รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของการใช้สาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ร่วมกับการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออาการสะท้านหนาวของผลลองกอง

The Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and Modified Atmosphere Packaging (MAP) on Chilling Injury of Longkong Fruit

ดร.อดิเรก รักคง

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ประจำปีงบประมาณ 2556 รหัสโครงการ NAT560085S

ชื่อโครงการวิจัย

ผลของการใช้สาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ร่วมกับการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออาการสะท้านหนาวของผลลองกอง

The Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and Modified Atmosphere Packaging (MAP) on Chilling Injury of Longkong Fruit

นักวิจัย และหน่วยงานต้นสังกัด

ดร.อดิเรก รักคง
ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

สารบัญ

เรื่อง	**หน้า**
ชื่อโครงการวิจัย	ก
นักวิจัย และหน่วยงานต้นสังกัด	ก
สารบัญ	ข
รายการภาพประกอบ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
บทคัดย่อ	ช
Abstract	ซ
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
วิธีการทดลอง	7
ผลการทดลอง	17
วิจารณ์ผลการทดลอง	49
สรุปผลการทดลอง	54
เอกสารอ้างอิง	56
ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป	59
ภาคผนวก	60

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะอาการสะท้านหนาวของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน	18
2	การเกิดอาการสะท้านหนาวของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน	19
3	ลักษณะอาการสะท้านหนาวของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วันแล้วย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน	20
4	การเกิดสีน้ำตาลของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วันแล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน (ก) และ 2 วัน (ข)	21
5	เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุจากเปลือกลองกองที่ผ่านเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	23
6	เปอร์เซ็นต์ผลร่วงของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	25
7	เปอร์เซ็นต์ผลเน่าของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	26
8	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	27
9	ค่ามุมสีของเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9และ 12 วัน	28
10	ค่ามุมสีของเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วันแล้วย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน (ก) และ 2 วัน (ข)	29

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
11	ความแน่นเนื้อของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	30
12	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน	32
13	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9และ 12 วัน แล้ว วางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	33
14	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุของผลลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน	34
15	ปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุของผลลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน	35
16	ปริมาณเอทิลีนในภาชนะบรรจุของผลลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน	36
17	ปริมาณ MDA ที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก)	38
18	กิจกรรมของเอนไซม์ LOX จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	40
19	ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	42
20	กิจกรรมของเอนไซม์ PAL ที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	44

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	46
22	กิจกรรมของเอนไซม์ POD ที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)	48

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง ผลของการใช้สาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ร่วมกับการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออาการสะท้านหนาวของผลลองกองนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ NAT560085S ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมืออุปกรณ์สำหรับใช้ในการทำวิจัย และสถานที่ในการทำวิจัย ตลอดจนสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ และขอขอบคุณบุคลากรประจำภาควิชาพืชศาสตร์ที่ให้ความร่วมมือและให้การช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ จนกระทั่งการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการใช้สาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ร่วมกับการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ (MAP) ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอาการสะท้านหนาวของลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยทำการรมช่อลองกองด้วย 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตรเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนบรรจุในถุงยืดอายุผักและผลไม้ (MAP) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส 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 รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 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 นอกจากนี้การรมช่อลองกองด้วย 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

Abstract

The effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) combined with modified atmosphere packaging (MAP) on physiological changes and the enzyme acitivities involved with chilling injury in longkong fruit were investigated. Longkong bunches were treated with 2 µl/l 1-MCP for 12 hr, then packed in MAP bags, and stored at 12 $^{\circ}$C. There were 4 treatments in this study including: (1) untreated fruits stored at 18 $^{\circ}$C, (2) untreated fruits stored at 12 $^{\circ}$C, (3) untreated fruit packed in the MAP bag and stored at 12 $^{\circ}$C, and (4) 1-MCP treated fruit packed in the MAP bag, and stored at 12 $^{\circ}$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), 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 $^{\circ}$C exhibited a chilling injury symptom after 9 days of cold storage, while the fruits, both untreated and treated with 1-MCP, 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 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 12°C.

บทนำ

ลองกองเป็นไม้ผลสำคัญทางเศรษกิฐชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยเฉพาะพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ มีรสชาติดี กลิ่นหอม รสหวาน มีเมล็ดและยางน้อย (นิพนธ์, 2554) ปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญของผลิตผลลองกองคือ มีอายุการเก็บรักษาสั้นโดยมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 1 สัปดาห์ที่อุณภูมิห้อง โดยเปลือกผลของลองกองจะเหี่ยวและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล รวมทั้งมีการหลุดร่วงของผลออกจากช่อซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ (ศรินณา, 2553) การยืดอายุการเก็บรักษาลองกองโดยการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำไม่สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากนักเนื่องจากอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาลองกองค่อนข้างสูงคือประมาณ 18 องศาเซลเซียส โดยสามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 3 สัปดาห์ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่าจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลลองกองที่เรียกว่า “อาการสะท้านหนาว” หรือ “chilling injury” โดยลักษณะอาการสะท้านหนาวของผลลองกองจะแสดงออกโดยการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลลองกอง (เย็นจิตต์ และคณะ, 2540) ถ้าเราสามารถลดการเกิดอาการสะท้านหนาวของผลลองกองได้ก็สามารถที่จะยืดอายุการเก็บรักษาลองกองทำให้ยืดระยะเวลาในการทำการตลาดของลองกองและเป็นผลดีต่อการขนส่งลองกองไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ การเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศดัดแปลงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถการลดอาการสะท้านหนาวในผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งวิธีการดัดแปลงบรรยากาศแบบง่ายและประหยัดค่าใช้จ่ายก็คือการดัดแปลงสภาพบรรยากาศโดยการบรรจุหีบห่อที่เรียกว่า modified atmosphere packaging (MAP) ได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ MAP ในการยืดอายุการเก็บรักษาลองกองทั้งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำ โดยการนำเอาผลลองกองที่เป็นผลเดี่ยวและลองกองทั้งช่อมาบรรรจุในถุงพลาสติกหรือหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก ซึ่งก็สามารถยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของลองกองออกไปได้ (เวศน์ทิวา, 2549) อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับผลของ MAP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลลองกองที่เกี่ยวข้องกับอาการสะท้านหนาว ซึ่งในการทดลองเบื้องต้นของผู้วิจัยพบว่าการบรรจุลองกองทั้งช่อในถุงพลาสติกสามารถลดความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวได้แต่ปัญหาที่พบคือการหลุดร่วงของผลลองกองออกจากช่อซึ่งมีสาเหตุมาจากการสะสมของเอทิลีนภายในบรรจุภัณฑ์ จึงได้นำเอาสาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ซึ่งเป็นสารยับยั้งการทำงานของเอทิลีนมาใช้ร่วมกับ MAP เพื่อแก้ปัญหาการหลุดร่วงของผลลองกองในบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นการศึกษาผลของการใช้ 1-MCP ร่วมกับและการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออาการสะท้านหนาวของผลลองกองน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลลองกอง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้ 1-MCP ร่วมกับการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออาการสะท้านหนาวและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลลองกอง

2. เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับอาการสะท้านหนาวของลองกอง

การตรวจเอกสาร

ลองกองมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aglaia dookkoo* Griff. จัดอยู่ในตระกูล Meliaceae เช่นเดียวกับลางสาดและดูกู (คีรี, 2540) ลักษณะผลลองกองมีรูปร่างกลมหรือกลมรี อยู่รวมกันเป็นช่อ ประมาณ 10-40 ผลต่อช่อ ขึ้นอยู่กับความยาวของช่อดอกและเปอร์เซ็นต์การติดผล ผลลองกองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-2.5 เซนติเมตร มีก้านผลสั้น ผลจะเริ่มสุกจากส่วนโคนช่อไปหาปลายช่อ เนื้อผลมี 4-5 กลีบ หากผลสุกเต็มที่เนื้อผลจะใสเป็นแก้ว ผลลองกองมีรสชาติดี มีกลิ่นหอม รสชาติหวาน มีเมล็ดและยางน้อย ยางที่เปลือกไม่เหนียวติดมือจึงเป็นไม้ผลที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ (นิพนธ์, 2554) ลองกองมีถิ่นกำเนิดของอยู่ในแถบหมู่เกาะมลายู อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และประเทศไทย ในประเทศไทยนั้นลองกองมีแหล่งกำเนิดอยู่ในอำเภอระแงะ จังหวัดนราธิวาส ปัจจุบันเกษตรกรให้ความสนใจในการปลูกลองกองมากขึ้น จึงมีการแพร่กระจายพันธุ์และขยายพื้นที่ปลูกไปอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะภาคใต้ที่มีสภาพภูมิอากาศค่อนข้างชื้นตั้งแต่ จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ยะลา และนราธิวาส ซึ่งต่างเป็นแหล่งผลิตลองกองที่สำคัญ (อภิชัย, 2541)

ลองกองจัดเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคือ หลังจากที่ผลเปลี่ยนสีประมาณ 15-25 วัน หรือระยะเวลาหลังจาก 13 สัปดาห์หลังดอกบาน (ศรินณา, 2553) โดยระยะนี้เปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั้งช่อ กลีบเลี้ยงและก้านช่อผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ผลสุดท้ายที่ปลายช่อมีรสชาติหวานหอม เนื้อผลมีสีขาวใส และผลมีการอ่อนตัวเมื่อบีบเบา ๆ จะรู้สึกนิ่ม Venkatachalam และ Meenune (2012) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของลองกองที่เก็บเกี่ยวในระยะ 13-16 สัปดาห์หลังดอกบาน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าเพิ่มขึ้น ขณะที่มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงตามระยะสุกแก่ที่เพิ่มขึ้น โดยลองกองอายุ 16 สัปดาห์หลังดอกบานมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด อย่างไรก็ตามระยะที่มีการสุกแก่มากก็จะมีอายุหลังการเก็บเกี่ยวที่สั้นกว่า ดังนั้นควรเก็บเกี่ยวลองกองในระยะที่ช่อมีความบริบูรณ์และสอดคล้องกับความต้องการของตลาด ในกรณีที่ต้องการส่งลองกองไปจำหน่ายในระยะทางไกล ๆ เช่นส่งออกต่างประเทศ อายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคือระยะเวลา 13 สัปดาห์หลังดอกบาน (อภิตา และคณะ, 2544)

ลองกองเป็นผลไม้ที่มีความบอบบาง มีการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวได้ง่าย มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นเพียง 4-6 วันในสภาพอุณหภูมิห้อง ซึ่งลักษณะการเสื่อมสภาพหลังเก็บเกี่ยวของลองกองได้แก่ อาการเปลือกเหี่ยวนิ่มที่เกิดจากการสูญเสียน้ำหรือการคายน้ำของเปลือก อาการที่เปลือกผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบฟีนอล การหลุดร่วงของผลออกจากช่อที่มีสาเหตุมาจากการกระตุ้นของเอทิลีน และการเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อสาเหตุ (มุทิตา และคณะ

, 2552) การยืดอายุการเก็บรักษาลองกองสามารถทำได้โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำที่เหมาะสม ความชื้นที่เหมาะสม และสภาพบรรยากาศที่เหมาะสม

การเก็บรักษาลองกองที่อุณหภูมิ 18-20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-95 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาได้ 16-18 วัน (ศรินณา, 2553) เย็นจิตต์ และคณะ (2540) ได้รายงานว่าการเก็บรักษาลองกองที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เปลือกผลลองกองมีสีน้ำตาลเร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสทั้งนี้เพราะลองกองเป็นไม้ผลเขตร้อนจึงไม่สามารถปรับตัวเข้ากับอากาศที่เย็นจัดได้ ทำให้เกิดความเสียหายที่เรียกว่าอาการสะท้านหนาว

อาการสะท้านหนาว (Chilling injury) เป็นลักษณะความเสียหายที่เกิดจากอุณหภูมิต่ำทำให้ผลิตผลหลายชนิดมีอาการผิดปกติเกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง และแสดงอาการรุนแรงมากขึ้นเมื่อย้ายออกมาไว้ที่อุณหภูมิสูง (Wolfe, 1978) ลักษณะอาการสะท้านหนาวที่เกิดขึ้น ได้แก่ การเกิดรอยแผลสีน้ำตาล การเกิดรอยบุ๋ม เนื่องจากเซลล์บริเวณนั้นตาย ผลสุกที่ผิดปกติ และเกิดโรคได้ง่าย (Sharom *et al*., 1994 ; Pongprasert *et al*., 2011) โดยในพืชเขตกึ่งร้อนเกิดอาการผิดปกติเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 8 องศาเซลเซียส และในพืชเขตร้อนมักเกิดอาการผิดปกติเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส (Sevillano *et al*., 2009) ลักษณะอาการเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นกับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ได้รับอุณหภูมิต่ำ ซึ่งถ้าพืชได้รับอุณหภูมิไม่ต่ำมากเป็นระยะเวลาไม่นานจะแสดงอาการไม่รุนแรง ขณะที่หากพืชได้รับอุณหภูมิต่ำมากเป็นระยะเวลานานจะแสดงอาการมากขึ้น การพัฒนาของอาการสะท้านหนาวภายใต้สภาพอุณหภูมิต่ำสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 เหตุการณ์ ได้แก่ เหตุการณ์แรก (primary events) และเหตุการณ์หลัง (secondary events) ในเหตุการณ์แรกเกิดขึ้นเมื่อพืชได้รับอุณหภูมิต่ำส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบางอย่างแบบทันทีทันใดและกระบวนการทางชีวเคมีของพืชผิดปกติไป เช่น การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของ actin filament ที่เกี่ยวข้องกับการไหลเวียนของไซโทพลาซึม การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเยื่อหุ้ม และการผลิตอนุมูลอิสระมากเกินไป สำหรับเหตุการณ์หลังเป็นผลจากกระบวนการผิดปกติที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับเซลล์และเนื้อเยื่อจนนำไปสู่อาการผิดปกติที่สังเกตได้ (จริงแท้, 2549)

สรยา และอดิเรก (2556) ได้ศึกษาการเกิดอาการสะท้านหนาวของลองกองที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่าอาการเริ่มต้นคือเป็นรอยบุ๋มสีน้ำตาลขนาดเล็กบนเปลือกลองกองหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 วัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นจุดสีน้ำตาลเหล่านี้จะเพิ่มจำนวนและขยายขนาดใหญ่ขึ้นกลายเป็นแผ่นสีน้ำตาลเข้มและเปลือกมีลักษณะยุบตัวลง เมื่อย้ายลองกองออกมาวางที่อุณหภูมิห้องพบว่าลองกองเกิดแผลสีน้ำตาลบนเปลือกเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้พบว่าค่าการรั่วไหลของประจุในเปลือกลองกองและกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase (LOX) ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสมีค่ามากกว่า

ลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส และสรุปได้ว่าความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวของลองกองจึงมีความสัมพันธ์กับการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเป็นหลักเนื่องจากอาการสะท้านหนาวเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของการรั่วไหลของประจุมากกว่าตัวชี้วัดอื่น ๆ

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่งที่น่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาของอาการสะท้านหนาว โดยในพืชหลายชนิดพบว่าอุณหภูมิต่ำกระตุ้นให้เกิดการสร้างเอทิลีนเพิ่มขึ้นควบคู่ไปกับการเกิดอาการสะท้านหนาว การให้เอทิลีนจากภายนอกสามารถชักนำให้เกิดอาการสะท้านหนาวเพิ่มมากขึ้น ส่วนการใช้สาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ซึ่งเป็นสารยับยั้งการทำงานของเอทิลีนสามารถช่วยลดการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ (Sevillano *et al.,* 2009) จากการศึกษาในอโวคาโด (avocado) พบว่าการให้เอทิลีนจากภายนอกก่อนหรือระหว่างการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำที่ 5 องศาเซลเซียสทำให้เกิดอาการสะท้านหนาวรุนแรงกว่าผลอโวคาโอที่ไม่ได้รับเอทิลีน (Pesis, *et al.,* 2002) การรมผลอโวกาโดด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 300 นาโนลิตรต่อลิตรเป็นระยะเวลา 18 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สามารถลดความรุนแรงของการเกิดอาการสะท้านหนาวของผลอโวคาโดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3.5 สัปดาห์ เช่นเดียวกับการศึกษาผลของเอทิลีนต่ออาการสะท้านหนาวของผลโลควัท (loquat) พบว่าการรมด้วยเอทีลีนก่อนการเก็บรักษาจะทำให้การเกิดอาการเนื้อผลสีน้ำตาลซึ่งเป็นอาการสะท้านหนาวรุนแรงกว่าผลที่ไม่ได้รมด้วยเอทิลีนหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 39 วัน ในขณะที่การใช้ 1- MCP (ความเข้มข้น 5 ไมโครลิตรต่อลิตร รมนาน 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) ช่วยลดการเกิดอาการสะท้านหนาวของผลโลควัทได้ (Cai *et al.,* 2006) มีรายงานเกี่ยวกับการลดอาการสะท้านหนาวในผลสับปะรด ซึ่งพบว่าการรมผลสับปะรดด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 0.1 พีพีเอ็ม เป็นเวลานาน 18 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสสามารถช่วยอาการสะท้านหนาวที่เรียกว่า internal browning ของสับปะรดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (Selvarajah *et al.,* 2001) Massalo และคณะ (2011) พบว่าการใช้ 1-MCP ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตร รมเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สามารถลดอาการสะท้านหนาวของมะเขือยาวสีม่วงซึ่งแสดงออกโดยอาการสีน้ำตาลของขั้วผลและเนื้อผลได้

