหนาวจะปรากฏอาการให้เห็นอาจจะมีเพียงอย่างเดียวหรือหลายอย่างร่วมกัน อาการเหล่านี้ได้แก่ รอยบุ๋ม สีผิดปกติ เนื้อเยื่อฉ่ำน้ำ การเกิดสีน้ำตาลภายใน เนื้อเยื่อถูกทำลาย การสุกที่ผิดปกติ การเน่าเสีย และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีภายใน เช่น กลิ่นรสชาติ เป็นต้น ทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลง (สายชล, 2528) โดยอาการสะท้านหนาวจะส่งผลให้เยื่อหุ้มเปลี่ยนลักษณะจากอ่อนตัวมาเป็นแข็งตัว ทำให้เอนไซม์ที่ย่อยไขมันบนเยื่อหุ้มทำงานทำให้กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น กรดไขมันถูกออกซิไดส์ด้วยเอนไซม์ LOX (Lipoxygenase) ทำให้เกิดอนุมูลอิสระและอาจถูกเปลี่ยนเป็นแอลดีไฮด์ชนิดต่าง ๆ (จริงแท้, 2549) โดยการเพิ่มขึ้นของเอมไซม์ LOX ส่งผลให้เกิด lipid peroxidation ของเยื่อหุ้มทำให้เยื่อหุ่มเสื่อมลง ส่งผลให้การซึมผ่านของสารเพิ่มขึ้นทำให้เกิดสีน้ำตาลที่เปลือกรวดเร็วขึ้น

การเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกเป็นการสูญเสียน้ำออกจากเปลือกและเกิดการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลภายในเปลือก โดยกลไกของการเกิดสีน้ำตาลเกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ PPO (Polyphenol oxidase) ซึ่งทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารประกอบฟีนอล เมื่อสารประกอบฟีนอลถูกออกซิเดชันกลายเป็นสารประกอบควิโนน สุดท้ายจะได้สารประกอบสีน้ำตาลที่เป็นพอลิเมอร์ และมีโครงสร้างซับซ้อนเรียกว่า เมลานิน ทำให้เกิดสีน้ำตาล (เกียรติศักดิ์, 2551) ส่วนเย็นจิตต์ และคณะ (2540) รายงานว่า ผลลองกองที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีการผลิตเอทิลีนต่ำทำให้ลดการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกโดยชะลอการลดลงของค่าความสว่างของเปลือกได้ดีกว่าลองกองที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ขณะเดียวกันอินทิรา และคณะ (2552) รายงานว่า การแช่ผลลองกองในกรดซินนามิก นาน 1 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกลองกองในระหว่างการเก็บรักษาได้ เนื่องจากกรดซินนามิกไปยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ diphenolase และ PAL (Phenylalanine ammonia-lyase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ย่อย L-phenylalanine ได้สารประกอบฟีนอลที่ถูกออกซิไดซ์โดยเอนไซม์ PPO จนได้สารสีน้ำตาล เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำส่งผลให้เกิดอาการสะท้านหนาว จึงหาวิธีการในการยับยั้งอาการสะท้านหนาวโดยศึกษาผลของ 1-MCP และถุงพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและกิจกรรมของเอนไซม์ของลองกองต่อการเกิดอาการสะท้าหนาว

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วิธีดำเนินการ

เก็บเกี่ยวลองกองที่อายุ 13 สัปดาห์หลังดอกบาน บรรจุลงในตะกร้าพลาสติก แล้วขนส่งมายังห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ใช้ระยะเวลาขนส่งประมาณ 1 ชั่วโมง ทำความสะอาดช่อลองกองด้วยการใช้ลมเป่าเพื่อไล่แมลงและสิ่งแปลกปลอมทันที คัดเลือกช่อลองกองที่มีความสม่ำเสมอและคัดผลเสียภายในช่อทิ้ง

วิธีการทดลอง

เลือกทรีทเมนต์ได้ผลดีที่สุดในการยับยั้งการเกิดอาการสะท้านหนาวจากการทดลองที่ 1 มาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD ทำการทดลอง จำนวน 5 ซ้ำ ๆ ละ 1 ช่อ ใช้ลองกองอายุ 13 สัปดาห์หลังดอกบาน แบ่งออกเป็น 4 ทรีทเมนต์คือ

ทรีทเมนต์ที่ 1 ใส่ถุงตาข่ายและไม่รม 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

ทรีทเมนต์ที่ 2 ใส่ถุงตาข่ายและไม่รม 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

ทรีทเมนต์ที่ 3 ไม่รม 1-MCP และใส่ถุง MAP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

ทรีทเมนต์ที่ 4 รม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำมาใส่ถุง MAP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 0 9 และ 12 วัน แล้วนำลองกองออกจากถุงพลาสติกนำมาวางที่อุณหภูมิห้อง (26±0.8 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 2 วัน บันทึกผลการทดลองดังนี้

1. การเกิดอาการสะท้านหนาว
2. การเกิดสีน้ำตาล
3. การหลุดร่วงของผล
4. การสูญเสียน้ำหนัก
5. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้
6. สีของผิวเปลือกลองกอง
7. การเน่าเสียของผล
8. ความแน่นเนื้อผล
9. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้
10. ปริมาณออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลีน

วิธีเก็บตัวอย่างก๊าซเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลีนภายในภาชนะที่บรรจุ โดยใช้เข็มฉีดยาเก็บตัวอย่างภายในภาชนะที่บรรจุ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเครื่อง Gas chromatography (GC)

หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างเปลือกผลลองกองเพื่อนำมาวิเคราะห์ โดยสุ่มผลลองกองจำนวน 12 ผลต่อซ้ำ นำส่วนเปลือกมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำมาแช่ไนโตรเจนเหลว รอให้ไนโตรเจนเหลวระเหยออก จากนั้นนำตัวอย่างพืชบรรจุในกล่องเก็บตัวอย่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งจะทำการวิเคราะห์ บันทึกผลการทดลองดังนี้

1. การรั่วไหลของประจุของเปลือกลองกองดัดแปลงจากวิธีการของ McCollum and McDonald (1991)

2. การวิเคราะห์ปริมาณ Thiobarbituric acid reactive substances ของเปลือกลองกอง ดัดแปลงจากวิธีการของ Hodges และคณะ (1999)

3. การสกัดและวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase (LOX) ในเปลือกผลลองกอง การสกัดและวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ LOX ในเปลือกผลลองกอง ดัดแปลงจากวิธีการของ Pongprasert และคณะ (2011)

4. การสกัดและวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PAL) ในเปลือกผลลองกอง ดัดแปลงจากวิธีการของ Yingsanga และคณะ (2008)

5. การสกัดและวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) และ peroxidase (POD)

การสกัดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ดัดแปลงจากวิธีการของ Lichanporn และคณะ (2009)

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ดัดแปลงจากวิธีการของ Yue-Ming และคณะ (1997)

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ POD ดัดแปลงจากวิธีการของ Lichanporn และคณะ (2009)

6. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเปลือกผลลองกอง ดัดแปลงจากวิธีการของ Lichanporn และคณะ (2009)

ผลการทดลอง

2.1 การเกิดอาการสะท้านหนาว

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส โดยลองกองที่ผ่านการรมและไม่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน เกิดอาการสะท้านหนาวไม่แตกต่างจากวันแรกของการเก็บรักษา แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP เริ่มเกิดอาการสะท้านหนาวเล็กน้อยเป็นจุด ๆ ส่วนการเก็บรักษาในวันที่ 12 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ลองกองที่ผ่านการรมและไม่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP เริ่มเกิดอาการสะท้านหนาวเล็กน้อยเป็นจุด ๆ ซึ่งไม่แตกต่างกัน แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP เกิดอาการสะท้านหนาวครอบคลุมมากกว่า 25% ของพื้นที่เปลือกผล ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสไม่เกิดอาการสะท้านหนาวทำให้มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 13 และ 14)

หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน

หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน

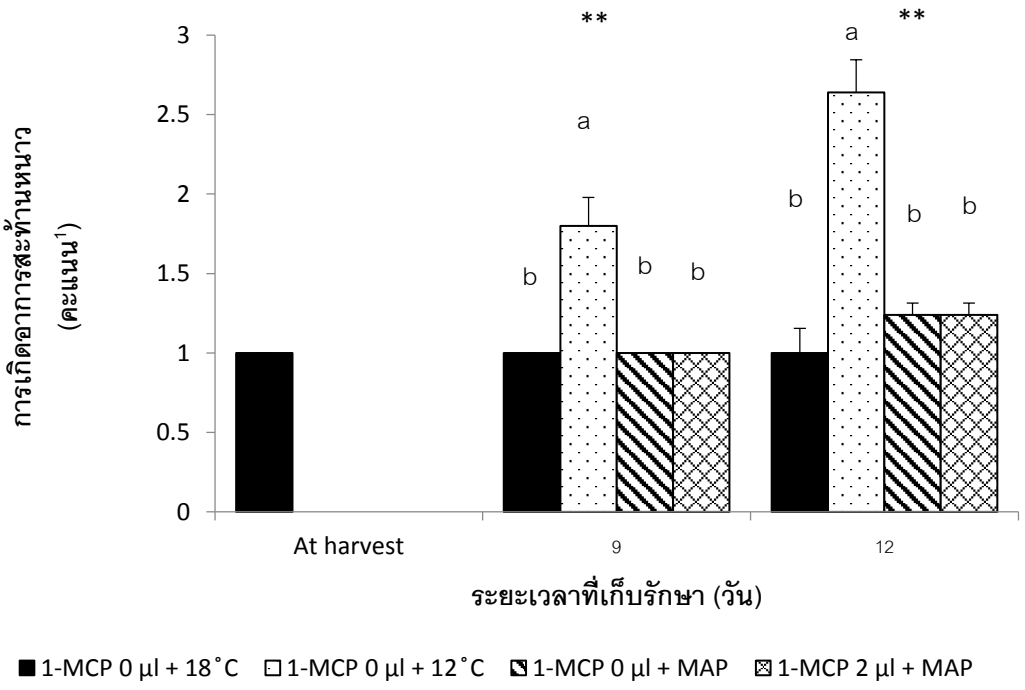
ภาพที่ 13 ลักษณะอาการสะท้านหนาวของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน

ก. รม 1-MCP 0 µl/l เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

ข. รม 1-MCP 0 µl/l เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

ค. รม 1-MCP 0 µl/l ร่วมกับบรรจุในถุง MAP

ง. รม 1-MCP 2 µl/l ร่วมกับบรรจุในถุง MAP



ภาพที่ 14 การเกิดอาการสะท้านหนาวของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

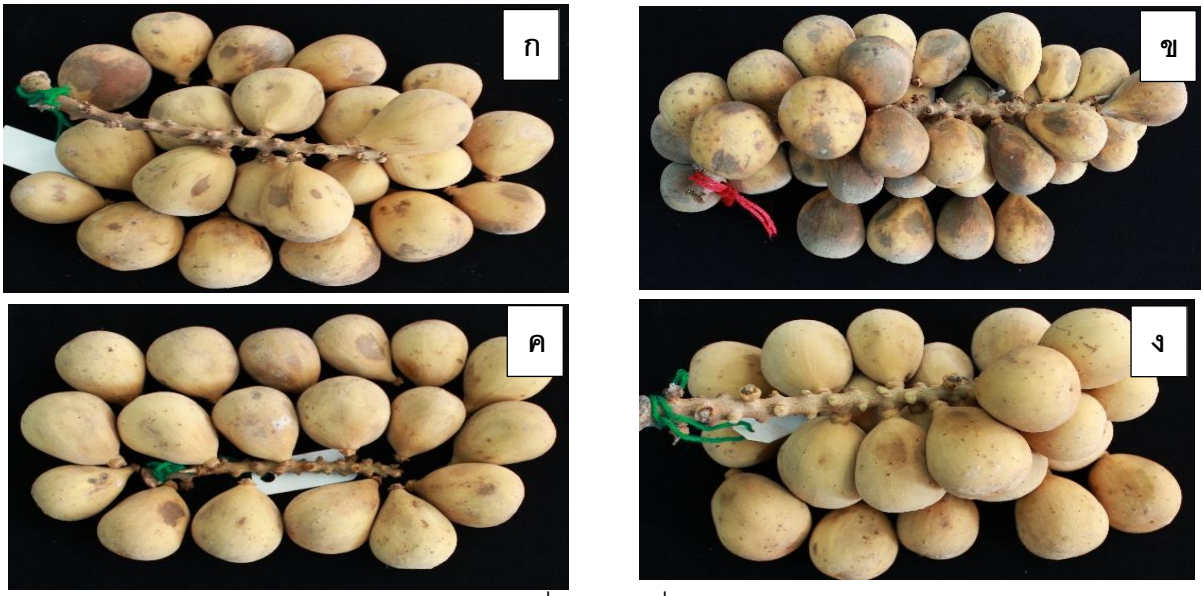
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

[1]ระดับการเกิดอาการสะท้านหนาว (1 = ไม่เกิดอาการสะท้านหนาว 2 = เกิดอาการสะท้านหนาวเล็กน้อยเป็นจุด ๆ 3 = อาการสะท้านหนาวครอบคลุม < 25% ของพื้นที่เปลือกผล 4 = อาการสะท้านหนาวครอบคลุม 25-50% ของพื้นที่เปลือกผล 5 = อาการสะท้านหนาวครอบคลุม < 50% ของพื้นที่เปลือกผล)

2.2 การเกิดสีน้ำตาล

การย้ายลองกองจากอุณหภูมิต่ำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วันทำให้เกิดการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีการเกิดสีน้ำตาลสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีแนวโน้มการเกิดสีน้ำตาลมากขึ้นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ส่วนการเก็บรักษาที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีค่าสูงกว่าลองกองที่บรรจุในถุง MAP แต่ลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP เกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่ไม่บรรจุถุง และบรรจุในถุง MAP (ภาพที่ 16 ก) ส่วนลองกองที่ย้ายออกมาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน ลองกองที่ไม่บรรจุในถุงเกิดสีน้ำตาลสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาลองกองที่บรรจุในถุง MAP เกิดสีน้ำตาลสูงขึ้นแต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสที่ไม่บรรจุในถุง MAP เกิดสีน้ำตาลสูงที่สุด การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP เกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่ไม่บรรจุถุง และบรรจุในถุง MAP ทำให้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 15 และ 16 ข)

หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 9 วัน



หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 12 วัน

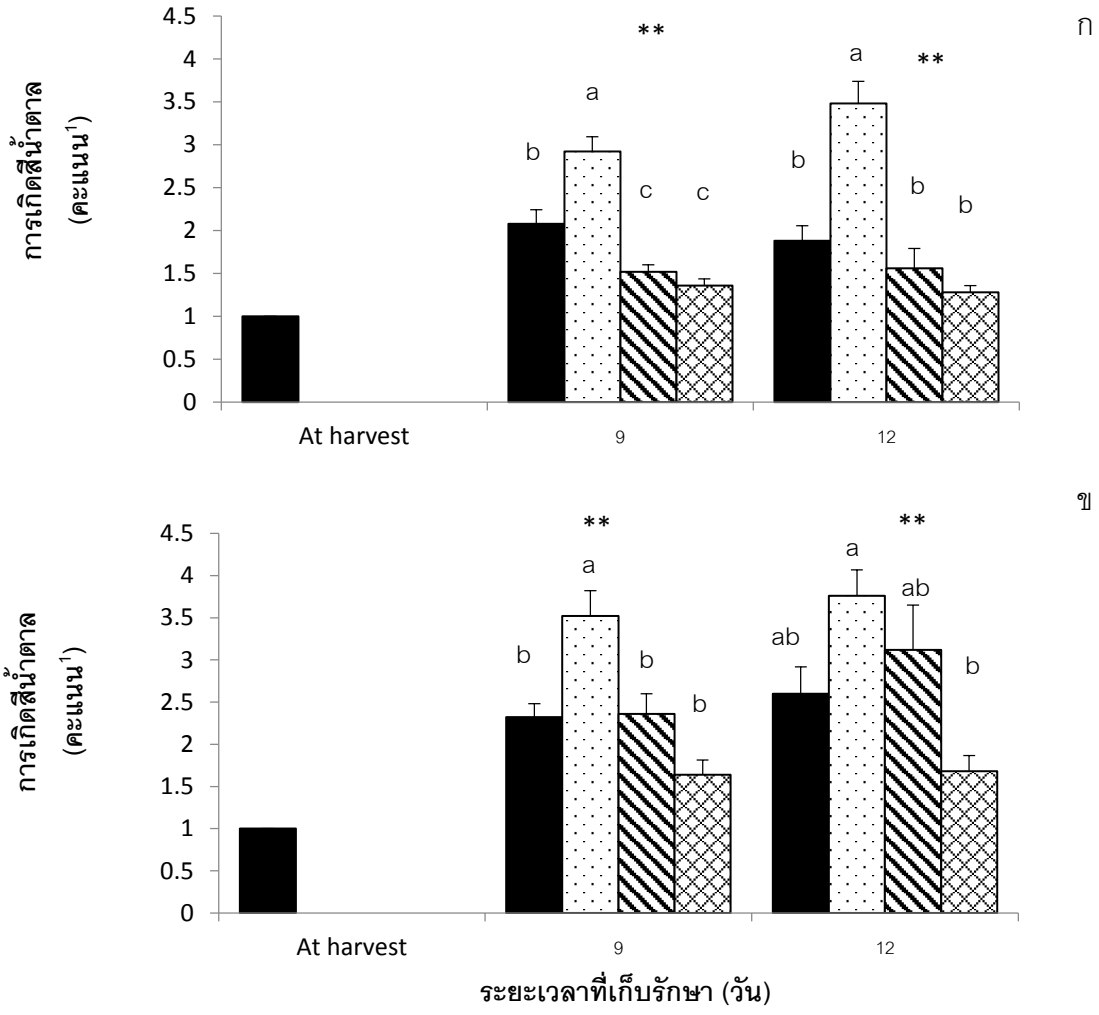
ภาพที่ 15 ลักษณะอาการสะท้านหนาวของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วันแล้วย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน

ก. รม 1-MCP 0 µl/l เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

ข. รม 1-MCP 0 µl/l เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

ค. รม 1-MCP 0 µl/l ร่วมกับบรรจุในถุง MAP

ง. รม 1-MCP 2 µl/l ร่วมกับบรรจุในถุง MAP



ภาพที่ 16 การเกิดสีน้ำตาลของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วันแล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน (ก) และ 2 วัน (ข)

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

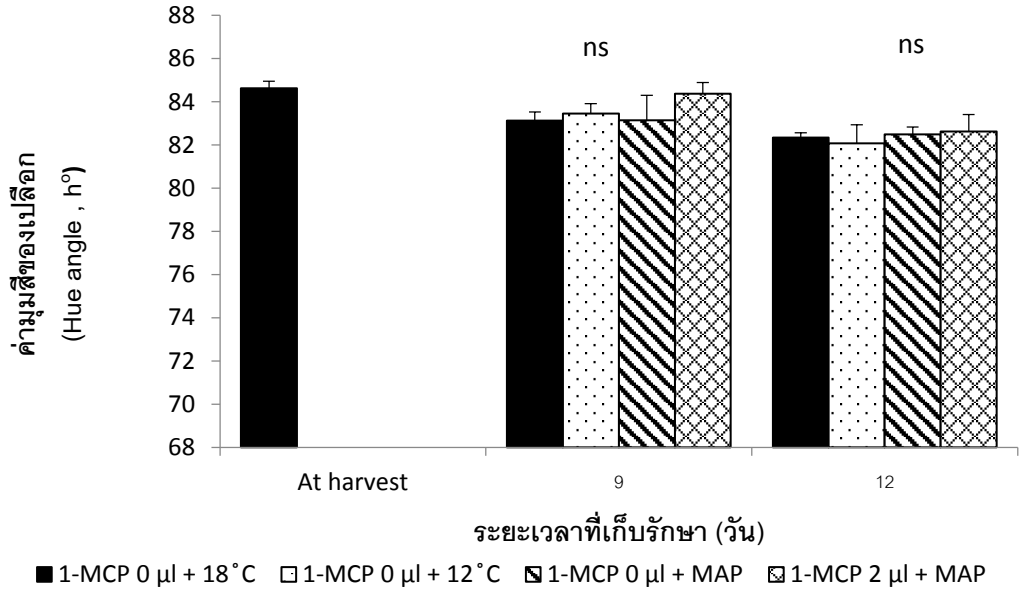
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

[1]ระดับการเกิดอาการสะท้านหนาว (1 = ไม่เกิดสีน้ำตาล 2 = เกิดจุดสีน้ำตาลเล็กน้อยเป็นจุด ๆ 3 = เกิดสีน้ำตาลครอบคลุม < 25% ของพื้นที่เปลือกผล 4 = เกิดสีน้ำตาลครอบคลุม 25-50% ของพื้นที่เปลือกผล 5 = เกิดสีน้ำตาลครอบคลุม < 50% ของพื้นที่เปลือกผล)

2.3 ค่ามุมสีของเปลือก

โดยลองกองที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน มีค่ามุมสีของเปลือกลดลงตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาเมื่อเทียบกับวันแรกของการเก็บรักษา(ภาพที่ 17)

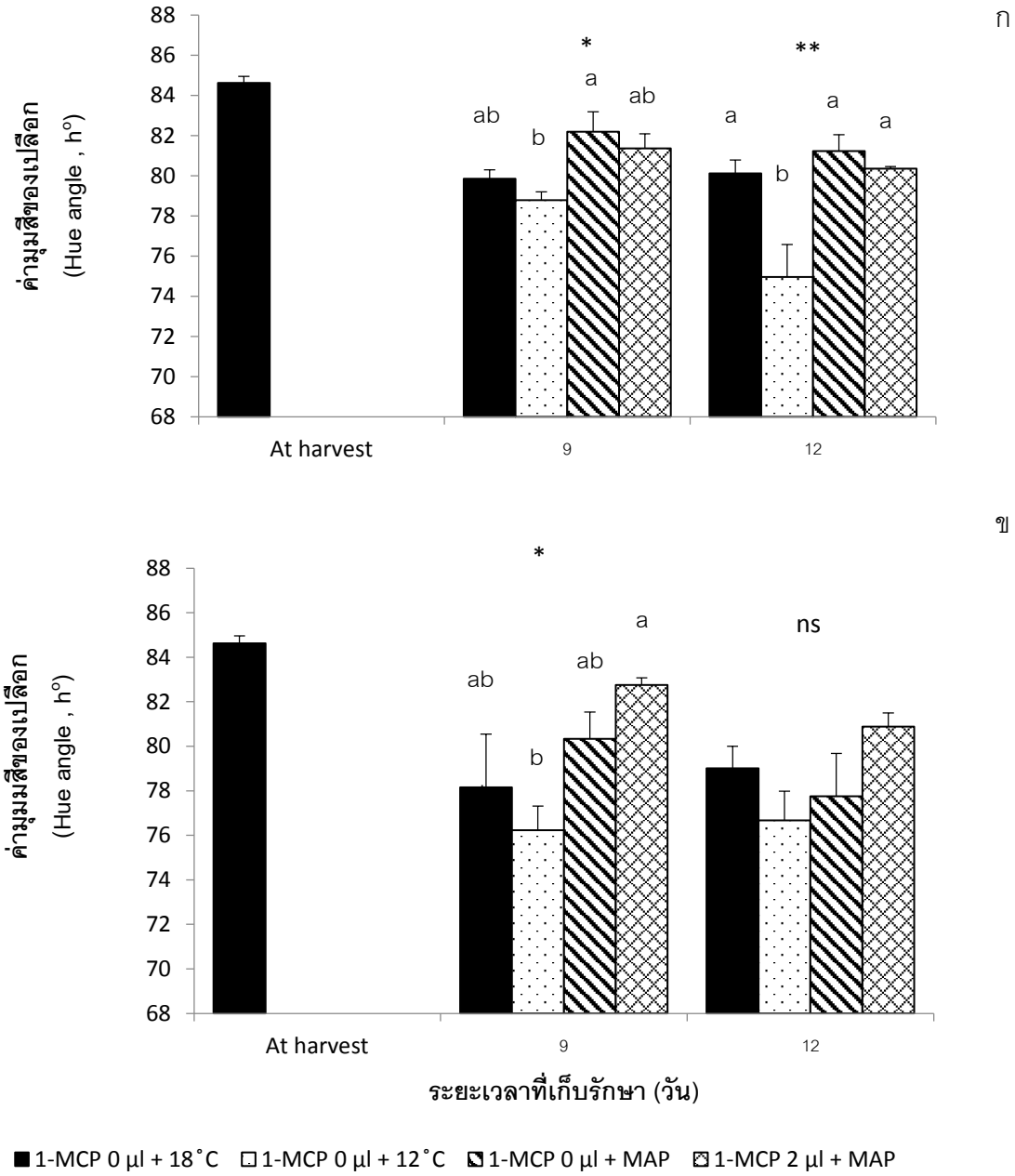
หลังจากย้ายลองกองมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 และ 2 วัน พบว่าค่ามุมสีของเปลือกต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยการย้ายมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วัน ลองกองที่บรรจุในถุง MAP มี ค่ามุมสีของเปลือกสูงที่สุด เมื่อเทียบลองกองที่ไม่บรรจุในถุง และลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP การย้ายลองกองมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วันค่ามุมสีมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วันการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีค่ามุมสีของเปลือกต่ำที่สุดอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับทรีทเมนต์อื่น (ภาพที่ 18 ก) ส่วนการย้ายมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน ลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีค่ามุมสีของเปลือกสูงที่สุด (ภาพที่ 18 ข)



ภาพที่ 17 ค่ามุมสีของเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9และ 12 วัน

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ



ภาพที่ 18 ค่ามุมสีของเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วันแล้วย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน (ก) และ 2 วัน (ข)

* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 95%

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99% ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

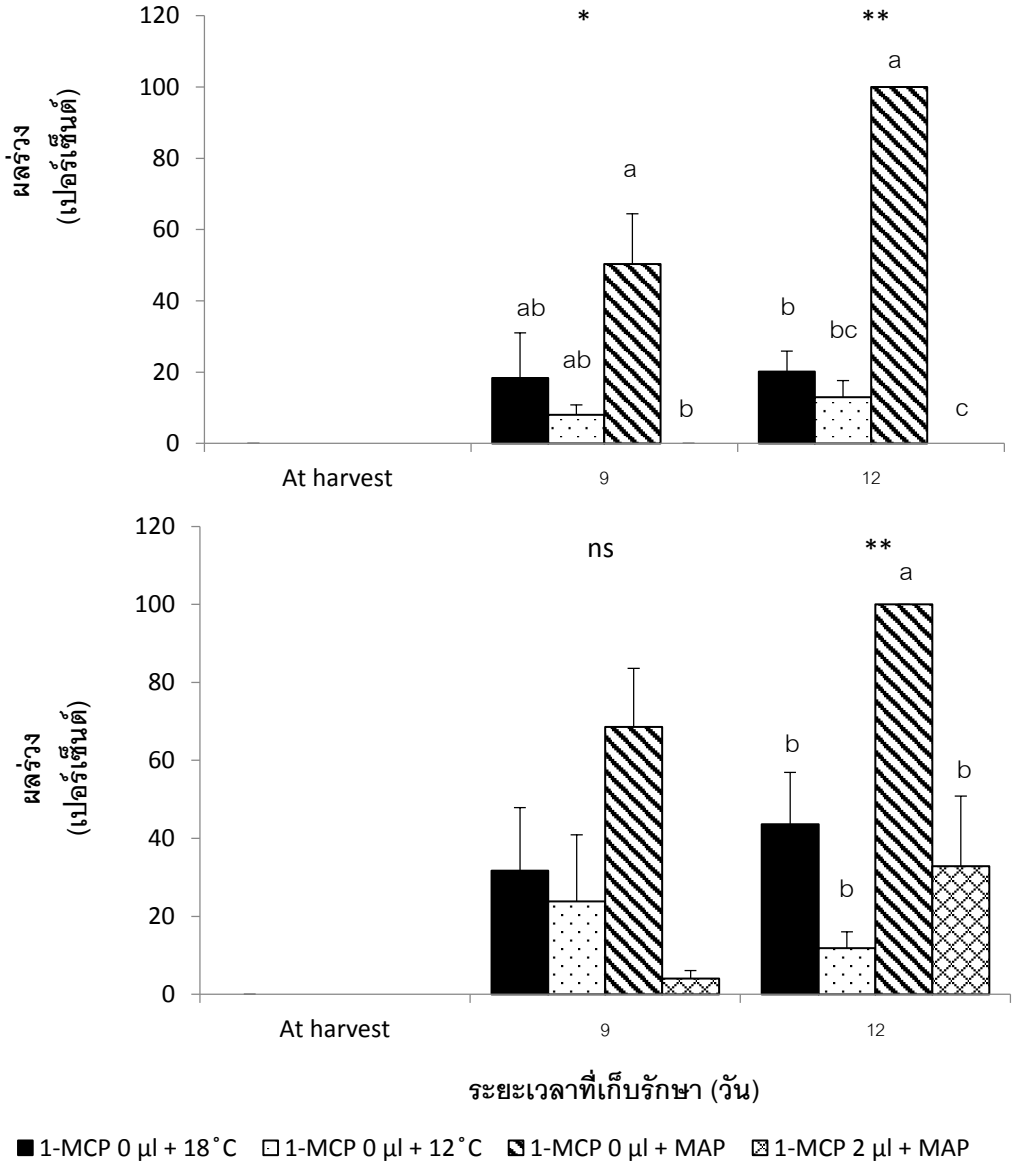
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.4 การร่วงของผล

เปอร์เซ็นต์ผลร่วงเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาลองกอง ยกเว้นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP ซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีผลร่วงมากกว่า 30% ซึ่งไม่ผ่านคุณภาพที่ มกอช.กำหนด ส่วนทรีทเมนต์อื่นยังอยู่ในเกณฑ์ที่ มกอช.กำหนด การเก็บรักษาในวันที่ 9 และ 12 วันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ การเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ไม่เกิดการร่วงของผล เมื่อเทียบลองกองที่บรรจุในถุง MAP ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ผลร่วงเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพที่ 19 ก)

การร่วงของผลจะเพิ่มขึ้นหลังจากย้ายออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสร่วมกับบรรจุในถุง MAP ที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วันมีผลร่วงเพิ่มขึ้นหลังจากที่ย้ายออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและบรรจุในถุง MAP ที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วัน เปอร์เซ็นต์ผลร่วงเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดถึง 100% เช่นเดียวกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP เปอร์เซ็นต์ผลร่วงเพิ่มมากกว่า 30% ซึ่งไม่ผ่านคุณภาพที่ มกอช.กำหนด อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เปอร์เซ็นต์ ผลร่วงยังอยู่ในเกณฑ์ที่ มกอช.กำหนด ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 19 ข)

ก



ข

ภาพที่ 19 เปอร์เซ็นต์ผลร่วงของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 95%

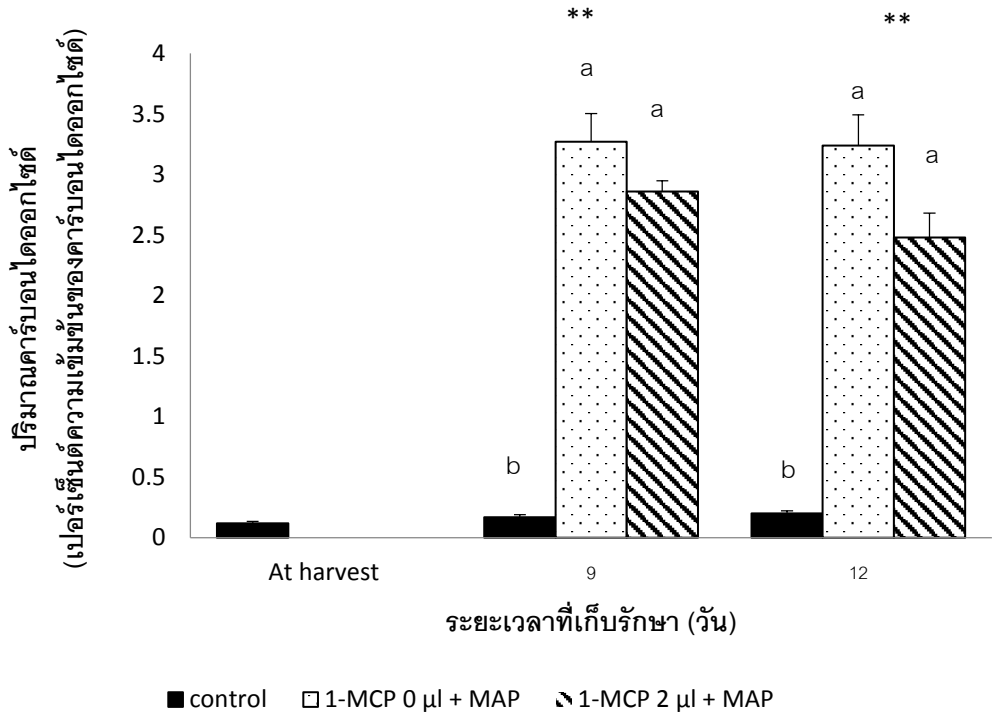
** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.5 ปริมาณก๊าซในภาชนะบรรจุ

2.5.1 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นน้อยมาก (0.12%) เช่นเดียวกับการเก็บรักษาในวันที่ 9 และ 12 ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่การเก็บรักษาในชุดควบคุม ส่วนการเก็บรักษาในถุง MAP และการเก็บรักษาลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นมากกว่าวันเริ่มต้นการเก็บรักษาอย่างเห็นได้ชัด โดยการเก็บรักษาในถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด (ภาพที่ 20)