การเก็บรักษาโดยวิธีดัดแปลงสภาพบรรยากาศ โดยลดปริมาณก๊าซ O_2 และเพิ่มปริมาณก๊าซ CO_2 จะช่วยทำให้คุณภาพของผลไม้สดและผลไม้พร้อมบริโภคมีการสูญเสียลดลงทั้งทางด้านปริมาณและด้านคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา ปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษาผลไม้ภายใต้บรรยากาศดัดแปลง ได้แก่ ชนิดของผลไม้ อุณหภูมิ ปริมาณของผลไม้ในภาชนะบรรจุ เป็นต้น (จริงแท้, 2544) เวศน์ทิวา (2549) ได้ศึกษาการเก็บรักษาผลลองกองในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยการหุ้มด้วยฟิล์มโพลีเอทิลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า การหุ้มผลลองกองด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีเอทิลีนช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและชะลอการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ PPO ในเปลือกได้จึงช่วยลด

การเกิดสีน้ำตาลและสามารถเก็บรักษาผลลองกองได้สูงถึง 15 วัน เช่นเดียวกับการทดลองของศรินญา และคณะ (2553) ซึ่งรายงานว่า การเก็บรักษาช่อลองกองในถุงชนิด Nylon/LLDPE (linear low-density polyethylene) ร่วมกับกล่องกระดาษเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 วัน สามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผิวเปลือกได้ดีกว่าการบรรจุช่อลองกองในกล่องกระดาษเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามการ เก็บรักษาช่อลองกองในถุงชนิด Nylon/LLDPE ร่วมกับกล่องกระดาษนั้นมีการหลุดร่วงของผลลองกองต่อช่อสูงถึง 20% จริงแท้ (2553) รายงานว่า การบรรจุช่อลองกองในถุงพลาสติก high–OTR (high – oxygen transmission rate) และเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำออกจากผลได้แต่ก็ทำให้มีการสะสมของเอทิลีนภายในถุงส่งผลให้เกิดหลุดร่วงของผลลองกองออกจากช่อทั้งหมดหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน เนื่องจากการหลุดร่วงของผลลองกองออกจากช่อมีผลมาจากการสะสมของเอทิลีน จึงมีการนำสาร 1-MCP มาใช้ในการควบคุมการหลุดร่วงของผลลองกองในภาชนะบรรจุ จากการทดลองของประพิณพร และจริงแท้ (2552) ศึกษาการใช้สาร 1-MCP ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตรรมช่อลองกองเป็นเวลา 12 ชั่วโมง สามารถลดการหลุดร่วงของผลลองกองที่เก็บรักษาที่ 18 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน ได้ประมาณ 50% แต่หลังจากนั้นไม่สามารถช่วยลดการหลุดร่วงได้

วิธีการทดลอง

ลองกองที่ใช้ในการทดลองเป็นลองกองทั้งช่อที่เก็บเกี่ยวที่อายุ 13 สัปดาห์หลังดอกบาน บรรจุผลิตผลลงในตะกร้าพลาสติก แล้วขนส่งมายังห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ใช้ระยะเวลาขนส่งจากแปลงแปลงปลูกมาห้องปฏิบัติการประมาณ 1 ชั่วโมง ทำความสะอาดช่อลองกองด้วยการใช้ลมเป่าเพื่อไล่แมลงและสิ่งแปลกปลอมทันที คัดเลือกช่อลองกองที่มีความสม่ำเสมอและคัดผลเสียภายในช่อทิ้ง ซึ่งในการทดลองนี้มีทรีทเมนต์ทั้งหมด 4 ทรีทเมนต์คือ

ทรีทเมนต์ที่ 1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

ทรีทเมนต์ที่ 2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

ทรีทเมนต์ที่ 3 ใส่ถุงยืดอายุผักและผลไม้ (MAP) ยี่ห้อ Fresh®&Fresh แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

ทรีทเมนต์ที่ 4 รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 12 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำมาใส่ถุง MAP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

สำหรับลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP ใส่บรรจุในถุงตาข่ายเพื่อสะดวกในการนับจำนวนผลร่วง นำช่อลองกองบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกขนาดที่ใช้สำหรับบรรจุลองกองจำนวน 10 กิโลกรัม แล้วนำไปเก็บรักษาในห้องเย็นตามอุณหภูมิที่กำหนด (12 และ 18 องศาเซลเซียส) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Fisher's Least Significant Difference (LSD) ทำการทดลอง จำนวน 5 ซ้ำ ๆ ละ 1 ช่อ หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 9 และ 12 วัน ให้นำลองกองออกจากถุงตาข่ายและถุง MAP แล้วนำมาวางที่อุณหภูมิห้อง (26 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 2 วัน ทำการตรวจสอบคุณภาพของผลลองกองและเก็บตัวอย่างเปลือกผลลองกองไว้วิเคราะห์ในวันที่เริ่มต้นการทดลอง วันที่เอาออกจากห้องเก็บรักษาที่อุณภูมิต่ำ และหลังจากนำมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน บันทึกผลการทดลองดังนี้

1. การวิเคราะห์ทางสรีรวิทยาและคุณภาพของลองกอง

1.1. การเกิดอาการสะท้านหนาว

ให้คะแนนอาการสะท้านหนาวของผิวเปลือกลองกองตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

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

*อาการสะท้านหนาว คืออาการที่เปลือกลองกองมีการยุบตัวลงและมีสีน้ำตาลเข้ม

1.2. การเกิดสีน้ำตาล

ให้คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของผิวเปลือกลองกองตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

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

1.3. การรั่วไหลของประจุของเปลือกลองกอง

ตามวิธีการของสรยา (2557) โดยนำส่วนเปลือกลองกองมาเจาะให้เป็นทรงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ด้วยคอร์กบอเรอร์ เบอร์ 5 แช่ชิ้นส่วนเปลือกในน้ำกลั่น 15 นาที แล้วนำชิ้นส่วนเปลือกใส่ลงในหลอดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร ที่บรรจุสารละลาย mannitol ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร หลอดละ 10 ชิ้น โดยมีหลอดที่บรรจุสารละลาย mannitol อย่างเดียวเป็น blank นำแต่ละหลอดไปวางที่เครื่องเขย่าสารความเร็วรอบ 110 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำสารละลายตัวอย่างที่ได้ไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดการนำไฟฟ้าโดยค่าที่ได้ถือเป็นค่าการรั่วไหลของประจุ จากนั้นนำแต่ละหลอดไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วัน เมื่อครบกำหนดนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้สารละลายใน

หลอดละลายแล้วนำไปวางบนเครื่องเขย่าสารอีกครั้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนสารละลายเย็นแล้วจึงนำสารละลายไปวัดค่าการนำไฟฟ้า ค่าที่ได้ถือเป็นค่าการรั่วไหลของประจุทั้งหมด นำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุจากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุ} = \frac{\text{ค่าการรั่วไหลของประจุ}}{\text{ค่าการรั่วไหลของประจุทั้งหมด}} X100$$

1.4. การหลุดร่วงของผล

นับจำนวนผลที่หลุดร่วงและคำนวณเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงของผลจากจำนวนผลทั้งหมดในซ่อเดียวกัน

1.5. การเน่าเสียของผล

นับจำนวนผลที่เน่าเสีย และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของผลที่เน่าเสียเทียบกับจำนวนผลทั้งหมดในซ่อเดียวกัน

1.6. การสูญเสียน้ำหนัก

โดยการชั่งน้ำหนักซ่อลองกองในวันเริ่มต้นการทดลองและวันที่ทำการตรวจสอบคุณภาพและหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักตามสูตรดังต่อไปนี้

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

1.7. สีของผิวเปลือกลองกอง

สุ่มผลลองกองจากแต่ละซ้ำมา 5 ผล นำมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Konica Minolta CR 400 โดยวัดบริเวณส่วนกลางผลตรงข้ามกัน 3 จุด บันทึกค่าสี Hue angle ซึ่งค่า Hue angle (h°) เป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของโทนสีในระดับต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปตามค่ามุมสี

1.8. ความแน่นเนื้อผล

ปอกเปลือกผลลองกองเพื่อนำมาวัดความแน่นเนื้อตรงบริเวณกลางผลตรงข้ามกัน 2 ด้านด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อโดยใช้หัววัดขนาด 0.8 เซนติเมตร บันทึกผลเป็นนิวตัน

1.9. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ทำการคั้นน้ำจากเนื้อลองกองซ้ำละ 5 ผล ผ่านผ้าขาวบาง จากนั้นนำน้ำคั้นที่ได้มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้โดยใช้เครื่อง Hand refractometer บันทึกผลเป็นองศาบริกซ์

1.10. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

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

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

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

2. ปริมาณออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์

เก็บตัวอย่างก๊าซที่อยู่ในถุงบรรจุภัณฑ์เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลีน โดยใช้เข็มฉีดยาเก็บตัวอย่างภายในภาชนะที่บรรจุ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเครื่อง Gas chromatography (GC)

3. การวิเคราะห์ทางชีวเคมีของเปลือกลองกอง

การเก็บตัวอย่างเปลือกลองกองเพื่อนำมาวิเคราะห์ทำโดยนำส่วนเปลือกลองกองจำนวน 12 ผลต่อ 1 ซ้ำ มาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วแช่ในไนโตรเจนเหลวรอให้ไนโตรเจนเหลวระเหยออก จากนั้นนำตัวอย่างบรรจุในกล่องเก็บตัวอย่างแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างให้นำเปลือกลองกองที่แช่แข็งมาบดในไนโตรเจนเหลวจนเป็นผงละเอียดด้วยโก่รงบดตัวอย่างก่อนทำการวิเคราะห์

3.1 ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ในเปลือกลองกอง

วิเคราะห์ปริมาณ MDA ในเปลือกลองกองตามวิธีการของ สรยา (2557) ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีการของ McCollum และ McDonald (1991) โดยชั่งผงเปลือกลองกอง 2 กรัม ใส่ในหลอดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร ที่บรรจุสารละลาย tricholroacetic acid ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าผสมสาร จากนั้นปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมสาร 1 นาที แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 4,000 x g เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นำสารละลายส่วนใสที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณ MDA โดยปิเปตส่วนใส 1,500 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลองเติมสารละลาย thiobarbituric acid ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ทำละลายในสารละลายสารละลาย tricholroacetic acid ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2,500 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าผสมสาร นำไปต้มที่ในน้ำเดือดเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นทำ

ให้เย็นอย่างรวดเร็วเพื่อหยุดปฏิกิริยาด้วยการแช่ในน้ำเย็น (3 นาที) ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1,400 ไมโครลิตร ใส่หลอดไมโครเซ็นตริฟิวจ์ (ซ้ำละ 2 หลอด) นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 x g เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แล้วนำส่วนใสที่ได้ 1,200 ไมโครลิตร ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร โดยมีสารละลาย tricholroacetic acid ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ผ่านวิธีการเดียวกันเป็น blank รายงานหน่วยเป็นนาโนโมลต่อกรัมน้ำหนักสด โดยคำนวณปริมาณ MDA จากสมการ

$$\text{ปริมาณ MDA} = \frac{[(\text{ค่า MDA equivalents*} \times 4\ (\text{มิลลิลิตร})) \times 25\ (\text{มิลลิลิตร})]}{(1.5\ (\text{มิลลิลิตร}) \times 2\ (\text{กรัม}))}$$

$$\text{* สามารถคำนวณค่า MDA equivalents (นาโนโมลต่อมิลลิลิตร)} = \frac{(Abs532-Abs600)}{155,000}$$

เมื่อ Abs532 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร
Abs600 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร
155,000 คือ ค่า Extinction coefficient ของ MDA

3.2 กิจกรรมของเอนไซม์ Lipoxygensae (LOX)

การสกัดและการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ LOX ทำตามวิธีการของสรยา (2557)

การสกัดเอนไซม์ LOX ทำโดยการชั่งผงเปลือกลองกอง 1 กรัม ใส่ในหลอดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร ที่บรรจุสารละลาย Tris-HCl buffer ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 8.0 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร และ polyvinylpyrrolidone insoluble 0.5 กรัม เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำมาปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมสารนาน 30 วินาที นำตัวอย่างมากรองด้วยผ้าก๊อซ 5 นาที แล้วจึงปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1,300 ไมโครลิตร ใส่หลอดไมโครเซ็นตริฟิวจ์ (ทำซ้ำละ 2 หลอด) นำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 19,000 x g เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นแยกส่วนใสของสารสกัดเอนไซม์ออกมา 1,000 ไมโครลิตร เพื่อมาวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ LOX

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ LOX โดยปิเปตสารละลายซับสเตรท 2,700 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดคิวเวทท์ (สารละลายซับสเตรทเตรียมโดยละลาย linoleic acid 157.2 ไมโครลิตร และ Tween 20 157.2 ไมโครลิตรในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 200 มิลลิลิตร ด้วยสารละลาย phosphate buffer ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ pH 7.0 บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) เติมสารสกัดเอนไซม์ 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 234 นาโนเมตร อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 2 และ 5 นาที รายงานผลเป็นหน่วยต่อ

ไมโครกรัมโปรตีน โดยที่กิจกรรมของเอนไซม์ LOX 1 หน่วย เท่ากับการเพิ่มขึ้น 0.001 ในระยะเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถคำนวณกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ได้จากสมการ

$$\text{กิจกรรมของเอนไซม์ LOX} = \frac{[(Abs_{5min} - Abs_{2min}) \div 3] \div 0.001}{\text{protein (ไมโครกรัม)}}$$

เมื่อ Abs_{5min} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 234 นาโนเมตร เมื่อเวลา 5 นาที

Abs_{2min} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 234 นาโนเมตร เมื่อเวลา 2 นาที

protein คือ ปริมาณโปรตีน (ไมโครกรัม) ที่ได้จากข้อ 3.7

3.3 ปริมาณของสารประกอบฟินอลทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเปลือกลองกองตามวิธีการของสรยา (2557) ซึ่งมีวิธีการดังนี้ ชั่งผงเปลือกลองกอง 2 กรัม ใส่ในหลอดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร ที่บรรจุสารละลาย ethanol ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมสาร 1 นาที จากนั้นกรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตสารละลายส่วนใส 1,300 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดไมโครเซ็นตริฟิวจ์ซ้ำละ 2 หลอด แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 x g เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ปิเปตสารละลายส่วนใส 50 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลองแล้วเติมน้ำกลั่น 3,950 ไมโครลิตร เขย่าตัวอย่างด้วยเครื่องเขย่าผสมสารเติมสาร Folin ciocateu reagent 250 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 750 ไมโครลิตรแล้วเขย่าตัวอย่างวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้สารละลาย ethanol ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ผ่านวิธีการวิเคราะห์เดียวกันเป็น blank โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลที่วิเคราะห์ได้ ให้เทียบกับสารละลายมาตรฐาน gallic acid ความเข้มข้น 100 250 500 750 1,000 และ 1,250 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ผ่านวิธีการวิเคราะห์เดียวกันกับสารสกัดตัวอย่าง

3.4 กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia-lyase (PAL)

การสกัดและวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PAL ทำตามวิธีการของสรยา (2557) ซึ่งมีวิธีการทำดังนี้

ชั่งผงเปลือกลองกอง 2 กรัม ใส่ในหลอดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร ที่บรรจุสารละลาย phosphate buffer ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ pH 8.8 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ที่มีสาร β-mercaptoethanol ความเข้มเข้ม 5 มิลลิโมลาร์ เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมสารนาน 40 วินาที นำตัวอย่างมากรองด้วยผ้าก๊อซ 5 นาที แล้วจึงปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1,800 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดไมโครเซ็นตริฟิวจ์ (ทำซ้ำละ 2 หลอด) นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 21,100 x g เป็นเวลา 30 นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นแยกส่วนใสของสารสกัดเอนไซม์ออกมา 1,500 ไมโครลิตร เพื่อมาวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PAL

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PAL โดยปิเปตสารละลาย borate buffer ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ pH 8.8 ปริมาตร 2,800 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลองจากนั้นเติมสารละลาย phenylalanine ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1,000 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นปิเปตสารสกัดเอนไซม์ 200 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบระยะเวลา 1 ชั่วโมง ให้เติมสารละลาย HCl ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 1,000 ไมโครลิตร ทันทีแล้วเขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 290 นาโนเมตร โดยมีหลอดตัวอย่างที่ใส่สารละลายเช่นเดียวกันแต่เติมสารละลาย HCl ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 1,000 ไมโครลิตร ทันทีหลังจากที่เติมสารสกัดเอนไซม์เป็นหลอดเริ่มต้นที่ 0 นาที รายงานผลเป็นหน่วยต่อไมโครกรัมโปรตีน โดยที่กิจกรรมของเอนไซม์ PAL 1 หน่วย เท่ากับการเพิ่มขึ้น 1 ในระยะเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส สามารถคำนวณกิจกรรมของเอนไซม์ PAL ได้จากสมการ

$$\text{กิจกรรมของเอนไซม์ PAL} = \frac{[(Abs_{60min} - Abs_{0min}) \times 1 \text{ (หน่วย)}] \div 1}{\text{protein (ไมโครกรัม)}}$$

เมื่อ Abs_{60min} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 290 นาโนเมตร เมื่อเวลา 60 นาที

Abs_{0min} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 290 นาโนเมตร เมื่อเวลา 0 นาที

protein คือ ปริมาณโปรตีน (ไมโครกรัม) ที่ได้จากข้อ 3.7

3.5 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO)

วิธีการสกัดและวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในเปลือกลองกอง ทำตามวิธีการของสรยา (2557) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ชั่งผงเปลือกลองกอง 2 กรัม ใส่ในหลอดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตรที่บรรจุสารละลาย phosphate buffer ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ pH 7.0 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร และ polyvinylpyrrolidone insoluble 0.2 กรัม เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าผสมสาร จากนั้นปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมสาร 40 วินาที นำตัวอย่างมากรองด้วยผ้าก๊อซ 5 นาที แล้วปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1,800 ไมโครลิตร ใส่หลอดไมโครเซ็นตริฟิวจ์ (ทำซ้ำละ 2 หลอด) นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 19,000 x g นาน 20 นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นแยกส่วนใสของสารสกัดเอนไซม์ออกมา 1,500 ไมโครลิตร เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO โดยปิเปตสารละลาย phosphate buffer ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ pH 6.8 ปริมาตร 2,240 ไมโครลิตร และสารละลาย 4-methylcatechol ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ (บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) 750 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดคิวเวทท์ เติมสารสกัดเอนไซม์ 10 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันอย่างรวดเร็วโดยการพลิกหลอดคิวเวทท์ แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 0 30 และ 60 วินาที รายงานผลเป็นหน่วยต่อไมโครกรัมโปรตีน โดยที่กิจกรรมของเอนไซม์ PPO 1 หน่วย เท่ากับการเพิ่มขึ้น 0.001 ในระยะเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถคำนวณกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้จากสมการ

$$\text{กิจกรรมของเอนไซม์ PPO} = \frac{[((Abs_{30sec.} - Abs_{0sec.}) \times 2) \times 1 \text{ (หน่วย)}] \div 0.001}{\text{protein (ไมโครกรัม)}}$$

เมื่อ $Abs_{30sec.}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร เมื่อเวลา 30 วินาที

$Abs_{0sec.}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร เมื่อเวลา 0 วินาที

protein คือ ปริมาณโปรตีน (ไมโครกรัม) ที่ได้จากข้อ 2.7

3.6 กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD)

การสกัดเอนไซม์ POD ทำเช่นเดียวกับการสกัดเอนไซม์ PPO สำหรับการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ POD ให้ปิเปตสารละลาย phosphate buffer ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ pH 7.0 ปริมาตร 2,780 ไมโครลิตร เติมสารละลาย hydrogen peroxide ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ 100 ไมโครลิตร และสารละลาย guaiacol ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดคิวเวทท์ เติมสารสกัดเอนไซม์ 20 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยการพลิกคิวเวทท์ 2 ครั้ง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 0 30 และ 150 วินาที รายงานผลเป็นหน่วยต่อไมโครกรัมโปรตีน โดยที่กิจกรรมของเอนไซม์ POD 1 หน่วย เท่ากับการเพิ่มขึ้น 0.01 ในระยะเวลา 1 นาที สามารถคำนวณกิจกรรมของเอนไซม์ POD ได้จากสมการ

$$\text{กิจกรรมของเอนไซม์ POD} = \frac{[((Abs_{150sec.} - Abs_{30sec.}) \div 2) \times 1 \text{ (หน่วย)}] \div 0.01}{\text{protein (ไมโครกรัม)}}$$

เมื่อ $Abs_{150sec.}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร เมื่อเวลา 150 วินาที

$Abs_{30sec.}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร เมื่อเวลา 30 วินาที

protein คือ ปริมาณโปรตีน (ไมโครกรัม) ที่ได้จากข้อ 3.7

3.7 ปริมาณโปรตีน

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ทำตามวิธีการของ Bradford (1976) ดังนี้ ปิเปตสารสกัดเอนไซม์ 100 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลองแล้วเติมสารละลาย protein reagent 5,000 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าผสมสาร 10 วินาที โดยใช้สารละลาย buffer ที่ใช้สกัดโปรตีนของเอนไซม์ 100 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย protein reagent 5,000 ไมโครลิตร เป็น blank ทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร เทียบปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์ได้ โดยใช้สารละลายโปรตีน BSA (bovine serum albumin) เป็นสารละลายมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้น 0 5 10 15 และ 20 ไมโครกรัมต่อ 100 ไมโครลิตร ที่เตรียมในสารละลาย buffer ที่ใช้สกัดโปรตีนของเอนไซม์ ปิเปตสารละลายมาตรฐานมา 100 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลองแล้วเติมสารละลาย protein reagent 5,000 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นวัดค่า

การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร เพื่อสร้างเป็นกราฟมาตรฐานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 595 นาโนเมตรกับความเข้มข้นของสารละลายโปรตีน BSA

ผลการทดลอง

1. สรีรวิทยาและคุณภาพของลองกอง

1.1 การเกิดอาการสะท้านหนาว

ในการเก็บรักษาลองกองที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 9 วัน พบว่าในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสนั้น ลองกองที่บรรจุในถุง MAP ทั้งที่ผ่านการรมและไม่ผ่านการรม 1-MCP ยังไม่แสดงอาการสะท้านหนาว เช่นเดียวกับลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส แต่ลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP เริ่มเกิดอาการสะท้านหนาวเล็กน้อยเป็นจุด ๆ ส่วนการเก็บรักษาในวันที่ 12 ลองกองที่บรรจุในถุง MAP ทั้งที่ผ่านการรมและไม่ผ่านการรม 1-MCP เริ่มเกิดอาการสะท้านหนาวเล็กน้อยเป็นจุด ๆ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับลองกองที่เก็บรักษาที่ 18 องศาเซลเซียส ส่วนลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP เกิดอาการสะท้านหนาวครอบคลุมมากกว่า 25% ของพื้นที่เปลือกผล (ภาพที่ 1 และ 2)

1.2 การเกิดสีน้ำตาล

การย้ายลองกองจากอุณหภูมิต่ำทั้งสองอุณหภูมิมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วันทำให้ผิวเปลือกลองกองเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนที่จะเก็บรักษา ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 9 วัน นั้นพบว่าลองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 12 องศาเซลเซียสมีการเกิดสีน้ำตาลสูงที่สุด รองลงมาคือลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่ 18 องศาเซลเซียส ส่วนลองกองที่บรรจุในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษาที่ 12 องศาเซลเซียสทั้งที่ผ่านการรมและไม่ได้รม 1-MCP มีการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทั้งสองอุณหภูมิ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นเป็น 12 วัน พบว่าเฉพาะลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 12 องศาเซลเซียสมีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นมากกว่าลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน ในขณะที่ทรีทเมนต์อื่นมีการเกิดสีน้ำตาลใกล้เคียงกับที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน (ภาพที่ 4 ก)

ส่วนลองกองที่ย้ายออกมาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน โดยส่วนมากมีการเกิดสีน้ำตาลมากกว่าลองกองที่วางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน และลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับบรรจุในถุง MAP เกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่ไม่บรรจุถุง และบรรจุในถุง MAP (ภาพที่ 3 และ 4 ข)

หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน

หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน

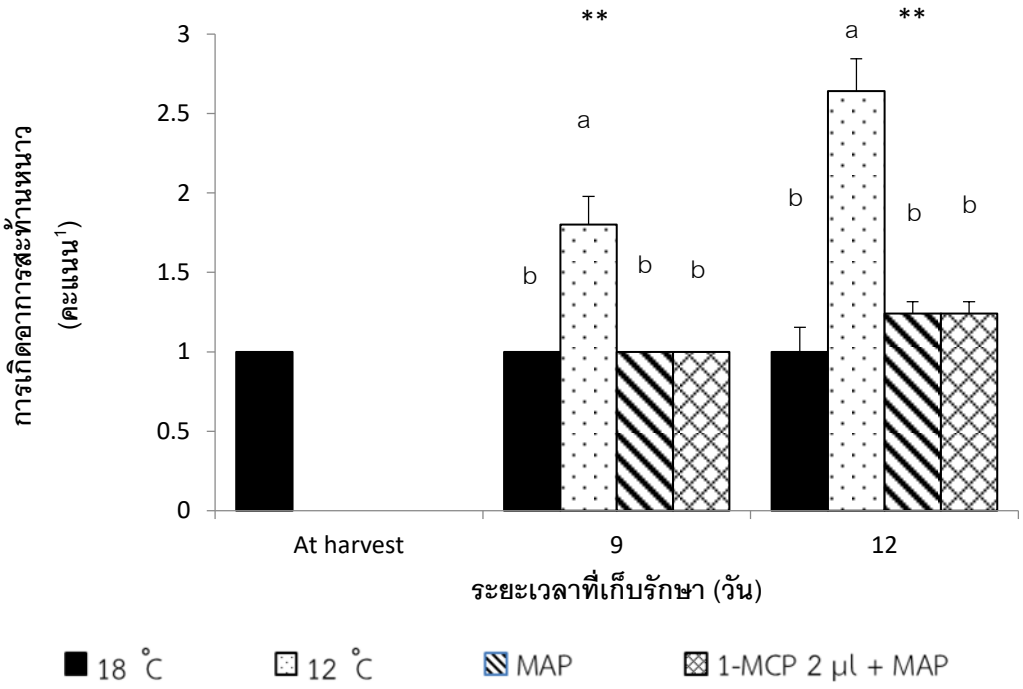
ภาพที่ 1 ลักษณะอาการสะท้านหนาวของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน

ก. เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

ข. เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

ค. บรรจุในถุง MAP

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



ภาพที่ 2 การเกิดอาการสะท้านหนาวของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน

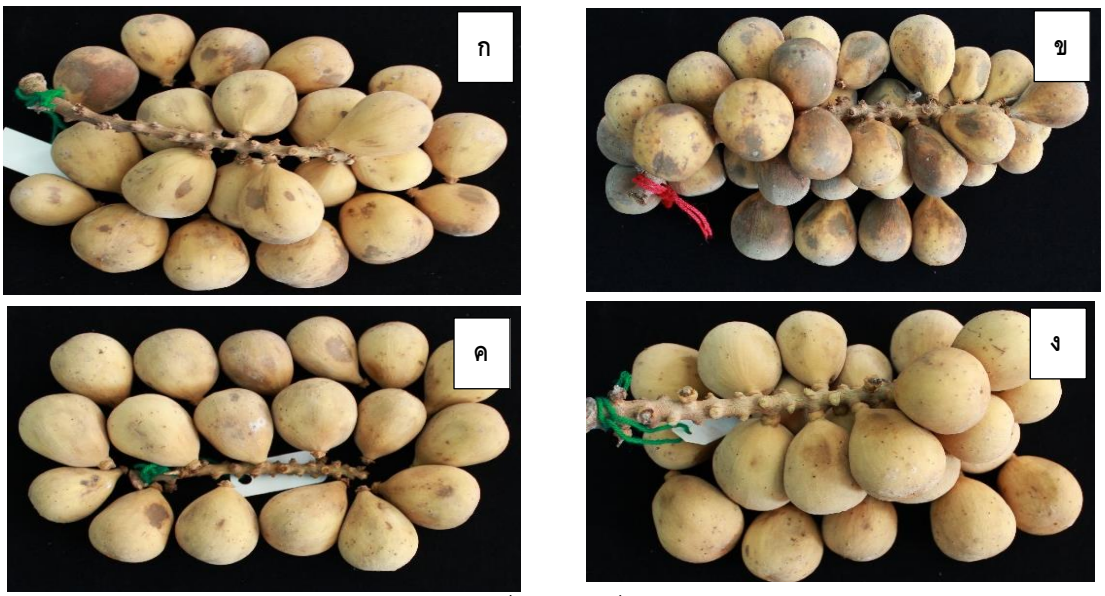
** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

[1]ระดับการเกิดอาการสะท้านหนาว (1 = ไม่เกิดอาการสะท้านหนาว 2 = เกิดอาการสะท้านหนาวเล็กน้อยเป็นจุด ๆ 3 = อาการสะท้านหนาวครอบคลุม < 25% ของพื้นที่ เปลือกผล 4 = อาการสะท้านหนาวครอบคลุม 25-50% ของพื้นที่เปลือกผล 5 = อาการ ส ะ ท้ า น ห น า ว ครอบคลุม < 50% ของพื้นที่เปลือกผล)

หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 9 วัน



หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 12 วัน

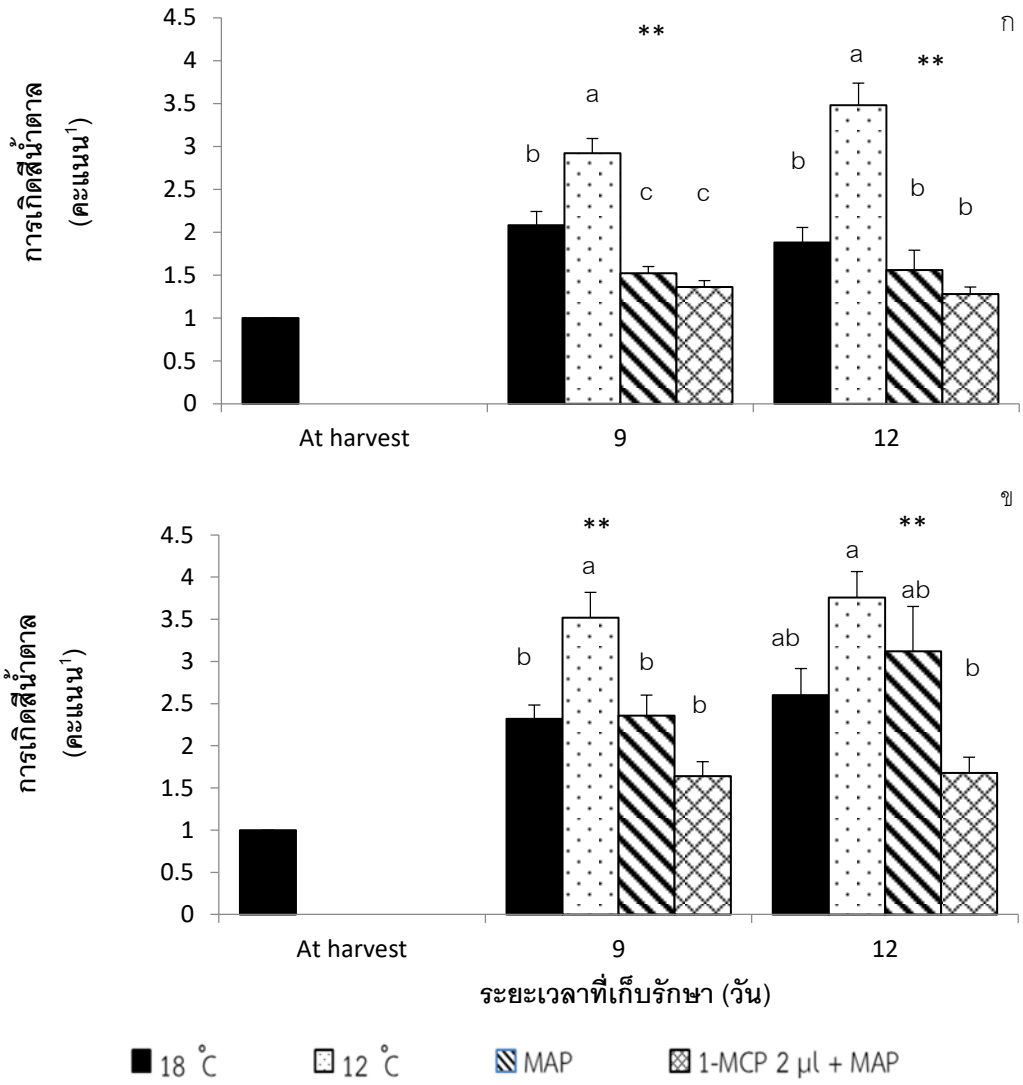
ภาพที่ 3 ลักษณะอาการสะท้านหนาวของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วันแล้วย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน

ก. เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

ข. เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

ค. บรรจุในถุง MAP

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



ภาพที่ 4 การเกิดสีน้ำตาลของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วันแล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน (ก) และ 2 วัน (ข)

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

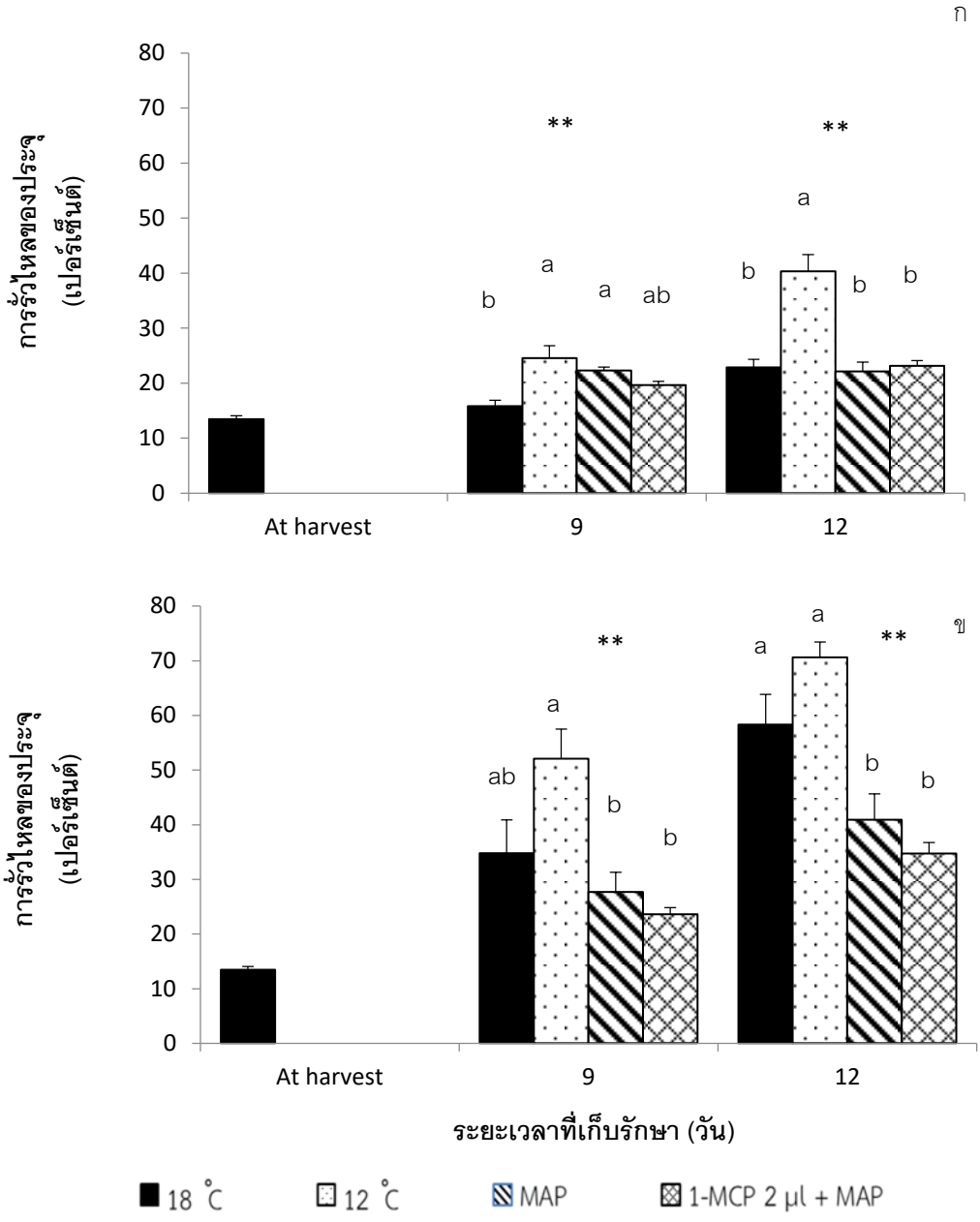
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