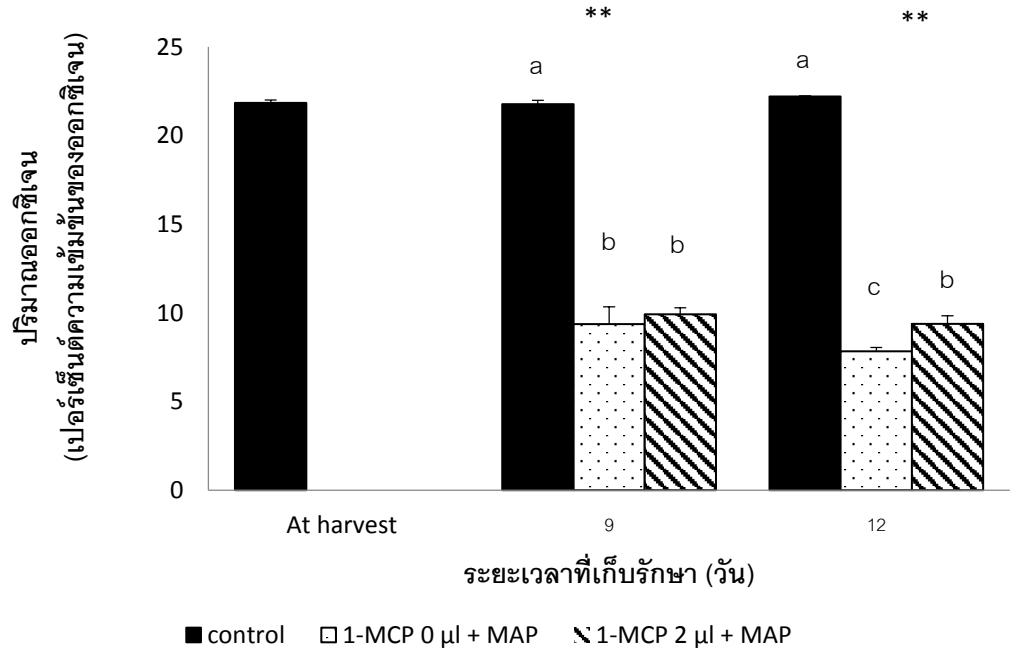
ภาพที่ 20 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุของผลลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.5.2 ปริมาณออกซิเจน

ปริมาณออกซิเจนในวันเริ่มต้นการเก็บรักษาคือ 21.85% หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วันการเก็บรักษาชุดควบคุม เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของออกซิเจนมีค่าใกล้เคียงกับวันที่เริ่มต้นการเก็บรักษา แต่การเก็บรักษาในถุง MAP และการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของออกซิเจนมีค่าลดลงมากเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (9.36 9.92 และ 21.77% ตามลำดับ) ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วันก็เช่นเดียวกัน (7.84 9.38 และ 22.21% ตามลำดับ) ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 21)



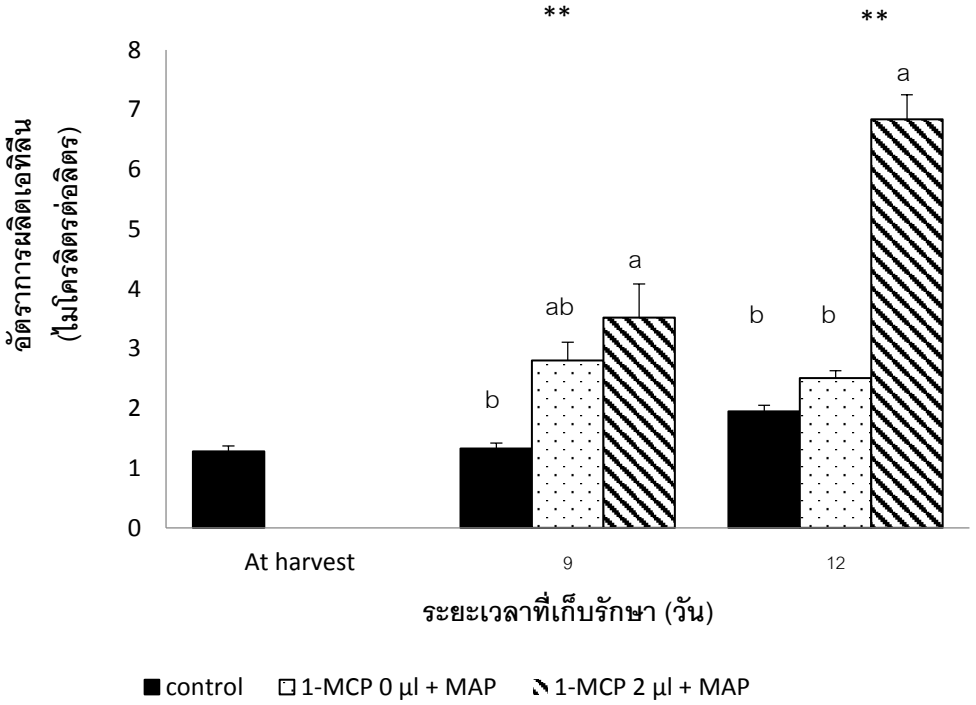
ภาพที่ 21 ปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุของผลลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.5.3 ปริมาณเอทิลีน

จากการวิเคราะห์ปริมาณเอทิลีน พบว่าเอทิลีนมีค่าสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเทียบกับวันเริ่มต้นที่เก็บรักษา โดยลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วัน ปริมาณเอทิลีนในชุดควบคุมมีปริมาณน้อยที่สุด ส่วนการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP ปริมาณเอทิลีนสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับการเก็บรักษาในวันที่ 12 แต่ปริมาณเอทิลีนมีค่าสูงกว่าการเก็บรักษาในวันที่ 9 โดยการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีปริมาณ เอทิลีนสูงที่สุดคือ 6.84 ไมโครลิตรต่อลิตร (ภาพที่ 22)



ภาพที่ 22 ปริมาณเอทิลีนในภาชนะบรรจุของผลลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

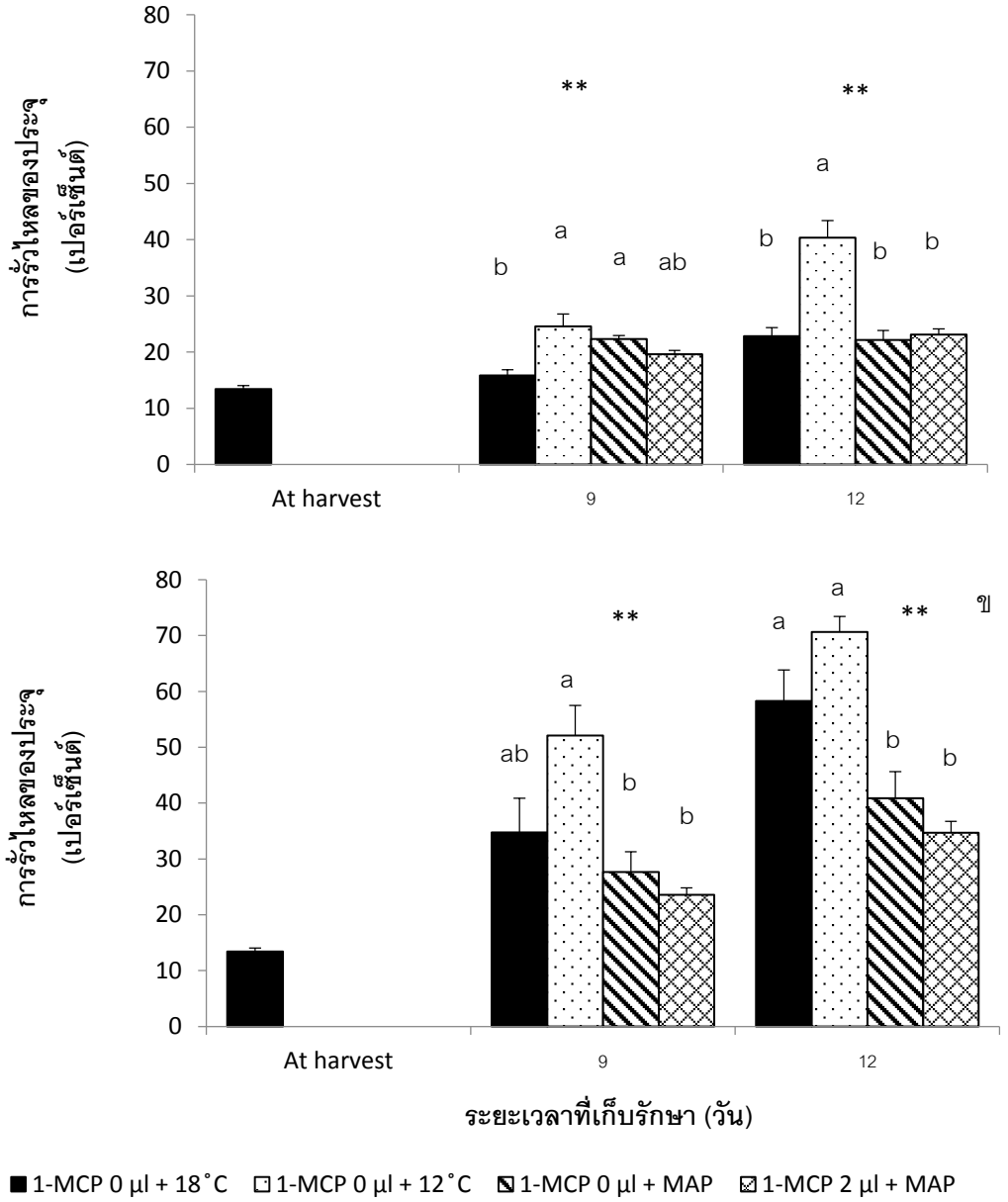
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.6 การรั่วไหลของประจุจากเปลือก

ค่าการรั่วไหลของประจุเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยการการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 9 วันมีการรั่วไหลของประจุสูงที่สุดแต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสมีการรั่วไหลของประจุต่ำที่สุด ทำให้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน การการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสค่าการรั่วไหลของประจุยังคงสูงที่สุดและยังเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจากการเก็บรักษาในวันที่ 9 ซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และลองกองที่ผ่านการรมและไม่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP ค่าการรั่วไหลของประจุใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 23 ก)

เมื่อย้ายลองกองออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง พบว่าการเก็บรักษาลองกองที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วันมีค่าการรั่วไหลของประจุเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษาอย่างเห็นได้ชัด โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP ที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วันค่าการรั่วไหลของประจุน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่ไม่บรรจุถุง และบรรจุในถุง MAP การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสมีค่าค่าการรั่วไหลของประจุมากที่สุด ทำให้มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วัน (ภาพที่ 23 ข)

ก



ข

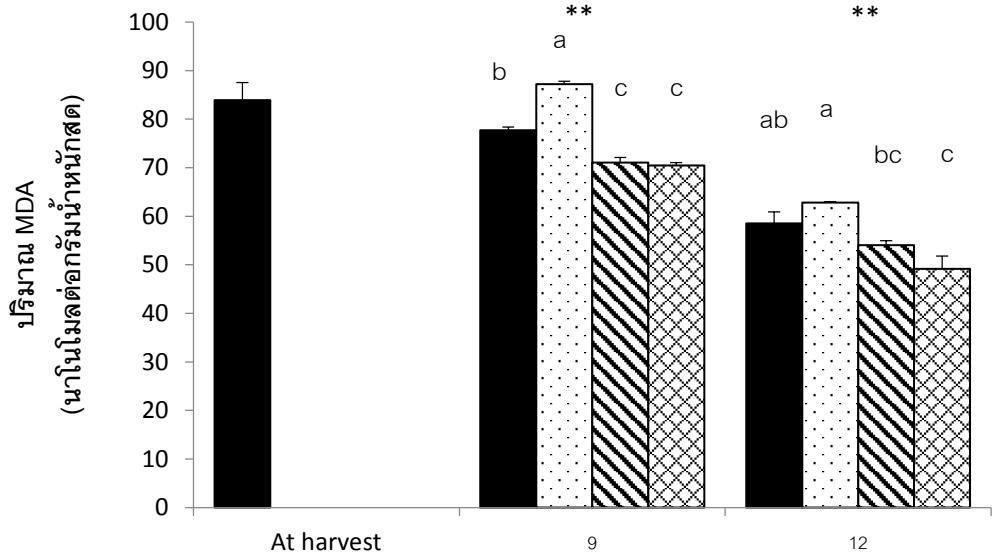
ภาพที่ 23 เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุจากเปลือกลองกองที่ผ่านเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)
** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.7 ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ในเปลือกลองกอง

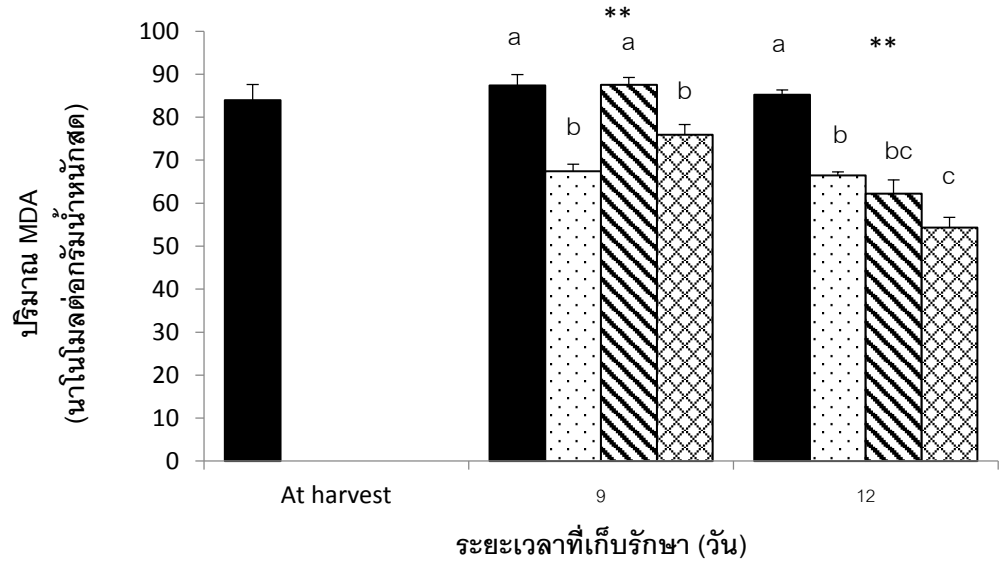
ลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 และ 12 วัน มีปริมาณ MDA สูงที่สุดแต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา การเก็บรักษาในถุง MAP และการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีปริมาณ MDA ใกล้เคียงกันแต่ลองกองที่ไม่บรรจุในถุงมีปริมาณ MDA สูงที่สุด ส่วนการเก็บรักษาในวันที่ 12 ปริมาณ MDA ลดลงจากวันที่ 9 ของการเก็บรักษาอย่างเห็นได้ชัด โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสมีปริมาณ MDA ต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 24 ก)

การย้ายลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน ทำให้ปริมาณ MDA ในการเก็บรักษาในวันที่ 9 และ 12 มีปริมาณสูงขึ้น โดยลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วัน พบว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสมีปริมาณ MDA สูงที่สุด และการเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีปริมาณ MDA น้อยที่สุด ส่วนลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสมีปริมาณ MDA สูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส แต่การเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีปริมาณ MDA ต่ำที่สุด (ภาพที่ 24 ข)