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

1.3. การรั่วไหลของประจุของเปลือกลองกอง

ค่าการรั่วไหลของประจุของเปลือกลองกองเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน พบว่าลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสโดยไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีการรั่วไหลของประจุสูงที่สุดแต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสมีการรั่วไหลของประจุต่ำที่สุด ส่วนการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วันที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ค่าการรั่วไหลของประจุของลองกองที่เก็บรักษาโดยไม่ได้บรรจุในถุง MAP ยังคงสูงที่สุดและยังเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจากการเก็บรักษาในวันที่ 9 ส่วนลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส หรือเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ที่บรรจุในถุง MAP ทั้งที่ผ่านการรมและไม่ผ่านการรม 1-MCP มีค่าการรั่วไหลของประจุใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 5 ก)

เมื่อย้ายลองกองออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง พบว่าการเก็บรักษาลองกองที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วันมีค่าการรั่วไหลของประจุเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษาอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่าการรั่วไหลของประจุของเปลือกลองกองก็จะเพิ่มขึ้น โดยลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำโดยบรรจุในถุง MAP ทั้งที่มีการรมและไม่ได้รม 1MCP มีค่าการรั่วไหลของประจุของเปลือกต่ำกว่าลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษา รวมทั้งต่ำกว่าลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่ 18 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 5 ข)



ภาพที่ 5 เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุจากเปลือกลองกองที่ผ่านเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

1.4 การร่วงของผล

ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ พบว่าลองกองที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP และบรรจุในถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์ผลร่วงมากที่สุด ซึ่งในการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วันพบว่าในทรีทเมนต์นี้มีการร่วงของผลออกจากช่อทั้งหมด ส่วนลองกองผ่านการรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 2 ไมโครลิตรต่อลิตรแล้วบรรจุในถุง MAP ไม่มีการร่วงของผลออกจากช่อ ส่วนในทรีทเมนต์อื่น ๆ นั้นมีการร่วงของผลไม่เกิน 20% ของช่อ (ภาพที่ 6 ก) การร่วงของผลเพิ่มขึ้นหลังจากย้ายออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 วัน และลองกองที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP มีการร่วงเพิ่มขึ้นแต่ก็ยังน้อยกว่าลองกองที่ไม่ได้รมด้วยสาร 1-MCP แล้วบรรจุในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 6 ข)

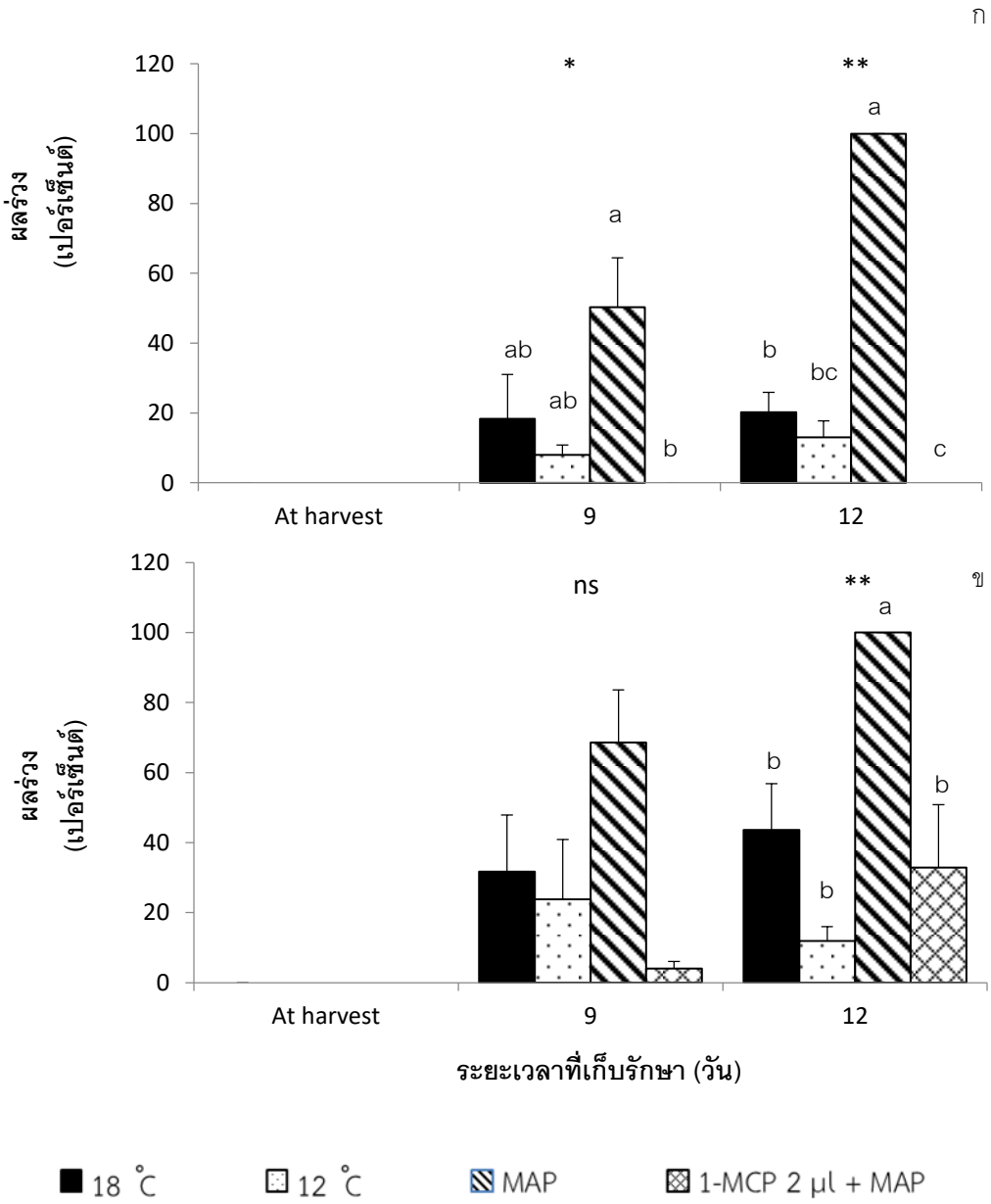
1.5. การเน่าเสียของผล

การเน่าของผลเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังจากวันแรกของการเก็บรักษา ซึ่งแต่ละทรีทเมนต์มีเปอร์เซ็นต์ผลเน่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 7 ก) หลังจากย้ายลองกองจากอุณหภูมิต่ำมาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วัน มีการเปอร์เซ็นต์ผลเน่าเล็กน้อย ส่วนลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 12 วันนั้นพบว่า ลองกองที่เก็บรักษาที่ 12 องศาเซลเซียสโดยที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีเปอร์เซ็นต์ผลเน่าสูงกว่าทรีทเม็นต์อื่น ๆ อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP แล้วบรรจุในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษามีเปอร์เซ็นต์ผลเน่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับ (ภาพที่ 7 ข)

1.6. การสูญเสียน้ำหนัก

ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำพบว่า ลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าลองกองที่บรรจุในถุง MAP เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นการสูญเสียน้ำหนักก็เพิ่มขึ้นด้วย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP ที่เก็บรักษาในทั้งสองอุณหภูมิพบว่าในวันที่ 9 ของการเก็บรักษานั้น ลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสมีการสูญเสียน้ำหนักที่มากกว่า แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของลองกองที่รมและไม่ได้รมด้วยสาร 1-MCP มีการสูญเสียน้ำหนักที่ไม่ต่างกัน (ภาพที่ 8 ก)

หลังจากย้ายลองกองจากอุณหภูมิต่ำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่าตัวจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และลองกองที่บรรจุในถุง MAP มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าลองกองที่ไม่บรรจุในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษา เมื่อนำมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 วัน (ภาพที่ 8 ข)

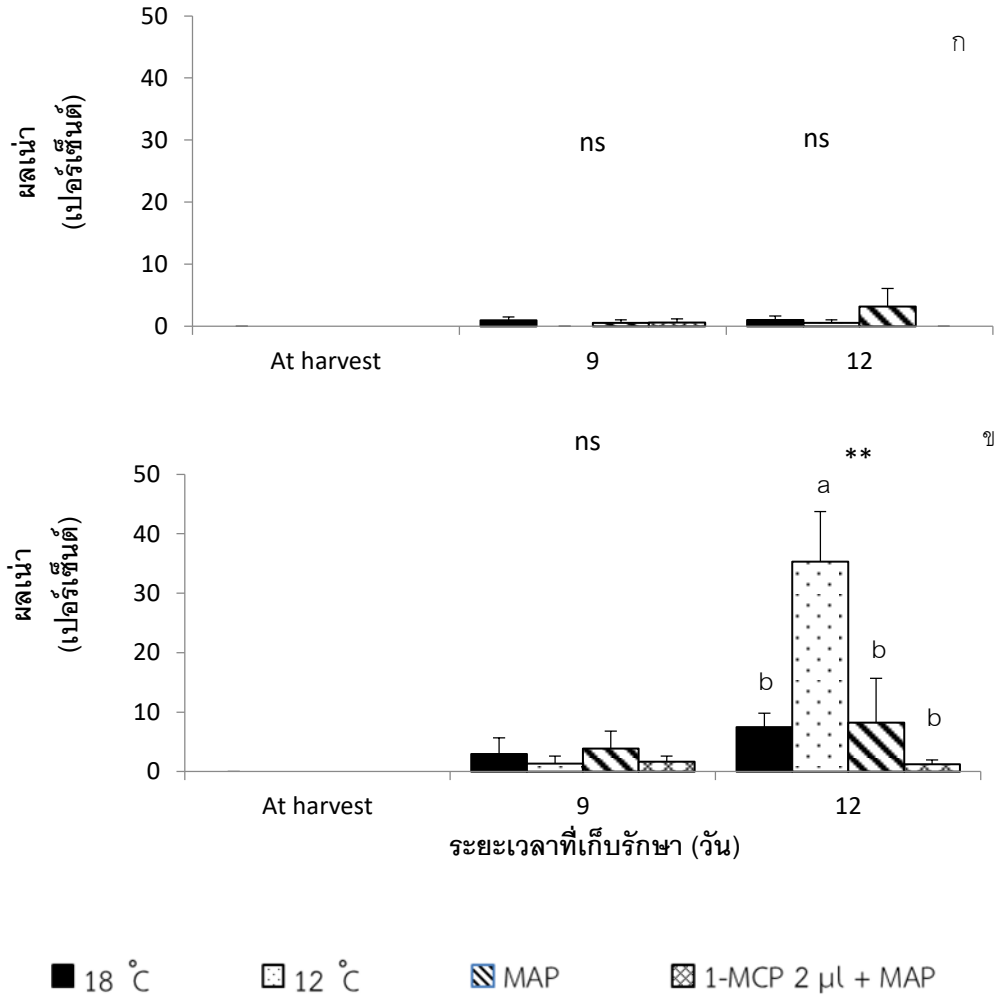


ภาพที่ 6 เปอร์เซ็นต์ผลร่วงของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; * แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 95%; ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

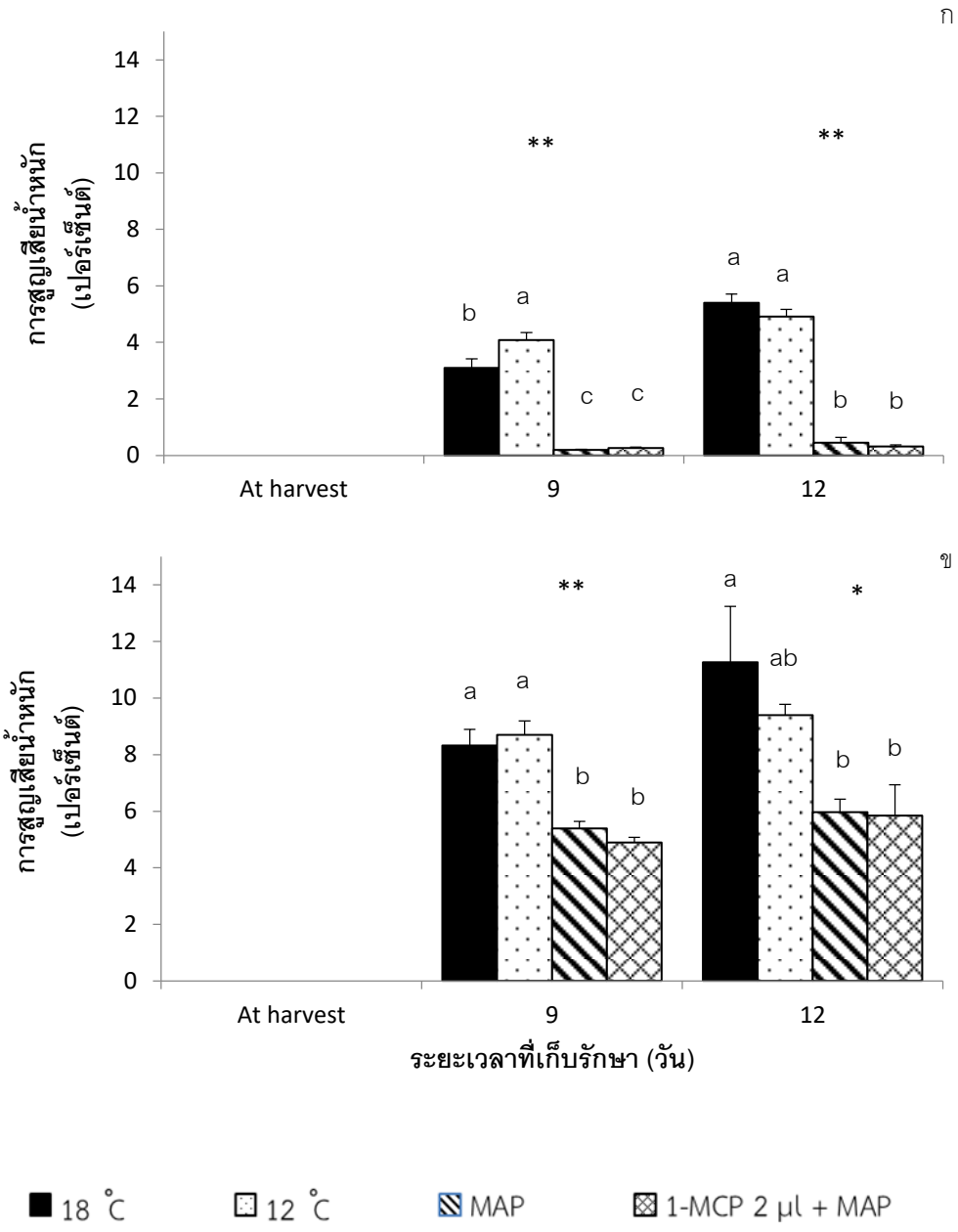


ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์ผลเน่าของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ



ภาพที่ 8 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 95%; ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

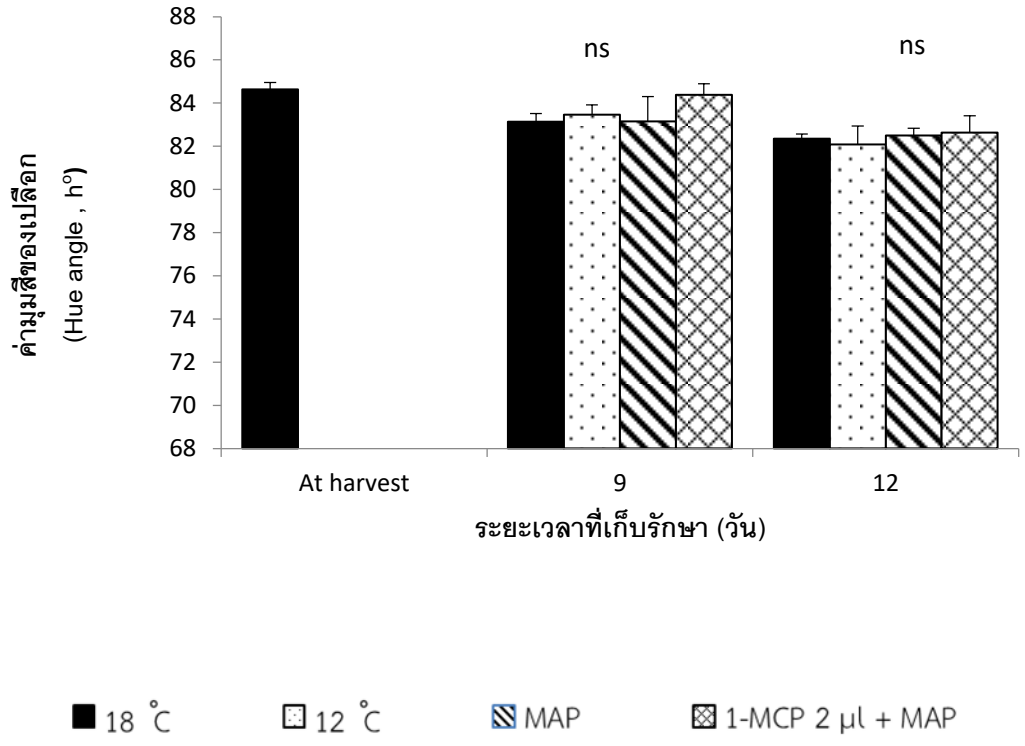
ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

1.7 ค่ามุมสีของเปลือกผลลองกอง

ลองกองที่เก็บรักษาที่อุณภูมิต่ำทั้งสองอุณหภูมิเป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน มีค่ามุมสีของเปลือกลดลงตลอดระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำในระยะเวลาที่เท่ากันนั้น ค่ามุมสีของเปลือกลองกองในแต่ละทรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 9)

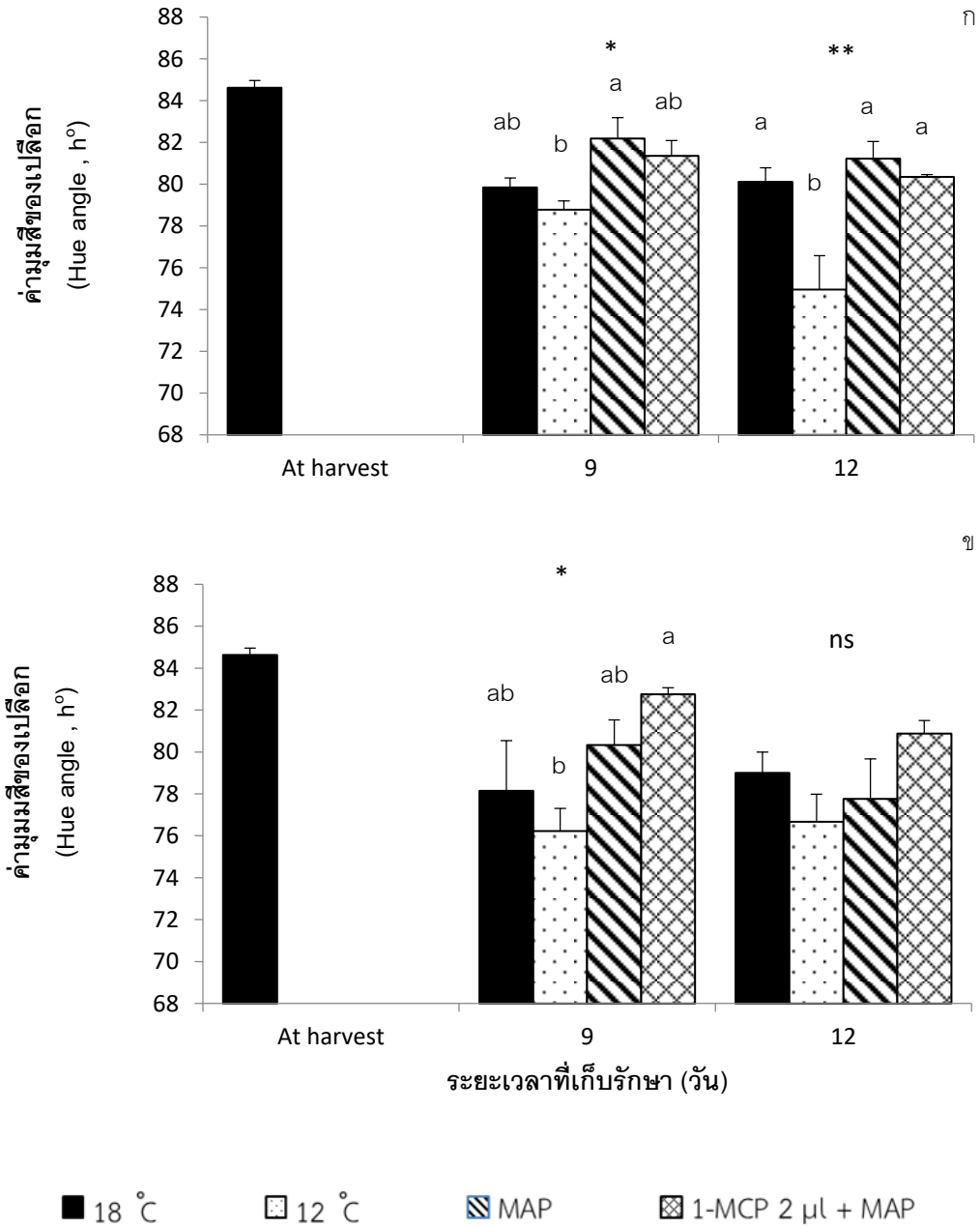
หลังจากย้ายลองกองมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 และ 2 วัน พบว่าค่ามุมสีของเปลือกต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละทรีทเมนต์พบว่า ลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษาที่ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 9 วัน มีค่ามุมสีของเปลือกต่ำกว่าทรีทเมนต์อื่น ๆ เมื่อนำมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1 วัน และ 2 วัน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 12 วัน พบว่าหลังจากที่นำมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน ลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP ยังคงมีค่ามุมสีเปลือกที่ต่ำกว่าทรีทเมนต์อื่น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 วัน ทุกทรีทเมนต์มีค่ามุมสีเปลือกไม่ต่างกันทางสถิติ ๆ (ภาพที่ 10 ก และ ข)



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

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ



ภาพที่ 10 ค่ามุมสีของเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วันแล้วย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน (ก) และ 2 วัน (ข)

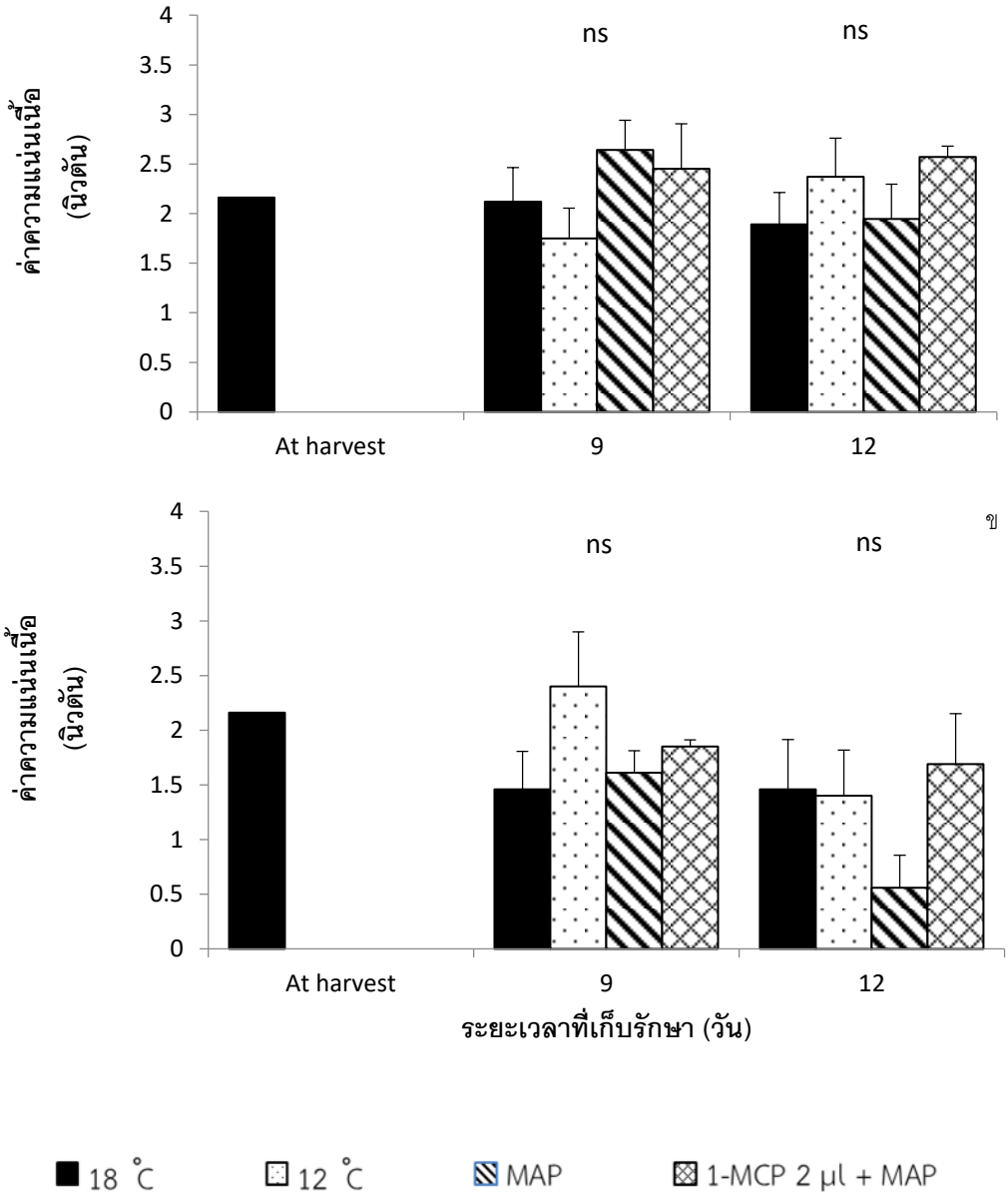
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; * แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 95%; ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

1.8. ความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อของลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน และหลังจากนำมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละทรีทเมนต์สถิติ (ภาพที่ 11 ก และ ข)



ภาพที่ 11 ความแน่นเนื้อของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

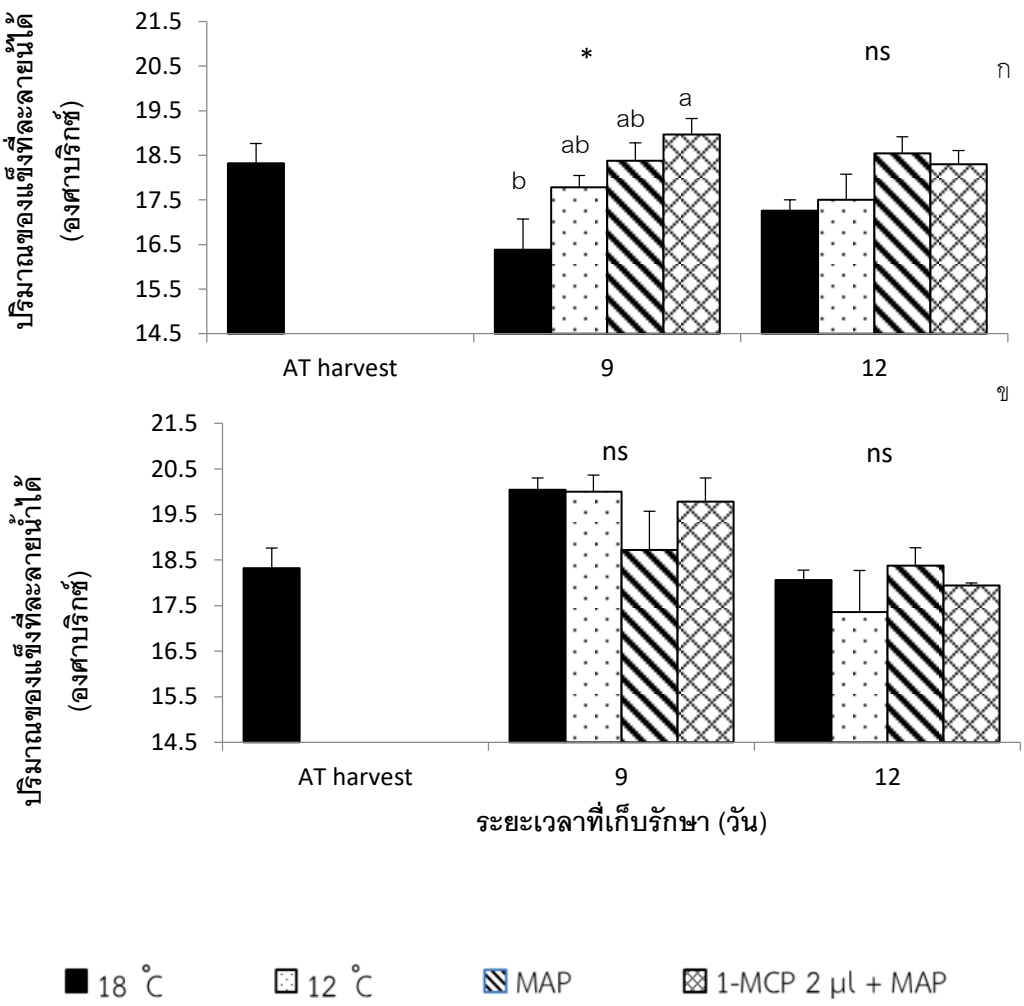
1.9. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ลองกองที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วันโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการรมและไม่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่ได้ลดลงจากวันแรกที่เก็บรักษา (ภาพที่ 12 ก)

หลังจากย้ายลองกองมาวางที่อุณภูมิห้อง 2 วัน พบว่าลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วันมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้นจากวันแรกที่เก็บรักษา ส่วนการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วันปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงจากวันที่ 9 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 12 ข)

1.10 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ระหว่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีการเปลี่ยนแปลงจากวันเริ่มต้นการทดลองไม่มากนัก เมื่อรักษาเป็นเวลา 9 วันพบว่าแต่ละทรีทเม็นต์มีปริมาณกรดที่ไตเทรตได้ไม่ต่างกันทางสถิติ ส่วนลองกองที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 12 วันนั้นพบว่าลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 18 องศาเซลเซียสมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ต่ำกว่าลองกองที่รม 1-MCP แล้วบรรจุในถุง MAP และเก็บรักษาที่ 12 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 13 ก) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 และ12 วัน แล้วนำมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วันนั้นไม่เปลี่ยนแปลงจากวันแรกของการเก็บรักษามากนัก และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างทรีทเม็นต์ (ภาพที่ 13 ข)

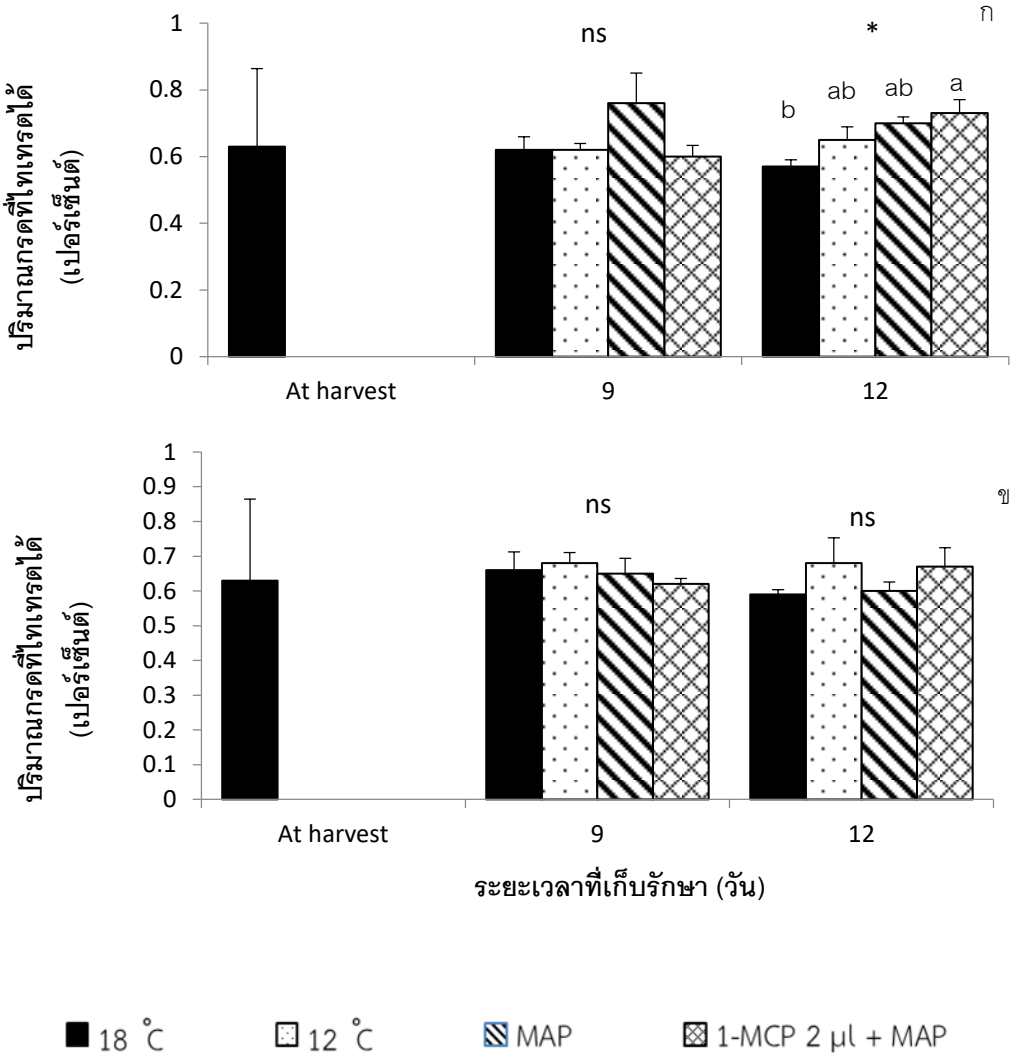


ภาพที่ 12 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; * แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 95%

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ



ภาพที่ 13 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9และ 12 วัน แล้ว วางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; * แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 95%