ก



ข



ภาพที่ 24 ปริมาณ MDA ที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

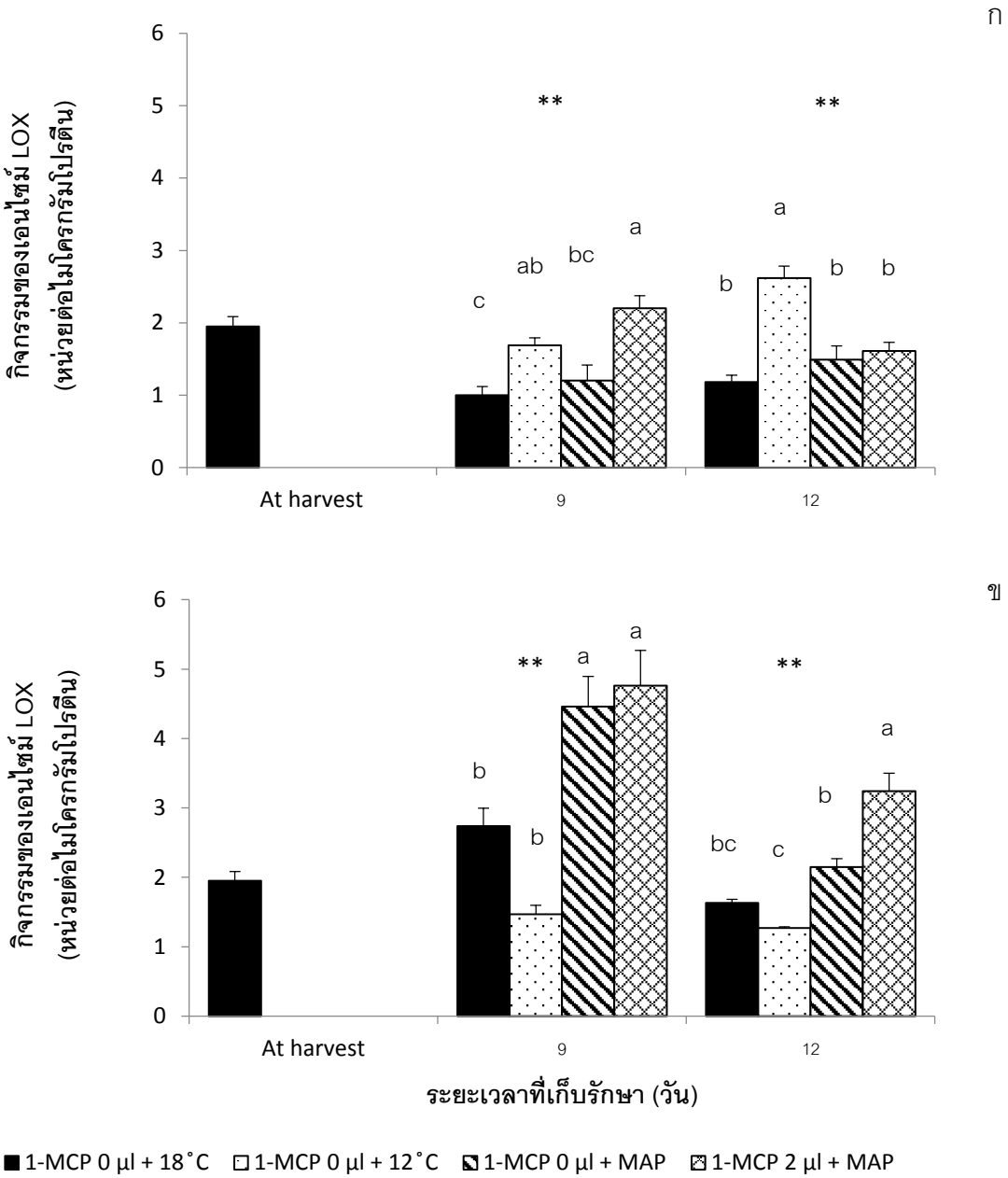
** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.8 กิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase (LOX)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ลดลงจากวันที่เริ่มต้นเก็บรักษาเช่นเดียวกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP และการเก็บรักษาในถุง MAP โดยการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX สูงที่สุด ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการเก็บรักษาในวันที่ 12 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาในถุง MAP และการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP กิจกรรมของเอนไซม์ LOX ต่ำกว่าวันเริ่มต้นการเก็บรักษา และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX สูงที่สุด (ภาพที่ 25 ก)

หลังจากย้ายลองกองออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องทำให้การเก็บรักษาอุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้ผ่านการบรรจุในถุง MAP เช่นเดียวกับการเก็บรักษาในถุง MAP และการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP โดยการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP ที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ แต่ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วัน มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX น้อยกว่าลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วันโดยลองกองที่บรรจุในถุง MAP เห็นได้ชัดที่สุด (ภาพที่ 25 ข)



ภาพที่ 25 กิจกรรมของเอนไซม์ LOX จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

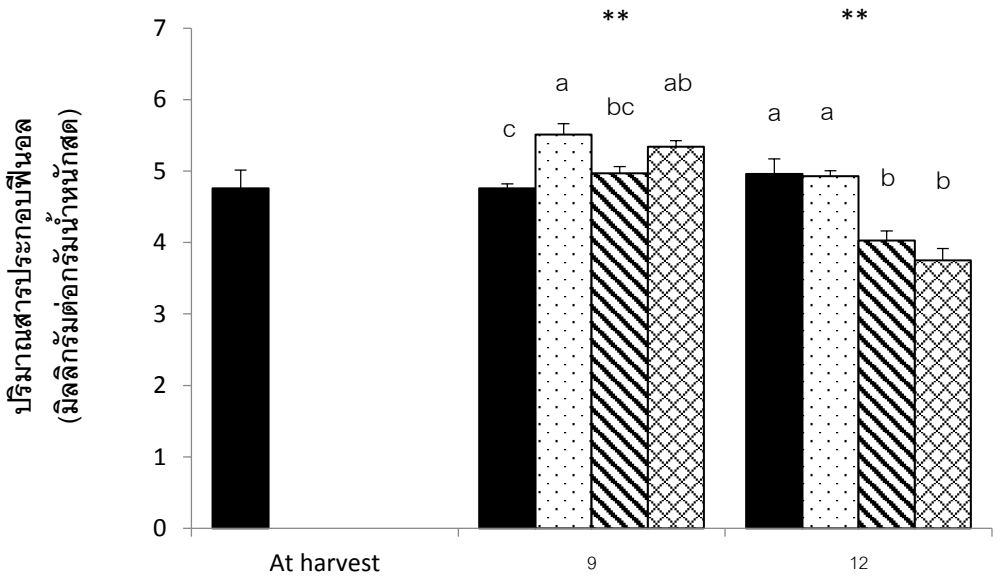
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.9 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเปลือกลองกอง

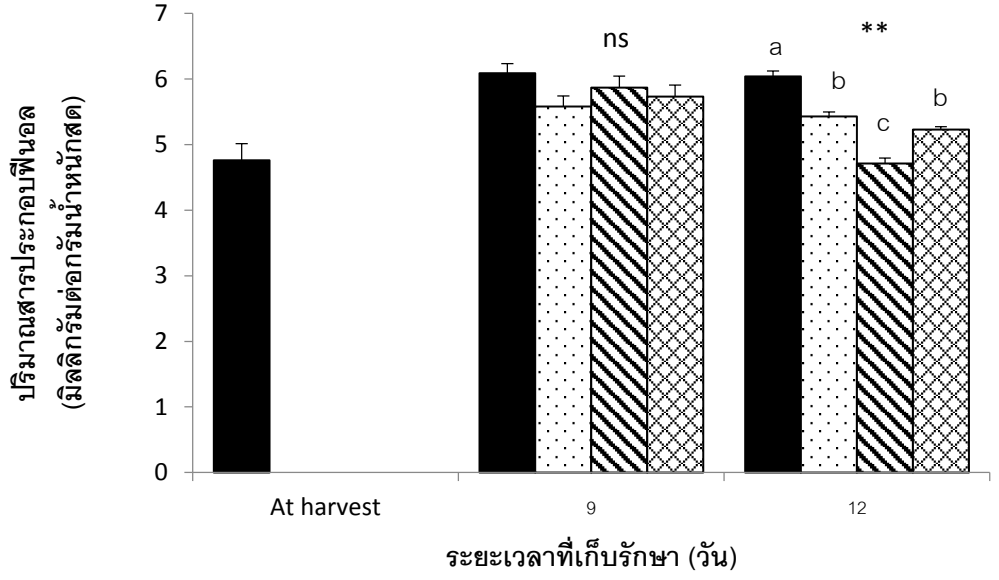
ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ส่วนการเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP เป็นเวลา 9 วัน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด ในการเก็บรักษาในวันที่ 12 การเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสที่ไม่ผ่านการบรรจุในถุง MAP การเก็บรักษาในถุง MAP และการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดลดลงจากวันที่ 9 ของการเก็บรักษา การเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดน้อยที่สุด โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดไม่แตกต่างกันกับการเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP (ภาพที่ 26 ก)

หลังจากย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา ซึ่งลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วัน แตกต่างกันทางสถิติ โดยการเก็บที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด แต่การเก็บรักษาในถุง MAP มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 26 ข)

ก



ข



■ 1-MCP 0 µl + 18˚C □ 1-MCP 0 µl + 12˚C ▨ 1-MCP 0 µl + MAP ▨ 1-MCP 2 µl + MAP

ภาพที่ 26 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

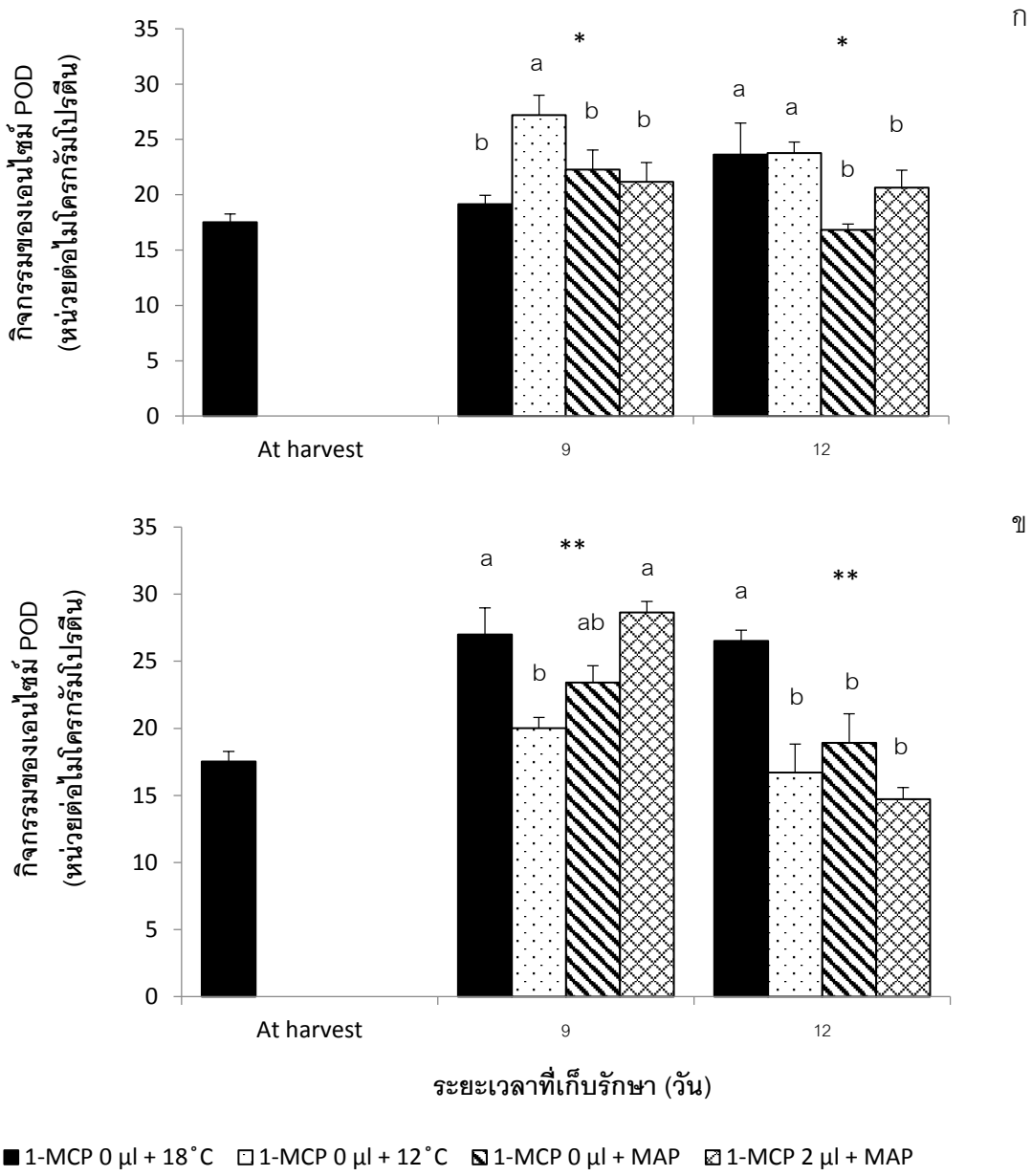
** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.10 กิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase (POD) ในเปลือกลองกอง

กิจกรรมของเอนไซม์ POD ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวันที่เริ่มต้นของการเก็บรักษา โดยการเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD มีค่าสูงที่สุด ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD มีค่าต่ำที่สุด ลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP และลองกองที่บรรจุในถุง MAP ไม่แตกต่างกัน การเก็บรักษาในวันที่ 12 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD มีค่าสูงที่สุดเช่นเดียวกับการเก็บรักษาในวันที่ 9 ลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD สูงกว่าลองกองที่บรรจุในถุง MAP แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 27 ก)

การนำลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำแล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วัน โดยการเก็บที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาในถุง MAP และการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD เพิ่มขึ้น แต่การเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD น้อยที่สุด ส่วนลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสกิจกรรมของเอนไซม์ POD มีค่าสูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP ส่วนลองกองที่บรรจุในถุง MAP ลองกองที่ไม่บรรจุถุงและการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 27 ข)



ภาพที่ 27 กิจกรรมของเอนไซม์ POD ที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 95%

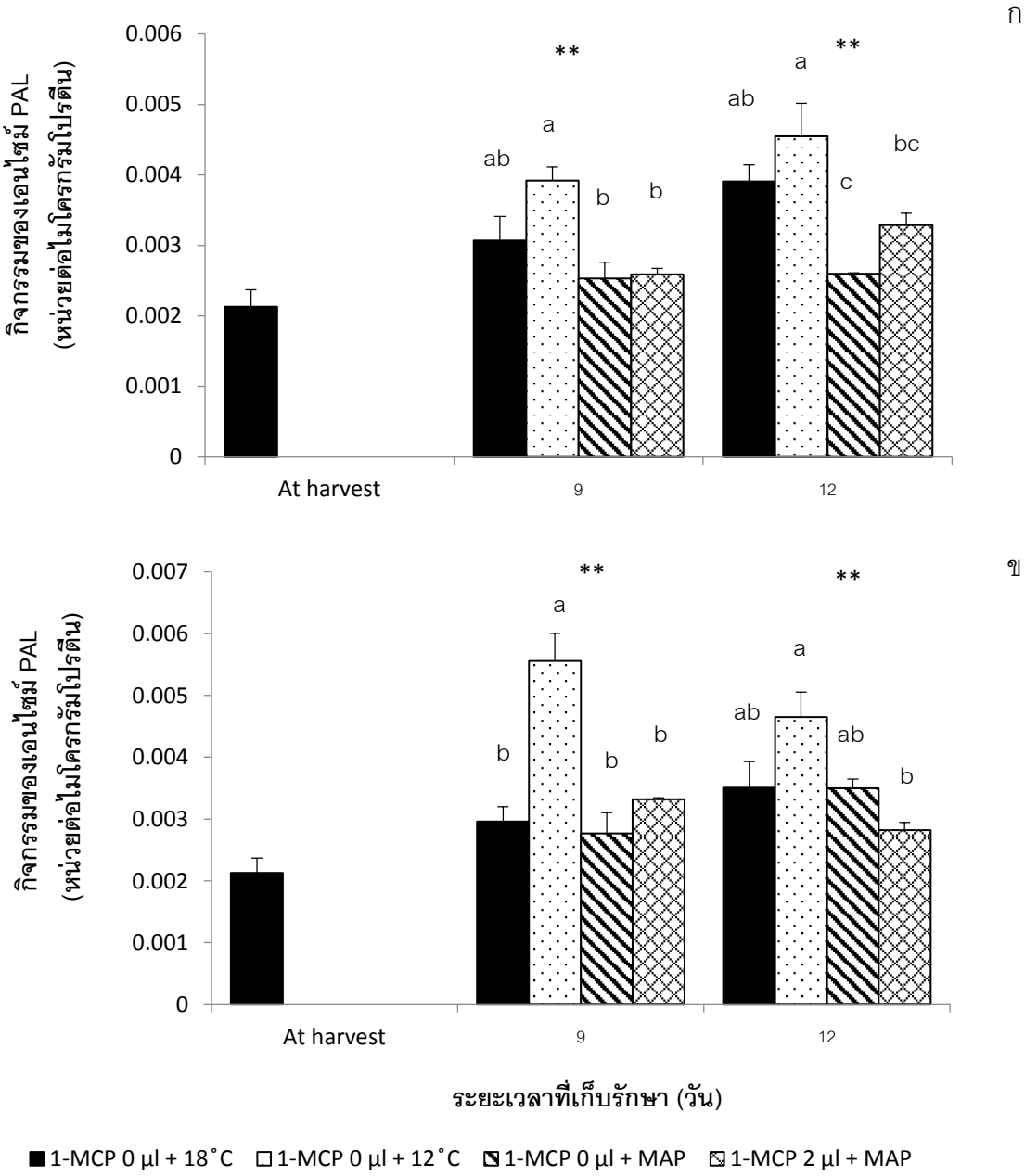
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.11 กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) ในเปลือกลองกอง

กิจกรรมของเอนไซม์ PAL มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาโดยเทียบกับวันที่เริ่มต้นเก็บรักษา โดยการเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ที่ไม่บรรจุถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL เพิ่มขึ้นตลอดเวลาที่เก็บรักษา การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP เป็นเวลา 9 วัน มีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL สูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ส่วนการเก็บรักษาในถุง MAP และการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP กิจกรรมของเอนไซม์ PAL มีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่การเก็บรักษาในวันที่ 12 มีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL เพิ่มขึ้นจากวันที่ 9 ของการเก็บรักษา นอกจากลองกองที่บรรจุในถุง MAP (ภาพที่ 28 ก)

หลังจากย้ายลองกองออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วัน แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL สูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสอย่างเห็นได้ชัด ส่วนการเก็บรักษาในถุง MAP และการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP กิจกรรมของเอนไซม์ PAL มีค่าใกล้เคียงกัน ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL มากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสเช่นเดียวกับลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วัน ขณะที่การเก็บรักษาในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL มากกว่าการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP (ภาพที่ 28 ข)