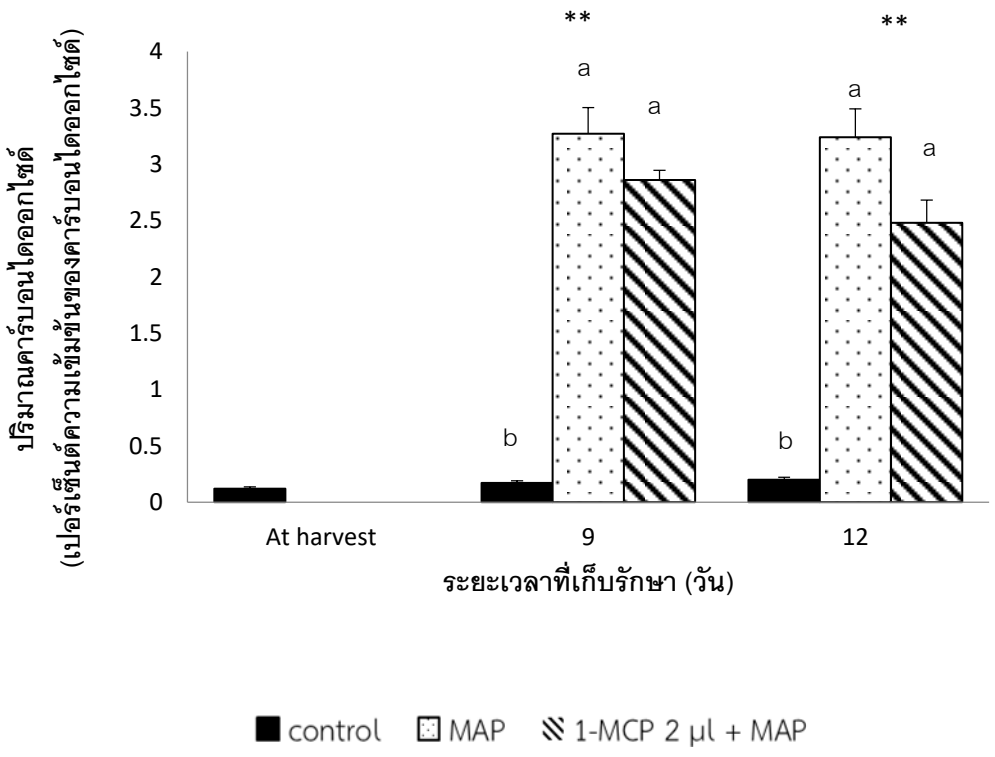
ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2. ปริมาณออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์

2.1 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ของอากาศภายในกล่องกระดาษที่บรรจุลองกองในวันที่เริ่มต้นการทดลองมีค่าประมาณ 0.12% เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 9 และ 12 วันมีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (0.17-0.2%) ในขณะเดียวกันปริมาณปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในถุง MAP เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้จากวันเริ่มต้นการทดลองโดยมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 2.48-3.27% ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง MAP ที่บรรจุลองกองที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP มีแน้มโน้มมากกว่าภายใจถุงที่บรรจุลองกองที่รมด้วย 1-MCP แต่อย่างไรก็ตามทั้งสองทรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุของผลลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน

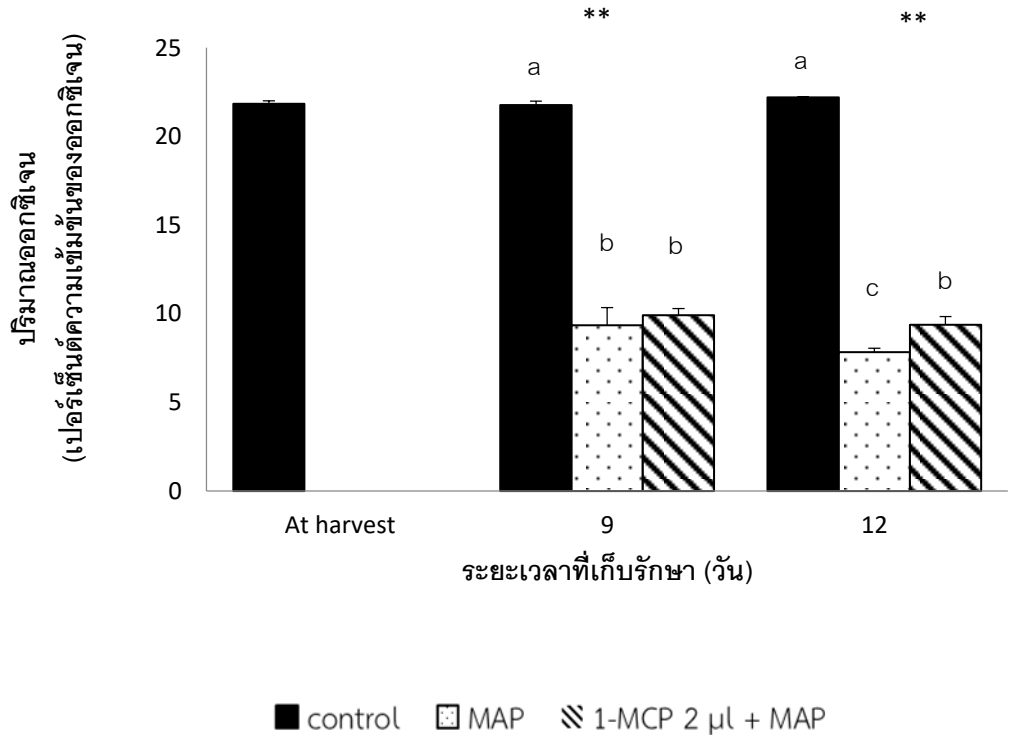
** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.2. ปริมาณออกซิเจน

ปริมาณออกซิเจนในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาภายในกล่องกระดาษลูกฟูกคือ 21.85% และค่อนข้างคงที่หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 และ 12 วัน ส่วนปริมาณออกซิเจนภายในถุง MAP หลังจากเก็บรักษาที่ 9 วันอยู่ในช่วง 9.36-9.92% และไม่มีความแต่งต่างกันทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของออกซิเจนภายในถุงที่บรรจุลองที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 12 วัน อากาศภายในถุง MAP ที่บรรจุลองกองที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP มีปริมาณออกซิเจนที่ต่ำกว่าในถุงที่บรรจุลองกองที่รมสาร 1-MCP (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 ปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุของผลลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน

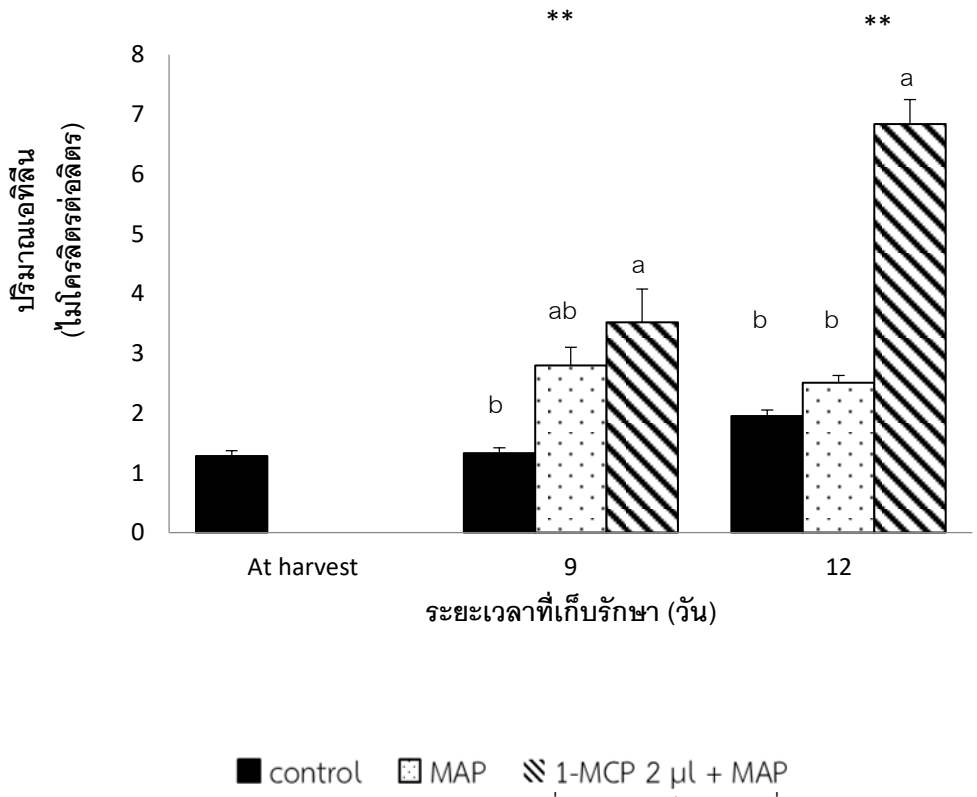
** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

2.3. ปริมาณเอทิลีน

เมื่อเริ่มต้นการทดลองภายในกล่องกระดาษลูกฟูกที่มีลองกองบรรจุอยู่มีความเข้นของเอทิลีนเท่ากับ 1.8 ไมโครลิตรต่อลิตร และความเข้มข้นของเอทิลีนภายในกล่องกระดาษนี้สูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 และ วัน ปริมาณเอทิลีนในถุง MAP มีค่ามากกว่าความเข้มของเอทิลีนในกล่องกระดาษลูกฟูก โดยเฉพาะในถุงที่บรรจุลองกองที่รมด้วย 1-MCP มีความเข้มข้นของเอทิลีนที่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับอากาศภายในกล่องกระดาษลูกฟูก (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 ปริมาณเอทิลีนในภาชนะบรรจุของผลลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

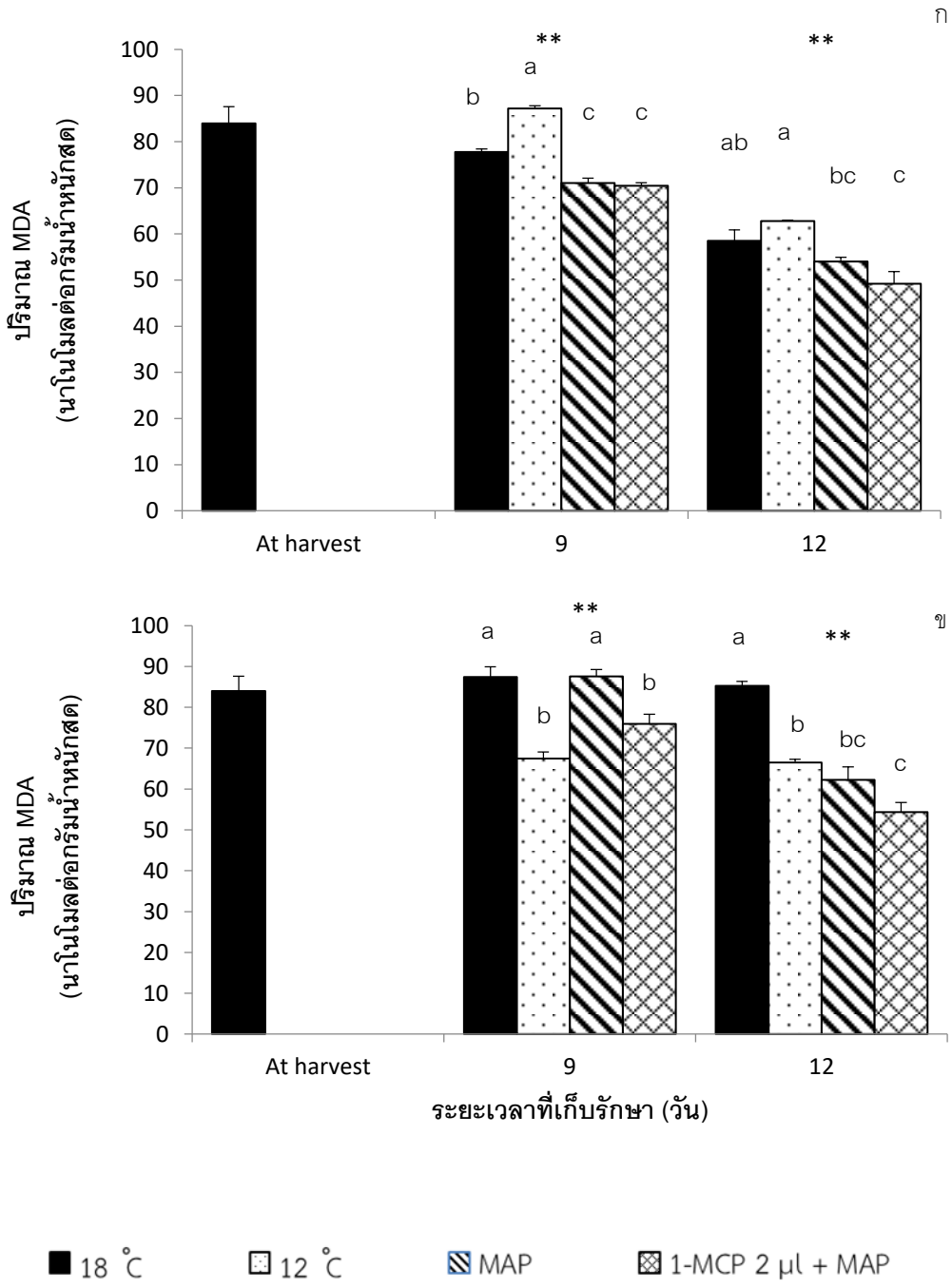
เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

3. การวิเคราะห์ทางชีวเคมีของเปลือกลองกอง

3.1. ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ในเปลือกลองกอง

ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณภูมิต่ำ ลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสโดยไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีปริมาณ MDA สูงที่สุด รองลงมาคือลองกองที่เก็บรักษาที่ 18 องศาเซลเซียส ส่วนลองกองที่บรรจุในถุง MAP ทั้งที่ผ่านการรมหรือไม่รมด้วย 1-MCP มาก่อนมีปริมาณ MDA ต่ำสุด ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเป็น 12 วัน ปริมาณ MDA มีปริมาณลดลงกว่าวันที่ 9 ในทุกทรีทเม็นต์ อย่างไรก็ตามลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP ที่เก็บรักษาที่ 12 องศาเซลเซียส ยังคงสูงกว่าที่บรรจุในถุง MAP (ภาพที่ 17 ก)

การย้ายลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน ทำให้ปริมาณ MDA ของลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วันโดยที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีปริมาณลดลงต่างจากทรีทเม็นต์อื่น ๆ ที่มีปริมาณ MDA เพิ่มขึ้น พบว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสมีปริมาณ MDA สูงที่สุด และการเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสและไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีปริมาณ MDA น้อยที่สุด ส่วนลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสมีปริมาณ MDA สูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส แต่การเก็บรักษาที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP แล้วบรรจุในถุง MAP มีปริมาณ MDA ต่ำที่สุด (ภาพที่ 17 ข)



ภาพที่ 17 ปริมาณ MDA ที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

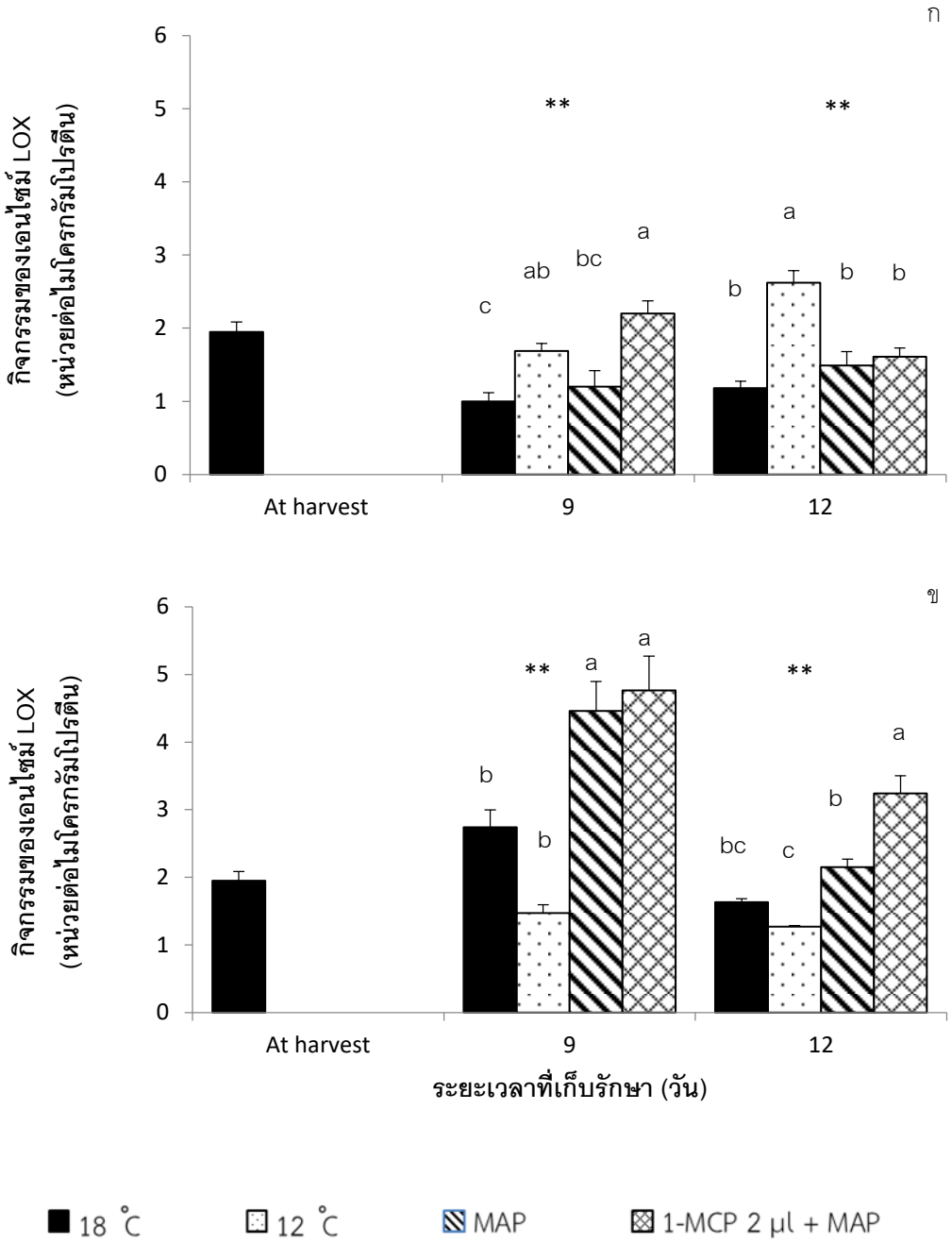
ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

3.2. กิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase (LOX)