ภาพที่ 28 กิจกรรมของเอนไซม์ PAL ที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

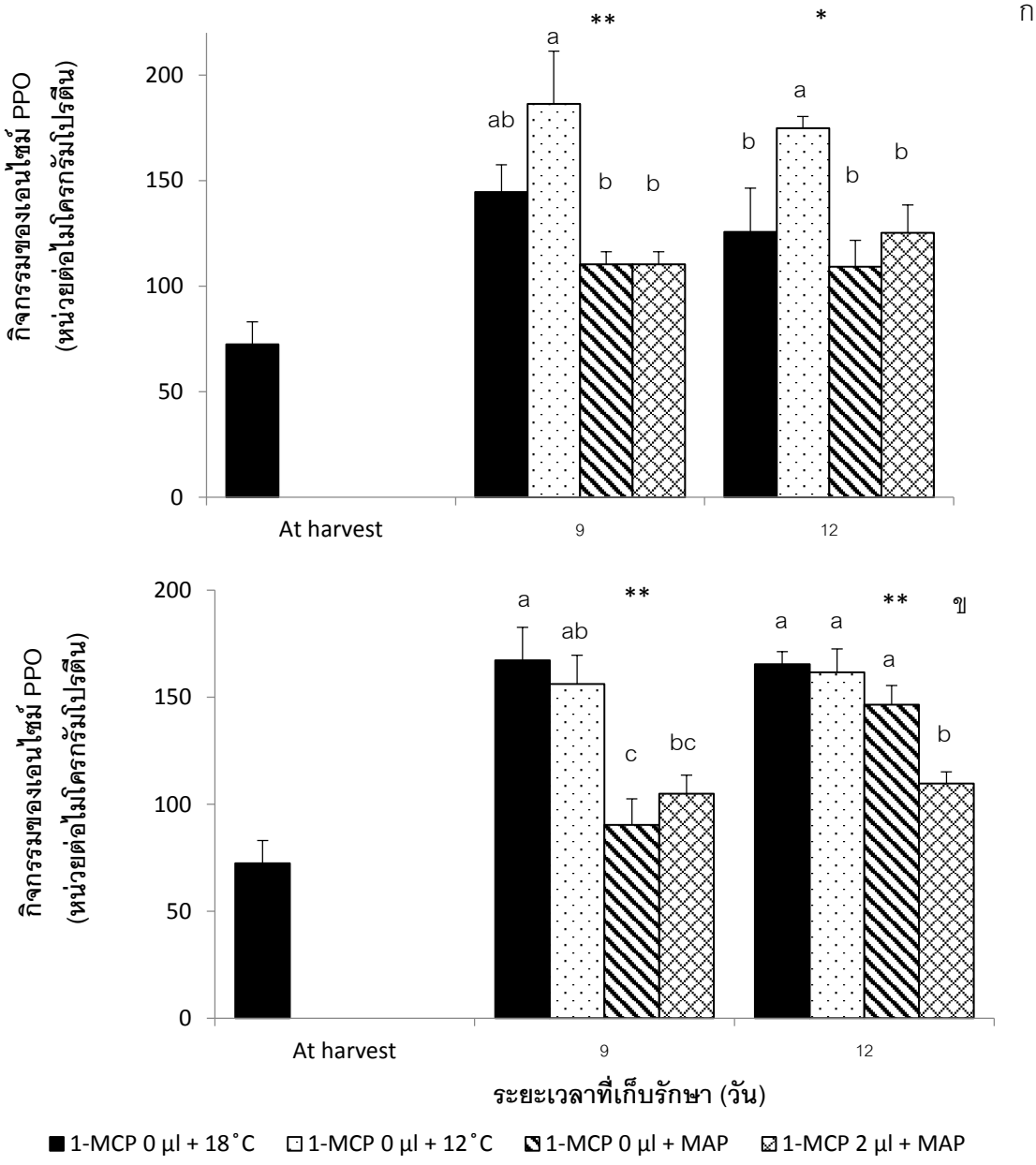
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.12 กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ในเปลือกลองกอง

การเก็บรักษาในวันที่ 9 กิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา โดยการเก็บรักษาในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ใกล้เคียงกับการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP เป็นเวลา 12 วันมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีค่าสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ส่วนการเก็บรักษาในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีค่าต่ำกว่าการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP (ภาพที่ 29 ก)

หลังจากนำมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน กิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วัน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO สูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP ส่วนการเก็บรักษาในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO น้อยที่สุด ขณะที่การเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP และผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วันกิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาในถุง MAP และการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP ซึ่งการเก็บรักษาที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีค่าต่ำที่สุด (ภาพที่ 29 ข)

ก



ภาพที่ 29 กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 95%

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

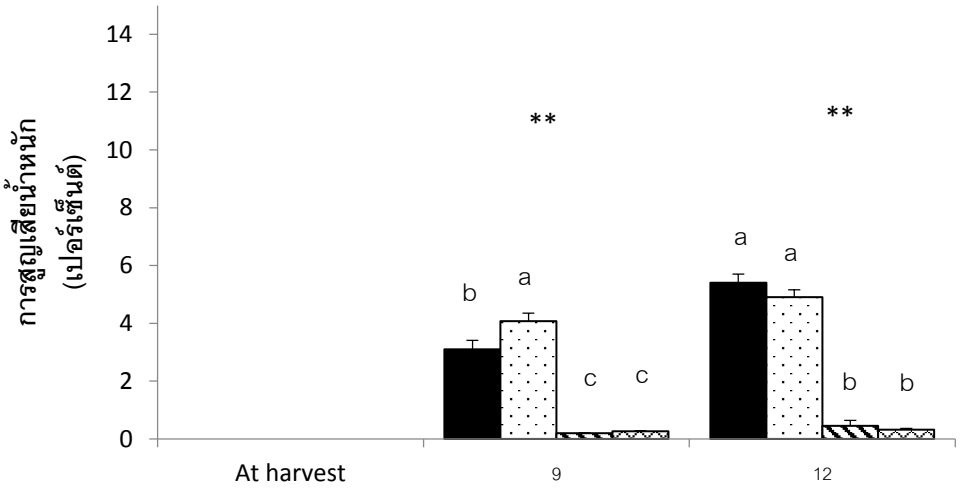
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.13 การสูญเสียน้ำหนัก

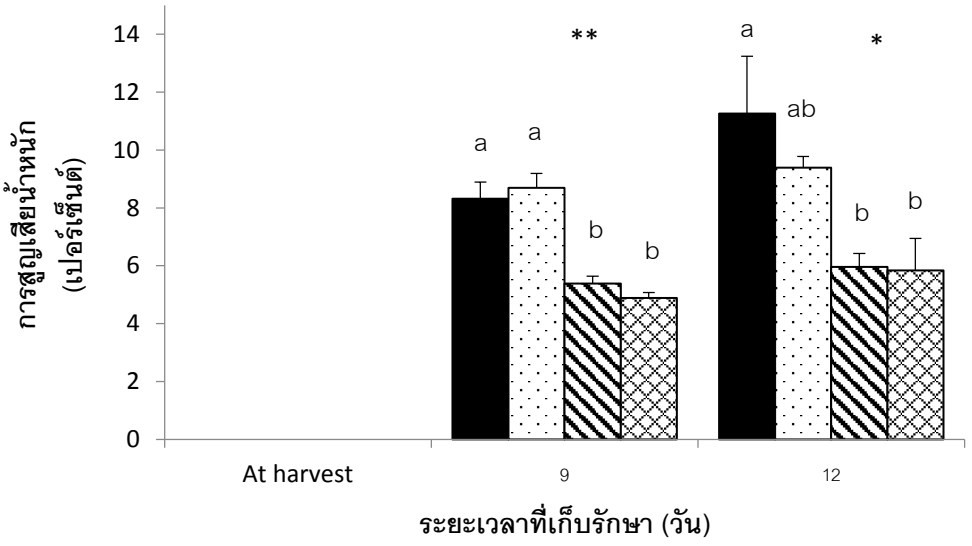
ลองกองที่ไม่ได้ผ่านการรม 1-MCP ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าการเก็บรักษาในถุง MAP และลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP เก็บรักษาในอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสอย่างเห็นได้ชัดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยการเก็บรักษาในวันที่ 12 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากการเก็บรักษาในวันที่ 9 ซึ่งทั้งสองวันที่เก็บรักษาแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา การเก็บรักษาในอุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าการเก็บรักษาในอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP ส่วนลองกองที่บรรจุในถุง MAP เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าลองกองที่ไม่บรรจุในถุงอย่างเห็นได้ชัด ลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAPเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด (ภาพที่ 30 ก)

หลังจากย้ายลองกองจากอุณหภูมิต่ำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่าตัวจากการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ ส่วนลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วัน เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วัน ซึ่งทั้งสองวันที่เก็บรักษาแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับภาพที่ 30 ก ลองกองที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าการเก็บรักษาในอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP ส่วนลองกองที่ไม่ผ่านบรรจุในถุงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าลองกองที่บรรจุในถุงและลองกองที่ผ่านการรมสาร 1-MCP (ภาพที่ 30 ข)

ก



ข



■ 1-MCP 0 µl + 18˚C □ 1-MCP 0 µl + 12˚C ▨ 1-MCP 0 µl + MAP ▩ 1-MCP 2 µl + MAP

ภาพที่ 30 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 95%

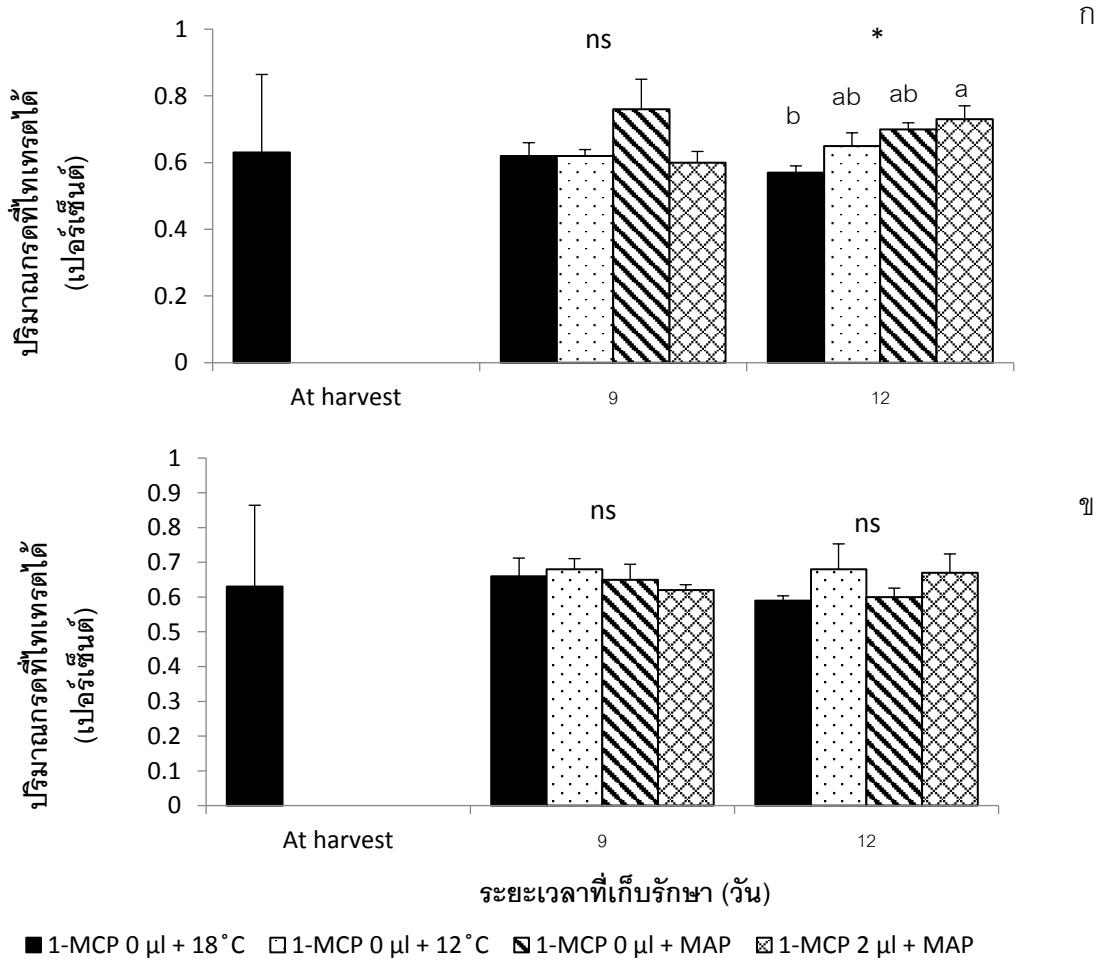
** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.14 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่มีความเปลี่ยนแปลงมากเมื่อเทียบกับวันแรกของการเก็บรักษา ซึ่งการเก็บรักษาในวันที่ 12 แตกต่างกันทางสถิติ โดยลองกองที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดที่ไทเทรตต่ำกว่าการเก็บรักษาในอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP ส่วนลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP มีปริมาณกรดที่ไทเทรตสูงที่สุดเมื่อเทียบกับลองกองที่ไม่ผ่านการบรรจุถุง และลองกองที่บรรจุในถุง MAP (ภาพที่ 31 ก)

ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 และ12 วัน ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่เปลี่ยนแปลงจากวันแรกของการเก็บรักษา (ภาพที่ 31 ข)

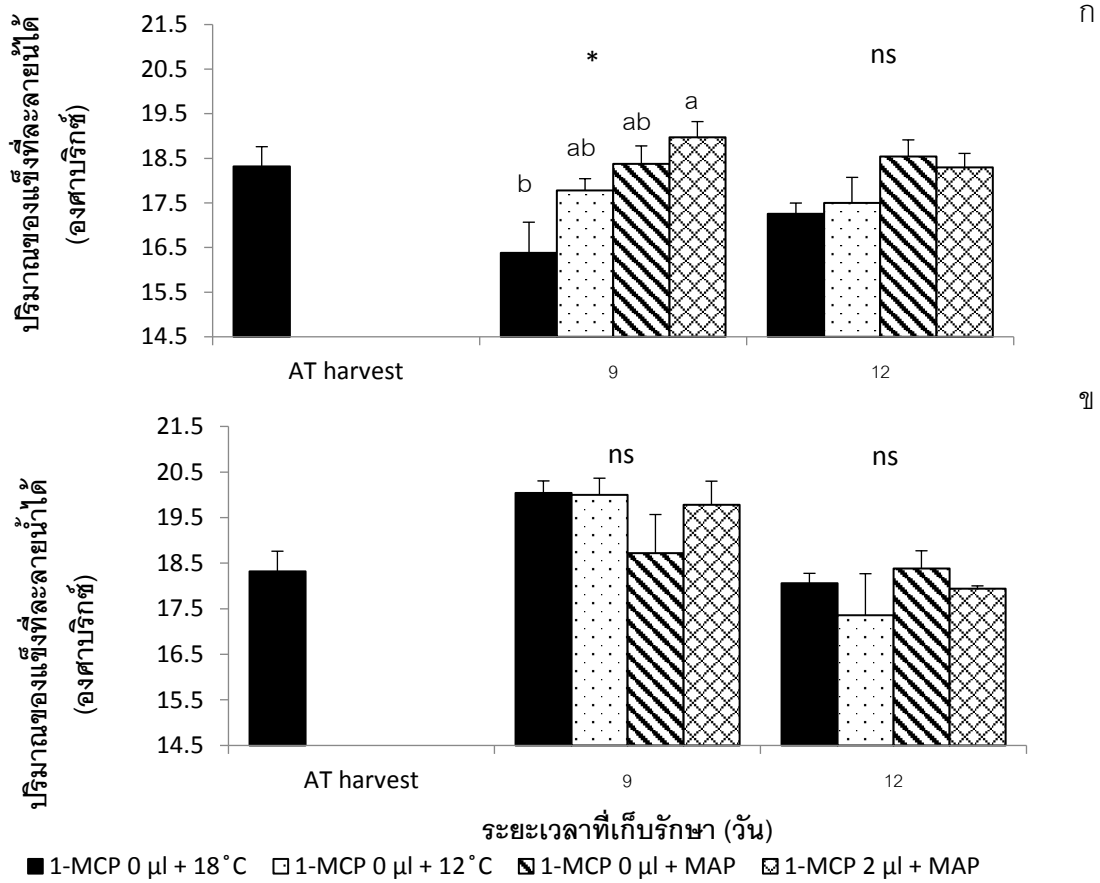


ภาพที่ 31 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9และ 12 วัน แล้ว วางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)
* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 95% ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.15 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ลองกองที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการรมและไม่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่ได้ลดลงจากวันแรกที่เก็บรักษา (ภาพที่ 32 ก)

ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วันมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้นจากวันแรกที่เก็บรักษา ส่วนการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วันปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงจากวันที่ 9 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 32 ข)



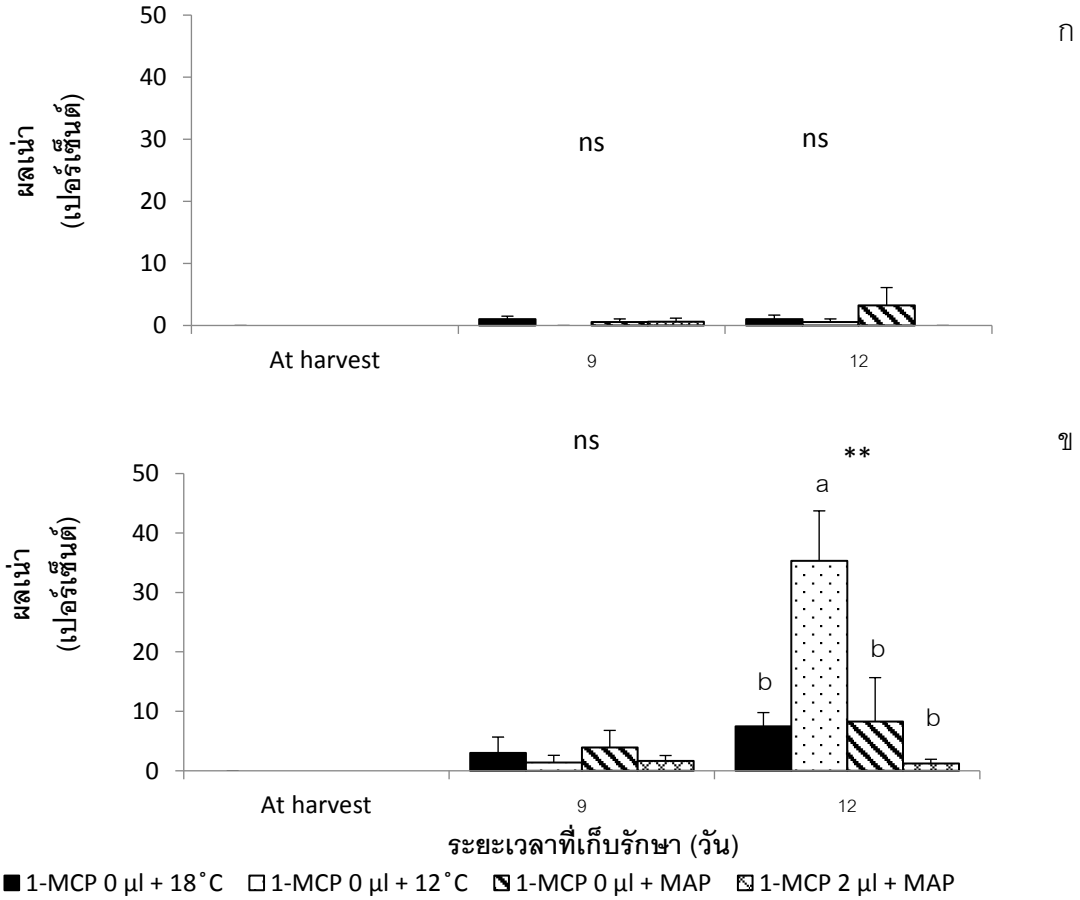
ภาพที่ 32 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 95% ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.16 การเน่าของผล

การเน่าของผลเพิ่มขึ้นหลังจากวันแรกของการเก็บรักษา การเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 และ 12 วันไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 33 ก)

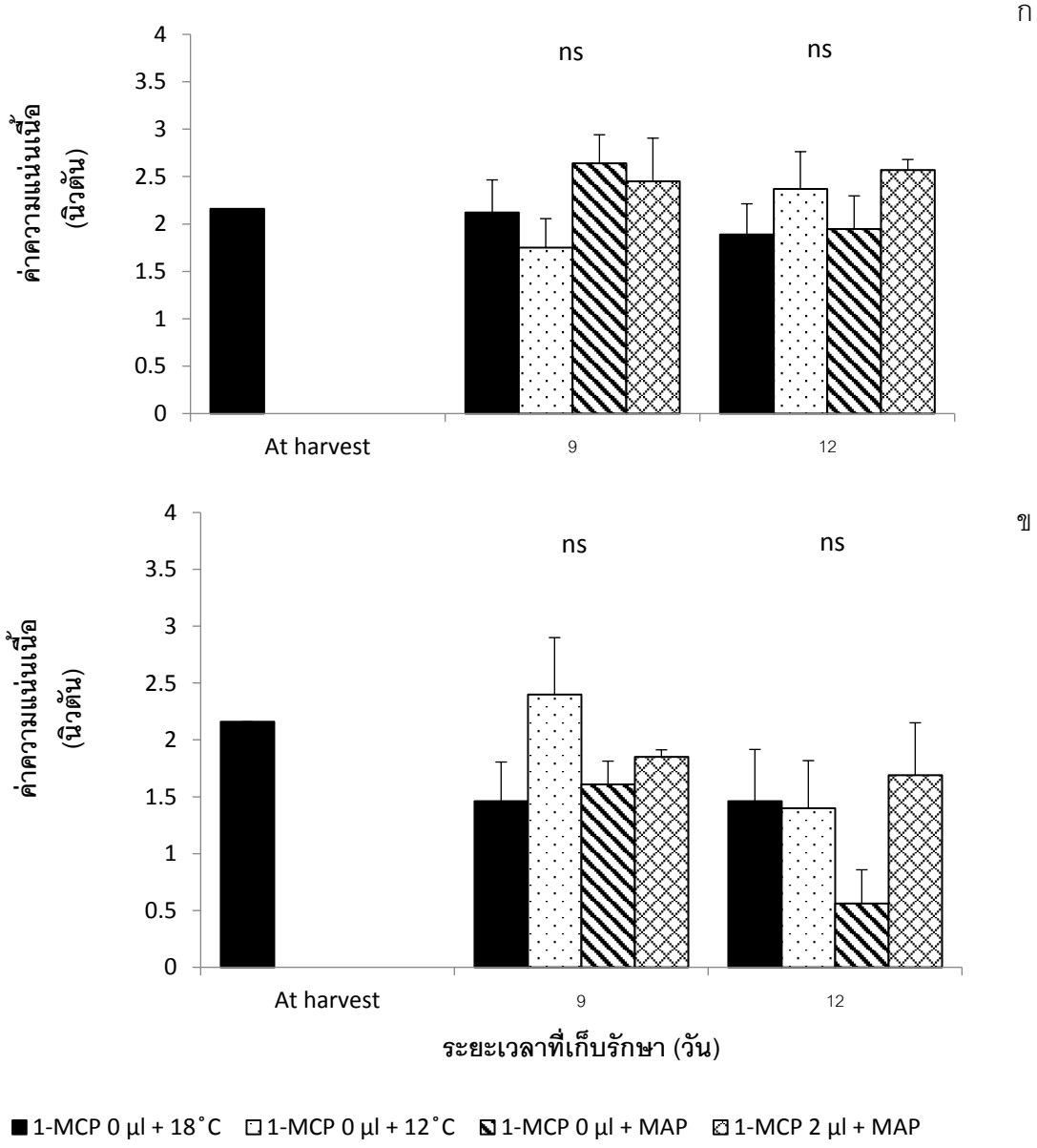
หลังจากย้ายลองกองจากอุณหภูมิต่ำแล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์ผลเน่าสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ส่วนลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP เปอร์เซ็นต์ผลเน่ามีค่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับลองกองที่บรรจุในถุง MAP และลองกองที่ไม่บรรจุในถุง ซึ่งการเน่าของผลมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 33 ข)



ภาพที่ 33 เปอร์เซ็นต์ผลเน่าของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)
** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.17 ความแน่นเนื้อของผล

การเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 และ 12 วันความแน่นเนื้อของผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 34 ก) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน ความแน่นเนื้อของผลไม่มีความแตกต่างกันหลังจากย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ภาพที่ 34 ข)



ภาพที่ 34 ความแน่นเนื้อของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

วิจารณ์ผลการทดลอง

การเก็บรักษาลองกองที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เริ่มแสดงอาการสะท้านหนาวหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน โดยมีลักษณะอาการเริ่มต้นเกิดเป็นรอยบุ๋มสีน้ำตาลเข้มขนาดเล็กบนเปลือก และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นจุดสีน้ำตาลเข้มมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นและขยายใหญ่ขึ้นกลายเป็นแผ่นสีน้ำตาลเข้มที่เปลือกยุบตัวลง (สรยา, 2557) การเก็บรักษาลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP และลองกองที่บรรจุในถุง MAP เริ่มแสดงอาการสะท้านหนาวหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ไม่ก่อให้เกิดอาการสะท้านหนาว การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเยื่อหุ้มเป็นเหตุการณ์แรกที่ผลิตผลได้รับอุณหภูมิต่ำที่ทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว เนื่องจากเยื่อหุ้มมีไขมันเป็นองค์ประกอบ การเปลี่ยนแปลงสถานะของเยื่อหุ้มส่งผลให้ความสามารถในการเลือกผ่านของเยื่อหุ้มลดลง การทำงานของเยื่อหุ้มและโปรตีนที่เกี่ยวข้องผิดปกติ ทำให้มีการรั่วไหลของประจุออกจากเซลล์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิ่มตัวเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เยื่อหุ้มมีสถานะอ่อนตัวลดลง (Sevillano *et al*., 2009) จากผลการทดลองพบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส มีการรั่วไหลของประจุสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เพราะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเกิดอาการสะท้านหนาวสูงที่สุด ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสไม่เกิดอาการสะท้านหนาวหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ลองกองที่รม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP และลองกองที่บรรจุในถุง MAP มีค่าการรั่วไหลของประจุใกล้เคียงกัน และมีค่าการรั่วไหลของประจุน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส Marangoni และคณะ (1996) รายงานว่า การรั่วไหลของประจุเกิดขึ้นเนื่องจากเยื่อหุ้มได้รับความเสียหายจากอาการสะท้านหนาว จากการศึกษาในแตงกวาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 15 และ 28 วัน พบว่าการรั่วไหลของประจุเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น เช่นเดียวกับลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสมีค่าการรั่วไหลของประจุเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา

กระบวนการเกิด lipid peroxidation เป็นปฏิกิริยาการสลายโมเลกุลของ phospholipid ทำให้มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวลดลง ส่งผลให้เยื่อหุ้มถูกทำลายและเปลี่ยนสถานะ โปรตีนบนเยื่อหุ้มทำงานไม่ได้จนเกิดการรั่วไหลของประจุต่าง ๆ ออกจากเซลล์และทำให้เซลล์ตาย โดยอุณหภูมิที่ก่อให้เกิดอาการสะท้านหนาวสามารถกระตุ้นให้เกิด lipid peroxidation เพิ่มขึ้น (Marangoni *et al.,* 1996) สรยา (2557) รายงานว่าลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX เพิ่มขึ้นในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาและหลังจากเก็บเป็นเวลานานขึ้นมีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มสูงขึ้น ขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสนั้นมีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ค่อยข้างคงที่ เช่นเดียวกับผลการทดลองโดยลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสในวันที่ 12 ของการเก็บรักษามีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX สูงกว่าวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ส่วนลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสค่อย

ข้างคงที่ วันที่ 9 ของการเก็บรักษา การใช้ 1-MCP ร่วมกับถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX สูงสุด แต่หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นมีกิจกรรมของเอนไซม์ลดลง อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาลองกองในอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส กิจกรรมของเอนไซม์นี้มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับวันเริ่มต้นทำการทดลอง ผลการทดลองที่ได้อาจเป็นเพราะการเก็บรักษาในถุง MAP และการรม 1-MCP ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปสำหรับการเก็บรักษาลองกองจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของเยื่อหุ้มซึ่งดูได้จากค่าการรั่วไหลของประจุที่ค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้นจนสิ้นสุดการทดลองอย่างเห็นได้ชัดและมีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวที่ปรากฏออกมาในระหว่างการเก็บรักษา

จากการเกิดปฏิกิริยาการออกซิเดชั่นทำให้ได้เป็นอนุมูลอิสระต่าง ๆ ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาต่อเนื่องโดยเอนไซม์ดังกล่าวได้อีก ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของกระบวนการย่อยสลายไขมันได้เป็นสาร MDA ส่งผลให้เยื่อหุ้มมีสถานะเป็นเจลมากขึ้นและมีผลกระทบต่อโปรตีนบนเยื่อหุ้มทำให้ไม่สามารถทำงานได้ (สรยา, 2557; จริงแท้, 2549) จากการทดลองนี้การเก็บรักษาในอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส มีปริมาณ MDA สูงสุดในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ขณะที่ลองกองที่บรรจุในถุง MAP และลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีปริมาณ MDA ลดลง เมื่อเทียบกับวันแรกของการเก็บรักษา และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน พบว่าทุกการทดลองมีปริมาณ MDA ลดลง เช่นเดียวกับ สรยา (2557) จากการศึกษาปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นในช่วง 9 วันแรกของการเก็บรักษาลองกองที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปริมาณ MDA มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยจนกระทั่งสิ้นสุดการเก็บรักษา (การเพิ่มขึ้นของปริมาณ MDA การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส แสดงถึงการเสื่อมของเยื่อหุ้มที่กระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์กรดไขมัน)

หลังจากย้ายมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 9 วัน เริ่มเกิดสีน้ำตาล ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส แสดงอาการสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามลองกองที่ผ่านการรมและไม่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP เริ่มแสดงอาการสีน้ำตาลเล็กน้อย แต่หลังจากย้ายมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน เกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งลองกองที่บรรจุในถุง MAP แสดงอาการสีน้ำตาลสูงกว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP ตลอดการเก็บรักษา การใช้ 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีประสิทธิภาพในการลดการเกิดสีน้ำตาลได้หลังจากย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง ศรินญาและคณะ (2553) รายงานว่า การเก็บรักษาช่อลองกองในถุงชนิด Nylon-LLDPE ร่วมกับกล่องกระดาษเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน สามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการบรรจุช่อลองกองในกล่องกระดาษเพียงอย่างเดียว แสดงว่าการบรรจุในถุง MAP สามารถช่วย

ชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้หลังจากมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน ในขณะที่ย้ายลองกองมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วันมีการเกิดสีน้ำตาลสูงขึ้นอาจเป็นเพราะนำลองกองออกจากบรรจุภัณฑ์แล้ว

หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำแล้วย้ายออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2วัน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วันมีปริมาณสารประกอบฟีนอลไม่แตกต่างกัน แต่มีปริมาณสารฟีนอลเพิ่มขึ้นจากการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ ซึ่งการใช้ 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูง อาจถูกกระตุ้นจากเอนไซม์ PAL ที่เพิ่มขึ้น แต่สารประกอบฟีนอลยังไม่ถูกนำไปใช้ให้เป็นสีน้ำตาล โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วัน ลองกองที่บรรจุในถุง MAP มีสารประกอบฟีนอลน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับทรีทเมนต์อื่น ทั้งนี้การลดลงของสารประกอบฟีนอล อาจถูกนำไปใช้ในกระบวนการเกิดสีน้ำตาล แต่ก็ไม่สามารถนำไปเป็นตัวชี้วัดได้

กิจกรรมเอนไซม์ PAL มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเกิดสีน้ำตาลของพืชในสภาวะเครียดต่าง ๆ เช่น เมื่อเก็บรักษากล้วยในอุณหภูมิต่ำ กล้วยจะแสดงอาการสะท้านหนาว ผิวมีสีน้ำตาล ในขณะเดียวกันพบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL เพิ่มสูงขึ้น ในทำนองเดียวกับกิจกรรมเอนไซม์ PPO ในผักกาดหอมห่อที่ถูกหั่นเป็นชิ้นพร้อมรับประทานก็เช่นเดียวกัน ชิ้นผักกาดหอมห่อจะเกิดสีน้ำตาลขึ้นโดยเฉพาะบริเวณรอยตัด และพบว่าระดับการเกิดสีน้ำตาลนี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสารประกอบฟีนอล และกิจกรรมเอนไซม์ PAL (จริงแท้, 2549) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำแล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วัน ลองกองที่ผ่านการรมและไม่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับการบรรจุในถุง MAP เป็นเวลา 9 วัน มีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL เพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL ลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วันพบว่าลองกองที่รมด้วย 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับการบรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมเอนไซม์ PAL ลดลง

การเพิ่มของกิจกรรมของเอนไซม์ PPO อาจมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาล ขณะเดียวกันจะสัมพันธ์กับการเสื่อมของเยื่อหุ้มเป็นหลักด้วย เพราะดูจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO สูงแต่เกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส การใช้ถุง MAP ช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้ หลังจากย้ายลองกองมาวางที่อุณหภูมิห้องพบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วัน ลองกองที่บรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับเวศน์ทิวา (2549) ศึกษาการเก็บรักษาผลลองกองในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยการหุ้มด้วยฟิล์มโพลีเอทิลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า การหุ้มผลลองกองด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีเอทิลีนสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและชะลอการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ PPO ในเปลือกได้จึงช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลและสามารถเก็บรักษาผลลองกองได้สูงถึง 15 วัน จากผลการทดลองการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วัน ลองกองที่