เมื่อเก็บรักษาลองกองที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วัน พบว่าลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสมีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ในเปลือกลองกองต่ำกว่าลองกองที่เก็บรักษาที่อุณภูมิ 12 องศาเซลเซียส ส่วนลองที่รมด้วย 1-MCP แล้วบรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX สูงที่สุด แต่เมื่อระยะเวลาของการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 12 วัน กิจกรรมของเอนไซม์ LOX ในเปลือกของลองกองที่เก็บรักษาที่ 12 องศาเซลเซียสโดยไม่ได้บรรจุในถุงมีค่าสูงสุด ในขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์นี้ในเปลือกของลองกองที่บรรจุในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษาไม่ต่างจากลองกองที่เก็บรักษาที่ 18 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 18 ก)

หลังจากย้ายลองกองออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง กิจกรรมของเอนไซม์ LOX ของลองกองที่บรรจุในถุง MAP ทั้งที่ผ่านการรมและไม่ได้รม 1-MCP มีค่ามากกว่าลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษา และลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ความแตกต่างจะเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน และกิจกรรมของเอนไซม์นี้ของลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP จะต่ำสุดเมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน (ภาพที่ 18 ข)



ภาพที่ 18 กิจกรรมของเอนไซม์ LOX จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ว

วางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

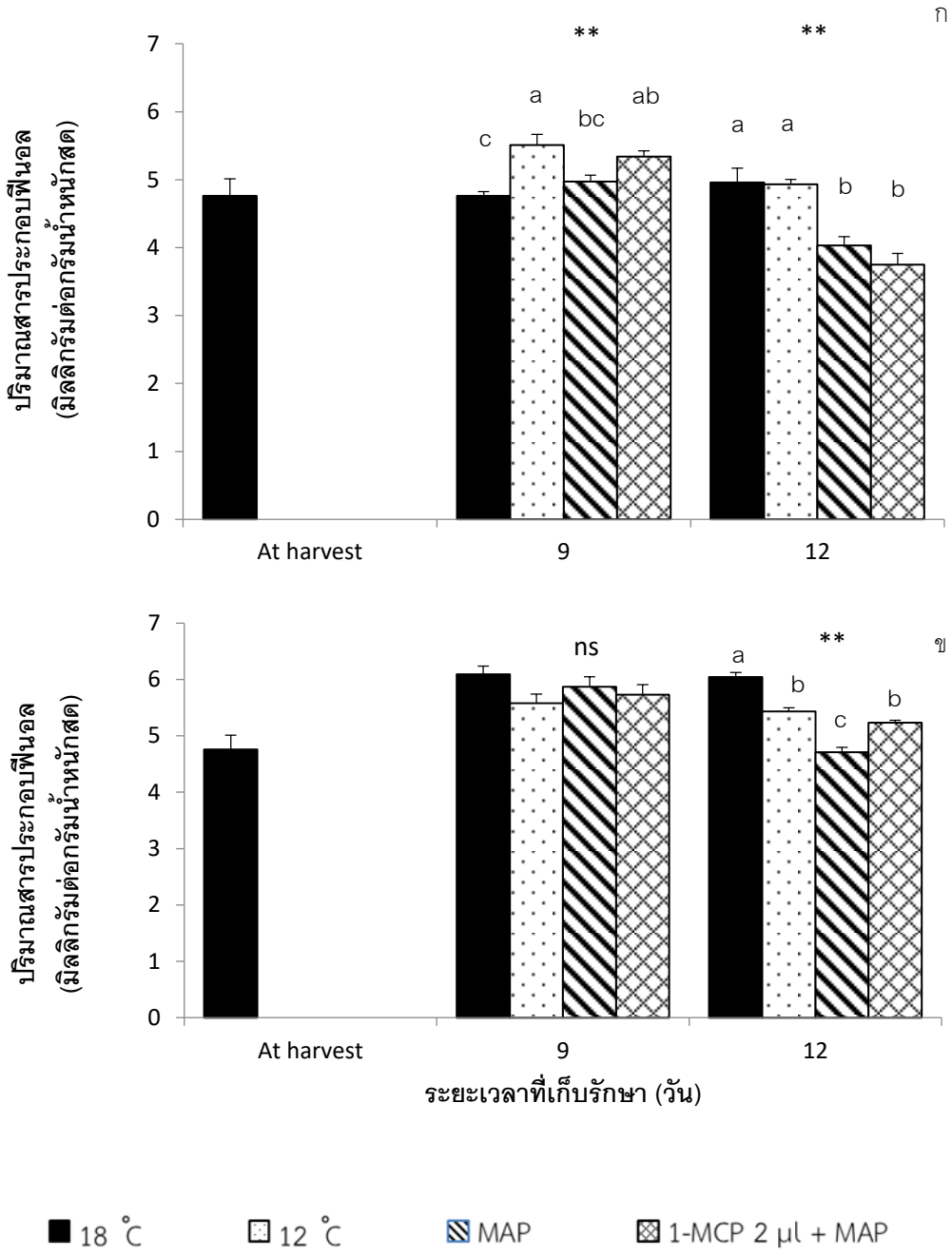
ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

3.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเปลือกลองกอง

ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของเปลือกลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสมีค่าใกล้เคียงกับเมื่อวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ส่วนลองกองที่เก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 9 วันพบว่าลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด อย่างไรก็ตาม การเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 วัน พบว่าลองกองที่ไม่ได้การบรรจุในถุง MAP มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดใกล้เคียงกับลองกองที่เก็บรักษาที่ 18 องศาเซลเซียส และมีค่าสูงกว่าลองกองที่บรรจุในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทั้งที่ผ่านและไม่ได้ผ่านการรมด้วย 1-MCP (ภาพที่ 19 ก)

หลังจากย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นในทุกทรีทเมนต์เมื่อเทียบกับก่อนนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง ลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วัน มีค่าปริมาณสารประกอลฟีนอลทั้งหมดที่ไม่ต่างกันทางสถิติ ซึ่งแตกต่างจากลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วัน โดยที่ลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสมีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลในเปลือกสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษา และ ลองกองที่รมด้วยสาร 1-MCP แล้วบรรจุในถุง MAP ส่วนลองกองที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP แล้วบรรจุในถุง MAP มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดต่ำที่สุดอย่าง (ภาพที่ 19 ข)



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

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ; ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

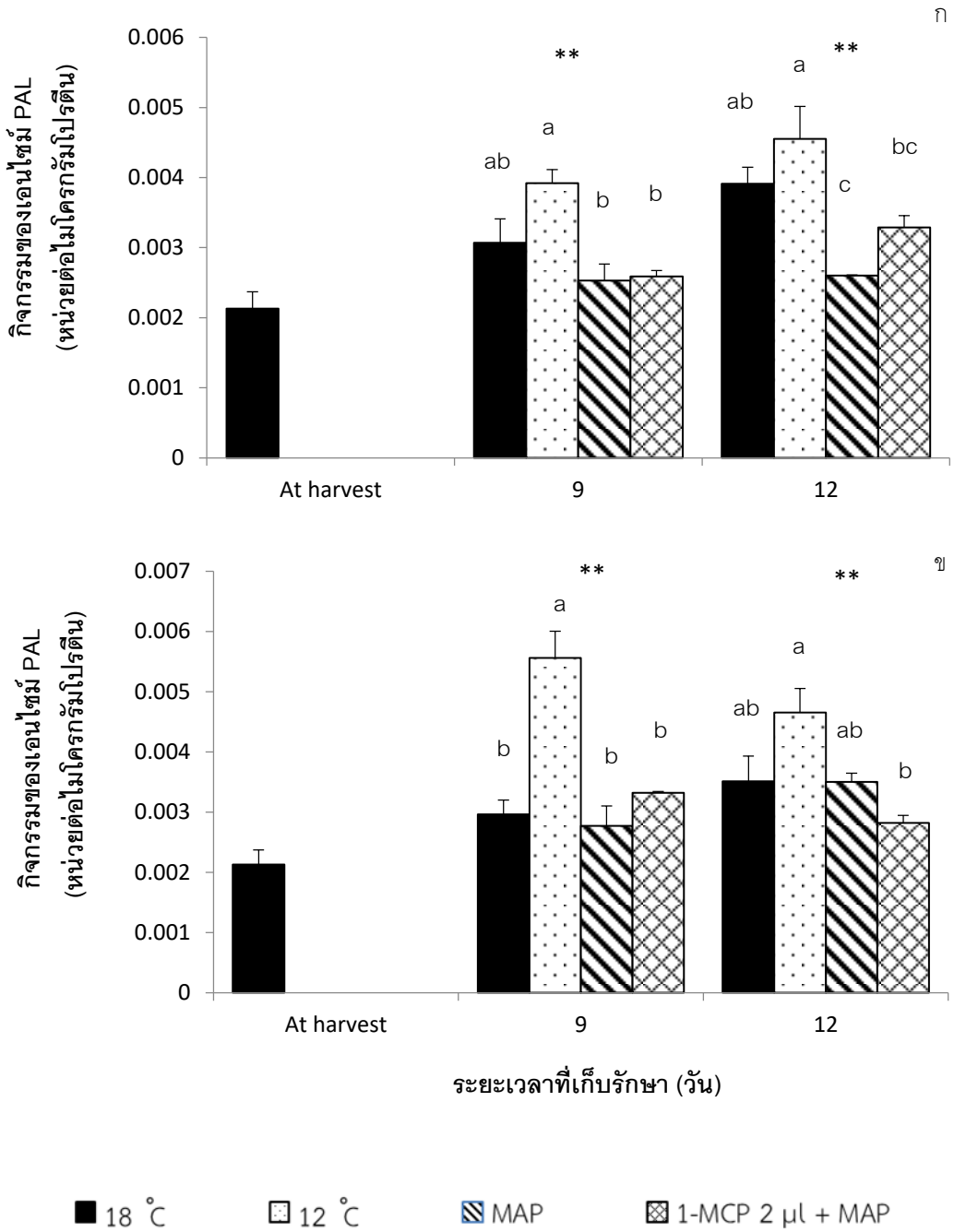
ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

3.4. กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) ในเปลือกลองกอง

กิจกรรมของเอนไซม์ PAL มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาโดยเทียบกับวันที่เริ่มต้นเก็บรักษา ลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส โดยไม่บรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL เพิ่มขึ้นตลอดเวลาที่เก็บรักษาและมีค่าสูงกว่าลองกองที่บรรจุในถุง MAP ทั้งที่ผ่านการรมและไม่ได้รมด้วยสาร 1-MCP (ภาพที่ 20 ก)

หลังจากย้ายลองกองออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน พบว่าลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมาเป็นเวลา 9 วันนั้นลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษาที่ 12 องศาเซลเซียสมีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL ในเปลือกผลสูงที่สุดอย่างเห็นได้ชัด ส่วนลองกองที่บรรจุในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษามีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL ในเปลือกผลใกล้เคียงกับลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่ 18 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเพิ่มขึ้นเป็น 12 วัน ลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP และเก็บรักษาที่ 12 องศาเซลเซียสยังคงมีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL สูงกว่าทรีทเม็นต์อื่น ๆ โดยเฉพาะลองกองที่รมด้วย 1-MCP แล้วบรรจุในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษาที่ 12 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 20 ข)



ภาพที่ 20 กิจกรรมของเอนไซม์ PAL ที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

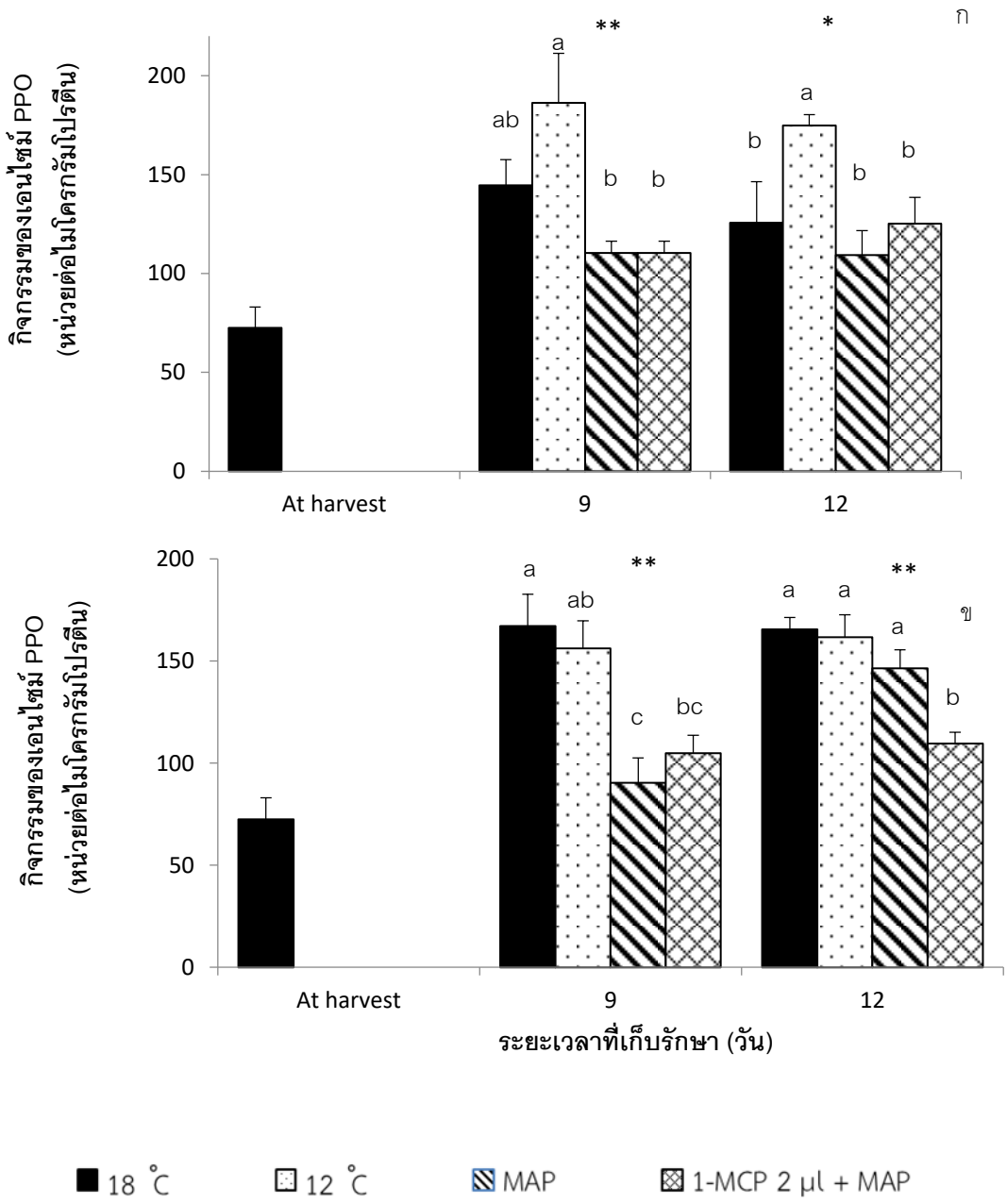
ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

3.5. กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ในเปลือกลองกอง

กิจกรรมชองเอนไซม์ PPO ในเปลือกลองกองเมื่อเก็บรักษาที่อุณภูมิต่ำเป็นเวลา 9 และ 12 วันมีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา โดยที่ลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP และเก็บรักษาที่อุณภูมิ 12 องศาเซลเซียสมีกิจกิจกรรมชองเอนไซม์ PPO ในเปลือกลองกองสูงที่สุด และลองกองที่บรรจุในถุง MAP ทั้งที่รมและไม่ได้รมด้วยสาร 1-MCP ก่อนการบรรจุมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ไม่ต่างจากลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 21 ก)

หลังจากนำมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของลองกองที่เก็บรักษาที่ 18 องศาเซลเซียสมีค่าเพิ่มขึ้นมาใกล้เคียงกับลองกองที่เก็บรักษาที่ 12 องศาเซลเซียส และไม่ได้บรรจุในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษา และลองกองที่บรรจุในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำกว่าที่ไม่ได้บรรจุในถุงเมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน เมื่อลองเก็บรักษานานขึ้นเป็นเวลา 12 วัน ปรากฏว่าลองกองที่รมด้วยสาร 1-MCP ก่อนการเก็บรักษามีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำที่สุด (ภาพที่ 21 ข)



ภาพที่ 21 กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 95%; ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