บรรจุในถุง MAP สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล และกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้ แต่หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่าการเกิดสีน้ำตาล และกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้น แต่ลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP ชะลอการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ PPO

การที่พบกิจกรรมของเอนไซม์ POD สูงขึ้น น่าจะเป็นเพียงการตอบสนองของพืชต่อความเครียด และกิจกรรมของเอนไซม์ POD น่าจะมีบทบาทอย่างอื่นในการป้องกันตัวเองของพืช เช่น การทำให้ผนังเซลล์แข็งแรงขึ้นมากกว่า (จริงแท้, 2549) จากการทดลอง พบว่าเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ POD เพิ่มขึ้น โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 9 วัน มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD สูงสุดขณะที่ลองกองที่บรรจุในถุง MAP และลองกองผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับการบรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ใกล้เคียงกัน และในการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ลองกองที่บรรจุใน MAP และลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับการบรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ลดลง ขณะที่การเก็บรักษาที่ 18 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD เพิ่มสูงจากเดิม การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ทำให้เอนไซม์ของ POD เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะมีบทบาทที่เกี่ยวข้องการการตอบสนองต่อความเครียดของการป้องกันตัวเองของพืช เมื่อย้ายลองกองมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD เพิ่มขึ้น ขณะที่การเก็บรักษาอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ลดลง แต่ลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD สูงขึ้น ส่วนการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ลองกองที่บรรจุในถุง MAP และลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ลดลงยกเว้นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส กลับมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD คงที่

การเก็บรักษาที่มีการควบคุมการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของบรรยากาศเริ่มต้น แต่หลังจากนั้นสัดส่วนของบรรยากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเนื่องจากการหายใจของผลไม้ โดยผลไม้และเชื้อจุลินทรีย์ที่ยังหลงเหลืออยู่ที่ผิวของผลไม้ จะมีก๊าซออกซิเจนในการหายใจและมีการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ (Davie, 1995) โดยในบรรยากาศมีก๊าซออกซิเจนประมาณ 20.9% (งามทิพย์, 2538) ผลการทดลองพบว่าปริมาณออกซิเจนในถุง มีประมาณ 7-9% ซึ่งน้อยกว่าในบรรยากาศปกติ ปริมาณออกซิเจนที่ลดลงอาจนำไปใช้ในการหายใจของผลิตผล ขณะที่ปริมาณออกซิเจนต่ำเป็นผลดีคือช่วยลดความผิดปกติของผลิตผลระหว่างการเก็บรักษา เช่น อาการสะท้านหนาว การเกิดสีน้ำตาลและการออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลด้วยก๊าซออกซิเจน (ดนัย และ นิธิยา, 2535 ; จริงแท้, 2544) ส่วนปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมีประมาณ 0.03% (งามทิพย์, 2538 ; Wiley, 1994)ผลการทดลองพบว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในถุง MAP เพิ่มขึ้นจากในบรรยากาศประมาณ 2-3% การเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยในการ

ลดความไวในการตอบสนองต่อเอทิลีน ทำให้การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่กระตุ้นโดยเอทิลีนเกิดขึ้นช้าลง ทั้งนี้เพราะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีโครงสร้างทางเคมีใกล้เคียงกับเอทิลีน สามารถไปแทนที่การทำงานของเอทิลีนได้ (ดนัย และ นิธิยา, 2535 ; จริงแท้, 2544) จากผลการทดลองแสดงว่าลองกองที่บรรจุในถุง MAP มีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของบรรยากาศได้

เนื่องจากเอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่มีบทบาทสำคัญในการเสื่อมสภาพของผลิตผล (จริงแท้, 2544) จากผลการทดลองลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีการสะสมของเอทิลีนในถุงสูงสุดเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส แต่เอทิลีนไม่มีผลต่อลองกอง ซึ่งสาร 1-MCP สามารถยับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การร่วงของผลน้อยกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ขณะที่ลองกองที่บรรจุในถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์การร่วงของผลสูงที่สุด ซึ่งการบรรจุในถุง MAP ส่งผลให้เกิดการร่วงของผลสูงขึ้น เช่นเดียวกับจริงแท้ (2553) รายงานว่า การบรรจุช่อลองกองในถุงพลาสติกสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำออกจากผลได้แต่ก็ทำให้มีการสะสมของเอทิลีนภายในถุงส่งผลให้เกิดการหลุดร่วงของผลลองกอง ส่วนลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP สามารถป้องกันการร่วงของผลลองกองได้ เช่นเดียวกับ Taesakul และคณะ (2012) รายงานว่า การรม 1-MCP ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 6 ชั่วโมง สามารถชะลอการหลุดร่วงของผลลองกองได้ ทั้งนี้เพราะเอทิลีนมีบทบาทในการร่วงของผล ทำให้การรมสาร 1-MCP สามารถชะลอการร่วงของผลลองกองได้

ลองกองที่รมด้วย 1-MCP ร่วมกับการบรรจุในถุง MAP สามารถลดการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ ซึ่งมีความความสัมพันธ์กับสีผิวของเปลือกลองกอง และค่าการรั่วไหลของประจุจากเปลือกลองกอง สอดคล้องกับ สรยา (2557) รายงานว่าค่าการรั่วไหลของประจุจากเปลือกลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสในแต่ละวันมีค่ามากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส การเพิ่มขึ้นของค่าการรั่วไหลของประจุสอดคล้องกับความรุนแรงของการเกิดอาการสะท้านหนาว แสดงว่าลองกองที่บรรจุในถุง MAP สามารถช่วยลดการสัมผัสกับอุณหภูมิต่ำทำให้ช่วยลดการเกิดอาการสะท้านหนาวและการเกิดสีน้ำตาล ขณะที่เก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นพบว่ามีการเกิดสีน้ำตาลสูงขึ้น อาจเป็นเพราะเอทิลีนไปส่งผลให้ลองกองที่บรรจุในถุง MAP มีการร่วงสูง ส่วนลองกองที่รมด้วย 1-MCP ร่วมกับการบรรจุในถุง MAP สามารถช่วยชะลอการร่วงของผลลองกองได้ระยะหนึ่ง

จากผลการทดลองพบว่าลองกองที่บรรจุในถุง MAP มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าลองกองที่ไม่ได้บรรจุถุง แสดงว่าการบรรจุถุง MAP ช่วยลดการสูญเสียน้ำในลองกองได้ ส่วนลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 12 วัน มีปริมาณกรดที่ไทเทรตสูงที่สุดเมื่อเทียบกับลองกองที่ไม่ผ่านการบรรจุถุง และลองกองที่บรรจุในถุง MAP และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12

องศาเซลเซียส ที่ผ่านการรมและไม่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่ได้ลดลงจากวันแรกที่เก็บรักษา ซึ่งผลิตผลลองกองเกิดการหายใจตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาโดยดูจากปริมาณกรดที่ไทเทรต และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยกระบวนการหายใจนั้นใช้น้ำตาลและกรดเป็นสารตั้งต้น สาเหตุที่ปริมาณกรดที่ไทเทรต และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงนั้นเกิดจากลองกองมีการหายใจสูง

การประเมินอายุการเก็บรักษาลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ หลังจากนั้นนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ผลลองกองเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลในระดับไม่เกิน 25% ของพื้นที่เปลือก) พบว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีอายุเก็บรักษาประมาณ 12 วัน ขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส มีอายุเก็บรักษาประมาณ 9 วัน แต่หากใช้เปอร์เซ็นต์การร่วงของผลเป็นตัวตัดสินลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสที่ไม่ได้บรรจุถุง พบว่ามีอายุเก็บรักษาประมาณ 9 วันและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่ามีอายุเก็บรักษาต่ำกว่า 9 วัน

บทที่ 3
สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 1

1.1 ลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง สามารถลดความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวได้ดีกว่าลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP เช่นเดียวกับหลังจากย้ายลองกองมาวางที่อุณหภูมิห้องพบว่าชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้

1.2 ความเข้มข้นของสาร 1-MCP มีผลต่อการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษาลองกองผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์การร่วงต่ำที่สุด เมื่อย้ายลองกองมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษาลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง PE และถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์การร่วงต่ำกว่า 30 แต่หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นลองกองมีเปอร์เซ็นต์การร่วงเพิ่มขึ้น

1.3 การเก็บรักษาที่บรรจุในถุง PE และ MAP ในช่วงแรกของการเก็บรักษาคุณภาพไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน ลองกองที่บรรจุในถุง MAP ช่วยรักษาคุณภาพได้ดีกว่าลองกองที่บรรจุในถุง PE

1.4 ความแน่นเนื้อของผลลดลงตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มีปริมาณลดลงจากวันแรกของการเก็บรักษา โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำแล้วนำมาวางที่อุณหภูมิห้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา

การทดลองที่ 2

2.1 ลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP และผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP สามารถช่วยชะลออาการสะท้านหนาวและเก็บรักษาได้เป็นเวลา 12 วัน นอกจากนี้สามารถช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลหลังจากย้ายมาวางที่อุณหภูมิห้องได้ แต่หลังจากวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 วัน พบว่าลองกองผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีระดับการเกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุด

2.2 ลองกองที่เก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 9 และ 12 วัน มีค่ามุมสีลดลงจากวันแรกของการเก็บรักษาเล็กน้อยแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ย้ายลองกองมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 และ 2 วัน มีค่ามุมสีลดลงจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

2.3 ลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP ช่วยชะลอการร่วงของผลได้นานถึง 12 วัน ขณะที่ย้ายออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน มีเปอร์เซ็นต์การร่วงเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 9 ของการเก็บรักษา

2.4 ปริมาณออกซิเจน และ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษามีปริมาณออกซิเจนประมาณ 7-9 เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของออกซิเจน และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 2.5-3 เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์

2.5 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีปริมาณเอทิลีนสูงที่สุด แต่ไม่ส่งผลต่อคุณภาพของลองกองที่เก็บรักษา

2.6 ค่าการรั่วไหลของประจุจะเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยพบว่าลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP และผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีค่าการรั่วไหลของประจุในแต่ละวันน้อยกว่าลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุงและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

2.7 การรมลองกองด้วยสาร 1-MCP แล้วบรรจุในถุง MAP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสมีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX และปริมาณ MDA ลดลงในวันที่ 9 และ 12 ของการเก็บรักษา

2.8 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดมีปริมาณการสะสมเพิ่มขึ้นหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วัน และหลังจากนั้นจะมีปริมาณลดลง แต่พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในแต่ละวันค่อนข้างคงที่

2.9 ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าลองกองที่ไม่รมและรม 1-MCP บรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL เอนไซม์ POD และเอนไซม์ PPO น้อยกว่าลองกองที่ไม่บรรจุในถุง MAP

2.10 การเกิดอาการสะท้านหนาวมีความสัมพันธ์กับ ค่ามุมสี การรั่วไหลของประจุ กิจกรรมของเอนไซม์ LOX และปริมาณ MDA โดยระดับอาการสะท้านหนาวสูงยิ่งส่งผลให้ค่ามุมสีลดลง ส่วนการรั่วไหลของประจุสูงเป็นเพราะมีระดับการเกิดอาการสะท้านสูง เช่นเดียวกับปริมาณของ MDA และกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ของลองกองที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน

เอกสารอ้างอิง

กีรติ กิตติพล และประดิษฐ์ ลือชัย. 2544. การศึกษาการยืดอายุของผลลองกองสดและการแปรรูปชิ้นลองกอง. รายงานโครงการนักศึกษา คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์. 2551. พอลิฟีนอลออกซิเดส และการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักผลไม้. ว. วิทยาศาสตร์ (มข.) 36 : 97-105.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. นครปฐม : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2553. กระบวนการหลุดร่วงของลองกองหลังการเก็บเกี่ยวและการควบคุม. รายงานการวิจัย . นครปฐม : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช และจารุวัฒน์ โรจนภัทรากูล. 2547. การชะลอการหลุดร่วงของผลลองกองโดยใช้ 1- methylcyclopropene. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 4 ณ โรงแรมเจบีหาดใหญ่ จ.สงขลา วันที่ 4-7 พฤษภาคม 2547 หน้า 130.

ดนัย บุญยเกียรติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2535. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. เชียงใหม่ : คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิพนธ์ ภิรมย์รักษ์. 2554. การปลูกลองกอง. กรุงเทพฯ : ธนธัชการพิมพ์.

เบญจมาศ รัตนชินกร, ปรางค์ทอง กวานห้อง และศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์. 2552. ผลของอุณหภูมิและชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพการเก็บรักษามังคุด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 40 : 3 (พิเศษ) : 613-616.

ประพิณพร แต่สกุล และจริงแท้ ศิริพานิช. 2552. ปัจจัยที่มีผลต่อการหลุดร่วงของผลลองกองหลังการเก็บเกี่ยว. การสัมมนาทางวิชาการ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 7 ณ โรงแรม อ่าวนางวิลล่ารีสอร์ท จ. กระบี่ วันที่ 19-20 สิงหาคม 2552. หน้า 46.

มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย และอุษณา ไตรนอก. 2550. ผลของ 1- methylcyclopropene ที่มีต่อผักและผลไม้. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม 26 : 81-87.

มุทิตา มีนุ่น, สุกัญญา จันทะชุม และนันทพร สุขกระจ่าง. 2547. ดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับช่อผลลองกอง. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 4 ณ โรงแรมเจบีหาดใหญ่ จ.สงขลา วันที่ 4-7 พฤษภาคม 2547 หน้า 154.

เย็นจิตต์ ปิยะแสงทอง, สุจริต ส่วนไพโรจน์, ปิยะ ผกามาศ และชุติมา รื่นสำราญ. 2540. อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาลองกอง. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาพืช ส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร อุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 35 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ วันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2540 หน้า 26-33.

เวศน์ทิวา แพงมา. 2549. ผลของสารเคลือบผิวและสภาพดัดแปลงบรรยากาศต่อการเกิดสีน้ำตาล ของเปลือกผลลองกอง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ศรินญา สังขสัญญา, นูรฮูดา กามะ, ณัฐนันท์ วรรณกูล และมุทิตา มีนุ่น. 2553. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพลองกองเพื่อการส่งออกระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้อุณหภูมิต่ำร่วมกับบรรจุภัณฑ์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41 : 145-148.

สรยา รักษ์วงศ์. 2557. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและกายวิภาคที่เกี่ยวข้องกับอาการสะท้านหนาวของผลลองกองหลังการเก็บเกี่ยว.วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2549 มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 11-2549 ลองกอง.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. ผลผลิตลองกอง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:http://www.oae.go.th [เข้าถึงเมื่อ 24 มกราคม 2558]

อินทิรา ลิจันทร์พร, นันทิพา เอี่ยมสกุล และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2552. การลดการเกิดสีน้ำตาลของผลลองกองด้วยกรดซินามิก. ว. วิทยาศาสตร์ (กษ.) 40 : 3 (พิเศษ) : 658-661.

A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Arlington: The Association of Official Analytical Chemists.

Blankenship, S. M. and Dole, J. M. 2003. 1-methylcyclopropene : A review. Postharvest Biology and Technology 28 : 1-25.

Davies, A.R. 1995. Advances in modified-atmosphere packaging. *In* New Method of Food Preservation. (ed. G.W. Goudl),. Great Britin Bodmin Cornwall : Hartnoll Ltd. pp. 304

Hodges, D. M., DeLong, J. M., Forney, C. F. and Prange, R. K. 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. Planta 207 : 604-611.

Lichanporn, I., Srilaong, V., Wongs-Aree, C. and Kanlayanarat, S. 2009. Postharvest physiology and browning of longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) fruit under ambient conditions. Postharvest Biology and Technology 52 : 294–299.

Marangoni, A. G., Palm, T. and Stanley, D. W. 1996. Membrane effects in postharvest physiology. Postharvest Biology and Technology 7 : 193-217.

McCollum, T. G. and McDonald, R. E. 1991. Electrolyte leakage, respiration and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. HortScience 26 : 1191-1192.

Piyasaengthong, Y., Suanpairoj, S., Pakamat, P. and Ruensamran, C. 1997. The optimum temperature for storaging longkong (*Aglaia dookoo* Griff.). The 35th Kasetsart University Annual Conference Bangkok, 3-5 February 1997.

Pongprasert, N.T., Sekozawa, Y.S., Sugaya, S.M. and Gemma, H.M. 2011. A novel postharvest UV-C treatment to reduce chilling injury (membrane damage, browning and chlorophyll degradation) in banana peel. Scientia Horticulturae 130 : 73–77.

Raison, J. K. and Orr, J. R. 1990. Proposol for a better understanding of the molecular basis of chilling injury. *In* Chilling Injury of Horticultural Crops. (ed. C.Y. Wang), pp. 146-164.Boca Raton : CRC Press.

Sevillano, L., Sanchez-Ballesta, M. T., Romojaro, F. and Flores, F. B. 2009. Physiological Hormonal and molecular mechanisms regulationg chilling injury in horticultural Species postharvest technologies applied to reduce its impact. Journal of the Science of Food and Agriculture 89 : 555-573.

Taesakul, P., Pradisthakarn, N., Chantaksinopas, S. and Siriphanich, J. 2012. Longkong fruit abscission and its control. Postharvest Biology and Technology 64: 91-93.

Wiley, R.C. 1994. Preservation method for minimally processed refrigerated fruits and vegetables. *In* Processed Refrigerated Fruits & Vegetables (ed . R.C. Wiley),. New York : Chaman & Hall. pp. 109-119.

Yingsanga, P., Srilaong, V., Kanlayanarat, S., Noichinda, S. and McGlasson, W. B. 2008. Relationship between browning and related enzymes (PAL, PPO and POD) in rambutan fruit (*Nephelium lappaceum* Linn.) cvs. Rongrien and See-Chompoo. Postharvest Biology and Technology 50 : 164–168.

Yue-Ming, J., Zauberman, G. and Fuchs, Y. 1997. Partial purification and some properties of polyphenol oxidase extracted from litchi fruit pericarp. Postharvest Biology and Technology 10 : 221-228.

ผลงานที่ตีพิมพ์

ผลของ 1-methylcyclopropene ร่วมกับการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศต่อการลดอาการสะท้านหนาวของผลลองกอง

Effects of 1-Methylcyclopropene and Modified Atmosphere Packaging on Reduction of Chilling Injury in Longkong Fruit

Agricultural Sci. J. 44 : 3 (Suppl.) : 154-157 (2013) ว. วิทย. กษ. 44 : 3 (พิเศษ) : 154-157 (2556)

ผลของ 1-methylcyclopropene ร่วมกับการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศต่อการลดอาการสะท้านหนาวของผลลองกอง

Effects of 1-Methylcyclopropene and Modified Atmosphere Packaging on Reduction of Chilling Injury in Longkong Fruit

กุลวัชร วัฒนเชาวน์พิสุทธิ์[1,2] และอดิเรก รักคง[1]
Kulawat wattanachoavapisut[1,2] and Adirek Rugkong[1]

Abstract

The effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and modified atmosphere packaging (MAP) on reduction of chilling injury in longkong fruit were investigated. Longkong bunches treated or non-treated with 1-MCP were individually packed in MAP bags, and then stored at 12°C for 9, 12, and 15 days. The non-treated fruits without MAP stored at 12°C and 18°C served as the control . The results showed that non-treated fruit stored at 12°C for 9 days exhibited a chilling injury symptom, while in both the treated and non-treated fruits with MAP, the chilling injury occurred after 12 days of storage. Chilling injury index, hue angle, and electrolyte leakage were lower in the fruits with MAP. However, the non-treated longkong bunches showed more than 50% of fruit drop after 9 days of storage since ethylene accumulated in the bags, whereas 1-MCP treatment decreased fruit drop. The non-treated fruits stored at 18°C did not develop chilling injury, but they had a storage life of only 12 days because of fruit rot.

Keywords: cold storage, electrolyte leakage, fruit drop

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของการใช้สาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ร่วมกับการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ (MAP) เพื่อลดการเกิดอาการสะท้านหนาวของผลลองกอง โดยนำช่อลองกองที่ได้ผ่านการรมและไม่ได้รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 2000 ppb มาใส่ถุง MAP และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12°C เป็นระยะเวลา 9 , 12 และ 15 วัน จากผลการทดลอง พบว่าลองกองที่ไม่ได้ผ่านการรมด้วย 1-MCP และไม่ได้ใส่ถุง MAP แสดงอาการสะท้านหนาวตั้งแต่วันที่ 9 ของการเก็บรักษา ส่วนลองกองทั้งที่รมและไม่ได้รมด้วย 1-MCP แต่ใส่ในถุง MAP แสดงอาการสะท้านหนาวในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ลองกองที่ใส่ในถุง MAP มีดัชนีของอาการสะท้านหนาว ค่ามุมสี และค่าการรั่วไหลของประจุน้อยกว่าลองกองที่ไม่ได้ใส่ถุง MAP อย่างไรก็ตาม ลองกองที่ไม่ได้ผ่านการรมด้วย 1-MCP แต่ใส่ในถุง MAP มีการหลุดร่วงของผลมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ตั้งแต่วันที่ 9 เนื่องจากมีการสะสมของเอทิลีนภายในถุง การรมผลด้วย 1-MCP ก่อนนำไปใส่ถุง MAP ช่วยลดการหลุดร่วงของผลลองกอง ส่วนผลลองกองที่ไม่ได้ผ่านการรมและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18°C ไม่แสดงอาการสะท้านหนาว แต่ลองกองมีอายุการเก็บรักษาเพียง 12 วันเนื่องจากผลเน่า

คำสำคัญ: การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ, การรั่วไหลของประจุ, การหลุดร่วงของผล

คำนำ

ลองกองเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ลองกองเป็นผลไม้ที่มีการส่งออกน้อย เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องอายุการเก็บรักษาสั้นประมาณ 4-6 วัน ผิวคล้ำ และหลุดร่วงง่าย ทำให้ไม่สามารถส่งออกได้ หลังการเก็บเกี่ยวจะเกิดการเน่าง่าย ผลมีความสดลดลง เปลือกเหี่ยวและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิปกติ จึงไม่เป็นที่ดึงดูดใจของผู้บริโภคและไม่สามารถส่งออกในระยะไกลได้ (มุทิตา และคณะ, 2547) โดยทั่วไปลองกองสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิต่ำ แต่การเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำทำให้เกิดความเสียหายจากการที่ผลิตผลแสดง อาการผิดปกติ เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (จริงแท้, 2544) ซึ่งสาเหตุสำคัญของการเกิดอาการสะท้านหนาวในไม้ผลเขตร้อน ได้แก่ อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ต่ำเกินไป และ

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112
[1] Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112
[2] สถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112
[2] Center of Excellence in Agricultural and Natural Resources Biotechnology, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112

ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานเกินไป (Soto-Zamora et al., 2005) ดังนั้นเพื่อให้ลองกองสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้นานยิ่งขึ้น จึงศึกษาผลของ 1-MCP ร่วมกับการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ (MAP) ในอุณหภูมิต่ำ เพื่อลดการเกิดอาการสะท้านหนาวในผลลองกอง

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวช่อลองกองจากสวนเกษตรกร ใน อ. บางกล่ำ จ. สงขลา โดยทำการทดลองจำนวน 5 ซ้ำ ๆ ละ 1 ช่อ แบ่งออกเป็น 4 ทรีทเมนต์ คือ ทรีทเมนต์ที่ 1 ใส่ถุงตาข่ายและไม่รมด้วย 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 °C ทรีทเมนต์ที่ 2 ใส่ถุงตาข่ายและไม่รมด้วย 1-MCP ทรีทเมนต์ที่ 3 ใส่ถุง MAP (ยี่ห้อ Fresh®&Fresh) ทรีทเมนต์ที่ 4 รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 2000 ppb เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำมาใส่ถุง MAP ทรีทเมนต์ที่ 2, 3 และ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 °C ทำการตรวจสอบคุณภาพหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 9, 12 และ15 วัน โดยบันทึกการเกิดอาการสะท้านหนาวบนเปลือกโดยสังเกตจากอาการภายนอก การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกลองกอง โดยบันทึกเป็นค่ามุมสี ค่าการรั่วไหลของประจุจากเปลือก การหลุดร่วงของผล และวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเอทิลีนภายในถุง โดยสุ่มเก็บก๊าซปริมาตร 1 มล. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณเอทิลีนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) และวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดย least significant difference (LSD)

ผลการทดลอง

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 °C ส่งผลให้ลองกองเกิดอาการสะท้านหนาวบนเปลือกหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน และมีอาการรุนแรงขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น แต่การบรรจุลองกองในถุง MAP และการใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการใส่ถุง MAP สามารถชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ โดยลองกองเริ่มแสดงอาการหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ในขณะที่ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาผลลองกองในอุณหภูมิ 18 °C ไม่เกิดอาการสะท้านหนาว (Table 1)

Table1 Chilling injury index on the peel of longkong fruit after storage at 12°C and 18 °C for 0, 9, 12, and 15 days (1 = no chilling, 2 = few sunken brown spots , 3 = CI < 25 % of the fruit , 4 = CI 25-50 % of the fruit , 5 = CI > 50% of the fruit).

Treatment	Chilling injury index			
	Days after storage			
	0	9	12	15
18°C	1	1 [b]	1 [b]	1 [c]
12°C		1.8 [a]	2.64 [a]	3.36 [a]
12°C+MAP		1 [b]	1.24 [b]	1.68 [bc]
12°C+1-MCP+MAP		1 [b]	1.24 [b]	1.24 [c]
F-test	-	**	**	**

Mean values within a column followed by the same letters are not significantly different at 0.05 level by using LSD.

เมื่อเก็บรักษาลองกองที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานส่งผลให้ลองกองในทุกทรีตเมนต์มีค่าสีเปลือกลดลงโดยหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 12 °C พบว่าเปลือกมีค่ามุมสีต่ำกว่าในทรีทเมนต์อื่นๆ ทั้งนี้เพราะลองกองมีระดับการเกิดอาการสะท้านหนาวสูงกว่า (Table 2)

ผลลองกองซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 °C มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลจากเปลือกในแต่ละวันสูงกว่าผลทรีทเมนต์อื่นๆ ในขณะที่การเก็บรักษาลองกองในถุง MAP และการใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการใส่ถุง MAP ช่วยลดอาการสะท้านหนาวได้ จึงทำให้เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลประจุจากเปลือกมีค่าต่ำกว่า (Table 3)

Table 2 Change in hue angle of longkong fruit after storage at 12°C and 18 °C for 0, 9, 12, and 15 days.

Treatment	Hue angle			
	Days after storage			
	0	9	12	15
18°C	84.63	83.14	82.35	76.77
12°C		83.45	82.08	77.91
12°C+MAP		83.15	82.49	81.30
12°C+1-MCP+MAP		84.38	82.62	82.27
F-test	-	ns	ns	ns

Table 3 Change in electrolyte leakage of longkong fruit after storage at 12°C and 18 °C for 0, 9, 12, and 15 days.

Treatment	Electrolyte leakage (%)			
	Days after storage			
	0	9	12	15
18°C	13.44	15.84^{bc}	22.85^{b}	23.09^{b}
12°C		24.57^{a}	34.39^{a}	36.36^{a}
12°C+MAP		22.31^{ab}	22.12^{b}	17.59^{c}
12°C+1-MCP+MAP		19.63^{c}	23.14^{b}	22.36^{b}
F-test	-	**	**	**

Mean values within a column followed by the same letters are not significantly different at 0.05 level by using LSD.

จากการวิเคราะห์ปริมาณเอทิลีนในแต่ละวัน พบว่า การเก็บรักษาลองกองเป็นเวลานานส่งผลให้มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น และจากการวิเคราะห์ปริมาณเอทิลีนภายในถุง MAP พบว่า หากเก็บรักษาลองกองเป็นเวลานานขึ้น ทำให้มีการสะสมของปริมาณเอทิลีนในถุง MAP ในแต่ละวันเพิ่มขึ้น แต่พบว่าในวันที่ 15 ของการเก็บรักษาการใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการใส่ถุง MAP มีปริมาณเอทิลีนสูงกว่าการใส่ถุง MAP อย่างเดียว (Table 4) การสะสมเอทิลีนภายในถุงส่งผลให้ผลลองกองหลุดร่วงออกจากช่อผลมากขึ้น โดยการเก็บรักษาลองกองในถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงของผลในแต่ละวันสูงกว่าทรีทเมนต์อื่นๆ อย่างไรก็ตาม การใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการใส่ถุง MAP แม้จะมีการสะสมของปริมาณเอทิลีนในถุงสูงกว่าแต่พบเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงของผลลองกองในวันที่ 15 ของการเก็บรักษาเพียง 0.69 % (Table 5)

Table 4 Change in ethylene concentration in MAP bags after longkong fruits were stored at 12°C for 0, 9, 12, and 15 days.

Treatment	Ethylene (ppm)			
	Days after storage			
	0	9	12	15
12°C+NoMAP	0.06	0.13^{b}	0.23^{c}	8.44^{b}
12°C+MAP		2.69^{a}	2.52^{a}	14.44^{b}
12°C+1-MCP+MAP		3.31^{a}	2.04^{b}	22.81^{a}
F-test	-	**	**	**

Mean values within a column followed by the same letters are not significantly different at 0.05 level by using LSD.

Table 5 Change in fruit drop of longkong fruit after storage at 12°C and 18 °C for 0, 9, 12, and 15 days.

Treatment	Fruit drop (%)			
	Days after storage			
	0	9	12	15
18° C	0	18.35 ab	20.19 b	43.41 b
12° C		8.02 b	13.00 c	10.47 b
12° C+MAP		50.31 a	100 a	95.77 a
12° C+1-MCP+MAP		0 b	0 c	0.69 b
F-test	-	*	**	**

Mean values within a column followed by the same letters are not significantly different at 0.05 level by using LSD.

วิจารณ์ผล

ลองกองเป็นผลไม้เมืองร้อน ที่เมื่อเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำจะแสดงอาการสะท้านหนาวซึ่งจากการทดลองครั้งนี้ ลองกองเกิดอาการสะท้านหนาวบนเปลือกหลังจากที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 °C แต่การบรรจุผลลองกองในถุง MAP สามารถชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ ซึ่งวิธีการนี้เป็นการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในระหว่างการเก็บรักษา โดยลดปริมาณออกซิเจนลง และเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ จึงชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวได้โดยช่วยลดการหายใจ การผลิตเอทิลีน และการเกิดสีน้ำตาล (จริงแท้, 2544) ในถุง MAP มีการสะสมเอทิลีนภายในถุง จึงทำให้มีการหลุดร่วงของผลลองกองในระหว่างเก็บรักษา สอดคล้องกับการทดลองของ ศรินญา และคณะ (2553) ซึ่งรายงานว่า การเก็บรักษาช่อลองกองในถุงชนิด Nylon/LLDPE สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเปลือกได้ถึง 18 วัน แต่พบการหลุดร่วงของผลลองกองต่อช่อสูง อย่างไรก็ตาม การใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการใส่ถุง MAP สามารถลดการหลุดร่วงในระหว่างการเก็บรักษาได้ เนื่องจากสาร 1-MCP เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน (Blankenship and Dole, 2003) ดังนั้น การใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการใส่ถุง MAP เป็นวิธีการที่จะช่วยชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวและยังช่วยลดการหลุดร่วงของผลลองกองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุป

จากการศึกษาการใช้ถุง MAP สามารถช่วยลดอาการสะท้านหนาว แต่ลองกองที่ไม่ได้ผ่านการรมด้วย 1-MCP แต่ใส่ในถุง MAP จะมีการหลุดร่วงของผลมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการรมด้วยสาร 1-MCP ก่อนนำไปใส่ถุง MAP ช่วยลดการหลุดร่วงของผลลองกอง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย และสถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพฯ.

ประพิณพร แต่สกุล และจริงแท้ ศิริพานิช. 2552. ปัจจัยที่มีผลต่อการหลุดร่วงของผลลองกองหลังการเก็บเกี่ยว. การสัมมนาทางวิชาการ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 7. โรงแรม อ่าวนางวิลล่ารีสอร์ท จ. กระบี่. หน้า 46. (บทคัดย่อ)

มุทิตา มีนุ่น, สุกัญญา จันทะชุม และนันทพร สุขกระจ่าง. 2547. ดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับช่อผลลองกอง. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 4. โรงแรมเจบีหาดใหญ่ จ.สงขลา. วันที่ 4-7 พฤษภาคม 2547. หน้า 154. (บทคัดย่อ)

ศรินญา สังขสัญญา, นูรฮูดา กามะ, ณัฐนันท์ วรรณกูล และมุทิตา มีนุ่น. 2553. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพลองกองเพื่อการส่งออกระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้อุณหภูมิต่ำร่วมกับบรรจุภัณฑ์. ว. วิทยาศาสตร์ (กษ.) 41 (1(พิเศษ) : 145-148.

Blankenship, S. M. and J. M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene : A review. Postharv. Biol. Technol. 28 : 1-25.

Soto-zamora G., E. M. Yahai, J. K. Brecht and A. Gardea. 2005. Effect of postharvest hot air treatments on the quality and antioxidant levels in tomato fruit. Swiss Soc. Food Sci. Technol. 38 : 658-663.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายกุลวัชร วัฒนเชาวน์พิสุทธิ์

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5410620003

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2552

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับทุนสนับสนุนส่วนหนึ่งจากสถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

กุลวัชร วัฒนเชาวน์พิสุทธิ์ และอดิเรก รักคง. 2556. ผลของ 1-methylcyclopropene ร่วมกับการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศต่อการลดอาการสะท้านหนาวของผลลองกอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44: 3 (พิเศษ) : 154-157