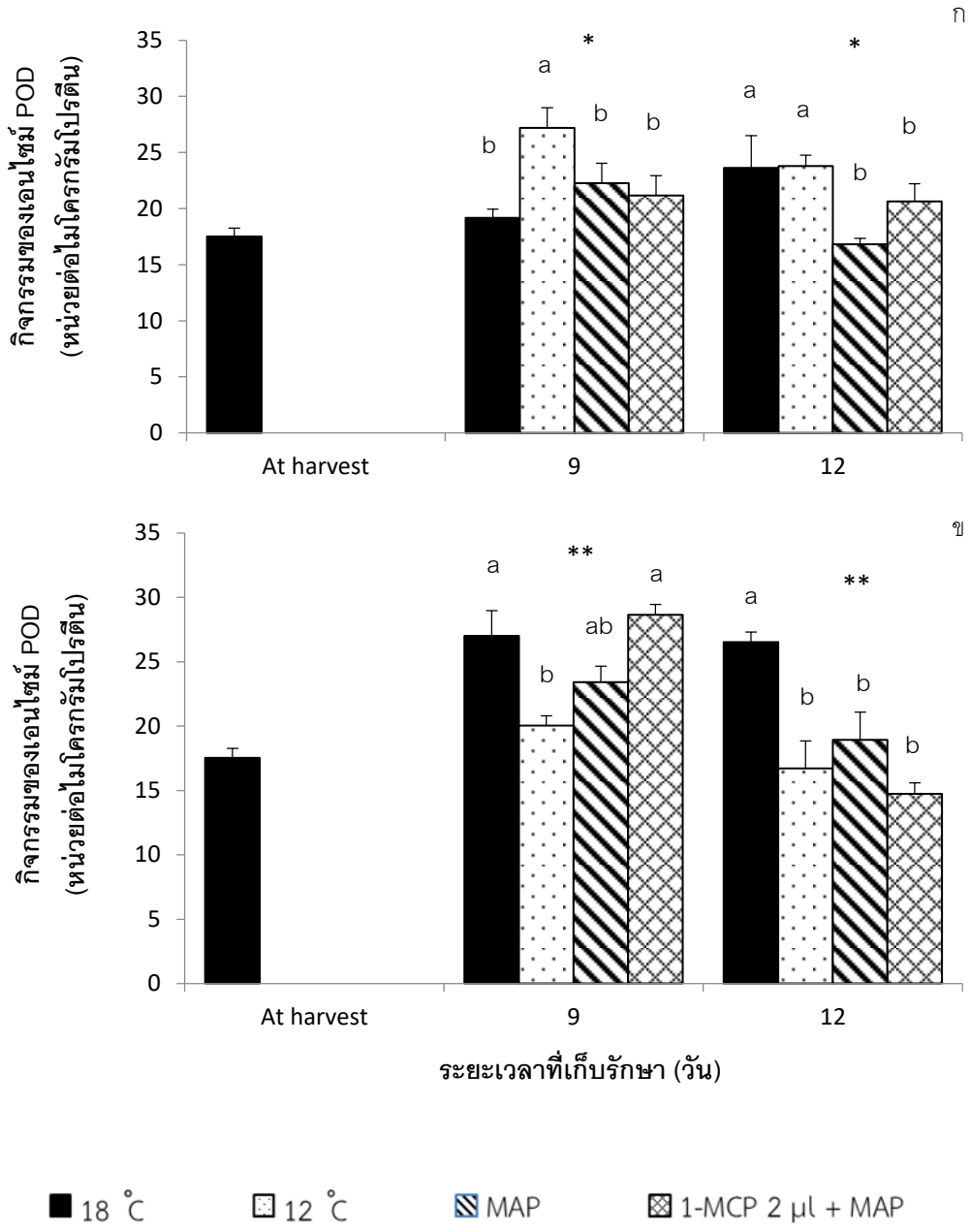
ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

เส้นแนวตั้งแสดงค่า standard error ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ

3.6 กิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase (POD) ในเปลือกลองกอง

ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกิจกรรมของเอนไซม์ POD ในเปลือกลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสโดยไม่ได้บรรจุในถุง MAP มีค่าสูง ส่วนลองกองที่บรรจุในถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ไม่แตกต่างจากลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 12 วัน กิจกรรมของเอนไซม์ POD ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสเพิ่มขึ้นจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วันและไม่แตกต่างจากลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ส่วนลองกองที่บรรจุในถุง MAP ทั้งที่รมและไม่ได้รมด้วยสาร 1-MCP ก่อนการเก็บรักษามีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ POD ต่ำกว่าลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP (ภาพที่ 22 ก)

เมื่อนำลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วันพบว่าลองกองที่เคยเก็บรักษาที่ 18 องศาเซลเซียสมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ในเปลือกลองกองเพิ่มขึ้นกว่าตอนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และมีค่ามากกว่าลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ส่วนลองกองที่เก็บรักษาโดยการบรรจุในถุง MAP นั้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วันแล้วนำมาวางที่อุณหภูมิห้องก็มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD เพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเป็น 12 วัน กิจกรรมของเอนไซม์ POD กลับลดลงเมื่อนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง (ภาพที่ 22 ข)



ภาพที่ 22 กิจกรรมของเอนไซม์ POD ที่สกัดได้จากเปลือกลองกองหลังจากเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 และ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 และ 12 วัน (ก) แล้ววางที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน (ข)

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ; * แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 95%; ** แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99%

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในระยะเวลาที่เก็บรักษาเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

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 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเยื่อหุ้มเป็นเหตุการณ์แรกที่เกิดขึ้นเมื่อผลิตผลได้รับอุณหภูมิต่ำที่ทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว เนื่องจากเยื่อหุ้มมีไขมันเป็นองค์ประกอบ การเปลี่ยนแปลงสถานะของเยื่อหุ้มส่งผลให้ความสามารถในการเลือกผ่านของเยื่อหุ้มลดลง การทำงานของเยื่อหุ้มและโปรตีนที่เกี่ยวข้องผิดปกติ ทำให้มีการรั่วไหลของประจุออกจากเซลล์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิ่มตัวเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เยื่อหุ้มมีสถานะอ่อนตัวลดลง (Sevillano *et al*., 2009) จากผลการทดลองพบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส มีการรั่วไหลของประจุมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 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) ลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสในวันที่ 12 ของการเก็บรักษามีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX สูงกว่าวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ส่วนลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสค่อนข้างคงที่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสรยา (2557) ถึงแม้ว่าในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา การใช้ 1-MCP

ร่วมกับถุง MAP มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX สูงสุด แต่หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลานาน 12 วันที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส กิจกรรมของเอนไซม์ LOX ของลองกองที่บรรจุในถุง MAP มีค่าต่ำกว่าลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุง MAP อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปสำหรับการเก็บรักษาลองกองทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของเยื่อหุ้มซึ่งดูได้จากค่าการรั่วไหลของประจุที่ค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้นจนสิ้นสุดการทดลองอย่างเห็นได้ชัดและมีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวที่ปรากฏออกมาในระหว่างการเก็บรักษา

จากการเกิดปฏิกิริยาการออกซิเดชั่นทำให้ได้เป็นอนุมูลอิสระต่าง ๆ ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาต่อเนื่องได้อีก ซึ่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายของกระบวนการย่อยสลายไขมันได้เป็นสาร 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 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน เริ่มเกิดสีน้ำตาล ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส แสดงอาการสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามลองกองที่ผ่านการรมและไม่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP เริ่มแสดงอาการสีน้ำตาลเล็กน้อย แต่หลังจากย้ายมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน เกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งลองกองที่ไม่ได้รม 1-MCP ก่อนบรรจุในถุง MAP แสดงอาการสีน้ำตาลมากกว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ก่อนบรรจุในถุง MAP หลังจาก 12 วันของการเก็บรักษา ซึ่งการใช้ 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีประสิทธิภาพในการลดการเกิดสีน้ำตาลได้หลังจากย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง ศรินญาและคณะ (2553) รายงานว่า การเก็บรักษาช่อลองกองในถุงชนิด Nylon-LLDPE ร่วมกับกล่องกระดาษเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน สามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการบรรจุช่อลองกองในกล่องกระดาษเพียงอย่างเดียว แสดงว่าการบรรจุในถุง MAP สามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้หลังจากมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน ในขณะที่ย้ายลองกองมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วันมีการเกิดสีน้ำตาลสูงขึ้นอาจเป็นเพราะนำลองกองออกจากบรรจุภัณฑ์แล้ว

หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำแล้วย้ายออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 9 วันมีปริมาณสารประกอบฟีนอลไม่แตกต่างกัน แต่มีปริมาณสารฟีนอลเพิ่มขึ้นจากการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12 วัน ลองกองที่บรรจุในถุง MAP มีสารประกอบฟีนอลน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับทรีทเมนต์อื่น ซึ่งการลดลงของสารประกอบฟีนอลนั้นไม่สอดคล้องกับการเกิดสีน้ำตาลของเปลือก ดังนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเปลือกลองกองจึงไม่สามารถนำมาเป็นดัชนีชี้วัดการเกิดสีน้ำตาลได้

กิจกรรมของเอนไซม์ PAL ในเปลือกลองกองมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกลองกอง พบว่าลองกองที่เก็บรักษาที่อุณภูมิต่ำโดยที่ไม่ได้เก็บรักษาในถุง MAP มีกิจกรรมของเอ็นไซม์ PAL และคะแนนการเกิดสีน้ำตาลสูงกว่าทรีทเมนต์อื่น ๆ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ PAL มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเกิดสีน้ำตาลของพืชในสภาวะเครียดต่าง ๆ เช่น เมื่อเก็บรักษากล้วยในอุณหภูมิต่ำ กล้วยจะแสดงอาการสะท้านหนาว ผิวมีสีน้ำตาล ในขณะเดียวกันพบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL เพิ่มสูงขึ้น (จริงแท้, 2549)

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

กิจกรรมของเอนไซม์ POD ในเปลือกลองกอง ไม่สัมพันธ์กับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกลองกอง การที่พบกิจกรรมของเอนไซม์ POD สูงขึ้น น่าจะเป็นเพียงการตอบสนองของพืชต่อความเครียด และกิจกรรมของเอนไซม์ POD น่าจะมีบทบาทอย่างอื่นในการป้องกันตัวเองของพืช เช่น การทำให้ผนังเซลล์แข็งแรงขึ้นมากกว่า (จริงแท้, 2549)

การเก็บรักษาที่มีการควบคุมการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของบรรยากาศเริ่มต้น แต่หลังจากนั้นสัดส่วนของบรรยากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเนื่องจากการหายใจของผลไม้ โดยผลไม้และเชื้อจุลินทรีย์ที่ยังหลงเหลืออยู่ที่ผิวของผลไม้ จะมีก๊าซออกซิเจนในการหายใจและมีการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ (Davies, 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% การเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยในการลดความไวในการตอบสนองต่อเอทิลีน 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 เนื่องจากสาร 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 และค่าการรั่วไหลของประจุจากเปลือก

ลองกอง สอดคล้องกับ สรยา (2557) รายงานว่าค่าการรั่วไหลของประจุจากเปลือกลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสในแต่ละวันมีค่ามากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส การเพิ่มขึ้นของค่าการรั่วไหลของประจุสอดคล้องกับความรุนแรงของการเกิดอาการสะท้านหนาว แสดงว่าลองกองที่บรรจุในถุง MAP สามารถช่วยลดการเกิดอาการสะท้านหนาวและการเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากสภาพบรรยากาศภายในถุง MAP มีปริมาณออกซิเจนที่ต่ำกว่าและมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงกว่าอากาศปกติ 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 ซึ่งผลิตผลลองกองเกิดการหายใจตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยดูจากปริมาณกรดที่ไทเทรต และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยกระบวนการหายใจนั้นใช้น้ำตาลและกรดเป็นสารตั้งต้น

การประเมินอายุการเก็บรักษาลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ หลังจากนั้นนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ผลลองกองเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลในระดับไม่เกิน 25% ของพื้นที่เปลือก) พบว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีอายุเก็บรักษาประมาณ 12 วัน ขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส มีอายุเก็บรักษาประมาณ 9 วัน แต่หากใช้เปอร์เซ็นต์การร่วงของผล (ผลร่วงมากกว่า 30% ของช่อ) เป็นตัวตัดสิน พบว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสที่ไม่ได้บรรจุถุง มีอายุเก็บรักษาประมาณ 9 วัน ส่องลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีอายุเก็บรักษาต่ำกว่า 9 วัน

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. ลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP และผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP สามารถช่วยชะลออาการสะท้านหนาวจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 12 วัน นอกจากนี้สามารถช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลหลังจากย้ายมาวางที่อุณหภูมิห้องได้ และพบว่าลองกองที่ผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีระดับการเกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุด

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

3. การรม 1-MCP ก่อนการบรรจุในถุง MAP ช่วยชะลอการร่วงของผลออกจากช่อที่เกิดจากการสะสมของเอทิลีนภายในถุง MAP ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยสามารถชะลอการหลุดล่วงได้นานถึง 12 วัน ขณะที่ย้ายออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน มีเปอร์เซ็นต์การร่วงเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 9 ของการเก็บรักษา

4. ปริมาณออกซิเจน และ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในถุง MAP ระหว่างการเก็บรักษามีปริมาณออกซิเจนประมาณ 7-9 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 2.5-3 เปอร์เซ็นต์

5. ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส การรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีปริมาณเอทิลีนสูงที่สุด

6. ค่าการรั่วไหลของประจุจะเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยพบว่าลองกองที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP และผ่านการรม 1-MCP ร่วมกับบรรจุในถุง MAP มีค่าการรั่วไหลของประจุในแต่ละวันน้อยกว่าลองกองที่ไม่ได้บรรจุในถุงและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

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

8. ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดมีปริมาณการสะสมเพิ่มขึ้นหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วัน และหลังจากนั้นจะมีปริมาณลดลง แต่พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในแต่ละวันค่อนข้างคงที่

9. ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าลองกองที่บรรจุในถุง MAP ทั้งที่ไม่รมและรม 1-MCP มีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL เอนไซม์ POD และเอนไซม์ PPO น้อยกว่าลองกองที่ไม่บรรจุในถุง MAP

10. การเกิดอาการสะท้านหนาวมีความสัมพันธ์กับ ค่ามุมสี การรั่วไหลของประจุ กิจกรรมของเอนไซม์ LOX และปริมาณ MDA โดยระดับอาการสะท้านหนาวสูงยิ่งส่งผลให้ค่ามุมสีลดลง ส่วนการรั่วไหลของประจุสูงเป็นเพราะมีระดับการเกิดอาการสะท้านหนาวสูง เช่นเดียวกับปริมาณของ MDA และกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ของลองกองที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน

เอกสารอ้างอิง

คีรี อำพันธ์สวัสดิ์. 2540. ไม้ผลเศรษฐกิจ.กรุงเทพฯ : เกษตรสยาม.

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.

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

นิพนธ์ ภิรมย์รักษ์. 2554. การปลูกลองกอง. กรุงเทพฯ : ธนธัชการพิมพ์.

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

มุทิตา มีนุ่น, วิลัศนา โพธิ์ศรี, สมนึก สะอาดใส, ศตกร ชนมพิชญ์ และจารุพัฒน์ สันติวรคุณ. 2552. ผลของการดัดแปลงสภาพบรรยากาศและการใช้อุณหภูมิต่ำต่อการรักษาคุณภาพลองกองและการลดการหลุดของขั้วผลลองกองระหว่างการยืดอายุการเก็บรักษาเพื่อการส่งออก. รายงานการวิจัย. สงขลา : ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

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. ผลของสารเคลือบผิวและสภาพดัดแปลงบรรยากาศต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลองกอง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี.

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

ศรินณา ชูธรรมรัช. 2553. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวลองกองและการตลาด. เอกสารประกอบการอบรมเทคโนโลยีการจัดการคุณภาพผลผลิตลองกองในจังหวัดชายแดนภาคใต้ สำนักวิจัยและพัฒนาเกษตร เขตที่ 8 จ.สงขลา วันที่ 30 กรกฎาคม 2553 หน้า 43-62

สรยา รักษ์วงศ์ และอดิเรก รักคง. กิจกรรมของเอนไซม์ Lipoxygenase และการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ระหว่างการเกิดอาการสะท้านหนาว. 2556. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44: 119-122.

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

อภิชัย พันธุมาศ. 2541. การปลูกลองกอง. กรุงเทพฯ : อักษรสยามการพิมพ์.

อภิตา บุญศิริ, เจริญ ขุนพรม, สมนึก ทองบ่อ, ยุพิน อ่อนศิริ และพิษณุ บุญศิริ. 2544. อายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลลองกอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 32: 119-122.

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

Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.

Cai, C., Chen K. S., Xu, W. P., Zhang, W .S., Li, X., and Ferguson, I. 2006. Effect of 1-MCP on postharvest quality of loquat fruit. Postharvest Biology and Technology 40: 155-162.

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

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

Massolo, J.F., A. Concellon, A.R. Chaves, and A.R.Vincente. 2011. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) delays senescence, maintains quality and reduces browning of non-climacteric eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit. Postharvest Biology and Technology 59:10-15.

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.

Pesis E., Ackerman, M., Ben-Arie, R., Feygenberg, O., Feng, X., Apelbaum, A., Goran, R., Prusky D., 2002. Ethylene involvement in chilling injury symptoms of avocado during cold storage. Postharvest Biology and Technology 24:171–181.

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.

Selvarajah, S., Bauchot, A.D., and John, P. 2001. Interal borowning in cold-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. Postharvest Biology and Technology 23: 167-170.

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.

Sharom, M., Willemot, C. and Thompson, J. E. 1994. Chilling injury induces lipid phase changes in membranes of tomato fruit. Plant Physiology 105: 305-308.

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

Venkatachalam,K and Meenune, M. 2012. Changes in physiochemical quality and browning related enzyme activity of longkong fruit during four different weeks of on-tree maturation. Food Chemistry 131: 1437–1442.

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.

Wolfe, J. 1978. Chilling injury in plants-the role of membrane lipid fluidity. Plant cell and environment 1: 241-247

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

การศึกษาในครั้งนี้พบว่าการรมช่อลองกองด้วยสาร 1-MCP สามารถช่วยเสริมประสิทธิภาพของการใช้การดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์เพื่อลดอาการสะท้านหนาวของช่อลองกองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำโดยที่ไปลดการหลุดร่วงของผลออกจากช่อที่เป็นจุดด้อยของการใช้การดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ นอกจากนี้สาร 1-MCP ยังช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลด้วย อย่างไรก็ตามสิ่งที่จะต้องทำการวิจัยเพิ่มเติมก็คือทำอย่างไรให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำให้ได้นานขึ้นกว่าในงานวิจัยนี้ อาจจะทำวิจัยในสภาพที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเช่นเก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณ 13-14 องศาเซลเซียส โดยที่ลองกองอาจจะแสดงอาการสะท้านหนาวได้ช้ากว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นอกจากนี้การยืดอายุการวางจำหน่ายของผลิตผลลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ก่อนมาวางที่อุณหภูมิห้องก็เป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งจำเป็นต้องหาวิธีการเพื่อให้สามารถวางจำหน่ายลองกองที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้นานขึ้น

ภาคผนวก

บทความที่ตีพิมพ์แล้ว

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

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 และสถาบันวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ 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. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลลองกองเพื่อการส่งออกระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้อุณหภูมิต่ำร่วมกับบรรจุภัณฑ์. 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.